



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم تحقیقات و فناوری

## مشخصات کلی ، برنامه آموزشی و سرفصل دروس

دوره : دکتری

رشته : مهندسی راه آهن

گروه : فنی و مهندسی



مصوب هفتصد و هفتاد و پنجمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری مورخ ۸۹/۸/۸

رای صادره هفتصد و هفتاد و پنجمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی  
مورخ ۸۹/۸/۸ در خصوص برنامه آموزشی دکتری رشته مهندسی راه آهن

(۱) برنامه آموزشی دوره دکتری رشته مهندسی راه آهن که از طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید  
(۲) این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجرا است و پس از آن نیازمند بازنگری است.

رای صادره هفتصد و هفتاد و پنجمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۱۳۸۹/۸/۸ در مورد برنامه آموزشی دوره دکتری رشته مهندسی راه آهن صحیح است و به مورد اجرا گذاشته شود.

حسین نادری منش  
نایب رئیس شورا



سیدابوالفضل حسینی  
دبیر شورای برنامه ریزی آموزش عالی

بسم الله الرحمن الرحيم

## برنامه آموزشی دوره دکتری رشته مهندسی راه آهن

کمیته تخصصی: مهندسی مکانیک

گروه: فنی و مهندسی

گرایش:

رشته: مهندسی راه آهن

کد رشته:

دوره: دکتری

شورای برنامه ریزی آموزش عالی در هفتصد و هفتاد و پنجمین جلسه مورخ ۱۳۸۹/۸/۸ خود برنامه آموزشی دوره دکتری رشته مهندسی راه آهن را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) مصوب نمود.

**ماده ۱)** برنامه آموزشی دوره دکتری رشته مهندسی راه آهن از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و موسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم الاجرا است.

**الف:** دانشگاهها و موسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می شوند.

**ب:** موسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بر اساس قوانین تاسیس می شوند و بنا بر این تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی می باشند.

**ج:** موسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

**ماده ۲)** این برنامه از تاریخ ۸۹/۸/۸ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می شوند لازم الاجرا است

**ماده ۳)** مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس دکتری رشته مهندسی راه آهن در سه فصل مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس برای اجرا به معاونت آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری ابلاغ می شود.



## فهرست مطالب

فصل اول - تعریف، اهداف، طول دوره و شکل نظام

فصل دوم - واحدهای درسی و جدول دروس،

گرایشهای ماشینهای ریلی و خط و سازههای ریلی

فصل سوم - سر فصل دروس،

گرایشهای ماشینهای ریلی و خط و سازههای ریلی



## فصل اول

تعریف، اهداف ، طول دوره و شکل نظام



## مقدمه:

امروزه اهمیت و نقش حمل و نقل ریلی در توسعه کشورها مورد تاکید همه صاحب نظران می باشد. کشورهای مختلف با توجه به مشخصات جغرافیایی و تراکم جمعیت و صنایع خود نیازمند استفاده از حمل و نقل ریلی در کنار انواع دیگر وسایط حمل و نقل می باشند تا از توسعه پایدار و عدالت محور در کنار حفظ انرژی برخوردار باشند.

جایگاه حمل و نقل ریلی برای هر کشوری در زمینه های مختلف همچون حمل مسافر شهری، مسافر بین شهری، کالاها و صنایع سنگین قابل تحلیل و ارائه می باشد.

در کشور ایران این مهم مورد توجه قرار گرفته است و هم اکنون طرح جامع حمل و نقل کشور در دست تهیه بوده و گزارش های اولیه آن ارائه شده است. همچنان که با توجه به وسعت کشور ایران قابل پیش بینی بود، در گزارش های ارائه شده، حمل و نقل ریلی جایگاه بسیار ویژه ای دارد. گزارش نهایی این طرح تا پایان سال جاری ارائه خواهد شد.

در سالهای اخیر حمل و نقل ریلی کشور در زمینه های مختلف توسعه پیدا کرده است و هر چند با برنامه های تدوین شده فاصله دارد اما نگاهی گذرا به سرمایه گذاری های انجام شده در زمینه های زیر بنایی و ناوگان، تحول در صنعت ریلی را نوید می دهد. از جمله فعالیتهای اخیر می توان به تجهیز شهرهای کلان چون تهران - مشهد - شیراز - اصفهان و تبریز به خطوط حمل و نقل ریلی شهری و حومه، بهسازی شبکه ریلی فرسوده کشور، احداث خطوط جدید، برقی سازی خطوط، خرید ناوگان باری، خرید ناوگان مسافری، خرید لکوموتیوهای مدرن و تاسیس چندین کارخانه و شرکت تخصصی اشاره کرد.

لازمه رشد متوازن صنعت حمل و نقل ریلی کشور و انتقال دانش فنی این صنعت، تربیت متخصصان مسلط به آخرین دستاوردهای علمی می باشد.

با توجه به نیاز روز افزون مملکت به رشد و توسعه ناوگان ریلی، دانشکده مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت ایران با ایجاد دوره دکترای راه آهن (با سابقه ده ساله) و با جذب نیروهای متخصص، به تربیت نیروی انسانی مورد نیاز کشور و تولید دانش فنی پرداخته است و توانسته جهش مناسبی را در کل صنعت راه آهن کشور ایجاد کند.

برای رسیدن به اهداف برنامه های چهارم توسعه کشور و سند چشم انداز ۱۴۰۴، صنعت ریلی بایستی توسعه در تمام زمینه ها را مد نظر قرار دهد و این مهم بدون تربیت نیروی متخصص امکان پذیر نیست. لازمه توسعه متوازن نیروی انسانی



متخصص جهت پاسخگویی به مجموعه نیازها، ایجاد هرم علمی مناسب میباشد که با ایجاد دوره های دکترا در داخل کشور امکان پذیر میباشد.

دانشکده مهندسی راه آهن با اتکال به خداوند متعال و با امید به فراهم شدن زمینه های لازم برای ارتقاء در زمینه آموزش های فنی و مهندسی مورد نیاز راه آهن درون شهری و برون شهری و صنایع وابسته، برنامه دوره دکتری مهندسی راه آهن را تنظیم و تدوین نموده است. نظر به اینکه برنامه دکترای رشته مهندسی راه آهن با در نظر گرفتن آیین نامه دوره های دکتری مصوب شورایی عالی برنامه ریزی تدوین و طراحی شده است، از ذکر مواد و تبصره های مندرج در آن آیین نامه خودداری شده است.



### تعریف و اهداف:

با توجه به رشد صنعت ریلی کشور که سرعت آن در سالهای اخیر به اوج خود رسیده و عزم کشور در رسیدن به توان تولید در این صنعت، نیاز به ارتقای سطح پژوهشها و تربیت متخصصان با توان بالا جهت تحلیل و طراحی سیستمهای پیشرفته ریلی مورد تاکید می باشد.

دانشکده مهندسی راه آهن با راه اندازی دوره های کارشناسی ارشد گام مهمی را در جهت توسعه پژوهشهای تخصصی ریلی برداشته است که ثمره آن ارائه گزارشات و پایان نامه های مختلف و تربیت متخصصین با توان پژوهش بالا می باشد. با توجه به طول دوره کارشناسی ارشد موضوع تحقیق از عمق محدودی برخوردار می باشد تا دانشجو بتواند در طول تحصیل خود آن را به اتمام برساند.

با توجه به وجود مسائل پیچیده پژوهشی در صنعت ریلی که نیاز به تحقیقات، اندازه گیریها و آنالیزهای طولانی مدت دارند و همچنین جهت ایجاد توسعه پایدار نیروی انسانی در صنعت ریلی، تاسیس دوره دکترای مهندسی راه آهن در دانشکده مهندسی راه آهن این فرصت را ایجاد خواهد کرد تا دانشکده به پشتوانه تجربه موفق خود در گذشته طرح های پژوهشی جامعتری را مورد توجه قرار دهد و صنعت ریلی در چشم انداز آینده از محققین زبده بهره مند گردد.

هدف از دوره دکتری راه آهن توسعه متوازن نیروی انسانی متخصص جهت پاسخگویی به مجموعه نیازها، ایجاد هرم علمی مناسب و تربیت افرادی متخصص در سطح راهبردی پروژه های تحقیقاتی و توسعه فناوری در زمینه مهندسی راه آهن میباشد.

## ضرورتها و نیازها:

ورود تکنولوژیهای نوین به کشور در زمینه های مختلف چون لکوموتیوهای دیزل الکتریک و برقی ، واگنهای سرعت بالا، قطارهای خود کشش شهری و بین شهری (ترنستها)، خطوط راه آهن برقی شهری و بین شهری، تجهیزات کنترلی و ارتباطات و همچنین پروژه های ملی احداث خطوط و ایستگاه های مدرن بین شهری و توسعه حمل و نقل شهری برای کلان شهرها، مسائل پیچیده پژوهشی را برای صنعت راه آهن ایجاد کرده است.

برای رسیدن به اهداف برنامه های چهارم توسعه کشور و سند چشم انداز ۱۴۰۴، صنعت ریلی بایستی توسعه در تمام زمینه ها را مد نظر قرار دهد و این مهم بدون تربیت نیروی متخصص امکان پذیر نیست. به عنوان نمونه باتوجه به برنامه های موجود که در آن تا ۵ سال آینده ۲۵ شهر کشور به حمل و نقل ریلی درون شهری مجهز خواهند شد، مجموعه مترو این شهرها نیازمند به بیش از ۶۲۵۰ نیروی کارشناس متخصص راه آهن تا ۱۰ سال آینده میباشد.

حسب تجربه جهانی و تجربه ایجاد شده در مترو تهران هر یک از شهرهای فوق نیاز به تعداد قابل توجه متخصصین تراز اول در گرایشهای مختلف راه آهن شهری خواهد بود. مجموعه دکتري مهندسی راه آهن با رویکردی جامع نگر، تربیت پژوهشگران و متخصصین مرتفع کننده مشکلات فنی و موضوعات تحقیقاتی این حوزه صنعت ریلی کشور را نیز در خود جای داده است. بطور اخص سه حوزه اصلی مشتمل بر (الف) حوزه طراحی در برگیرنده طراحی بهینه ابنیه فنی، روسازی و زیرسازی خطوط راه آهن شهری، طراحی بهینه بدنه واگن، بوژی و سیستم تعلیق (ب) احداث خطوط و تامین ناوگان در برگیرنده مدیریت ساخت خطوط راه آهن شهری و کنترل پروژه و (ج) سامانه های تعمیر و نگهداری شامل پایش وضعیت سامانه های خط و ناوگان شهری، تستهای غیر مخرب و سامانه های کنترل و سیگنالینگ در دوره دکتري مهندسی راه آهن گرایشهای ماشینهای ریلی و خط و سازههای ریلی مد نظر قرار گرفته است.

## طول دوره و شکل نظام:

دوره دکتري مهندسی راه آهن دارای دو مرحله، آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می باشد، که نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتري است.

## شرایط پذیرش دانشجو:





شرایط ورود به دوره دکترای مهندسی راه آهن مطابق با آیین نامه مصوب شورایعالی برنامه ریزی بوده و در این راستا موارد زیر نیز مد نظر می باشد:

الف: داشتن مدرک کارشناسی ارشد در کلیه رشته های مهندسی راه آهن ، مهندسی مکانیک ، مهندسی عمران، مهندسی برق، مهندسی صنایع، مهندسی خودرو، مهندسی کشتی سازی و مهندسی هوا فضا.

ب: امتحان ورودی مطابق با ضوابط دانشگاه برگزار میگردد.

ج: برنامه درسی دانشجویان دکترا توسط استاد راهنما و کمیته هادی دانشجو با توجه به موضوع پایان نامه و زمینه های اصلی و فرعی دانشجو تعیین می گردد.



## فصل دوم

واحدهای درسی و جدول دروس

گرایشهای ماشینهای ریلی

9

خط و سازههای ریلی



## دروس مرحله آموزشی دوره دکتری گرایشهای ماشینهای ریلی و خط و سازه‌های ریلی:

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی راه آهن ، گذراندن ۱۸ واحد درسی در سطح کارشناسی ارشد و دکتری (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است و دانشجوی می باید در پایان مرحله آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات به عنوان دروس اجباری و اختیاری در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است، در سطح دروس تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) به میزان بیان شده در جدول زیر واحدهای مورد نیاز را اخذ نماید.

۱۸ واحد	جمع واحدهای آموزشی
۱۸ واحد	تعداد واحدهای پایان نامه (پژوهشی)
۳۶ واحد	مجموع واحدهای درسی و پایان نامه در مقطع دکتری

دروس آموزشی بایستی از جداول "ب" و "ج" هریک از گرایشهای ماشینهای ریلی و خط و سازههای ریلی اختیار گردند. در دوره دکتری مهندسی راه آهن اخذ حداقل دو درس از دروس تخصصی (جدول ج) اجباری است. شایان ذکر است که دروس مقطع کارشناسی ارشد که در دوران تحصیل کارشناسی ارشد توسط دانشجو اخذ نشده می تواند در دوره دکتری اخذ شود. دانشجویان در طول دوره تحصیل خود می توانند حداکثر یک درس و یا سه واحد تحت عنوان " مباحث ویژه " بگذرانند هدف از این درس ارائه و بررسی پیشرفته ترین مطالب و مباحث جدید در زمینه های تحقیقی است که امکان ارائه آن در قالب یک درس کلاسیک فراهم نشده و یا هنوز برنامه درس به تصویب شورای برنامه ریزی درسی دانشگاه نرسیده باشد. عنوان و برنامه درس باید قبل از ثبت نام دانشجو به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده رسیده و اخذ درس می تواند بصورت فردی یا گروهی باشد.

تبصره ۱: دانشجو با توجه به زمینه تخصصی انتخابی و موضوع پایان نامه موظف به انتخاب دروس از جداول الف، ب ، ج و میباید.

تبصره ۲: دانشجویانی که مدرک کارشناسی ارشد آنها مهندسی راه آهن نمی باشد به تشخیص گروه آموزشی موسسه موظف می شوند تعدادی از دروس را به عنوان دروس جبرانی حداکثر به میزان دوازده واحد اخذ نموده و بگذرانند.



تبصره ۳: دانشگاهها و موسسات آموزش عالی که دوره دکتری مهندسی راه آهن را ارائه می نمایند می توانند دروس جدیدی را جهت تصویب و اضافه نمودن به لیست دروس پیشنهاد نمایند.



