دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه اصفهان

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس
دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک

دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی مکانیک
Faculty of Engineering, Department of Mecahanical Engineering

مصوب چهارمین جلسه شورای دانشگاه
مورخ ۱۴۰۱/۴/۵

دانشگاه اصفهان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس
تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک

فهرست مطالب

عنوان درس **صفحه**

فصل اول: مشخصات کلی برنامه درسی ۹
۱- مقدمه ۱۰
۲- اهداف ۱۰
۳- اهمیت و ضرورت ۱۰
۴- نقش و توانایی و شایستگی دانش آموختگان ۱۱
۵- تعداد و نوع واحدهای درسی ۱۱
۵-۱- دروس جبرانی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد ۱۱
۵-۲- دروس اصلی و تخصصی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد ۱۱
۵-۳- دروس اصلی دوره دکتری ۱۱
۵-۴- دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک ۱۲
فصل دوم: جدول عناوین و مشخصات دروس ۱۳
جدول ۱-۱: واحدهای درسی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی ۱۴
جدول ۱-۲: واحدهای درسی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی ۱۴
جدول ۱-۳: واحدهای درسی دکتری مهندسی مکانیک (آموزشی - پژوهشی) ۱۵
جدول ۱-۴: واحدهای درسی دکتری مهندسی مکانیک (پژوهش محور) ۱۵
جدول ۲: دروس اصلی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۱۵
جدول ۳: دروس اصلی دکتری مهندسی مکانیک ۱۶
جدول ۴: دروس تخصصی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۱۶
جدول ۵-۱: دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک (گرایش طراحی کاربردی) ۱۷
جدول ۵-۲: دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی) ۲۰
جدول ۶: دروس جبرانی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ۲۱

فصل سوم: هدف و سرفصل دروس ۲۲

دروس اصلی مشترک دوره کارشناسی ارشد
ریاضیات پیشرفته ۱ ..... ۲۳
دروس اصلی مشترک دوره دکتری
ریاضیات پیشرفته ۲ ..... ۲۵
دروس تخصصی دوره کارشناسی ارشد
مکانیک محیط‌های پیوسته ۱ ..... ۲۷
ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد) ۲۹
انتقال حرارت جابجایی ۳۱
دینامیک سیالات محاسباتی ۱ ..... ۳۳
مکانیک سیالات پیشرفته ۳۵
دروس اختیاری
الاستودینامیک ۳۷
الاستیسیته ۳۹
آزمون‌های غیرمخرب پیشرفته ۴۱
آنالیز تانسوری و کاربردها ۴۳
پلاستیسیته ۱ ..... ۴۵
پلاستیسیته ۲ ..... ۴۷
تحلیل تجربی تنش ۴۹
ترموالاستیسیته ۵۱
تئوری ورق‌ها و پوسته‌ها ۵۳
خزش، خستگی و شکست ۵۵
رفتار مکانیکی مواد ۵۷
روش‌های انرژی ۵۹
روش‌های اجزاء محدود ۱ ..... ۶۱
روش‌های اجزاء محدود ۲ ..... ۶۳
روش‌های تغییرات در مکانیک ۶۵
سازه‌ها و مواد هوشمند ۶۷
شکل‌دهی فلزات ۶۹
طراحی اجزاء پیشرفته ۷۱
طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته ۷۳
طراحی بهینه ۷۵
طراحی مکانیزم‌های پیشرفته ۷۷

مکانیک آسیب ۷۹
مکانیک ضربه ۱ ..... ۸۱
مکانیک ضربه ۲ ..... ۸۳
مکانیک محیط‌های پیوسته ۲ ..... ۸۵
مکانیک مواد مرکب پیشرفته ۸۷
ویسکوالاستیسیته ۸۹
هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته ۹۱
دینامیک غیرخطی و آشوب ۹۳
دینامیک پیشرفته ۹۵
دینامیک تحلیلی پیشرفته ۹۷
دینامیک سیستم‌های الکترومکانیکی و پیزوالکتریکی ۹۹
دینامیک محاسباتی سیستم‌های چندجسمی ۱۰۱
سیستم‌های دینامیکی ۱۰۳
سیستم‌های کنترل دیجیتال ۱۰۵
فرآیندهای اتفاقی ۱۰۷
کنترل بهینه ۱۰۹
کنترل پیش‌بین ۱۱۱
کنترل پیشرفته ۱ ..... ۱۱۳
کنترل پیشرفته ۲ ..... ۱۱۵
کنترل تطبیقی ۱۱۷
کنترل چند متغیره ۱۱۹
کنترل در رباتیک ۱۲۱
کنترل صنعتی ۱۲۳
کنترل غیرخطی ۱۲۵
کنترل غیرخطی پیشرفته ۱۲۷
کنترل فازی ۱۲۹
کنترل مقاوم ۱۳۱
مبانی سیستم‌های هوشمند در مدل‌سازی و کنترل ۱۳۳
ارتعاشات اتفاقی ۱۳۵
ارتعاشات غیرخطی ۱۳۷
آکوستیک پیشرفته ۱ ..... ۱۳۹
آکوستیک پیشرفته ۲ ..... ۱۴۱

آنالیز مودال ۱۴۳
پایش ماشین‌ها و عیب‌یابی ۱۴۵
روتور دینامیک ۱۴۷
اتوماسیون در تولید ۱۴۹
اتوماسیون صنعتی ۱۵۱
بینایی ماشین ۱۵۳
پردازش تصویر ۱۵۵
حساسه‌ها و کالیبراسیون ۱۵۷
ربات‌های انسان‌نما ۱۵۹
ربات‌های متحرک ۱۶۱
رباتیک پیشرفته ۱۶۳
سیستم‌های بی‌درنگ ۱۶۵
سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی ۱۶۷
شبکه‌های عصبی ۱۶۹
شبکه‌های عصبی پیشرفته ۱۷۱
شبیه‌سازی و مدل‌سازی در بیومکاترونیک ۱۷۳
شناسایی سیستم ۱۷۵
کاربرد میکروپروسسورها ۱۷۷
مکاترونیک ۱ ..... ۱۷۹
هوش مصنوعی و سیستم‌های خبره ۱۸۱
یادگیری عمیق ۱۸۳
یادگیری ماشین ۱۸۵
آیروالاستیسیته ۱۸۷
آیرودینامیک پیشرفته ۱۸۹
دینامیک و کنترل فضاپیماها ۱۹۱
هدایت و ناوبری ۱ ..... ۱۹۳
هدایت و ناوبری ۲ ..... ۱۹۵
برنامه‌نویسی پیشرفته ۱۹۷
روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته ۱۹۹
روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته ۲۰۱
مباحث ویژه در مهندسی مکانیک ۲۰۳
اکسرژی ۲۰۴

انتقال حرارت تابشی ۲۰۶
انتقال حرارت دوفازی ۲۰۸
انتقال حرارت رسانایی ۲۱۰
انرژی خورشیدی پیشرفته ۲۱۲
انرژی‌های تجدید پذیر ۲۱۴
پدیده‌های انتقال در محیط متخلخل ۲۱۶
پردازش موازی ۲۱۸
ترمودینامیک پیشرفته ۲۲۰
ترمودینامیک و مکانیک سیستم‌های پیشرانش ۲۲۲
توربولانس ۲۲۴
تولید شبکه محاسباتی ۲۲۶
دینامیک سیالات محاسباتی ۲ ..... ۲۲۸
دینامیک گازهای پیشرفته ۲۳۰
ذرات معلق ۲۳۲
روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات ۲۳۴
سوخت و احتراق پیشرفته ۲۳۶
سیستم‌های انرژی ۲۳۸
طراحی توربوماشین پیشرفته ۲۴۰
کنترل آلودگی محیط‌زیست ۲۴۲
لایه‌های مرزی ۲۴۴
مبدل‌های حرارتی پیشرفته ۲۴۶
موتورهای احتراق داخلی پیشرفته ۲۴۸
نیروگاه آبی پیشرفته ۲۵۰
هیدروآیرودینامیک ۲۵۲
هیدرودینامیک روغن‌کاری ۲۵۴
هیدرولیک پیشرفته ۲۵۶
سمینار ۱ ..... ۲۵۸
سمینار ۲ ..... ۲۵۹
پیوست: جدول‌های تطبیقی دروس ۲۶۰
۱- علت بازنگری برنامه درسی ۲۶۱
۲- جدول تطبیقی دروس اصلی ۲۶۲
۳- جدول تطبیقی دروس تخصصی ۲۶۳
۴-۱- جدول تطبیقی دروس اختیاری (گرایش طراحی کاربردی) ۲۶۴
۴-۲- جدول تطبیقی دروس اختیاری (گرایش تبدیل انرژی) ۲۶۹

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

۱- مقدمه

مهندسی مکانیک از شاخه‌های کهن مهندسی است که کاربردی وسیع در تمامی بخش‌های صنعتی جهان امروز داشته و نقشی شایسته و بارز در توسعه و پیشرفت دانش و فناوری ایفا می‌نماید. حوزه فعالیت مهندسی مکانیک آن‌چنان گسترده است که نه‌تنها صنعتی را نمی‌توان یافت که از آن بی‌نیاز باشد، بلکه بخش مهمی از توسعه تمامی صنایع مرهون پیشرفت‌های به‌دست‌آمده در مهندسی مکانیک است.

از طرف دیگر، با رشد سریع و روزافزون علوم همراه با توسعه شگفت‌انگیز صنعت و فناوری در جهان، مرزهای اختصاصی بین رشته‌های مهندسی روزبه‌روز کمرنگ‌تر شده و حوزه‌های فعالیت مشترک آن‌ها به‌سرعت در حال گسترش است. این امر از سویی باعث شده تا بسیاری از دروس و گرایش‌های مربوط به هر یک از گرایش‌های مهندسی را در سایر زمینه‌های مهندسی نیز یافت و از سوی دیگر باعث ایجاد زمینه‌های تخصصی تحت عنوان کلی "زمینه‌های بین‌رشته‌ای Interdisciplinary" گردیده است.

۲- اهداف

دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک، یکی از دوره‌های تحصیلی آموزش عالی است که هدف آن ارتقا سطح دانش مهندسی کشور در رشته مکانیک و تربیت افراد مستعدی است که آموخته‌های نظری و عملی آن‌ها هم‌سطح دانشگاه‌ها و مراکز پیشرفته علمی و صنعتی جهان باشد. با طی این دوره، دانش‌آموختگان مهندسی مکانیک آماده می‌شوند تا وظایف محوله برای اجرای پروژه‌های صنعتی شامل تحقیق و مطالعه اولیه، طراحی مقدماتی، محاسبات طراحی با جزئیات و تهیه نقشه‌ها و مدارک فنی، تدوین فناوری ساخت و روش تولید، مدیریت، اجرا، تعمیر و نگهداری را با آگاهی علمی و فنی در کلیه حوزه‌های مرتبط با مهندسی مکانیک به عهده گرفته و با موفقیت انجام دهند.

۳- اهمیت و ضرورت

رشد علمی و تقویت بنیه تحقیقاتی لازمه حفظ و تداوم استقلال کشور و شکوفایی صنعتی اقتصادی آن است. ایجاد و گسترش دوره‌های تحصیلات تکمیلی در گرایش‌های مختلف به‌ویژه دوره‌های دکتری نقش مهمی را در پایه‌گذاری تحقیقات کشور دارا است و با تجربیات ارزشمندی که دانشگاه‌های کشور در دوره‌های کارشناسی ارشد بعد از انقلاب اسلامی داشته‌اند زمینه برای توسعه دوره‌های دکتری فراهم‌شده است. با توجه به محدوده وسیع کاربرد رشته مهندسی مکانیک در صنایع مختلف بالادستی و پایین‌دستی و همچنین نیاز مبرم بسیاری از مراکز تحقیقاتی کشور به انجام تحقیقات بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای در زمینه‌های متنوع مهندسی مکانیک نظیر طراحی، ساخت و تولید، سیستم‌های انرژی، اتوماسیون، سیستم‌های تولید و غیره ضرورت تربیت نیروی انسانی کارآمد با عنایت به این‌که کشور ایران یکی از مستعدترین کشورهای جهان از نظر مواد اولیه و تولید محصولات می‌باشد، به‌خوبی محسوس است.

٤- نقش و توانایی و شایستگی دانش آموختگان

دانش‌آموختگان دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی مکانیک در زمینه‌های آموزشی، تحقیقاتی، طراحی و صنعتی مهارت خواهند داشت. فارغ‌التحصیلان می‌توانند در کارخانجات مختلف در سطح کل کشور و نیز کارخانجات مهمی در سطح استان نظیر ذوب‌آهن، فولاد مبارکه، پتروشیمی، پالایشگاه، نیروگاه، صنایع دفاع، انرژی اتمی، خودروسازی، صنایع غذایی و غیره مشغول به کار گردند. ازجمله توانمندی‌های آنان در زمینه‌های تحقیقاتی و صنعتی می‌توان به طراحی و ساخت ماشین‌آلات و قطعات، سیستم‌های انرژی، سیستم‌های تولید و اتوماسیون اشاره نمود.

٥- تعداد و نوع واحدهای درسی

جمع واحدهای دوره کارشناسی ارشد ۳۲ واحد و دوره دکتری ۳۶ واحد به شرح جداول ۱-۱ تا ۱-۴ می‌باشند.

٥-١- دروس جبرانی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد

با توجه به اینکه دانش‌آموختگان رشته‌های مختلف می‌توانند در دوره کارشناسی ارشد مکانیک ادامه تحصیل دهند، لذا تعدادی از دروس به‌عنوان دروس جبرانی از دوره کارشناسی مکانیک در نظر گرفته می‌شوند که علاوه بر واحدهای جدول ۱-۱ تا ۱-۴ باید با موفقیت گذرانده شود؛ واحدی به این دروس تعلق نمی‌گیرد.

جدول ۶، لیست دروس جبرانی کارشناسی ارشد مکانیک برای گرایش‌های مختلف را نشان می‌دهد. این دروس جزو دروس کارشناسی مهندسی مکانیک می‌باشد. دانشجو باید حداکثر ۳ درس از دروس جدول ۶ را با تشخیص گروه و متناسب با پیش‌نیاز دروس مقطع کارشناسی ارشد بگذراند.

٥-٢- دروس اصلی و تخصصی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد

٥-٢-١- دروس اصلی

جدول ۲ دروس اصلی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد را نشان می‌دهد.

٥-٢-٢- دروس تخصصی

جدول ۴ دروس تخصصی گرایش طراحی کاربردی و گرایش تبدیل انرژی را نشان می‌دهد.

٥-٣- دروس اصلی دوره دکتری

٥-٣-١- دروس اصلی دوره دکتری شیوه آموزشی - پژوهشی

دروس اصلی دوره دکتری آموزشی - پژوهشی ۳ واحد می‌باشد. جدول ۳ دروس اصلی دوره دکتری را نشان می‌دهد.

٥-٣-٢- دروس اصلی دوره دکتری شیوه پژوهش محور

دوره دکتری شیوه پژوهش محور، حداکثر دارای ۶ واحد درسی می‌باشد که از جداول ۳، ۴ و ۵ به پیشنهاد استاد راهنما و گروه اخذ می‌شود.

۵-٤- دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک

کلیه دانشجویان تحصیلات تکمیلی گرایش طراحی کاربردی و تبدیل انرژی می‌توانند دروس اختیاری خود را از جدول ۵ انتخاب نمایند. در انتخاب دروس اختیاری لازم است به موارد زیر توجه شود:

۱) تعداد واحد اختیاری لازم در هر مقطع و گرایش مطابق جداول ۱ می‌باشد.

۲) دروس اختیاری با نظر استاد راهنما و گروه باید اخذ شود.

۳) کلیه دانشجویان کارشناسی ارشد می‌توانند دروس اختیاری خود را علاوه بر جدول ۵ از میان دروس زیر نیز انتخاب کنند:

الف) دروس تخصصی سایر گرایش‌های مهندسی مکانیک (جدول ۴)

ب) حداکثر دو درس از دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌های مرتبط گروه‌های دانشگاه با تأیید گروه

۴) کلیه دانشجویان دکتری می‌توانند دروس اختیاری خود را علاوه بر جدول ۵ از میان دروس زیر نیز انتخاب کنند:

الف) حداکثر یک درس از دروس تخصصی سایر گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (جدول ۴)

ب) حداکثر دو درس از دروس دکتری سایر گرایش‌های مرتبط گروه‌های دانشگاه با تأیید گروه

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول ۱-۱: واحدهای درسی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	اصلی	۳
۲	تخصصی	۶
۳	اختیاری	۱۵
۴	سمینار ۱	۱
۵	سمینار ۲	۱
۶	پایان‌نامه	۶
جمع		**۳۲**

جدول ۱-۲: واحدهای درسی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	اصلی	۳
۲	تخصصی	۹
۳	اختیاری	۱۲
۴	سمینار ۱	۱
۵	سمینار ۲	۱
۶	پایان‌نامه	۶
جمع		**۳۲**

جدول ۱-۳: واحدهای درسی دکتری مهندسی مکانیک (آموزشی - پژوهشی)

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	اصلی	۳
۲	اختیاری	۱۲
۳	رساله	۲۱
جمع		**۳۶**

جدول ۱-٤: واحدهای درسی دکتری مهندسی مکانیک (پژوهش محور)

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	اختیاری	۶-۳
۲	رساله	۳۳-۳۰
جمع		**۳۶**

جدول ۲: دروس اصلی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		گرایش		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	طراحی کاربردی	تبدیل انرژی	
۱	ریاضیات پیشرفته ۱	۳	-	۴۸	-	✓	✓	-
جمع کل		**۳**	**۰**	**٤۸**	**۰**			

جدول ۳: دروس اصلی دکتری مهندسی مکانیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	ریاضیات پیشرفته ۲	۳	–	۴۸	–	ریاضیات پیشرفته ۱
جمع کل		**۳**	**۰**	**٤٨**	**۰**	

جدول ٤: دروس تخصصی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		گرایش		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	طراحی کاربردی	تبدیل انرژی	
۱	ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)	۳	–	۴۸	–	✓	–	–
۲	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	۴۸	–	✓	–	–
۳	انتقال حرارت جابجایی	۳	–	۴۸	–	–	✓	–
۴	دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	۴۸	–	–	✓	–
۵	مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	✓	–
جمع کل		**۱۵**	**۰**	**۲٤۰**	**۰**			

جدول ۵-۱: دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک (گرایش طراحی کاربردی)

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	اتوماسیون در تولید	۳	–	۴۸	–	–
۲	اتوماسیون صنعتی	۳	–	۴۸	–	–
۳	ارتعاشات اتفاقی	۳	–	۴۸	–	–
۴	ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)	۳	–	۴۸	–	–
۵	ارتعاشات غیرخطی	۳	–	۴۸	–	–
۶	الاستودینامیک	۳	–	۴۸	–	–
۷	الاستیسیته	۳	–	۴۸	–	–
۸	انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۹	انرژی‌های تجدید پذیر	۳	–	۴۸	–	–
۱۰	آزمون‌های غیرمخرب پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۱	آکوستیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۲	آکوستیک پیشرفته مهندسی	۳	–	۴۸	–	–
۱۳	آنالیز تانسوری و کاربردها	۳	–	۴۸	–	–
۱۴	آنالیز مودال	۳	–	۴۸	–	ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)
۱۵	آیروالاستیسیته	۳	–	۴۸	–	–
۱۶	آیرودینامیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۷	برنامه‌نویسی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۸	بینایی ماشین	۳	–	۴۸	–	–
۱۹	پایش ماشین‌ها و عیب‌یابی	۳	–	۴۸	–	–
۲۰	پردازش تصویر	۳	–	۴۸	–	–
۲۱	پردازش موازی	۳	–	۴۸	–	–
۲۲	پلاستیسیته ۱	۳	–	۴۸	–	–
۲۳	پلاستیسیته ۲	۳	–	۴۸	–	پلاستیسیته ۱
۲۴	تحلیل تجربی تنش	۳	–	۴۸	–	–
۲۵	ترموالاستیسیته	۳	–	۴۸	–	الاستیسیته
۲۶	تولید شبکه محاسباتی	۳	–	۴۸	–	–
۲۷	تئوری ورق‌ها و پوسته‌ها	۳	–	۴۸	–	–
۲۸	حساسه‌ها و کالیبراسیون	۳	–	۴۸	–	–
۲۹	خزش، خستگی و شکست	۳	–	۴۸	–	–
۳۰	دینامیک غیرخطی و آشوب	۳	–	۴۸	–	–
۳۱	دینامیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۳۲	دینامیک تحلیلی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۳۳	دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	۴۸	–	–

۳۴	دینامیک سیستم‌های الکترومکانیکی و پیزوالکتریکی	۳	–	۴۸	–	–
۳۵	دینامیک محاسباتی سیستم‌های چندجسمی	۳	–	۴۸	–	–
۳۶	دینامیک و کنترل فضاپیما	۳	–	۴۸	–	–
۳۷	ربات‌های انسان‌نما	۳	–	۴۸	–	–
۳۸	ربات‌های متحرک	۳	–	۴۸	–	–
۳۹	رباتیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۴۰	رفتار مکانیکی مواد	۳	–	۴۸	–	–
۴۱	روتور دینامیک	۳	–	۴۸	–	–
۴۲	روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات	۳	–	۴۸	–	–
۴۳	روش‌های اجزاء محدود ۱	۳	–	۴۸	–	–
۴۴	روش‌های اجزاء محدود ۲	۳	–	۴۸	–	روش‌های اجزاء محدود ۱
۴۵	روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۴۶	روش‌های انرژی	۳	–	۴۸	–	–
۴۷	روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۴۸	روش‌های تغییرات در مکانیک	۳	–	۴۸	–	–
۴۹	سازه‌ها و مواد هوشمند	۳	–	۴۸	–	–
۵۰	سیستم‌های بی‌درنگ	۳	–	۴۸	–	–
۵۱	سیستم‌های دینامیکی	۳	–	۴۸	–	–
۵۲	سیستم‌های کنترل دیجیتال	۳	–	۴۸	–	–
۵۳	سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی	۳	–	۴۸	–	–
۵۴	شبکه‌های عصبی	۳	–	۴۸	–	–
۵۵	شبکه‌های عصبی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۵۶	شبیه‌سازی و مدل‌سازی در بیومکاترونیک	۳	–	۴۸	–	–
۵۷	شکل‌دهی فلزات	۳	–	۴۸	–	–
۵۸	شناسایی سیستم	۳	–	۴۸	–	–
۵۹	طراحی اجزاء پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۶۰	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۶۱	طراحی بهینه	۳	–	۴۸	–	–
۶۲	طراحی مکانیزم‌های پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۶۳	فرآیندهای اتفاقی	۳	–	۴۸	–	–
۶۴	کاربرد میکروپروسسورها	۳	–	۴۸	–	–
۶۵	کنترل آلودگی محیط‌زیست	۳	–	۴۸	–	–
۶۶	کنترل بهینه	۳	–	۴۸	–	–
۶۷	کنترل پیش‌بین	۳	–	۴۸	–	–
۶۸	کنترل پیشرفته ۱	۳	–	۴۸	–	–
۶۹	کنترل پیشرفته ۲	۳	–	۴۸	–	–
۷۰	کنترل تطبیقی	۳	–	۴۸	–	–

۷۱	کنترل چند متغیره	۳	–	۴۸	–	–
۷۲	کنترل در رباتیک	۳	–	۴۸	–	–
۷۳	کنترل صنعتی	۳	–	۴۸	–	–
۷۴	کنترل غیرخطی	۳	–	۴۸	–	–
۷۵	کنترل غیرخطی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۷۶	کنترل فازی	۳	–	۴۸	–	–
۷۷	کنترل مقاوم	۳	–	۴۸	–	–
۷۸	لایه‌های مرزی	۳	–	۴۸	–	–
۷۹	مباحث ویژه در مهندسی مکانیک	۳	–	۴۸	–	–
۸۰	مبانی سیستم‌های هوشمند در مدل‌سازی و کنترل	۳	–	۴۸	–	–
۸۱	مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۸۲	مکاترونیک ۱	۳	–	۴۸	–	–
۸۳	مکانیک آسیب	۳	–	۴۸	–	روش‌های اجزاء محدود ۱
۸۴	مکانیک ضربه ۱	۳	–	۴۸	–	–
۸۵	مکانیک ضربه ۲	۳	–	۴۸	–	مکانیک ضربه ۱
۸۶	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	۴۸	–	–
۸۷	مکانیک محیط‌های پیوسته ۲	۳	–	۴۸	–	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱
۸۸	مکانیک مواد مرکب پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۸۹	ویسکوالاستیسیته	۳	–	۴۸	–	–
۹۰	هدایت و ناوبری ۱	۳	–	۴۸	–	–
۹۱	هدایت و ناوبری ۲	۳	–	۴۸	–	–
۹۲	هوش مصنوعی و سیستم‌های خبره	۳	–	۴۸	–	–
۹۳	هیدرودینامیک روغن‌کاری	۳	–	۴۸	–	–
۹۴	هیدرولیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۹۵	هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۹۶	یادگیری عمیق	۳	–	۴۸	–	–
۹۷	یادگیری ماشین	۳	–	۴۸	–	–
جمع کل		**۲۹۱**	**۰**	**٤٦٥٦**	**۰**	

جدول ۵-۲: دروس اختیاری تحصیلات تکمیلی گروه مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی)

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	اکسرژی	۳	–	۴۸	–	–
۲	انتقال حرارت تابشی	۳	–	۴۸	–	–
۳	انتقال حرارت جابجایی	۳	–	۴۸	–	–
۴	انتقال حرارت دوفازی	۳	–	۴۸	–	–
۵	انتقال حرارت رسانایی	۳	–	۴۸	–	–
۶	انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۷	انرژی‌های تجدید پذیر	۳	–	۴۸	–	–
۸	آیروالاستیسیته	۳	–	۴۸	–	–
۹	آیرودینامیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۰	پدیده‌های انتقال در محیط متخلخل	۳	–	۴۸	–	–
۱۱	پردازش موازی	۳	–	۴۸	–	–
۱۲	ترموالاستیسیته	۳	–	۴۸	–	الاستیسیته
۱۳	ترمودینامیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۱۴	ترمودینامیک و مکانیک سیستم‌های پیشرانش	۳	–	۴۸	–	–
۱۵	توربولانس	۳	–	۴۸	–	–
۱۶	تولید شبکه محاسباتی	۳	–	۴۸	–	–
۱۷	دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	۴۸	–	–
۱۸	دینامیک سیالات محاسباتی ۲	۳	–	۴۸	–	دینامیک سیالات محاسباتی ۱
۱۹	دینامیک گازهای پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۰	دینامیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۱	ذرات معلق	۳	–	۴۸	–	–
۲۲	روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات	۳	–	۴۸	–	–
۲۳	روش‌های اجزاء محدود ۱	۳	–	۴۸	–	–
۲۴	روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۵	سوخت و احتراق پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۶	سیستم‌های انرژی	۳	–	۴۸	–	–
۲۷	طراحی اجزاء پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۸	طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۲۹	طراحی بهینه	۳	–	۴۸	–	–
۳۰	طراحی توربوماشین پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–
۳۱	کنترل آلودگی محیط‌زیست	۳	–	۴۸	–	–
۳۲	لایه‌های مرزی	۳	–	۴۸	–	–
۳۳	مباحث ویژه در مهندسی مکانیک	۳	–	۴۸	–	–
۳۴	مبدل‌های حرارتی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–

۳۵	مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	
۳۶	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	۴۸	–	–	
۳۷	مکانیک محیط‌های پیوسته ۲	۳	–	۴۸	–	مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	
۳۸	موتورهای احتراق داخلی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	
۳۹	نیروگاه آبی پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	
۴۰	هیدروآیرودینامیک	۳	–	۴۸	–	–	
۴۱	هیدرودینامیک روغن‌کاری	۳	–	۴۸	–	–	
۴۲	هیدرولیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	
۴۳	هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته	۳	–	۴۸	–	–	
جمع کل		**۱۲۹**	–	**۲۰٦٤**	–		

جدول ٦: دروس جبرانی گرایش‌های مختلف کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		گرایش		پیش‌نیاز یا هم نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	طراحی کاربردی	تبدیل انرژی	
۱	ریاضی مهندسی	۳	–	۴۸	–	✓	–	–
۲	مکانیک مصالح ۱	۳	–	۴۸	–	✓	–	–
۳	دینامیک	۴	–	۶۴	–	✓	–	–
۴	کنترل اتوماتیک	۳	–	۴۸	–	✓	–	–
۵	مکانیک سیالات ۱	۳	–	۴۸	–	–	✓	–
۶	ترمودینامیک ۱	۳	–	۴۸	–	–	✓	–
۷	انتقال حرارت ۱	۴	–	۶۴	–	–	✓	–
جمع کل		**۲۳**	۰	**۳٦۸**	۰			–

فصل سوم

ویژگی‌های هریک از دروس (هدف و سرفصل دروس)

ریاضیات پیشرفته ۱

(Advanced Mathematics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اصلی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری جبر خطی، حل دستگاه معادلات خطی و همچنین روش‌های حل معادلات دیفرانسیل جزئی موردنیاز در مهندسی مکانیک است.

رئوس مطالب:

۱- دستگاه معادلات جبری خطی، روش حذفی گاوس و گاوس – جردن، فرم کاهش‌یافته سطری پلکانی، جایگشت، ماتریس‌های هرمیتی، هرمیتی کج، قطری کردن ماتریس‌های بلوکی.

۲- میدان، فضای برداری، فضای ضرب داخلی، فضای اقلیدسی، روش متعامد سازی گرام – اشمیت، معکوس تعمیم‌یافته ضعیف، معکوس تعمیم‌یافته مور – پنروز.

۳- بردارهای ویژه، مقادیر ویژه، فرم مربعی، کسرهای رایلی، قضیه کیلی – هامیلتون، محاسبه چندجمله‌ای‌های ماتریسی، چندجمله‌ای مینیمال.

۴- تبدیل‌های خطی، اپراتورهای خطی، فضای ضرب داخلی مختلط، تابعک‌ها، فضاهای ویژه تعمیم‌یافته، فرم جردن ماتریس‌ها و تبدیل‌های خطی.

۵- حساب تغییرات، انواع مسائل حساب تغییرات، شرایط لازم بهینه شدن، معادله اویلر – لاگرانژ و تغییرات اول تابعی، شرایط کافی بهینه شدن، تغییرات دوم تابعی، روش‌های عددی و تغییراتی برای حل مسائل حساب تغییرات.

۶- معرفی معادلات دیفرانسیل پاره‌ای خطی و غیرخطی، همگن و غیر همگن مرتبه اول، دوم و بالاتر.

۷- حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای مرتبه اول، معادله موج، بقاء، ترافیک و بررسی پدیده ضربه، روش مشخصه‌ها.

۸- نگاشت‌های مختلط.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. D. Meyer, *Matrix Analysis and Applied Linear Algebra*, 3rd Edition, Society for Industrial & Applied Mathematics, 2010.
2. F. B. Hildebrand, *Methods of Applied Mathematics*, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1965.
3. C. R. Wylie, and L. C. Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, 6th Edition, McGraw-Hill, 1995.
4. D. G. Zill, W. S. Wright, and M. R. Cullen, *Advanced Engineering Mathematics*, 4th Edition, Jones and Bartlett Publishers, 2011.
5. G. E. Shilov, *Linear Algebra*, Dover Publications Inc., 1977.
6. R. L. Street, *The Analysis and Solution of Partial Differential Equations*, Brooks/Cole Pub. Co., 1973.
7. K. M. Hoffman, and R. Kunze, *Linear Algebra*, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1971.
8. D. E. Kirk, *Optimal Control Theory: an Introduction*, Dover Publications Inc., 1998.
9. P. J. Olver, and C. Shakiban, *Applied Linear Algebra*, Springer, 2018.

ریاضیات پیشرفته ۲

(Advanced Mathematics II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اصلی	**پیش‌نیاز:** ریاضیات پیشرفته ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته موردنیاز مهندسی مکانیک نظیر جبر اعداد مختلط، حساب تغییرات و روش‌های مختلف حل معادلات دیفرانسیل جزئی است.

رئوس مطالب:

۱- حساب تغییرات: انواع مسائل حساب تغییرات، معرفی فانکشنال، شرایط لازم بهینه شدن، معادله اویلر – لاگرانژ و تغییرات اول تابعی، شرایط کافی بهینه شدن، تغییرات دوم تابعی، مفاهیم بهینه‌سازی، بهینه‌سازی بدون قید، بهینه‌سازی ترکیبی.

۲- معادلات دیفرانسیل پاره‌ای مرتبه دوم: فرم کانونیک معادلات دیفرانسیل مرتبه دوم، معرفی و ویژگی‌های توابع خاص، معرفی روش جداسازی متغیرها و تبدیلات برای حل معادلات هذلولوی، سهموی و بیضوی در سیستم‌های مختصات مختلف.

۳- آنالیز مختلط: مروری بر اعداد مختلط، انتگرال‌گیری مختلط با انواع نقاط شاخه‌ای، لاپلاس معکوس با توابع مختلط، انواع نگاشت، نگاشت همدیس و حل معادله لاپلاس به کمک این نگاشت، نگاشت شوارتز – کریستوفل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. R. Wylie, and L. C. Barrett, *Advanced Engineering Mathematics*, 6th Edition, McGraw-Hill, 1995.
2. D. G. Duffy, *Advanced engineering mathematics*, CRC Press, 1998.
3. D. G. Zill, W. S. Wright and M. R. Cullen, *Advanced Engineering Mathematics*, Jones and Bartlett Publishers, 2010.
4. F. B. Hildebrand, *Advanced Calculus for Applications*, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1976.
5. F. B. Hildebrand, *Methods of Applied Mathematics*, Courier Corporation, 2012.
6. D. G. Duffy, *Advanced Engineering Mathematics with MATLAB*, Chapman and Hall/CRC, 2016.
7. W. Guo, *Advanced Mathematics for Engineering and Applied Sciences*, Pearson Education, 2015.
8. P. J. Olver, and C. Shakiban, *Applied Linear Algebra*, Springer, 2018.

مکانیک محیط‌های پیوسته ۱

(Continuum Mechanics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: تخصصی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری تانسورهای مختلف، تنش، کرنش، معادلات متشکله مواد و هم‌چنین قوانین کلی بقای حاکم بر یک محیط پیوسته است.

رئوس مطالب:

۱- آنالیز تانسوری در دستگاه کارتزین، مقادیر ناوردای یک تانسور، نظریه گرادیان، دیورژانس و چرخش، آنالیز تانسوری در دستگاه غیرکارتزین، تانسور همسانگرد، توان‌های یک تانسور.

۲- بردار تنش، فرمول کوشی، تنش‌ها و جهت‌های اصلی، تنش‌های انحرافی، تنش‌های کوشی، تنش‌های پیولا – کیرشهف اول و دوم.

۳- توصیف حرکت و جابجایی با استفاده از رویکردهای لاگرانژ و اویلر، گرادیان تغییر شکل، قضیه تجزیه قطبی، تانسورهای کرنش اویلری و لاگرانژی.

۴- مشتق‌گیری مادی، نرخ‌های تنش و کرنش، نرخ‌های عینی فرمول پخش اویلری، معادله پیوستگی و ژاکوبین.

۵- نظریه انتقال رینولدز، قانون بقای جرم، قانون بقای اندازه حرکت خطی، معادلات بقا و حرکت ناویر، معادلات ناویر – استوکس.

۶- معادلات سازگاری، قوانین بقای اندازه حرکت زاویه‌ای، قانون بقای انرژی.

۷- معادلات متشکله مواد همسانگرد و ناهمسانگرد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. M. Lai, D. Rubin, and E. Krempl, *Introduction to Continuum Mechanics*, 4th Edition, Butterworth-Heinemann, 2010.
2. G. T. Mase, R. E. Smelser, and R. E. Rossmann, *Continuum Mechanics for Engineers*, 4th Edition, CRC Press, 2020.
3. J. Bonet, and R. D. Wood, *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, 2nd Edition , Cambridge University Press, 2008.
4. O. Gonzalez, and A. M. Stuart, *A First Course in Continuum Mechanics*, 1st Edition, Cambridge University Press, 2008.
5. C. D. Coman, *Continuum Mechanics and Linear Elasticity*, Springer Netherlands, 2020.

ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)

(Advanced Vibrations)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: تخصصی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در ارتعاشات همانند سیستم‌های چند درجه آزادی، سیستم‌های پیوسته، روش‌های مختلف حل معادلات آن‌ها و کاربرد ارتعاشات در تحلیل رفتار دینامیکی سازه‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر دینامیک تحلیلی شامل روش‌های مختلف استخراج معادلات مبتنی بر انرژی، اصل کار مجازی.
۲- قیود و دستگاه‌های مقید، معادلات لاگرانژ.
۳- سیستم‌های چند درجه آزادی خطی شامل معادلات سیستم‌های گسسته به فرم ماتریسی، انتقال خطی، آنالیز مودال، قضیه بسط، سیستم‌های دارای مود صلب، کسر رایلی و ضرایب تأثیر.
۴- سیستم‌های پیوسته حل دقیق شامل ارتعاش عرضی تار، ارتعاش محوری میله، ارتعاش پیچشی شافت، ارتعاش جانبی تیر، حل معادلات، مسئله مقدار ویژه، قضیه بسط، تعامد مودها و ارتعاشات اجباری.
۵- سیستم‌های پیوسته حل تقریبی شامل روش انرژی رایلی، روش رایلی – ریتز، روش مودهای فرضی، روش باقیمانده‌های توزین شده، روش پارامترهای مجزا، روش المان محدود.
۶- ارتعاشات سیستم‌های دوبعدی شامل ارتعاشات عرضی پوسته‌ها و ورق‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. Meirovitch, *Fundamentals of Vibration*, 1st Edition, Waveland Pr Inc., 2010.
2. S. Rao, *Vibration of Continuous Systems*, 1st Edition, Wiley, 2007.
3. D. J. Inman, *Engineering Vibration*, 3rd Edition, Prentice Hall, 2007.
4. A. A. Shabana, *Vibration of Discrete and Continuous Systems*, 2nd Edition, Springer, 1996.
5. L. Meirovitch, *Elements of Vibration Analysis*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1986.
6. R. R. Craig, *Structural Dynamics: An Introduction to Computer Methods*, 2nd Edition, Wiley, 1981.
7. P. L. Gatti, *Advanced Mechanical Vibrations: Physics, Mathematics and Applications*, CRC Press, 2020.
8. N. O. Myklestad, *Fundamentals of vibration analysis*, Courier Dover Publications, 2018.
9. K. S. Graham, *Fundamentals of Mechanical Vibrations*, 2nd Edition, Mc Graw-Hill, 2000.
10. K. S. Graham, *Advanced Vibration Analysis*, 1st Edition, CRC Press, 2006.

انتقال حرارت جابجایی

(Convection Heat Transfer)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: تخصصی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری انتقال حرارت از نوع جابجایی در جریان‌های داخلی و خارجی به‌صورت جریان‌های آرام و مغشوش بیان است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم بنیادی، استخراج قوانین بقا جرم، اندازه حرکت، قانون اول و دوم ترمودینامیک و تحلیل مقیاسی.

۲- لایه‌های مرزی آرام، لایه‌های مرزی سرعت و گرمایی، روش انتگرالی، حل تشابهی، جریان روی صفحه تخت، جریان از روی یک جسم با شکل اختیاری، شرایط مرزی حرارتی.

۳- جریان آرام در کانال، طول ورودی، جریان توسعه‌یافته، انتقال گرما در جریان توسعه‌یافته، دمای میانگین، شار گرمایی یکنواخت در دیواره، دیواره با دمای یکنواخت، انتقال گرما در ناحیه ورودی، سرمایش مجموعه صفحات موازی، خطوط گرما ثابت در جریان توسعه‌یافته.

۴- جریان لایه‌مرزی مغشوش، معادلات میانگین زمانی، معادلات لایه‌مرزی، مدل طول اختلاط، توزیع سرعت، انتقال گرما در لایه‌مرزی، جریان اطراف کره،استوانه و اجسام با اشکال دیگر.

۵- جریان مغشوش در کانال، توزیع سرعت، ضریب اصطکاک و کاهش فشار، ضریب انتقال گرما، نرخ کلی انتقال گرما با شرایط دیواره دما ثابت و دیواره شار گرمایی ثابت.

۶- انتقال حرارت جابجایی آزاد، جریان جابجایی آزاد داخلی و خارجی، جابجایی آزاد در مجاری بسته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. Bejan, *Convection Heat Transfer*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2006.
2. G. Nellis, and S. Klein, *Heat Transfer*, Cambridge University Press, 2012.
3. F. Incorpera, and D. Dewitt, *Introduction to Heat Transfer*, 5th Edition, John Wiley & Sons, 2007.
4. I. Pop, and D. B. Ingham, *Convective Heat Transfer*, Elsevier, 2001.
5. S. Kakaç, and Y. Yener, *Convective heat transfer*, CRC Press, 1995.
6. L. C. Burmeister, *Convective Heat Transfer*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1993.
7. V. S. Arpaci, *Convection Heat Transfer*, Prentice Hall, 1984.
8. G. F. Naterer, *Advanced heat transfer*, CRC Press, 2018.
9. E. Sparrow, J. Abraham, and J. Gorman, *Advances in Heat Transfer*, Elsevier, 2021.

دینامیک سیالات محاسباتی ۱

(Computational Fluid Dynamics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: تخصصی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری حل معادلات اساسی جریان سیال در دو شکل دیفرانسیلی و انتگرالی به روش‌های عددی و کاربرد آن‌ها در مسائل مختلف جریان سیال و انتقال گرما است.

رئوس مطالب:

۱- آشنایی با فیزیک جریان سیال، آشنایی با معادلات بقای جرم، مومنتم و انرژی حاکم بر جریان سیال، طبقه‌بندی معادلات حاکم و بیان ویژگی‌های آن‌ها، فرم‌های ساده‌شده معادلات جریان.

۲- آشنایی با معادلات دیفرانسیل پاره‌ای، مثال‌هایی از معادلات PDE، شرایط اولیه و مرزی، طبقه‌بندی معادلات PDE و بیان ویژگی‌های آن‌ها، نحوه تعیین ماهیت یک معادله‌ی پاره‌ای و دستگاه معادلات پاره‌ای، ویژگی‌های مسائل خوش‌رفتار.

۳- فرآیند حل عددی یک مسئله، بسط سری تیلور برای تقریب مشتقات مکانی و زمانی، تقریب‌های مرتبه اول و دوم متقارن و نامتقارن.

۴- روش اختلاف محدود، گسسته سازی معادله هدایت حرارتی غیر دائم، روش صریح FTCS، برنامه‌نویسی کامپیوتری برای الگوریتم حل عددی مسئله هدایت حرارتی غیر دائم به روش FTCS.

۵- اصول نظری روش‌های محاسباتی، مفاهیم بازده محاسباتی، همگرایی، سازگاری و پایداری و بررسی برای روش نمونه FTCS.

۶- روش‌های صریح و ضمنی در حل معادلات سهموی، بررسی روش‌های صریح شامل روش FTCS، ریچاردسون، دافورت فرانکل و روش‌های ضمنی شامل روش کاملاً ضمنی، کرانک نیکلسون، بررسی سازگاری، پایداری و دقت هریک از روش‌ها، نحوه اعمال شرایط مرزی عددی برای روش‌های ضمنی، افزایش دقت حل به کمک برون‌یابی ریچاردسون.

۷- روش‌های حل دستگاه معادلات جبری برای حالت دائم یا روش‌های ضمنی، روش‌های تکراری و مستقیم، روش حذفی گوس، روش ماتریس سه قطری (الگوریتم توماس)، الگوریتم توماس برای ماتریس ضرایب پنج قطری و سه قطری بلوکی.

۸- مسائل اختلاف محدود چندبعدی، روش‌های صریح و ضمنی حل معادله دیفیوژن چندبعدی، روش حل فرمولاسیون دوبعدی ضمنی (روش تفکیکی)، روش ADI.

۹- روش حجم محدود، شکل دیفرانسیلی معادلات بقای حاکم بر جریان سیال، انتگرال‌گیری از معادلات حاکم، معادله انتقال عمومی، نظریه دیورژانس گوس، به‌کارگیری روش حجم محدود برای معادله دیفیوژن خالص، تولید شبکه، گسسته سازی و حل معادله به روش حجم محدود، حل یک مثال عددی.

۱۰-روش حجم محدود برای مسائل جابجایی – نفوذ، مسئله جابجایی – نفوذ یک‌بعدی، روش‌های گسسته سازی جمله جابجایی شامل روش اختلاف مرکزی، روش بالادستی، روش هیبرید، روش توانی و روش کوییک، نحوه توسعه هریک از روش‌ها برای مسائل دو یا سه‌بعدی، ویژگی‌های روش‌های مختلف گسسته سازی مسائل جابجایی – نفوذ، خواص بقائی بودن، محدود بودن و انتقال‌پذیر بودن.

۱۱-الگوریتم‌های حل میدان کوپل فشار – سرعت در جریان‌های دائم، شبکه جابجا شده، خواص شبکه جابجا شده، نحوه گسسته سازی معادلات مومنتم روی شبکه جابجا شده، الگوریتم SIMPLE، الگوریتم‌های SIMPLER، SIMPLEC و PISO، تفاوت‌های آن‌ها با الگوریتم سیمپل و مزایا و معایب هریک از آن‌ها، نحوه اعمال شرایط مرزی مختلف در شبکه جابجا شده.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. A. J. Fletcher, *Computational Techniques for Fluid Dynamics 1*, Springer, 1991.
2. J. Tannehill, D. Anderson, and R. Pletcher, *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, 2nd Edition, Taylor & Francis, 1997.
3. S. Patankar, *Numerical heat transfer and fluid flow*, 1st Edition, Taylor & Francis, 1989.
4. K. A. Hoffmann, and S. T. Chiang, *Computational Fluid Dynamics*, 3rd Edition, Engineering Education System, 1998.
5. H. W. Oh, *Computational Fluid Dynamics*, Engineering Education System, 2010.
6. H. K. Versteeg, and W. Malalasekera, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics –the Finite Volume Method*, Longma Group Ltd, 2007.
7. T. J. Chung, *Computational Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 2002.
8. O. Zikanov, *Essential Computational Fluid Dynamics*, John Wiley & Sons, 2019.
9. J. Tu, G. H. Yeoh, and C. Liu, *Computational Fluid Dynamics: a Practical Approach*, Butterworth-Heinemann, 2018.

مکانیک سیالات پیشرفته

(Advanced Fluid Mechanics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: تخصصی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس بیان حل معادلات اساسی جریان سیال در دو شکل دیفرانسیلی و انتگرالی، ساده‌سازی و کاربرد آن‌ها در مسائل مختلف جریان سیال است.

رئوس مطالب:

۱- معادلات اساسی جریان سیال، طبقه‌بندی معادلات، معادلات پیوستگی، ناویر – استوکس، انرژی، شرایط مرزی، بی‌بعد سازی معادلات، تابع جریان، جریان خزشی، جریان لایه‌مرزی، معادلات انتگرالی.

۲- حل‌های ارائه‌شده برای معادلات جریان سیال لزج، جریان بین دو صفحه موازی، جریان بین استوانه‌های هم‌مرکز گردان، جریان درون کانال مدور و کانال غیر مدور.

۳- تحلیل جریان ناپیوسته با مرز متحرک، تحلیل جریان در نزدیکی یک نقطه سکون، جریان خزشی روی اجسام غوطه‌ور.

۴- جریان پتانسیل، میدان جریان پتانسیل، چشمه و چاه، گردابه، دابلت، ترکیب اجزا.

۵- لایه‌مرزی جریان آرام، معادلات انتگرالی، معادلات دیفرانسیلی، جریان آرام بر روی صفحه تخت، جدایش جریان، جریان‌های گوشه فالکنر – اسکن، جریان‌های بدون برش، جریان آرام بر روی استوانه و کره.

۶- جریان مغشوش تراکم‌ناپذیر، معادلات رینولدز در جریان مغشوش، معادلات دیفرانسیلی و انتگرالی لایه‌مرزی مغشوش دوبعدی، جریان مغشوش در کانال مدور و غیر مدور، لایه‌مرزی روی صفحه تخت، مدل‌سازی اغتشاش.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. T. C. Papanastasiou, G. C. Georgiou, and A. N. Alexandrou, *Viscous Fluid Flow*, CRC Press, 2000.
2. F. M. White, *Viscous Fluid Flow*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2013.
3. R. L. Panton, *Incompressible Flow*, 4th Edition, Wiley, 2013.
4. H. Schlichting, and K. Gersten, *Boundary-Layer Theory*, Springer, 2000.
5. G. K. Batchelor, *An Introduction to Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 1974.
6. H. Song, *Engineering Fluid Mechanics*, Springer, 2018.
7. D. F. Elger, B. A. LeBret, C. T. Crowe, and J. A. Roberson, *Engineering Fluid Mechanics*, 12th Edition, Wiley, 2019.
8. I. G. Currie, *Fundamental Mechanics of Fluids*, 4th Edition, CRC Press, 2012.
9. W. Graebel, *Advanced Fluid Mechanics*, Academic Press, 2007.

الاستودینامیک

(Elastodynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس معرفی اصول حاکم بر حرکت موج در جامدات، نحوه استخراج معادلات حاکم و روش‌های تحلیلی یا عددی حل، درک مفاهیم امپدانس محیط، شکست و انعکاس در پدیده‌های موجی، به همراه بررسی کاربردها از فراصوت تا آزمون‌های غیر مخرب است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر نظریه انتشار امواج، محیط‌های پیوسته یک، دو و سه‌بعدی الاستیک.
۲- میدان سرعت و تغییر شکل، نرخ تغییر کمیت‌ها.
۳- بقای جرم و اندازه حرکت، امواج هارمونیک و شار انرژی.
۴- معادلات اساسی سه‌بعدی الاستیسیته، سینماتیک و دینامیک تغییر شکل.
۵- روابط متشکله تنش و کرنش در حیطه کشسان.
۶- اصل هامیلتون و شرایط مرزی و اولیه، میدان پتانسیل جابجایی.
۷- نظریه‌های الاستودینامیک، روابط متقابل.
۸- پتانسیل‌های اسکالر و برداری، تجزیه هلمهولتز.
۹- پاسخ‌های پایه تکین در حل الاستودینامیک، نمایش انتگرالی.
۱۰-امواج در محیط‌های نامحدود، امواج تخت و کروی.
۱۱-انتشار جبهه موج، نمودار سرعت انتشار برحسب زاویه انتشار، امواج هارمونیک در محیط‌ها چندلایه‌ای.
۱۲-بازتاب و عبور در مرز لایه‌ها، شرایط مرزی، امواج ریلی و استونلی.
۱۳-امواج هدایت‌شده، امواج گذرا، مسئله لمب، حرکت گذرا از یک‌لایه، ضربه در میله.
۱۴-شکست امواج کشسان.
۱۵-ناخالصی استوانه‌ای و کروی، ترک.
۱۶-امواج سطحی، سرعت فاز و گروه، پاشش در محیط‌های ناهمگن.
۱۷-برهم‌کنش با سطح آزاد، امواج لمب و لاو.
۱۸-روش‌های مجانبی، روش‌های بسط مجانبی انتگرال‌ها، تقریب برن، روش ری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. *Wave Motion In Solids, Wave Equations, Analytical And Numerical Solutions*, Ultrasonic NDE.
2. J. Achenbach, *Wave Propagation in Elastic Solids*, 1st Edition, Elsevier Science, 1984.
3. A. C. Eringer, *Elastodynamics*, Рипол Классик, 1974.
4. E. Kausel, *Fundamental solutions in elastodynamics: a compendium, Cambridge University Press*, 2006.
5. M. Franke, *Discretisation techniques for large deformation computational contact elastodynamics*, 1st Edition, KIT Scientific Publishing, 2014.
6. K. F. Graff, *Wave motion in elastic solids*, Courier Corporation, 2012.

الاستیسیته

(Elasticity)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری محاسبه میدان تنش و کرنش در مواد جامد الاستیک تحت بارگذاری خارجی، تحلیل مسائل پیچیده دوبعدی، سه‌بعدی و کاربردی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر آنالیز تانسوری، خواص تانسورها، تانسورهای تنش و کرنش، قاعده انتقال تانسورها، تانسورهای متقارن و نامتقارن.

۲- تغییر شکل، جابجایی و کرنش، تشریح فضایی و مادی کرنش، کرنش‌های غیرخطی، معادلات سازگاری کرنش سنت ونان.

۳- تنش و تعادل، ترکشن روی سطح مایل، تابع تنش ایری و کاربرد آن در حل مسائل، معادلات سازگاری ناویر و بلترامی – میشل.

۴- فرمول‌بندی و استراتژی‌های حل مسائل در الاستیسیته، فرمول‌بندی مسائل دوبعدی و سه‌بعدی، حل مسائل دوبعدی و سه‌بعدی.

۵- رفتار مواد، ثابت‌های مکانیکی مواد، آزمایش‌های تعیین ثابت‌های مکانیکی مواد همسانگرد و ناهمسانگرد، انرژی کرنشی و قضایای مربوطه.

۶- ترموالاستیسیته، فرمول‌بندی مسائل حرارتی در دستگاه دکارتی و قطبی، حل مسائل حرارتی.

۷- پیچش استوانه‌ها، تابع تنش پرانتل، قیاس غشایی، پیچش نواحی ساده، پیچش نواحی همبند مرکب، پیچش مقاطع نازک باز و بسته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. M. H. Sadd, *Elasticity: Theory, Applications, and Numerics*, 3rd Edition, Academic Press, 2014.
2. A. Constantinescu, and A. Korsunsky, *Elasticity with Mathematica: An Introduction to Continuum Mechanics and Linear Elasticity*, Cambridge University Press, 2012.
3. J. R. Barber, *Elasticity*, 2nd Edition, Kluwer Academic Publisher, 2004.
4. S. P. Timoshenko, and J. N. Goodier, *Theory of Elasticity*, 3rd Edition, McGraw-Hill Education, 1970.
5. R. B. Hetnarski, and J. Ignaczak, *The Mathematical Theory of Elasticity*, CRC Press, 2016.
6. A. E. Armenàkas, *Advanced Mechanics of Materials and Applied Elasticity*, CRC Press, 2016.
7. C. D. Coman, *Continuum Mechanics and Linear Elasticity*, Springer Netherlands, 2020.

آزمون‌های غیرمخرب پیشرفته

(Advanced Non-destructive Testing)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس شناسایی و ارزیابی خواص ماده، قطعه یا سیستم یکپارچه بدون ایجاد تداخل در عملکرد و یا ایجاد هرگونه آسیب در آن با به‌کارگیری آزمون‌های غیر مخرب است که برای اطمینان از صحت هر قطعه بعد از فرایند ساخت و یا در فرایند استفاده در ادوار مختلف بدین‌وسیله مورد بازرسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

۱- آشنایی با اصول ارزیابی بر اساس مفاهیم مکانیک شکست: مکانیسم‌های شکست، شکست در فلزات و غیرفلزات، ترک و رشد ترک.

۲- آشنایی با کنترل کیفیت و قابلیت اطمینان: مبانی کنترل کیفیت، معرفی انواع بازرسی‌ها و جایگاه آن در کنترل کیفیت آماری، نمونه‌گیری، دقت، صحت و عدم قطعیت در اندازه‌گیری.

۳- روش بازرسی فراصوتی (روش‌های پیشرفته التراسونیک): مبانی آزمون فراصوتی، معادله انتشار موج، عبور، بازتاب و شکست موج، استهلاک موج، امواج هدایت‌شده، تافد، پراکندگی امواج فراصوتی، روش‌های تولید امواج فراصوتی، روش‌های انجام آزمون فراصوتی، روش‌های ارزیابی عیوب، بازرسی جوش توسط امواج فراصوتی، روش آرایه‌های فازی.

۴- روش نشت آوایی (آکوستیک امیشن): مبانی روش نشت آوایی، تجهیزات مورداستفاده، کاربردها، مزایا و معایب، عیوب قابل‌تشخیص.

۵- روش آنالیز مودال: مبانی آنالیز مودال، مدهای ارتعاشی، نحوه انجام آزمون، کاربردها، مزایا و معایب، عیوب قابل‌تشخیص.

۶- روش بازرسی حرارتی: مبانی بازرسی حرارتی، تجهیزات بازرسی حرارتی، روش انجام آزمون حرارتی، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها، عیوب قابل‌تشخیص.

۷- روش آزمون نشت‌یابی (روش مایع نافذ و ذرات مغناطیسی): مبانی روش مایع نافذ، تجهیزات و روش انجام آزمون، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها، مبانی روش ذرات مغناطیسی، تجهیزات و روش انجام آزمون، کاربردها، مزایا و معایب، عیوب قابل‌تشخیص.

۸- بازرسی توسط جریان گردابی: مبانی آزمون گردابی، تجهیزات و روش انجام آزمون، پارامترهای مؤثر در آزمون، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها، عیوب قابل‌تشخیص.

۹- روش هولوگرافی: مبانی و انواع روش‌های هولوگرافی، تجهیزات و نحوه انجام آزمون، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها.
۱۰-آزمون رادیوگرافی: مبانی پرتونگاری، تجهیزات و نحوه انجام پرتونگاری، فیلم پرتونگاری، تفسیر نتایج، تکنیک‌های پرتونگاری، پارامترهای مؤثر در پرتونگاری، عیوب قابل‌تشخیص، کاربردها، مزایا و معایب.
۱۱-آزمون رپلیکا (Replica): مبانی آزمون رپلیکا، تجهیزات و نحوه انجام آزمون، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها.
۱۲-روش بازرسی شهودی یا چشمی: مبانی آزمون چشمی، تجهیزات و نحوه انجام آزمون، کاربردها، مزایا و محدودیت‌ها.
۱۳-روش‌های نوین بازرسی غیرمخرب.
۱۴-استانداردهای مربوط به روش‌های ارزیابی غیرمخرب.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. Prakash, *Non-destructive Testing Techniques*, New Age Science, 2009.
2. B. Raj, T. Jayakumar, and M. Thavasimuthu, *Practical Non-destructive Testing*, 2nd Edition, Woodhead Publishing, 2002.
3. P. E. Mix, *Introduction to Nondestructive Testing: A Training Guide*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2005.
4. J. B. Hull, and J. Vernon, *Non-Destructive Testing*, Macmillan International Higher Education, 2015.
5. J. P. Balayssac, and V. Garnier, *Non-destructive Testing and Evaluation of Civil Engineering Structures*, 1st Edition, Elsevier Science, 2017.

آنالیز تانسوری و کاربردها

(Tensor Analysis with Applications)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری نظریه‌های اولیه، مفاهیم پیشرفته، قوانین اساسی و کاربردی آنالیز تانسوری در مهندسی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تعاریف اولیه، بردارها و تانسورها، نظریه گرین – گاوس و سطوح مرزی.

۲- تغییر شکل‌ها و سینماتیک، دستگاه مختصات لاگرانژی و اویلری، تبدیل دستگاه‌ها، قوانین بقا، دستگاه مختصات غیر کارتزین، مشتقات هم‌وردا و ناوردا.

۳- تانسور کرنش، دستگاه منحنی‌الخط، تانسور نرخ تغییر شکل، تانسور متریک، معادلات سازگاری، تانسور ریمان – کریستوفل.

۴- تعادل و سینتیک، تانسور تنش، انتقال مختصات برای تنش و کرنش، دستگاه منحنی الخط، تنش با کرنش‌های بزرگ.

۵- بیان تانسوری مباحث مرتبط با الاستیسیته، معادلات حالت برای اجسام الاستیک خطی، تنش صفحه‌ای، کرنش صفحه‌ای، معادلات ناویر، اصول انرژی، جریان سیال.

۶- هندسه و سطوح خمیده، نظریه پوسته و ورق، قانون الاستیک، قوانین کرشهف، کاربرد مشتقات هم‌وردا، انحناء گاوس، سینماتیک تغییر شکل در پوسته‌ها، شکل ترکیبی تانسور متریک، تانسورهای انحناء.

۷- کلیاتی از نظریه نسبیت، مختصات مینکوسکی، تانسور شبه ریمانی، مشخصات بیونچی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. Flügge, *Tensor Analysis and Continuum Mechanics*, 1st Edition, Springer, 1972.
2. T. J. Chung, *Applied Continuum Mechanics*, Cambridge University Press, 1996.
3. J. Bonet, A. J. Gil, and R. D. Wood, *Worked Examples in Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, Cambridge University Press, 2012.
4. J. Bonet, and R. D. Wood, *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2008.
5. J. Mardsen, T. Ratiu, and R. Abraham, *Manifolds, Tensor Analysis and Applications*, 3rd Edition, Springer, 2007.
6. J. G. Simmonds, *A Brief on Tensor Analysis*, 2nd Edition, Springer, 1994.
7. A. J. McConnell, *Applications of Tensor Analysis*, Courier Corporation, 2014.
8. L. Qi, and Z. Luo, *Tensor Analysis: Spectral Theory and Special Tensors*, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2017.
9. E. Nelson, *Tensor Analysis*, Princeton University Press, 2015.

پلاستیسیته ۱

(Plasticity I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری رفتار مواد پس از رسیدن به نقطه تسلیم و نظریه‌های مختلف مربوط به تغییر شکل‌های ماندگار است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم پلاستیسیته، تغییر شکل الاستیک و پلاستیک، مفهوم سطح تسلیم، تأثیر تنش هیدرو استاتیک، نرخ کرنش و دما بر منحنی تنش و کرنش، بارگذاری ساده و مختلط.

۲- معیارهای تسلیم، منحنی تسلیم، سطح تسلیم، معیار ترسکا – سن‌ونان، معیار فون‌مایزس، منحنی بارگذاری، منحنی باربرداری، توصیف ریاضی و هندسی سطح تسلیم.

۳- نظریه جریان پلاستیسیته، قانون جریان، کرنش سختی، معادلات پرانتل – راس، نظریه پلاستیسیته سن‌ونان – فون‌مایزس، قانون جریان وابسته، فرضیه دراکر، تحدب سطح بارگذاری.

۴- معادلات تعادل الاستیک – پلاستیک، خطوط لغزش و خواص آن‌ها، معیار سرحدی، مسئله کوشی، مسئله ریمان.

۵- کار سختی، کرنش سختی، قوانین سخت‌شوندگی، انواع سخت‌شوندگی‌ها شامل همسانگرد، جنبشی و ترکیبی.

۶- الگوریتم برگشت روی سطح، الگوریتم نگاشت بازگشتی و انواع آن.

۷- مواد ناهمسانگرد، معادلات الاستیک – پلاستیک مواد ناهمسانگرد، نظریه‌های ناهمسانگردی پلاستیسیته هیل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. Rees, *Basic Engineering Plasticity: An Introduction with Engineering and Manufacturing Applications*, Elsevier Science, 2012.
2. J. Lubliner, *Plasticity Theory*, Dover Publications, 2008.
3. J. Chakrabarty, *Theory of Plasticity*, 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, 2006.
4. L. M. Kachanov, *Fundamentals of the Theory of Plasticity*, Dover Publications, 2004.
5. W. Brocks, *Plasticity and Fracture*, Springer International Publishing, 2018.
6. Z. Wang, W. L. Hu, S. J. Yuan, and X. S. Wang, *Engineering Plasticity*, Wiley, 2018.

پلاستیسیته ۲

(Plasticity II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** پلاستیسیته ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری رفتار مواد پس از رسیدن به نقطه تسلیم و نظریه‌های مختلف مربوط به تغییر شکل‌های ماندگار است.

رئوس مطالب:

۱- نظریه میدان‌های اسپیلاین، روابط پایه در مسئله کرنش صفحه‌ای، معادلات مشخصه در حالت کرنش صفحه‌ای، معادلات هنکی و گرینگر، اثر کار سختی.

۲- هدوگراف و اهمیت آن، هندسه میدان‌های اسپیلاین، ناگسستگی پاسخ در حالت کرنش صفحه‌ای، شرایط ناگسستگی و تکینگی تنش.

۳- ترسیم میدان‌های اسپیلاین و هدوگراف، مسائل مقدار مرزی نوع اول، دوم و سوم، روش‌های ماتریسی و تحلیلی پاسخ، نظریه تحلیلی، فرمول‌بندی ماتریسی، روش انتگرال‌گیری ریمان.

۴- برخی مسائل مقدار مرزی، میدان اسپیلاین نزدیک یک خط حدی مستقیم، ایجاد یک مرز عاری از تنش، برهم‌نهی میدان‌های اسپیلاین، اصول پایه، تشابه هندسی.

۵- قانون اشمید، مودهای تک لغزش و چند لغزشی، اثر فرارفت و کار سختی پنهان، معادلات متشکله الاستیک – پلاستیک و سخت‌شوندگی تک کریستال، مدل تیلور، مدل دو پارامتری ناکادا و که، مدل آسارو و نیدلمن.

۶- پلاستیسیته چند کریستالی، تعیین سیستم‌های لغزش، اصل کار کمینه، انتخاب سیستم لغزش برای مواد الاستیک – پلاستیک، مدل پلاستیک صلب تیلور، مدل کرونیکر، بودیانسکی و وو.

۷- نظریه پلاستیسیته بدون سطح تسلیم، سخت‌شوندگی همسانگرد و سینماتیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. H. C. Wu, *Continuum Mechanics and Plasticity*, CRC Press, 2005.
2. A. Anandarajah, *Computational Methods in Elasticity and Plasticity Solids and Porous Media*, Springer, 2010.
3. J. Chakrabarty, *Theory of Plasticity*, 3rd Edition, Elsevier, 2006.
4. A. S. Khan, and S. Huang, *Continuum Theory of Plasticity*, John Wiley & Sons, 1995.
5. W. Brocks, *Plasticity and Fracture,* Springer International Publishing, 2018.
6. Z. Wang, W. L. Hu, S. J. Yuan, and X. S. Wang, *Engineering Plasticity*, Wiley, 2018.

تحلیل تجربی تنش

(Experimental Stress Analysis)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های تجربی برای اندازه‌گیری تنش و کرنش و نظریه‌های آن‌ها در مهندسی مکانیک است.

رئوس مطالب:

۱- الاستیسیته مقدماتی موردنیاز، تانسورهای تنش، قوانین انتقال تانسورها، گلبرگ تنش.

۲- مکانیک شکست مقدماتی شامل روش‌های تعیین ضریب شدت تنش، نرخ رهایش انرژی، مودهای سه‌گانه شکست، پلاستیسیته نوک ترک، ناپایداری و کنترل ترک.

۳- نظریه روش پوشش ترد، تنش‌های پوشش، الگوهای ترک پوشش ترد، انواع پوشش‌های ترد، روش آزمایش با پوشش ترد.

۴- بازرسی و تحلیل نتایج تجربی، روش‌های اندازه‌گیری کرنش، انواع کرنش‌سنج‌ها، پتانسیومتر پل وتستون، انواع رزت‌ها، تحلیل نتایج کرنش سنجی، معرفی کرنش‌سنج‌های نیمه‌هادی.

۵- نظریه‌های مقدماتی نزر، پلاریسکوب، نظریه‌های فتوالاستیسیته، پلاریسکوب‌های خطی و دایروی، فتوالاستیسیته دوبعدی.

۶- الگوهای فرینج، ایزو کروماتیک و ایزو کلینیک، مشخصه‌های مدل فتوالاستیسیته، مقدمه‌ای بر فتوالاستیسیته سه‌بعدی.

۷- معرفی پوشش‌ها با خاصیت دو شکستی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. U. C. Jindal, *Experimental Stress Analysis*, Pearson Education, 2012.
2. J. W. Dally, and W. F. Riley, *Experimental Stress Analysis*, College House Enterprises, 2005.
3. J. F. Doyle, *Modern Experimental Stress Analysis: Completing the Solution of Partially Specified Problems*, John Wiley & Sons, 2004.
4. R. C. Dove, and P. H. Adams, *Experimental Stress Analysis and Motion Measurement*, Colombus, 1964.
5. A. Freddi, G. Olmi, and L. Cristofolini, *Experimental Stress Analysis for Materials and Structures: Stress Analysis Models for Developing Desing Methodologies*, Springer, 2015.
6. K. S. K. Karuppasamy, and P. S. Balaji, *Applications and Techniques for Experimental Stress Analysis*, IGI Global, 2019.

ترموالاستیسیته

(Thermoelasticity)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** الاستیسیته

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری تحلیل کرنش‌ها و تنش‌های ایجادشده در اجسام الاستیک تحت اثر میدان‌های حرارتی است.

رئوس مطالب:

۱- اصول ترمودینامیکی الاستیسیته، معادله هدایت حرارتی، معادله ترموالاستیسیته و جواب‌های عمومی آن، اصول تغییرات برای مسائل ترموالاستیسیته مزدوج.

۲- مسائل نیمه ایستا در ترموالاستیسیته، بیان تغییر مکانی و تنشی مسائل ترموالاستیسیته، تعمیم قضیه بتی - ماکسول به ترموالاستیسیته.

۳- معادلات هدایت حرارتی دائمی و غیردائمی ورق‌ها، میدان حرارتی در دیسک‌ها و استوانه‌ها، میدان حرارتی در ورق‌های با تغییرات حرارتی خطی در ضخامت.

۴- مسائل دوبعدی ترموالاستیسیته، تنش حرارتی در دیسک و استوانه با تقارن صفحه‌ای میدان حرارت، تحلیل نتایج کرنش سنجی.

۵- تنش‌های حرارتی در ورق‌های دایروی، مسائل با تقارن محوری، تنش‌های حرارتی در کره توخالی و استوانه با طول بی‌نهایت.

۶- رفتار ترموالاستیکی پوسته‌های دوار، تنش‌های حرارتی پوسته‌های مخروطی و کروی، مقدمه‌ای بر مسائل دینامیکی و مزدوج ترموالاستیسیته.

۷- ضربه حرارتی، مقدمه‌ای بر پایداری مسائل ترموالاستیسیته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Jiang, and A. Racke, *Evolution Equations in Thermoelasticity*, Chapman & Hall/CRC, 2000.
2. J. Ignaczak, and M.O. Starzewski, *Thermoelasticity with Finite Wave Speeds*, Oxford University Press, 2010.
3. W. Nowacki, *Thermoelastisity*, 2nd Edition, Pergamon Press, 1986.
4. A. D. Kovalenko, and P. H. Adams, *Thermoelastisity, Basic Theory and Application*, Wolters-Noordhoff, 1971.
5. Y. Povstenko, *Fractional Thermoelasticity*, Switzerland: Springer International Publishing, 2015.
6. A. Berezovski, and P. Ván, *Internal Variables in Thermoelasticity*, Cham: Springer International Publishing, 2017.

تئوری ورق‌ها و پوسته‌ها

(Theory of Plates and Shells)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در تحلیل رفتار ورق‌ها و پوسته‌ها در برابر انواع بارگذاری و نظریه‌های تغییر شکل است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تعاریف ورق و پوسته، مروری بر کاربردها در صنایع مختلف از جمله هوافضا، یادآوری تانسورهای تنش و کرنش در حالت کلی، معرفی شرایط لازم برای تحلیل ورق و پوسته.

۲- رفتار استاتیک ورق‌های الاستیک، روش‌های کلاسیک، روش‌های عددی و تقریبی، نظریه تغییر شکل بزرگ، ورق‌های الاستیک نازک، نظریه خمش ورق، روابط حاکم، ورق‌های مستطیلی و دوار.

۳- ورق‌ها با اشکال مختلف، تحلیل خمش ورق با تغییر شکل بزرگ، تحلیل کمانش الاستیک ورق‌ها، رفتار پس کمانش، تحلیل ورق‌های چندلایه و ساندویچی.

۴- رفتار دینامیکی ورق‌های الاستیک، روش‌های کلاسیک، ارتعاشات آزاد ورق، ارتعاشات آزاد جانبی غشاء، روش‌های عددی و تقریبی در ارتعاشات ورق، روش‌های انرژی و تقریبی در تحلیل ورق.

۵- رفتار استاتیک پوسته‌های الاستیک، روش‌های کلاسیک، روش‌های عددی و تقریبی، نظریه تغییر شکل بزرگ، پوسته‌های الاستیک نازک، نظریه خمش پوسته، روابط حاکم.

۶- رفتار دینامیکی پوسته‌های الاستیک، روش‌های کلاسیک، ارتعاشات آزاد پوسته، ارتعاشات آزاد جانبی غشاء.

۷- روش‌های عددی و تقریبی در ارتعاشات پوسته، روش‌های انرژی و تقریبی در تحلیل پوسته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. N. Reddy, *Theory and Analysis of Elastic Plates and Shells*, 2nd Edition, CRC Press, 2006.
2. S. P. Timoshenko, and S. Woinkowsky-Krieger, *Theory of Plates and Shells*, Gyan Books Pvt. Ltd., 2013.
3. A. C. Ugural, *Stresses in Plates and Shells*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1999.
4. W. Flügge, *Stresses in Shells*, 2nd Edition, Springer, 1990.
5. M. Radwanska, A. Stankiewicz, A. Wosatko, and J. Pamin, *Plate and Shell Structures*, John Wiley & Sons, 2016.
6. H. Altenbach, N. Chinchaladze, R. Kienzler, and W. H. Müller, *Analysis of Shells, Plates, and Beams*, Springer, 2020.

خزش، خستگی و شکست

(Creep, Fatigue and Fracture)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری بارگذاری خزشی، خستگی، انواع شکست و هم‌چنین معیارهای مناسب طراحی قطعات در انواع بارگذاری است.

رئوس مطالب:

۱- مکانیک شکست، تاریخچه مکانیک شکست، توزیع تنش در نوک ترک، شکست نرم و ترد، ویژگی‌ها و تفاوت‌ها، مقاومت چسبندگی نظری در فلزات، نظریه گریفیث در شکست ترد.

۲- شکست در یک تک‌بلور، روش‌های مختلف شکست نگاری و ترک یابی در صنعت، روابط گریفیث و اروان - اروین، نرخ انرژی کرنشی آزادشده.

۳- ضریب شدت تنش، طراحی قطعات با کمک مکانیک شکست، جایگاه علم مکانیک شکست در صنعت.

۴- خستگی، بیان پدیده خستگی، مفاهیم نمودار S-N، عوامل مؤثر بر خستگی (نمودار تنش – کرنش، انرژی لازم جهت شکست، تمرکز تنش، هندسه، حضور ترک)، خستگی با چرخه‌ی کم و چرخه‌های زیاد.

۵- مراحل مختلف پدیده خستگی، بررسی و بازدیدهای دوره‌ای در صنعت، وضعیت سطح مقطع شکسته شده بر اثر خستگی، ارتباط مکانیک شکست و پدیده خستگی، تجمع صدمات خستگی و اثر ترتیب بارگذاری.

۶- طراحی بر اساس خستگی، تخمین عمر خستگی، بررسی قطعات با دیدگاه خستگی، جایگاه پدیده خستگی در صنعت، پدیده خستگی در کامپوزیت‌ها.

۷- خزش، منحنی خزش - زمان، مکانیزم ایجاد پدیده خزش، ارائه نتایج تجربی رفتار پدیده خزش، آزمایش تنش، گسیختگی، رها شدن تنش، جایگاه پدیده خزش در صنعت.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. Bathias, and A. Pineau, *Fatigue of Materials and Structures*, John Wiley & Sons, 2013.
2. J. Pokluda, and P. Šandera, *Micromechanisms of Fracture and Fatigue*, Springer, 2010.
3. A. Shukla, and A. Blake, *Practical Fracture Mechanics in Design*, 2nd Edition, Marcel Dekker, 2005.
4. M. Klensnil, and P. Lucas, *Fatigue of Metallic Materials*, 2nd Edtion, Elsevier, 1992.
5. D. Broek, *The Practical Use of Fracture Mechanics*, Springer, 1988.
6. G. E. Dieter, *Mechanical Metallurgy*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1987.
7. V. V. Bolotin, *Mechanics of Fatigue*, 11th Edition, CRC Press, 2020.
8. M. E. Kassner, *Fundamentals of Creep in Metals and Alloys*, Butterworth-Heinemann, 2015.

رفتار مکانیکی مواد

(Mechanical Behaviour of Materials)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری رفتار دقیق انواع مواد فلزی، غیرفلزی، مرکب، پلیمرها و غیره تحت انواع بارهای مکانیکی است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر تانسورهای تنش و کرنش، معادلات تعادل، روابط تبدیل تانسورهای تنش و کرنش در دستگاه‌های مختلف.
۲- بررسی معیارهای تسلیم مختلف، قوانین جریان پلاستیک، روابط تنش کرنش پلاستیک، اصل تعامد، کار سختی.
۳- اثر دما و نرخ کرنش، روابط تنش و نرخ کرنش، حساسیت به نرخ کرنش، سوپرپلاستیسیته، تأثیر حساسیت به نرخ کرنش و ناهمگنی ماده بر تغییر شکل یکنواخت.
۴- وابستگی دمایی جریان تنش و افزایش دما در خلال تغییر شکل.
۵- ناهمسانگردی پلاستیک، اساس کریستالوگرافی ناهمسانگردی، اندازه‌گیری ناهمسانگردی، نظریه ناهمسانگردی هیل.
۶- رفتار پلیمرها، تسلیم در پلیمرها، منحنی‌های تنش و کرنش در پلیمرها، تأثیر تنش هیدرو استاتیک.
۷- نمایش سطوح تسلیم، تأثیر لزجت غیرخطی و روش‌های شکل‌دهی پلیمرها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. N. E. Dowling, *Mechanical Behavior of Materials*, 4th Edition, Prentice Hall, 2012.
2. M. Meyers, and K. Chawla, *Mechanical Behavior Of Materials*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2009.
3. W. F. Hosford, *Mechanical Behavior of Materials*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2009.
4. N. E. Dowling, *Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue*, 2nd Edition, Prentice Hall, 1998.
5. J. L. González-Velázquez, *Mechanical Behavior and Fracture of Engineering Materials*, Springer, 2019.
6. D. François, A. Pineau, and A. Zaoui, *Mechanical Behaviour of Materials: Volume 1: Micro- and Macroscopic Constitutive Behaviour*, Springer Netherlands, 2014.
7. K. J. Bowman. *Mechanical Behavior of Materials*, John Wiley, 2004.
8. R. R. Archer, S. H. Crandall, N. C. Dahl, T. J. Lardner, and M. S. Sivakumar, *An Introduction to Mechanics of Solids*, Tata McGraw-Hill Education, 2012.

روش‌های انرژی

(Energy Methods)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های انرژی مسائل مختلف ازجمله دینامیک اجسام صلب، قاب‌های الاستیک، ورق‌ها و غیره است.

رئوس مطالب:

۱- سیستم‌های مکانیکی، مختصات عمومی، اصول ابتدایی مکانیک، قانون اول ترمودینامیک، نامساوی فوریه، اصل کار مجازی، نیروهای عمومی، انرژی پتانسیل، خواص سیستم‌های پایا، انرژی پتانسیل.

۲- تیرهای الاستیک و قاب‌ها، انرژی کرنشی تیرها، ستون‌ها و محورها، آنالیز تیرها و ستون‌ها توسط سری فوریه، تیرهای خمیده، قاب‌ها، حساب تغییرات، تیر کنسول، رابطه اویلر، رابطه فرم مخصوص اویلر.

۳- معادله دیفرانسیل تیرها، تیر خمیده یکسر درگیر، مسائل ایزو پارامتریک، معادلات دیفرانسیل کمکی، اولین تغییرات انتگرال دوگانه، اولین تغییرات انتگرال سه‌گانه، روش ریلی ریتز، اجسام تغییر شکل پذیر.

۴- تنش، معادلات تنش و کرنش در مختصات منحنی الخط قایم، کاربرد قانون اول ترمودینامیک در مورد تغییر فرم اجسام، رابطه تنش و کرنش اجسام الاستیک، چگالی مکمل انرژی، مواد هوکی.

۵- نظریه حداقل کار کاستیگلیانو، تغییرات ریسترزیس برای نظریه الاستیسیته، کاربرد نظریه کاستیگلیانو، انرژی مکمل تیرها، روش بار واحد، آنالیز سازه‌های نامعین به روش بار واحد.

۶- نظریه صفحه‌ها و پوسته‌ها، نظریه فون کارمن، نظریه تغییر مکان‌های کوچک صفحه‌ها، شرایط مرزی در نظریه کلاسیک صفحات، صفحه مستطیلی شکل با تکیه‌گاه‌های ساده.

۷- تغییر فرم برشی صفحات، هندسه پوسته‌ها، تعادل پوسته‌ها، انرژی کرنشی پوسته‌ها، صفحات مدور.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. N. Reddy, *Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics*, 2nd Edition, Wiley, 2002.
2. L. D. Elsgolc, *Calculus of Variations*, Dover Publications, 2012.
3. F. Guarracino, and A. Walker, *Energy Methods in Structural Mechanics: A Comprehensive Introduction to Matrix and Finite Element Methods of Analysis*, Thomas Telford, 1999.
4. H. L. Langhaar, *Energy Methods in Applied Mechanics*, Krieger Pub. Co., 2016.
5. K. Molton, *Energy Methods in Stress Analysis*, Momentum Press, 2018.

روش‌های اجزاء محدود ۱

(Finite Elements Methods I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری نظریه‌های اولیه، مفاهیم پیشرفته، قوانین اساسی و کاربردی روش اجزاء محدود در حل معادلات دیفرانسیل مهندسی است.

رئوس مطالب:

۱- فرمول‌های انتگرالی معادلات تعادل، فرمول ضعیف شده برای مسائل شرط مرزی، روش تغییرات، روش ریلی – ریتز، روش باقیمانده وزنی.

۲- روش‌های اساسی برای تحلیل اجزاء محدود، گسسته سازی، استخراج معادلات اجزاء محدود، اعمال شرایط مرزی، حل معادلات، پس پردازش نتایج.

۳- روش اجزاء محدود برای مسائل یک‌بعدی، حل معادلات مرتبه دوم با شرایط مرزی در انتقال حرارت، مکانیک سیالات، مکانیک جامدات و خمش تیرها.

۴- تحلیل خطا در اجزاء محدود، خطا در روش اجزاء محدود، دقت و همگرایی حل، ملاحظات پایداری.

۵- فرمول‌بندی ایزو پارامتریک با استفاده از مختصات طبیعی، انتخاب توابع میان‌یابی برای المان‌های دوبعدی (مثلثی و مستطیلی) و المان‌های سه‌بعدی (آجری، هرمی و گوه‌ای).

۶- انتگرال‌گیری عددی در اجزاء محدود و ملاحظات برنامه‌نویسی، روش انتگرال‌گیری گاوس، نقاط انتگرال‌گیری گاوس، دقت و میزان خطا.

۷- روش اجزاء محدود برای مسائل دوبعدی، حل مسائل مقدار مرزی در انتقال حرارت، مکانیک جامدات و الاستیسیته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, and J. Z. Zhu, *The Finite Element Method: its Basis and Fundamentals*, 7th Edition, Butterworth-Heinemann, 2013.
2. J. N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, McGraw-Hill, 2019.
3. S. C. Brenner, and L. R. Scott, *The Mathematical Theory of Finite Element Methods*, McGraw-Hill, 2006.
4. R. D. Cook, D. S. Malkus, M. E. Plesha, and R. J. Witt, *Concepts and applications of finite element analysis*, 4th Edition, Wiley, 2001.
5. O. C. Zienkiewicz, and R. L. Taylor, *The Finite Element Method: Volume 1*, 5th Edition, Butterworth-Heinemann, 2000.
6. G. R. Buchanan, *Schaum's Outline Finite Element Analysis*, McGraw-Hill, 1995.
7. S. S. Rao, *The Finite Element Method in Engineering*, Butterworth-heinemann, 2017.

روش‌های اجزاء محدود ۲

(Finite Elements Methods II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** روش‌های اجزاء محدود ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث عمیق روش اجزاء محدود (مانند مسائل غیرخطی) و کاربرد آن در مسائل مکانیک و سازه‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- توسعه معادلات حرکت در اجزاء محدود، معرفی اپراتور تغییرات، کار مجازی، انرژی پتانسیل، کاربرد در میله‌ها، تیرها و اجزاء الاستیسیته دوبعدی.
۲- نظریه خمش در ورق‌ها، کار مجازی، معادلات حرکت، مدل اجزاء محدود، ترکیب خمش و غشاء، اجزاء ورقی مرکب.
۳- مسائل مقدار مرزی، فرکانس‌های ارتعاشی و شکل مودها، نیروهای کمانش و شکل مودها.
۴- تحلیل‌های غیرخطی، خمش بزرگ، تحلیل تیرها، تحلیل ورق‌ها، پس کمانش.
۵- تحلیل‌های غیرخطی مادی، مسائل الاستیک غیرخطی، مسائل پلاستیک و کار سختی همسانگرد، جنبشی و ترکیبی.
۶- روش‌های عددی حل معادلات، روش نیوتن – رفسون، روش ریکس، روش پنالتی و روش حداقل مربعات.
۷- روش‌های عددی انتگرال‌گیری، روش گاوس – لژاندر، روش نیوتن – کوتس.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, McGraw-Hill, 2019.
2. O. C. Zienkiewicz, *The Finite Element Method, Volume 1*, McGraw-Hill, 1994.
3. R. L. Taylor, and J. Z. Zhu, *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 7th Edition, Butterworth-Heinemann Co., 2013.
4. G. R. Buchanan, *Schaum's Outline Finite Element Analysis*, McGraw-Hill, 1995.
5. R. D. Cook, D. S. Malkus, and M. E. Plesha, *Concepts and Application of Finite Element Analysis*, 3rd Edition, Wiley, 1989.
6. S. S. Rao, *The Finite Element Method in Engineering*, Butterworth-heinemann, 2017.

روش‌های تغییرات در مکانیک

(Variational Methods in Mechanics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس استخراج معادلات حاکم بر مسائل مکانیکی است که به‌صورت پیوسته مدل‌سازی می‌شوند.

رئوس مطالب:

۱- مبانی حساب تغییرات: لم اساسی حساب تغییرات، معادله اویلر – لاگرانژ، قضایایی از حساب پیشرفته، انتگرال‌های اول معادلات اویلر – لاگرانژ – تغییرات اول، دوم و غیره، سطح دوار با مساحت حداقل، مسئله برچیستو کروم، مسئله کوتاه‌ترین فاصله، فانکشنال‌ها با بیش از یک متغیر، شرایط مرزی ضروری و طبیعی، نقاط انتهایی بر روی منحنی، منحنی برچیستو کروم از یک منحنی به یک نقطه ثابت، مسائل قید دار، قیدهای تابعی، قیدهای انتگرالی، عملگر تغییرات، فانکشنال‌هایی که شامل توابع با مشتقات بالاتر می‌باشند، قضایایی بیشتر از حساب پیشرفته، روش معکوس.

۲- مسائل استاتیکی مواد کشسان: تابع چگالی انرژی کرنشی و قطعی و مثبت بودن آن، تابع چگالی انرژی مکمل، اصل انتگرالی تعادل، انرژی پتانسیل کل و طبیعت حداقل بودن آن، انرژی پتانسیل مکمل و اصل انتگرالی مکمل، تعادل خمشی تیرها، ورق‌ها، پوسته‌ها و غشاءها، پیچش میله‌ها با سطح مقطع دلخواه، تانسور تنش هاگرانژ، تانسور تنش کرکاف، تغییر شکل‌های بزرگ و پایداری ستون‌ها، تغییر شکل‌های بزرگ و پایداری ورق‌ها.

۳- مسائل دینامیکی مواد کشسان: اصل انتگرالی حرکت، اصل همیلتون، حرکت سیم‌های ارتعاشی با دامنه‌های کوتاه و بزرگ، حرکت غشاءهای مرتعش با دامنه‌های کوچک و بزرگ، حرکت اجسام کشسان با دامنه‌های بزرگ، حرکت ورق‌ها و پوسته‌های مرتعشی با دامنه‌های کوتاه و بزرگ.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. N. Reddy, *Energy Principles and Variational Methods in Applied Mechanics*, John Wiley & Sons, 2017.
2. H. L. Langhaar, *Energy Methods in Applied Mechanics*, Courier Dover Publications, 2016.
3. C. L. Dym, and I. H. Shames, *Solid Mechanics, a Variational Approach*, New York: McGraw-Hill, 1973.
4. E. S. De Cursi, *Variational Methods for Engineers with Matlab*, John Wiley & Sons, 2015.

سازه‌ها و مواد هوشمند

(Smart Materials and Structures)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس آشنایی با انواع مواد هوشمند در علوم مهندسی و شناخت رفتاری مواد هوشمند و اصول نظری و روابط حاکم بر آن‌ها و معرفی مدل‌ها و روابط حاکم برای استخراج معادلات حرکت و تعادل است.

رئوس مطالب:

۱- تعریف و شناخت انواع مواد هوشمند از گروه اول شامل مواد کرومیک، فتوکرومیک، ترموکرومیک، مکانوکرومیک و الکتروکرومیک و گروه دوم شامل مواد فتوولتائیک (قدرت‌زای نوری)، مواد ترموالکتریک (دمابرقی)، مواد نورتاب، مواد پیزوالکتریک، آلیاژهای حافظه‌دار، سیالات هوشمند و نانو مواد هوشمند و دسته مواد هوشمند دیگر نظیر مواد الکترورئولوجیکال، مگنتورئولوجیکال، مگنتوستریکتیو، پیزوالکتریک، مواد متخلخل و نانو کامپوزیت‌های هوشمند و مواد مدرج تابعی.

۲- کاربردهای مواد هوشمند در مهندسی مکانیک، در مهندسی هوافضا، مهندسی برق، کامپیوتر، رباتیک، مهندسی عمران و مهندسی پزشکی.

۳- بیان روابط حاکم بر مواد پیزوالکتریک، آلیاژهای حافظه‌دار و بعضی دیگر از مواد هوشمند اشاره‌شده.