جدول دروس دکترای مهندسی راه‌آهن - گرایش ماشینهای ریلی



جدول الف - دروس جبرانی دوره دکترا مهندسی راه آهن

گرایش ماشینهای ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	طراحی پیشرفته بوژی و واگن و آزمایشگاه	۳
۲	تحلیل مودال ماشین های ریلی و آزمایشگاه	۳
۳	روش اجزاء محدود I	۳

جدول ب- دروس اصلی دوره دکترا مهندسی راه آهن

گرایش ماشینهای ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ریاضیات پیشرفته مهندسی II	۳
۲	روش اجزاء محدود II	۳
۳	روش اجزاء مرزی	۳
۴	مکانیک شکست	۳
۵	تئوری صفحات و پوسته ها	۳
۶	اجزاء محدود غیر خطی	۳
۷	مکانیک مواد مرکب	۳
۸	روشهای اندازه گیری و ابزار دقیق پیشرفته و آزمایشگاه	۳
۹	ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات سیستمهای ممتد	۳
۱۰	ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات اتفاقی	۳
۱۱	پلاستیسیته	۳
۱۲	صدا و ارتعاشات ریلی	۳
۱۳	آهن مواد و تکنولوژیهای پیشرفته در راه	۳



جدول ج- دروس تخصصی دوره دکترا مهندسی راه آهن  
گرایش ماشینهای ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	تریبولوژی در ماشینهای ریلی	۳
۲	روشهای تحلیل فرکانسی	۳
۳	ارتعاشات غیر خطی در ماشینهای ریلی	۳
۴	تست های غیر مخرب در ماشینهای ریلی	۳
۵	موتورهای دیزل سنگین	۳
۶	سیستمهای حرارت و سیالات پیشرفته و کاربرد آن در ناوگان ریلی	۳
۷	کنترل پیشرفته در ماشینهای ریلی	۳
۸	دینامیک پیشرفته ماشین های ریلی	۳
۹	ویسکو الاستیسیته	۳
۱۰	ترمو الاستیسیته	۳
۱۱	مکانیک برخورد در ماشینهای ریلی	۳
۱۲	سازی و کاربرد آن در ماشینهای ریلی بهینه	۳
۱۳	طراحی مکانیزمهای پیشرفته	۳
۱۴	هیدرودینامیک روغنکاری ماشینهای ریلی	۳
۱۵	های پسماندر ماشینهای ریلی تنش	۳
۱۶	انرودینامیک قطار	۳
۱۷	سازی و کنترل فازی مدل	۳
۱۸	موتورهای دیزل پیشرفته	۳
۱۹	سوخت و احتراق پیشرفته	۳
۲۰	مباحث ویژه در ماشینهای ریلی	۳
۲۱	شیبه سازی ماشینهای ریلی به کمک رایانه	۳
۲۲	خزش خستگی و شکست در ماشینهای ریلی	۳



جدول دروس دکترای مهندسی راه آهن - گرایش خط و سازه های ریلی





جدول الف - دروس جبرانی دوره دکترا مهندسی راه آهن

گرایش خط و سازه های ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	اندر کنش خط و قطار ۱	۳
۲	دینامیک سازه ۱	۳
۳	روش اجزاء محدود I	۳

جدول ب- دروس اصلی دوره دکترا مهندسی راه آهن

گرایش خط و سازه های ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ریاضیات پیشرفته مهندسی II	۳
۲	روش اجزاء محدود II	۳
۳	روش اجزاء مرزی	۳
۴	مکانیک شکست	۳
۵	تئوری صفحات و پوسته ها	۳
۶	اجزاء محدود غیر خطی	۳
۷	روشهای اندازه گیری و ابزار دقیق پیشرفته و آزمایشگاه	۳
۹	ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات سیستمهای ممتد	۳
۱۰	ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات اتفاقی	۳
۱۱	پلاستیسیته	۳
۱۲	صدا و ارتعاشات ریلی	۳



جدول ج- دروس تخصصی دوره دکترا مهندسی راه آهن  
گرایش خط و سازه های ریلی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سازه های زیر زمینی	
۲	دینامیک خطوط راه آهن	۳
۳	زیرسازی راه آهن پیشرفته	۳
۴	روسازی راه آهن پیشرفته	۳
۵	ساخت و اجرای پیشرفته	۳
۶	اندرکنش خط و قطار II	۳
۷	تست خط راه آهن	۳
۸	پایش سلامت سازه های ریلی	۳
۹	تئوری انتشار امواج	۳
۱۰	دینامیک سازه (۲)	۳
۱۱	روشهای محاسباتی هوشمند در مهندسی راه آهن	۳
۱۲	تحلیل و طراحی راه آهن برقی	۳
۱۳	دینامیک پل های راه آهن	۳
۱۴	روسازی راه آهن های شهری	۳
۱۵	مباحث ویژه در خط و سازه های ریلی	۳
۱۶	روشهای برنامه ریزی و کنترل پروژه	۳
۱۷	مدیریت ماشین آلات ساخت	۳
۱۸	تحلیل و طراحی سیستم ها	۳



## فصل سوم

الف- سرفصل دروس دکترای مهندسی راه آهن  
گرایش ماشینهای ریلی

ب- سرفصل دروس دکترای مهندسی راه آهن  
گرایش خط و سازه‌های ریلی



الف - سرفصل دروس دکترای مهندسی راه آهن  
گرایش ماشینهای ریلی



## طراحی پیشرفته بوژی و واگن و آزمایشگاه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری - عملی

هدف: بررسی نیروهای وارده بر بوژی و تاثیر آن بر رفتار دینامیکی قطار، تحلیل تنش در ساختمان بوژی، مطالعات دینامیکی و بررسی پایداری حرکتی بوژی و واگن  
سر فصل دروس : (۶۴ ساعت)

هدف: بررسی نیروهای وارده بر بوژی و تاثیر آن بر رفتار دینامیکی قطار، تحلیل تنش در ساختمان بوژی، مطالعات دینامیکی و بررسی پایداری حرکتی بوژی و واگن  
(۱-۲) معرفی سازه بوژی و واگن

بررسی مکانیزم بارگذاری واگن و شاسی بوژی در واگن مسافری، واگن باری و لکوموتیو. حداقل نمودن جرم روی فنر و ارتباط جرم با سایش و استهلاک قطعات بوژی، نیروهای وارده در حالت شتاب گیری، ترمز و در قوس، نیروهای وارده بر چرخ.

(۳) مبانی تئوری طراحی سازه و بدنه واگن (طراحی استاتیکی ورق ها، ورق های تقویت شده، طراحی کمانش ورق های ساده و ورق های تقویت شده)، ارائه استانداردهای مربوطه.

(۴-۵) معرفی انواع چرخها، تعیین پروفیل چرخ، طراحی فرم هندسی و خواص مکانیکی چرخ.

(۶-۷) پایداری عمودی، تاثیر مستهلک کننده در پایداری عمودی، سیستم های تعلیق خودرو ریلی، راحتی سفر (Ride Quality)

(۸-۹) مدل های دینامیکی بوژی و واگن و بررسی پایداری حرکتی بوژی و واگن.

(۱۰-۱۱) طراحی تامپون و قلاب.

(۱۲-۱۳) سیستم تعلیق بوژیها، فنرهای تخت، فنرهای کوئل و پیچشی، فنرهای هوائی.

(۱۴-۱۵) سایش در چرخ (ناشی از بار استاتیکی و دینامیکی)، مقاومت غلتشی (بین چرخ و ریل، یاتاقانها، کاسه بوژی)

(۱۶) کمانش قطار (تاثیر بارهای محوری و جانبی و بدست آوردن مودهای مختلف کمانش قطار)

منابع پیشنهادی:

- 1) "Dynamics of Railway Vehicle Systems", V.K. Garg, R.V. Dukkipati, Academic Press, 1994.
- 2) "Spring Design Manual", SAE Handbook, 1996.  
"ABC's of Car and Locomotive Wheels", Simmons - Boardman Books,
- 3) "Handbook of Railway Vehicle Dynamics". 2006, Simon Iwnisk;



## تحلیل مودال ماشین های ریلی و آزمایشگاه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری - عملی

سر فصل دروس : (۶۴ ساعت)

مقدمه:

### ۱ و ۲) تحلیل مودال سیستم های یکدرجه آزادی

- میرایی لزج

- میرایی هیستریک (سازه ای)

### ۳-۵) تحلیل مودال سیستم های چندین درجه آزادی

- ارتعاشات آزاد

• مقادیر ویژه و بردارهای ویژه

• خواص متعامد بردارهای ویژه

• ماتریسهای عمومی جرم و سختی سیستم

• نرمالایز کردن مودها

- ارتعاشات اجباری

• مختصات اصلی

- ارتعاشات اجباری میراشونده (دمپینگ متناسب (Proportional Damping)

• میرایی لزج

• میرایی هیستریک

- ارتعاشات اجباری میراشونده (دمپینگ غیر متناسب (Non-Proportional Damping)

• روش فضای حالت

• مودهای اجباری سیستم میراشونده

### ۶ و ۷) تحلیل مودال سیستم های جرم پیوسته

#### ۸-۱۰) تحلیل مودال و شبیه سازی

- سیستم های مودال در دامنه فرکانسی

- قطبها و باقی مانده های مشخصه سیستم (Pole and Residue)

- مودهای عادی و مودهای مختلط

- باقیمانده ها و مودهای ارتعاشی (Residues and Mode Shapes)

- اسکیل نمودن مودهای ارتعاشی

- کوپلینگ مودها



- درجات آزادی و ماتریس موبیلیتی
- تست مودال یک سازه ساده
- تعیین پارامترهای سیستم با استفاده از منحنی‌های انطباق (Curve Fitting)

### ۱۱-۱۳) اندازه‌گیری موبیلیتی مکانیکی

- سیستم‌ها و سیگنال‌ها
- مدل ریاضی سیستم‌های دینامیکی
- پاسخ فرکانسی سیستم
- تعاریف اندازه‌گیری موبیلیتی
- تخمین پاسخ فرکانسی
- تحریک انفاقی
- تحریک ضربه‌ای

### ۱۴-۱۶) کاربردهای تحلیل مودال

- تحلیل مودال سازه‌های ریلی
- روش تحریک تکی (Single Exciter)
- روش تحریک چندگانه (Multiple Exciter)

#### منابع پیشنهادی:

- 1) "Mechanical Vibrations, Theory and Applications", F. S, Tse, I. E. Morse, R. T. Hinkle, Allyn and Bacon, inc.2002
- 2) "Structural Testing, Part 1 & Part 2", Ole Dossing, Bruel & Kjaer.
- 3) "Modal Testthy Theory, Practice and Application " , Dj Ewins, 2001
- 4) "Practical Machinery Vibration Analysis and Predictare Maintenance" , C. Scheffer, P.Girdhar (2004)



## روش اجزای محدود I

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

۱ و ۲) معرفی روش اجزای محدود در مسائل مهندسی،  
۳-۵) مقدمه‌ای بر الاستیسیته دو بعدی، مروری بر مفاهیم تحلیل ماتریسها،  
۶-۸) تحلیل همه‌جایی (گلوبال) در تجزیه ماتریس سختی، روشهای مستقیم،  
۹ و ۱۰) کارمجازی و پسماند متعادل شده در فرموله کردن یک جزء، اصول فرموله کردن به روش تغییر، حداقل انرژی پتانسیل.

۱۱ و ۱۲) روشهای تقریبی شامل: ریلی - ریتز و گالرکین،

۱۳ و ۱۴) کاربرد روش اجزای محدود در محاسبه تنش و کرنش، رفتار و هندسه یک جزء، جزءهای صفحه‌ای،

۱۵ و ۱۶) ملاحظات در تعیین مدل: خمش صفحه‌ها، روشهای مخلوط و هیبرید در خمش صفحه‌ها ...

منابع پیشنهادی:

- 1) "Finite Element Analysis: Fundamentals", R. HG. Gallagher, Prentice Hall.2007
- 2) "Numerical Method in Finite Analysis", K. J. Bathe & E. L. Wilson Pub. Englewood Cliffs.2006
- 3) "The Finite Element Method", O. C. Zienkiewicz, Mc. Graw – Hill-2006
- 4) "Fundamentals of finite Element Analysis", D.Hutton 2004. MC.Graw Hill"





## ریاضیات پیشرفته مهندسی II

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۱- آشنایی و کاربرد آنالیز تابعی (Functional Analysis)
- ۲- کاربرد توابع خاص در حل مسائل مقادیر مرزی
- ۳- تابع گرین و کاربرد آن در بدست آوردن معادلات انتگرالی
- ۴- حل معادلات انتگرالی در حالات مختلف با تاکید بر معادلات انتگرالی دارای نقاط تکین
- ۵- حل دستگاه معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره ای
- ۶- کاربرد روش Perturbation در حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره ای

منابع پیشنهادی:

- 1-Perturbation Methods, by: A.H. Nayfeh Publisher: Wiley- Interscience, 2001
- 2- Methods of Applied Mathematics by Francis B. Hildebrand, Dover Publication, 1992.
- 3- APPLIED Partial Differential Equations (4<sup>th</sup> Edition) by Richard Haberman, Prentice Hall, 2003



## روش اجزاء محدود II

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

مقدمه و معرفی ساختار برنامه کامپیوتری

- ۱- فرمولسازی صفحات و پوسته ها
- خمش صفحات با استفاده از تئوری رایسنر- میندلین
- تحلیل پوسته ها با استفاده از المانهای مسطح (Folded Plates)
- تحلیل پوسته ها با فرمول سازی عمومی (Degenerate)
- ۲- تحلیل دینامیکی و مسائل برنامه نویسی آن
- ۳- فرمول سازی مختلط و کاربرد آن در خمش صفحات (D.R.M و d.T.K)
- ۴- محاسبات خطا و روشهای ایجاد شبکه با خطای یکنواخت
- ۵- تحلیل ارتجاعی سه بعدی، تحلیل پایداری مسائل میدانی

منابع پیشنهادی:

Theory and applications of plate analysis, classical, numerical and engineering methods by: Szilard and Rudolph, Johnwiley, 2004.

Design of plate and shell structures, by: Jawad Maan H., ASME press 2003.



## روش اجزاء مرزی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۱- مفهوم تابع گرین و استفاده از آن در روش باقیمانده های وزنی و مقایسه مفهوم اجزاء مرزی اجزاء محدود
- ۲- مفهوم فرمول سازی مستقیم و غیر مستقیم انتگرال مرزی
- ۳- تابع گرین مسائل ارتجاعی دو بعدی و سه بعدی و حل آن بر اساس فرمول سازی مستقیم و غیر مستقیم
- ۴- حل مسائل دارای گوشه های تیز به کمک اجزاء مرزی
- ۵- حل مسائل الاستو دینامیک در حوزه تواتری و زمانی به کمک اجزاء مرزی
- ۶- حل مسائل خمش صفحات و تعیین مقادیر ویژه آنها
- ۷- کاربرد روش اجزاء مرزی در حل مسائل الاستو-پلاستیک
- ۸- ترکیب روش اجزاء مرزی و اجزاء محدود و فرمول بندی آنها

منابع پیشنهادی:

The boundary element methods in engineering, by: P.K. Banerjee, Mc Graw-Hill book company, (1994).

The boundary element an introductory Course by: C.A. Brebbia and J. Dominguez, Mc Graw-Hill book company, 1989.

The Boundary Element method With Programming, G. Beer I.Smith, Duenser, 2008.

Boundary Element Methods for engineers and Scientists by: L.Gaul , M.kogl, M. Wagner Springer, 2003.