۴- به‌کارگیری ارتباط بعضی از این مواد هوشمند در معادلات دینامیکی و ارتباط با سایر مواد غیرهوشمند نظیر تیرها، صفحات و پوسته‌ها و غیره.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. B. Sun, *Smart Materials and Structures*, Cape Peninsula University of Technology, 2015.
2. M. Schwartz, *Smart Materials*, CRC Press, 2008.
3. A. L. Araujo, and C. A. Mota Soares, *Smart Structures and Materials*, Springer, 2016.
4. M. Leonowicz, and D. Oleszak, *Smart Materials for Smart Devices and Structures*, Trans Tech Publications Ltd., 2009.

شکل‌دهی فلزات

(Metal Forming)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری نظریه‌های مختلف پلاستیسیته، تحلیل فرآیندهای مختلف تغییر شکل فلزات و تأثیر پارامترهای مختلف در کیفیت محصول نهایی است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم تنش، کرنش، خزش، خستگی، شکست و تغییر شکل فلزات، اصول عمومی فلزکاری.
۲- فرآیند آهنگری (فرجینگ)، انواع روش‌های مختلف آن، تجهیزات مربوطه، روش تحت‌فشار، روش اصطکاکی، روش تک سیلندر.
۳- نورد، روش‌های مختلف، تجهیزات، نورد گرم، نورد سرد، نورد میله‌ها و مقاطع، تغییر شکل در نورد، عیوب در محصولات نورد، نظریه‌ها، گشتاور و قدرت.
۴- فرآیند اکستروژن، روش‌های مختلف، تجهیزات، عوامل متغیر، معایب محصولات، اکستروژن با اصطکاک، اکستروژن لوله‌ها.
۵- فرآیند کشش میله، کشش تسمه، سیم و لوله.
۶- فرآیند ورق‌کاری، انواع روش‌های مختلف، فرآیند برشکاری و سوراخ‌کاری، فرآیند خم‌کاری، فرم دادن با کشیدن.
۷- فرآیند کشش عمیق، دوباره کشی، معایب محصولات، آزمایش‌ها برای تعیین قابلیت شکل‌پذیری فلزات، فلزات مناسب برای شکل‌دهی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. F. Hosford, and R. M. Caddell, *Metal Forming: Mechanics and Metallurgy*, 3rd Edition, Cambridge University Press, 2007.
2. Z. Marciniak, J. L. Duncan, and S. J. Hu, *Mechanics of Sheet Metal Forming*, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, 2005.
3. V. Boljanovic, *Sheet Metal Forming Processes and Die Design*, Industrial Press, 2014.
4. H. Tschätsch, and A. Koth, *Metal Forming Practise: Processes - Machines - Tools*, Springer, 2006.
5. M. C. Oliveira, and J. V. Fernandes, *Modelling and Simulation of Sheet Metal Forming Processes*, MDPI, 2020.
6. F. Micari, and L. Fratini, *Metal Forming*, Trans Tech Publications Ltd., 2014.

طراحی اجزاء پیشرفته

(Advanced Machine Design)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اثر نوع مواد و بارگذاری در طراحی قطعات مکانیکی، اثر روش تولید، مسائل ارتعاشی و خزش و هم‌چنین بهینه‌سازی مراحل طراحی قطعات است.

رئوس مطالب:

۱- تانسور تنش، قوانین انتقال، تنش‌های معمولی، اصلی و مرکب، تحلیل تنش و طراحی اجزاء مکانیکی به‌صورت سه‌بعدی.
۲- انتخاب مواد موردنیاز برای ساخت اجزاء مکانیکی، مسائل و ملاحظات مربوط به ساخت اجزاء مکانیکی، برآورد هزینه‌ها.
۳- طراحی یک ماشین ساده و بررسی تأثیر روش تولید بر قیمت و کیفیت، طراحی ارتعاشی قطعات مختلف ماشین.
۴- خزش، خستگی کم چرخه و پر چرخه، بارگذاری‌های سیکلی، طراحی قطعات بر مبنای خزش و خستگی و ملاحظات مربوطه.
۵- استانداردهای بین‌المللی اجزاء مکانیکی و نحوه استفاده از آن، به‌کارگیری یک استاندارد بین‌المللی مانند DIN آلمان.
۶- کاربرد رایانه، نرم‌افزارها و نحوه استفاده در طراحی قطعات، به‌کارگیری یک نرم‌افزار طراحی قطعات مانند Inventor.
۷- کاربرد رایانه در بهینه‌سازی قطعات، به‌کارگیری یک نرم‌افزار بهینه‌سازی قطعات.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. E. Shigley, and C. R. Mischke, *Mechanical Engineering Design*, 8th Edition, McGraw-Hill, 2008.
2. D. G. Ullman, *The Mechanical Design Process*, 4th Edition, McGraw-Hill, 2010.
3. *DIN Standard Documentation*, Springer Verlag, 2009.
4. E. Zahavi, V. Torbilo, and S. Press, *Fatigue Design: Life Expectancy of Machine Parts*, 1st Edition , CRC Press, 1996.
5. A. C. Ugural, *Mechanical Design of Machine Components*, CRC Press, 2015.

طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته

(Advanced Computer Aided Design)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های طراحی (اجزاء محدود) با کمک برنامه‌نویسی و نرم‌افزارهای رایج مهندسی مکانیک است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر المان‌های یک‌بعدی (میله، خرپا، تیر و قاب)، تحلیل مثال‌های مناسب مانند خرپا، قاب و تیر با استفاده از نرم‌افزار معرفی‌شده.

۲- مروری بر المان‌های دوبعدی (تنش صفحه‌ای و کرنش صفحه‌ای)، تحلیل مثال‌های مناسب مانند آزمایش کشش ساده ورق نازک (تنش صفحه‌ای)، نورد (کرنش صفحه‌ای).

۳- مروری بر المان‌های متقارن محوری، تحلیل مثال‌های مناسب مانند کشش عمیق ظروف استوانه‌ای (متقارن محوری) با استفاده از نرم‌افزار معرفی‌شده.

۴- معرفی المان‌های پوسته‌ای، تحلیل مثال‌های مناسب مانند فرآیند هیدروفرمینگ لوله، شبیه‌سازی آزمایش اریکسن.

۵- معرفی المان‌های سه‌بعدی (هرمی، گوه‌ای و آجری)، تحلیل مثال‌های مناسب مانند آهنگری سه‌بعدی، قالب‌های ترکتریکس ورق‌های ضخیم و نورد نامتقارن ورق ضخیم.

۶- تحلیل مثال‌های دیگر از قبیل مواد غیرفلزی، مواد مرکب، تحلیل‌های فرکانسی و ارتعاشی، مواد ناهمسانگرد و تحلیل‌های حرارتی و سیالاتی.

۷- مباحث تکمیلی مانند زیر مدل‌سازی، زیر برنامه‌نویسی، مطالعه پارامتری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, and J. Z. Zhu, *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*, 7th Edition, Butterworth-Heinemann, 2013.
2. J. N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, McGraw-Hill, 2019.
3. I. Zeid, *Mastering CAD/CAM*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2007.
4. G. R. Buchanan, *Schaum's Outline Finite Element Analysis*, McGraw-Hill, 1995.
5. O. C. Zienkiewicz, *The Finite Element Method*, Volume 1, McGraw-Hill, 1994.
6. R. D. Cook, D. S. Malkus and M. E. Plesha, *Concepts and Application of Finite Element Analysis*, 3rd Edition, Wiley, 1989.
7. *ABAQUS HTML Documentation and User's Manual.*
8. Zh. Bi, and X. Wang, *Computer Aided Design and Manufacturing*, John Wiley & Sons, 2020.
9. J. Sarkar, *Computer Aided Design: A Conceptual Approach*, CRC Press, 2014.
10. J. Riggs, *Computer-Aided Design and Manufacturing*, Willford Press, 2016.

طراحی بهینه

(Optimum Design)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری ریاضیات موردنیاز و انواع روش‌های بهینه‌سازی در مهندسی و مخصوصاً مهندسی مکانیک است. در این درس دانشجو با نحوه مدل‌سازی و حل مسائل طراحی بهینه تک یا چندهدفه در قالب دودسته از مسائل تحلیلی و تجربی آشنا می‌گردد. این درس شامل روش‌های کلاسیک (قطعی) و تکاملی (تصادفی) در حل مسائل بهینه‌سازی تک و چندهدفه تحلیلی و طرح‌ریزی آزمایش‌های تجربی، شناسایی رفتار سیستم‌ها، تحلیل واریانس (ANOVA) و بهینه‌سازی تجربی به روش تاگوچی می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: نقش بهینه‌سازی در طراحی مهندسی، نحوه مدل‌سازی مسائل طراحی بهینه.
۲- طراحی بهینه تک هدفه: روش‌های حل مسائل طراحی بهینه تک هدفه کلاسیک (قطعی).
۳- طراحی بهینه تک هدفه: روش‌های حل مسائل طراحی بهینه تک هدفه تکاملی (تصادفی).
۴- طراحی بهینه چندهدفه: روش‌های کلاسیک (تجزیه) برای حل مسائل طراحی بهینه چندهدفه.
۵- طراحی بهینه چندهدفه: روش‌های حل مولد در حل مسائل طراحی بهینه چندهدفه (روش‌های تکاملی مانندNSGA II)
۶- طراحی بهینه تجربی: طراحی و تحلیل آزمایش‌ها (DOE)، مفاهیم اساسی در تحلیل‌های آماری، تحلیل واریانس (ANOVA)، طراحی و تحلیل آزمایش‌های چندعاملی، طراحی فاکتوریل، طراحی پلاکت بورمن، بهینه‌سازی به روش تاگوچی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. S. Arora, *Introduction to Optimum Design*, 3rd Edition, Academic Press, 2012,
2. D. D. Rees, *Mechanics of Optimal Structural Design: Minimum Weight Structures*, 1st Edition,Wiley, 2009.
3. J. G. Skakoon, *The Elements of Mechanical Design*, ASME PRESS, 2008.
4. R. C. Johnson, *Optimum Design of Mechanical Elements*, 2nd Edition, Wiley, 1980.
5. L. Chibani, *Optimum Design of Structures: With Special Reference to Alternative Loads Using Geometric Programming*, Springer Science & Business Media, 2012.
6. S. Hernández, W. P. De Wilde, and M. Sejnoha, *High Performance and Optimum Design of Structures and Materials IV*, WIT Press, 2020.

طراحی مکانیزم‌های پیشرفته

(Advanced Mechanisms Design)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مبانی تحلیل سینماتیک و دینامیک مکانیزم‌ها بخصوص مکانیزم‌های فضایی و همچنین فراگیری روش‌های طراحی انواع مکانیزم‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: تعاریف اولیه شامل ماشین و مکانیزم، آشنایی با انواع مکانیزم‌های صنعتی و مکانیزم‌ها، طراحی تعدادی و طراحی ابعادی، درجه آزادی مکانیزم‌ها، زنجیره سینماتیکی و انواع مکانیزم‌های وارون و معادل، تئوری گراف، موبیلیتی لینک‌ها و تعیین نوع آن‌ها از نقطه نظر حرکتی شامل لینک‌های لنگ و آونگ، معیار گراشف و سایر روش‌های تعیین نوع لینک از نظر حرکت.

۲- طراحی هندسی: طراحی هندسی مکانیزم‌های صفحه‌ای برای دو وضعیت دقت، طراحی هندسی مکانیزم‌های با محدودیت حرکتی بین دو وضعیت حدی، قطب دوران و قضایای هندسی مرتبط با آن، مثلث قطبی و قضایای هندسی مربوطه، معرفی نقطه کاردینال و نقطه مرکزی، روش طراحی هندسی با استفاده از مثلث قطبی، تعمیم قضایای مربوط به قطب نسبی و قطب انعکاسی برای طراحی هندسی مکانیزم‌های صفحه‌ای برای چهار وضعیت دقت، قطب‌های متضاد و چهارضلعی‌های متضاد و قضایای هندسی مرتبط با آن‌ها، مکان هندسی منحنی نقاط مرکزی و مکان هندسی منحنی نقاط دایره‌ای و کاربرد آن در طراحی هندسی مکانیزم‌های چهار میله‌ای برای چهار وضعیت دقت، نقاط برومستر، منحنی کاپلر، نقاط دوگانه، دایره فوسی.

۳- سینماتیک مکانیزم‌های صفحه‌ای: تحلیل موقعیت، سرعت و شتاب، روش‌های برداری، آنالیز اعداد مختلط، روش سیستماتیک کامپیوتری در حل سینماتیک مکانیزم‌های صفحه‌ای شامل المان‌های جسم صلب، دایاد، لغزنده نوسانی.

۴- سینماتیک ماتریسی: ماتریس دوران و مسائل مربوط به آن‌ها، ماتریس جابجایی جسم صلب در حرکت صفحه‌ای و حرکت فضائی، تبدیلات بین دستگاه‌های مختصات و معرفی پارامترهای "Screw" انتقال و دوران جسم صلب در فضا، پارامترهای دناویت و هارتنبرگ و ماتریس تبدیل مربوط به آن، مشتق‌گیری زمانی از ماتریس‌های دوران و جابجایی، تعریف ماتریس‌های سرعت زاویه‌ای و سرعت خطی و ماتریس‌های شتاب زاویه‌ای و شتاب خطی.

۵- سینماتیک مکانیزم‌های فضایی: ساختارهای متوالی لینک به لینک در مکانیزم‌های فضایی، استفاده از مبانی سینماتیک ماتریسی در تحلیل سینماتیک مکانیزم‌های فضایی، روابط قید سینماتیکی در مکانیزم‌های فضایی.

روابط حرکت نسبی در تحلیل سینماتیک مکانیزم‌های فضایی، تحلیل چند نمونه مکانیزم فضایی با استفاده از روش سینماتیک نسبی و سینماتیک ماتریسی.

۶- طراحی تحلیل: طراحی تحلیلی مکانیزم‌های صفحه‌ای با استفاده از روش‌های سینماتیک محاسباتی، تحلیل چند نمونه مکانیزم صفحه‌ای با استفاده از روش یادشده و تعمیم آن به برخی از انواع مکانیزم‌های فضایی.

۷- مباحث متفرقه: استفاده از مکانیزم‌ها در تولید مسیر و تولید تابع، بهینه‌سازی مکانیزم‌ها، مدل‌سازی دینامیکی و تحلیل دینامیک چند نمونه از مکانیزم‌ها.

۸- استفاده از نرم‌افزارهای طراحی مکانیزم‌ها مانند Sam و Working Model.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. W. Tsai, *Mechanism Design: Enumeration of Kinematic Structures According to Function*, 1st Edition, CRC Press, 2000.
2. A. G. Erdman, G. N. Sandor, and S. Kota, *Mechanism Design: Analysis and Synthesis*, 4th Edition, Prentice-Hall, 2003.
3. J. Zhao, Z. Feng, F. Chu, and N. Ma, *Advanced Theory of Constraint and Motion Analysis for Robot Mechanisms*, Academic Press, 2014.
4. C. H. Chiang, *Kinematics and Design of Planar Mechanisms*, Krieger Publishing Company, 2000.
5. H. D. Eckhardt, *Kinematic Design of Machines and Mechanisms*, 1st Edition, McGraw-Hill, 1998.
6. R. S. Hartenberg, and J. Denavit, *Kinematic Synthesis of Linkages*, 1st Edition, McGraw-Hill, 1964.
7. D. N. Badodkar, and T. A. Dwarakanath, *Machines, Mechanism and Robotics*, Springer, 2018.
8. B. Tilman, *an Introduction to the Theory of Mechanism Design*, Oxford University Press, 2015.

مکانیک آسیب

(Damage Mechanics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** روش‌های اجزاء محدود ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم ایجاد آسیب، رشد و اندازه‌گیری آن، فرمول‌بندی و استفاده از آسیب در پیش‌بینی شکست فرآیندهای شکل‌دهی است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم آسیب، مفاهیم پدیدار شناختی مکانیک آسیب، مفهوم آسیب در مواد فلزی، غیرفلزی، ماده مرکب، چوب، بتن، پلیمرها و سایر مواد.

۲- انواع روش‌های اندازه‌گیری مستقیم و غیرمستقیم آسیب، روش‌های فیزیکی و مکانیکی تخمین آسیب در ماده، ترمودینامیک و میکرو مکانیک آسیب.

۳- شناخت و به‌کارگیری آسیب همسان و ناهمسان در فرآیندهای مکانیکی، آسیب نرم و ترد، آسیب خزشی، آسیب در پدیده‌ی خستگی کم چرخه و پر چرخه.

۴- سینماتیک آسیب، مدل‌های رشد آسیب، معرفی انواع مدل‌های رشد آسیب، روش استخراج پارامترهای مدل‌های مختلف آسیب.

۵- مدل‌های آسیب در مواد مرکب و سایر مواد، مدل‌های آسیب غیر محلی، مقایسه مدل‌های آسیب محلی و غیر محلی

۶- پیاده‌سازی آسیب در مسائل جامدات، آنالیز وابسته و غیر وابسته آسیب، پیاده‌سازی مکانیک آسیب به روش اجزاء محدود، پیش‌بینی رشد آسیب و شکست در فرآیندهای مکانیکی.

۷- معرفی مدل‌های مختلف آسیب موجود در نرم‌افزارهای Abaqus، Deform و سایر نرم‌افزارها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. Lemaitre, and R. Desmorat, *Engineering Damage Mechanics: Ductile, Creep, Fatigue and Brittle Failures*, Springer, 2006.
2. W. Zhang, and Y. Cai, *Continuum Damage Mechanics and Numerical Applications*, Springer, 2011.
3. K. Saanouni, *Numerical Modelling in Damage Mechanics*, Kogan Page Science, 2003.
4. F, Hild, *Continuum Damage Mechanics of Materials and Structures*, Elsevier, 2002.
5. G. Z. Voyiadjis, J. W. Ju, and J. L. Chaboche, *Damage Mechanics in Engineering Materials*, Elsevier, 1998.
6. J. Lemaitre, and H. Lippmann, *A Course on Damage Mechanics*, Springer, 2013.
7. S. Murakami, *Continuum Damage Mechanics: A Continuum Mechanics Approach to the Analysis of Damage and Fracture*, Springer Science & Business Media, 2012.
8. L. Kachanov, *Introduction to Continuum Damage Mechanics*, Springer Science & Business Media, 2013.
9. J. Flórez-López, *Fracture and Damage Mechanics for Structural Engineering of Frames: State-of-the-Art Industrial Applications: State-of-the-Art Industrial Applications*, IGI Global, 2014.
10. A. Öchsner, *Continuum Damage and Fracture Mechanics*, Springer, 2015.

مکانیک ضربه ۱

(Impact Mechanics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در تحلیل رفتار مواد تحت ضربه ناشی از انواع بارگذاری و انتشار موج الاستیک، پلاستیک در اجسام است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، انتشار موج تنش محوری در میله‌های تحت بار ضربه، سرعت انتشار موج محوری در میله‌های آزاد و قیود دار، انتشار موج تنش برشی در میله‌های تحت کوپل پیچشی ناگهانی، سرعت انتشار موج تنش برشی.

۲- برگشت موج تنش محوری از انتهای آزاد و گیردار میله، برخورد محوری میله‌ها با سطح مقطع‌های برابر و نابرابر، انتشار موج تنش محوری در میله‌های با سطح مقطع متغیر.

۳- برگشت موج تنش محوری، برخورد محوری میله‌ها با سطح مقطع‌های برابر و نابرابر، انتشار موج تنش محوری در میله‌های با سطح مقطع متغیر، ضربه‌گیر، میله فشاری هاپکینسون.

۴- کاربرد موج تنش محوری، میله یک سرگیردار تحت ضربه توسط جسم صلب در انتهای آزاد، میله دو سر آزاد تحت ضربه توسط جسم صلب در یک انتها.

۵- انتشار موج تنش در میله مخروطی، قطعه‌قطعه شدن میله ترد تحت بار فشاری انفجاری در یک انتها، شکستن و قطعه شدن اجسام ترد تحت ضربه، انتشار موج الاستیک در فنرهای حلقه‌ای بسته.

۶- برخورد با سرعت زیاد یک میله صلب کامل پلاستیک با دیواره صلب: روش تیلور، روابط پایه، برآورد طول‌های بدون تغییر شکل و تغیر شکل یافته، برآورد پروفیل قسمت تغییر شکل یافته.

۷- برآورد طولی بدون تغییر شکل با روش انرژی، روش هاکیارد، روابط پایه، برآورد طول‌های بدون تغییر شکل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. Goldsmith, *Impact*, 2nd Unabri Edition, Dover Publications Inc, 2001.
2. W. Johnson, *Impact Strength of Materials*, Edward Arnold, 1983.
3. T. Z. Blazynski, *Explosive Welding, Forming and Compacsion*, Springer, 2012.
4. W. J. Stronge, *Impact Mechanics*, Cambridge University Press, 2018.
5. T. Z. Blazynski, *Materials at High Strain Rates*, Springer, 1987.
6. E. J. Bruno, *High Velocity Forming of Metals Rev Edition*, American Society of Tool and Man, 1968.
7. C. L. Rao, V. Narayanamurthy, and K. R. Y. Simha, *Applied Impact Mechanics*, John Wiley & Sons, 2016.

مکانیک ضربه ۲

(Impact Mechanics II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** مکانیک ضربه ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در تحلیل رفتار مواد تحت ضربه ناشی از انواع بارگذاری و انتشار موج الاستیک، پلاستیک در اجسام است.

رئوس مطالب:

۱- فروریزش تیرها و قاب‌ها تحت بار استاتیکی (لوله‌های پلاستیکی)، فروریزش حلقه تحت دو بار فشاری قطری، فروریزش یک پوسته با مقطع مربع تحت‌فشار داخلی، فروریزش یک پوسته استوانه‌ای تحت بار.

۲- فروریزش پوسته استوانه‌ای با کلگی تخت تحت‌فشار داخلی، فروریزش ورق‌های دایره‌ای شکل پر و توخالی تحت بارهای عرضی، فروریزش ورق‌های مستطیلی شکل تحت بارهای عرضی.

۳- تحلیل دینامیکی میله، حلقه و ورق، میله آزاد تحت بار در وسط میله، حلقه دایره‌ای شکل تحت بار در امتداد یک قطر (لوله‌های پلاستیکی)، بار دینامیکی در ورق گرد توخالی با لبه‌های داخلی گیردار.

۴- بیان مقدماتی لولای پلاستیکی متحرک برای تحلیل تیرهای تحت بار گسترده دینامیکی، تیر کنسول تحت بار ضربه در یک انتها.

۵- استانداردهای معیار استحکام سازه اتومبیل در برابر برخورد FMVSS، اثر نرخ کرنش زیاد در خواص مواد، انتشار موج‌های تنش الاستیک – پلاستیک.

۶- انرژی دینامیکی، استحکام سازه‌ای تحت بار دینامیکی، فروریختن سازه‌های مختلف در اثر بار ضربه‌ای.

۷- مباحث ویژه و کاربردی در برخورد اتومبیل، هواپیما با موانع ثابت و متحرک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. Goldsmith, *Impact*, 2nd Unabri Edition, Dover Publications Inc, 2001.
2. W. Johnson, *Impact Strength of Materials*, Edward Arnold, 1972.
3. T. Z. Blazynski, *Explosive Welding, Forming and Compacsion*, Springer, 2012.
4. W. J. Stronge, *Impact Mechanics*, Cambridge University Press, 2018.
5. T. Z. Blazynski, *Materials at High Strain Rates*, Springer, 1987.
6. E. J. Bruno, *High Velocity Forming of Metals Rev Edition*, American Society of Tool and Man, 1968.
7. C. L. Rao, V. Narayanamurthy, and K. R. Y. Simha, *Applied Impact Mechanics*, John Wiley & Sons, 2016.

مکانیک محیط‌های پیوسته ۲

(Continuum Mechanics II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** مکانیک محیط‌های پیوسته ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول حاکم بر معادلات متشکله مواد با تأکید بر قوانین مکانیک محیط‌های پیوسته در دستگاه‌های مختصات مختلف است.

رئوس مطالب:

۱- معادلات متشکله، میدان‌های تانسوری عینی، مؤلفه‌های تانسوری در دو مرجع، مشتق مادی تانسورهای عینی، تغییر شکل نسبت به هیئت مرجع ثابت و جاری، مشتق هم چرخش، مشتق همرفتی.

۲- اصول کلی نظریه ساختاری، به‌کارگیری قانون دوم ترمودینامیک در استخراج معادلات متشکله، تقارن مادی، گروه‌های تقارن، همسانگردی، تغییر هیئت مرجع، گروه‌بندی مواد ساده.

۳- مدل‌های سیال پیشرفته، مدل سیالات استوکسی و رینر - ریولین، مدل‌های سیال هم چرخش، مدل سیال اولدروید.

۴- معادلات محیط پیوسته در دستگاه مختصات منحنی، معیارهای تنش و کرنش، نرخ‌های تغییر شکل، کرنش و چرخش، مشتقات همرفتی تانسورها.

۵- مؤلفه‌های تنش فیزیکی، معادلات پایه در الاستیسته، معادلات پایه در سیالات.

۶- اصول وردشی، تغییر مکان مجازی، وردش‌ها، وردش اول یک تابع در توصیف مادی و فضایی، اصل کار مجازی در مختصات مادی و فضایی.

۷- اصل انرژی پتانسیل ایستا، خطی سازی اصل کار مجازی، اصول وردشی دومیدانی و سه میدانی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. W. M. Lai, D. Rubin, and E. Krempl, *Introduction to Continuum Mechanics*, 4th Edition, Butterworth-Heinemann, 2010.
2. F. Irgens, *Continuum Mechanics*, Springer, 2008.
3. G. A. Holzapfel, *Nonlinear Solid Mechanics, A Continuum Approach for Engineers*, John Wiley & Sons, 2000.
4. G. Wempner, *Mechanics of Solids and Shells, Theories and Approximations*, CRC Press, 2003.
5. D. S. Chandrasekharaiah, and L. Debnath, *Continuum Mechanics*, Elsevier, 2014.
6. A. A. Shabana, *Computational Continuum Mechanics*, John Wiley & Sons, 2018.
7. C. S. Jog, *Continuum Mechanics*, 1st Edition, Cambridge University Press, 2015.

مکانیک مواد مرکب پیشرفته

(Advanced Mechanics of Composite Materials)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری رفتار ماکرو مکانیکی مواد مرکب زمینه پلیمری لایه‌ای، تحلیل تنش - کرنش چندلایه‌های کامپوزیتی و همچنین آنالیز تخریب آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- شناخت و معرفی مواد مرکب، دسته‌بندی مواد مرکب، معرفی اجزاء تشکیل‌دهنده، مزایا و کاربرد مواد مرکب در صنایع مختلف، روش‌های ساخت کامپوزیت‌های زمینه پلیمری.

۲- رفتار ماکرو مکانیکی یک تک‌لایه، ثوابت مهندسی یک ماده اورتوتروپیک، روابط تنش - کرنش برای یک تک‌لایه در راستای محورهای اصلی ماده و محورهای هندسی، دوران تنش‌ها و کرنش‌ها در دو مختصات.

۳- رفتار ماکرو مکانیکی یک چندلایه، نظریه کلاسیک لایه‌ای، روابط تنش - کرنش چندلایه‌های متقارن و نامتقارن، خواص معادل یک چندلایه، اثرات دما و رطوبت.

۴- معیارهای تخریب در کامپوزیت‌های چندلایه، معرفی انواع معیارها، تخریب پیش‌رونده.

۵- رفتار میکرو مکانیکی یک تک لایه.

۶- معادلات حاکم بر خمش، کمانش و ارتعاشات یک تیر چندلایه.

۷- مقدمه‌ای بر مکانیک شکست و خستگی در کامپوزیت‌های لایه‌ای.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. Gay, S. V. Hoa, and S. W. Tsai, *Composite Materials: Design and Applications*, CRC Press, 2003.
2. V. V. Vasiliev, and E. V. Morozov, *Advanced Mechanics of Composite Materials and Structures*, Elsevier, 2018.
3. M. W. Hyer, *Stress Analysis of Fiber-Reinforced Composite Materials*, Destech Pubns Inc, 2009.
4. A. K. Kaw, *Mechanics of Composite Materials*, 2nd Edition, CRC Press, 2006.
5. R. M. Jones, *Mechanics of Composite Materials*, 2nd Edition, CRC Press, 1999.
6. C. T. Herakovich, *Mechanics of Fibrous Composites*, 1st Edition, Wiley, 1997.
7. S. W. Tsai, and H. T. Hahn, *Introduction to Composite Materials*, 1st Edition, Technomic Publishing Co., Inc., 1980.
8. V. V. Vasiliev, *Mechanics of Composite Structures*, CRC Press, 2018.
9. G. P. Sendeckyj, *Mechanics of Composite Materials: Composite Materials*, 2nd Edition, Elsevier, 2016.
10. L. A. Carlsson, D. F. Adams, and R. B. Pipes, *Experimental Characterization of Advanced Composite Materials*, CRC Press, 2014.
11. E. J. Barbero, *Introduction to Composite Materials Design*, CRC Press, 2017.
12. T. W. Clyne, and D. Hull, *An Introduction to Composite Materials*, Cambridge University Press, 2019.
13. B. T. Astrom, *Manufacturing of Polymer Composites*, CRC Press, 1997.

ویسکوالاستیسیته

(Viscoelasticity)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری معادلات ساختاری مواد ویسکوالاستیک و پاسخ این مواد در شرایط مختلف بارگذاری استاتیکی و دینامیکی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، مدل‌های ویسکوالاستیک، مواد ویسکوالاستیک خطی، معادله پاسخ عمومی، اصل برهم‌نهی بولتزمن، اصل تناظر، مسائل شبه ایستا.

۲- سیال ماکسول و جامد کلوین، وادادگی خزشی، مدول وارهیدگی، معادلات انتگرال و انتگرال‌های موروثی، حل معادلات انتگرال.

۳- تیرهای ویسکوالاستیک، معادله دیفرانسیلی تیرهای ویسکوالاستیک، تیرهای ویسکوالاستیک متشکل از دو یا چند جنس.

۴- پاسخ دینامیکی، نماد مختلط، بستر ویسکوالاستیک، کمانش ستون ویسکوالاستیک.

۵- ارتعاشات اجسام ویسکوالاستیک، وادادگی مختلط، روابط بین وادادگی‌ها، سیستم با یک درجه آزادی، ارتعاش اجباری، میله ویسکوالاستیک تحت تأثیر ضربه محوری، امواج ویسکوالاستیک.

۶- ویسکوالاستیسیته خطی در سه بعد، تحلیل تنش و کرنش، نظریه تیر، پیچش، استفاده از حساب تغییرات در ویسکوالاستیسته، اصول اکسترمم، اصل مینیمم با استفاده از تابع وزن و تبدیل لاپلاس.

۷- انتشار موج در محیط ویسکوالاستیک، امواج ناپیوسته، امواج شوک و ناپیوستگی‌های اعمال‌شده، به‌کارگیری اصول ترمودینامیک با متغیرهای داخلی در بررسی انتشار موج، امواج هارمونیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. Y. M. Haddad, *Viscoelasticity of Engineering Materials*, Springer Verlag, 2013.
2. W. Flügge, *Viscoelasticity*, 2nd Edition, Blaisdell Co., 1993.
3. R. M. Christensen, *Theory of Viscoelasticity*, 2nd Edition , Dover Publications, 2010.
4. D. R. Bland, *The Theory of Linear Viscoelasticity*, Courier Dover Publications, 2016.
5. D. Gutierrez-Lemini, *Engineering viscoelasticity*, New York: Springer, 2014.

هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته

(Advanced Hydraulics and Pneumatics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته موردنیاز در طراحی، به‌کارگیری و نگهداری سیستم‌های هیدرولیک و نیوماتیک و همچنین نحوه مدل‌سازی ریاضی سیستم‌های مذکور است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: اصول هیدرولیک، مزایا و معایب، مقایسه سیستم‌های انتقال قدرت مکانیک، الکتریکی، هیدرولیکی و نیوماتیکی.

۲- روغن‌های هیدرولیکی، خصوصیات جریان و فیلتر: انواع و مشخصه‌های عملکردی روغن‌های هیدرولیک، گریدهای لزجت ISO، فیلترها، خصوصیات و محل قرارگیری فیلترها، نرخ فیلتر کردن.

۳- پمپ‌های هیدرولیک، شیرها و عملگرها: طبقه‌بندی پمپ‌های هیدرولیک، پمپ‌های چرخ‌دنده‌ای، پمپ‌های گریز از مرکز (پره‌ای)، پمپ‌های پیستونی شعاعی و محوری، انتخاب پمپ، شیرهای کنترل جهت، شیرهای کنترل فشار، شیرهای کنترل دبی، شیرهای یک‌طرفه، شیرهای سروو الکتروهیدرولیکی، عملگرهای خطی و چرخشی، سیستم‌های انتقال هیدرو استاتیکی.

۴- تجهیزات جانبی سیستم‌های هیدرولیک و طراحی مدارهای هیدرولیکی: مخازن، آکومولاتورها، تجهیزات سرمایش و گرمایش، مدارهای هیدرولیکی پایه، مدارهای هیدرولیکی صنعتی، اتلاف توان در مدارهای کنترل دبی.

۵- مقدمه‌ای بر سیستم‌های نیوماتیک: کمپرسورها، شیرها و عملگرهای نیوماتیک، کاربردها، مبانی پایه، انتخاب کمپرسور، واحد FRL، فیلترهای هوا، تنظیم‌کننده‌های فشار و روان کننده‌های هوا، انواع سیلندرهای نیوماتیک و موتورهای هوایی، شیرهای نیواتیکی کنترل جهت، اگزوز، زمان تأخیر، شیرهای فشار شاتل و دوقلو.

۶- مدارهای نیوماتیکی: مدارهای پایه، روش سنتی و روش Casecade.

۷- الکتروهیدرولیک و الکترونیوماتیک: کلیات و کاربردها، اجزا سیستم، توسعه مدارهای عملگری تکی و چندتایی.

۸- آشنایی با نرم‌افزارهای مربوطه.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. T. Jagadeesha, and T. Gowda, *Fluid Power: Generation, Transmission and Control*, John Wiley & Sons, 2013.
2. T. Jagadeesha, *Hydraulics And Pneumatics*, I. K. International Publishing House, 2015.
3. M. Rabie, *Fluid Power Engineering*, 1st Edition, McGraw-Hill, 2009.
4. P. J. Klette, *Fluid Power Systems*, 2nd Edition, Amer Technical Publication, 2013.
5. S. R. Majumdar, *Oil Hydraulic Systems, Principle and Maintenance*, McGraw-Hill, 2002.
6. A. Esposito, *Fluid Power with Applications*, 7th Edition, Pearson Education, 2009.
7. K. S. Sundaram, *Hydraulic and Pneumatic Controls: Understanding made Easy*, S.Chand Limited, 2013.
8. S. R. Majumdar, *Basic Pneumatic Systems, Principle and Maintenance*, McGraw Hill Education India, 2011.
9. I. C. Turner, *Engineering Applications of Pneumatics and Hydraulics*, Routledge, 2014.
10. L. Sivaraman, *Introduction to Hydraulics and Pneumatics*, PHI Learning Pvt. Ltd., 2017.
11. P. N. Modi, and S. M. Seth, *Hydraulics and Fluid Mechanics Including Hydraulics Machines*, Rajsons Publications Pvt. Ltd., 22nd Edition, 2019.
12. I. Popescu, *Computational Hydraulics*, IWA Publishing, 2014.

دینامیک غیرخطی و آشوب

(Nonlinear Dynamics and Chaos)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس مطالعه تحول سیستم‌های دینامیکی و کاربردهای آن به‌منظور بررسی عددی و کیفی رفتار پیچیده آن‌ها و تعیین رفتار مجانبی آن دسته از سیستم‌های دارای حساسیت بالا به شرایط اولیه می‌باشد. همچنین با تکیه بر مبانی این درس، نگرش هندسی نسبت به تحول دینامیکی حاصل خواهد شد که کمک به توسعه روش‌های محاسباتی و شبه تحلیلی جهت پیش‌بینی دراز مدت حل معادلات خواهد نمود.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه و آشنایی.
۲- دینامیک در فضای حالت، فضای فازی و جریان‌های یک‌بعدی و دوبعدی.
۳- نوسانگرهای غیرخطی، روش‌های کیفی و تقریبی مجانبی.
۴- دوشاخگی و انواع آن دوشاخگی چنگالی، دوشاخگی‌های از نوع هاپف.
۵- سیستم‌های پایستار و میرا، سیستم‌های هامیلتونی، انتگرال‌پذیری کامل و ارگودیسیتی.
۶- مدار متناوب، چرخه حدی، مقطع پوانکاره و پایداری چرخه حدی، جاذب‌های غریب.
۷- نگاشت‌های حافظ مساحت، قضیه KAM.
۸- جریان سه‌بعدی و آشوب، جهان‌شمولی آشوب، اعداد فایگنبام.
۹- مسیرهای آشوب: تضاعف دوره تناوب – رفتار شبه متناوب.
۱۰-نگاشت‌های یک‌بعدی و توان‌های لیاپونوف.
۱۱-برخال‌ها (فراکتال‌ها) و آشوب به همراه مثال‌های کاربردی و مطالعات موردی آشوب: نگاشت لاجستیک، مدل لورنز، ربات دوپا و چرخ‌دنده‌ها.
۱۲-شناسایی مدارهای متناوب ناپایدار و مقدمه‌ای بر کنترل آشوب.
۱۳-سیستم‌های هامیلتونی بی‌نهایت بعدی، تئوری فلوکه، سیستم‌های اتلافی دو حالته و غیره.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. C. Hilborn, *Chaos And Nonlinear Dynamics: An Introduction For Scientists And Engineers*, Oxford University Press, 2000.
2. S. H. Strogatz, *Nonlinear Dynamics And Chaos: With Applications To Physics, Biology, Chemistry, And Engineering*, Westview Press, 2014.
3. E. Ott, *Chaos In Dynamical Systems*, Cambridge University Press, 2002.
4. K. T. Alligood, T. D. Sauer, J. A. Yorke, and J. D. Crawford, *Chaos: An Introduction To Dynamical Systems*, Physics Today, 2008.
5. T. Kapitaniak, *Chaos For Engineers: Theory, Applications, and Control*, Springer Science & Business Media, 2012.
6. J. M. T. Thompson, and H. B. Stewart, *Nonlinear Dynamics and Chaos*, John Wiley & Sons, 2002.
7. S. N. Rasband, *Chaotic Dynamics of Nonlinear Systems*, Courier Dover Publications, 2015.

دینامیک پیشرفته

(Advanced Dynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در دینامیک شامل روش‌های مبتنی بر انرژی و همچنین روش‌های مختلف توصیف سینماتیک و دینامیک اجسام و سیستم‌ها در فضای سه‌بعدی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه شامل سیستم واحدها، آنالیز برداری، قوانین نیوتن برای ذرات، ضربه و مومنتوم، کار و انرژی، پایداری و تعادل.

۲- حرکت نسبی شامل دستگاه‌های مختصات متحرک، ماتریس‌های دوران و انتقال، بردار سرعت و شتاب زاویه‌ای، سرعت و شتاب نسبی.

۳- دینامیک سیستم ذرات شامل معادلات حرکت، ضربه و مومنتوم خطی، کار و انرژی و برخورد ذرات.

۴- مکانیک تحلیلی شامل مختصات تعمیم‌یافته، قیود، تغییر مکان مجازی و کار مجازی، نیروهای تعمیم‌یافته، اصل کار مجازی، تعادل و اصل دالامبر، اصل هامیلتون و معادلات لاگرانژ.

۵- سینماتیک جسم صلب شامل سینماتیک پایه، قضیه اویلر، زوایای اویلر، پارامترهای اویلر، حرکت مقید اجسام صلب.

۶- دینامیک جسم صلب شامل مومنتوم خطی و زاویه‌ای، معادلات حرکت، روابط ضربه و مومنتوم، کار و انرژی، معادلات لاگرانژ، اصل دالامبر، برخورد اجسام صلب و مباحث پیشرفته در دینامیک اجسام صلب.

۷- پایداری سیستم‌های چند درجه آزادی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. Meirovitch, *Methods of analytical dynamics*, Courier Dover Publications, 2012.
2. D. T. Greenwood, *Advanced Dynamics*, Cambridge University Press, 2006.
3. R. B. Bhat, and A. Lopez-Gomez, *Advanced Dynamics*, 1st Edition, Narosa, 2001.
4. H. Baruh, *Analytical Dynamics*, 1st Edition, WCB/McGraw-Hill, 1999.
5. A. F. D'souza, and V. K. Gray, *Advanced Dynamics: Modeling and Analysis*, Prentice-Hall, 1984.
6. H. Altenbach, H. Irschik, and V. P. Matveenko, *Contributions to Advanced Dynamics and Continuum Mechanics*, Springer, 2019.
7. H. Vallery, and A. L. Schwab, *Advanced Dynamics*, Delft University of Technology, 2018.

دینامیک تحلیلی پیشرفته

(Advanced Analytical Dynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس ارائه روش‌های تحلیلی مختلف موجود برای استخراج معادلات حاکم برای یک سیستم دینامیکی نظیر روش‌های اصل همیلتون، لاگرانژ، معادلات کانونی همیلتون، بولتزمن هامل، راث، گیبس – اپل و کین و مقایسه این روش‌ها با یکدیگر از منظرهای مختلف است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر دینامیک نیوتنی.

۲- اصل همیلتون.

۳- معادلات لاگرانژ برای سیستم‌های غیر مقید و معادلات لاگرانژ برای سیستم‌های مقید شامل روش‌های - Integrated Multiplier Method ، Augmented ، Elimination ، Embedding ، Modified Lagrange و معادلات ضربه لاگرانژ و غیره.

۴- معادلات کانونی همیلتون، روش راث.

۵- شبه مختصات‌ها.

۶- روش گیبس – اپل.

۷- روش کین.

۸- در صورت داشتن فرصت و به‌صورت اختیاری می‌توان موارد زیر را نیز پوشش داد: اصل جردن، روش مگی، روش بولتزمن هامل، معادلات اساسی حرکت (روش ولترا)، اصل گوس.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. H. Ginsberg, *Advanced Engineering Dynamics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2010.
2. H. Baruh, *Analytical Dynamics*, McGraw-Hill, 1999.
3. D. T. Greenwood, *Advanced Dynamics*, Cambridge: Cambridge University Press. 2003.
4. A. W. Marris, and C. E. Stoneking, *Advanced Dynamics*, McGraw- Hill Book Co, 1967.
5. T. R. Kane, and D.A. Levinson, *Dynamics: Theory and Application*, McGraw- Hill Publishing Co, 1985.
6. L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics*, McGraw-Hill Book Co, 2012.
7. H. Altenbach, H. Irschik, and V. P. Matveenko, *Contributions to Advanced Dynamics and Continuum Mechanics*, Springer, 2019.
8. V. De Sapio, *Advanced Analytical Dynamics: Theory and Applications*, Cambridge University Press, 2017.

دینامیک سیستم‌های الکترومکانیکی و پیزوالکتریکی

(Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مدل‌سازی سیستماتیکی سیستم‌های چند مؤلفه‌ای الکترومکانیکی و پیزوالکتریکی در قالب فرمولاسیونی واحد، در راستای تحلیل و کنترل آن‌ها، با تأکید بر ساختار حساسه‌ها، تقویت‌کننده‌ها و بازیافت کننده‌های انرژی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و فرمول‌بندی غیر وابسته به دستگاه مختصات، مروری بر روش دینامیک کار مجازی، روش لاگرانژ، اصل هامیلتون.
۲- قوانین بقا و انتگرال ژاکوبی، قضیه نوتر، مسائل مقید، تحلیل پایداری.
۳- دینامیک مدارات الکتریکی، فرمول‌بندی قوانین کرشهف در قالب هامیلتون و لاگرانژ.
۴- فرمول‌بندی بر اساس بار و فرمول‌بندی بر اساس شار.
۵- سیستم‌های الکترومکانیکی، روابط متشکله در مبدل‌های الکترومکانیکی.
۶- اصل هامیلتون تعمیم‌یافته به سیستم‌های الکترومکانیکی.
۷- کاربرد در تعیین حساسیت میکروفن و پهنای باند بلندگو، جداساز فعال، سیستم تعلیق فعال.
۸- سیستم‌های پیزوالکتریک، مبدل‌های پیزوالکتریک، ساختارهای مجهز به پیزوالکتریک.
۹- معادلات متشکله، چگالی انرژی، فرمول‌بندی هامیلتونی.
۱۰-لایه‌های پیزوالکتریک، سنسور و عملگر پیزوالکتریک، پاسخ فرکانسی.
۱۱-مدل دوبعدی، نظریه کرشهف، ماتریس سختی لایه‌های پیزوالکتریک.
۱۲-استهلاک فعال و غیرفعال به کمک مبدل‌های پیزوالکتریک.
۱۳-ادمیتنس مبدل پیزو، سنجش نیرو و جابجایی، کنترل پیش فاز، کنترل با پس‌خوراند مثبت.
۱۴-شناسایی و تخمین متغیرهای حالت به کمک مشاهده‌گر تطبیقی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. Preumont, *Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems*, 3rd Edition, Springer, 2006.
2. M. Davies, and T. L. Schmitz, *System Dynamics for Mechanical Engineers*, Springer New York, 2015.
3. P. Dineva, D. Gross, and R. Müller, *Dynamic Fracture of Piezoelectric Materials: Solution of Time-Harmonic Problems via BIEM*, Springer Science & Business Media, 2014.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

دینامیک محاسباتی سیستم‌های چندجسمی

(Computational Dynamics of Multibody Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی با چالش‌های عددی شبیه‌سازی مجموعه‌های چندجسمی صلب و انعطاف‌پذیر در زنجیره‌های باز یا مقید تحت تأثیر بارگذاری‌های ضربه و برخورد، با استفاده از الگوریتم‌های حفظ‌کننده قوانین بقا است.