Programming the boundary element Method By: Gernot Beer, Wiley 2001



## مکانیک شکست

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

۱- مکانیک شکست الاستیک خطی

معیار شکست گریفیت و ایروین، مسائل دو بعدی (توابع تنش مختلط - دیدگاه متکی بر ضریب شدت حوزه تنش - مسائل تنش صفحه ای، مسائل کرنش صفحه ای و ... ) پلاستیسیته در ... ترک ( نظریه های مختلف)، روش تعادل انرژی، مسائل سه بعدی، مودهای ترکیبی شکست، روشهای محاسباتی در مکانیک شکست خطی، روش های آزمایشگاهی در مکانیک شکست الاستیک خطی

۲- مکانیک شکست الاستیک - پلاستیک

مقدمه (روش ضریب تعدیل، مدل سیلان نواری، فرضیه صلب-خمیری و ... ) انتگرال  $J$ ..... COD، روش های محاسباتی در مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک، روش های آزمایشگاهی مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک

۳- مفاهیم مکانیک شکست در مسائل گسترش ترک

گسترش ترک در اثر خستگی، طراحی برای عمر مفید، خستگی ناشی از خوردگی، ارزیابی ایمنی سازه ها در ارتباط با خستگی، شکست تحت اثر بارهای تعلیقی، گسترش ترک دینامیک

۴- مکانیسم ها و مکانیک شکست در مصالح

مصالح فلزی، مصالح بتنی، مصالح سنگی، سایر مصالح (سرامیک، شیشه ...)

منابع پیشنهادی:

1- Fracture Mechanics, Fundamental and applications, by: T.L. Anderson, Ph. D., CRC Press LL 2004

2- Fundamentals of Fracture mechanics, T.Kudu, 2008

۳- Michael Janssen, Jan Zuidema and Russell Wanhill "Fracture Mechanics" 2nd Edition, 2004



## تئوری صفحات و پوسته ها

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

خمش استوانه ای صفحات مستطیلی با بار یکنواخت و شرایط مرزی مختلف، خمش خالص صفحات، انرژی کرنش در خمش خالص، تنشهای حرارتی در خمش خالص، خمش متقارن صفحات دایره ای با شرایط مختلف باری و مرزی، خیزهای کوچک صفحات با بار جانبی، معادله دیفرانسیلی خیز صفحه، صفحات با مقاطع مختلف، صفحات مستطیلی ممتد و صفحات متکی بر پایه های ارتجاعی، تئوری غشائی پوسته ها، پوسته های به فرم سطوح دوار، پوسته های با قدرت ثابت، پوسته های کروی متکی در چند نقطه، توابع تنش در تحلیل پوسته ها، مخازن تحت فشار با جدار یکنواخت و غیر یکنواخت، پوسته های کروی شکل با ضخامت یکنواخت، روشهای تقریبی تحلیل تنش در پوسته های کروی، پوسته های مخروطی شکل.

منابع پیشنهادی:

- 1- "Theory of plates and shells", by Timoshenko and Winooski, MC Grew-Hill Book CO.
- 2- "Stresses in Beams, Plates, and Shells" Ansen, Hgural 2009



## اجزاء محدود غیر خطی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۱- مقدمه ای بر:
  - مسائل غیر خطی هندسی (شامل شرایط مرزی)
  - مسائل غیر خطی مصالح
- ۲- توضیح روشهای مختلف در تحلیل مسائل غیر خطی
  - روش لاگرانژ کامل (Total Lagrangian)
  - روش لاگرانژ اصلاحی (Updated Lagrangian)
- ۳- بحث درباره مسائل غیر خطی مصالح
  - مروری بر پلاستیسیته
  - تشکیل ماتریس سختی مماسی برای المانهای ذیل (Tangent Stiffness)
  - خریا
  - تیر
  - دو بعدی ایزوپارامتریک (مثلثی - چهار ضلعی)
  - سه بعدی ایزوپارامتریک (آجری - گوه‌ای - هرمی)
  - صفحات و پوسته ها
  - محاسبه تنش ها و تشکیل بردار باقیمانده
  - ارائه روش های مختلف تحلیل و بحث درباره همگرایی
  - سختی اولیه
  - نیوتن - رافسون (Newton Raphson)
  - نیوتن - رافسون اصلاحی (Modified Newton Raphson)
  - سایر روش ها
  - روش های اعمال سخت شوندگی (ایزومترئیک - سینماتیک - ترکیبی)
- ۴- مسائل غیر خطی هندسی
  - تشکیل ماتریس سختی غیر خطی هندسی برای المانهای مختلف (خریا و ...)



منابع پیشنهادی:

- 1- Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures by Ted Belytschko, Wing Kam Liu, and Brian Moran, Wiley 2000
- 2- An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis by J.N. Reddy, Oxford University Press (2004)



## مکانیک مواد مرکب

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۱- مقدمه ای بر مواد مرکب، روابط تنش - کرنش مواد ایزوتروپیک
- ۲- سختی مواد مرکب بدون جهت، انتقال تنش - کرنش
- ۳- سختی خارج از محور مواد مرکب بدون جهت
- ۴- سختی مسطح لایه های متقارن
- ۵- خصوصیات لایه های مرکب مختلف
- ۶- قدرت یک لایه ارتوتروپیک - تئوری دو محوری یک لایه ارتوتروپیک
- ۷- قدرت لایه های مرکب، سختی نامتغیر لایه ای
- ۸- رفتار میکرومکانیکی یک لایه-سختی و قدرت آن
- ۹- تعیین سختی مواد مرکب با استفاده از طریق الاستیسیته و مکانیک مواد
- ۱۰- خمش - تغییر شکل و ارتعاش صفحات مرکب
- ۱۱- اتصالات لایه ای، اتصالات پیچی و چسبی مواد مرکب، توزیع تنش در اطراف سوراخ در موارد مرکب
- ۱۲- تنش های بین لایه ای، قدرت استاتیکی لایه های دارای بریدگی، خستگی مواد مرکب
- ۱۳- اثرات حرارت در مواد مرکب

منابع پیشنهادی:

1- Composite material, Testing and design, by Williamsburg, American Society for testing and design. 2004





## روشهای اندازه‌گیری و ابزار دقیق پیشرفته و آزمایشگاه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری - عملی

هدف: آموزش مفاهیم اندازه‌گیری، شرح دستگاههای اندازه‌گیری ابعاد و سایر کمیات فیزیکی مرتبط با صنعت ریلی، اندازه‌گیری و توانایی پردازش اطلاعات

سر فصل دروس : (۶۴ ساعت)

۱) یاد آوری مفاهیم اندازه‌گیری، علت و نوع خطاها در آزمایش - احتمالات و توزیع آن و کاربرد آن در خطاهای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل مقادیر اندازه‌گیری شده، روشهای کاهش خطا.  
۲) احاد و ابعاد در استانداردها - حس‌کننده‌ها و مدلها و بررسی کلی کاربرد آنها در اندازه‌گیری - کاربرد پلهای الکتریکی در اندازه‌گیریهای متعدد، بررسی سیگنالها و اغتشاش در دستگاههای اندازه‌گیری، اعتماد، انتخاب و اقتصاد.  
۳) سیستمهای اندازه‌گیری - سیستمهای سنجش از راه دور، سیستمهای اندازه‌گیری مافوق صوت، اندازه‌گیری انرژی و قدرت در صنعت.

۴-۵) مترولوژی (دستگاههای اندازه‌گیری طول و زاویه)

- وسایل اندازه‌گیری متعارف (کولیس، میکرومتر، ساعت اندازه‌گیری)

- وسایل اندازه‌گیری دیجیتال (خط کش نوری، انکودرهای افزایشی (incremental) و مطلق، کولیس دیجیتال.

- پتانسیومتر مقاومتی، کرنش سنج، LVDT، پیزو الکتریک

- انکودر دورانی (پروپهای دستگاههای مینی پروف چرخ، ترمز، ریل و سوزن)، خطای انکودر دورانی، انکودر بازتابی.

- اندازه‌گیری نوری (پروژکتور اندازه‌گیری، میکروسکوپ)

۶-۷) وسایل اندازه‌گیری خاص برای کمیت‌های نیرو، گشتاور، توان، فشار، صوت، جریان، حرارت، تنش، سرعت، شتاب، زبری سطح و سختی سنجی.

۸) روشهای اندازه‌گیری تنش در اجسام

- روش پوشش ترد

- روش استفاده از کرنش سنجها

- روشهای نوری

۹) وسایل اندازه‌گیری الکتریکی (ولت مترهای آنالوگ و دیجیتال، گالوانومترها، گیت‌ها)، CRT، اسیلوسکوپ، نوارهای مغناطیسی.

۱۰) طیف سنجی، اندازه‌گیری‌های حرارت، فشار، جریان، ارتفاع مایعات، فتوالاستیسیته در مکانیک جامدات.

۱۱) سایر اندازه‌گیری‌های صنعتی: اندازه‌گیری ضخامت ورق، اندازه‌گیری با لیزر، اندازه‌گیری فشارهای کم و خلا، اندازه‌گیری خصوصیات حرارتی ماده.

۱۲-۱۳) اندازه‌گیری نوری (تداخل لیزر هولوگرام، حسگرهای فتوالکتریکی)، اندازه‌گیری پروفیل‌های چرخ و ریل.



اندازه گیری مغناطیسی (اشل های مغناطیسی، مبدلها و حسگرهای مغناطیسی).  
 ۱۴) پردازش اطلاعات (مدار بل، تقویت کننده ها، فیلتر، انتگرال گیرنده، مشتق گیرنده، جبران کننده های دینامیکی، جمع کننده ها و تفریق کننده ها، ضرب کننده ها و تقسیم کننده ها، خطی کننده ها، مولدهای توابع، مبدلهای A/D ، V/F ، F/V ، D/A ، تقویت کننده های نگهدارنده نمونه.  
 ۱۵) انتقال اطلاعات (کابل، کابل نوری، امواج نیوماتیک).  
 ۱۶) کاربرد رایانه در سیستمهای اندازه گیری ، اندازه گیری تابع تبدیل سیستمها.

#### منابع پیشنهادی:

- 1) "Principles of Measurement Systems", J. P. Bontley. 1999
- 2) "Measurement Systems, Application and Design", E. O. Doebelin. 2002
- 3) "Principles of Instrumental Analysis", Skoog. 2001
- 4) "Electrical and Electronic Measurements and Instrumentation", Sawhne. 2003
- 5) "Mechanical Measurements", Beckwith, T.G., Addison-Wesley, Reading, 1993.
- 6) "Instrumentation & Mechanical Measurements", Tayal, A.K., Galgotia Pub, New Delhi, 2003.
- 7) "An introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements", Taylor, J.R. , University Science Books, 1997.



## ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات سیستمهای ممتد

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ارتعاشات کارشناسی و همزمان با ریاضیات پیشرفته I

سرفصل دروس:

مروری بر ارتعاشات آزاد و اجباری دو درجه آزادی و مرتبط مختصات عمومی و اصلی - سیستمهای چند درجه آزادی - ضرائب اثر - معادلات دیفرانسیل حرکت به فرم ماتریسی - محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه - مقادیر ویژه مضاعف - سیستمهای نامحدود و مودجسم صلب - روش ایمیدانس و موبیلیتی در حل سیستمهای چند درجه آزادی - روش انرژی در تحلیل سیستمهای دینامیکی - متدرایی - روش دانکرنی - متدرایی ورتیز - روش هولرز - روش انتقال ماتریس - اصل کار مجازی - معادلات لاگرانژ برای سیستمهای پاینده و غیر پاینده و برای سیستمهای غیر خطی - ارتعاشات نخ، طولی میله و پیچشی میله باریک با شرایط سرحدی مختلف به فرم استاندارد و غیر متعارف - فرکانسهای طبیعی و شکل مودهای آن - گسترش موجهای فشاری در میله ها - ارتعاشات جانبی تیرها - معادله اوپلر - برنولی با شرایط مرزی گوناگون - تاثیر نیروی محوری بر روی این ارتعاشات - معادله تیر تیموشنکو بدست آوردن فرکانسهای طبیعی و شکل مودهای طبیعی - اثر نیروی متمرکز متحرک بر روی تیر - تیر با چند نقطه اتکاء - کسر رایلی و متدرایی ورتیز - ارتعاشات اجباری و تاثیر نیروی استهلاک - ارتعاشات قابهای ساده (۲ بعدی) ارتعاشات غشاء (پوست) در تحت شرایط اولیه و مرزی گوناگون.

کتاب پیشنهادی:

- 1- "Theory of Vibration With Applications" by W.T.THOMSON, G.Allen & Vnwin Publisher.
- 2- "Mechanical Vibrations", F.S>Tse, etal,Allyn & Bacon.
- 3- "Mechanical Vibrations" by:S.S.Rao,Addiston- Wesley.
- 4- "Vibration Problems in Engineering", by S>Timoshenko, et.al. John Wiley, New york.
- 5- "Mechanical Vibrations" by: A.H. Church, John Wiley.



## ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات اتفاقی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

پیشنیاز: ریاضیات پیشرفته ۱ و ارتعاشات (دوره کارشناسی)

سرفصل دروس:

مقدمه و توضیحی بر ریاضی فرایندهای اتفاقی، پاسخ به تحریک آنی و پاسخ به فرکانس، سیستمهای خطی دینامیکی مستقل از زمان، احتمالات، ارتباط احتمالی یک سری مشاهدات منظم و نامنظم و دانسیته طیف پاسخ به ساکن، توزیع ماکزیمم ها، فرایندهای آنی ایجاد شده توسط شمارش گری تصادفی، کاربرد ارتعاشات در مسائل متاثر از تحریک اتفاقی با باند وسیع، اندازه گیری و مشابه سازی ارتعاش اتفاقی، بکارگیری داده ها از طریق عددی و آنالوگ، شکست در اثر بارگذاری اتفاقی حاصل از خستگی...

کتاب پیشنهادی:

- 1- "Random Vibration in mechanical systems", by S.H. Crandall, pub. Academic press.
- 2- "Random Vibration", by J.D. Robson. pub. Edinbrugh-Univ. press.
- 3- "Principles and Applications of Random Noise Theory", by J.S. Bendal. Pub. John Wiley & Sons.



## پلاستیسیته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سر فصل دروس:

مروری بر مکانیک محیطهای پیوسته، معادلات حالت پلاستیک شامل: تغییر شکل الاستیک و پلاستیک، کرنش سختی (strain hardening)، بارگذاری ساده و مختلط، معیارهای تسلیم، منحنی تسلیم، سطح تسلیم، معیار و ترسکا - سن و نان (Tresca-Saint Venant)، معیار فون مایزس (Von-Mises)، منحنی بارگذاری، منحنی باربرداری، تئوری جریان پلاستیک، معادلات پرندال-راس (Prondtl - Reuss) تئوری پلاستیسیته سن و نان-فون مایزس، تئوری پلاستیسیته تغییر فرم (Deformation) قانون جریان وابسته (Associated folw)، فرضیه دراگر (Drucker) تحذب سطح بارگذاری، معادلات تعادل الاستیک-پلاستیک. خطوط لغزش و خواص آنها، معیار سرحدی (Boundary Value) مساله کوشی، مساله ری مان

منابع پیشنهادی:

- 1) Fundamental of the theory of plasticity, by L.M, KACHANOV. Dover Publications, 2004
- 2) The mathematical Theory of plasticity, by R.Hill, pub. Clarendon press, Oxford. 1998
- 3) Plasticity for mechanical Engineering, by Johnson & Miller. 1998
- 4) "Applied Plasticity" Springer, J. chakrubarty 2009



## صدا و ارتعاشات ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۱-۳) تئوری‌های ایجاد صوت در تماس غلطشی چرخ و ریلی، دینامیک چرخ، دینامیک خط، زبری سطح و اندرکنش چرخ و خط، تشعشع صوت

۴و۵) تحریک چرخ و ریل ناشی از زبری سطح، تهیه مدل زبری سطح، اندازه‌گیری زبری سطح، مشخصه‌های زبری چرخ و خط، کنترل صدای چرخ و ریلی در چشمه

۶و۷) مدل‌های پیش‌بینی اصوات ناشی از وسیله ریلی در محیط، شاخص‌های صدا، معرفی مدل پیش‌بینی صدا، روش پیش‌بینی صدا، مدل معرفی چشمه صدا، مدل‌های انتشار صوت، محاسبه اندازه صدا

۸و۹) اندازه‌گیری و کنترل صدای راه‌آهن، صداهای خارج ناوگان (صدای ناشی از مقاومت هوا و روشهای کنترل آن، ...)، صداهای داخل ناوگان (صدای ناشی از عملکرد سیستم ترمز و استانداردهای مربوطه، ...)

۱۰-۱۲) روشهای کنترل صدا در چشمه، صدای چرخ، صدای ریل، زبری سطوح، حفاظت از صدا

۱۳و۱۴) ارتعاشات ناشی از تردد قطارها در سطح

۱۵و۱۶) ارتعاشات ناشی از تردد قطارها در تونلهای زیر زمینی

منابع پیشنهادی:

1) "Noise and Vibration from High Speed Trains", V. V. Krylov, Thomas Telford, 2001.

2) "Railway Noise and vibration: Mechanisms, Modeling and Means of Control", D. Thrompson 2009 Elsevier.



## مواد و تکنولوژیهای پیشرفته در راه آهن

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

- ۱) ورقهای آلومینیومی در بدنه واگنها
- ۲) فولادهای میکروآلیاژی کم کربن جهت تولید بوژی و واگنها
- ۳) فولادهای میکروآلیاژی کربن متوسط جهت تولید قطعات در صنعت ریلی
- ۴) چدن نشکن اوستمپر و کاربرد آن در صنایع ریلی
- ۵) سبک سازی ماشینهای ریلی با بهره گیری از مواد جدید
- ۷) روانکارهای مورد استفاده در صنایع ریلی (جامد، مایع، نیمه جامد)
- ۹) ساختار و خواص پلیمرها
- ۱۰ و ۱۱) کامپوزیتها (اجزای کامپوزیتها، انواع زمینه ها، انواع فصل مشترک، فناوری تولید کامپوزیتها، خواص مکانیکی کامپوزیتها، تحلیل شکست در کامپوزیتها، کاربرد کامپوزیتها در ماشینهای ریلی، تحلیل شکست در سازه های کامپوزیتی)
- ۱۱ و ۱۳) بهره گیری از فناوری لیزر و پلاسما در تولید قطعات در صنعت ریلی
- ۱۴) پوششهای داکرومت در بوژی و قطعات ماشینهای ریلی
- ۱۵ و ۱۶) نانو تکنولوژی در صنایع ریلی

### منابع پیشنهادی:

- 1) "An introduction to Polymer Physics", I. I. Perepechko, Mir Publishers, Moscow, 1991.
- 2) "High Strength Austempered Ductile Cast Iron", E. Dorazil, Translation Editor: H. Morrogh, Ellis Horwood, 1991.
- 3) "Fundamentals and Applications of Microalloying Forging Steels", C. J. Van Tyne, G. Krauss, D. K. Matlock, Proceedings of a symposium, Published by The Minerals, Metals and Materials Society, A publications of TMS, 1996.
- 4) "Microalloying in Steels", J. M. Rodriguez-Ibabe, I. Gutierrez, B. Lopez, Proceedings of the International Conference, Trans Tech Publications LTD, 1998.
- 5) "Advanced Composite Techniques" Z. Smith 2005



## تریبولوژی، در ماشینهای ریلی

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

**هدف:** تریبولوژی علم مربوط به اصطکاک، روانکاری و سایش می باشد که برای سطوح در حال تماس به تدریج توسعه یافته است. در این درس دانشجویان ضمن آشنایی با مباحث مقدماتی و تئوریهای مربوط، کاربردهای این علم در صنعت حمل و نقل ریلی را فرا می گیرند.

**سرفصل دروس: (۴۸ ساعت)**

- تعریف سطح تماس، طبقه بندی سوژه های تماسی
- نیروشناسی و طبقه بندی بار گذاری در سطح تماس
- تاثیر مواد سطوح درگیر و ویژگیهای مکانیکی آنها در خرابی
- مفاهیم پدیده های اصطکاک و سایش
- ساز و کارهای مکانیکی و متالورژیکی سایش
- تئوری های لغزشی و غلتشی سایش
- تئوری های پیش بینی سایش در سطوح تماس
- معرفی پارمترهای موثر بر سایش اجزای درگیر
- تعریف پدیده خستگی ناشی از تماس غلتشی (RCF)
- تئوری ها و فرضیات حاکم بر RCF
- تقابل پدیده های سایش و RCF در سطوح تماس
- شیوه های پایش وضعیت و اندازه گیری خرابی سطوح تماس
- اثر روان کار در ایجاد و تغییر میزان خرابی های سطوح
- انتخاب مواد و تاثیر آن در کاهش خرابی سطوح
- شیوه های ساخت و عملیات حرارتی و پوشش دهی سطوح تماس
- اثر حرارت و محیطهای شیمیایی بر رفتار سطوح تماس
- مواد افزایشنده و کاهشنده ضریب اصطکاک (Friction modifiers) و نقش آن در سطح تماس
- اثر پارامترهای دینامیکی بر رفتار سطوح درگیر
- محورهای محرک و فاقد نیروی کشش و تاثیر هر کدام بر رفتار سایشی سطوح تماس





منابع پیشنهادی :

1. Iwnicki, S., Edited by, (2006) Handbook of railway vehicle dynamics, Taylor and Francis, Chapter 5.
2. Hutchings, I.M., (2001) Tribology; Friction and wear of engineering materials, Butterworth Heinemann, Suffolk
3. Metals handbook, related volumes



## روشهای تحلیل فرکانسی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

**هدف:** هدف از این درس آموزش مفاهیم اصلی و روشهای کاربردی در تحلیل فرکانسی سیگنال هایی است که به هنگام بررسی رفتار سیستم های مکانیکی جهت ارزیابی عملکرد، شناسایی عیوب و یا به منظور تعیین هویت سیستم ثبت می گردد. می توان با استفاده از شیوه های کاربردی نشان داد که در مورد همه سیگنال های در حال اندازه گیری در حین عمل و ضمن کارکرد سیستم، تفکیک سیگنال های هر چند پیچیده به مولفه های آن در فرکانس های مختلف میسر می باشد. مفاهیم ارائه شده در این درس جهت طراحی سیستم های مراقبت و نگهداری ماشین های مکانیکی قابل استفاده است.

سرفصل دروس: ۴۸ ساعت

### ۱-۴) مقدمه و ارائه تئوری آنالیز فرکانسی

مفاهیم اصلی در تحلیل فرکانسی

تحلیل فوریه

پهنای باند (Bandwidth)

انواع سیگنالها

انتگرال کانولوشن

تابع تبدیل هیلبرت

### ۵-۶) فیلتر نمودن سیگنال های ساکن

انواع فیلترها

اشکار سازها

ثبات ها

تحلیل به روش آنالوگ

تحلیل به روش دیجیتال

روش های کاربردی فیلتر نمودن سیگنال های ساکن

تحلیل کاربردی سیگنال های ساکن

توابع تبدیل هیلبرت

### ۹-۱۰) تحلیل سیگنال های گذرا

روش فوریه کاربردی FFT

روش های تحلیل با استفاده از فیلترها

### ۱۱-۱۲) تحلیل سیگنالهای متحرک

تحلیل به روش اسکن (Scan analysis)

تحلیل به روش تعیین مرتبه هارمونیکها (Order tracking)

### ۱۴-۱۳) تحلیل دو کاناله

همپوشانی طیفی سیگنالها (Cross spectrum)

پیوستگی سیگنال ها ( Coherence )

توابع پاسخ فرکانسی

توابع ارتباط ضمنی ( Correlation Functions )

پاسخ به تابع ضربه

### ۱۶-۱۵) کیستروم Cepstrum

تعاریف و روش های محاسبه کیستروم

خواص توابع کیستروم

کاربردهای کیستروم

کیستروم مختلط و کاربرد های آن

### منابع پیشنهادی :

1. Broch, J.T., Principles of Experimental frequency Analysis, Elsevier Applied Science, 2004
2. Cohen, L., Time Frequency Analysis: Theory and Application, Prentice Hall, "Time Frequency Analysis" F. Auger . F. Hlawatsch . 2008



## ارتعاشات غیر خطی در ماشینهای ریلی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

سرفصل مطالب درس: (نظری ۴۸ ساعت)

- ۱- مقدمه، اهداف و کلیات (دسته بندی پارامترهای دینامیکی غیر خطی، عوامل غیرخطی در ماشینهای ریلی)
- ۲- ارتعاشات آزاد سیستمهای غیرخطی، معادله دافینگ (Duffing) خواص سیستمهای غیرخطی در حوزه سرعت و فرکانس، دسته بندی نقاط تعادل
- ۳- روشهای تحلیلی سیستمهای غیرخطی، تکنیکهای عددی حل سیستمهای
- ۴- روشهای اغتشاش (Perturbation)، روش پوانکاره (Poincare)، روش Multiple scales
- ۵- بررسی ارتعاشات اجباری سیستمهای غیرخطی در دو حوزه سرعت و فرکانس، پدیده جهش (Jump)
- ۶- سیستمهای خطی چند ضابطه ای (Piecewise linear)، مدلسازی فنرهای چند مرحله ای در سیستم تعلیق قطار
- ۷- مدلسازی رفتار غیر خطی در فنرهای هوایی
- ۸- سیستمهای غیرخطی خود واداشته (Self-excited)، معادله ماتیو (Mathieu)
- ۹- سیستمهای غیرخطی چند درجه آزادی
- ۱۰- دینامیک آشوبناک (Chaos)، شاخصه های دینامیک آشوبناک
- ۱۱- نمایش صفحه فاز، تراجکتوری و نمودار پوانکاره (Poincare map) برای سیستمهای آشوبناک
- ۱۲- اندیس لیاپانوف به عنوان شاخص سیستمهای آشوبناک
- ۱۳- پدیده های دینامیکی آشوبناک در مهندسی راه آهن
- ۱۴- پدیده هانتینگ (Hunting) در بوزی قطار- هانتینگ خطی- هانتینگ خطی
- ۱۵- تعریف سرعت بحرانی هانتینگ- تعریف سرعت بحرانی هانتینگ
- ۱۶- هانتینگ آشوبناک



### منابع پیشنهادی :

- 1- Chaos and Nonlinear Dynamics: An Introduction for Scientists and Engineers by Robert Hilborn (2001)
- 2- Nonlinear Oscillations, A.H. Nayfeh and D.T. Mook, John Wiley, (1995)
- 3- Vehicle Dynamics, Alpha Science International R. V. Dukkipati, (2000)



## تست های غیر مخرب در ماشین های ریلی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

سر فصل مطالب:

۱- بازرسی چشمی: مقایسه این روش با روشهای دیگر بازرسی، فیزیک و تئوری نور، قابلیت دید چشم، شرایط و محیط بازرسی، ثبت تصاویر و سیستم های ویدئویی، تجهیزات اندازه گیری، آماده سازی سطح، عیوب قابل اندازه گیری

۲و۳- بازرسی توسط رادیوگرافی

اصول رادیوگرافی، منابع تولید امواج الکترومغناطیس، سطوح انرژی در جریان های ایکس و گاما، قابلیت نفوذ اشعه های ایکس و گاما، اصول قرار گرفتن نمونه، فیلم های رادیوگرافی، مونیتورهای رادیوگرافی، کیفیت تصاویر رادیوگرافی، چگونگی انجام فرایند، تکنیکهای الکتروسکوپی، ایمنی از تشعشع، انواع عیوب، تفسیر فیلم های رادیوگرافی، پدیده تفرق، اندازه گیری حساسیت، رادیوگرافی دیجیتال و تجهیزات مربوطه

عشو۴- بازرسی توسط امواج اولتراسونیک

اصول کلی بازرسی اولتراسونیک، آشنایی با فرکانس، سرعت و طول موج، تست اکو عبوری و پالسی، تجهیزات اولتراسونیک، مودهای عبوری، قانون راسنل، انواع آماده سازی ترانسدیوسرها و کولنت ها، تقویت انرژی صوتی، روش های مختلف اسکن، بلوک های کالیبراسیون، انواع عیوب قابل شناسایی

۷- بازرسی توسط مایعات نفوذ کننده

اصول کلی بازرسی توسط مایعات نفوذ کننده، انواع سیستم های نفوذ و کاربردهای آنها، شناسایی انواع عیوب و منشا آنها، تکنیک ها و فرایندهای بازرسی با مایعات نفوذ کننده

۸و۹- بازرسی با ذرات مغناطیسی

اصول کلی بازرسی با ذرات مغناطیسی، انواع میدان مغناطیسی و کاربرد آنها، انواع عیوب قابل ارزیابی و مبدا آنها تکنیک ها و فرایندهای بازرسی با ذرات مغناطیسی، تجهیزات مربوطه

۱۰و۱۱- بازرسی با استفاده از جریان های فوکو

مغناطیس و الکترومغناطیس، طراحی مغناطیسی مواد، تئوری ادی کارنت، کویل ها و پروب های تست، پارامترهای موثر بر جریان های فوکو، تجهیزات تست جریانهای فوکو، عیوب قابل ارزیابی

۱۲- بازرسی جوش

معرفی اتصالات جوش، نقش بازرسی جوش، QA / QC در جوش، تجهیزات بازرسی جوش، تهیه WPS و PQR

۱۳و۱۴- تست های بازرسی متفرقه: تست هدایت، عیب یابی آندیک، روش نویزبارک هاسن

۱۵و۱۶- کاربرد عملی NDT در صنعت راه آهن: چرخ، محور، ریل، مخازن، شاسی واگن، بوژی، ماشین های عیب یابی اتوماتیک.

منابع پیشنهادی :

- 1- Nondestructive Testing Handbook, 2E. American Society for nondestructive Testing, 2000
- 2- PK.Liaw, O.Buck, R.J.Arsenault Nondestructive Evaluation and Material Properties, 1996
- 3- Nondestructive Evaluation (NDE) capabilities data book, Published by NTIAC,1999
- 4- Introduction to Nondestructive Testing , Paul, Mix 2005.