رئوس مطالب:

۱- سینماتیک اجسام صلب، قیود سینماتیک، سینماتیک محاسباتی.
۲- تحلیل سینماتیکی سازوکارهای صفحه‌ای و فضایی.
۳- مروری بر دینامیک اجسام صلب، سیستم‌های مقید هولونومیک و غیر هولونومیک.
۴- روش‌های کار مجازی در مسائل دینامیکی و مسائل مقید، فرمول‌بندی افزون یافته، ضرایب لاگرانژ، تکنیک Embedded.
۵- معادلات Gibbs-Appell و فرمولاسیون هامیلتونی مقید، روش‌های حذف ضرایب لاگرانژ.
۶- روش‌های انتگرال‌گیری عددی و پیاده‌سازی برای مسائل با ماتریس پراکنده (Sparse) ، حل معادلات جبری-دیفرانسیلی، دینامیک معکوس، الگوریتم‌های بازگشتی.
۷- روش‌های انتگرال‌گیری حفظ‌کننده قوانین بقا.
۸- مسائل تماس، ضربه و برخورد در سیستم‌های چندجسمی.
۹- مکانیک اجسام انعطاف‌پذیر، تحلیل دینامیکی المان محدود.
۱۰-مسئله تغییر شکل‌ها، جابجایی‌ها و دوران‌های بزرگ، چارچوب‌های همراه.
۱۱-بررسی پایداری و کنترل سیستم‌های چندجسمی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. A. Shabana, *Dynamics of Multibody Systems*, 3rd Edition, Cambridge university press, 2003.
2. F. Amirouche, *Fundamentals of Multibody Dynamics: Theory and Applications*. Springer Science & Business Media, 2007.
3. R. Von Schwerin, *Multibody System Simulation: Numerical Methods, Algorithms, and Software*, Springer Science & Business Media, 2012.
4. L. Meirovitch, *Methods of Analytical Dynamics*, Courier Corporation, 2010.
5. Z. Terze, *Multibody Dynamics: Computational Methods and Applications*, Springer, 2014.
6. R. Seifried, *Dynamics of Underactuated Multibody Systems*, Berlin: Springer, 2014.

سیستم‌های دینامیکی

(Dynamic Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مشخصات عمومی سیستم‌های مکانیکی و روش‌های استخراج معادلات حاکم بر رفتار آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- معرفی سیستم‌های دینامیکی، مقایسه بین کنترل فرآیند و سرو مکانیزم، تحلیل سیستم‌های حرارتی، الکتریکی، مکانیکی، ارتفاع سیال و غیره.
۲- مراحل بررسی و تعیین متغیرهای میانی و اختلافی، نوشتن مدل فیزیکی-ریاضی و معادلات دیفرانسیل حاکم.
۳- تعیین تابع تبدیل از روی نمودار جعبه‌ای، رسم منحنی خط، خطی نمودن روابط غیرخطی.
۴- سرومکانیزم نیوماتیکی، شیپوره و شیر تیغه‌ای، تابع تبدیل سرو کنترل هوایی با شیپوره و شیر تیغه‌ای، تابع تبدیل سروکنترل هوایی با شیپوره دوگانه.
۵- انواع شیرهای هیدرولیکی، فضای آزاد و مرده در شیرهای سرو، سرو سیستم هیدرولیکی دو مرحله‌ای.
۶- تحلیل دینامیکی، سرومکانیزم هیدرولیکی با شیر سروی چهار راهه، اثر تراکم‌پذیری و نشت در سیستم‌های دینامیکی.
۷- استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه و حل چند مثال.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. F. Morrison, *The Art of Modeling Dynamic Systems: Forecasting for Chaos, Randomness and Determinism*, Dover Publications, 2008.
2. D. G. Luenberger, *Introduction to Dynamic Systems: Theory, Models, and Applications*, John Wiley & Sons, 2012.
3. C. M. Close, J. C. Newell, and D. K. Frederick, *Modeling and Analysis of Dynamic Systems*, 3rd Edition, Wiley, 2001.
4. C. A. Kluever, *Dynamic Systems: Modeling, Simulation, and Control*, John Wiley & Sons, 2015.

سیستم‌های کنترل دیجیتال

(Digital Control System)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

در این درس، اصول گسسته سازی و بررسی اثرات آن در سیستم‌های خطی، روش‌های تحلیل پایداری و طراحی کنترل‌کننده‌های دیجیتال معرفی می‌گردد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: معرفی سیستم‌های دیجیتال و کامپیوتری، گذر از زمان پیوسته به گسسته و از مقدار پیوسته به دیجیتال، نمایش سیگنال نمونه‌ها در حوزه پیوسته و در حوزه گسسته، ساختار کلی سیستم کنترل دیجیتال، مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال، نمونه‌برداری و بازسازی داده‌ها و قضایای مربوط به آن، اهمیت فرکانس نمونه‌برداری، مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ.

۲- نمایش سیستم‌های دیجیتال: معرفی تبدیل z، خواص تبدیل z، نمایش سیستم با معادلات تفاضلی و حل آن‌ها، تبدیل z تکمیلی، نمایش فضای حالت سیستم‌های گسسته.

۳- تحلیل رفتار سیستم‌های زمان گسسته: خصوصیات پاسخ زمانی سیستم‌ها، مفهوم پایداری و تحلیل پایداری به روش روث و Jury، تحلیل پایداری به روش نایکوئیست.

۴- طراحی کنترل‌کننده‌های دیجیتال: جبران سازهای پیش فاز، پس فاز، پیش فاز - پس فاز، و کنترل‌کننده‌های PID دیجیتال، طراحی به کمک مکان هندسی ریشه‌ها، طراحی به کمک پاسخ فرکانسی در صفحه W، اصول طراحی بر اساس معادل‌های زمان گسسته کنترل‌کننده‌های آنالوگ.

۵- روش‌های طراحی در فضای حالت: طراحی با استفاده از مفاهیم تحقق‌ها، رؤیت گری و بازخور حالت، روش جایابی قطب‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. L. Phillips, and T. Nagle, *Aranya Chakrabortty, Digital Control System Analysis & Design*, 4th Edition, Pearson Education, 2014.
2. G. F. Franklin, J. D. Powell, and M. L. Workman, *Digital Control Of Dynamic Systems*, 3rd Edition, Pearson Education, 2005.
3. K. Ogata, *Discrete-Time Control Systems*, 2nd Edition, Pearson Education, 1995.
4. M. S. Fadali, and A. Visioli, *Digital Control Engineering: Analysis and Design*, 2nd Edition, Academic Press, 2012.
5. R. G. Jacquot, *Modern Digital Control Systems*, Routledge, 2019.

فرآیندهای اتفاقی

(Stochastic Process)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس ارائه پایه‌های نظری در مورد فرآیندهای تصادفی و ایجاد درک درست و منطقی در مورد سیگنال‌هایی که دارای ویژگی‌های زمانی و آماری هستند، می‌باشد. همچنین تخمین خطی و کنترل سیستم‌های خطی تصادفی نیز در این درس مورد بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

۱- مرور فشرده نظریه احتمالات با تکیه‌بر موضوعات موردنیاز برای این درس.
۱- اصول فرآیندهای تصادفی شامل تعاریف و ویژگی‌ها.
۲- آنالیز آماری سیستم‌های خطی و غیرخطی، روش مونت‌کارلو.
۳- توابع همبستگی، همبستگی متقابل و چگالی طیف توان.
۴- آشنایی با انواع فرآیندهای تصادفی شامل فرآیندهای گوسی، سفید و مارکوف.
۵- مفهوم نویز، انواع آن و چگونگی برخورد با آن در الگوریتم‌های تخمین.
۶- مقدمه‌ای بر تخمین خطی.
۷- کنترل به معنی سنجش عملکرد در مقابل نامعینی‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. Papoulis, and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, 4th Edition, McGraw-Hill, 2002.
2. W. A. Gardner, *Introduction to Random Processes*, McGraw-Hill, 1990.
3. H. Stark, and J. W. Woods, *Probability, Random Processes and Estimation Theory for Engineers*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2002.
4. J. S. Meditch, *Stochastic Optimal Linear Estimation and Control*, McGraw-Hill, 1969.
5. G. F. Lawler, *Introduction to Stochastic Processes*, Chapman and Hall/CRC, 2018.
6. D. R. Cox, *The Theory of Stochastic Processes*, Routledge, 2017.

کنترل بهینه

(Optimal Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، آموزش مباحث کنترل بهینه، حساب تغییرات و برنامه‌ریزی پویا و حل مسائل هوافضایی با شرایط مرزی مختلف در حضور قیود عملگر و سیستم می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر نظریه کنترل بهینه و تعریف فضای حالت.

۲- فرم استاندارد مسئله کنترل بهینه شامل مدل ریاضی، محدودیت‌ها، شرایط مرزی، تابع معیار و تعریف مسائل مختلف بهینه‌سازی بر اساس نوع تابع معیار.

۳- تعریف اصل بهینگی بلمان، حل مسئله با روش کوانتیزه کردن بازه تغییرات متغیرهای حالت و کنترل.

۴- حل مسائل کنترل بهینه گسسته با استفاده از روش برنامه‌ریزی پویا مبتنی بر اصل بهینگی بلمان، سیستم‌های خطی و غیرخطی، حل مثال.

۵- استفاده از روش برنامه‌ریزی پویا در حل مسائل کنترل بهینه سیستم‌های پیوسته، تعریف تابع هامیلتونین، تعریف و نحوه حل معادله هامیلتون ژاکوبی بلمان، رگلاتورهای خطی مربعی (LQR).

۶- مسئله بهینه‌سازی پارامترها در حالت بدون محدودیت و در حالت با محدودیت مساوی، حل مسئله حداقل زمان اوج‌گیری هواپیمای جت.

۷- بهینه‌سازی پارامتر با محدودیت‌های مساوی و نامساوی، روش حل عددی مسائل بهینه‌سازی پارامترها (روش کان تاکر و Steepest Descent).

۸- مسئله بهینه‌سازی سیستم‌های دینامیکی به‌صورت تک‌مرحله‌ای و چندمرحله‌ای.

۹- استفاده از روش حساب تغییرات در حل مسائل کنترل بهینه در سیستم‌های پیوسته.

۱۰-تدوین شکل کلی مسئله کنترل بهینه شامل معادلات، قیود، شرایط مرزی و تابع معیار به فرم استاندارد – تابع هامیلتونین، معادلات حالت و شبه حالت.

۱۱-بررسی حالت‌های مختلف شرایط مرزی به‌صورت زمان نهایی آزاد و ثابت.

۱۲-اصل مینیمم پونتریاگین و استفاده از آن در حل مسائل با قید کنترلی.

۱۳-حل مسئله حداقل زمان و تعیین ویژگی‌های آن.

۱۴-حل مسئله حداقل تلاش کنترلی به دو صورت حداقل سوخت و حداقل انرژی مقایسه آن‌ها و ارائه ویژگی‌ها.

۱۵-حل مسائل کنترل بهینه با بازه‌های منفرد.
۱۶-مقدمه‌ای بر روش‌های عددی در حل مسائل کنترل بهینه.
۱۷-کنترل بهینه LQR، تنظیم‌کننده مربعی خطی، انتخاب ماتریس‌های وزنی، حل مسائل LQR با تعریف معادله دیفرانسیل ریکاتی، معرفی معادله جبری ریکاتی و روش LQG، کنترل بهینه در حضور نویز خارجی.
۱۸-تخمین بهینه حالت‌ها و فیلتر کالمن، معرفی معیار تخمین بهینه، معرفی فیلتر کالمن، شرایط اعمال‌شده روی نویز خارجی برای طراحی فیلتر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. E. Kirk, *Optimal Control Theory: An Introduction*, Dover Publications Inc., 2004.
2. D. O. Anderson, and J. B. Moore, *Optimal Control: Linear Quadratic Methods*, Dover Publications Inc., 2007.
3. L. Fortuna, and M. Frasca, *Optimal and Robust Control: Advanced Topics with MATLAB*, CRC Press, 2012.
4. J. A. Snyman, *Practical Mathematical Optimization*, Springer Science & Business Media, 2005.
5. E. Bryson, and J. Y. Ho, *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control*, CRC Press, 1975.
6. K. Zhou, J. C. Doyle, and K. Glover, *Robust and Optimal Control*, Prentice-Hall, 1996.
7. M. Attans, and P. L. Falb, *Optimal Control: An Introduction to the Theory and Its Applications*, Dover Publications Inc., 2006.
8. X. Li, and J. Yong, *Optimal Control Theory for Infinite Dimensional Systems*, Springer Science & Business Media, 2012.
9. R. Vinter, *Optimal Control*, Springer Science & Business Media, 2010.
10. J. Gregory, *Constrained Optimization in the Calculus of Variations and Optimal Control Theory*, Chapman and Hall/CRC, 2018.
11. Z. Gajic, M. T. Lim, D. Skataric, W. C. Su, and V. Kecman, *Optimal Control*, CRC Press, 2018.

کنترل پیش‌بین

(Predictive Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

در این درس اصول کنترلی حاکم بر سیستم‌ها با استفاده از قابلیت پیش‌بینی در افق محدود به‌صورت بهینه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

۱- تعاریف حاکم بر کنترل پیش‌بین، کنترل پیش‌بین زمان گسسته.
۲- کنترل افق پیش‌بین، کنترل پیش‌بین سیستم‌های چند ورودی – چند خروجی، تخمین حالت.
۳- کنترل پیش‌بین زمان گسسته با محدودیت در حالت و ورودی.
۴- کنترل پیش‌بین گسسته با استفاده از تابع Laguerre.
۵- کنترل پیش‌بین گسسته با درجه پایداری مشخص.
۶- کنترل پیش‌بین زمان پیوسته.
۷- کنترل پیش‌بین زمان پیوسته برای سیستم‌های با محدودیت در کنترل و فرآیند.
۸- کنترل پیش‌بین پیوسته با درجه پایداری مشخص.
۹- کنترل پیش‌بین کلاسیک در فرم فضای حالت.
۱۰-کنترل پیش‌بین غیرخطی.
۱۱-نمونه‌های کاربردی از کنترل پیش‌بین.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	ندارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. Wang, *Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB*, Springer Science & Business Media, 2009.
2. F. Allgöwer, and A. Zheng, *Nonlinear Model Predictive Control*, Birkhäuser, 2012.
3. J. A. Rossiter, *Model-Based Predictive Control: a Practical Approach*, CRC Press, 2017.
4. S. Huang, and T. H. Lee, *Applied Predictive Control*, Springer Science & Business Media, 2013.
5. D. Baocang, *Modern Predictive Control*, CRC Press, 2018.

کنترل پیشرفته ۱

(Modern Control I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس تجزیه‌وتحلیل سیستم‌های کنترل در فضای حالت و طراحی کنترلر و مشاهده‌گر برای سیستم‌های مذکور است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر کنترل کلاسیک، سیستم‌های خطی با ضرایب وابسته و غیر وابسته به زمان، تبدیل لاپلاس، سری فوریه، تعریف یک سیستم و به دست آوردن معادلات دیفرانسیل و تابع تبدیل آن، بررسی پایداری سیستم‌ها.

۲- عکس‌العمل سیستم به یک ورودی و بررسی پاسخ سیستم در حالت گذرا و دائم.

۳- مقایسه کنترل کلاسیک با کنترل مدرن و مشخص کردن امتیازات کنترل مدرن، آشنایی با مفاهیم جبر خطی، تبدیل‌های همانندی و استفاده از آن‌ها در تحلیل سیستمی.

۴- بررسی کنترل سیستم‌ها در فضای حالت، تعریف حالت، متغیرهای حالت، فضای حالت، حل معادلات حالت، دستگاه‌های دینامیکی معادل.

۵- بررسی سیستم‌های چند ورودی و چند خروجی، معرفی سیستم چند ورودی و چند خروجی و دیاگرام جعبه‌ای کلی آن، به دست آوردن تابع تبدیل کلی، ارائه معادلات دیفرانسیل سیستم.

۶- تعریف کنترل‌پذیری و تست‌های کنترل‌پذیری، تجزیه سیستم‌های کنترل ناپذیر، تعریف رؤیت پذیری و تست‌های رؤیت پذیری، تجزیه سیستم‌های رؤیت ناپذیر، کنترل‌پذیری و رؤیت پذیری سیستم‌های به‌هم‌پیوسته موازی، سری و اتصال فیدبکی.

۷- تحقق‌پذیری و نظریه‌های تحقق.

۸- تعریف پایداری و روش‌های تحلیل پایداری.

۹- طراحی فیدبک حالت خطی، طراحی رؤیت گرهای خطی، طراحی سیستم‌های فیدبک حالت همراه با رؤیت گر

۱۰-سیستم‌های کنترل بهینه و معرفی فیلتر کالمن.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

۱. ع. خاکی صدیق، *اصول کنترل مدرن*، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.

۲. ح. تقی راد، *مقدمه‌ای بر کنترل مدرن*، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱.

3. K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5th Edition, Prentice-Hall, 2009.
4. C. H. Houpis, and S. N. Sheldon, *Linear Control System Analysis and Design with Matlab*, 6th Edition, CRC Press, 2013.
5. F. Golnaraghi, and B. C. Kuo, *Automatic Control Systems*, 9th Edition, John Wiley & Sons, 2010.
6. C. T. Chen, *Linear System Theory and Design*, 3rd Edition, Oxford University Press, 1999.
7. W. L. Brogan, *Modern Control Theory*. Pearson Education India, 1991.
8. U. A. Bakshi, and M. V. Bakshi, *Modern Control Theory*, Technical Publications, 2020.
9. K. R. Varmah, *Modern Control Theory*, Oxford & Ibh Publ, 2020.
10. M. Noton, *Modern Control Engineering*, Elsevier, 2014.

کنترل پیشرفته ۲

(Advanced Control II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس کنترل سیستم‌ها در حضور نویز و اغتشاش در حوزه خطی است.

رئوس مطالب:

۱- یادآوری کنترل بهینه‌ی مربعی خطی و خواص آن در سیستم‌های پیوسته‌ی زمانی.
۲- کنترل بهینه مربعی خطی در سیستم‌های گسسته: حل مسئله‌ی LQ در سیستم‌های گسسته زمانی، مسئله‌ی LQ پایا و حل آن، خواص ماتریس هامیلتونین، خواص IQ گسسته زمانی پایا.
۳- کنترل بهینه مربعی خطی با انتگرال گیر در سیستم‌های پیوسته.
۴- مقادیر ویژه مداربسته سیستم LQ در سیستم‌های پیوسته و گسسته زمانی.
۵- رگلاتورهای مربعی خطی در حوزه فرکانسی (FSLQ): قضیه FSLQ و ساختار سیستم مداربسته.
۶- سیستم‌های خطی اتفاقی: فرآیندهای اتفاقی، توابع احتمال، توزیع نرمال، توابع ارگادیک، توابع همیشه تابع دانسیته احتمال، اغتشاشات رنگی، اغتشاشات سفید، سیستم‌های خطی با ورودی‌های اتفاقی در حوزه زمان و حوزه‌ی فرکانس.
۷- تخمین گر حالت بهینه (فیلتر کالمن): بررسی مفهومی تخمین حالت بهینه، طراحی تخمین گر بهینه در سیستم‌های پیوسته، ارتباط فیلتر کالمن با کنترل بهینه مربعی خطی، فیلتر کالمن در سیستم‌های گسسته (تخمین گرها، اصلاح‌کننده‌های پیش‌بینی کننده‌ها).
۸- کنترل بهینه مربعی گوسی (LQG).
۹- سیستم‌های کنترلی مقاوم: آشنایی با اصول و روابط کلی سیستم‌های مقاوم، شرط پایداری مقاوم، اصول H_∞.
۱۰-طراحی سیستم‌های کنترل فیدبک خطی QFT.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. M. Shinners, *Modern Control System Theory and Design*, 2nd Edition, John Wiley, 1998.
2. W. L. Brogan, *Modern Control Theory*, 4th edition, Prentice Hall, 1998.
3. B. D. O. Anderson, and J. B. Moore, *Optimal Control: Linear Quadratic Methods*, Prentice Hall, 1998.
4. U. A. Bakshi, and M. V. Bakshi, *Modern control theory*, Technical Publications, 2020.
5. K. R. Varmah, *Modern Control Theory*, Oxford & Ibh Publ, 2020.
6. M. Noton, *Modern Control Engineering*, Elsevier, 2014.

کنترل تطبیقی

(Adaptive Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های طراحی و پیاده‌سازی روش‌های تخمین پارامترها، شناساگرهای سیستم و سیستم‌های کنترل تطبیقی و آشنایی با کاربردهای آن است.

رئوس مطالب:

۱- کنترل تطبیقی و تاریخچه تکامل آن.
۲- شناسایی سیستم‌ها، روش حداقل مربعات خطا و مباحث مربوط به آن.
۳- رگلاتورهای خودتنظیم، روش مستقیم و غیرمستقیم و رگلاتورهای خودتنظیم جایابی قطب، رگلاتورهای خودتنظیم حداقل واریانس و کنترل‌کننده‌های تطبیقی تصادفی.
۴- اصول طراحی کنترل‌کننده‌های پیش‌بین.
۵- طراحی سیستم‌های کنترل تطبیقی مدل مرجع.
۶- سیستم‌های کنترل تطبیقی در حضور اغتشاشات و سیستم‌های کنترل تطبیقی مقاوم.
۷- کاربردهای عملی کنترل‌کننده‌های تطبیقی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. Landau, R. Lozano, M. M'Saad and A. Karimi, *Adaptive Control: Algorithms, Analysis and Applications*, Springer, 2011.
2. P. Ioannou, and B. Fidan, *Adaptive Control Tutorial*, SIAM, 2006.
3. E. F. Camacho, and C. Bordons, *Model Predictive Control*, Springer, 2006.
4. P. Ioannou, and B. Fidan, *Robust Adaptive Control*, SIAM, 1996.
5. K. J. Astrom, *Adaptive Control*, Addison-Wesley, 1995.
6. R. E. Bellman, *Adaptive control processes: a guided tour*, Princeton University Press, 2015.
7. B. Shafai, *System Identification and Adaptive Control*, Springer, 2019.

کنترل چند متغیره

(Multivariable Control Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس معرفی ابزارهای لازم جهت نمایش، تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل چند متغیره است.

رئوس مطالب:

۱- آشنایی با سیستم‌های کنترل چند متغیره: تفاوت‌های سیستم‌های تک ورودی – تک خروجی با سیستم‌های چند متغیره، محاسبه توابع انتقال، مفاهیم مربوط به صفرها و قطب‌های سیستم.

۲- نمایش و تحلیل سیستم‌های چند متغیره: روش فضای حالت، ماتریس تابع انتقال، تحلیل پایداری سیستم‌های چند متغیره.

۳- پایداری و عملکرد مقاوم سیستم‌های چند متغیره: معیارهای رفتار مقاوم سیستم، روش‌های کاهش اثر اختلال و نویز، پایداری مقاوم سیستم‌های چند متغیره.

۴- کنترل سیستم‌های چندورودی–چندخروجی: روش‌های کاهش مرتبه در سیستم‌های دینامیکی، حل مسئله تنظیم، طراحی کنترل‌کننده‌های تعقیب، روش‌های طراحی کلاسیک از قبیل روش‌های مستقیم و معکوس نایکوئیست (DNA, INA)، طراحی بر اساس تبدیل سیستم‌های چند متغیره به چند سیستم MISO یا SISO.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. M. Maciejowski, *Multivariable Feedback Design*, Addison-Wesley, 1989.
2. S. Skogestad, and I. Postlethwaite, *Multivariable Feedback Control*, John Wiley & Sons, 2005.
3. A. Khaki-Sedigh, and B. Moaveni, *Control Configuration Selection in Multivariable Plants*, Springer Science & Business Media, 2009.
۴. ع. خاکی صدیق، *تحلیل و طراحی سیستم‌های کنترل چند متغیره*، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۵.
5. S. Bingulac, *Algorithms for Computer-Aided Design of Multivariable Control Systems*, CRC Press, 2018.
6. E. Giraldo, *Multivariable Control*, Scholars' Press, 2016.

کنترل در رباتیک

(Control in Robotics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

این درس به مبحث کنترل سامانه‌های رباتیک اختصاص دارد، ضمن تکیه بر روش‌های مبتنی بر مدل دینامیکی این سیستم‌ها. کنترل حرکتی چند مأموریتی، کنش نیرویی با محیط و همکاری با انسان از جمله بخش‌های مورد توجه می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- مرور سینماتیک و سینماتیک معکوس حرکت روبات‌ها.

۲- مرور سینتیک حرکت روبات‌ها اشاره به مدل‌های تراجعی، استخراج روابط لاگرانژ ویژه بررسی حرکت روبات‌ها، حل سینتیک مستقیم و معکوس، شبیه‌سازی حرکت.

۳- طراحی مسیر حرکت: مسیرهای زمانی: حرکت خطی، خطی با قوس سهموی، استفاده از چندجمله‌ای‌های درجه سوم و پنجم، طراحی مسیر در فضای کارتزین، طراحی مسیر بهینه زمانی.

۴- کنترل حرکت: کنترل در سطح سینماتیکی و دینامیکی، کنترل در فضای مفاصل، کنترل در فضای کاری، کنترل در حضور موانع، کنترل ربات‌های دارای افزونگی.

۵- طراحی کنترلرهای غیرخطی: مدل مبنا در فضای مفاصل و کارتزین، کنترل PD با جبران سازی جاذبه، ژاکوبین ترانهاده و الگوریتم بهبودیافته، کنترل مقاوم، مود لغزشی و مقید، کنترلر تطبیقی.

۶- کنترل نیرو: کنترل صریح و ضمنی نیرو، کنترل هیبرید موقعیت و نیرو، قیود طبیعی و مصنوعی، کنترل سختی و کنترل امپدانس.

۷- کنترل ربات‌های کم عملگر: ربات‌های با مفاصل یا بازوی انعطاف‌پذیر، ربات‌های با نقص عملگر.

۸- کنترل بر مبنای فیدبک تصویری (Visual Servoing): پردازش تصویر، تشخیص ویژگی، تفسیر تصاویر، تخمین موقعیت، بینائی استریو، کالیبراسیون دوربین، کنترل بینامبنا بر اساس موقعیت، کنترل بینامبنا بر اساس تصویر.

۹- ربات‌های رهبر و پیرو.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. J. Craig, *Introduction to Robotics, Mechanics and Control*, Addison-Wesley, 1989.
2. M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, *Robot Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, 2015.
3. J. E. Slotine, and W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice-Hall, 1991.
4. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, and G. Oriolo, *Robotics Modelling, Planning and Control*, Springer-Verlag London, 2010.
5. Y. Matsuoka, H. F. Durrant-Whyte, and J. Neira, *Robotics: Science and Systems VI*, MIT Press, 2011.
6. S. B. Niku, *Introduction to Robotics: Analysis, Control, Applications*, John Wiley & Sons, 2020.

کنترل صنعتی

(Industrial Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

در این درس به موضوعات صنعتی مانند حلقه‌های کنترل منطقی و ترتیبی، ساختار ارتباطی بین بخش‌های مختلف سیستم کنترل در فرآیندهایی در ابعاد یک کارخانه و چگونگی ارتباط بین انسان (اپراتور) و ماشین (سیستم) پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- سیستم‌های کنترل گسترده (DCS): اصول سیستم‌های کنترل گسترده، کنترل با کامپیوتر و PLC، Field Control Systems(FCS)، رابط انسان - ماشین (Human-Machine Interface, HMI).

۲- سیستم‌های انتقال داده در محیط‌های صنعتی (Fieldbus)

۳- سیستم‌های ترکیبی (Hybrid Systems): مدل‌سازی سیستم‌ها به‌صورت ترکیب سیستم‌های گسسته پیشامد و حالت پیوسته، مثال‌هایی از سیستم‌های Switching systems، Multiagent، بررسی پایداری سیستم‌های ترکیبی.

۴- کنترل پیش‌بین (Model Predictive Control-MPC): مسئله کنترل بهینه روی خط (Online)، مسئله کنترل افق محدود و نامحدود بهینه و پایداری MPC.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. L. Shell, and E. L. Hall, *Handbook of Industrial Automation*, Marcel Dekker, Inc., New York, 2000.
2. K. T. Erickson, and J. L. Hedrick, *Plantwide Process Control*, John Wiley, 1999.
3. M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2007.
4. J. Berge, *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*, ISA, 2004.
5. *Transaction of Institute of Measurement and Control*, Special Issue on Human Machine Interface, Vol. 21, No. 4/5, 1999.
6. A. S. Morse, *Control Using Logic-Based Switching*, Springer, 1997.
7. M. Chidambaram, *Computer Control of Process*, Alfa Science International Ltd, Pangbourne, 2002.
8. A. B. Badiru, O. Ibidapo-Obe, and B. J. Ayeni, *Industrial Control Systems: Mathematical and Statistical Models and Techniques*, CRC Press, 2016.

کنترل غیرخطی

(Nonlinear Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس فراگیری مفاهیم آنالیز پایداری و طراحی کنترلر برای پایدارسازی سیستم‌ها در حیطه کاری غیرخطی است. در این درس ضمن معرفی برتری‌های کاربردی روش‌های غیرخطی در مقابل کنترل خطی متداول، چگونگی اتخاذ شیوه مناسب کنترلی و طراحی آن بر اساس میزان پایدار پذیری، وجود نامعینی یا پارامتر متغیر با زمان در سیستم بیان می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- آشنایی با انواع توابع غیرخطی و کاربردهای آن در حلقه‌های کنترل و مقایسه با سیستم‌های خطی.
۲- بررسی و آنالیز در فضای حالت و تحلیل صفحه فاز، بررسی نقاط تعادل و سیکل‌های حدی، جذب‌کننده‌ها.
۳- اصول پایداری لیاپانوف، روش مستقیم و غیرمستقیم، روش خطی نمودن معادلات غیرخطی، قضیه مجموعه‌های ثابت.
۴- طراحی کنترلر بر مبنای پایداری لیاپانوف، طراحی کنترلر به روش جدول‌بندی بهره (Gain Scheduling).
۵- سیستم‌های متغیر با زمان و لم Barbalat، مفهوم passivity و طراحی کنترلر بر پایه آن، قضایای ناپایداری، معیار Popov و معیار دایره، پایداری کامل.
۶- عوامل غیرخطی غیر هموار و بررسی پایداری به کمک توابع توصیفی.
۷- طراحی کنترلر به روش پس‌خوراند خطی ساز ورودی - خروجی و ورودی - حالت، طراحی کنترل به روش Back Stepping.
۸- پایداری در مقابل نامعینی ساختاریافته و مدل نشده، طراحی کنترلر مود لغزشی (Sliding Mode)، روش‌های اغتشاش و متوسط گیری در تحلیل پایداری.
۹- طراحی کنترلر تطبیقی مدل مرجع، تطبیقی بر پایه تخمین پارامتر، روش‌های تخمین و شناسایی.
۱۰-تعمیم و پیاده‌سازی روش‌های کنترلی بر روی یک سیستم رباتیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. J. E. Slotine, and W. Li, *Applied Nonlinear Control*, Prentice-Hall, 1991.
2. A. Isidori, *Nonlinear Control Systems (Communications and Control Engineering)*, 3rd Edition, Springer Science & Business Media, 2013.
3. R. Marino, and P. Tomei, *Nonlinear Control Design*, Prentice-Hall, 1995.
4. H. Khalil, *Nonlinear Systems*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2001.
5. M. Vidyasagar, *Nonlinear System Analysis*, 2nd Edition, Society for Industrial & Applied Mathematics, 2002.
6. R. A. Freeman, and P. V. Kokotovich, *Robust Nonlinear Control Design: State-Space and Lyapunov Techniques*, Springer Science & Business Media, 2008.
7. S. Sastry, *Nonlinear Systems: Analysis, Stability, and Control*, Springer-Verlag, 2010.
8. S. Vaidyanathan, and C. Volos, *Advances and Applications in Nonlinear Control Systems*, Springer Science & Business Media, 2016.
9. H. K. Khalil, *Nonlinear Control, Global Edition*, Pearson Education Limited, 2015.

کنترل غیرخطی پیشرفته

(Advanced Nonlinear Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته مربوط به تحلیل پایداری و طراحی کنترل‌کننده برای سیستم‌های غیرخطی بر اساس روش‌های غیرخطی مقاوم و نیز مبتنی بر طراحی رؤیت گر است.

رئوس مطالب:

۱- قضایای وجود و یکتایی جواب برای سیستم‌های غیرخطی.
۲- قضیه منیفلد مرکزی.
۳- مقدمه‌ای بر پدیده دوشاخگی یا انشعاب.
۴- پایداری لیاپانوف سیستم‌های ناخودگردان.
۵- بررسی پایداری مجانبی و پایداری نمایی سیستم‌های غیرخطی بر اساس Converse Theorems.
۶- پایداری سیستم‌های مختل شده.
۷- پایداری ورودی – حالت و پایداری ورودی – خروجی.
۸- کنترل بر اساس Passivity.
۹- خطی سازی فیدبک برای سیستم‌های چند ورودی – چند خروجی.
۱۰- خطی سازی فیدبک مقاوم.
۱۱- مباحث پیشرفته در کنترل مد لغزشی.
۱۲- روش پس گام (Backstepping).
۱۳- رؤیت گرهای غیرخطی و کنترل مبتنی بر رؤیت گر.
۱۴- رؤیت گر اغتشاش.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. H. K. Khalil, *Nonlinear Systems*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2002.
2. A. Isidory, *Nonlinear Control Systems*, Springer Science & Business Media, 2013.
3. S. Sastry, *Nonlinear Systems: Analysis Stability and Control*, Springer-Verlag, 2013.
4. M. Vidyasagar, *Nonlinear Systems Analysis*, Prentice-Hall, 2002.
5. L. Perko, *Differential Equation & Dynamical System*, Springer-Verlag, 2001.
6. S. H. Li, J. Yang, and W. H. Chen, *Disturbance Observer Based Control Methods and Applications*, CRC Press, 2014.
7. Y. Shtessel, C. Edwards, L. Fridman, and A. Levant, *Sliding Mode Control and Observation*, Birkhäuser Basel, 2014.
8. S. Vaidyanathan, and C. Volos, *Advances and Applications in Nonlinear Control Systems*, Springer Science & Business Media, 2016.
9. H. K. Khalil, *Nonlinear Control, Global Edition*, Pearson Education Limited, 2015.

کنترل فازی

(Fuzzy Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، مطالعه و طراحی کنترل‌کننده‌هایی است که بتوانند رفتار خود را در پاسخ به تغییرات سیستم و اغتشاشات وارد به آن با استفاده از نظریه فازی اصلاح نمایند.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: معرفی، جایگاه کنترل فازی در مقایسه با سایر روش‌های کنترلی، تعاریف، اصول و منطق فازی.
۲- ریاضیات فازی: مجموعه‌ها، توابع عضویت روابط، قوانین و متغیرهای زبانی.
۳- سیستم‌های فازی: معادل‌سازی، فازی سازی و پایگاه قوانین و موتور استنتاج فازی.
۴- طراحی فازی سیستم و تقریب زدن سیستم با استفاده از داده‌های ورودی و خروجی.
۵- طراحی کنترل‌کننده‌های فازی: روش سعی و خطا، انواع کنترل‌کننده‌های فازی مانند کنترل پایدار، بهینه و غیره.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. X. Wang, *a Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall, 1997.
2. K. M. Passino, *Fuzzy Control*, Addison-Wesley, 1998.
3. L. Reznik, *Fuzzy Controllers*, Leonid Reznik, 1997.
4. G. Langholz, and M. Margaliot, *New Approaches to Fuzzy Modeling and Control: Design and Analysis*, 1st Edition, World Scientific Pub Co Inc., 2000.
5. H. Ying, *Fuzzy Control & Modeling: Analytical Foundations and Applications*, 1st Edition, Wiley-IEEE Press, 2000.
6. K. Tanaka, and H. Wang, *Fuzzy Control Systems Design and Analysis: a Linear Matrix Inequality Approach*, John Wiley & Sons, 2004.
7. G. Chen, and T. T. Pham, *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*, CRC Press, 2019.
8. K. Michels, F. Klawonn, R. Kruse, and A. Nürnberger, *Fuzzy Control, Fundamentals, Stability and Design of Fuzzy Controllers*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
9. C. W. De Silva, *Intelligent Control: Fuzzy Logic Applications*, CRC Press, 2018.
10. Z. Kovacic, and S. Bogdan, *Fuzzy Controller Design: Theory and Applications*, CRC Press, 2018.

کنترل مقاوم

(Robust Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس آنالیز پایداری و عملکرد سیستم در حضور نامعینی‌ها (شامل عدم قطعیت‌ها، اغتشاشات محیطی و نویز حسگرها) و طراحی کنترل‌کننده مقاوم برای این سیستم نامعین می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- آشنایی با فضاهای تابعی (L_2, L_∞, L_p)، نظریه پارسوال، فضای H_2، L_2-L_∞ ، H_2-H_∞، انواع نرم‌ها (بردار، ماتریس)، فرم فضای حالت، مشاهده‌پذیری، کنترل‌پذیری، معادله لیاپانوف.

۲- سیستم‌های کنترلی پس‌خورد، حلقه‌های خوش‌حالت، پایداری درونی.

۳- تشریح عدم قطعیت و مقاومت سیستم، روابط کارایی، وزن‌ها کارایی H_2 و H_∞، پایداری مقاوم، مسائل H_∞ استاندارد، کنترلر H_∞ بهینه و نیمه بهینه.

۴- معرفی نامعینی در مدل: آنالیز مقاوم و تابع حساسیت، قضیه بهره کوچک و توصیف بازخور ساختار نامعینی.

۵- جبر خطی: زیر فضاهای خطی، نرم بردارها و نرم ماتریس‌ها، فضاهای H_2 و H_∞، رابطه بین نرم سیگنال‌ها و نرم سیستم‌ها.

۶- پایداری و عملکرد سیستم‌های پس‌خور و محدودیت‌های عملکرد: پایداری داخلی، عملکرد H_2 و H_∞ وزن داده‌شده، مفهوم شکل‌دهی حلقه و انتخاب توابع وزنی، رابطه حد بهره و حد فاز و انتگرال حساسیت.

۷- عدم قطعیت در مدل و مقاومت: مدل نامعینی، پایداری تحت نامعینی غیر ساختاری و عملکرد مقاوم.

۸- LFT: اصول اولیه و مثال‌ها.

۹- آنالیز μ و سنتز μ: مقادیر استثنایی ساختاریافته، پایداری و عملکرد مقاومت ساختاریافته و سنتز μ.

۱۰-پارامتر بندی کنترل‌کننده.

۱۱-کنترل بهینه H_2: مسئله استاندارد H_2 و نظریه جداسازی.

۱۲-کنترل H_∞: فرمول‌بندی مسئله، جواب‌های H_∞ کلی و کاهش فرض‌های مسئله.

۱۳-کنترل مقاوم بر اساس نامساوی ماتریسی خطی (LMI).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. K. Zhou, J. C. Doyle, and K. Glover, *Robust and Optimal Control*, Prentice-Hall, 1996.
2. K. Zhou, and J. C. Doyle, *Essentials of Robust Control*, Prentice-Hall, 1997.
3. J. C. Doyle, B. Francis, and A. Tannenbaum, *Feedback Control Theory*, McMillan Publishing Co., 1990.
4. O. Yaniv, *Quantitative Feedback Design of Linear and Nonlinear Control systems*, Springer Science & Business Media, 1999.
5. C. H. Houpis, S. J. Rasmussen, and M. G. Sanz, *Quantitative Feedback Theory: Fundamentals and Applications*, 2nd Edition, CRC Press, 2005.
6. *User Manual: Matlab Robust Toolbox, version 3.1.1*, Mathworks, 2006.
7. L. Fortuna, and M. Frasca, *Optimal and Robust Control: Advanced Topics with MATLAB*, CRC Press, 2012.
8. A. A. G. Siqueira, M. H. Terra, and M. Bergerman, *Robust Control of Robots: Fault Tolerant Approaches*, Springer Science & Business Media, 2011.
9. A. Poznyak, A. Polyakov, and V. Azhmyakov. *Attractive Ellipsoids in Robust Control*, Birkhäuser Basel, 2014.
10. M. Garcia, *Robust Control Engineering: Practical QFT Solutions*, CRC Press, 2017.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

مبانی سیستم‌های هوشمند در مدل‌سازی و کنترل

(Fundamentals of Intelligent Systems in Modeling and Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از ارائه این درس آموزش روش‌های مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های دینامیکی با استفاده از تکنیک‌ها و الگوریتم‌ها مبتنی بر سیستم‌های هوشمند نظیر شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه و معرفی روش‌های کلاسیک در مدل‌سازی دینامیکی و کنترل شامل معادلات نیوتن اویلر، تعریف سیستم‌های یک ورودی و یک خروجی تا سیستم‌های چند ورودی و چند خروجی از منظر توصیف سیستم و سپس کنترل آن‌ها و ذکر چند مثال.

۲- مشکلات و محدودیت‌های مدل‌سازی دینامیکی سیستم‌های پیچیده همراه با اثرات غیرخطی با استفاده از معادلات فیزیکی مربوطه و چالش‌های پیش رو برای توصیف سیستم‌ها و راهکارهای پیدا کردن روش‌های توصیف سیستم.

۳- معرفی ساختارهای مبتنی بر عملکرد سلول‌های عصبی و مدل تک عصب با الهام از عملکرد طبیعی سلول عصبی و معرفی مدل ریاضی یک سلول عصبی مصنوعی با تابع جمع کننده عصب دارای مقادیر وزن‌ها و بایاس عصب و توابع فعال‌کننده مختلف هر عصب مانند جداکننده، خطی، غیرخطی، سیگموئید، تانژانت هایپربولیک و غیره.

۴- تعمیم عملکرد یک عصب به شبکه‌های متشکل از چندین عصب در چندین لایه و تشریح شبکه‌های پیشرو مناسب برای مسائل با رویکرد استاتیک و غیر وابسته به زمان و سپس تشریح شبکه‌های دارای پس‌خور از لایه‌های میانی و یا لایه آخر به لایه‌های قبلی مناسب برای مسائل با رویکرد دینامیک و وابسته به زمان، شبکه‌های جردن والمن و ترکیبی.

۵- روش‌های مختلف آموزش شبکه‌های عصبی شامل آموزش نظارتی و آموزش غیر نظارتی و نحوه جمع‌آوری داده‌های غنی موردنیاز برای آموزش نظارتی و نیز تعریف متناسب خطا در شبکه مانند حداقل مربع خطا و کاهش و بهینه‌سازی این خطا طی فرآیند آموزش و با استفاده از روش انتشار خطا به عقب در تنظیم و به‌روزرسانی وزن‌ها و بایاس‌های عصب‌ها در شبکه تحت آموزش، نحوه تنظیم پارامترهای نرخ و مومنتم آموزش.

۶- آموزش‌های چندمرحله‌ای در مسائل پیچیده از قبیل آموزش سیستم‌های چند ورودی چند خروجی و تقسیم به چند سیستم یک ورودی یک خروجی و سپس تعمیم به سیستم اولیه و نیز آموزش چندمرحله‌ای در حوزه متغیرهای حالت، مشتقات متغیر حالت، تبدیل شبکه دینامیک به استاتیک و سپس آموزش شبکه استاتیک و تعمیم به شبکه

دینامیک و سایر تکنیک‌های دیگر مرحله‌بندی آموزش به‌منظور حصول اطمینان از همگرایی شبکه به سمت نتایج مورد انتظار.

۷- آموزش‌های Example By Example و Batch Learning و سایر نکات تکمیلی در نحوه تنظیم و تدقیق آموزش شبکه. شبیه‌سازی سیستم آموزش داده‌شده و صحه سنجی نتایج خروجی از سیستم شبکه عصبی و تعیین میزان دقت در توصیف سیستم.

۸- آموزش غیر نظارتی مناسب برای سیستم‌های کنترلی و نحوه مرحله‌بندی فرآیند آموزش به آموزش نظارتی اولیه به‌واسطه داده‌های تولیدشده توسط یک کنترلر ساده و سپس آموزش غیر نظارتی برای بهینه‌سازی کنترلر و سایر نکات تکمیلی در آموزش و تعیین عملکرد کنترلر. ذکر مثال‌های مختلف در آموزش نظارتی و غیر نظارتی، استاتیک و دینامیک و کنترل، یک ورودی یک خروجی تا چند ورودی چند خروجی.

۹- مسائل کنترل بهینه در انجام مأموریت توسط یک سیستم پیش کنترل غیرخطی خودکار از قبیل ربات‌ها و نحوه تنظیم عملکرد کنترلر بهینه با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی هوشمند مانند الگوریتم ژنتیک، توصیف مکانیسم‌های الگوریتم ژنتیک ساده از قبیل تولید نسل‌ها، تقاطع نسل‌ها و جهش ژنتیکی و سپس بهبود عملکرد الگوریتم ژنتیک ساده با استفاده از تشابهات ژنتیکی بین کروموزوم‌ها و مفهوم Schema و قضایای ریاضی مربوط به آن‌ها در تضمین همگرایی الگوریتم به سمت پاسخ بهینه. ذکر چندین مثال در استفاده از ژنتیک ساده و ژنتیک بهبودیافته.

۱۰-پروژه‌های درسی دانشجویان در زمینه‌های مدل‌سازی، کنترل، و بهینه‌سازی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Samarasinghe, *Neural Networks for Applied Sciences and Engineering*, 1st Edition, Taylor & Francis Group, 2007.
2. D. E. Goldberg, *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*, 1st Edition, Addison-Wesley, 1989.
3. H. Sayyaadi, *Personal Notes and Comments*, Professor of the School of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran, Since 2002.
4. L. Behera, and I. Kar, *Intelligent Systems and Control Principles and Applications*. Oxford University Press Inc., 2010.
5. E. Kyriakides, and M. Polycarpou, *Intelligent Monitoring, Control, and Security of Critical Infrastructure Systems*, Springer Science & Business Media, 2014.
6. B. M. Wilamowski, and J. David Irwin, *Intelligent Systems*, CRC Press, 2018.
7. C. T. Leondes, *Intelligent Systems: Technology and Applications, Six Volume Set*, CRC Press, 2018.

ارتعاشات اتفاقی

(Random Vibrations)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم، تعاریف و تحلیل مباحث پیشرفته در ارتعاشات اتفاقی و کاربرد آن در دینامیک سازه‌های هوافضا است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر ریاضیات فرآیندهای اتفاقی، مفاهیم اولیه آمار، کاربرد ارتعاشات اتفاقی در مهندسی، طبقه‌بندی سیگنال‌ها و اثرات آن بر روی سیستم.

۲- اصول فرآیندهای تصادفی شامل تعاریف و ویژگی‌ها.

۳- آنالیز آماری سیستم‌های خطی و غیرخطی، روش مونت‌کارلو، توابع همبستگی، همبستگی متقابل و چگالی طیف توان، آشنایی با انواع فرآیندهای تصادفی شامل فرآیندهای گوسی، سفید و مارکوف، مفهوم نویز، انواع آن و چگونگی برخورد با آن در الگوریتم‌های تخمین، مقدمه‌ای بر تخمین خطی.

۴- پاسخ فرکانسی، پاسخ به تحریک آنی، سیگنال گذرا، انتگرال کانولوشن، اصول و خصوصیات سیگنال‌های اتفاقی، احتمالات، توزیع احتمالات و توابع احتمالات، ارتباطات احتمالی مشاهدات منظم و نامنظم.

۵- توزیع احتمالات مفصل‌ها، توزیع ماکزیمم‌ها، پاسخ یک سیستم خطی به تحریک اتفاقی خطی در سیستم‌های یک و چند درجه آزادی.

۶- پاسخ سیستم‌های پیوسته یک‌بعدی، ارتعاشات اتفاقی غیرخطی.

۷- پاسخ سیستم‌های یک و چند درجه آزادی در تحریک‌های اتفاقی، فرآیند آنی ایجادشده توسط شمارش تصادفی.

۸- طبقه‌بندی طیفی فرایندهای تصادفی (باند باریک و وسیع)، تابع چگالی طیفی، چگالی طیفی توان و متقاطع.

۹- کاربرد ارتعاشات در مسائل متأثر از تحریک اتفاقی، اندازه‌گیری و مشابه‌سازی ارتعاشات اتفاقی، به‌کارگیری داده‌ها از طریق آنالوگ و عددی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. S. Bendat, and A. G. Piersol, *Random Data Analysis and Measurement Procedure*, 4th Edition, John Wiley & Sons, 2010.
2. J. J. Wijker, *Random Vibrations in Spacecraft Structures Design: Theory and Applications (Solid Mechanics and Its Applications)*, 1st Edition, Springer, 2009.
3. L. D. Lutes, and S. Sarkani, *Random Vibrations: Analysis of Structural and Mechanical Systems*, Butterworth-Heinemann, 2003.
4. D. E. Newland, *An Introduction to Random Vibrations, Spectral & Wavelet Analysis*, 3rd Edition, Longman Scientific & Technical, 1993.
5. T. T. Soong, and M. Grigoriu, *Random Vibration of Mechanical and Structural Systems*, Prentice-Hall, 1993.
6. D. E. Newland, *An Introduction to Random Vibration and Spectral Analysis*, 2nd Edition, Longman, 1984.
7. Z. Liang, and G. C. Lee, *Random Vibration Mechanical, Structural and Earthquake Engineering Applications*, CRC Press, 2020.

ارتعاشات غیرخطی

(Nonlinear Vibrations)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم، تعاریف و تحلیل ارتعاشات غیرخطی سیستم‌ها و کاربرد آن در دینامیک سازه‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم و تعاریف اولیه، صفحه فازی، نقاط منفرد، مسیرهای صفحه فازی و انواع نقاط منفرد و پایداری آن‌ها، تحلیل سیستم‌های خودکار.

۲- روش‌های اغتشاشی، روش اغتشاشی مستقیم، روش لینستد – پوینکاره، روش مقیاس‌های چندگانه، روش مقیاس متعدد زمانی، روش متوسط گیری.

۳- روش هارمونیک بالانس، روش خطی سازی مستقیم، روش وندرپول.

۴- سیکل حدی و پایداری آن، استفاده از معیار بندیکسون برای وجود سیکل حدی، ارتعاشات سیستم‌های خود مرتعش

۵- معرفی، بررسی و تحلیل سیستم‌های غیر خودکار، تحلیل مسائل ارتعاشات اجباری هارمونیک با یک ورودی و دو ورودی.

۶- بررسی سیستم‌های خود تحریک، حل معادله ماتیوو.

۷- بررسی پایداری سیستم‌های خود تحریک مرتبط با ضرایب فلوکه.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. H. Nayfeh, and D. T. Mook, *Nonlinear Oscillations*, Wiley, 1995.
2. A. H. Nayfeh, *Applied Nonlinear Dynamics: Analytical, Computational, and Experimental Methods*, Wiley, 1995.
3. A. H. Nayfeh, *Introduction to Perturbation Techniques*, Wiley, 1993.
4. L. Meirovitch, *Fundamentals of Vibrations*, Waveland Pr Inc., 2010.
5. D. Wagg, and S. A. Neild, *Nonlinear vibration with control*, Springer International Pu, 2016.
6. A. A. Shabana, *Theory of Vibration: an Introduction*, Springer, 2018.
7. D. W. Jordan, and P. Smith, *Nonlinear Ordinary Differential Equations: An Introduction to Dynamical Systems*, 2nd Edition, Oxford University Press, 1999.

آکوستیک پیشرفته ۱

(Advanced Acoustics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی با مباحث فیزیک موج و انتشار صوت در ماده جامد و سیال، مفاهیم تشعشع، جذب و شکست موج در داخل محیط، در امتداد موجبر و محیط‌های محبوس، روش‌های تخمین طیف فرکانسی صدا و نویز و اندازه‌گیری شدت آن، برای طراحی جاذب‌ها و جانمایی مناسب آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم اساسی صوت، فرکانس، طول‌موج، عدد موج، حرکت ذره، سرعت موج.
۲- صوت در حوزه فرکانس.
۳- کمیات اندازه‌گیری صوت (فشار، توان، شدت)، انتشار صوت در محیط، ترمودینامیک امواج صوتی، روابط خطی بین کمیات آکوستیک، تغییرات سرعت صوت با دما و فشار.
۴- وسایل اندازه‌گیری کمیات صوت، واحد دسی‌بل، باندهای اکتاو، آستانه شنوایی، اتاق صامت و اتاق واخنشی.
۵- موج آکوستیکی یک‌بعدی؛ معادلات بقا و خطی سازی معادلات، پاسخ معادله موج، پاسخ دالامبر و فرم مختلط جواب.
۶- معادله هلمهولتز،اصل برهم‌نهی، موج عبوری و موج بازگشتی، امپدانس محیط، امپدانس نقطه اثر، چگالی انرژی آکوستیکی و شدت آن، امواج ایستا.
۷- صوت در محیط‌های بسته، محیط منتشره، ضریب جذب و شکست، زمان بازگشت صوت.
۸- منابع تک‌قطبی و دوقطبی، انتگرال ریلی، تقریب میدان دور و نزدیک، تبدیل فوریه فضایی.
۹- موج‌برها، مودهای آکوستیکی، شرایط مرزی، اندازه‌گیری امپدانس، المان‌های توده‌ای آکوستیکی، فیلترسازی آکوستیکی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. A. Bies, and C. H. Hansen, *Engineering Noise Control: Theory & Practice*, 3rd Edition, Spon Press, 2003.
2. L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, and J. V. Sanders, *Fundamentals of Acoustics*, 4th Edition, Wiley 1999.
3. J. H. Ginsberg, *Acoustics-A Textbook for Engineers and Physicists: Volume I: Fundamentals*, Springer, 2018.
4. J. H. Ginsberg, *Acoustics-A Textbook for Engineers and Physicists: Volume II: Applications*, Springer, 2018.
5. Y. H. Kim, *Sound Propagation: An Impedance Based Approach*, Wiley, 2010.
6. M. Kaltenbacher, *Computational Acoustics*, Zurich, Suiza: Springer International Publishing, 2018.

آکوستیک پیشرفته ۲

(Advanced Acoustics II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی با مباحث موج و انتشار صوت در ماده جامد و سیال، در محیط‌های محبوس و محیط‌های روباز، روش‌های تخمین طیف فرکانسی صدا و نویز و اندازه‌گیری شدت آن، برای طراحی جاذب‌ها و جانمایی مناسب آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم اساسی صوت، فرکانس، طول‌موج، عدد موج، حرکت ذره، سرعت موج.
۲- صوت در حوزه فرکانس.
۳- کمیات اندازه‌گیری صوت (فشار، توان و شدت).
۴- انتشار صوت در محیط، ترمودینامیک امواج صوتی، روابط خطی بین کمیات آکوستیک، تغییرات سرعت صوت با دما و فشار.
۵- وسایل اندازه‌گیری کمیات صوت، واحد دسی‌بل، باندهای اکتاو، آستانه شنوایی، اتاق صامت و اتاق واخنشی.
۶- موج آکوستیکی یک‌بعدی؛ معادلات بقا و خطی سازی معادلات، پاسخ معادله موج، پاسخ دالامبر و فرم مختلط جواب.
۷- معادله هلمهولتز، اصل برهم‌نهی، موج عبوری و موج بازگشتی، امپدانس محیط، امپدانس نقطه اثر، چگالی انرژی آکوستیکی و شدت آن، امواج ایستا.
۸- صوت در محیط‌های بسته، محیط منتشره، ضریب جذب و شکست، زمان بازگشت صوت.
۹- معیارهای ارزیابی صدا.
۱۰-روش‌های کنترل صدا.
۱۱-روش‌های اندازه‌گیری توان صوتی (استاندارد ISO 3744).
۱۲-صدا و محیطزیست.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

۱. ر. گلمحمدی، *مهندسی صدا و ارتعاش در صنعت و محیط‌زیست*، ویرایش چهارم، انتشارات دانشجو: همدان، ۱۳۹۳.

2. D. A. Bies, and C. H. Hansen, *Engineering Noise Control: Theory & Practice*, 3rd Edition, Spon Press, 2003.
3. L. E. Kinsler, A. R. Frey, A. B. Coppens, and J. V. Sanders, *Fundamentals of Acoustics*, 4th Edition, Wiley, 1999.
4. J. H. Ginsberg, *Acoustics-A Textbook for Engineers and Physicists: Volume I: Fundamentals*, Springer, 2018.
5. J. H. Ginsberg, *Acoustics-A Textbook for Engineers and Physicists: Volume II: Applications*, Springer, 2018.
6. M. Kaltenbacher, *Computational Acoustics*, Zurich, Suiza: Springer International Publishing, 2018.

آنالیز مودال

(Modal Analysis)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری فرآیند تعیین خواص ذاتی یک سیستم در قالب فرکانس‌های طبیعی، ضرایب میرایی و شکل مودها جهت ایجاد مدلی ریاضی از رفتار دینامیکی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، آشنایی با آنالیز مودال، آشنایی با آزمایش مودال، کاربرد آنالیز مودال، ریاضیات در آنالیز مودال.

۲- نظریه پایه ارتعاشات، مفاهیم اساسی ارتعاشات، ارتعاش آزاد و هماهنگ سیستم یک درجه آزادی، ارتعاش آزاد و هماهنگ سیستم چند درجه آزادی، ارتعاشات سیستم‌های ممتد.

۳- آنالیز مودال سیستم یک درجه آزادی، تابع پاسخ فرکانسی سیستم یک درجه آزادی، نمایش گرافیکی تابع پاسخ فرکانسی، خواص تابع پاسخ.

۴- آنالیز مودال سیستم‌های چند درجه آزادی نامیرا، مودهای نرمال و خاصیت تعامد، توابع پاسخ فرکانسی، مودهای نرمال شده با جرم و مدل مودال یک سیستم چند درجه آزادی نامیرا، خواص مجانبی FRFها.

۵- آنالیز مودال سیستم‌های چند درجه آزادی میرا، مدل‌های میرایی تناسبی، مدل میرایی ویسکوز غیر تناسبی، مدل میرایی سازه‌ای غیر تناسبی، مودهای نرمال شده با جرم و مدل مودال یک سیستم چند درجه آزادی میرا.

۶- اندازه‌گیری تابع پاسخ فرکانسی، مکانیزم تحریک، شتاب سنج، ترانسدیوسر نیرو، آماده‌سازی آزمایش، انتخاب نیروی تحریک، ارزیابی داده‌های FRF اندازه‌گیری شده.

۷- روش‌های آنالیز مودال در حوزه فرکانسی، تشخیص مودهای ارتعاشی از داده‌های FRF، استخراج اطلاعات مودال از داده‌های FRF به کمک روش‌های یک درجه آزادی و چند درجه آزادی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. J. Ewins , *Modal Testing: Theory, Practice and Application*, 2nd Edition, Research Studies Press, 2001.
2. G. Kerschen, *Modal Analysis of Nonlinear Mechanical Systems*, Springer, 2014.
3. N. M. M. Maia, *Theoretical and Experimental Modal Analysis*, 1st Edition, Research Studies Press, 2003.
4. Z. F. Fu, and J. He, *Modal Analysis*, 1st Edition, Butterworth Heinemann, 2001.
5. G. Conciauro, M. Guglielmi, and R. Sorrentino, *Advanced Modal Analysis*, 1st Edition, Wiley, 2000.
6. S. Au, *Operational Modal Analysis*, Singapore: Springer Nature, 2017.

پایش ماشین‌ها و عیب‌یابی

(Condition Monitoring of Machinery and Fault Diagnosis)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی با روش‌های مختلف پایش وضعیت ماشین‌آلات و عیب‌یابی سیستم‌های مکانیکی و مکاترونیکی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر ماشین‌های دوار و رفت و برگشتی و کاربرد آن‌ها در صنایع مختلف مانند حمل‌ونقل، نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاه‌ها، چوب و کاغذ، فولاد و نورد، سیمان و صنایع هوایی.

۲- مباحث منتخب آمار و احتمالات در نگهداری و قابلیت اطمینان.

۳- مقدمه‌ای بر طراحی ماشین‌های دوار.

۴- روش‌های متداول نگهداری ماشین‌ها، بررسی و نقد هر یک از روش‌ها.

۵- دسته‌بندی انواع خرابی و بررسی دلایل خرابی در ماشین‌ها.

۶- انواع سنسورهای عیب‌یابی شامل سنسورهای ارتعاش، صوت، آلودگی، خوردگی، حرارت.

۷- Vibration and Phase Signal Processing.

۸- مقادیر مجاز ارتعاشات در ماشین‌ها و استانداردها.

۹- آنالیز ارتعاشات جهت تشخیص عیوبی مانند نامیزانی، خمیدگی، لقی و بررسی چند مثال عملی.

۱۰-توربین‌های بخار، راه‌اندازی و عملکرد صحیح، بار یاتاقان‌ها، عیوب یاتاقان‌ها و تماس روتور با قطعات ثابت.

۱۱-توربین‌های گاز، انواع عیوب متداول Surge، Fouling، محفظه احتراق.

۱۲-ژنراتورها و الکتروموتورها، مکانیسم‌های خرابی، عیوب استاتور در ژنراتورها و موتورهای عیوب روتور در موتورها و ژنراتورها.

۱۳-کار عملی در آزمایشگاه جهت تشخیص عیوب.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. E. Ebeling, *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, 1997, McGrow Hill.
2. P. J. Tvaner, *Condition Monitoring of Electrical Machines*, Research Studies Press LTD, 1987.
3. H. P. Bloch, and F. D. Geitner, *Mechanical Component Maintenance and Repair, Volume 3*, Elsevier, 2005.
4. R. A. Collacott, *Mechanical Fault Diagnisis and Condition Monitoring*, Chapman and Hall, 1977.
5. J. Faiz, G. Joksimović, and V. Ghorbanian, *Fault Diagnosis of Induction Motors*, Institution of Engineering & Technology, 2017.

روتور دینامیک

(Rotordynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس بررسی دینامیک روتور و بررسی پایداری این سیستم‌ها، آشنایی با تفاوت‌های مربوط به ارتعاشات روتورها در قیاس با ارتعاشات ساختارهای دیگر، طراحی، توسعه و بهبود پایداری شفت‌های دوار، آشنایی با دو مدل روتور همگن و ناهمگن و همچنین آشنایی با روش‌های مختلف مدل‌سازی روتور است.

رئوس مطالب:

- **بخش نظری**

۱- مقدمه‌ای بر ارتعاشات مکانیکی: سیستم‌های یک درجه آزادی و چند درجه آزادی.
۲- مقدمه‌ای بر دینامیک روتورها: اهمیت و کاربرد.
۳- دستگاه مختصات و سینماتیک روتور، سرعت‌های بحرانی.
۴- مدل روتور جفکات: پاسخ آزاد و اجباری، پایداری.
۵- مودهای ارتعاشی روتور.
۶- روتور همگن بر روی یاتاقان‌های همگن.
۷- روتور همگن بر روی یاتاقان‌های ناهمگن whirl: روبه‌جلو و روبه عقب، ناپایداری.
۸- روتور ناهمگن بر روی یاتاقان‌های همگن.
۹- پاسخ گذرا در روتورها.
۱۰-ارتعاشات پیچشی در روتورها.
۱۱-یاتاقان‌های هیدرودینامیکی و روش مدل‌سازی.
۱۲-مقدمه‌ای بر روش‌های عددی مدل‌سازی سیستم‌ها.
۱۳-روش ماتریس انتقال برای مدل‌سازی روتورهای انعطاف‌پذیر.
۱۴-روش مدل‌سازی پیوسته برای روتورها.
۱۵-روش‌های عیب‌یابی در روتورها به کمک آنالیز ارتعاشات.
۱۶-روش‌های بالانس در محورهای دوار.
۱۷-مباحث منتخب از کاربرد روتور دینامیک در صنعت.

- **آزمایشگاه روتور دینامیک**

۱- آزمایش سرعت بحرانی - سرعت بحرانی خمشی و پیچشی.

۲- آزمایش یاتاقان هیدرودینامیک.
۳- آزمایش بالانس.
۴- آزمایش مودال.
۵- آزمایش عیب‌یابی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. A. Muszynska, *Rotordynamics*. CRC Press, 2005.
2. M. I. Friswell, J. E. T. Penny, S. D. Garvey, and A. W. Lees, *Dynamics of Rotating Machines*. McGraw-Hill, 2010.
3. M. L. Adams, *Rotating Machinery Vibration: From Analysis to Troubleshooting, Second Edition*, McGraw-Hill, 2009.
4. W. J. Chen, and E. J. Gunter, *Introduction to Dynamics of Rotor-Bearing Systems*. Victoria, BC: Trafford, 2005.
5. D. Childs, *Turbomachinery Rotordynamics Phenomena, Modeling, & Analysis*. Wiley, 1999.
6. F. F. Ehrich, *Handbook of Rotordynamics*, McGraw-Hill, 1992.
7. G. Genta, *Dynamics of Rotating Systems*, Springer, 2005.
8. E. Kramer, *Dynamics of Rotors and Foundations*, Springer-Verlag, 1993.
9. M. Lalanne, and G. Ferraris, *Rotordynamics Prediction in Engineering, Second Edition*. Wiley, 1998.
10. J. M. Vance, *Rotordynamics of Turbomachinery*, Wiley, 1988.
11. T. Yamamoto, and Y. Ishida, *Linear and Nonlinear Rotordynamics*, Wiley, 2001.
12. H. Nguyen-Schäfer, *Rotordynamics of Automotive Turbochargers*, Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2015.

اتوماسیون در تولید

(Automation in Manufacturing)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فرآگیری نحوه به‌کارگیری اتوماسیون در خطوط تولید و مونتاژ شامل طراحی و ساخت انتقال دهنده‌های خطی دوار، تغذیه کننده‌ها، قید و بست‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- ترکیب سیستم‌های دینامیکی تولید و اتوماسیون، مبانی برون سپاری تولید در سیستم‌های بین‌المللی.
۲- طراحی و ساخت انتقال دهنده‌های خطی دوار، تغذیه کننده‌ها، قیدها و بست‌ها.
۳- جانمایی، دقت و تکرارپذیری، کنترل تفکیک‌پذیری و ظرفیت ترابری ربات‌ها در خطوط تولید و مونتاژ.
۴- دسته‌بندی انواع بازوهای رباتیک، ربات‌های خودکار متحرک، ربات‌های هدایت شونده و اتوماسیون حمل و نقل در تولید.
۵- ربات‌های جوشکاری، مونتاژ، پرداخت‌کاری و نقاشی در خطوط تولید و ربات‌های حذف و جابجایی مواد در سامانه‌های تولید.
۶- سیستم‌های کنترل و دینامیک، شامل متغیرهای حالت.
۷- اتوماسیون بازرسی و کنترل مرغوبیت و کیفیت آماری و اتوماسیون سیستم انبارهای تولید و ابزار شامل ربات‌های انبارداری، سیستم تولید بدون کارخانه و سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. F. A. Aziz, *Manufacturing System*, InTech, 2012.
2. M. S. F. Nezhad , *Practical Concepts Of Quality Control*, InTech, 2012.
3. T. R. Kurfess, *Robotics and Automation Handbook*, CRC Press, 2005.
4. J. Hugh, *Integration and Automation of Manufacturing Systems*, Hugh Jack Publisher, 2001.
5. R. A. Silverman, F. L. Lewis, *Robotics, Mechanical Engineering Handbook*, CRC Press, 1999.
6. R. Nayak, and R. Padhye, *Automation in Garment Manufacturing*, Woodhead Publishing, 2017.

اتوماسیون صنعتی

(Industrial Automation)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم اصلی اتوماسیون و مکانیزه کردن فرآیندهای کاری در صنایع، کنترل پروسه و سیستم‌های اندازه‌گیری پیچیده در صنایع مختلفی همچون نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع شیمیایی و غیره است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر مفاهیم و کاربردهای اتوماسیون، مثال‌هایی از اتوماسیون صنعتی، بررسی دستگاه‌ها و کنترل‌کننده‌ها، سلسله مراتب اتوماسیون، مفاهیم کنترل فرآیند.

۲- معرفی کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی، معرفی انواع PLC و نحوه کاربرد آنها در صنعت، شیوه برنامه‌ریزی PLC، آموزش نرم افزار STEP7 ، پیکربندی سخت افزار و برنامه نویسی در STEP7.

۳- ارتباط داده‌ها در اتوماسیون صنعتی، مروری بر مدل شبکه OSI، استاندارد RS-232 و سایر استانداردهای مرتبط.

۴- اترنت صنعتی و مشکلات راه اندازی آن، ایجاد امنیت و ارزیابی آن در شبکه‌های اتوماسیون صنعتی.

۵- معرفی انواع شبکه‌های صنعتی همانند فیلد باس.

۶- نمایش پردازش و معرفی SCADA و تاریخچه آن، نرم افزار سیستم SCADA و سیستم کنترل توزیع شده.

۷- مدیریت پروژه‌های اتوماسیون صنعتی، مدیریت زمان و هزینه، مدیریت تیم‌های صنعتی و مدیریت خطر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. F. Lamb, *Industrial Automation: Hands On*, 1st Edition, McGraw-Hill, 2013.
2. K. L. S. Sharma, *Overview of Industrial Process Automation*, Elsevier, 2011.
3. T. L. M. Bartelt, *Industrial Automated Systems: Instrumentation and Motion Control*, 1st Edition, Cengage Learning, 2010.
4. K. K. Tan, and A. S. Putra, *Drives and Control for Industrial Automation*, Springer, 2010.
5. S. Djiev, *Pocket Guide on Industrial Automation For Engineers and Technicians*, 6th Edition, IDC publications, 2009.
6. D. Reynders, and S. Mackay, *Practical Industrial Data Communications*, 1st Edition, Newnes, 2005.
7. S. Mackay, and E.Wright, *Practical Industrial Data Networks: Design,Installation and Troubleshooting*, 2nd Edition, Newnes, 2004.
8. S. Djiev, *Industrial Networks for Communication and Control*, 6th Edition, McGraw-Hill, 1995.
9. S. Manesis, and G. Nikolakopoulos, *Introduction to Industrial Automation*. CRC Press, 2018.

بینایی ماشین

(Machine Vision)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری انواع الگوریتم‌ها و اجزاء سیستم‌های بینایی ماشین، کاربردها و محدودیت‌های سیستم‌های بینایی ماشین و همچنین ارائه پروژه‌های متناسب با موضوع درس است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، بینایی ماشین و کاربردها، انواع و اجزاء سیستم‌های بینایی ماشینی، اصول تصاویر دیجیتال، اجزاء درک بصری، انواع تصویربردارها، کوانتیزه کردن تصاویر، تقسیم‌بندی عملگرهای پردازش تصاویر.

۲- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه مکان، تبدیلات سطوح خاکستری، پردازش بر مبنای هیستوگرام، عملگرهای ریاضی و منطقی، اصول فیلترهای مکانی، فیلترهای مکانی هموارساز و برجسته‌ساز.

۳- پردازش تصاویر دوسطحی، خصوصیات هندسی، افکنش (Projection)، رمز کردن RLE، الگوریتم‌های باینری، عملگرهای ریخت‌شناسی (Morphology).

۴- تقطیع تصاویر، الگوریتم‌های تقطیع نواحی، نمایش نواحی، شکست و ادغام (Split & Merge)، رشد نواحی.

۵- لبه یابی و کانتور، مراحل لبه یابی، عملگرهای لبه یابی، لاپلاسین گوسین، آشکارسازی لبه Canny، آشکارسازی خطوط، هندسه منحنی‌ها، منحنی‌های دیجیتال، برازش منحنی‌ها، تخمین منحنی‌ها، کانتور فعال.

۶- بافت، روش‌های ساختاری تحلیل بافت و روش‌های آماری تحلیل بافت، بینایی پویا شامل آشکارسازی تغییرات، حرکت، ردیابی و انطباق.

۷- استخراج عمق و ایجاد تجسم، تصویربرداری استریو، تطبیق استریو، تجسم از بافت، تجسم از سایه، تجسم از حرکت، تجسم از وضوح.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2007.
2. M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, 3rd Edition, CL-Engineering, 2007.
3. W. E. Synder, and H. Qi, *Machine Vision*, Cambridge University Press, 2004.
4. R. Jain, K. Katsuri, and B.G. Schunk, *Machine Vision*, McGraw-Hill, 1995.
5. M. Nixon, and A. S. Aguado, *Feature Extraction and Image Processing for Computer Vision*, 3rd Edition, Academic Press, 2012
6. C. Steger, M. Ulrich, and C. Wiedemann, *Machine Vision Algorithms and Applications*, John Wiley & Sons, 2018.
7. J. Beck, B. Hope, and A. Rosenfeld, *Human and Machine Vision*, Academic Press, 2014.

پردازش تصویر

(Image Processing)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس معرفی مفاهیم نظری موضوع پردازش تصاویر دیجیتال و پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم‌های آن در یک محیط برنامه‌نویسی مناسب است. ارائه تکالیف کامپیوتری متناسب با موضوع درس در ایجاد درک مناسبی از موضوعات درسی، کمک بسیاری خواهد کرد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، پردازش تصاویر دیجیتال، تاریخچه و حوزه‌های مختلف به‌کارگیری آن با توجه به طیف الکترومغناطیسی.

۲- اصول تصاویر دیجیتال، اجزا درک بصری، انواع تصویربردارها، نمونه‌برداری و کوانتیزه کردن تصاویر، تقسیم‌بندی عملگرهای پردازش تصاویر.

۳- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه مکان، تبدیلات سطوح خاکستری، پردازش بر مبنای هیستوگرام، عملگرهای ریاضی و منطقی، اصول فیلترهای مکانی، فیلترهای مکانی هموارساز (Smoothing) و برجسته‌ساز (Sharpening).

۴- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه فرکانس، تبدیل فوریه گسسته دوبعدی، پیاده‌سازی فیلتر در فضای فرکانس، فیلترهای هموارسازی و برجسته‌سازی در فضای فرکانس، فیلتر هم‌ریختی، پیاده‌سازی تبدیل فوریه دوبعدی.

۵- بازیابی تصویر، مدلی برای فرایند بازیابی، مدل‌های نویز در پردازش تصاویر، بازیابی تصویر در حضور نویز، بازیابی تصویر با تخمین توابع تخریب‌کننده، تبدیلات هندسی.

۶- پردازش تصاویر مبتنی بر ریخت‌شناسی، اصول عملگرهای ریخت‌شناسی، فرسایش و اتساع، عملگرهای باز و بسته کردن، بعضی از الگوریتم‌های اصلی مبتنی بر ریخت‌شناسی.

۷- تقطیع تصویر، آشکارسازی انواع ناپیوستگی‌ها، انواع لبه‌یاب‌ها، پیوند لبه‌ها، تقطیع بر مبنای آستانه گذاری، تقطیع بر مبنای نواحی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2007.
2. W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, 4th Edition, John Wiley & Sons, 2007.
3. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*, 1st Edition, Prentice-Hall, 2004.
4. A. K. Jain, *Fundamentals of Digital Image Processing*, 1st Edition, Prentice-Hall, 1989.
5. W. Burger, and M. J. Burge, *Digital Image Processing: an Algorithmic Introduction Using Java*, Springer Science & Business Media, 2016.
6. M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*, Cengage Learning, 2014.
7. Y. J. Zhang, *Image Processing*, Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2017.
8. O. Lézoray, and L. Grady, *Image Processing and Analysis with Graphs: Theory and Practice*, CRC Press, 2017.

حساسه‌ها و کالیبراسیون

(Sensors and Calibration)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اطلاعات تکمیلی در مورد حساسه‌ها و همچنین فراگیری کالیبراسیون ربات‌های صنعتی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تعاریف، اساس کار حساسه‌ها.

۲- حساسه‌های دمایی، تشریح ساختار، عملکرد و کاربرد در صنعت، ترموکوپل، محاسبات آن و نحوه نصب و فرمول‌بندی ترموکوپل‌ها، ترموسنج‌های مقاومتی، ترموسنج‌های صوتی و ترمیستورها.

۳- حساسه‌های تشخیص موقعیت، تشریح ساختار، عملکرد و کاربرد در صنعت، محاسبات آن و نحوه نصب و فرمول‌بندی حساسه‌های تشخیص موقعیت مانند القایی، خازنی، فوتوالکتریک، پیزوالکتریک و غیره.

۴- حساسه‌های گازی، تشریح ساختار، عملکرد و کاربرد آن‌ها در صنعت.

۵- مبدل‌ها در بیومکاترونیک (الکترود، حساسه‌های مثبت، PH, CO2, O2، رطوبت).

۶- حساسه‌های اندازه‌گیری جریان، سطح و شیرهای کنترلی.

۷- حساسه‌های نیرو، فشار، وزن، گشتاور، بیوحساسه‌ها، تشریح ساختار، عملکرد و کاربرد، عملکرد و کاربرد و محاسبه سیگنال‌های مغزی، اسکلتی و عضلانی.

۸- حساسه‌های مورداستفاده در ربات‌ها شامل: حساسه‌های جابجایی خطی و زاویه‌ای، نیرو، گشتاور، سرعت و شتاب.

۹- مفاهیم مورداستفاده در حساسه‌ها مانند: حساسیت، دقت، رزولوشن، میزان غیرخطی بودن، هیتریسیس، تکرارپذیری، آنالیز حساسیت.

۱۰-روش‌های نمونه‌برداری از سیگنال‌های پیوسته و تبدیل آن‌ها به گسسته.

۱۱-سیگنال، نویز، الیاسینگ، طراحی و پیاده‌سازی انواع فیلترهای آنالوگ و دیجیتال.

۱۲-مدل‌سازی ریاضی حساسه‌ها.

۱۳-کالیبراسیون: الگوریتم‌ها و مراحل کالیبره کردن و شناسایی سیستم‌ها و حساسه‌ها.

۱۴-ملاحظات کاربردی: راه‌اندازها، تقویت‌کننده‌ها و مدارهای واسط.

۱۵-اصول کار حساسه‌های بی‌سیم.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

۱. ن. جمشیدی، و ن. علیمرادیان، *حساسه ها و کالیبراسیون در مکاترونیک و مهندسی پزشکی*، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳.

2. P. Regtien, and E. Dertien, *Sensors for Mechatronics*, 2nd Edition, Elsevier, 2018.
3. I. R. Sinclair, *Sensors and Transducers*, 3rd Edition, Elsevier, 2001.
4. N. Mitton, and D. Simplot-Ryl, *Wireless Sensor and Robot Networks From Topology Control to Communication Aspects*, World Scientific Publishing Co., 2014.
5. A. Lee, and C. S. George, *Sensor-Based Robots: Algorithms and Architectures*, Springer Science & Business Media, 1991.
6. K. Kuang, *Magnetic Sensors: Principles and Applications*, InTech, 2012.
7. P. A. Serra, *Biosensors: Emerging Materials and Applications*, InTech, 2011.
8. P. A. Serra, *Biosensors for Health, Environment and Biosecurity*, InTech, 2011.
9. C. Thomas, *Sensor Fusion and its Applications*, Sciyo, 2010.
10. A. Dutta, *Robotic Systems: Applications, Control and Programming*, InTech, 2012.
11. L. Thede, *Practical Analog and Digital Filter Design*, Artech House, 2004.

ربات‌های انسان‌نما

(Humanoid Robots)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحثی مانند طراحی مسیر، کنترل، مدل‌سازی، تحلیل سینماتیکی و دینامیکی، پایداری، تعادل در ربات‌های انسان‌نما است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمات: آشنایی با تبدیلات مختصاتی، مشخصه‌های حرکت دورانی، تحلیل سرعت در فضای سه‌بعدی.

۲- سینماتیک ربات‌های انسان‌نما: معرفی مدل‌های مختلف پیکربندی ربات‌های انسان‌نما، سینماتیک مستقیم در ربات‌های انسان‌نما، سینماتیک معکوس در ربات‌های انسان‌نما، معرفی ماتریس ژاکوبین و مفاهیم افزونگی و تکینگی، حل مسئله سینماتیک معکوس.

۳- دینامیک ربات‌های انسان‌نما: دینامیک جسم صلب، روش تکرارشونده نیوتن - اویلر، روش تحلیلی لاگرانژی، معرفی ماتریس اینرسی، معرفی مراحل پیوسته و گسسته در قدم برداشتن و مدل‌های دینامیک ترکیبی، شرایط صحیح تکیه‌گاهی و قیود یک‌طرفه، مدل‌سازی دینامیک برخورد پا با زمین.

۴- معیار (نقطه لنگر صفر ZMP): معرفی مرکز فشار و نقطه لنگر صفر، تحلیل دوبعدی ZMP، تحلیل سه‌بعدی ZMP، اندازه‌گیری ZMP از حساسه‌های تعبیه‌شده در پا، محاسبه ZMP از داده‌های دینامیک حرکت، تقریب ZMP از داده‌های دینامیک حرکت، بیان و تفسیر معیار ZMP در حفظ تعادل.

۵- تولید مسیر برای راه رفتن دوپایی بر مبنای مدل (آونگ وارون): معرفی و تحلیل دینامیک مدل آونگ وارون دوبعدی، تولید مسیر برای راه رفتن دوبعدی روی سطح تخت، تولید مسیر دوبعدی روی سطح شیب‌دار، تولید مسیر دوبعدی روی پله، معرفی و تحلیل دینامیک مدل آونگ وارون سه‌بعدی، تولید مسیر سه‌بعدی روی سطح تخت، تعمیم روش تولید مسیر از مدل آونگ وارون به یک ربات دوپای واقعی.

۶- تولید مسیر برای راه رفتن بر مبنای مدل میز و گاری (Cart - Table): معرفی و تحلیل مدل میز و گاری، تولید مسیر خارج خط بر مبنای مدل میز و گاری (ZMP)، تولید مسیر روی خط بر مبنای مدل میز و گاری (ZMP).

۷- مروری بر روش‌های دیگر برای تولید الگو در ربات‌های انسان‌نما: تولید الگو بر مبنای مدل‌های بی محرک، نوسانگرهای غیرخطی ملهم از مولد مرکزی الگو، روش‌های یادگیری و شبکه عصبی.

۸- تولید مسیر برای حرکت پیکره کامل: معرفی روش‌های موجود در تولید مسیر برای پیکره کامل، برقراری تعادل در پیکره کامل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Kajita, H. Hirukawa, K. Harada, and K. Yokoi, *Introduction to Humanoid Robotics*, Springer Science & Business Media, 2013.
2. Ch. Chevallereau, G. Bessonnet, G. Abba, and Y. Aoustin, *Bipedal Robots: Modeling, Design and Walking Synthesis*, John Wiley & Sons, 2013.
3. E. R. Westervelt, J. W. Grizzle, Ch. Chevallereau, J. H. Chol, and B. Morris, *Feedback Control of Dynamic Bipedal Robot Locomotion*, 1st Edition, CRC Press: Taylor & Francis Group, 2007.
4. C. L. Vaughan, B. L. Davis, and J. C. O'Connor, *Dynamics of Human Gait*, 2nd Edition, Kiboho Publishers, 1999.
5. A. Goswami, and P. Vadakkepat, *Humanoid Robotics: A Reference*, Springer Science & Business Media, 2019.
6. D. N. Nenchev, A. Konno, and T. Tsujita, *Humanoid Robots: Modeling and Control*, Butterworth-Heinemann, 2018.

ربات‌های متحرک

(Mobile Robots)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های مدل‌سازی، تجزیه وتحلیل سینماتیکی و دینامیکی، مکان‌یابی و ناوبری در ربات‌های متحرک است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر ربات‌های متحرک و بازوهای مکانیکی: حرکت به‌وسیله با حرکت به‌وسیله چرخ.
۲- توصیف‌های فضایی و تبدیلات.
۳- سینماتیک مستقیم و معکوس بازوهای مکانیکی.
۴- ژاکوبین سرعت‌ها و نیروهای استاتیکی.
۵- سینماتیک ربات‌های متحرک چرخ‌دار، مانور پذیری، فضای کاری، کنترل حرکت سینماتیکی.
۶- ادراک، سنسورهای ربات‌های متحرک، استخراج ویژگی با استفاده از سنسورهای فاصله‌سنج.
۷- مقدمه‌ای بر رباتیک احتمالی، مکان‌یابی به کمک تلفیق سنسورها، نویز و الیازینگ، مکان‌یابی مارکوف، مکان‌یابی کالمن فیلتر، تولید نقشه و مکان‌یابی هم‌زمان.
۸- طرح‌ریزی مسیر، الگوریتم‌های اجتناب از موانع.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. Craig, *Introduction to Robotics*, 3rd Edition, Pearson Education, 2005.
2. R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, and D. Scaramuzza, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, 2nd Edition, The MIT Press, 2011.
3. S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox, *Probabilistic Robotics*, MIT Press, 2005.
4. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, and G. Oriolo, *Robotics Modelling, Planning and Control*, Springer-Verlag London, 2009.
5. G. Cook, and F. Zhang, *Mobile Robots: Navigation, Control and Remote Sensing*, John Wiley & Sons, 2019.
6. L. Jaulin, *Mobile Robotics*, John Wiley & Sons, 2019.

رباتیک پیشرفته

(Advanced Robotics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری تحلیل سینماتیکی و دینامیکی مستقیم و معکوس انواع ربات‌ها و هم‌چنین طراحی مسیر و کنترل سینماتیکی ربات‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، آشنایی با صنعت رباتیک و کاربرد آن در صنایع مختلف مانند صنایع اتومبیل‌سازی، صنایع اتمی، صنایع الکترونیک، صنایع پزشکی و مانند این‌ها.

۲- تعاریف و اصطلاحات موردنیاز در صنعت رباتیک از قبیل قابلیت تکرار، دقت عمل و غیره.

۳- مطالعه، تجزیه‌وتحلیل معادلات سینماتیک مستقیم، سینماتیک معکوس انواع مختلف ربات‌های استوانه‌ای، ربات‌های کروی، ربات‌های قائم و غیره با مفاصل کشوئی یا لولایی و یا ترکیبی از هر دو.

۴- مرور سینماتیک حرکت ربات‌ها: تبدیل مختصات با در نظر گرفتن دوران و جابجایی، نصب دستگاه‌های مختصات هر عضو، آشنایی با پارامترهای D - H استخراج ماتریس تبدیل مختصات، بررسی سینماتیک مستقیم، استخراج روابط سرعت خطی و دورانی و ماتریس ژاکوبین، آشنایی با فضاهای مفصلی و کاری متنوع، اشاره به حالات تکینگی و حل سینماتیک معکوس.

۵- مرور سینتیک حرکت ربات‌ها، اشاره به مدل‌های تراجعی، استخراج روابط لاگرانژ ویژه بررسی حرکت ربات‌ها، حل سینتیک مستقیم و معکوس.

۶- طراحی مسیر حرکت: مسیرهای زمانی، حرکت خطی، خطی با قوس سهموی، استفاده از چندجمله‌ای‌های درجه سوم و پنجم، طراحی مسیر در فضای کارتزین، طراحی مسیر بهینه زمانی.

۷- مقایسه ربات‌های سری و موازی، روش‌های ویژه و ملاحظات طراحی ربات‌های موازی، روش کار مجازی و ضرایب لاگرانژ، روش‌های عددی کالیبراسیون و شناسایی پارامترهای ربات.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. J. Craig, *Introduction to Robotics, Mechanics and Control*, 3rd Edition, Prentice Hall, 2004.
2. Q. A. Acton, *Robotics-Advances in Research and Application*, 2013 Edition, Scholary Editions, 2013
3. Y. Matsuoka, H. F. Durrant-Whyte, and J. Neira, *Robotics: Science and Systems VI*, MIT Press, 2011.
4. B. Siciliano, L. Sciavicco, L. Villani, and G. Oriolo, *Robotics: Modelling, Planning and Control*, 1st Edition, Springer, 2010.
5. M. Shahinpour, *A Robot Engineering Text Book*, Harpercollins College Div, 1987.
6. M. W. Spong, S. Hutchinson, and M. Vidyasagar, *Robot Modeling and Control*, 1st Edition, Wiley, 2005.
7. R. P. Paul, *Robot Manipulators: Mathematics, Programming, and Control*, MIT Press, 1981.
8. B. Siciliano, and O. Khatib, *Springer Handbook of Robotics*, springer, 2016.
9. M. K. Habib, *Advanced Robotics and Intelligent Automation in Manufacturing*, IGI Global, 2019.

سیستم‌های بی‌درنگ

(Real Time Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری سیستم‌عامل‌های بی‌درنگ، الگوریتم‌های زمان‌بندی آن‌ها، نحوه برنامه‌ریزی این سیستم‌ها و تحلیل و کنترل بی‌درنگ سیستم‌های متشکل از اجزای مکانیکی و الکترونیکی توسط یک کامپیوتر است.

رئوس مطالب:

۱- مفاهیم اساسی در طراحی سیستم‌های بی‌درنگ و کاربردهای این سیستم‌ها، پیاده‌سازی الگوریتم‌های کنترل دیجیتال بر روی سیستم‌عامل‌های بی‌درنگ.

۲- سیستم‌های بی‌درنگ سخت در برابر سیستم‌های بی‌درنگ نرم، مفهوم وظیفه و پروسه در سیستم‌عامل‌های بی‌درنگ، مفهوم محدودیت‌های زمانی، مهلت‌ها و زمان‌های رهایی.