## موتورهای دیزل سنگین

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

هدف:

- ✓ مقدمه ای بر سوخت و احتراق در موتورهای دیزل
- ✓ اصول کلی موتورهای احتراق داخلی دو زمانه و چهار زمانه
- ✓ عملکرد موتورهای دیزل (سبک-نیمه سنگین و سنگین) و کاربرد آنها در صنایع مختلف
- ✓ سیستم های سوخت رسانی انژکتوری مکانیکی موتورهای دیزل:

Direct and Indirect Injection

The Tank • Diesel "Bugs" • The Ideal Tank • Water-Separating Filter (Pre-Filter)

Fuel Lift Pump • Fine Filter (Secondary Filter)

The Injection Process

Common Rail Systems

- ✓ سیستم های سوخت رسانی انژکتوری الکترونیکی موتورهای دیزل
- ✓ پرخورانی (Turbocharging) در موتورهای دیزل
- ✓ سیستم خنک کاری (هوا-آب) موتور های دیزل و محاسبات اجزای آن :

Raw-Water Cooling

Indirect Cooling (Heat Exchanger)

Keel Cooling

Parts of the Cooling System

Thermostats • Seacocks and Strainers • A Pair of Pumps

Aftercooling , Intercooling

Oil Filters

Oil Pump

Gearbox Lubrication

Oil Coolers



- ✓ سیستم روغن کاری موتور دیزل

- ✓ اصول مدیریت حرارتی و سوخت رسانی موتورهای دیزل

منابع پیشنهادی :

- [1]. Internal Combustion Engines, Applied Thermosciences, by Colin R. Ferguson, Allan Thomson Kirkpatrick - Technology & Engineering – 2000.
- [2]. Marine Diesel Engines, Maintenance, Troubleshooting, and Repair, By Nigel Calder - McGraw-Hill Professional Publishing, 2006.
- [3]. The Running and Maintenance of the Marine Diesel Engine, A Reference Book for Marine Engineers and Others Qualifying as Engineers of Motor Vessels, Giving Practical Suggestions from Sea Experience, By John Lamb, Edition 5, Published by C. Griffin and co., Ltd., 1942, Digitized Nov 15, 2007.
- [4]. Diesel Engine Reference Book, By Bernard Challen, Rodica Baranescu, Contributor Bernard Challen, Rodica Baranescu, Edition: 2, illustrated, revised, Published by Butterworth-Heinemann, 1999.
- [5] Diesel-engine Management, **Edition 4**, John Wiley and Son, 2006.





## سیستمهای حرارت و سیالات پیشرفته و کاربرد آن در ناوگان ریلی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

**هدف:** درس سیستمهای حرارت و سیالات پیشرفته و کاربرد آن در ناوگان مجموعه ای از مباحث با نگاه تئوریک بر معادلات حاکم بر بخشهای مختلف واگن و موتور می باشد. در این درس ابتدا مقدماتی از اصول مکانیک سیالات و انتقال حرارت پیشرفته تشریح و کاربرد آن در زمینه مذکور بیان می گردد. جریان داخل سیلندر موتور دیزل که از پیچیده ترین مسائل مهندسی می باشد مورد مطالعه قرار می گیرد. معادلات مربوط به آیرودینامیک داخلی و خارجی واگن ها و روشهای مدلسازی جریان های مذکور مورد مطالعه قرار می گیرد. از دیگر مباحث مربوطه عبارتند از بررسی و تحلیل سیستمهای تهویه و گرمایش داخل واگن ها، بررسی انتقال حرارت در اجزای مختلف داخلی موتور و ...

✓ مقدمه ای بر مکانیک سیالات و انتقال حرارت

✓ لایه های مرزی در جریان سیال و حرارت

✓ انتقال حرارت از موتور دیزل و خنک کاری سطحی آن

✓ انتقال حرارت در اجزای داخلی موتور دیزل

✓ جریان های اشفته داخلی و خارجی و مدلسازی آن

✓ احتراق و آشفتهگی داخل سیلندر

✓ محاسبات سیستم تهویه و گرمایش واگن و انتخاب اجزای آن

✓ آیرودینامیک خارجی قطار

✓ مدلسازی عددی جریان سیال و حرارت داخل واگن

**منابع پیشنهادی :**

[1]. Foundations of Boundary Layer Theory for Momentum, Heat, and Mass Transfer: For Momentum, Heat, and Mass Transfer, By Joseph A. Schetz, Edition: illustrated, Published by Prentice-Hall, 1984.

[2]. 2008, Science, by D. Yogi Goswami, Frank Kreith - Energy Conversion

[3]. Design and Analysis of an Automotive Thermal Energy Recovery System, By Leon M Headings, Published by Ohio State University, 1999.



[4]. Thermal Systems Management and Heat Exchangers, By Society of Automotive Engineers, Incorporated, Society of Automotive Engineers, Published by Society of Automotive Engineers, 2001.



## کنترل پیشرفته در ماشینهای ریلی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ---

هدف:

با توجه به کاربردهای بسیار وسیع سیستمهای کنترلی در ماشینهای ریلی اعم از ماشین آلات ساخت و تعمیرات ریل، لوکوموتیوهای اندازه گیری مشخصات خط، قطارهای کج شونده

Tilting trains، بوژیهای فرمان پذیر مدرن (Steerable Bogies) و بوژیهای با سیستم تعلیق هوشمند لازم

است تا دانشجویان با کنترل کاربردی و غیر خطی آشنا گردند.

در این درس هدف تسلط بر کنترل پیشرفته جهت تحلیل سیستمهای کنترلی غیر خطی و کاربرد آن در ماشینهای حمل و

نقل ریلی میباشد. مباحث قابل طرح:

- 1- Introduction to nonlinear system behavior
- 2- Phase plane analysis
- 3- Fundamentals of Lyapunov theory
- 4- Advanced Stability Theory
- 5- Feedback linearization
- 6- Adaptive Control
- 7- Control of multi-input Physical systems
- 8- Control Application in tilting trains
- 9- Control Application in Bogies with Active suspension systems
- 10- Control Application in Track measuring devices and track maintenance machines



منابع پیشنهادی :

Applide Nonlinear Control; Jean-Jacques E. Slotine, Weiping Li



## دینامیک پیشرفته ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل دروس : (۴۸ ساعت)

- ۱) دسته‌بندی وسایل نقلیه
  - دسته‌بندی وسایل نقلیه
  - وسایل نقلیه هدایت شونده
  - مفاهیم حمل و نقل
- ۲-۴) تحلیل سیستم‌های دینامیکی و پاسخ آنها
  - سیستم دینامیکی
  - سیستم یک درجه آزادی
  - سیستم‌های با چندین درجه آزادی
  - ارتعاشات اتفاقی
  - روشهای عددی در تعیین پاسخ دینامیکی سیستم‌ها
- ۵-۷) دینامیک ماشین‌های ریلی
  - مشخصات خطوط ریلی
  - تهیه مدل اجزای ماشین‌های ریلی
  - معیار کارایی ماشین ریلی
  - دینامیک چرخ و محور
  - دینامیک بوژی
- ۸-۱۰) دینامیک قطار



- مدل‌های حرکت Ride

- مدل کنترل حرکت Handelling

- مدل‌های دینامیک طولی

۱۱-۱۲) پایداری جانبی و پاسخ دینامیکی در مسیر مستقیم و قوسها

۱۳) دینامیک برخورد

- تحلیل دینامیکی برخوردهای انتهاهای واگن‌های باری

- تحلیل دینامیکی واگن‌های باری و اجزای آنها

۱۴) اندرکنش ماشین‌های ریلی و پلهای راه آهن

۱۵) دینامیک وسایل نقلیه مجهز به بالشک‌های هوایی

- کارایی سامانه‌های مجهز به بالشک‌های هوایی

- مقاومت ماشین‌های ریلی مجهز به بالشک‌های هوایی
- پایداری و کنترل ماشین‌های ریلی مجهز به بالشک‌های هوایی

۱۶) دینامیک ماشین‌های ریلی با لیفت مغناطیسی

- تعلیق مغناطیسی، پیش‌برندگی و هدایت

- لیفت مغناطیسی

- کیفیت سفر

- مدل‌های تحلیلی

منابع پیشنهادی:

- 1) "Vehicle Dynamics", R. V. Dukkipati, Alpha Science International, 2000.
- 2) "Dynamics of Railway Vehicle Systems", V.K. Grag & R.V. Dukkipati, Academic Press, 1994.
- 3) "Fundamentals of rail vehicle Dynamics" A.H. Wickense 2003, Elsevier.



## ویسکوالاستیسیته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سر فصل دروس:

مقدمه، مدل‌های ویسکوالاستیک، سیال ماکسول و جامد کلوین، وادادگی خزشی Creep Compliance مدول آسایش Relaxation modulus معادلات انتگرال و انتگرال‌های موروثی Hereditary تیرهای ویسکوالاستیک، معادله دیفرانسیلی تیرهای ویسکوالاستیک، تیرهای ویسکوالاستیک متشکل از دو جنس، حل معادلات انتگرال، ارتعاشات اجسام ویسکوالاستیک، وادادگی مختلط Complex complinace روابط بین وادادگی ها سیستم با یک درجه آزادی، ارتعاش اجباری، میله ویسکو الاستیک تحت تاثیر ضربه محوری، کماتش ستون ویسکو الاستیک، ویسکو الاستیسیته خطی در سه بعد، تحلیل تنش و کرنش قانون ویسکو الاستیسیته ، تنش یک بعدی، اصل ارتباط Correspondance Principle مسائل. مسائل دینامیکی و Quasi- Static .

منابع پیشنهادی:

- 1) "Viscoelasticity", by W.FLUGGE. Stanford University. Blaisdell co. 2007  
The Theory of linear Viscoelasticity. Perganon Press. By D.R.Bland 2009



## ترموالاستیسیته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

ترموالاستیسیته:

اصول ترمودینامیکی ترموالاستیسیته، معادله هدایت حرارتی، معادله ترموالاستیسیته و جوابهای عمومی آنها، اصول تغییر (Variational Principles) برای مسائل ترموالاستیسیته مزدوج، مسائل نیمه ایستا (quasi static) ترموالاستیسیته، بیان تغییر مکانی و تنش مسائل ترموالاستیسیته، تعمیم قضیه (Betti-Maxwell) reciprocity به ترموالاستیسیته، معادلات هدایت حرارتی دائمی و غیر دائمی ورقها، میدان حرارتی در دیسکها و استوانه ها، میدان حرارتی در ورقهای دایروی با تغییرات خطی ۱- حرارتی در ضخامت، مسائل دو بعدی ترموالاستیسیته، تنشها حرارتی در دیسک استوانه با تقارن صفحه ای - میدان حرارت، تنشهای حرارتی در ورقهای دایروی، مسائل با تقارن محوری، تنشهای حرارتی در کره توخالی و استوانه با طول بی نهایت، رفتار ترموالاستیک پوسته های دوار، تنشهای حرارتی پوسته های مخروطی و کروی، مقدمه ای بر مسائل دینامیکی و مزدوج ترموالاستیسیته، ضربه حرارتی (thermal shock)

مقدمه ای بر پایداری مسائل ترموالاستیسیته

منابع پیشنهادی:

- 1) Thermo elasticity by W.Nowacki, pergamon press, 1998
- 2) Thermoelasticity Basic theory and Application, by A.D Kovalenko, 1999.
- 3) "Handbook of Continuum Mechanics: General Concepts- hermoelasticity" J. Salencon, S. Lyle, 2001.





## مکانیک برخورد در ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

**هدف:** هدف از این درس بررسی نیروهای توسعه یافته به هنگام برخورد اجسام و نیز عکس العملهای دینامیکی سازه ها در مواجهه با این نیروها می باشد. روشهای مختلف تحلیل برخورد سازه ها و مثالهای صنعتی مربوط به آنها که در ضمن این درس ارائه می شوند شیوه های کاربردی مناسبی را جهت ارزیابی سازه ماشین ریلی به هنگام برخورد در اختیار قرار می دهند.

**سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)**

- ۱) مقدمه، معرفی پدیده برخورد، دسته بندی روشهای تحلیل برخورد.
- ۲) انتشار امواج تنشهای الاستیک و پلاستیک در زمان برخورد.
- ۳) تئوری برخورد اجسام صلب در امتداد خط مستقیم و برخورد صفحه ای اجسام صلب.
- ۴) تئوری برخورد سه بعدی اجسام صلب.
- ۵) برخورد مستقیم اجسام ویسکوالاستیک.
- ۶) دینامیک برخورد صفحه ای اجسام سخت.
- ۷) برخورد محوری در اجسام باریک تغییر شکل پذیر.
- ۸) برخورد با مجموعه المانهای صلب.
- ۹) برخورد با سازه های انعطاف پذیر.
- ۱۰) مدلسازی تغییر شکلهای موضعی در نزدیکی سطح تماس.
- ۱۱) تئوری تغییر شکل الاستیک - پلاستیک، کرنش سختی (strain hardening)، بارگذاری ساده و مختلط.
- ۱۲) معیارهای تسلیم، منحنی تسلیم، سطح تسلیم، معیار ترزکا- سنت و نانت (Tresca - Saint Venant)، معیار فون مایزس (Von - Mises).
- ۱۳) منحنی بارگذاری، منحنی باربرداری، تئوری جریان پلاستیک و تغییر فرم.
- ۱۴) ارتقای ایمنی سرنشینان و روشهای افزایش قابلیت جذب انرژی در سازه ماشین ریلی در هنگام برخورد
- ۱۵) استانداردها و روشهای تست ضربه ماشینهای ریلی.
- ۱۶) مدلسازی و بررسی پدیده های تصادم، واژگونی و شکست ماشینهای ریلی

**منابع پیشنهادی:**

- ✓ "Impact Mechanics", Stronge, W. J., Cambridge University Press, 2004.
- ✓ "Structural Impact", Jones, N. 1998
- ✓ "Impact Strength of Materials", Jhonson, W. 1995



## بهینه سازی و کاربرد آن در ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۱ و ۲) مقدمه

ارائه مفاهیم بهینه سازی، کمینه و بیشینه کردن، روابط بهینه سازی، توابع هدف در مهندسی ماشینهای ریلی،

۳ و ۴) برنامه ریزی خطی

تحلیل حد، طراحی وزنی، خریاهای معین استاتیکی، روش گرافیکی، روش ساده، دوگانگی در برنامه ریزی خطی (Duality)، الگوریتم (Karmarker).

۲- روش دوگانگی و معیارهای بهینه

روش معیار بهینه ی مستقیم، روش دوگانگی (Duality)، روش های معیار بهینه برای مسائل تک قیدی، روش های معیار بهینه برای مسائل چند قیدی.

۶ و ۷) بهینه سازی توابع غیر مقید

روش نیوتن، جستجوی فیونانچی، تقسیم طلایی (Golden Section)، برازش منحنی، جستجوی تصادفی، روش پاول، تندترین شیب فروشو (Steepest Descent)، تندترین شیب فراشو (Steepest Ascent).