۳- مدل‌سازی مرجع از سیستم‌های بی‌درنگ، مفهوم پردازش‌ها و منابع، پارامترهای زمانی سیستم مرجع، مدل وظایف متناوب، محدودیت‌های دارای اولویت و وابستگی داده‌ها، انواع مختلف وابستگی‌های داده‌ها.

۴- روش‌های رایج برای زمان‌بندی وظایف با راهکارهای مبتنی بر ساعت، راهکار چرخشی وزن‌دار، راهکار مبتنی بر اولویت، روش‌های ایستا و پویای زمان‌بندی، زمان‌بندی وظایف غیر متناوب و ناگهانی.

۵- بررسی الگوریتم‌های زمان‌بندی ایستا و پویا، تست قابلیت زمان‌بندی.

۶- منابع و کنترل دسترسی منابع، پروتکل‌های ارث‌بری اولویت پایه و پروتکل‌های پوشاندن اولویت پایه، استفاده از پروتکل‌های پوشاندن اولویت پایه در سیستم‌های اولویت پویا.

۷- کنترل دسترسی به منابع چند واحدی و اشیای داده‌ای، زمان‌بندی چندپردازنده‌ای و هم‌زمان‌سازی در زمان‌بندی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. Y. J. Leung, *Handbook of Scheduling: Algorithm, Models and Performance Analysis*, CRC Press, 2004.
2. P. A. Laplante, and S. J. Ovaska, *Real-Time Systems Design and Analysis: Tools for the Practitioner*, 4th Edition, Wiley, 2011.
3. E. R. Olderog, and H. Dierk, *Real Time Systems Formal Specification and Automatic Verification*, Cambridge University Press, 2008.
4. F. B. Hildebrand, *Handbook of Scheduling, from Theory to Application*, Springer, 2007.
5. H. Kopetz, *Real-Time Systems*, 2nd Edition, Springer, 2011.
6. R. Williams, *Real-Time Systems Development*, Butterworth-Heinemann, 2006.
7. J. W. S. Liu, *Real Time Systems*, 9th Edition, Prentice Hall, 2000.
8. K. Erciyes, *Distributed Real-Time Systems: Theory and Practice*, Springer, 2019.

سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی

(Micro Electo-Mechanical Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

در این درس دانشجویان مدل‌سازی، تجزیه و تحلیل، روش‌های ساخت و به‌کارگیری سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی را آموزش می‌بینند.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر میکرو سیستم‌ها، ویژگی‌ها و چالش‌های مدل‌سازی.
۲- اثر تغییر مقیاس در دنیای میکرو و نانو.
۳- رویکردهای طراحی میکرو سیستم‌ها.
۴- میکرو/نانو ساختارها، میکرو/نانو ساخت و مواد.
۵- یکپارچه‌سازی و بسته‌بندی.
۶- مدل‌سازی و اصول میکرو سیستم.
۷- اصول مبدل‌ها و دینامیک سیستم.
۸- اصول سیستم‌های محرکه و سنسور.
۹- مکانیک پایه‌ای و روش‌های انرژی.
۱۰-اصول الکترونیک، مدار و سیگنال.
۱۱-مطالعه موردی (محرکه‌های پیزوالکتریک، سنسورهای شتاب سنج و غیره).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. D. Senturia, *Microsystem Design*, Springer Science & Business Media, 2007.
2. T. R. Hsu, *MEMS and Microsystems: Design, Manufacture, and Nanoscale Engineering*, John Wiley & Sons, 2008.
3. C. Liu, *Foundations of MEMS*, Pearson Education Asia, 2012.
4. N. P. Mahalik, *MEMS*, Tata McGraw-Hill Education, 2008.
5. M. Gad-el-Hak, *The MEMS Handbook*, CRC Press, 2002.
6. N. Maluf, and K. Williams, *Introduction to Micro-Electromechanical Systems Engineering*, Artech House, 2004.
7. M. J. Madou, *Fundamentals of Microfabrication: The Science of Miniaturization*, CRC Press, 2018.
8. J. W. Gardner, V. K. Varadan, and O. O. Awadelkarim, *Microsensors, MEMS, and Smart Devices*, John Wiley & Sons, 2001.
9. M. I. Younis, *MEMS Linear and Nonlinear Statics and Dynamics*, Springer Science & Business Media, 2011.
10. S. E. Lyshevski, *MEMS and NEMS: Systems, Devices, and Structures*, CRC Press, 2018.
11. Y. Tai, *Micro Electro Mechanical Systems*, Springer, 2018.

شبکه‌های عصبی

(Neural Networks)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی، انواع مختلف آن و کاربردهای هر یک به همراه توانایی‌ها و محدودیت‌های انواع شبکه‌های عصبی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه شبکه‌های مصنوعی، تاریخچه، محدودیت‌ها و مفاهیم کلی، شبکه‌های عصبی بیولوژی، ساختار نرون بیولوژیکی، انتقال پالس عصبی، ساختار شبکه عصبی مغز، شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی ریاضی نرون.

۲- مقدمه‌ای بر بازشناسی الگو، تعاریف، تولید الگو، ساختار کلی سیستم بازشناسی الگو، انواع روش‌های آن، پرسپترون تک لایه شامل ساختار اصلی، قانون یادگیری در حالت الگو به الگو و دسته‌ای و محدودیت‌ها.

۳- شبکه‌های عصبی انجمنی، تعاریف، یادگیری هب در حالت بدون ناظر، شبکه‌های InStar و OutStar، یادگیری هب در حالت با ناظر و آنالیز آن، یادگیری مبتنی بر کمینه‌سازی خطا.

۴- شبکه‌های عصبی رقابتی، شبکه عصبی همینگ، یادگیری رقابتی و مشکلات آن، نگاشت خود سازمانده.

۵- شبکه عصبی هاپفیلد گسسته، عملکرد آن به‌عنوان حافظه انجمنی، مفهوم انرژی، قانون یادگیری، مثال‌ها.

۶- کمینه‌سازی، مبانی، انواع نقاط بهینه و مثال‌ها، بررسی توابع درجه دوم، الگوریتم تندترین کاهش و شبکه عصبی آدالاین شامل حل تحلیلی، یادگیری LMS به‌صورت الگو به الگو و دسته‌ای و محدودیت‌ها.

۷- شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، ساختار اصلی، توانایی‌ها، پس انتشار خطا در حالت الگو به الگو و دسته‌ای و محدودیت‌های یادگیری مبتنی بر آن، الگوریتم‌های یادگیری بهبودیافته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 3rd Edition, Pearson Education, 2009.
2. R. J. Schalkoff, *Artificial Neural Networks*, McGraw-Hill, 1997.
3. D. Graupe, *Principles of Artificial Neural Networks: Advanced Series in Circuits and Systems*, 3rd Edition, World Scientific Publishing Co., 2013.
4. S. Samarasinghe, *Neural Networks for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Complex Pattern Recognition*, Auerbach Publications, 2016.
5. L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice-Hall, 1994.
6. H. B. Demuth, M. H. Beale, O. De-Jess, and M. T. Hagan, *Neural Network Design*, Martin Hagan, 2014.
7. M. A. Nielsen, *Neural Networks and Deep Learning*, Determination Press, 2015.

شبکه‌های عصبی پیشرفته

(Advanced Neural Networks)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری انواع مختلف شبکه‌های بازگشتی و عمیق و کاربردهای آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر مفاهیم شبکه‌های مصنوعی، تاریخچه، محدودیت‌ها و مفاهیم کلی، شبکه‌های عصبی بیولوژی، ساختار نرون بیولوژیکی، انتقال پالس عصبی، ساختار شبکه عصبی مغز، شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی ریاضی نرون. تولید الگو، ساختار کلی سیستم بازشناسی الگو، انواع روش‌های آن، پرسپترون تک لایه شامل ساختار اصلی، شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه، شبکه‌های عصبی انجمنی، تعاریف، یادگیری هب در حالت بدون ناظر، ، شبکه‌های عصبی رقابتی، شبکه عصبی همینگ، یادگیری رقابتی و مشکلات آن، نگاشت خود سازمانده.

۲- معرفی شبکه‌های عصبی بازگشتی و انواع آن‌ها و کاربردهای آن‌ها در کنترل، سیستم‌های دینامیکی،مدل فضای حالت، پایداری، آموزش شبکه‌های بازگشتی.

۳- شبکه‌های اتفاقی، ماشین بولزمن، شبکه‌های باور سیگویدی.

۴- شبکه‌های عصبی پردازش زمانی، کاربرد شبکه‌های عصبی در کنترل، شبکه عصبی پیش‌بین، شبکه‌های عصبی NARMA.

۵- معرفی یادگیری عمیقی و شبکه‌های عصبی عمیق، انواع معماری شبکه‌های عصبی عمیق.

۶- نحوه استفاده از انواع نرم‌افزارهای شبکه عصبی مصنوعی و ابزارهای یادگیری ماشین.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	ندارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Haykin, *Neural Networks: a Comprehensive Foundation*, 3rd Edition, Pearson Education, 2009.
2. I. Goodfellow, *Deep Learning*, MIR Press, 2016.
3. R. Bekkerman, *Scalling up Machine learning*, Cambridge University Press, 2012.
4. R. J. Schalkoff, *Artificial Neural Networks*, McGraw-Hill, 1997.
5. D. Graupe, *Principles of Artificial Neural Networks, Advanced Series in Circuits and Systems*, 3rd Edition, World Scientific Publishing Co., 2013.
6. S. Samarasinghe, *Neural Networks for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Complex Pattern Recognition*, 1st Edition, Auerbach Publications, 2006.
7. L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications*, Prentice-Hall, 1994.
8. H. B. Demuth, M. H. Beale, O. De-Jess, and M. T. Hagan, *Neural Network Design*, Martin Hagan, 2014.
9. M. A. Nielsen, *Neural Networks and Deep Learning*, Determination Press, 2015.

شبیه‌سازی و مدل‌سازی در بیومکاترونیک

(Simulation and Modeling in Biomechatronic)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، فراگیری نحوه مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های مختلف خصوصاً سیستم‌های بیولوژیکی است.

رئوس مطالب:

۱- اصول مدل‌سازی، سیستم‌های دینامیکی، سیستم‌های گسسته، فرآیندهای تصادفی.
۲- سیستم‌های بیولوژیکی.
۳- پردازش سیگنال‌های حیاتی شامل الکتروکاردیوگرام، الکترواسنفانوگرام، فشارخون شریانی.
۴- مدل‌سازی سیستم‌های گسترده و فشرده.
۵- مدل‌سازی تحلیلی، جعبه سیاه، جعبه خاکستری.
۶- مدل‌سازی با شبکه‌های عصبی مصنوعی.
۷- خطاهای مدل‌سازی و روش‌های کاهش خطای واریانس.
۸- ارائه نمونه‌هایی از مدل‌سازی در سیستم‌های بیومکاترونیک (قلب و دستگاه گردش خون، اعصاب، تنفس، سیستم‌های حرکتی و غیره).
۹- شبیه‌سازی مونت‌کارلو.
۱۰- روش‌های تولید اعداد تصادفی یکنواخت و غیریکنواخت.
۱۱- کنترل در سیستم‌های زیستی شامل اجزای مصنوعی حسگرها و الگوریتم‌های کنترلی.
۱۲- نمونه‌هایی از شبیه‌سازی در سیستم‌های بیومکاترونیک (شبیه‌سازی رفتار سیگنال‌های بیولوژیکی مانند EEG، EMG و موارد مشابه افزایش، رفتارهای شبه تصادفی بیولوژیکی، رشد سرطان، ایدز و غیره).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. P. Bratley, B. L. Fox, and L. E. Schrage, *a Guide to Simulation*, Springer Science & Business Media, 1987.
2. J. W. Haefner, *Modeling Biological Systems: Principles and Applications*, Springer Science & Business Media, 2005.
3. B. Hannon, and M. Ruth, *Modeling Dynamic Biological Systems*, Springer Science & Business Media, 1997.
4. B. P. Zeigler, A. Muzy, and E. Kofman, *Theory of Modeling and Simulation*: *Discrete Event & Iterative System Computational Foundations*, 3rd Edition, Academic Press, 2018.
5. G. A. Wainer, *Discrete-Event Modeling and Simulation*, 1st Edition, CRC Press, 2009.
6. M. B. Popovic, *Biomechatronics*, Academic Press, 2019.

شناسایی سیستم

(System Identification)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری چگونگی شناسایی سیستم‌ها و روش‌های مختلف آن، به دست آوردن معادلات تقریبی آن‌ها و تخمین پارامترها و رفتار سیستم‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: سیگنال، سیستم، معرفی شناسایی سیستم‌ها، انواع مدل‌سازی، مدل‌سازی جعبه سفید، مدل‌سازی جعبه خاکستری و مدل‌سازی ترکیبی، تخمین پارامتر و حالت، تقسیم‌بندی سیستم‌ها، انجام آزمایش، تقسیم‌بندی روش‌های مختلف شناسایی.

۲- روش‌های کلاسیک در شناسایی سیستم: معرفی روش‌های داده‌برداری و گسسته سازی، حوزه سیستم‌های پیوسته و گسسته، حوزه زمانی و فرکانسی، روش تحلیل پرونی، شناسایی سیستم‌های خطی در فضای حالت.

۳- شناسایی بر مبنای تابع همبستگی: مقدمه‌ای بر آمار و احتمالات، فرآیندها و متغیرهای تصادفی، عبور فرآیند تصادفی از یک سیستم خطی نامتغیر با زمان، مدل‌سازی اغتشاش، ارتباط توابع همبستگی ورودی و خروجی، سیگنال PRBS.

۴- انتخاب سیگنال تحریک و اثر ورودی بر کیفیت تخمین.

۵- روش حداقل مربعات: مقدمه‌ای بر روش حداقل مربعات، معادله رگرسیون خطی و روش‌های به دست آوردن آن، مشکلات روش حداقل مربعات و خواص آماری آن، حداقل مربعات وزن‌دار، روش‌های محاسباتی دقیق‌تر در روش حداقل مربعات، ماتریس کوواریانس، تخمین بیز، قضیه کرامر.

۶- روش‌های شناسایی تکراری و بازگشتی: حداقل مربعات تکراری و بازگشتی، روش متغیرهای کمکی تکراری و بازگشتی، روش حداکثر احتمال وقوع تکراری و بازگشتی.

۷- تعیین درجه مدل و ارزیابی مدل.

۸- شناسایی سیستم‌های متغیر بازمان: مقداردهی اولیه به ماتریس کوواریانس، ضریب فراموشی، تخمین حالت، فیلتر کالمن.

۹- مباحث پیشرفته: شناسایی سیستم‌های غیرخطی، شبکه‌های عصبی، مدل‌های فازی و نروفازی، شناسایی حلقه بسته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. Isermann, and M. Münchhof, *Identification of Dynamic Systems: an Introduction with Applications*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
2. K. J. Keesman, *System Identification: an Introduction*, Springer Science & Business Media, 2011.
3. J. P. Norton, *an Introduction to Identification*, Dover Publications Inc., 2009.
4. O. Nelles, *Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models*, Springer Science & Business Media, 2001.
5. L. Ljung, *System Identification: Theory for the User*, Prentice-Hall, 1999.
6. T. Söderström, and P. Stoica, *System Identification*, Prentice-Hall, 1989.
7. L. Ljung, and T. Söderström, *Theory and Practice of Recursive Identification*, MIT Press, 1983.
8. R. V. Jategaonkar, *Flight Vehicle System Identification: A Time-Domain Methodology*, American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc., 2015.
9. A. K. Tangirala, *Principles of System Identification: Theory and Practice*, CRC Press, 2014.

کاربرد میکروپروسسورها

(Microprocessor Applications)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

در این درس دانشجویان ضمن آشنایی با میکرو کامپیوترها و انواع حافظه‌ها، میکروپروسسورها (ریزپردازنده‌ها) و کاربرد آن‌ها را نیز فرامی‌گیرند. در ادامه نیز حداقل یک نمونه از ریز پردازنده‌ها (از خانواده AVR یا ARM) برای به‌کارگیری در پروژه‌های کاربردی، به‌صورت کامل معرفی می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، معرفی نسل‌های مختلف کامپیوتر، تقسیم‌بندی کامپیوترها.
۲- حافظه‌های الکترونیک و انواع آن (RAM، ROM، حافظه اصلی، کمکی و نهان).
۳- واحد پردازنده مرکزی، ریزپردازنده و گذرگاه‌های آن.
۴- میکرو کامپیوتر و اجزای آن.
۵- معرفی و بررسی سخت‌افزار ریزپردازنده انتخابی (پایه‌ها، خطوط آدرس و داده، سیگنال‌های کنترلی).
۶- بررسی مجموعه ثبات‌ها و دستورالعمل‌های اسمبلی ریزپردازنده انتخابی.
۷- اصول برنامه‌نویسی اسمبلی ریزپردازنده انتخابی و ارائه مثال‌هایی از آن.
۸- بررسی امکانات جانبی ریزپردازنده انتخابی (وقفه‌ها، تایمرها، درگاه سریال).
۹- مثال‌هایی از برنامه‌نویسی اسمبلی برای عملیات محاسباتی، دسترسی به حافظه و ورودی – خروجی.
۱۰-اصول برنامه‌نویسی C برای ریزپردازنده انتخابی و ارائه مثال‌هایی برای آن همانند بند قبل.
۱۱-اتصال سخت‌افزاری حافظه و استفاده از ورودی - خروجی خارجی به ریزپردازنده انتخابی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. F. M. Cady, *Microcontrollers and Microcomputers Principles of Software and Hardware Engineering*, Oxford University Press, Inc., 2009.
2. M. A. Mazidi, J. G. Mazidi, and R. D. Mckinlay, *The 8051 Microcontroller And Embedded Systems: Using Assembly and C*, Pearson/Prentice Hall, 2006.
3. S. Naimi, and M. A. Mazidi, *The AVR Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C: Using Arduino Uno And Atmel Studio*, 2017.

٤. پ. معلم، م. وفایی و ی. فرهادی، *میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7 در طراحی سیستم‌های جاسازی‌شده*، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۱.

مکاترونیک ۱

(Mechatronics I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری سیستم‌های پایه در مهندسی مکاترونیک برای طراحی سیستم‌های پیچیده با کارایی بالا، شامل سیستم‌های مکانیکی، الکتریکی، الکترونیکی و میکروکنترلرها است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر مکاترونیک، معرفی مهندسی مکاترونیک، سیستم‌های مکاترونیکی و کاربردهای آن‌ها در مهندسی.
۲- سنسورها و عملگرها، شناخت سنسورها و عملگرهای مختلف مورداستفاده در سیستم‌های مکاترونیکی مانند انواع سنسورهای دیجیتال و آنالوگ و انواع عملگرهای الکتریکی، پنوماتیکی و خطی.
۳- نمونه‌برداری، شناخت نحوه خواندن دیتا، آشنایی با مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال (A/D) و دیجیتال به آنالوگ (D/A)، زمان نمونه‌برداری و قضایای مربوطه و فیلتر کردن سیگنال‌های اطلاعاتی.
۴- میکروکنترلرها، شناسایی انواع میکروکنترلر، برنامه‌نویسی میکروکنترلرها و کاربردهای آن‌ها.
۵- سیستم‌های پردازش تصویر و رباتیک، مقدمه‌ای بر پردازش تصویر و روش‌ها و کاربردهای مختلف آن، آشنایی با سیستم‌ها رباتیکی، اجزا و کاربردهای آن به‌عنوان یک سیستم مکاترونیکی.
۶- شبیه‌سازی، مفهوم شبیه‌سازی سیستم‌ها، روش‌ها و نرم‌افزارهای مختلف شبیه‌سازی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. H. Bishop, *Mechatronics: an Introduction*, Taylor & Francis, 2006.
2. R. H. Bishop, *Mechatronics Handbook*, 2nd Edition, Taylor & Francis, 2008.
3. M. Jouaneh, *Fundamentals of Mechatronics*, 1st Edition, Cengage Learning, 2012.
4. C. W. De Silva, *Mechatronics: a Foundation Course*, CRC Press, 2010.
5. R. Isermann, *Mechatronics Systems Fundamentals*, Springer Science & Business Media, 2005.
6. C. W. De silva, *Mechatronics: an Integrated Approach*, CRC Press, 2005.
7. H. Timmis, *Practical Arduino Engineering*, CRC Press, 2015.
8. D. Bradley, *Mechatronics: Electronics in Products and Processes*, Routledge, 2018.
9. B. Wilamowski, and J. D. Irwin, *Control and Mechatronics*, CRC Press, 2018.

هوش مصنوعی و سیستم‌های خبره

(Artificial Intelligence and Expert Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم اساسی در هوشمند سازی سیستم‌های مکاترونیکی، فراگیری روش‌های برنامه‌نویسی هوش مصنوعی، کنترل هوشمند روی انواع ربات‌ها و سیستم‌های خبره‌ی کاربردی است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر مفاهیم اصلی هوش مصنوعی، کاربردها و حوزه‌های به‌کارگیری، معرفی ربات‌ها و عامل‌های هوشمند و معماری کلی آن‌ها، معرفی ویژگی‌های محیط وظیفه عامل‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری.

۲- مروری بر انواع روش‌های حل مسئله در هوش مصنوعی، روش‌های جستجوی آگاهانه و ناآگاهانه، روش‌های مبتنی بر دانش و استنتاج، روش‌های یادگیری ماشین.

۳- مهندسی دانش و سیستم‌های خبره، معرفی قدم‌های اصلی در مهندسی دانش، برنامه‌نویسی سیستم‌های خبره، معرفی منطق‌های گوناگون ازجمله منطق گزاره‌ها، منطق فازی و کاربرد آن‌ها در سیستم خبره.

۴- مقدمه‌ای بر ابزار CLIPS و متغیرها، توابع، عبارت‌ها و واقعیت‌ها در آن، موتور استنتاج در CLIPS و روش استنتاج روبه‌جلو، آشنایی با JESS و نسخه فازی آن، منطق فازی و برنامه‌نویسی سیستم خبره.

۵- شبکه عصبی، مفاهیم و کاربردها، نحوه پیاده‌سازی و آموزش شبکه‌های عصبی در پروژه‌های عملی.

۶- مروری بر روش‌های کنترل هوشمند ربات‌های متحرک، به‌کارگیری یادگیری تقویتی در آموزش سیستم‌های رباتیک، الگوریتم‌های تکاملی و بهینه‌سازی پارامتر در کنترلر ربات‌ها به کمک این روش‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Russell, and P. Norving, *Artificial Intelligence: a Modern Approach*, 3rd Edition, Prentice-Hall, 2010.
2. J. Durkin, *Expert Systems: Design and Development*, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1994.
3. D. Koller, *Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques*, MIT Press, 2009.
4. J. Giarratano, and G. Riley, *Expert Systems: Principles and Programming*, 4th Edition, Course Technology, 2004.
5. P. Jackson, *Introduction to Expert Systems*, Addison-Wesley, 1990.
6. S. Sutten, and G. Barto, *Reinforcement Learning: an Introduction (Adaptive Computation and Machine Learning)*, MIT Press, 1998.
7. S. Haykin, *Neural Network and Leanrning Machines*, McMaster University, Canada Pub, 2018.
8. L. Chen, *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control*, CRC Press, 2000.
9. C. S. Krishnamoorthy, and S. Rajeev, *Artificial Intelligence and Expert Systems for Engineers*, CRC Press, 2018.
10. R. Akerkar, *Introduction to Artificial Intelligence*, PHI Learning Pvt. Ltd., 2014.

یادگیری عمیق

(Deep Learning)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مبانی نظری یادگیری عمیق، مدل‌های مختلف و تکنیک‌های آموزش شبکه‌های عصبی برای یادگیری عمیق است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر جایگاه و تاریخچه یادگیری عمیق.

۲- مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی.

۳- بهینه‌سازی در شبکه‌های عصبی: Mini-batch SGD و Stochastic Gradient Descent.

۴- آموزش شبکه‌های عصبی: توابع فعال‌سازی، مقداردهی اولیه، Regularization and Dropout، نرمال‌سازی دسته‌ای (Batch Normalization)، الگوریتم پرفشار خط (Back Propagation)، قواعد به‌روزرسانی، Ensembles, Data Augmentation.

۵- شبکه‌های عصبی کانولوشنی: لایه‌های Pooling، Convolution و Fully Connected.

۶- نرم‌افزارهای یادگیری عمیق:

Caffe, Torch, Theano, TensorFlow, Keras, Py Torch, etc.

۷- معماری‌های شبکه‌های عصبی کانولوشنی:

AlexNet, VGG, GoogleNet, ResNet, etc.

۸- شبکه‌های عصبی بازگشتی:

RNN, LSTM, GRU, image captioning and Attention, soll attention.

۹- یادگیری عمیق در تشخیص (Detection) و پخش بندی (Segmentation):

R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN.

۱۰-مصورسازی و اجرای شبکه‌های عمیق.

۱۱-مدل‌های مولد (Generative Models):

PixelRNN/CNN, Autoencoders, Generative Adversarial Networks (GAN).

۱۲-یادگیری تقویتی عمیق:

Policy gradients, hard attention, Q-Learning, Actor-Critic.

۱۳-کاربردهای عملی در مکاترونیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. L. Goodfellow, Y. Bencia, and A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.
2. H. H. Aghdarn, and E. J. Heravl, *Guide to Convolutional Neural Networks*, Springer Science & Business Media, 2017.
3. N. Buduma, and N. Locascio, *Fundamentals of Deep Learning: Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms*, O'Reilly Media, 2017.
4. J. Patterson, and A. Gibson, *Deep Learning: A Practitioner's Approach*, O'Reilly Media, 2017.
5. P. Kim, *MATLAB Deep Learning: With Machine Learning, Neural Networks and Artificial Intelligence*, 1st Edition, Apres, 2017.

یادگیری ماشین

(Machine Learning)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس فراهم آوردن یک مقدمه جامع بر یادگیری ماشین است. برای این کار رویکردهای اصلی بحث خواهد شد و اصول، تکنیک‌ها و کاربردهای پایه یادگیری ماشین مطرح می‌شوند.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه.
۲- یادگیری بیزی.
۳- یادگیری بر پایه مثال.
۴- ارزیابی فرضیه.
۵- الگوریتم انتشار خطا به عقب.
۶- ماشین بردار پشتیبان.
۷- رگرسیون خطی و لاجستیک.
۸- نظریه یادگیری محاسباتی.
۹- ترکیب دسته‌بندها.
۱۰-مدل اختلاط.
۱۱-یادگیری بر خط.
۱۲-یادگیری نیمه نظارتی.
۱۳-یادگیری فعال.
۱۴-یادگیری چند برچسبی.
۱۵-یادگیری از داده‌های غیر کامل.
۱۶-کاربردها در مکاترونیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. M. Mohri, A. Rostamizadeh, and A. Talwalkar, *Foundations of Machine Learning*, MIT Press, 2012.
2. T. M. Mitchell, *Machine Learning*, McGraw-Hill, 1997.
3. C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer Science & Business Media, 2006.
4. S. Marsland, *Machine Learning: an Algorithmic Perspective*, Chapman and Hall/CRC, 2014.
5. C. Sammut, and G. I. Webb, *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*, Springer Science & Business Media, 2017.

آیروالاستیسیته

(Aeroelasticity)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری نظریه‌های اولیه، مفاهیم پیشرفته، قوانین اساسی و کاربردی آیروالاستیسیته در مکانیک و هوافضا است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تعریف آیروالاستیسیته و تاریخچه، مباحث ارتعاشات مرتبط با آیروالاستیسیته.

۲- آیروالاستیسیته استاتیکی، واگرایی برای یک مقطع نمونه، اثرات سطوح کنترلی ازجمله ایلران، واگرایی برای بال مستقیم و پیچیده، روش جمع مودها، بال‌های مرکب.

۳- مدل‌های آیرودینامیکی، آیرودینامیک پایدار، آیرودینامیک شبه پایدار، آیرودینامیک ناپایدار، معادلات لاگرانژ، فرکانس‌ها و شکل مودها، سختی کششی، سختی خمشی، سختی پیچشی.

۴- آیروالاستیسیته دینامیکی، توصیف فیزیکی فلاتر، معادلات لاگرانژ، آنالیز پایداری و فلاتر برای یک مقطع نمونه، تأثیر باد، فلاتر سازه‌های یک‌بعدی، روش آنالیز مودال، فلاتر سازه‌های دوبعدی، آیرودینامیک ناپایدار.

۵- روش مدل‌سازی آیرودینامیک کاهش مرتبه یافته، روش اصلاح استاتیکی، روش مدل‌سازی آیروالاستیسیته کاهش مرتبه یافته، روش K ، روش P-K.

۶- عوامل مؤثر در آیروالاستیسیته، پایداری هواپیماهای انعطاف‌پذیر، معادلات آیروالاستیسیته در دامنه زمانی، معادلات آیروالاستیسیته در دامنه فرکانسی، معادلات آیروالاستیسیته در دامنه لاپلاسی.

۷- حل چند مثال برای بعضی هواپیماهای موجود، معرفی نرم‌افزارهای کاربردی برای مسائل آیروالاستیسیته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. E. H. Dowell, E. F. Crawley, H. C. Curtiss Jr., D. A. Peters, R. H. Scanlan, and F Sisto, *A Modern Course in Aeroelasticity*, 3rd Edition, Kluwer Academic Publishers, 2004.
2. D. H. Hodges, and G. Alvin Pierce, *Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2011.
3. W. Flügge, *An Introduction to the Theory of Aeroelasticity*, Dover Publications, 1969.
4. G. Dimitriadis, *Introduction to Nonlinear Aeroelasticity*, John Wiley & Sons, 2017.

آیرودینامیک پیشرفته

(Advanced Aerodynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری محاسبه نیروها و گشتاورهای آیرودینامیکی روی اجسام تجزیه و تحلیل هندسه جسم در جریان‌های تراکم پذیر و تراکم ناپذیر است.

رئوس مطالب:

۱- معادلات کلی جریان‌های لزج و غیر لزج، معادلات کلی جریان‌های تراکم ناپذیر و تراکم پذیر، طبقه‌بندی معادلات تراکم ناپذیر و تراکم پذیر، جریان گاز ایده‌آل، شرایط مرزی جریان‌های ایده‌آل، شرط جریان آزاد.

۲- شکل ماتریسی معادلات ناویر – استوکس در مختصات دکارتی و عمومی، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه.

۳- نظریه امواج انبساطی، روش امواج، روش مشخصه، معادلات و روش‌های حل جریان تراکم پذیر روی بال، بال-های سه‌بعدی فراصوتی.

۴- جریان تراکم پذیر فراصوتی و ابرصوتی روی اجسام تقارن محوری، اجسام بهینه با پسای مینیمم، جریان تراکم پذیر داخل مجاری همگرا و واگرا.

۵- اثرات لزجت در جریان‌های تراکم پذیر فراصوتی روی اجسام، تداخل امواج و لایه‌مرزی.

۶- روش متغیرهای مختلط برای حل جریان ایده‌آل، محاسبه توزیع فشار و تعیین نیروی برآ با استفاده از توابع پتانسیل مختلط، نگاشت‌های ساده، نگاشت شوارتس کریستوفل، نگاشت ژکوفسکی، جریان روی انواع مقاطع بال با استفاده از نگاشت‌ها، تحلیل جریان پیچیده.

۷- مقدمه‌ای بر روش‌های حل عددی جریان‌های تراکم پذیر، مطالب منتخب و مباحث ویژه در آیرودینامیک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. C. Hirsch, *Numerical Computation of Internal and External Flows: The Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*, 2nd Edition, Butterworth-Heinemann, 2007.
2. E. L. Houghton, P. W. Carpenter, S. Collicott, and D. Valentine, *Aerodynamics for Engineering Students*, 6th Edition, Butterworth-Heinemann, 2012.
3. J. Anderson, *Hypersonic and High Temperature Gas Dynamics*, 2nd Edition, AIAA, 2006.
4. J. J. Bertin, *Aerodynamics for Engineers*, 4th Edition, Prentice Hall, 2001.
5. K. Karamcheti, *Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics*, 2nd Edition, Krieger Pub. Co., 1980.
6. J. J. Chattot, and M. M. Hafez, *Theoretical and Applied Aerodynamics*, Springer, 2015.

دینامیک و کنترل فضاپیماها

(Spacecraft Dynamics and Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مفاهیم اولیه تعیین و کنترل وضعیت ماهواره قرارگرفته در مدار است. مباحث پایه مربوط به کنترل ماهواره‌های گرادیان جاذبه، چرخان و سه درجه آزادی بررسی می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه و مرور کلی: آشنایی با مکانیک مداری و دینامیک وضعیت، مسائل دو جسمی، سیستم‌های مختصات، مانورهای مداری، آشفتگی‌های مداری.

۲- دیدگاه سینماتیکی: توصیف دیدگاه سینماتیکی با استفاده از چارچوب‌های مرجع، ماتریس دوران، زاویه‌های اویلری، دوران محورهای ویژه اویلری، پارامترهای اویلری، کواترنیون‌ها، پارامترهای گیبس، معادلات دیفرانسیل سینماتیک.

۳- دینامیک دورانی جسم صلب: معادلات حرکت برای ماهواره‌های صلب، مومنتوم زاویه‌ای، معادلات اویلری، گشتاورهای اینرسی و محورهای اصلی.

۴- حرکت گشتاور آزاد: حرکت بدون گشتاور یک جسم صلب نامتقارن، حرکت کلی بدون گشتاور، پایداری حرکت بدون گشتاور حول محورهای اصلی.

۵- حرکت گشتاور جسم مقید: چرخش جسم نامتقارن با گشتاور ثابت با بدنه مقید، جسم صلب نامتقارن با گشتاور ثابت، پایداری خطی نقاط تعادل، تحلیل غیرخطی گشتاور ثابت حول محورهای اصلی یا فرعی، تحلیل غیرخطی گشتاور ثابت حول محور میانی.

۶- جسم صلب در مدار دایره‌ای: معادلات حرکت، تحلیل پایداری خطی، ماهواره چرخان، میرایی غیرفعال یک اسپینر دوتایی.

۷- دیدگاه کنترل و پایداری: پایداری گرادیان جاذبه GG، رفتار زمانی پایداری GG خالص، پایداری GG با میراگرهای فعال مغناطیسی، دیدگاه کنترل در فضا (مانورهای حرکت آرام)، کنترل پس‌خوراند کواترنیون، کنترل با استفاده از چرخ واکنش / گشتاور، کنترل با استفاده از CMG، کنترل با استفاده از نیروی رانش و تعدیل پالس، کنترل با استفاده از عملگر مغناطیسی.

۸- دیدگاه تعیین وضعیت: معرفی حسگرهای تعیین وضعیت، توصیف اندازه‌گیری‌های موردنیاز برای تعیین وضعیت یک فضاپیما، الگوریتم‌های تعیین وضعیت اساسی (Triad، q-Method، QUEST).

۹- موضوعات پیشرفته: طراحی ADCS (زیرسیستم تعیین وضعیت و کنترل)، ماهواره‌های متصل، اثرات انعطاف‌پذیری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. B. Wie, *Space Vehicle Dynamics and Control*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.
2. M. J. Sidi, *Spacecraft Dynamics and Control: a Practical Engineering Approach*, Cambridge University Press, 1997.
3. J. R. Wertz, *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Springer Science & Business Media, 2012.
4. M. H. Kaplan, *Modern Spacecraft Dynamics and Control*, 1st Edition, John Wiley & Sons, 1976.
5. V. A. Chobotov, *Spacecraft Attitude Dynamics and Control*, Orbit Book Co., 1991.
6. W. T. Thomson, *Introduction to Space Dynamics*, Dover Publications Inc., 1986.
7. P. C. Hughes, *Spacecraft Attitude Dynamics*, Courier Corporation, 2012.
8. A. E. Bryson, *Control of Spacecraft and Aircraft*, Princeton University Press, 1994.
9. W. Hu, *Fundamental Spacecraft Dynamics and Control*, John Wiley & Sons, 2015.
10. L. Mazzini, *Flexible Spacecraft Dynamics, Control and Guidance*, Springer Rome, 2015.

هدایت و ناوبری ۱

(Guidance and Navigation I)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس معرفی اطلاعات و مهارت‌های ضروری موردنیاز برای تحلیل و طراحی انواع سیستم‌های ناوبری با تأکید بر ناوبری اینرسی و ماهواره‌ای و تلفیق آن‌ها و بیان مقدمه‌ای از روش‌های هدایت می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: تعاریف و مفاهیم هدایت و ناوبری.

۲- اویونیک: معرفی انواع نمایشگرها، حس‌گرها و تجهیزات ناوبری و اتوماسیون پرواز.

۳- ناوبری: انواع روش‌های ناوبری (اینرسی، رادیویی و غیره)، اصول ناوبری اینرسی، انواع دستگاه‌های مختصات و ماتریس‌های انتقال، معادلات ناوبری، ناوبری میز پایدار و متصل به بدنه، تأثیر زمین بیضوی و حس‌گرهای اینرسی.

۴- ناوبری ماهواره‌ای: اصول حاکم بر ناوبری، تعیین حداقل تعداد ماهواره موردنیاز، خطای زمان، شیفت داپلر، اثر تروپوسفر و مدل‌سازی ناوبری ماهواره‌ای.

۵- ناوبری اینرسی: معادلات مکانیزاسیون سرعت، موقعیت و زاویه، تحلیل خطاهای حسگرها و خطای سیستمی و معادلات گسترش خطا به فرم فضای حالت خطی.

۶- تلفیق: تلفیق ناوبری اینرسی و ناوبری ماهواره‌ای، بیان معادلات تلفیق و اثرات ترکیب داده حسگرها، Loosely Coupled، Tightly Coupled و استخراج معادلات به فرم فضای حالت اتفاقی.

۷- تخمین بهینه: فیلتر کالمن و کاربرد آن در ناوبری تلفیقی، تخمین وضعیت زاویه‌ای، سرعت و موقعیت بر اساس اطلاعات سیستم تلفیقی.

۸- شبیه‌سازی و حل یک سیستم ناوبری اینرسی ماهواره‌ای به‌صورت عملی.

۹- هدایت: تعاریف و مفاهیم، انواع سیستم‌های هدایت، مسیرهای هدایت، انواع حس‌گرهای سیستم هدایت، استخراج قوانین هدایت دونقطه‌ای و استخراج قوانین هدایت سه‌نقطه‌ای.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. P. Zarchan, *Tactical and Strategic Missile Guidance*, 4th Edition, AIAA Education Series, 2002.
2. G. M. Siouris, *Missile Guidance and Control Systems*, Springer Science & Business Media, 2004.
3. D. H. Titterton, and J. L. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2004.
4. R. M. Rogers, *Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2003.
5. A. Noureldin, and T. B. Karamat, *Fundamentals of Inertial Navigation: Satellite Based Positioning and their Integration*, Springer Science & Business Media, 2013.
6. K. P. Valavanis, and J. Vachtsevanos, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicle*, Springer Science & Business Media, 2015.
7. R. Yanushevsky, *Modern Missile Guidance*, CRC Press, 2018.

هدایت و ناوبری ۲

(Guidance and Navigation II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس بیان روش‌های نوین در هدایت و ناوبری وسایل پرنده هوافضایی است.

رئوس مطالب:

۱- تعاریف حاکم بر هدایت وسایل پرنده و جایگاه هدایت در سه‌گانه هدایت، ناوبری و کنترل.

۲- هدایت دونقطه‌ای، قواعد هندسی حاکم بر هدایت، قانون هدایت به فرم حلقه بسته، دسته‌بندی روش‌های هدایت مبتنی بر خط دید، هدایت مستقیم، هدایت تعقیب، هدایت موازی، هدایت تناسبی و مشتقات آن، عوامل خطا در هدایت دونقطه‌ای، خطای شکست موج، خطای دینامیک سیستم، خطای مانور هدف، بررسی قانون هدایت حلقه بسته تناسبی در حضور عوامل خطا، بررسی پایداری حلقه هدایت، هدایت بهینه، روش‌های نوین هدایت (هدایت ترکیبی با کنترل IGC).

۳- هدایت سه‌نقطه‌ای، بیان معادلات به فرم صفحه‌ای و برداری، روش خط دید، روش‌های اجرای هدایت سه‌نقطه‌ای، BR، CLOS، قانون هدایت به فرم حلقه بسته.

۴- هدایت وسایل پرنده از نقاط راه، روش جستجو در گراف، روش ورونویی، هموارسازی مسیر، منحنی‌های بیزیه و دیوبینس.

۵- هدایت پرواز گروهی، پرواز گروهی متمرکز و غیرمتمرکز، آرایش رهبر - پیرو، آرایش رفتاری (Behavioral).

۶- هدایت موشک بالستیک در فاز فعال، روش‌های هدایت لامبرت، Q، GEM.

۷- هدایت اجسام پرنده فضایی بازگشتی به اتمسفر، ویژگی‌های مسیر حرکت، محدوده قابل‌دسترس (Foot Print)، هدایت اجسام بازگشتی با نسبت برآ به پسای کوچک.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. P. Zarchan, *Tactical and Strategic Missile Guidance*, 4th Edition, AIAA Education Series, 2002.
2. G. M. Siouris, *Missile Guidance and Control Systems*, Springer Science & Business Media, 2004.
3. D. H. Titterton, and J. L. Weston, *Strapdown Inertial Navigation Technology*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2004.
4. R. M. Rogers, *Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2003.
5. A. Noureldin, and T. B. Karamat, *Fundamentals of Inertial Navigation: Satellite Based Positioning and their Integration*, Springer Science & Business Media, 2013.
6. K. P. Valavanis, and J. Vachtsevanos, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicle*, Springer Science & Business Media, 2015.
7. R. Yanushevsky, *Modern Missile Guidance*, CRC Press, 2018.
8. F. J. Regan, and S. M. Anandarkishnan, *Dynamics of Atmospheric Re-Entry*, AIAA Education Series, 1995.

برنامه‌نویسی پیشرفته

(Advanced Programming)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفت در برنامه‌نویسی، یادگیری برنامه‌نویسی سطح بالا بر اساس ایده شیءگرای است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر برنامه‌نویسی ساخت‌یافته (Structured Programming).

۲- شیء (Object) و تعریف آن، تشخیص اشیا در یک مسئله و ارتباط آن‌ها با یکدیگر، مفهوم طراحی شیءگرا (Object Oriented) و مقایسه آن با برنامه‌نویسی ساخت‌یافته.

۳- تاریخچه و معرفی زبانه‌ای برنامه‌نویسی شیءگرا، انتخاب یک‌زبان مناسب (معمولاً C ++ یا Java) برای بیان مفاهیم.

۴- معرفی کلاس (Class) و چگونگی پیاده‌سازی آن، اعضای کلاس، ارتباط کلاس و شیء، محدودیت‌های اعضای کلاس، مفهوم سازنده (Constructor) و آرگومان‌های پیش‌فرض، استفاده از مخرب (Destructor)، انتساب اشیا به یکدیگر، ارسال اشیا به توابع و بازگرداندن اشیا از توابع، مفاهیم پیشرفته‌تر در ارتباط با کلاس‌ها.

۵- سربار گذاری عملگرها (Operator Overloading).

۶- وراثت (Inheritance) و چگونگی استفاده از آن، توابع مجازی (Virtual Functions)، چندبخشی (Polymorphism)، مفهوم قالب (Template).

۷- جریان‌ها (Streams)، فایل‌ها (Files)، باز کردن و بستن فایل‌ها، خواندن و نوشتن فایل‌های متنی، ورودی و خروجی، فایل‌های باینری، شیوه‌های دسترسی به فایل‌ها، کتابخانه قالب استاندارد (Standard Template Library)، مدیریت استثنا (Exception Handling).

۸- مقدمه‌ای بر ساختمان داده‌ها (Data Structures)، الگوریتم‌های جستجو و مرتب‌سازی (Searching and Sorting Algorithms).

۹- واسط گرافیکی کاربر (Graphical User Interface, GUI).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. Jhorsonbaugh, and M. Kalin, *Object-Oriented Programming in C++*, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1999.
2. H. Schildt, *C++: The Complete Reference*, 4th Edition, McGraw-Hill, 2002.
3. H. Deitel, and P. Deitel, *Java: How to Program*, 9th Edition, Prentice-Hall, 2011.
4. H. Deitel, and P. Deitel, *C++: How to Program*, 8th Edition, Prentice-Hall, 2013.
5. J. Bentley, *Programming Pearls*, Addison-Wesley Professional, 2016.
6. H. Schildt, *Java: the Complete Reference*, McGraw-Hill Education Group, 2014.
7. M. Gregoire, *Professional C++*, John Wiley & Sons, 2021.
8. M. Stevanovic, *Advanced C and C++ Compiling*, Apress, 2014.

روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته

(Advanced Measurements Methods)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری تجزیه و تحلیل انواع سیستم‌ها و روش‌های اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی نظیر سرعت، فشار، دما، چگالی، قدرت، تنش، کرنش، جزء گاز و خواص گاز و ثبت داده‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- بررسی سیگنال‌ها و اغتشاشات در دستگاه‌های اندازه‌گیری، سیستم‌های سنجش از راه دور، اندازه‌گیری با لیزر، اندازه‌گیری با عکس‌برداری، اندازه‌گیری ارتفاع موشک و ماهواره.