۸ و ۹) روش های بهینه سازی توابع مقید

روش تابع جریمه برونی، روش تابع جریمه درونی (Exterior – Interior Penalty Function)، ضرایب لاگرانژ افزاینده، جستجوی تصادفی، روش جهت ممکن، روش گرادیان کاهشی دیویدسن Davidson، فلچر Fletcher، پاول Powell، روش برویدن Broyden، گلدفارب Goldfarb، شانو Shanno.

۱۰) تحلیل حساسیت

مشتقات حساسیت تغییر مکان های استاتیکی و تنشها، تحلیل حساسیت مقادیر ویژه، تحلیل حساسیت قیدها بر پاسخ های گذرا.

۱۱) مدلسازی نورونها و شبکه های عصبی.

۱۲) آشنایی با شبکه های پرسپترون، کوهونن، هاپفیلد، RBF, BAM, ART، نئوکائیترون و شبکه های دیگر.

۱۳) روشهای محاسباتی فوق ابتکاری (الگوریتم ژنتیک، جستجوی ممنوع، کلونی مورچه ها و ...)

۱۴) یادگیری در شبکه های عصبی، بهینه سازی به کمک شبکه های عصبی.

۱۵) مرور نرم افزارهای بهینه سازی و تحلیل حساسیت

۱۶) کاربرد بهینه سازی در طراحی ماشین های ریلی.



منابع پیشنهادی:

- "Optimum Design of Mechanical Elements", R. C. Johnson, John Wiley.
- "Optimum Structural Design", U. Kirsch, Mc-Graw Hill.
- "Introduction to Linear and Nonlinear Programming", D. G. Luenberger, Addison Westley.
- "Numerical Techniques for Engineering Design with Application", G. N. Vanderplatts, Mc-Graw Hill, 1984.
- "Elements of Structural Optimization", R. T. Haftka & M. P. Kamal & Z. Gurdal.
- "Introduction to Operation Research" 8<sup>th</sup> edi., F. Hillier & Lieberman, 2005.
- "Linear Programming & Network Flows", 3<sup>rd</sup> edi., M. Bazara, 2005.
- "Handbook of Applied Optimization", P. N. Paradalos, 2004.



## طراحی مکانیزهای پیشرفته

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

- ۱-۲) تحلیل برداری نیروهای دینامیکی و ارتجاعی  
۳-۴) مروری بر مثلث قطبی و معادلات اولر - سوری - فرویدانشتینف،  
۵) هندسه سه بعدی،  
۶-۷) طراحی وابسته به منحنیهای فضایی،  
۸-۹) طراحی با استفاده از ماتریسها،  
۱۰-۱۱) سنتز و تحلیل حرکتیهای فضایی،  
۱۲-۱۳) روشهای جبری و هندسی و ترسیمی برای سنتز مکانیزمهای صفحه ای و فضایی، دینامیک مکانیزمهای فضایی،  
۱۴-۱۵) شبیه سازی و کاربرد رایانه در طراحی مکانیزمها،  
۱۶) بهینه سازی مکانیزمها.

منابع پیشنهادی:

- 3- "Theory of Machines and Mechanisms", Joseph E. Shigley, John J. Uicker, McGraw-Hill Book Company, 2001.



## هیدرودینامیک روغنکاری ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

- ۱ و ۲) معادلات دیفرانسیل اساسی: معادله تعمیمی رینولدز.  
۳ و ۴) هیدرودینامیک اشکال ساده: حرکت سیال قابل تراکم، جریان سیال غیر قابل تراکم.  
۵ و ۶) روغنکاری غیر قابل تراکم: یاتاقانهای کوتاه و یاتاقانهای طویل.  
۷-۹) روغنکاری یاتاقانهای محدود: یاتاقانهای با شیار محوری، کف گرد، هیدرودینامیک روغنکاری با تاکید بر چرخ دنده ها و دیسکها.  
۱۰-۱۲) یاتاقانهای گازی هیدرودینامیک: یاتاقانهای لغزشی، راه حل های عددی.  
۱۳-۱۶) یاتاقانهای با فشار هیدرواستاتیک: یاتاقان کف گرد پله با روغنکاری گازی، فشردگی فیلم و بار دینامیکی، پایداری هیدرودینامیک در عناصر غلظنده، سیالات غیر نیوتنی.

منابع پیشنهادی:

- 4- "Theory of Hydrodynamic Lubrication", By Pinkus & Sternlicht, Mc. Graw-Hill.



## تنش‌های پسماند در ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

- ۱) ترک ناگهانی جان خط آهن، پیشرفت ترک در قوسها.
- ۲) کنترل پیشرفت ترک ریل ناشی از تنشهای پسماند.
- ۳) تاثیر طیف بارگذاری قطار بر پیشرفت ترک در خط آهن.
- ۴) مقایسه روشهای مختلف اندازه‌گیری تنش پسماند در خط آهن.
- ۵) اندازه‌گیری تنش پسماند ریل با استفاده از روش پراکندگی نوترون.
- ۶) اندازه‌گیری تنشهای پسماند ریلی به روش آلتراسونیک.
- ۷) بررسی تنش پسماند به روش تخریب.
- ۸) اندازه‌گیری تنش پسماند در سطح ریل و داخل تاج ریل، تنش پسماند و شکست جان تیر در ریل‌های رول شده
- ۹) روشها و مکانیزمهای ایجاد تنش پسماند در سطوح قطعات در روش ساچمه زنی.
- ۱۰) روشهای کاهش تنش پسماند در اثر جوشکاری و ماشین کاری در قاب بدنه و بوژی و محاسبات مربوط به آن.
- ۱۱) اثر تنشهای پسماند فشاری در سطوح قطعات تحت تنش سیکلی (فترهای سیستم تعلیق، محور، ...).
- ۱۲) برخی عوامل مؤثر در انتشار ترک.
- ۱۳) تحلیل انتشار ترک در تماس.
- ۱۴) تاثیر توالی بارگذاری بر عمر خستگی ریل.
- ۱۵) پیش‌بینی مقدار واقعی تنش پسماند با استفاده از روش حداقل انرژی محبوس.

### منابع پیشنهادی:

- 5- "Residual Stree in Rails, Effects on Rail Integrity and Railroad Economics", O. Orringer, J. Orkisz, Z. Swiderski, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- 6- "Residual Stress Effects on Fatigue and Fracture Testing and Incorporation of Results in to Design", ASTM, 2007.



## آنرودینامیک قطار



کد درس : ۱۵

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : ---

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۱ و ۲) مقدمه

آنرودینامیک و ماشینهای ریلی، تاثیر آنرودینامیک بر شکل واگنها، مقاومت‌های آنرودینامیکی و تاثیر آنها بر راندمان ماشین، ایجاد نیروهای آنرودینامیکی و اندازه گیری آنها.

۳ و ۴) نیروها و مفاهیم آنرودینامیکی

مفاهیم رایج آنرودینامیک: لایه مرزی، معادلات برنولی، جریان سیال در اطراف جسم و ضرائب فشار، محاسبه درگ (drag)، لیفت (lift) و نیروهای جانبی.

۵ و ۶) ابزار تحلیل

تست خط، آزمونهای تونل باد، روشهای محاسباتی.

۷ و ۸) ایرفویلها (air foils) و بالها

تعاریف اساسی مربوط به ایرفویلها، بالهای کوتاه، اندرکنشهای اساسی در بالابری (lift) صفحات، مثالهایی در مورد صور مختلف از ایرفویلها.

۹ و ۱۰) آنرودینامیک و راندمان ماشین ریلی

راندمان چرخ و ریل، دینامیک ماشین ریلی، تاثیر آنرودینامیک بر راندمان ماشین.

۱۱-۱۴) آنرودینامیک قطار

مفاهیم اساسی در مورد دینامیک اجسام طویل. آنرودینامیک اجسام طویل، جریان سیال حول مجموعه قطار، جریان سیال در تونلهای زیر بدنه، جریانهای سیال در داخل ماشین، راهنماها و مختل کننده های جریان سیال.

۱۵ و ۱۶) مثالهای کاربردی در طراحی ماشینهای ریلی

منابع پیشنهادی:

- 3- "Foundations of Aerodynamics: Bases of Aerodynamic Design", Arnold Martin Kuethe & Chen – Yen Chow. 1998
- 4- "Vehicle Aerodynamics", V. Sumantran & Gino Sovran, SAE, 1994.
- 5- "The Aerodynamics of Heavy Vehicles: Trucks, Buses, And Trains" Rose McCallen & Fred Browand & James Ross, Springer-Verlag; Bk&CD-Rom edition (2005).

## مدل سازی و کنترل فازی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۱-۳) مقدمات کنترل فازی

۴و۵) بررسی روش فازی لیاپونوف

۶-۸) روش فازی لیاپونوف و تحلیل پایداری سیستم

۹و۱۰) طراحی کنترلر فازی ادپته

۱۱و۱۲) بهینه سازی معکوس برای کنترلرهای فازی

۱۳و۱۴) روش های پیربولیک برای مدل سازی فازی

۱۵و۱۶) کنترلر فازی برای مدل های پیربولیک از فضای حالت



منابع پیشنهادی:

1) "New Approaches to Fuzzy Modeling and Control, Design and Analysis", M. Margaliot & G. Langhoiz, World Scientific, 2002.



## موتورهای دیزل پیشرفته

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

هدف: آشنایی با اصول حاکم بر موتورهای دیزل و تحلیل رفتاری این نوع موتورها.  
سرفصلها:

### ۱- موتورهای انفجاری تراکمی (Compression Ignition Engines):

انواع موتورهای انفجاری تراکمی (سرعت پائین، متوسط، بالا) - سیستمهای تزریق سوخت فشار بالا - سیستمهای انفجاری تراکمی با سوخت همگن - سیستمهای با موتورهای دوگانه سوز و سوختهای جایگزین - سیستمهای گازسوز - سوخت زغال

### ۲- سیستمهای پاششی دیزل:

فاکتورهای پودر کننده پاشش سوخت (Spray Atomization) - نرخ تزریق سوخت - سیستم هیدرولیک خط سوخت - پمپ و انژکتورهای سوخت - پمپ تزریق و انژکتور و اصول عملکرد آن - Unit Injector System و اصول عملکرد آن

### ۳- مشخصه های آلودگی دیزل:

برنامه تست آلودگی خودرو - اثر درجه حرارت محیط روی HC، OC و آلاینده های دیگر

### ۴- اثر تزریق فشار بالا روی فرایند تشکیل دوده (Soot):

تزریق با فشار بالا - روشهای تجربی و اصول اندازه گیری - اندازه گیری پاشش بدون تبخیر - اندازه گیری پاشش تبخیری و شعله

### ۵- جلوگیری از Soot دیزل:

کاهش Soot به کمک افزودنیهای موجود در سوخت - کاهش Soot تحت شرایط مختلف - اثر محفظه احتراق و نسبت Wirl

### ۶- کاهش همزمان Soot و Nox:

روشهای تجربی - تست حالت دائم - تست حالت گذرا

### ۷- اثرات خواص سوخت دیزل روی چسبندگی سوپاپ دود

تست موتور - تست سوخت موتور - تست حد انفجار - تحقیق و مطالعه روی دوده سفید - اندازه گیری نیروی چسبندگی سوپاپ - تست شکست ساق سوپاپ

### ۸- سیستم روغنکاری و خنک کاری موتورهای دیزل

### ۹- عملکرد توربشارژ، سوپر شارژ، اینتر کولر و افتر کولر



منابع پیشنهادی:

- 1- John B. Heywood, "Internal Combustion Engines Fundamentals", 1988.
- 2- Richard Stone "Introduction to Internal Combustion Engines", Third Edition, Society of Automotive Engineers Inc, USA, 1999.
- 3- Schweitzer Edition, Society of Automotive Engineers Inc, USA, 1999. P.H., "Scavenging of Two Stroke Cycle Diesel Engine", Macmillan co.
- 4- Rodica Baranescu and Bernard Challen (Editors) "Diesel Engine References Book", Second Edition, Society of Automotive Engineers, Inc, USA, 1999.
- 5- "Practical Diesel Engine combustion Analysis". Bertrand D. Hsu, 2002.



## سوخت و احتراق پیشرفته

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

هدف: آشنایی با سیستم های واکنشی و روابط حاکم بر آنها، سینتیک شیمیایی احتراق، فرآیند احتراق و گسترش شعله  
سرفصلها:

مقدمه، تعاریف و پدیده های اساسی  
ترمودینامیک احتراق:

کاربرد قوانین ترمودینامیک برای سیستم های واکنشی- گرمای واکنش و تشکیل آنتالپی مطلق- تعادل شیمیایی -  
دمای شعله بی دررو و روش محاسبه آن- مکانیزم انتقال جرم، ممنتوم و انرژی و معادلات حاکم  
سینتیک شیمیایی احتراق:

واکنش ها و اقسام آن- تاثیر دما و فشار دما بر آهنگ واکنش- سینتیک آلاینده ها  
شعله:

اقسام شعله- شعله های پیش آمیخته آرام: ساختار شعله- سرعت شعله- تاثیر عوامل مختلف بر روی سرعت شعله-  
نظریه های گسترش شعله- پایداری شعله

- شعله های پیش آمیخته مغشوش: ساختار شعله- مدل های اغتشاش- مقیاس های اغتشاش - مدل های شعله-  
سرعت شعله- خاموشی شعله

۵ - مکانیزم و ساختار انفجار ضربه ای (Detonation):

مقدمه و پدیده های اساسی- مدل های یک بعدی

احتراق در موتورهای پیستونی با مخلوط پیش آمیخته:

احتراق در موتورهای جرکه ای- تهیه مخلوط مناسب سوخت و هوا- نرخ سوختن- ساختار شعله .

منابع پیشنهادی:

1. I.Classman , "Combustion" , 3<sup>rd</sup> Edition , Academic Press, 1996.
2. F. A.Williams , "Combustion Theory " , 2<sup>nd</sup> Edition , Benjamin/Cummings, Co.1995.
3. G.L.Borman , K.w.Ragland , "Combustion Engineering " MC. Graw-Hill , 1998.
4. J.Warman , U.Mass and R. W. Dibble , " Combustion " 2<sup>nd</sup> Edition , Springer , 1999.
5. Combustion" Miller, Vandome, MCBrewster 2009



## شبیه سازی ماشینهای ریلی به کمک رایانه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

۱ و ۲) مقدمه شبیه سازی، مفاهیم شبیه سازی، گستره شبیه سازی، ایجاد مدل های شبیه سازی

۳-۵) فیزیک ماشین های ریلی، خط آهن، اندرکنش چرخ و خط، بوژی ها، واگن ها، قطارها

۶ و ۷) مبانی ریاضی شبیه سازی، اندیسه های کارایی دینامیکی، مدل های خط، مدل های چرخ و خط، مدل های بوژی، مدل های واگن، مدل های قطار

۸ و ۹) تعیین پارامترهای شبیه سازی و ارزیابی مدل، پارامترهای خط، پارامترهای چرخ و ریل، پارامترهای بوژی، پارامترهای واگن، پارامترهای قطار، روش های تعیین هویت سیستمها، ارزیابی مدل

۱۰-۱۲) مطالعه موارد کاربردی، قیود هندسی چرخ و ریل، دینامیک عمودی واگن حمل مسافر، رفتار دینامیکی واگن باری در قوس، عکس العمل لکوموتیو به معایب خط، حرکت طولی قطار،

۱۳ و ۱۴) بررسی نرم افزارهای متداول، نرم افزارهای مربوط به سازه خط، نرم افزارهای مربوط به اندرکنش چرخ و ریل، نرم افزارهای مربوط به دینامیک واگن، نرم افزارهای مربوط به دینامیک قطار، نرم افزارهای مربوط به سازه های مکانیکی

۱۵ و ۱۶) شبیه سازی خط آهن، مبانی تحلیلی، نرم افزار شبیه ساز قوس خط

### منابع پیشنهادی:

- "Introduction to Simulation Programming Techniques and Methods of Analysis", J.A. Payne, McGraw-Hill, 1988.
- "Simulation – A Problem Solving Approach", S.V. Hoover, R.F. Perry, Addison-Wesley Publisher, 1990.
- "Computer Aided Simulation in Railway Dynamics", R. V. Dukkipati, J. R. Amyot, Marcel Dekker, Inc. 1988.
- "Computers in Railway" J. Allan 2006



## خزش خستگی و شکست در ماشینهای ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۴-۱) خزش: مراحل مختلف خزش، تئوری‌های خزش، شکست خزش، شکست مرزدانه، مطالعه خزش بر اساس مکانیک شکست.

۸-۵) خستگی: مفاهیم خستگی، اثر بارگذاری متناوب بر خواص داخلی و ساختار فلزات، پیش‌بینی عمر خستگی، بررسی شروع ترک و مراحل گسترش آن، اثر حرارت بر شروع و گسترش ترک، اثر کرنش سختی در شروع و گسترش ترک، کرنشهای الاستیک و پلاستیک در خستگی.

۱۱-۹) شکست: انواع شکست خطی و غیر خطی، تنش در اطراف ترک، تغییر شکل پلاستیک در نوک ترک، تحلیل شکست با استفاده از تئوری شکست خطی، تئوری گریفیت، روش انطباقی، روش استفاده از شدت میادین ترک، اثر حرارتی در شکست، مقاومت شکست.

کاربردهای مباحث فوق در:

۱۳ و ۱۲) طراحی اجزای بوژی و واگن،

۱۵ و ۱۴) مراقبت پیشرفته ناوگان ریلی،

۱۶) مراقبت و نگهداری خطوط آهن.

منابع پیشنهادی:

- "Fundamentals of Fracture Mechanics", J. F. Knoh, John Wiley, 1973.
- "Mechanical Behaviour of Material", F. A. Mc Clintock & A. S. Argon, Addison Wesley Pub. Co. 1998
- Fatigue and Fracture Mechanics, R.W.Neu , W.Wal R. Thompson 2009



ب- سرفصل دروس دکترای مهندسی راه آهن  
گرایش خط و سازه های ریلی



## اندرکنش خط و قطار I

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

هدف:

سر فصل مطالب درس: (نظری ۴۸ ساعت)

مقدمه: معرفی مساله اندرکنش خط و قطار ، مولفه های موثر در آن و هدف از تحلیل اندرکنش  
مدلسازی سه بعدی وسایل نقلیه و تشکیل معادلات حرکت آنها  
مدلسازی اجزاء روسازی بصورت سه بعدی  
نحوه تخمین مشخصات دینامیکی اجزاء خط و روشهای موجود  
مدلسازی اندرکنش چرخ وریل و مکانیک تماس چرخ ریل  
مدلسازی تراورس بصورت المان تیری و تشکیل معادلات آن  
تشکیل معادلات مجموعه قطار و خط بصورت سه بعدی  
معرفی عوامل تحریک مجموعه مکانیکی خط و قطار و مدلسازی آنها جهت اعمال در تحلیل مجموعه  
تحلیل دینامیکی سه بعدی اندرکنش خط و قطار به روش انتگرال گیری مستقیم  
تفسیر نتایج و خروجی مطالعات

منابع پیشنهادی:

1) Prot. Esveled "Modem Railway Track "MRT Productions, Germany 2001

2) Yang Y.B., J.D. Yau and Y.S. Wu "Vehide- Bridge Interaction Dynamics"  
World Scientific Publishing Co.2004

۳- ذاکری، جبار علی، دینامیک پلهای راه آهن، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - ۱۳۸۳

4) Dahlbery Tore "Dynamics of Railway Track" Chapter 6 , Hand book of  
Railway vehicle Dynamics" 2006.



## دینامیک سازه ۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

هدف:

سرفصل مطالب درس:

- ۱- تفاوت تحلیل های استاتیکی و دینامیکی  
انواع بارهای دینامیکی
- ۳- درجات آزادی و نحوه مدل کردن سازه ها
- ۴- معادلات حرکت در سیستم های یکدرجه آزادی  
ارتعاش آزاد سیستم های یکدرجه آزادی  
تحلیل دینامیکی سیستم های یکدرجه آزادی در مقابل انواع بارها (هارمونیک، ضربه ای....)
- انتگرال دیوهمامل و تحلیل سیستم ها به روش فوق  
رفتار غیرخطی سیستم های یک درجه آزادی در حالت دینامیکی  
تعیین معادلات سیستم های چند درجه آزادی
- ۱۰- ارتعاش آزاد سیستم های چند درجه آزادی و تعیین مقادیر ویژه و مودهای ارتعاشی
- ۱۱- روش آنالیز مودال جهت تحلیل سیستم های چند درجه آزادی
- ۱۲- روش انتگرال گیری مستقیم جهت تحلیل سیستم های یک و چند درجه آزادی  
روش فرکانسی جهت تحلیل سیستم های یک و چند درجه آزادی
- ۱۴- تحلیل دینامیکی سیستم های پیوسته ساده

منابع پیشنهادی:

- دکتر خسرو برگی "دینامیک سازه ها" انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۴
- دکتر علی اکبر گل افشانی "دینامیک سازه ها" انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶
- دکتر سعادتپور "دینامیک سازه ها" انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۷
- 4) Ray Clough and Joseph Penzin, Dynamics of Structures 1998.
- 5) Chopra, A. "Dynamics of structures "2005"





## روش اجزای محدود I

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سرفصل درس : (۴۸ ساعت)

۱و۲) معرفی روش اجزای محدود در مسائل مهندسی،  
۳-۵) مقدمه‌ای بر الاستیسیته دو بعدی، مروری بر مفاهیم تحلیل ماتریسها،  
۶-۸) تحلیل هم‌جایی (گلوبال) در تجزیه ماتریس سختی، روشهای مستقیم،  
۹و۱۰) کارمجازی و پسماند متعادل شده در فرموله کردن یک جزء، اصول فرموله کردن به روش تغییر، حداقل انرژی پتانسیل،

۱۱و۱۲) روشهای تقریبی شامل: ریلی - ریتز و گالرکین،

۱۳و۱۴) کاربرد روش اجزای محدود در محاسبه تنش و کرنش، رفتار و هندسه یک جزء، جزءهای صفحه‌ای،

۱۵و۱۶) ملاحظات در تعیین مدل: خمش صفحه‌ها، روشهای مخلوط و هیبرید در خمش صفحه‌ها ...

منابع پیشنهادی:

- 1) "Finite Element Analysis: Fundamentals", R. HG. Gallagher, Prentice Hall.2007
- 2) "Numerical Method in Finite Analysis", K. J. Bathe & E. L. Wilson Pub. Englewood Cliffs.2006
- 3) "The Finite Element Method", O. C. Zienkiewicz, Mc. Graw - Hill-2006
- 4) "Fundamentals of finite Element Analysis", D.Hutton 2004. MC.Graw Hill"



## ریاضیات پیشرفته مهندسی II

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

۷- آشنایی و کاربرد آنالیز تابعی (Functional Analysis)

۸- کاربرد توابع خاص در حل مسائل مقادیر مرزی

۹- تابع گرین و کاربرد آن در بدست آوردن معادلات انتگرالی

۱۰- حل معادلات انتگرالی در حالات مختلف با تاکید بر معادلات انتگرالی دارای نقاط تکین

۱۱- حل دستگاه معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره ای

۱۲- کاربرد روش Perturbation در حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره ای

منابع پیشنهادی:

1- Perturbation Methods, by: A.H. Nayfeh Publisher: Wiley- Interscience, 2001

2- Methods of Applied Mathematics by Francis B. Hildebrand, Dover Publication, 1992.

3- APPLIED Partial Differential Equations (4<sup>th</sup> Edition) by Richard Haberman, Prentice Hall, 2003



## روش اجزاء محدود II

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

مقدمه و معرفی ساختار برنامه کامپیوتری

- ۶- فرمولسازی صفحات و پوسته ها
- خمش صفحات با استفاده از تئوری رایسنر - میندلین
- تحلیل پوسته ها با استفاده از المانهای مسطح (Folded Plates)
- تحلیل پوسته ها با فرمول سازی عمومی (Degenerate)
- ۷- تحلیل دینامیکی و مسائل برنامه نویسی آن
- ۸- فرمول سازی مختلط و کاربرد آن در خمش صفحات (D.R.M و d.T.K)
- ۹- محاسبات خطا و روشهای ایجاد شبکه با خطای یکنواخت
- ۱۰- تحلیل ارتجاعی سه بعدی، تحلیل پایداری مسائل میدانی

منابع پیشنهادی:

Theory and applications of plate analysis, classical, numerical and engineering methods by: Szilard and Rudolph, Johnwiley, 2004.

Design of plate and shell structures, by: Jawad Maan H., ASME press 2003.



## روش اجزاء مرزی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۹- مفهوم تابع گرین: و استفاده از آن در روش باقیمانده های وزنی و مقایسه مفهوم اجزاء مرزی اجزاء محدود
- ۱۰- مفهوم فرمول سازی مستقیم و غیر مستقیم انتگرال مرزی
- ۱۱- تابع گرین مسائل ارتجاعی دو بعدی و سه بعدی و حل آن بر اساس فرمول سازی مستقیم و غیر مستقیم
- ۱۲- حل مسائل دارای گوشه های تیز به کمک اجزاء مرزی
- ۱۳- حل مسائل الاستو دینامیک در حوزه تواتری و زمانی به کمک اجزاء مرزی
- ۱۴- حل مسائل خمش صفحات و تعیین مقادیر ویژه آنها
- ۱۵- کاربرد روش اجزاء مرزی در حل مسائل الاستو-پلاستیک
- ۱۶- ترکیب روش اجزاء مرزی و اجزاء محدود و فرمول بندی آنها

منابع پیشنهادی:

The boundary element methods in engineering, by: P.K. Banerjee, Mc Graw-Hill book company, (1994).

The boundary element an introductory Course by: C.A. Brebbia and J. Dominguez, Mc Graw-Hill book company, 1989.

The Boundary Element method With Programming, G. Beer I.Smith, Duenser, 2008.

Boundary Element Methods for engineers and Scientists by: L.Gaul , M.kogl, M. Wagner Springer, 2003.

Programming the boundary element Method By: Gernot Beer, Wiley 2001



## مکانیک شکست

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

۱- مکانیک شکست الاستیک خطی

معیار شکست گریفیت و ایروین، مسائل دو بعدی (توابع تنش مختلط - دیدگاه متکی بر ضریب شدت حوزه تنش - مسائل تنش صفحه ای، مسائل کرنش صفحه ای و ... ) پلاستیسیته در ... ترک ( نظریه های مختلف)، روش تعادل انرژی، مسائل سه بعدی، مودهای ترکیبی شکست، روشهای محاسباتی در مکانیک شکست خطی، روش های آزمایشگاهی در مکانیک شکست الاستیک خطی

مکانیک شکست الاستیک - پلاستیک

مقدمه (روش ضریب تعدیل، مدل سیلان نواری، فرضیه صلب-خمیری و ... ) انتگرال  $J$ ..... COD، روش های محاسباتی در مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک، روش های آزمایشگاهی مکانیک شکست الاستیک-پلاستیک مفاهیم مکانیک شکست در مسائل گسترش ترک

گسترش ترک در اثر خستگی، طراحی برای عمر مفید، خستگی ناشی از خوردگی، ارزیابی ایمنی سازه ها در ارتباط با خستگی، شکست تحت اثر بارهای تعلیقی، گسترش ترک دینامیک مکانیسم ها و مکانیک شکست در مصالح

مصالح فلزی، مصالح بتنی، مصالح سنگی، سایر مصالح (سرامیک، شیشه ...)

منابع پیشنهادی:

1- Fracture Mechanics, Fundamental and applications, by: T.L. Anderson, Ph. D., CRC Press LL 2004

2- Fundamentals of Fracture mechanics, T.Kudu, 2008

۳- Michael Janssen, Jan Zuidema and Russell Wanhill "Fracture Mechanics" 2nd Edition, 2004



## تئوری صفحات و پوسته ها

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

خمش استوانه ای صفحات مستطیلی با بار یکنواخت و شرایط مرزی مختلف، خمش خالص صفحات، انرژی کرنش در خمش خالص، تنشهای حرارتی در خمش خالص، خمش متقارن صفحات دایره ای با شرایط مختلف باری و مرزی، خیزهای کوچک صفحات با بار جانبی، معادله دیفرانسیلی خیز صفحه، صفحات با مقاطع مختلف، صفحات مستطیلی ممتد و صفحات متکی بر پایه های ارتجاعی، تئوری غشائی پوسته ها، پوسته های به فرم سطوح دوار، پوسته های با قدرت ثابت، پوسته های کروی متکی در چند نقطه، توابع تنش در تحلیل پوسته ها، مخازن تحت فشار با جدار یکنواخت و غیر یکنواخت، پوسته های کروی شکل با ضخامت یکنواخت، روشهای تقریبی تحلیل تنش در پوسته های کروی، پوسته های مخروطی شکل.

منابع پیشنهادی:

“Theory of plates and shells”, by Timoshenko and Winooski, MC Graw-Hill Book CO.

“Stresses in Beams, Plates, and Shells” Ansen, Hgural 2009



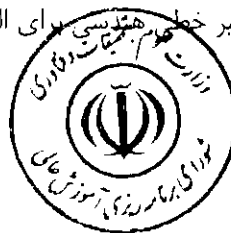
## اجزاء محدود غیر خطی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سرفصل دروس:

- ۱۰- مقدمه ای بر:
  - مسائل غیر خطی هندسی (شامل شرایط مرزی)
  - مسائل غیر خطی مصالح
- ۱۱- توضیح روشهای مختلف در تحلیل مسائل غیر خطی
  - روش لاگرانژ کامل (Total Lagrangian)
  - روش لاگرانژ اصلاحی (Updated Lagrangian)
- ۱۲- بحث درباره مسائل غیر خطی مصالح
  - مروری بر پلاستیسیته
  - تشکیل ماتریس سختی مماسی برای المانهای ذیل (Tangent Stiffness)
  - خرپا
  - تیر
  - دو بعدی ایزوپارامتریک (مثلثی - چهار ضلعی)
  - سه بعدی ایزوپارامتریک (آجری - گوه‌های - هرمی)
  - صفحات و پوسته ها
  - محاسبه تنش ها و تشکیل بردار باقیمانده
  - ارائه روش های مختلف تحلیل و بحث درباره همگرایی
  - سختی اولیه
  - نیوتن - رافسون (Newton Raphson)
  - نیوتن - رافسون اصلاحی (Modified Newton Raphson)
  - سایر روش ها
  - روش های اعمال سخت شوندگی (ایزومترئویک - سینماتیک - ترکیبی)
- ۱۳- مسائل غیر خطی هندسی
  - تشکیل ماتریس سختی غیر خطی برای المانهای مختلف (خرپا و ...)