۲- قوانین و فرمول‌های محاسبه خصوصیات مایعات و گازها و سیستم‌های اندازه‌گیری آن‌ها نظیر ارتفاع مایعات، فشار، سرعت، دما، چگالی، رطوبت نسبی، میزان انتقال گرما و خصوصیات حرارتی ماده، اندازه‌گیری PH.

۳- قوانین و فرمول‌های محاسبه خصوصیات جامدات نظیر تنش، کرنش، سرعت، ضخامت ورق، فتوالاستیسیته در مقاومت مصالح.

۴- قوانین و فرمول‌های محاسبه خصوصیات سیستم‌های مکانیکی - برقی و سیستم‌های اندازه‌گیری آن‌ها شامل مقاومت ماده، مقاومت زمین، ولت، آمپر، اندازه‌گیری سلف و خازن.

۵- قوانین و فرمول‌های محاسبه خصوصیات آلاینده‌ها و اندازه‌گیری آن‌ها نظیر تجزیه گازها، غلظت آلاینده‌های گازی، تجزیه گازها، طیف‌سنجی، خصوصیات شیمیایی سوخت‌ها.

۶- کاربرد کامپیوتر در سیستم‌های اندازه‌گیری، سیستم‌های اندازه‌گیری خودکار، اندازه‌گیری تابع تبدیل سیستم‌ها، ثبت و نمایش داده‌ها.

۷- مباحث ویژه در اندازه‌گیری، نانو حسگرها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. Md. Zahurul Haq, *Applied Measurement Systems*, InTech, 2012
2. D. Skoog, F. J. Hooler, and S. R. Crouch, *Principles of Instrumental Analysis*, 6th Edition, Brooks Cole, 2006.
3. J. P. Bentley, *Principles of Measurement Systems*, 4th Edition, Prentice Hall, 2005.
4. E. O. Doebelin, *Measurement Systems: Application and Design*, 5th Edition, McGraw-Hill, 2003.
5. J. J. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation & Measurements*, 3rd Edition, Pearson Education, 2003.
6. A. K. Sawhney, *Electrical and Electronic Measurements Instumentation*, 17th Edition, Dhanpat Rai & Sons, 2002.
7. R. S. Figliola, and D. E. Beasley, *Theory and Design for Mechanical Measurements*, John Wiley & Sons, 2020.

روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته

(Advanced Optimization Methods)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف این درس ارائه روش‌های بهینه‌سازی، کنترل بهینه و روش‌های حل عددی برای مسائل بهینه‌سازی غیرخطی است. مطالب ارائه‌شده در این واحد درسی به‌گونه‌ای تنظیم‌شده تا از دید مهندسی کاربردی باشد.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه: ارائه مدل‌های مختلف مسائل بهینه‌سازی و دسته‌بندی مسائل بهینه‌سازی.

۲- برنامه‌ریزی خطی: روش سیمپلکس، دوگان برنامه‌ریزی خطی، آنالیز حساسیت و روش‌های عددی برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی.

۳- برنامه‌ریزی غیرخطی: مسائل بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی غیر مقید و مقید، بیان شرایط لازم و کافی بهینگی به فرم فوینوز، جان و کارول، کان تاکر، دوگان مسائل غیرخطی، شکاف دوگانگی، روش‌های حل عددی برای مسائل بهینه‌سازی غیرخطی، برنامه‌سازی هندسی مقید و غیر مقید، برنامه‌ریزی متغیر صحیح، بهینه‌سازی چند تابع هدف و برنامه‌ریزی زمان – پیوسته.

۴- حساب تغییرات و کنترل بهینه: مسائل حساب تغییرات و معادلات اویلر – لاگرانژ، شرایط لازم و کافی برای مسائل کنترل بهینه و آشنایی با روش‌های غیر هموار مسائل بهینه‌سازی و کنترل بهینه.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. S. Rao, *Engineering Optimization: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, 2019.
2. M. S. Bazaraa, H. D. Sherali, and J. Hanif, *Nonlinear Programmimg: Theory and Algorithms*, John Wiley & Sons, 2006.
3. A. Ravindran, K. M. Ragsdell, and G. V. Reklaitis, *Engineering Optimization*, John Wiley & Sons, 2006.
4. M. S. Bazaraa, J. J. Hanif, and H. D. Sherali, *Linear Programming and Network Flows*, John Wiley & Sons, 2010.
5. P. Pedregal, *Introduction to Optimization*, Springer Science & Business Media, 2006.
6. M. Jeter, *Mathematical Programming: an Introduction to Optimization*, Routledge, 2018.

مباحث ویژه در مهندسی مکانیک

(Selected Topics in Engineering Mechanics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث ویژه و جدید در مهندسی مکانیک و هم چنین کاربرد تکنیک‌های مورد نیاز جهت انجام امور تحقیقاتی است.

رئوس مطالب:

استاد ارائه کننده با توجه به تخصص خود، مباحث و رئوس مطالب را به گروه پیشنهاد داده که پس از بحث، بررسی و تایید در گروه، درس قابل ارائه خواهد بود.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	–	–	–

متناسب با نظر استاد راهنما در نظر گرفته می‌شود.

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

متناسب با نظر استاد راهنما ارائه می‌شود.

اکسرژی

(Exergy)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس ارائه روش‌های قانونمند جهت بررسی کمی و کیفی اکسرژی در تجهیزات مکانیکی و آشنایی با روش‌های اکسرژی می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- تاریخچه آنالیز اکسرژی، جایگاه کاربرد آن در تجهیزات مکانیکی، مثال‌های فیزیکی، تعاریف اصول حاکم بر اکسرژی، مفاهیم قانون دوم ترمودینامیک، نمودارهای انتروپی– درجه حرارت و اکسرژی حرارتی.

۲- کیفیت انرژی، قوانین اول و دوم ترمودینامیک، نمودارهای دما – آنتروپی، اکسرژی سیستم بسته، اکسرژی حجم کنترل.

۳- تغییر اکسرژی از آنتالپی، فرمول دما، فرمول فشار، فرمول اختلاط و تفکیک، راندمان قانون دوم ترمودینامیک.

۴- آنالیز اکسرژی مصرف‌کننده انرژی (تجهیزات انتقال سیال) و تولیدکننده کار (توربین)، آنالیز اکسرژی مبدل‌های حرارتی و کوره‌ها، پمپ‌ها، نیروگاه‌های حرارتی، سردخانه‌ها، پالایشگاه‌ها و واحدهای صنعتی.

۵- واکنش‌ها، مفاهیم واکنش‌ها، تراز اکسرژی واکنشگرها.

۶- تلفات قابل‌اجتناب و غیرقابل‌اجتناب، تلفات غیرقابل‌اجتناب در واکنشگرها، تلفات غیرقابل‌اجتناب از عوامل بدیهی، تلفات لازم برای محدود کردن هزینه سرمایه‌ای.

۷- هدررفت‌های غیرقابل‌اجتناب در تجهیزات مهندسی و جلوگیری از هدررفت‌ها با صرف هزینه‌های سرمایه‌گذاری محدود، کاربرد اکسرژی و اقتصاد در بهینه‌سازی انرژی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. I. Dincer, and M. A. Rosen, *Exergy: Energy, Environment and Sustainable Development*, 1st Edition, Newns, 2012.
2. M. Moran, and H. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 6th Edition, John Wiley & Sons, 2007.
3. M. Potter, and C. Somerton, *Schaum's Outline of Thermodynamics for Engineers*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2006.
4. R. Sontage, C. Borgnakke, and G. Van Wylen, *Fundamentals of Thermodynamics*, 6th Edition, John Wiley & Sons, 2003.
5. T. J. Kotas, *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Krieger Pub Co, 1995.
6. J. Holman, *Thermodynamics*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1980.
7. T. Taner, *Application of Exergy*, BoD–Books on Demand, 2018.
8. M. Aziz, *Exergy and Its Application: Toward Green Energy Production and Sustainable Environment*, BoD–Books on Demand, 2019.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

انتقال حرارت تابشی

(Radiative Heat Transfer)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس تشریح اصول انتقال حرارت تابشی در سطوح و درون گازها و روش محاسبه انتقال حرارت تابشی بین اجسام و گازها است.

رئوس مطالب:

۱- اصول انتقال حرارت تابشی، نظریه امواج الکترومغناطیس و انتشار آن، خواص جسم سیاه، خواص جذب سطوح، قانون کرشف.

۲- خواص تابشی سطوح واقعی، انتشار جسم غیر سیاه، انعکاس، مکانیزم فیزیکی جذب و انتشار اجسام.

۳- تبادل انتقال حرارت تابشی بین سطوح، ضریب شکل برای سطوح پخشنده، تبادل تابش در محفظه‌های بسته با سطوح سیاه و خاکستری، تشابه الکتریکی، تابش بین سطوح آینه‌ای، تابش بین سطوح غیر خاکستری، روش مونت کارلو، روش انتگرالی، روش ردیابی در سطوح آیینه‌ای.

۴- انتقال حرارت ترکیبی تابشی، جابجایی و رسانایی.

۵- مبانی جمع کننده‌های خورشیدی، جمع کننده‌های خورشیدی تخت و سهموی.

۶- انتقال حرارت تابشی در گازها، خواص اپتیکی گاز، تضعیف شدت انرژی، جذب و پخش و انتشار یک گاز، گاز خاکستری، تابش در گازهای هم‌دما و غیرهم‌دما، روش‌های تقریبی حل معادله.

۷- محاسبه ضرایب متوسط جذب و انتقال اجسام طیفی، طول متوسط شعاع اشعه از یک گاز به تمام یا قسمتی از مرز جسم، انتقال حرارت تابشی بین گاز و مرز جامد گاز، انتقال حرارت تابشی در کوره‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. Siegle, and J. Howell, *Thermal Radiation Heat Transfer*, 4th Edition, Taylor & Francis, 2002.
2. M. Modest, *Radiative Heat Transfer*, 3rd Edition, Academic Press, 2013.
3. R. Mahan, *Radiation Heat Transfer*, John Wiley & Sons, 2002.
4. M. F. Modest, and D. C. Haworth, *Radiative Heat Transfer In Turbulent Combustion Systems: Theory and Applications*, Springer, 2016.
5. E. M. Sparrow, *Radiation Heat Transfer*, Routledge, 2018.

انتقال حرارت دوفازی

(Two Phase Heat Transfer)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری نظریه‌های اولیه، مفاهیم پیشرفته و قوانین اساسی و کاربردی در انتقال حرارت دوفازی است.

رئوس مطالب:

۱- جریان‌های دوفازی، قوانین ترمودینامیک، پدیده‌های تماسی و معادلات تعادل بین مایع و گاز، رژیم‌های جریان دوفازی، اغتشاش در جریان‌های دوفازی.

۲- مدل‌سازی جریان دوفازی، افت فشار در جریان دوفازی، محاسبه ضریب انتقال حرارت دوفازی در لوله‌های مدور در رژیم‌های مختلف جریان، مباحث مرتبط با مجاری با ابعاد میکرو.

۳- جوشش، جوشش استخری، اصول تشکیل حباب، انتقال حرارت در جوشش هسته‌ای.

۴- روابط حاکم بر جوشش هسته‌ای و جوشش لایه‌ای، رژیم‌های جوشش در جریان‌های اجباری.

۵- مباحث هیدرودینامیکی در جوشش و جریان دوفازی آن، روابط حاکم در جوشش اشباع، مباحث مربوط به ناپایداری جریان دوفازی.

۶- تقطیر، مباحث مقدماتی تقطیر، مقاومت حرارتی در تقطیر، تقطیر آرام هم‌دما در لوله‌های افقی، قائم و مورب، روابط حاکم در جریان مغشوش، رژیم‌های دوفازی برای تقطیر.

۷- روابط تقطیر برای بخار کاملاً اشباع، افت فشار در مجاری همراه با تقطیر، تقطیر در مجاری میکرو.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. Collier, and J. Thome, *Convective Boiling and Condensation*, 3rd Edition, Oxford University Press, 1996.
2. S. M. Ghiasiaan, *Two-Phase Flow, Boiling, and Condensation, In Conventional and Miniature Systems*, Cambridge University Press, 2014.
3. M. Hishii, and T. Habiki, *Thermo-Fluid Dynamics of Two-Phase Flow*, Springer, 2005.
4. O. Shoham, *Mechanistic Modeling of Gas-Liquid Two-phase Flow in Pipes*, Society of Petroleum, 2006.
5. L. S. Tong, and Y. S. Tang, *Boiling Heat Transfer and Two-Phase Flow*, 2nd Edition, CRC Press, 1997.
6. S. K. Saha, H. Ranjan, M. S. Emani, and A. K. Bharti, *Two-Phase Heat Transfer Enhancement*, Springer, 2019.

انتقال حرارت رسانایی

(Conduction Heat Transfer)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مسائل رسانایی حرارتی در مختصات کارتزین، استوانه‌ای و کروی توسط روش‌های مختلف حل معادلات شامل جدا سازی متغیرها، تبدیلات انتگرالی و لاپلاس و تکنیک‌های عددی است.

رئوس مطالب:

۱- مبانی انتقال حرارت، روش‌های انتقال حرارت، قانون بقا انرژی، قانون هدایت حرارتی فوریه.

۲- معادله عمومی هدایت حرارت، شرایط اولیه و مرزی، قانون سرمایش نیوتن، قانون تشابه استفان – بولتزمن.

۳- هدایت حرارتی دائم و یک بعدی، هدایت حرارتی دائم بدون و با منبع گرما در دیواره مسطح و مرکب، دیواره‌های استوانه‌ای مرکب و کروی، مقاومت تماسی، اثر پوشش، وابستگی ضریب هدایت به دما، سطوح گسترش یافته.

۴- هدایت حرارتی دو و سه بعدی دائم، مسائل در دستگاه‌های دکارتی، استوانه‌ای و کروی، حل معادلات به روش جدا سازی متغیرها، ناهمگنی در معادلات و شرایط مرزی، چند جمله‌ای لژاندر، سری‌های فوریه، لژاندر، فوریه، بسل.

۵- هدایت حرارتی غیر دائم، سیستم‌های ظرفیت انباشته، سیستم‌های یک بعدی غیر دائم شامل سرمایش یا گرمایش صفحه با طول زیاد، استوانه بلند و یک جسم کروی، حل مسائل دو یا سه بعدی به روش جدا سازی متغیرها.

۶- روش حل معادله هدایت حرارتی با تبدیلات انتگرالی، انتگرال دوهامل، تبدیلات فوریه محدود، تبدیلات فوریه در محدوده نیمه بی‌نهایت، مسائل دائم و غیر دائم دو یا سه بعدی در مختصات‌های دکارتی، استوانه‌ای و کروی.

۷- روش‌های حل با تبدیل لاپلاس، تعریف و خواص تبدیل لاپلاس، معکوس تبدیل لاپلاس، تبدیلات لاپلاس و مسائل هدایت حرارتی شامل دیوار مسطح، جسم نیمه بی‌نهایت، استوانه توپر و کره توپر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. V. S. Arpaci, *Conduction Heat Transfer*, Pearson Custom Pub., 1991.
2. G. Nellis, and S. Klein, *Heat Transfer*, Cambridge University Press, 2012.
3. F. Incorpera, and D. Dewitt, *Introduction to Heat Transfer*, 5th Edition, John Wiley & Sons, 2007.
4. D. Poulikakos, *Conduction Heat Transfer*, Prentice Hall, 1994.
5. M. N. Ozisik, *Heat Conductio*", 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1993.
6. F. Kreith, and R. M. Manglik, *Principles of Heat Transfer*, Cengage Learning, 2016.
7. C. H. Forsberg, *Heat Transfer Principles and Applications*, Elsevier, 2020.

انرژی خورشیدی پیشرفته

(Advanced Solar Energy)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول دستیابی به انرژی خورشیدی، طراحی سیستم‌های خورشیدی و کاربردهای آن در صنعت است.

رئوس مطالب:

۱- وضعیت انرژی در جهان و ایران و تاریخچه استفاده از انرژی خورشیدی، مفاهیم تابش و وسایل اندازه‌گیری تابش خورشیدی.

۲- طراحی سیستم‌های خورشیدی، سیستم‌های شیمی خورشیدی، سیستم‌های فتوبیولوژی، جمع کننده‌های خورشیدی، جمع کننده‌های لوله‌ای، سیستم‌های گرما خورشیدی، بررسی اصول سیستم‌های فتوولتائیک.

۳- طراحی اجزای سیستم‌های گرما خورشیدی، طراحی آب‌گرم‌کن‌های خورشیدی، سیستم‌های ذخیره گرمایی، گرمایش خورشیدی انفعالی و فعال، گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها، روشنایی معابر.

۴- طراحی سیستم‌های جمع‌آوری و ذخیره انرژی خورشیدی.

۵- سیستم‌های تولید قدرت و نیروگاه‌های خورشیدی، موتور بخار خورشیدی، موتور هوای گرم خورشیدی، گلخانه‌ها، سیستم‌های سردکننده خورشیدی.

۶- سیستم‌های خشک‌کن خورشیدی، پمپ‌های حرارتی خورشیدی، نیروگاه‌های خورشیدی تخت، برج‌های نیرو، نیروگاه‌های خورشیدی با جمع کننده سهموی.

۷- استفاده از انرژی خورشیدی در سیستم‌های تولید هم‌زمان، پروژه‌ها و نیروگاه‌های انرژی خورشیدی در ایران و جهان.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. Kalogirou, *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, 2nd Edition, Elsevier Academic Press, 2014.
2. M. Boxwell, *Solar Electricity Handbook: A Simple, Practical Guide to Solar Energy - Designing and Installing Photovoltaic Solar Electric Systems*, 2nd Edition, Code Green Publishing, 2009.
3. M. A. Green, *Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion*, Springer, 2005.
4. D. Y. Goswami, F. Kreith, and J. F. Kreider, *Principles of Solar Engineering*, CRC Press, 2000.
5. J. A. Duffie, and W. A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wilye & Sons, New York, 1980.
6. G. N. Tiwari, and L. Sahota, *Advanced Solar-Distillation Systems: Basic Principles, Thermal Modeling and its Application*, Springer, 2017.
7. G. D. Rai, *Solar Energy Handbook*, Mercury Learning and Information, 2021.

انرژی‌های تجدید پذیر

(Renewable Energy)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول ارزیابی و پیش‌بینی انرژی انواع منابع انرژی‌های تجدید پذیر، طراحی سیستم‌های انرژی تجدید پذیر و کاربردهای آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر انرژی‌های تجدید پذیر، انواع، ویژگی‌های مهم، محدودیت‌ها و فرصت‌های موجود در تسریع به‌کارگیری، دور نمای درازمدت استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر.

۲- انرژی خورشیدی، مفاهیم تابش خورشیدی، وسایل اندازه‌گیری تابش خورشیدی، سیستم‌های خورشیدی، سیستم‌های فتوولتائیک، طراحی انواع جمع کننده‌های خورشیدی، طراحی انواع سیستم‌های گرما خورشیدی.

۳- انرژی باد، مزایا و معایب، جایگاه انرژی باد در جهان و ایران، باد و محیطزیست، طراحی اجزای توربین‌های بادی (توربین‌های بزرگ، متوسط و کوچک) از نوع محور افقی و محور عمودی.

۴- هیدروژن و پیل سوختی، مزایا و معایب، کاربردها، طریقه عملکرد، ترمودینامیک و سینتیک الکتروشیمیایی، ساختمان پیل، پدیده‌های انتقال در پیل، روش‌های تولید، ذخیره و انتقال هیدروژن، ایمنی هیدروژن.

۵- انرژی زمین‌گرمایی، جایگاه در جهان و ایران، مشخصات زمین‌شناسی، چاه‌های تولیدی و تزریق، نیروگاه زمین‌گرمایی، کاربردهای غیر نیروگاهی، طراحی سیستم‌های انرژی بر مبنای انرژی زمین‌گرمایی.

۶- انرژی زیست‌توده یا بیومس، مزایا و معایب، مواد زیستی، منابع، مدیریت و مهار انرژی زیستی، سیستم‌های گرمایی و قدرت بر مبنای انرژی زیست‌توده.

۷- انرژی امواج و دریاها، مزایا و معایب، انرژی موج، نیروگاه‌های موجی و جزر و مدی، طراحی نیروگاه‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. F. Barbir, *PEM Fuel Cells: Theory and Practice*, Elsevier Academic Press, 2013.
2. R. P. Hayre, S. W. Cha, W. Colella, and F. B. Prinz, *Fuel Cell Fundamentals*, John Wiley & Sons, New York, 2006.
3. S. Kalogirou, *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, Elsevier, 2009.
4. M. M. El-Wakil, *Power Plant Technology*, McGraw-Hill, 2005.
5. G. Boyle, *Renewable Energy*, 2nd Edition, OUP Oxford, 2004.
6. B. Sorensen , *Renewable Energy*, Academic Press, 2000.
7. J. Twidell, and T. Weir, *Renewable Energy Resources*, Routledge, 2015.
8. J. Hossain, and A. Mahmud, *Renewable Energy Integration: Challenges and Solutions*, Springer Science & Business Media, 2014.
9. G. D. Rai, *Solar Energy Handbook*, Mercury Learning and Information, 2021.
10. M. R. Patel, and O. Beik, *Wind and Solar Power Systems: Design, Analysis, and Operation*, CRC Press, 3rd Edition, 2021.
11. D. Elliott, *Renewable Energy*, 1st Edition, Polity, 2020.

پدیده‌های انتقال در محیط متخلخل

(Transport Phenomena in Porous Media)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مسائل مختلف حرکت سیال، انتقال جرم و انتقال حرارت در محیط متخلخل و معادلات حاکم بر آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- نظریه اساسی جریان سیال در یک محیط متخلخل، پدیده‌های انتقال در یک محیط بسته متخلخل.
۲- نفوذپذیری محیط متخلخل، تأثیر فاکتورهایی مانند دما بر نفوذپذیری محیط متخلخل.
۳- جریان سیال در محیط متخلخل، معادلات کلی جریان، معادلات ماکروسکوپیک حرکت از میان محیط متخلخل، معادله دارسی، معادلات غیر دارسی.
۴- جریان سیال چند فازی در محیط متخلخل.
۵- انتقال حرارت در محیط متخلخل، هدایت حرارتی در محیط متخلخل، معادلات هدایت حرارتی.
۶- انتقال حرارت جابجایی اجباری در محیط متخلخل و معادلات حاکم بر آن.
۷- انتقال حرارت جابجایی طبیعی در مجرای دایره‌ای افقی متخلخل، انتقال حرارت گذرا در محیط متخلخل (جریان-های خارجی).
۸- مباحث ویژه، تأثیر غیر همگنی محیط متخلخل بر جریان سیال و انتقال حرارت، اثرات غیر دارسی در جریان جابجایی اجباری، روش‌های عددی برای حل معادلات حاکم بر جریان سیال درون محیط متخلخل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. B. I. Derek, and I. Pop, *Transport Phenomena in Porous Media*, Elsevier, 1998.
2. F. A. L. Dullian, *Porous Media: Fluid Transport and Pore Structure*, Academic Press, 2007.
3. F. Civan, *Porous Media Transport Phenomena*, John Wiley & Sons, 2011.
4. D. A. Nield, and A. Bejan, *Convection in Porous Media*, Springer, 2006.
5. J. Bear, *Dynamics of Fluids in Porous Media*, Dover Publications, 1988.
6. G. Dagan, U. Hornung, and P. Knabner, *Mathematical Modeling for Flow and Transport Through Porous Media*, Springer, 1992.
7. J. Bear, and M. Y. Corapcioglu, *Advances in Transport Phenomena in Porous Media*, Springer Science & Business Media, 2019.
8. M. K. Das, P. P. Mukherjee, and K. Muralidhar, *Modeling Transport Phenomena in Porous Media with Applications*, Springer, 2017.

پردازش موازی

(Parallel Processing)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی با ساختار ماشین‌های پردازش موازی و چگونگی برنامه‌نویسی برای این نوع ماشین‌ها به‌منظور افزایش سرعت پردازش محاسبات است. آشنایی با مفاهیم برنامه‌نویسی پایه در زبان‌های C و یا Fortran برای اخذ این درس توصیه می‌شود.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر پردازش موازی، آشنایی با ساختار پردازنده‌های مدرن و مفهوم هرم حافظه، آشنایی با پردازنده‌های چندهسته‌ای و چند رشته‌ای.

۲- آشنایی با سیستم‌عامل لینوکس و معرفی دستورات پرکاربرد، معرفی کامپایلرها و طریقه استفاده از آن‌ها در لینوکس.

۳- روش‌های بهینه‌سازی کدهای سریال و آشنایی با مفهوم Profiling، بهینه‌سازی دسترسی به اطلاعات در بخش‌های مختلف حافظه و معرفی معیارهای مقایسه کدهای ساده از این لحاظ.

۴- آشنایی با انواع مختلف ماشین‌های پردازش موازی، توصیف ویژگی‌های ماشین‌های حافظه مشترک و ماشین‌های با حافظه توزیع‌شده.

۵- اصول موازی‌سازی کدهای محاسباتی، مفهوم Speedup، مقیاس‌پذیری در موازی‌سازی، مقیاس‌پذیری قوی و ضعیف و قوانین مرتبط، مفهوم توازن در توزیع کار.

۶- برنامه‌نویسی برای کامپیوترهای حافظه مشترک با Open-MP، معرفی دستورات پرکاربرد Open-MP و تبدیل یک کد سریال به یک کد موازی با استفاده از Open-MP.

۷- برنامه‌نویسی برای کامپیوترهای حافظه توزیع‌شده با MPI، معرفی دستورات پرکاربرد MPI و تبدیل یک کد سریال به یک کد موازی با استفاده از MPI.

۸- موازی‌سازی هیبرید با Open-MP و MPI.

۹- موازی‌سازی با استفاده از پردازنده‌های گرافیکی، آشنایی با مفاهیم و دستورات پرکاربرد مدل برنامه‌نویسی CUDA.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. G. Hager, and G. Wellein, *Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers*, CRC Press, 2010.
2. P. Pacheco, *An Introduction to Parallel Programming*, Elsevier, 2011.
3. A. Grama, G. Karypis, V. Kumar, and A. Gupta, *Introduction to Parallel Computing*, Pearson Education, 2003.
4. B. Schmidt, J. Gonzalez-Dominguez, C. Hundt, and M. Schlarb, *Parallel Programming: Concepts and Practice*, Morgan Kaufmann, 2017.
5. M. J. Quinn, *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*, 1st Edition, McGraw-Hill, 2003.
6. B. Parhami, *Introduction to Parallel Processing: Algorithms and Architectures*, Springer, 2013.
7. D. I. Moldovan, *Parallel Processing from Applications to Systems*, Elsevier, 2014.
8. M. Sasikumar, D. Shikhare, and R. P. Prakash, *Introduction to Parallel Processing*, PHI Learning Pvt. Ltd., 2014.

ترمودینامیک پیشرفته

(Advanced Thermodynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری عمیق قوانین ترمودینامیک و به‌کارگیری آن‌ها در تحلیل عملکرد سیکل‌ها و سیستم‌های تولید انرژی و ماده و تحلیل خواص ترمودینامیکی مواد و سیستم‌های چندگانه است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، مروری بر روابط پایه ترمودینامیکی، قابلیت کار دهی (اکسرژی)، بازگشت‌ناپذیری و تولید آنتروپی.
۲- تحلیل اکسرژی سیستم بسته، راندمان قانون دوم، برگشت‌ناپذیری و انتقال کار دهی در انتقال حرارت.
۳- تحلیل اکسرژی سیکل‌های تولید قدرت، سرما و گرما و بررسی اثر برگشت‌ناپذیرهای داخلی و خارجی در عملکرد سیکل.
۴- بررسی شرایط کاری بهینه برای سیکل تولید قدرت بر اساس کمینه‌سازی میزان تولید آنتروپی.
۵- روابط خواص ترمودینامیکی، روابط کلی تغییر آنتروپی، انرژی داخلی و آنتالپی، روابط خواص باقیمانده، خواص حال اشباع.
۶- واکنش‌های شیمیایی، تحلیل انرژی و اکسرژی واکنش‌های احتراقی، تولید توان از واکنش‌های شیمیایی، تحلیل ثابت تعادلی واکنش‌ها.
۷- تحلیل اکسرژی واکنش‌های شیمیایی در کاربردهای مختلف، اکسرژی سوخت.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. M. Moran, and H. Shapiro, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, 9th Edition, John Wiley & Sons, 2018.
2. A. Bejan, *Advanced Engineering Thermodynamics*, 4th Edition, John Wiley & Sons, 2016.
3. K. Wark, *Advanced Thermodynamics for Engineers*, McGraw-Hill, 1995.
4. T. J. Kotas, *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Paragon Publishing, 2012.
5. I. Dincer, A. Midilli, and H. Kucuk, *Progress in Exergy, Energy, and the Environment*, Springer, 2014.
6. N. Sato, *Chemical Energy and Exergy*, Elsevier, 2004.
7. M. Tabatabaian, and R. K. Rajput, *Advanced Thermodynamics: Fundamentals, Mathematics, Applications*, Mercury Learning & Information, 2017.

ترمودینامیک و مکانیک سیستم‌های پیشرانش

(Thermodynamics and Mechanics of Propulsion)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری عملکرد و طرز کار موتورهای موشک‌ها، رم جت‌ها، توربوجت‌ها، توربوپراپ‌ها و توربوفن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- دینامیک و ترمودینامیک گازهای ایده‌آل، جریان شبه یک بعدی، محاسبه نیروی رانش و بازده.
۲- آیرودینامیک پخش‌کننده‌ها و نازل‌ها و طراحی آنها در جریان‌های فروصوت و فراصوت، آئرودینامیک رم جت‌ها و پالس جت.
۳- موتورهای هواپیماهای ملخی، موتورهای پیستونی، آنالیز ملخ هواپیما.
۴- آنالیز ترمودینامیکی و مکانیکی توربین‌ها و کمپرورهای شعاعی و محوری و طراحی آن‌ها.
۵- احتراق در موتور هواپیما و راکت‌ها و بررسی محفظه‌های احتراق، موتورهای هواپیماهای جت، توربوجت، توربوفن، توربو پراپ و عملکرد آن‌ها.
۶- آنالیز موتورهای واقعی، صدا در موتور و روش‌های جلوگیری از آن، موتور موشک‌های سوخت جامد و مایع، موتورهای سوخت جامد، احتراق سوخت جامد.
۷- نرخ سوزش سوخت، محدوده پایداری، تاثیر نوع سوخت بر نرخ سوزش و محدوده پایداری، تاثیر میزان اکسیژن موجود در سوخت بر عملکرد موتور سوخت جامد، فرمول شیمیایی سوخت.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. R. Flack, *Fundamentals of Jet Propulsion with Applications*, Cambridge University Press, 2005.
2. S. Farokhi, *Aircraft Propulsion*, 2nd Edition, Wiley, 2014.
3. M. L. Mathur, and R. P. Sharma, *Gas Turbine, Jet and Rocket Propulsion*, Standard Publishers & Distributors, 1999.
4. P. G. Hill, and C. R. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, 2nd Edition, Addison Wesley, 1992.
5. G. Sutton, *Rocket Propulsion Elements*, 6th Edition, John Wiley & Sons, 1992.
6. H. Cohen, G. F. C. Rogers, and H. I. H. Saravanamuttoo, *Gas Turbine Theory*, Longman, 1989.
7. N. Cumpsty, and A. Heyes, *Jet Propulsion*, Cambridge University Press, 2015.
8. A. F. El-Sayed, *Aircraft Propulsion and Gas Turbine Engines*, CRC Press, 2017.

توربولانس

(Turbulence)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول و عوامل مؤثر بر جریان سیال مغشوش (توربولانس)، معادلات حاکم بر جریان مغشوش و روش‌های تحلیل، مدلسازی و حل جریان‌های مغشوش است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر جریان آشفته، کاربردها، طبیعت، ویژگی‌ها، ساختار جریان آشفته، مکانیزم انتقال انرژی و آبشار انرژی، تحلیل مقیاس‌ها، مکانیزم تولید و اتلاف ادی‌ها، مفاهیم همگنی و پیوستگی در محیط‌های آشفته.

۲- معادلات حاکم بر جریان آشفته، تعاریف پایه آماری، متوسط گیری رینولدز، معادلات رینولدز، تعریف تنش‌های رینولدز، معادله انرژی جنبشی آشفتگی، معادلات انتقال حرارت و جرم در جریان آشفته.

۳- مدلسازی آشفتگی، مدل‌های صفر معادله‌ای و نیم معادله‌ای، مدل‌های یک معادله‌ای، مدل‌های دو معادله‌ای، مدل انتقال تنش رینولدز، مدل ادی‌های بزرگ، شرایط مرزی، ویژگی‌ها و نقاط ضعف و قوت مدل‌ها.

۴- تصحیحات مدل‌های آشفتگی، تعریف توابع دیوار، نحوه بدست آوردن توابع دیوار، تصحیحات نزدیک دیوار، اثرات انحنای جریان، اثرات تراکم پذیری.

۵- حل جریان‌های آشفته نمونه، جریان دنباله مغشوش، جریان لایه اختلاط آشفته، جت دوبعدی و تقارن محوری آشفته، جریان دوبعدی داخل کانال، لوله مدور و لایه مرزی آشفته.

۶- پایداری در جریان‌های آشفته، نظریه‌های پایداری اولیه و ثانویه، بررسی معادلات نوسانی، نظریه Squire در تحلیل پایداری، معادله اور – سامرفلد، نظریه پایداری غیرلزج و لزج.

۷- تاثیر اثرات پارامتریک بر ناپایداری، گذرش و مراحل آن، اثرات پارامتریک بر پدیده گذرش.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. O. Hinze, *Turbulence*, McGraw-Hill, 1975.
2. H. Tennekes, and J. L. Lumley, *A First Course in Turbulence*, MIT Press, 1972.
3. S. B. Pope, *Turbulent Flows*, Cambridge University Press, 2011.
4. D. C. Wilcox, *Turbulence Modeling for CFD*, 3rd Edition, DCW Industries, Inc., 2006.
5. P. A. Davidson, *Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineer*, OUP Oxford, 2004.
6. H. Schlichting, and K. Gersten, *Boundary-Layer Theory*, Springer, 2000.
7. B. E. Launder, and D. B. Spalding, *Lectures in Mathematical Models of Turbulence*, Academic Press, 1979.
8. P. Bradshaw, and W. A. Woods, *An Introduction to Turbulence and its Measurement*, Pergamon Press, 1971.
9. H. Tennekes, and J. L. Lumley, *A First Course in Turbulence*, MIT Press, 2018.
10. P. Davidson, *Turbulence: An Introduction for Scientists and Engineers*, Oxford University Press, 2015.

تولید شبکه محاسباتی

(Computational Mesh Generation)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول تولید انواع شبکه محاسباتی به‌منظور حل عددی مسائل سیالات و انتقال حرارت است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تاریخچه، مفاهیم اولیه، تبدیل میدان‌های فیزیکی و محاسباتی.
۲- معرفی شبکه‌های با سازمان و بدون سازمان، تولید شبکه با سازمان، روابط تبدیلی دو شبکه، کاربردهای عددی.
۳- روش‌های شبکه‌بندی شامل روش جبری، روش معادلات دیفرانسیل جزئی و روش متغیرهای مختلط.
۴- تولید شبکه بیضوی، معادلات لاپلاس و پواسون، شرایط مرزی، کنترل شبکه.
۵- تولید شبکه سهموی و هذلولوی، روش‌های تولید شبکه جبری، روش‌های تولید شبکه متعامد، شبکه‌های تطبیقی چندبعدی.
۶- شبکه بدون سازمان، اهمیت و مشکلات، الگوریتم‌های جستجو، روش‌های مثلث سازی، مباحث ویژه، شبکه بدون سازمان روی سطوح، مثال‌های کاربردی.
۷- استفاده از شبکه ایجادشده در حل معادلات، انتقال مختصات به دامنه فیزیکی، کاربردهای اصول تولید شبکه در نرم‌افزارها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. H. Edelsbrunner, *Geometry and Topology for Mesh Generation*, Cambridge University Press, 2006.
2. V. D. Liseikin, *Grid Generation Methods*, 3rd Springer, 2017.
3. K. A. Hoffmann, and S. T. Chiang, *Computational Fluid Dynamics*, 3rd Edition, Engineering Education System, 1998.
4. J. Tannehill, D. Anderson, and R. Pletcher, *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, 2nd Edition, Taylor & Francis, 1997.
5. O. Zikanov, *Essential Computational Fluid Dynamics*, John Wiley & Sons, 2019.
6. J. Tu, G. H. Yeoh, and C. Liu, *Computational Fluid Dynamics: a Practical Approach*, Butterworth-Heinemann, 2018.

دینامیک سیالات محاسباتی ۲

(Computational Fluid Dynamics II)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** دینامیک سیالات محاسباتی ۱

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری حل معادلات اساسی جریان سیال برای جریان لزج و لایه مرزی و همچنین بیان روش‌های تولید شبکه است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، یادآوری مباحث اساسی از دینامیک سیالات محاسباتی ۱.

۲- روش‌های عددی معادلات جریان غیر لزج، روش مشخصه‌ها، دستگاه معادلات خطی و غیر خطی، روش‌های تفکیک شار، روش‌های تفکیک اختلاف – شار و شرایط مرزی حل معادله اویلر.

۳- روش‌های عددی معادلات لایه مرزی، شکل کلی معادلات، روش‌های کرانک نیکلسون، دفورت فرانکل، باکس.

۴- انتقال دستگاه مختصات برای لایه‌های مرزی، روش‌های معکوس، جریان‌های جدایش.

۵- روش‌های عددی برای معادلات ناویر – استوکس، روش‌های مک کورمک، بیم وارمینگ، روش‌های ضمنی، ورتیسیته – تابع جریان.

۶- مباحث و کاربردهای پیشرفته.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. Tannehill, D. Anderson, and R. Pletcher, *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*, 2nd Edition, Taylor & Francis, 1997.
2. S. Patankar, *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*, 1st Edition, Taylor & Francis, 1989.
3. H. W. Oh, *Computational Fluid Dynamics*, Engineering Education System, 2010.
4. H. K. Versteeg, and W. Malalasekera, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics –the Finite Volume Method*, Longma Group Ltd, 2007.
5. T. J. Chung, *Computational Fluid Dynamics*, Cambridge University Press, 2002.
6. K. A. Hoffmann, and S. T. Chiang, *Computational Fluid Dynamics*, 3rd Edition, Engineering Education System, 1998.
7. J. D. Mueller, *Essentials of Computational Fluid Dynamics*, CRC Press, 2015.
8. A. Sharma, *Introduction to Computational Fluid Dynamics: Development, Application and Analysis*, John Wiley & Sons, 2016.

دینامیک گازهای پیشرفته

(Advanced Gas Dynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری مباحث پیشرفته در جریان‌های تراکم پذیر جهت طراحی خطوط لوله گاز، طراحی شیپوره و پخشنده موشک‌ها، موتورهای جت و سطوح آیرودینامیکی است.

رئوس مطالب:

۱- انتشار موج در محیط تراکم پذیر، سرعت صوت، جریان‌های زیر صوت و فراصوت، عدد ماخ.

۲- موج‌های ضربه‌ای عمودی، تشکیل موج ضربه‌ای عمودی، معادلات حرکت موج ضربه‌ای عمودی، موج‌های ضربه‌ای عمودی متحرک، موج‌های ضربه‌ای عمودی منعکس شده.

۳- جریان همراه با انتقال حرارت، معادلات حاکم، نمودار ریلی، انتقال حرارت در مجرای بدون اصطکاک.

۴- موج‌های ضربه‌ای مایل، معادلات حرکت، انعکاسات موج ضربه‌ای مایل، موج‌های ضربه‌ای مخروطی.

۵- جریان پرانتل مایر، ملاحظات ترمودینامیکی، تراکم‌ها و انبساط‌های تدریجی، معادلات جریان برای بادبزن انبساطی پرانتل مایر، جریان پرانتل مایر در یک تراکم آرام، حداکثر زاویه چرخش در جریان پرانتل مایر.

۶- معادلات اساسی به شکل انتگرالی، نرخ دوران و کرنش برشی، نظریه کوروکو، حرکت امواج، انعکاس امواج انبساطی و تراکمی، روش مشخصه‌ها.

۷- جریان پتانسیل و آنالیز بالک خطی شده در جریان فراصوت، کاربردها، عملکرد شیپوره همگرا – واگرا، تونل باد فراصوت، دیفیوزر فراصوت همگرا – واگرا، لوله ضربه و جریان یک بعدی ناپایدار، دیفیوزر فراصوت موج.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. V. Babu, *Fundamentals of Gas Dynamics*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2020.
2. E. Rathakrishnan, *Applied Gas Dynamics*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2019.
3. A. Achterberg, *Gas Dynamics*, Springer, 2016.
4. H. W. Liepmann, *Elements of Gasdynamics*, Dover Publications, 2013.
5. M. A. Saad, *Compressible Fluid Flow*, 2nd Edition, Pearson, 2020.
6. E. Rathakrishnan, *Gas Dynamics*, PHI Learning, 2017.

ذرات معلق

(Aerosols)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس یادگیری اصول حاکم بر جابجایی، نشست و بازپخش ذرات معلق در سیال ، یادگیری شبیه‌سازی عددی ذرات معلق در سیال و آشنایی با حوزه‌های صنعتی و زیستی که ذرات معلق در آن نقش تعیین‌کننده دارند می‌باشد.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر جریان سیال لزج شامل معادلات ناویر استوکس، جریان خزشی و نیروی درگ بر روی کره.
۲- آشنایی با مفاهیم پایه در مکانیک سیالات ذرات معلق شامل نیروهای هیدرودینامیکی، حرکت براونی، دیفیوژن، مکانیسم‌های نشست ذرات، نیروهای وارد بر ذرات غیر کروی، نیروهای الکترومغناطیسی و نیروهای ترموفورسیس.
۳- تقسیم‌بندی ذرات معلق از لحاظ اندازه و توزیع اندازه، غلظت، ترکیب شیمیایی و غیره.
۴- به هم چسبیدن ذرات و جدا شدن و تعلیق دوباره.
۵- روش‌های عددی برای مدل‌سازی حرکت و نشست ذرات در جریان آرام.
۶- روش‌های آزمایشگاهی برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری غلظت ذرات.
۷- فیلتراسیون.
۸- ذرات معلق در سیستم تنفسی.
۹- ذرات معلق اتمسفری.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	ندارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. K. Friedlander, *Smoke, Dust And Haze: Fundamentals Of Aerosol Behavior*, 2nd Edition, Oxford University Press, 2000.
2. W. C. Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior, And Measurement Of Airborne Particles*, John Wiley & Sons, 1999.
3. I. Colbeck, and M. Lazaridis, *Aerosol Science Technology And Applications*, John Wiley & Sons, 2014.
4. J. Happel, and H. Brenner, L*ow Reynolds Number Hydrodynamics: With Special Applications To Particulate Media*, Springer, 1983.
5. J. Tu, K. Inthavong, and G. Ahmadi, *Computational Fluid And Particle Dynamics In The Human Respiratory System*, Springer, 2013.
6. O. Boucher, *Atmospheric Aerosols Properties And Climate Impacts*, Springer, 2015.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات

(Finite Element Method for Heat and Fluid Flow)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری حل معادلات اساسی جریان سیال و انتقال حرارت هدایتی و جابجایی به کمک روش المان محدود است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه‌ای بر شیوه‌های انتقال حرارت، معادلات حاکم بر جریان سیال و انتقال حرارت، معادله هدایت حرارتی، شرایط مرزی، معرفی بعضی از سیستم‌های گسسته شده پایه.

۲- اصول اجزاء محدود، انواع المان‌ها، روش ریتز، روش باقی‌مانده‌های وزنی، روش گالرکین و روش تغییراتی.

۳- حل معادلات انتقال حرارت هدایت دائم یک‌بعدی به روش المان محدود، دیوار همگن، دیوار تخت، دیوار با سطح مقطع متغیر، دیولر با چشمه حرارتی، جریان در یک استوانه.

۴- حل معادلات انتقال حرارت هدایت دائم چندبعدی به روش المان محدود، مسائل صفحه‌ای دوبعدی، المان‌های مثلثی و مستطیلی، مسائل سه‌بعدی، مسائل با تقارن محوری.

۵- انتقال حرارت هدایت گذرا به روش المان محدود، سیستم ظرفیت گرمایی کلی، مسائل یک‌بعدی، هدایت چندبعدی، مسائل تغییر فاز.

۶- حل معادلات جریان سیال به روش المان محدود، حل معادله یک‌بعدی و دوبعدی، حل معادلات ناویر استوکس.

۷- انتقال حرارت جابجایی اجباری و آزاد، شرایط پایداری، گسسته سازی مکانی، محاسبه گام مکانی، روش‌های حل دائم و گذرا، همگرایی شبکه، جریان آرام و مغشوش، جابجایی در محیط متخلخل.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. N. Reddy, and D. K. Gartling, *The Finite Element Method in Heat Transfer and Fluid Dynamics*, 3rd Edition, CRC Press, 2010.
2. J. N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, McGraw Hill, 2019.
3. R. W. Lewis, P. Nithiarasu, and K. N. Seetharamu, *Fundamentals of the Finite Element Method for Heat and Fluid Flow*, John Wiley & Sons, 2004.
4. G. Comini, *Finite Element Analysis In Heat Transfer: Basic Formulation & Linear Problems*, CRC Press, 2018.
5. D. Kuzmin, and J. Hamalainen, *Finite Element Methods for Computational Fluid Dynamics: A Practical Guide*, SIAM, 2014.

سوخت و احتراق پیشرفته

(Advanced Fuel & Combustion)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری جریان‌های واکنشی با مطالعه تعامل زمینه‌های مختلف از قبیل دینامیک سیالات، ترمودینامیک، سینتیک شیمیایی و فرایندهای انتقالی مولکولی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تعاریف و پدیده‌های اساسی.
۲- ترمودینامیک فرایندهای احتراق، قوانین ترمودینامیک، آنتالپی تشکیل، واکنش‌های احتراقی، دمای آدیاباتیک شعله، تابع گیبس و تعادل شیمیایی.
۳- سینتیک شیمیایی، نرخ واکنش، واکنش‌های مقدماتی، زمان نیمه عمر، مکانیزم سینتیک، تقریب حالت دائم.
۴- انتقال جرم، قوانین انتقال جرم، بقا اجزا، مساله استفان، شرایط مرزی فصل مشترک بخار – مایع، تبخیر قطره.
۵- انتشار موج احتراق، معادلات حاکم، رابطه رنکین – هوگونیوت، نقاط چپمن – ژوگت (Chapman – Jouget Points)، موج دتونیشن، موج دفلگریشن، واکنش اشتعال.
۶- شعله‌های پیش‌مخلوط آرام، تحلیل زلدوویچ برای انتشار شعله، سرعت شعله، حل‌های عددی، ساختارهای شعله.
۷- شعله‌های غیر پیش آمیخته آرام، شعله‌های غیر پیش آمیخته جریان متقابل، شعله‌های غیر پیش آمیخته جت آرام.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. K. K. Kuo, *Principles of Combustion*, 2nd Edition, Wiley-Interscience, 2005.
2. I. Glassman, R. Yetter, and N. G. Glumac, *Combustion*, 5th Edition, Academic Press, 2014.
3. S. Turns, *An Introduction to Combustion: Concepts and Applications*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2011.
4. F. A. Williams, *Combustion Theory*, 2nd Edition, Taylor & Francis Limited, 2019.

سیستم‌های انرژی

(Energy Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول ارزیابی و پیش‌بینی انواع انرژی و کاربردهای آن‌ها و نیز روش‌های تبدیل انرژی است.

رئوس مطالب:

۱- منابع انرژی‌های فسیلی، قوانین بقا، بقا جرم، ممنتم، انرژی، کاربرهای آن‌ها در بعضی سیستم‌های تبدیل انرژی.
۲- استفاده از انرژی در سیستم‌های مکانیکی و صنعتی.
۳- معرفی شاخص‌های مصرف انرژی فسیلی و الکتریکی در ساختمان‌ها و کارخانجات.
۴- استفاده از انرژی در سیستم‌های مکانیکی و صنعتی.
۵- تولید انرژی گرمایی، تولید انرژی مکانیکی (چرخه قدرت و مبدل‌های الکترومکانیکی)، تولید انرژی الکتریکی.
۶- ذخیره‌سازی انرژی، ذخیره‌سازی انرژی گرمایی – مکانیکی – الکتریکی، ذخیره‌سازی انرژی در کاربردهای صنعتی و نیروگاهی.
۷- روش‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌ها، سیستم‌های انرژی فسیلی، سیستم‌های گرمایی، مکانیکی و الکتریکی.
۸- سیستم‌های انرژی تجدید پذیر، سیستم‌های انرژی خورشیدی، انرژی باد، زمین‌گرمایی، هیدروژن و پیل سوختی، زیست‌توده، باد و زمین‌گرمایی.
۹- مبانی اقتصاد انرژی، مبانی اقتصادی و تعاریف، روش‌شناسی تهیه تراز انرژی سیستم‌های اقتصادی و فنی، مبانی روش‌های محاسبات اقتصادی در انرژی، روش استاتیک و روش پویا.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. G. Boyle, *Renewable Energy: Power for a Sustainable Future*, 3rd Edition, OUP Oxford, 2012.
2. B. Sorensen, *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics and Planning*, 5th Edition, Academic Press, 2017.
3. I. Dincer, M. Rosen, P. Ahmadi, *Optimization of Energy Systems*, John Wiley & Sons Ltd., 2017.
4. S. Kalogirou, *Solar Energy Engineering - Processes and Systems*, Elsevier, 2009.
5. I. Dincer, *Comprehensive Energy Systems*, Elsevier, 2018.
6. H. Lund, Renewable *Energy Systems: A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions*, Academic Press, 2014.
7. Z. Salameh, *Renewable Energy System Design*, Academic Press, 2014.

طراحی توربوماشین پیشرفته

(Advanced Design of Turbomachines)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری طراحی ترموهیدرولیکی و اجزای مکانیکی انواع توربین‌ها و پمپ‌های هیدرولیکی و تراکم پذیر، کمپرسورها، فن‌ها و دمنده‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- طراحی توربوماشین‌های گریز از مرکز، روش یک بعدی، تعیین ابعاد اصلی پروانه، طراحی پروانه با روش قوس دایره و روش نقطه به نقطه، روش طراحی گردابه آزاد، طراحی جمع کننده، طراحی پره‌های ساکن، طراحی محور و متعلقات مربوطه، طراحی فن‌های گریز از مرکز.

۲- طراحی توربوماشین‌های غیر گریز از مرکز، رسم خطوط جریان با فرض جریان پتانسیل در پروانه، تعیین ابعاد اصلی پروانه، طراحی با استفاده از روش مثلث خطا، طراحی دیفیوزر برای توربوماشین‌های غیر گریز از مرکز.

۳- طراحی توربوماشین‌های جریان محوری، بررسی مقاطع ایرفویل‌ها، حرکت سیال بین ردیف پره‌های ساکن و متحرک، کاربرد روش یک بعدی و روش آیرودینامیکی با استفاده از نظریه بال، بررسی واماندگی و سرج.

۴- جریان دوبعدی و سه بعدی در توربوماشین‌های محوری و گریز از مرکز، بیان معادلات اساسی، تحلیل جریان غیر لزج در پره‌ها، اصطکاک سیال، جریان در توربین‌های و کمپرسورهای موتور جت.

۵- توربین‌های هیدرولیکی، طراحی توربین‌های پلتن، فرانسیس، کاپلان و حبابی.

۶- توربین‌های بادی، مقدمه‌ای بر انرژی حاصل از باد، معرفی انواع توربین‌های بادی، طراحی توربین‌های بادی محور افقی، طراحی توربین‌های بادی محور عمودی.

۷- مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی در طراحی پره‌های توروبوماشین‌ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. L. Dixon, *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery*, 6th Edition, ButterHeinem ST, 2010.
2. D. G. Wilson, and T. Korakianitis, *Design of High Efficiency Turbomachinery and Gas Turbines*, 2nd Edition, MIT Press, 2014.
3. R. S. R. Gorla, and A. A. Khan, *Turbomachinery: Design and Theory*, 1st Edition, CRC Press, 2003.
4. J. H. Horlock, *Axial Flow Compressors: Fluid Mechanics and Thermodynamics*, Butterworths Scientific, 1990.
5. G. F. Wislicenus, *Fluid Mechanics of Turbomachinery*, 2nd Edition, Dover Publications, 1965.
6. S. Lazarkiewicz, and A.T. Troskolanski, *Impeller Pumps*, Pergamon Press, 1965.
7. S. K. Saha, H. Ranjan, M. S. Emani, and A. K. Bharti, *Two-Phase Heat Transfer Enhancement*, Springer, 2019.
8. M. M. Shah, *Two-Phase Heat Transfer*, John Wiley & Sons, 2021.

دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی مکانیک

کنترل آلودگی محیط‌زیست

(Environmental Pollution Control)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اثر تخریبی آلاینده‌های محیط‌زیست ناشی از مصارف منابع انرژی، طراحی سامانه‌های کنترل آلودگی هوا و حذف گازهای آلاینده است.

رئوس مطالب:

۱- مروری بر آلودگی هوا، انواع آلاینده‌ها، منابع تولید، استانداردهای موجود، تأثیرات آلاینده‌ها بر سلامت انسان و تأثیرات اقتصادی آلودگی هوا، دسته‌بندی آلاینده‌ها، معیارهای انتخاب سیستم‌های کنترل آلودگی هوا.

۲- آلودگی هوا، اثرات آن‌ها بر محیط‌زیست، استانداردها، منابع آلوده‌کننده هوا، روش‌های اندازه‌گیری میزان آلودگی هوا و روش‌های کنترل آلودگی هوا.

۳- آلودگی آب، آلوده‌کننده‌های آب و اثرات آن‌ها بر محیط، اندازه‌گیری آلودگی آب، روش‌های اندازه‌گیری میزان آلودگی آب، آلودگی آب‌های صنعتی در اطراف شهرهای بزرگ، آلودگی صوتی، منابع صدا.

۴- انرژی و محیط‌زیست، تراز تشعشعات و مواد گازی در جو زمین، تراز انرژی زمین و چرخه مواد در جو زمین، انتقال و انباشت مواد آلاینده در هنگام تولید.

۵- طراحی شبکه‌های انتقال و تهویه مطبوع صنعتی، انتخاب و قوانین مربوط به فن‌ها، دمنده‌ها و پمپ‌ها.

۶- اصول طراحی و انتخاب سامانه‌های کنترل آلاینده‌های گازی و روش‌های کنترل منابع تولید آلاینده‌های هوا.

۷- اصول طراحی و انتخاب سیستم‌های کنترل ذرات جامد، مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های صنعتی در اتمسفر، کنترل پخش مواد آلاینده در بخش انرژی، اصلاح سوخت‌ها، تغییر ساختار تولید و مصرف انرژی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. Cooper, *Air Pollution Control: A Design Approach*, 3rd Edition, McGraw-Hill Book Co., 2002.
2. F. Harris, *Human–Environment Interactions*, John Wiley & Sons, 2012.
3. F. Agaraly, *Environmental Pollution*, Elsevier, 2005.
4. L. Schrattenholzer, A. Miketa, K. Riahi, and R. A. Roehr, *Achieving a Sustainable Global Energy System*, Edward Elgar, 2004.
5. F. Garzia, F. Fiamingo, and G. M. Veca, *Energy Management using Genetic Algorithms*, WIT Press, 2003.
6. C. A. Brebbia, and I. Sakellaris, *Energy and the Environment*, WIT Press, 2003.
7. Jr. W. Eckenfelder, *Industrial Water Pollution Control*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 1999.
8. W. Licht, *Air Pollution Control Engineering*, 2nd Edition, CRC Press, 1988.
9. E. E. Michaelides, *Energy, the Environment, and Sustainability*, CRC Press, 2018.
10. K. Wark, C. F. Warner, and W. T. Davis, *Air Pollution: its Origin and Control*, Addison-Wesley, 1998.

لایه‌های مرزی

(Boundary Layers)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** - **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس مطالعه تشکیل لایه‌مرزی ناشی از حرکت سیال لزج در مجاورت سطوح و روش‌های حل تحلیلی و عددی معادلات حاکم بر آن‌ها است.

رئوس مطالب:

۱- اصول حرکت سیال لزج، تاریخچه، معرفی سیالات نیوتنی و غیر نیوتنی، تشکیل لایه‌مرزی روی سطوح.

۲- معادلات حاکم بر جریان سیال، طبقه‌بندی معادلات، معادلات بقا جرم، بقا مومنتم و انرژی، معادله ورتیسیته، معادله تابع جریان، شرایط مرزی، فرم‌های ساده معادلات ناویر - استوکس، معادلات اویلر، فرضیات لایه‌مرزی، معادلات لایه‌مرزی، انتخاب دستگاه مختصات، قوانین بقا در مختصات منحنی الخط متعامد.

۳- لایه‌مرزی تراکم ناپذیر، معادلات حاکم و بی‌بعد سازی، حل تشابهی، استخراج معادلات دیفرانسیلی معمولی، حل بلازیوس، لایه‌های مرزی غیر تشابهی، معادله مومنتم - انتگرالی، روش Thwaites در حل معادلات، لایه‌مرزی مرتبه دوم، حل داخلی و خارجی، استفاده از نظریه بسط مجانبی برای لایه‌های مرزی مرتبه دوم.

۴- لایه‌مرزی تراکم پذیر، معادلات لایه‌مرزی تراکم پذیر، روابط کروکو- بوسمن، انتقال معادلات لایه‌مرزی تراکم پذیر، لایه‌مرزی حرارتی روی صفحه تخت، لایه‌مرزی تراکم پذیر با گرادیان فشار.

۵- روش‌های حل عددی معادلات لایه‌مرزی، روش کلر باکس، روش‌های اختلاف محدود فشرده.

۶- حل‌های تحلیلی و تشابهی برای مسائل نمونه لایه‌مرزی، جریان لایه‌مرزی روی صفحه تخت، جریان گوشه، جریان روی استوانه، جریان‌های آزاد برشی، جریان سکون، جریان اکمن.

۷- جریان لایه‌مرزی آشفته، ویژگی‌های جریان آشفته، انتقال از آرام به مغشوش، مفهوم متوسط گیری رینولدز، نظریه‌های نیمه تجربی جریان در لایه برشی، جت، دنباله، کانال دوبعدی و لایه‌مرزی صفحه تخت.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. H. Schlichting, and K. Gersten, *Boundary-Layer Theory*, Springer, 2016.
2. F. M. White, *Viscous Fluid Flow*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2013.
3. R. L. Panton, *Incompressible Flow*, 4th Edition, Wiley, 2013.
4. T. Cebeci, and J. Cousteix, *Modeling and Computation of Boundary-Layer Flow*, 2nd Edition, Springer, 2005.
5. D. F. Rogers, *Laminar Flow Analysis*, Cambridge University Press, 1992.
6. F. S. Sherman, *Viscous Flow*, McGraw-Hill, 1990.
7. L. Rosenhead, *Laminar Boundary Layers*, Dover Publication, 1988.
8. T. Cebeci, and P. Bradshaw, *Momentum Transfer in Boundary Layers*, McGraw-Hill, 1977.
9. G. V. Lachmann, *Boundary Layer And Flow Control: Its Principles And Application*, Elsevier, 2014.

مبدل‌های حرارتی پیشرفته

(Advanced Heat Exchangers)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری عملکرد مبدل‌ها و طراحی انواع مختلف مبدل‌های حرارتی شامل مبدل‌های لوله – پوسته، صفحه‌ای، فشرده، چگالنده و مبدل‌های بخار است.

رئوس مطالب:

۱- روش‌های پایه در طراحی مبدل‌های حرارتی: آرایش مبدل‌ها، معادلات اساسی، روش‌ها و محاسبات طراحی.
۲- روابط انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی، روابط انتقال حرارت جابجایی اجباری (تک فاز)، روابط انتقال حرارت دوفازی، روابط افت فشار و تشکیل رسوب در مبدل‌های حرارتی.
۳- طراحی مبدل‌های لوله – پوسته، انواع، اجزای اصلی، محاسبه ضریب انتقال حرارت سمت لوله و پوسته، تخمین اندازه، تعیین شرایط عملکرد، محاسبات افت فشار سمت لوله و پوسته، ارتعاش لوله‌ها.
۴- طراحی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، ساختار و ویژگی‌ها، آرایش جریان، محاسبات انتقال گرما و افت فشار، روش‌های طراحی، خوردگی و جرم‌گیری.
۵- طراحی مبدل‌های حرارتی فشرده، افزایش انتقال گرما، مبدل‌های لوله‌ای و صفحه‌ای پره دار، انتقال گرما و افت فشار در مبدل‌های لوله‌ای و صفحه‌ای پره دار.
۶- طراحی چگالنده، انواع چگالش، چگالش فیلمی بر روی سطوح عمودی، چگالش در خارج لوله‌ها و دسته لوله‌ها، چگالش در داخل لوله‌های افقی، چگالش در سیستم‌های چندجزیی.
۷- طراحی و عملکرد مبدل‌های حرارتی بخار، دسته‌بندی، توزیع دما، محدودیت‌ها، روش‌های طراحی، دیگ‌های بخار مشعل‌دار، دیگ‌های بخار با گازهای داغ خروجی، تبخیرکننده‌ها، تبخیر فیلم مایع، تبخیر آنی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. D. Q. Kern, *Heat Exchanger Design, Process Heat Transfer*, McGraw-Hill International, 1977.
2. S. Kakac, H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design*, 3rd Edition, CRC Press, 2012.
3. R. K. Shah, and D. P. Sekulic, *Fundamentals of Heat Exchanger Design*, 1st Edition, John Wiley & Sons, 2003
4. T. Kuppan, *Heat Exchanger Design Handbook*, Marcel Dekker, 2000.
5. O. Levenspiel, *Engineering Flow And Heat Exchange*, Springer, 2014.
6. S. Kakac, H. Liu, and A. Pramuanjaroenkij, *Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design*, CRC press, 2020.

موتورهای احتراق داخلی پیشرفته

(Advanced Internal Combustion Engine)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس تجزیه و تحلیل اساسی مشخصه‌های عملکرد و طراحی موتورهای احتراق داخلی بنزینی، دیزلی و گاز سوز است.

رئوس مطالب:

۱- یاد آوری، چرخه‌های نظری، سوخت و محاسبات آن، تجزیه و تحلیل فرایندهای موتور.
۲- مطالعه جریان سیال در موتورهای احتراق داخلی، جریان درون موتور با حرکت پیستون، جریان در سوپاپ‌ها، جریان در مانیفلدها.
۳- تجزیه و تحلیل احتراق در موتورهای احتراق داخلی مختلف، انتقال حرارت در داخل موتور، تحلیل انتقال حرارت و تنش‌های حرارتی در سرسیلندر و بدنه موتور، طراحی سیستم خنک کننده هوایی و آبی.
۴- آلودگی در موتورهای احتراق داخلی، بررسی انواع سوخت‌ها و میزان آلایندگی هر یک از آن ها در موتورهای مختلف.
۵- دینامیک اجزای متحرک موتور، نیروهای وارد بر موتور نظیر بدنه موتور، میل لنگ و محفظه آن، پیستون، شاتون، سوپاپ‌ها، بالانس موتور، بررسی مکانیزم سوپاپ.
۶- بررسی تجهیزات موتور، سیستم روغنکاری، سیستم خنک کننده، سیستم سوخت پاش.
۷- آزمایش موتورهای احتراق داخلی، انواع سکوی آزمایش، روش‌های اندازه گیری اصطکاک، بازده ترمزی موتور، بازده حجمی، بازده اندیکاتوری، اندازه‌گیری انتقال حرارت و آلاینده‌ها، موتورهای با پیل سوختی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. J. B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw-Hill, 2018.
2. C. F. Taylor, *The Internal Combustion Engine in Theory and Practice*, 2nd Edition, MIT Press, 1994.
3. C. R. Ferguson, and A.T. Kirkpatrick, *Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2015.
4. W. W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2004.
5. J. B. Heywood, and E. Sher, *The Two-Stroke Cycle Engine: Its Development, peration and Design*, Taylor and Francis, 1999.
6. L. C. Lichty, *Combustion Engines Processes*, McGraw-Hill, 1988.

نیروگاه آبی پیشرفته

(Advanced Hydraulic Power Plants)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری روش‌های دستیابی به انرژی آب به عنوان یک منبع تجدیدپذیر انرژی و طراحی ماشین‌های هیدرومکانیکی به منظور استفاده از این انرژی است.

رئوس مطالب:

۱- مقدمه، تاریخچه و اهمیت انرژی آبی در تولید الکتریسیته، مزایا و معایب نیروگاه‌های آبی.

۲- منابع آبی، انرژی آبی، منابع آبی، پتانسل انرژی ذخیره شده، فشار و میزان دبی جریان آب، منابع آبی در جهان و ایران، وضعیت فعلی تولدی انرژی آب در ایران و جهان.

۳- بررسی هیدرولوژیکی و زمین شناسی جهت انتخاب محل نیروگاه‌های آبی.

۴- طبقه بندی نیروگاه‌های آبی، نیروگاه‌های آبی بدون نیاز به حوضچه، نیروگاه‌های آبی همراه با حوضچه پشت سد، نیروگاه‌های بیشینه بار، نیروگاه آبی با ارتفاع زیاد، نیروگاه آبی با ارتفاع متوسط، نیروگاه آبی با ارتفاع کم.

۵- طراحی ماشین‌های هیدرومکانیکی، انواع توربین‌ها و مقایسه آنها، تاسیسات توربین‌ها، طراحی توربین‌های آبی جریان شعاعی، جریان محوری و جریان مختلط.

۶- پدیده کاویتاسیون در طراحی نیروگاه‌های آبی، کنترل فشار و سرعت در نیروگاه‌های آبی، تأسیسات برقی در نیروگاه‌های آبی.

۷- سدها، پایداری، اصول کلی طراحی، سرریزها، دریچه‌ها، انرژی شکن، لوله‌های انتقال.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. S. L. Dixon, *Fluid Mechanics, Thermodynamics of Turbomachinery*, 6th Edition, ButterHeinem ST, 2010.
2. J. Sherman, *Hydroelectric Power*, Capstone Press, 2004.
3. R. S. R. Gorla, and A. A. Khan, *Turbomachinery: Design and Theory*, 1st Edition, CRC Press, 2003.
4. K. Goldsmith, *Future Prospect of Hydropower, Water Power and Dam Construction* U.K. Reed Publishing Group, 1992.
5. J. S. Gulliver, and R. E. A. Arndt, *Hydropower Engineering Handbook*, Mcgraw-Hill, 1990.
6. V. D. Murty, *Turbomachinery: Concepts, Applications, and Design*, CRC Press, 2018.
7. E. Dick, *Fundamentals of Turbomachines*, Springer, 2015.

هیدرو آیرودینامیک

(Hydro-Aerodynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس بررسی سیالات در حال حرکت و مطالعه و بررسی جریان تراکم ناپذیر، محاسبه نیروها و گشتاورهای ناشی از آن بر روی جسم پرنده است.

رئوس مطالب:

۱- معادلات کلی جریان‌های لزج و غیر لزج، معادلات کلی جریان‌های تراکم ناپذیر و تراکم پذیر، لایه مرزی، روش-های کلی حل معادلات جریان تراکم ناپذیر.

۲- معادلات بقای جرم، ممنتم و انرژی برای جریان ایده‌آل، شرایط مرزی برای جریان‌های ایده‌آل، شرط جریان آزاد، ورتیسیته و گردش، جریان غیر چرخشی، قضیه هلمهولتز، شرایط مرزی.

۳- جریان دو بعدی ایده‌آل روی مقطع بال، جریان با سیرکولیشن در استوانه دایروی و غیر دایروی، قضیه کوتا–ژگوفسکی و مسئله سیرکولیشن، شرط کوتا در بال‌ها، نظریه ایرفویل نازک.

۴- روش متغیرهای مختلط، یادآوری نظریه اعداد مختلط، پتانسیل سرعت، توابع پتانسیل مختلط جریان‌های ساده و ترکیب آن‌ها، محاسبه توزیع فشار و تعیین نیروی برآ با استفاده از توابع پتانسیل مختلط، جریان روی استوانه، نگاشت‌های ساده، نگاشت شوارتس کریستوفل، نگاشت ژکوفسکی.

۵- روش نظری اختلال کوچک در حل جریان‌های تراکم ناپذیر، روش نظری اختلال کوچک برای بال نازک دوبعدی و محدود، روش نظری اختلال کوچک برای اجسام باریک.

۶- روش عددی پانل.

۷- روش‌های حل عددی جریان‌های تراکم ناپذیر، حل عددی جریان‌های لزج و غیرلزج تراکم ناپذیر، حل عددی جریان‌های دائم و غیر دائم تراکم ناپذیر.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. K. Karamcheti, *Principles of Ideal-Fluid Aerodynamics*, 2nd Edition, Krieger Pulication Company, 1980.
2. R. L. Panton, *Incompressible Flow*, 4th Edition, Wiley, 2013.
3. L. Prandtl, and O. G. Tietjens, *Fundamentals of Hydro and Aeromechanics*, Dover Publications, 2011.
4. J. Katz, and A. Plotkin, *Low-Speed Aerodynamics*, 2nd Edition, Cambridge University Press, 2001.
5. J. D. Anderson, *Fundamentals of Aerodynamics*, 3rd Edition, McGraw-Hill, 2001.
6. J. J. Chattot, and M. M. Hafez, *Theoretical And Applied Aerodynamics*, Springer, 2015.
7. M. Kaushik, *Theoretical And Experimental Aerodynamics*, Springer, 2019.

هیدرودینامیک روغن‌کاری

(Lubrication Hydrodynamics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری اصول روغن‌کاری انواع یاتاقان‌ها به همراه معادلات حاکم بر یاتاقان‌ها و روش‌های حل معادلات است.

رئوس مطالب:

۱- اصطکاک آب و روغن، انواع روان کاری، اصطکاک جامد، مفاهیم و اهمیت هیدرودینامیک روغن‌کاری، نظریه رینولدز، معادله رینولدز، هیدرودینامیک اشکال ساده، جریان سیال قابل تراکم و جریان غیرقابل تراکم.

۲- یاتاقان‌های گرد، یاتاقان‌های مدور، شکل و فشار فیلم روغن، یاتاقان‌های کوتاه و طولانی، یاتاقان‌های محدود.

۳- یاتاقان‌های محوری، انواع، مشخصات و فرمول‌های پایه، معادله رینولدز در دستگاه استوانه‌ای و حل.

۴- پایداری محور چرخان، مفهوم و نظریه Oil Whip، فشار فیلم روغن، نیروی فیلم روغن، خطی سازی نیروی فیلم روغن، معادلات حرکت، حد پایداری، پایداری سیستم‌ها با چند یاتاقان.

۵- روش‌های عددی حل معادلات، معادلات رینولدز، روش‌های حل.

۶- تولید گرما و افزایش دما، معادلات پایه ترمودینامیک روغن‌کاری، بالانس نیرو، شرایط مرزی، سرعت جریان، توزیع دما در یاتاقان، حل عددی.

۷- روغن‌کاری مغشوش، معادلات جریان مغشوش و تنش‌های رینولدز، مدل‌سازی جریان و نظریه روغن‌کاری مغشوش با استفاده از مدل طول اختلاط، توزیع سرعت مغشوش بین دو سطح، معادله رینولدز مغشوش.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. B. Hamrock, *Fundamentals of Fluid Film Lubrication*, McGraw-Hill, 1994.
2. J. Frene, D. Nicolas, and B. Degueurce, *Hydrodynamic Lubrication: Bearings and Thrust Bearings*, Elsevier, 2014.
3. M. Khonsari, *Applied Tribology - Bearing Design and Lubrication*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2008.
4. K. Ludema, *Friction, Wear, Lubrication, A Text Book in Tribology*, CRC Press, 1994.
5. T. Stolarski, *Tribology in Machine Design*, 1st Edition, Butterworth Heinemann, 2000.
6. O. Pinkus, and B. Sternlicht, *Theory of Hydrodynamic Lubrication*, McGraw-Hill, 1961.
7. D. Dowson, and G. R. Higginson, *Elasto-Hydrodynamic Lubrication: International Series on Materials Science and Technology*, Elsevier, 2014.
8. D. Bonneau, A. Fatu, and D. Souchet, *Mixed Lubrication In Hydrodynamic Bearings*, London, and John Wiley & Sons, New York: Iste, 2014.

هیدرولیک پیشرفته

(Advanced Hydraulics)

تعداد واحد نظری: ۳	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: اختیاری	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری حل امواج سطحی کوتاه، بلند و امواج فشاری در لوله‌ها و حل جریان کانال‌های باز، مجاری بسته و امواج دریا است.

رئوس مطالب:

۱- معرفی موج در جریان با سطح آزاد، امواج کوتاه، امواج بلند، موج وزشی، امواج سیل، امواج در سطح مشترک دو سیال.

۲- امواج سطحی، مسئله کلی موج سطحی، امواج سطحی با دامنه کوتاه، انتشار امواج سطحی، اثر تنش سطحی، امواج کم‌عمق با شکل دلخواه، پتانسیل مختلط برای امواج متحرک، امواج ایستاده.

۳- جریان در کانال‌های باز، جریان یکنواخت در کانال، بهترین مقطع هیدرولیکی، رابطه مانینیگ.

۴- جریان زیربحرانی و فوق بحرانی در کانال‌های روباز، مینیمم کردن انرژی مخصوص و منحنی آن، انواع پرش هیدرولیکی و خواص آن، اثرات و کاربردهای پرش هیدرولیکی، منحنی نیروی مخصوص و سطح آب.

۵- جریان متغیر تدریجی، طبقه‌بندی جریان، تعیین کیفی پرفیل جریان متغیر، روش گام مستقیم و گام استاندارد، تعیین محل پرش هیدرولیکی، مسائل دریاچه، کانال و دو دریاچه، جریان متغیر تدریجی در کانال‌های طبیعی.

۶- محاسبه منحنی سطح آزاد کانال با جریان آزاد، جریان‌های غلظت و معرفی جریان‌های طبقه‌ای.

۷- امواج فشاری در لوله‌ها، ضربه قوچ در لوله‌ها، کاویتاسیون در لوله‌ها، فشارشکن.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
ندارد	دارد	دارد	ندارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

1. V. T. Chow, *Open Channel Hydrulics*, McGraw-Hill, 2009.
2. T. W. Strum, *Open Channel Hydraulics*, 2nd Edition, McGraw-Hill, 2010.
3. G. Currie, *Fundamental Mechanics of Fluids*, 3rd Edition, Marcel Dekker Inc., 1993.
4. R. H. French, *Open Channel Hydrulic*, McGraw-Hill, 1985.
5. F. M. Henderson, *Open Channel Flow*, Prentice Hall, 1966.
6. P. N. Modi, and S. M. Seth, *Hydraulics and Fluid Mechanics Including Hydraulics Machines*, Rajsons Publications Pvt. Ltd., 2019.
7. I. Popescu, *Computational Hydraulics*, IWA Publishing, 2014.

سمینار ۱

(Seminar I)

تعداد واحد نظری: ۱	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: سمینار – الزامی	**پیش‌نیاز:** ندارد

هدف درس:

هدف از این درس فراگیری عملی نحوه جستجوی مطلب در منابع معتبر، مرور مقالات و سپس ارائه یک گزارش مدون از مطالب مرور شده و ارائه آن به‌صورت شفاهی است.

رئوس مطالب:

۱- تبیین مراحل تحقیق شامل انتخاب موضوع، تکمیل تحقیق، گزارش و ارائه.
۲- جستجوی بهینه در اینترنت، پایگاه‌های داده و منابع الکترونیکی.
۳- روش تحقیق در علوم مهندسی و مکانیک.
۴- اصول گزارش‌نویسی، کار با نرم‌افزارهای مربوطه مانند Word MS و LATEX.
۵- اصول ارائه سمینار، نحوه آماده‌سازی ارائه، کار با نرم‌افزارهای مربوطه مانند Point Power.
۶- اصول و نکات مقاله‌نویسی و ارسال مقاله برای کنفرانس‌ها و مجلات.
۷- اصول اخلاقی در انجام تحقیق، کار با داده‌های حیاتی، نوشتن گزارش، مقاله و ارائه سمینار.
۸- مدیریت اطلاعات علمی، کار با نرم‌افزارهای مربوطه مانند EndNote.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	ندارد	ندارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

۱. ب. شادگار، و ع. عصاره، *اصول تدوین نوشتارهای علمی*، انتشارات ارمغان، ۱۳۸۸.
۲. س. م. ت. رانکوهی، *شیوه ارائه مطالب علمی و فنی*، ویراست سوم، انتشارات جلوه، ۱۳۸۹.

سمینار ۲

(Seminar II)

تعداد واحد نظری: ۱	**تعداد واحد عملی:** – **حل تمرین:** ندارد
نوع درس: سمینار – الزامی	**پیش‌نیاز:** سمینار ۱

هدف درس:

هدف از این درس آماده‌سازی پیشنهادیه پایان‌نامه توسط دانشجو و دفاع از آن می‌باشد.

رئوس مطالب:

در این درس دانشجویان زیر نظر استاد راهنمای خود و با توجه به مطالب فراگرفته شده در درس سمینار ۱، پیشنهادیه مربوط به پایان‌نامه خود با موضوع مشخص را آماده کرده و در انتها ضمن تحویل آن به استاد راهنمای خود، در حضور وی و یک استاد داور که از سوی گروه تعیین گردیده، پیشنهادیه را به‌صورت شفاهی ارائه داده و از آن دفاع می‌کنند.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان‌ترم	آزمون نهایی	پروژه
دارد	ندارد	ندارد	دارد

بازدید: ندارد

منابع اصلی:

متناسب با نظر استاد راهنما ارائه می‌شود.

پیوست

جدول‌های تطبیقی دروس

۱- علت بازنگری برنامه درسی

- هدف از بازنگری برنامه درسی، به‌روز نمودن سرفصل دروس با توجه به تجربیات به‌دست‌آمده و همچنین پیشرفت‌های ایجادشده در مهندسی مکانیک، افزایش توانمندی‌ها در ارائه دروس و تنوع دادن به درس‌های ارائه‌شده و همچنین اضافه نمودن دروس کاربردی جدید به برنامه درسی این رشته مهندسی، می‌باشد.

- تغییرات اعمال‌شده در جداول تطبیقی مطابق با بازنگری آخرین سرفصل رشته مهندسی مکانیک مصوب بیست و ششمین جلسه شورای دانشگاه مورخ ۹۴/۴/۲۱ است.

۲- جدول تطبیقی دروس اصلی

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
ریاضیات پیشرفته ۱	۳	–	–			فرهاد حاجی ابوطالبی	به‌روزرسانی منابع
ریاضیات پیشرفته ۲	۳	–	–			محمد حیدری	به‌روزرسانی منابع
مکاترونیک ۱	۳	–	–			شهرام هادیان	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اصلی به دروس اختیاری
مکاترونیک ۲	۳	–	–			–	حذف از سرفصل
مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اصلی به دروس تخصصی و اختیاری

۳- جدول تطبیقی دروس تخصصی

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
–			ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)	۳	–	علیرضا آریایی	تغییر عنوان به ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)، به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
الاستیسیته	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
انتقال حرارت جابجایی	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
دینامیک پیشرفته	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
رباتیک پیشرفته	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
روش‌های اجزاء محدود ۱	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
شناسایی سیستم ها	۳	–	–			شهرام هادیان	تغییر عنوان به شناسایی سیستم، به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
کنترل پیشرفته	۳	–	–			مریم ملک زاده	تغییر عنوان به کنترل پیشرفته ۱، به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
–			مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اصلی به دروس تخصصی

٤-١- جدول تطبیقی دروس اختیاری (گرایش طراحی کاربردی)

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
اتوماسیون در تولید	۳	–	–			رسول مهشید	به‌روزرسانی منابع
اتوماسیون صنعتی	۳	–	–			حامد شهبازی	به‌روزرسانی منابع
ارتعاشات اتفاقی	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع
ارتعاشات پیشرفته	۳	–	–			علیرضا آریایی	تغییر عنوان به ارتعاشات پیشرفته (سیستم‌های ممتد)، به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
ارتعاشات غیرخطی	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع
–			الاستودینامیک	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			الاستیسیته	۳	–	مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
انرژی‌های تجدید پذیر	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
–			آزمون‌های غیرمخرب پیشرفته	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			آکوستیک پیشرفته	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			آکوستیک پیشرفته مهندسی	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
آنالیز تانسوری و کاربردها	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
آنالیز مودال در سیستم‌های مکانیکی	۳	–	آنالیز مودال	۳	–	علیرضا آریایی	تغییر عنوان و به‌روزرسانی منابع
آیروالاستیسیته	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
–			آیرودینامیک پیشرفته	۳	–	حسین احمدی کیا	اضافه شد
–			برنامه‌نویسی پیشرفته	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			بینایی ماشین	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			پایش ماشین‌ها و عیب‌یابی	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد

–			پردازش تصویر	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد
–			پردازش موازی	۳	–	مسعود ضیایی راد	اضافه شد
پلاستیسیته ۱	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع
پلاستیسیته ۲	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع
تحلیل تجربی تنش	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
ترموالاستیسیته	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع
–			تولید شبکه محاسباتی	۳	–	ابراهیم افشاری	اضافه شد
تئوری ورق‌ها و پوسته‌ها	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
حساسه‌ها و کالیبراسیون	۳	–	–			شهرام هادیان	به‌روزرسانی منابع
خزش، خستگی و شکست	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
–			دینامیک غیرخطی و آشوب	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			دینامیک پیشرفته	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			دینامیک تحلیلی پیشرفته	۳	–	علیرضا آریایی	اضافه شد
دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
–			دینامیک سیستم‌های الکترومکانیکی و پیزوالکتریکی	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			دینامیک محاسباتی سیستم‌های چندجسمی	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			دینامیک و کنترل فضاپیما	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			ربات‌های انسان‌نما	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد
–			ربات‌های متحرک	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
رباتیک پیشرفته	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع
رفتار مکانیکی مواد	۳	–	–			محمد حیدری	به‌روزرسانی منابع
–			روتور دینامیک	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات	۳	–	ابراهیم افشاری	اضافه شد

–			روش‌های اجزاء محدود ۱	۳	–	حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع و انتقال از از دروس تخصصی به دروس اختیاری
روش‌های اجزاء محدود ۲	۳	–	–			فرهاد حاجی ابوطالبی	به‌روزرسانی منابع
–			روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد
روش‌های انرژی	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
–			روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته	۳	–	نوربخش فولادی	اضافه شد
–			روش‌های تغییرات در مکانیک	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
ریاضیات پیشرفته ۲	۳	–	–			محمد حیدری	به‌روزرسانی منابع
–			سازه‌ها و مواد هوشمند	۳	–	کیوان ترابی	اضافه شد
سیستم‌های بی‌درنگ	۳	–	–			حامد شهبازی	به‌روزرسانی منابع
سیستم‌های دینامیکی	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
–			سیستم‌های کنترل دیجیتال	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			سیستم‌های میکرو الکترومکانیکی	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد
–			شبکه‌های عصبی	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			شبکه‌های عصبی پیشرفته	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
شبیه‌سازی کامپیوتری	۳	–	–			–	حذف از سرفصل
–			شبیه‌سازی و مدل‌سازی در بیومکاترونیک	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
شکل‌دهی فلزات	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
–			شناسایی سیستم	۳	–	حسین کریم پور	تغییر عنوان به شناسایی سیستم، به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس تخصصی به دروس اختیاری
طراحی اجزاء پیشرفته	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	–	–			فرهاد حاجی ابوطالبی	به‌روزرسانی منابع

طراحی بهینه	۳	–	–			مهرداد پورسینا	به‌روزرسانی منابع
طراحی مکانیزم‌های پیشرفته	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
–			فرآیندهای اتفاقی	۳	–	مهدی مرتضوی	اضافه شد
–			کاربرد میکروپروسسورها	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			کنترل آلودگی محیط‌زیست	۳	–	حسین احمدی کیا	اضافه شد
–			کنترل بهینه	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			کنترل پیش‌بین	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
کنترل پیشرفته	۳	–	کنترل پیشرفته ۱	۳	–	مریم ملک زاده	تغییر عنوان و به‌روزرسانی منابع
–			کنترل پیشرفته ۲	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
سیستم‌های کنترل تطبیقی	۳	–	کنترل تطبیقی	۳	–	مریم ملک زاده	تغییر عنوان و به‌روزرسانی منابع
–			کنترل چند متغیره	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			کنترل در رباتیک	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			کنترل صنعتی	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			کنترل غیرخطی	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
–			کنترل غیرخطی پیشرفته	۳	–	حسین کریم پور	اضافه شد
–			کنترل فازی	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
–			کنترل مقاوم	۳	–	مریم ملک زاده	اضافه شد
لایه‌های مرزی	۳	–	–			مسعود ضیایی راد	به‌روزرسانی منابع
مباحث ویژه در مهندسی مکانیک	۳	–	–			–	ویراستاری و بازنگری رئوس مطالب
–			مبانی سیستم‌های هوشمند در مدل‌سازی و کنترل	۳	–	حامد شهبازی	اضافه شد
مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
مکاترونیک ۱	۳	–	–			شهرام هادیان	به‌روزرسانی منابع
مکانیک آسیب	۳	–	–			فرهاد حاجی ابوطالبی	به‌روزرسانی منابع
مکانیک ضربه ۱	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
مکانیک ضربه ۲	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اصلی به دروس تخصصی و اختیاری
مکانیک محیط‌های پیوسته ۲	۳	–	–			کورش حسن پور	به‌روزرسانی منابع

مکانیک مواد مرکب پیشرفته	۳	–	–		محمد حیدری		به‌روزرسانی منابع
–			هدایت و ناوبری ۱	۳	مهدی مرتضوی	–	اضافه شد
–			هدایت و ناوبری ۲	۳	مهدی مرتضوی	–	اضافه شد
–			هوش مصنوعی و سیستم‌های خبره	۳	حامد شهبازی	–	اضافه شد
–			هیدرودینامیک روغن‌کاری	۳	ابراهیم افشاری	–	اضافه شد
–			هیدرولیک پیشرفته	۳	حسین احمدی کیا	–	اضافه شد
هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته	۳	–	–		شهرام هادیان		به‌روزرسانی منابع
ویسکوالاستیسیته	۳	–	–		کورش حسن پور		به‌روزرسانی منابع
–			یادگیری عمیق	۳	حامد شهبازی	–	اضافه شد
–			یادگیری ماشین	۳	حامد شهبازی	–	اضافه شد

٤-٢- جدول تطبیقی دروس اختیاری (گرایش تبدیل انرژی)

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
اکسرژی	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
انتقال حرارت تابشی	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
انتقال حرارت جابجایی	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
انتقال حرارت دوفازی	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
انتقال حرارت رسانایی	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
انرژی خورشیدی پیشرفته	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
انرژی‌های تجدید پذیر	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
-	۳	–	آیروالاستیسیته	۳	–	حمید بهشتی	اضافه شد
آیرودینامیک پیشرفته	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
پدیده‌های انتقال در محیط متخلخل	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
پردازش موازی	۳	–	–			مسعود ضیایی راد	به‌روزرسانی منابع
-			ترموالاستیسیته	۳	–	کورش حسن پور	اضافه شد
ترمودینامیک پیشرفته	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
ترمودینامیک و مکانیک سیستم‌های پیشرانش	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
توربولانس	۳	–	–			مسعود ضیایی راد	به‌روزرسانی منابع
تولید شبکه محاسباتی	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
دینامیک سیالات محاسباتی ۱	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
دینامیک سیالات محاسباتی ۲	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
دینامیک گازهای پیشرفته	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
دینامیک پیشرفته	۳	–	–			علیرضا آریایی	به‌روزرسانی منابع
-			ذرات معلق	۳	–	علیرضا دستان	اضافه شد
روش المان محدود در انتقال حرارت و سیالات	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع

روش‌های اجزاء محدود ۱	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
روش‌های اندازه‌گیری پیشرفته	۳	–	–			حمید بهشتی	به‌روزرسانی منابع
-			ریاضیات پیشرفته ۲	۳	–	محمد حیدری	اضافه شد
سوخت و احتراق پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
سیستم‌های انرژی	۳	–	–			احسان بنی اسدی	به‌روزرسانی منابع
-			طراحی اجزاء پیشرفته	۳	–	مهرداد پورسینا	اضافه شد
-			طراحی به کمک کامپیوتر پیشرفته	۳	–	فرهاد حاجی ابوطالبی	اضافه شد
-			طراحی بهینه	۳	–	مهرداد پورسینا	اضافه شد
طراحی توربوماشین پیشرفته	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
کنترل آلودگی محیط‌زیست	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
لایه‌های مرزی	۳	–	–			مسعود ضیایی راد	به‌روزرسانی منابع
مباحث ویژه در مهندسی مکانیک	۳	–	–			–	ویراستاری و بازنگری رئوس مطالب
مبدل‌های حرارتی پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
مکانیک سیالات پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع و انتقال از دروس اختیاری به دروس تخصصی و اختیاری
-			مکانیک محیط‌های پیوسته ۱	۳	–	کورش حسن پور	اضافه شد
-			مکانیک محیط‌های پیوسته ۲	۳	–	کورش حسن پور	اضافه شد
موتورهای احتراق داخلی پیشرفته	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
نیروگاه آبی پیشرفته	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
هیدروآیرودینامیک	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
هیدرودینامیک روغن‌کاری	۳	–	–			ابراهیم افشاری	به‌روزرسانی منابع
هیدرولیک پیشرفته	۳	–	–			حسین احمدی کیا	به‌روزرسانی منابع
-			هیدرولیک و نیوماتیک پیشرفته	۳	–	شهرام هادیان	اضافه شد