منابع پیشنهادی:

- 1- Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures by Ted Belytschko, Wing Kam Liu, and Brian Moran, Wiley 2000
- 2- An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis by J.N. Reddy, Oxford University Press (2004)





## روشهای اندازه‌گیری و ابزار دقیق پیشرفته و آزمایشگاه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری - عملی

هدف: آموزش مفاهیم اندازه‌گیری، شرح دستگاههای اندازه‌گیری ابعاد و سایر کمیات فیزیکی مرتبط با صنعت ریلی، اندازه‌گیری و توانایی پردازش اطلاعات

سر فصل دروس : (۶۴ ساعت)

۱) یاد آوری مفاهیم اندازه‌گیری، علت و نوع خطاها در آزمایش - احتمالات و توزیع آن و کاربرد آن در خطاهای اندازه‌گیری، تجزیه و تحلیل مقادیر اندازه‌گیری شده، روشهای کاهش خطا.  
۲) آحاد و ابعاد در استانداردها - حس‌کننده‌ها و مبدلها و بررسی کلی کاربرد آنها در اندازه‌گیری - کاربرد پلهای الکتریکی در اندازه‌گیریهای متعدد، بررسی سیگنالها و اغتشاش در دستگاههای اندازه‌گیری، اعتماد، انتخاب و اقتصاد.  
۳) سیستمهای اندازه‌گیری - سیستمهای سنجش از راه دور، سیستمهای اندازه‌گیری مافوق صوت، اندازه‌گیری انرژی و قدرت در صنعت.

۴-۵) مترولوژی (دستگاههای اندازه‌گیری طول و زاویه)

- وسایل اندازه‌گیری متعارف (کولیس، میکرومتر، ساعت اندازه‌گیری)

- وسایل اندازه‌گیری دیجیتال (خط کش نوری، انکودرهای افزایشی (incremental) و مطلق، کولیس دیجیتال.

- پتانسیومتر مقاومتی، کرنش سنج، LVDT، پیزو الکتریک

- انکودر دورانی (پروپهای دستگاههای مینی پروف چرخ، ترمز، ریل و سوزن)، خطای انکودر دورانی، انکودر بازتابی.

- اندازه‌گیری نوری (پروژکتور اندازه‌گیری، میکروسکوپ)

۶-۷) وسایل اندازه‌گیری خاص برای کمیت‌های نیرو، گشتاور، توان، فشار، صوت، جریان، حرارت، تنش، سرعت، شتاب، زبری سطح و سختی سنجی.

۸) روشهای اندازه‌گیری تنش در اجسام

- روش پوشش ترد

- روش استفاده از کرنش سنجها

- روشهای نوری

۹) وسایل اندازه‌گیری الکتریکی (ولت مترهای آنالوگ و دیجیتال، گالوانومترها، گیت‌ها)، CRT، اسپلوسکوپ، نوارهای مغناطیسی.

۱۰) طیف سنجی، اندازه‌گیری‌های حرارت، فشار، جریان، ارتفاع مایعات، فتوالاستیسیته در مکانیک جامدات.

۱۱) سایر اندازه‌گیری‌های صنعتی: اندازه‌گیری ضخامت ورق، اندازه‌گیری با لیزر، اندازه‌گیری فشارهای کم و خلا، اندازه‌گیری خصوصیات حرارتی ماده.

۱۲-۱۳) اندازه‌گیری نوری (تداخل لیزر هولوگرام، حسگرهای فتوالکتریکی)، اندازه‌گیری پروفیلهای چرخ و ریل.



اندازه گیری مغناطیسی (اشل های مغناطیسی، مبدلها و حسگرهای مغناطیسی).  
 ۱۴) پردازش اطلاعات (مدار پل، تقویت کننده ها، فیلتر، انتگرال گیرنده، مشتق گیرنده، جبران کننده های دینامیکی، جمع کننده ها و تفریق کننده ها، ضرب کننده ها و تقسیم کننده ها، خطی کننده ها، مولدهای توابع، مبدلهای A/D، V/F، F/V، D/A، تقویت کننده های نگهدارنده نمونه.  
 ۱۵) انتقال اطلاعات (کابل، کابل نوری، امواج نیوماتیک).  
 ۱۶) کاربرد رایانه در سیستمهای اندازه گیری، اندازه گیری تابع تبدیل سیستمها.

#### منابع پیشنهادی:

- 1) "Principles of Measurement Systems", J. P. Bontley. 1999
- 2) "Measurement Systems, Application and Design", E. O. Doebelin. 2002
- 3) "Principles of Instrumental Analysis", Skoog. 2001
- 4) "Electrical and Electronic Measurements and Instrumentation", Sawhne. 2003
- 5) "Mechanical Measurements", Beckwith, T.G., Addison-Wesley, Reading, 1993.
- 6) "Instrumentation & Mechanical Measurements", Tayal, A.K., Galgotia Pub, New Delhi, 2003.
- 7) "An introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements", Taylor, J.R., University Science Books, 1997.



## ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات سیستمهای ممتد

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ارتعاشات کارشناسی و همزمان با ریاضیات پیشرفته I

سرفصل دروس:

مروری بر ارتعاشات آزاد و اجباری دو درجه آزادی و مرتبط مختصات عمومی و اصلی - سیستمهای چند درجه آزادی - ضرائب اثر - معادلات دیفرانسیل حرکت به فرم ماتریسی - محاسبه مقادیر و بردارهای ویژه - مقادیر ویژه مضاعف - سیستمهای نامحدود و مودجسم صلب - روش ایمیدانس و مویلیتی در حل سیستمهای چند درجه آزادی - روش انرژی در تحلیل سیستمهای دینامیکی - متدرایی - روش دانکرنی - متدرایی ورتیز - روش هولرز - روش انتقال ماتریس - اصل کار مجازی - معادلات لاگرانژ برای سیستمهای پاینده و غیر پاینده و برای سیستمهای غیر خطی - ارتعاشات نخ، طولی میله و پیچشی میله باریک با شرایط سرحدی مختلف به فرم استاندارد و غیر متعارف - فرکانسهای طبیعی و شکل مودهای آن - گسترش موجهای فشاری در میله ها - ارتعاشات جانی تیرها - معادله اوپلر - برنولی با شرایط مرزی گوناگون - تاثیر نیروی محوری بر روی این ارتعاشات - معادله تیرتیموشنکو بدست آوردن فرکانسهای طبیعی و شکل مودهای طبیعی - اثر نیروی متمرکز متحرک بر روی تیر - تیر با چند نقطه اتکاء - کسر رایلی و متدرایی ورتیز - ارتعاشات اجباری و تاثیر نیروی استهلاک - ارتعاشات قاپهای ساده (۲ بعدی) ارتعاشات غشاء (پوست) در تحت شرایط اولیه و مرزی گوناگون.  
کتاب پیشنهادی:

“Theory of Vibration With Applications” by W.T.THOMSON, G.Allen & Vnwin Publisher.

“Mechanical Vibrations”, F.S>Tse, etal,Allyn & Bacon.

“Mechanical Vibrations” by:S.S.Rao,Addiston- Wesley.

“Vibration Problems in Engineering”, by S>Timoshenko, et.al. John Wiley, New york.

“Mechanical Vibrations” by: A.H. Church, John Wiley.



## ارتعاشات پیشرفته - ارتعاشات اتفاقی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

پیشنیاز: ریاضیات پیشرفته ۱ و ارتعاشات (دوره کارشناسی)

سرفصل دروس:

مقدمه و توضیحی بر ریاضی فرآیندهای اتفاقی، پاسخ به تحریک آنی و پاسخ به فرکانس، سیستمهای خطی دینامیکی مستقل از زمان، احتمالات، ارتباط احتمالی یک سری مشاهدات منظم و نامنظم و دانسیته طیف پاسخ به ساکن، توزیع ماکزیمم ها، فرآیندهای آنی ایجاد شده توسط شمارش گری تصادفی، کاربرد ارتعاشات در مسائل متاثر از تحریک اتفاقی با باند وسیع، اندازه گیری و مشابه سازی ارتعاش اتفاقی، بکارگیری داده ها از طریق عددی و آنالوگ، شکست در اثر بارگذاری اتفاقی حاصل از خستگی...

کتاب پیشنهادی:

- 1- "Random Vibration in mechanical systems", by S.H. Crandall, pub. Academic press.
- 2- "Random Vibration", by J.D. Robson, pub. Edinbrugh-Univ. press.
- 3- "Principles and Applications of Random Noise Theory", by J.S. Bendat. Pub. John Wiley & Sons.



## پلاستیسیته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

سر فصل دروس:

مروری بر مکانیک محیطهای پیوسته، معادلات حالت پلاستیک شامل: تغییر شکل الاستیک و پلاستیک، کرنش سختی (strain hardening)، بارگذاری ساده و مختلط، معیارهای تسلیم، منحنی تسلیم، سطح تسلیم، معیار و ترسکا - سن و نان (Tresca-Saint Venant)، معیار فون مایزس (Von-Mises)، منحنی بارگذاری، منحنی باربرداری، تئوری جریان پلاستیک، معادلات پرنرال - راس (Prondtl - Reuss) تئوری پلاستیسیته سن و نان - فون مایزس، تئوری پلاستیسیته تغییر فرم (Deformation) قانون جریان وابسته (Associated folw)، فرضیه دراگر (Drucker) تحدب سطح بارگذاری، معادلات تعادل الاستیک - پلاستیک، خطوط لغزش و خواص آنها، معیار سرحدی (Boundary Value) مساله کوشی، مساله ری مان

منابع پیشنهادی:

- 1) Fundamental of the theory of plasticity, by L.M, KACHANOV. Dover Publications, 2004
- 5) The mathematical Theory of plasticity, by R.Hill, pub. Clarendon press, Oxford. 1998
- 6) Plasticity for mechanical Engineering, by Johnson & Miller. 1998
- 7) "Applied Plasticity" Springer, J. chakraborty 2009



## صدا و ارتعاشات ریلی

تعداد واحد : ۳

نوع واحد : نظری

سر فصل دروس : (۴۸ ساعت)

۱-۳) تئوری‌های ایجاد صوت در تماس غلطشی چرخ و ریلی، دینامیک چرخ، دینامیک خط، زبری سطح و اندرکنش چرخ و خط، تشعشع صوت

۴و۵) تحریک چرخ و ریل ناشی از زبری سطح، تهیه مدل زبری سطح، اندازه‌گیری زبری سطح، مشخصه‌های زبری چرخ و خط، کنترل صدای چرخ و ریلی در چشمه

۶و۷) مدل‌های پیش‌بینی اصوات ناشی از وسیله ریلی در محیط، شاخص‌های صدا، معرفی مدل پیش‌بینی صدا، روش پیش‌بینی صدا، مدل معرفی چشمه صدا، مدل‌های انتشار صوت، محاسبه اندازه صدا

۸و۹) اندازه‌گیری و کنترل صدای راه‌آهن، صداهای خارج ناوگان (صدای ناشی از مقاومت هوا و روشهای کنترل آن، ...)، صداهای داخل ناوگان (صدای ناشی از عملکرد سیستم ترمز و استانداردهای مربوطه، ...)

۱۰-۱۲) روشهای کنترل صدا در چشمه، صدای چرخ، صدای ریل، زبری سطوح، حفاظت از صدا

۱۳و۱۴) ارتعاشات ناشی از تردد قطارها در سطح

۱۵و۱۶) ارتعاشات ناشی از تردد قطارها در تونلهای زیر زمینی

منابع پیشنهادی:

- 1) "Noise and Vibration from High Speed Trains", V. V. Krylov, Thomas Telford, 2001.
- 2) "Railway Noise and vibration: Mechanisms, Modeling and Means of Control" , D. Thompson 2009 Elsevier.



## سازه های زیر زمینی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

هدف:

سر فصل مطالب درسی:

- ۱- معرفی و شناخت برخی از سازه های زیرزمینی و تاریخچه
  - ۲- معرفی شاخص های کنترل کننده و روش طراحی سازه های زیرزمینی
  - ۳- روش های تحلیلی در بررسی پایداری سازه های زیرزمینی و بررسی برخی از پایه گذاری ها
  - ۴- روشهای عددی و کاربرد آنها در تحلیل سازه های زیرزمینی ( روش اجزای محدود )
  - ۵- انتخاب سیستم مناسب سازه ای
  - ۶- تهیه شبکه مناسب اجزا و تعیین شرایط حدی
  - ۷- اندر کنش حائل - سنگ و مدل های تحلیلی در سازه های زیرزمینی
  - ۸- سازه های زیرزمینی در سنگ های لایه ای
  - ۹- سازه های زیرزمینی در توده های سنگی درزدار
  - ۱۰- سازه های زیرزمینی در زمین های تورمی و لهیده
- سازه های زیرزمینی در مناطق سنگی با پتانسیل شکست انفجار گونه ( Rock burst )
- سازه های زیرزمینی در مناطق زلزله خیز
- ابزار بندی در سازه های زیرزمینی

منابع پیشنهادی :

- ۱- نگهداری حفاریات زیرزمینی در سنگهای سخت (ترجمه کتاب: SSuport of Underground Excavations in Hard Book, By: Hoek, Kaiser & Bawden)  
ترجمه: مرتضی قارونی نیک - مرتضی همزه ایبازنی - انتشارات نص
- ۲- سازه های زیرزمینی در سنگ (ترجمه کتاب : Hoek & Underground Excavations in Rock, By : Hoek & Brown)  
ترجمه: احمد فهیمی فر - انتشارات آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک وزارت راه و ترابری)  
حفاری در معادن سطحی مولف : شرکت تامراک ناشر: شرکت تولید و فراوری مواد معدنی ایران  
حفاری در معادن زیرزمینی : مولف شرکت تامراک ناشر: شرکت تولید و فراوری مواد معدنی ایران  
بناهای زیرزمینی: ترجمه ابوالحسن بهینا- کامبیز بهینا- انتشارات دانشگاه تهران  
تونلسازی جلد ۱ و ۲ و ۳ نوشته: حسن مدنی  
طبقه بندی توده سنگها (تالیف: B.Singh & R.K.Goel - ترجمه سیاوش تقی پور و مهدی رخشنده)  
انتشارات دانشگاه امیر کبیر ۱۳۸۲  
طراحی در مهندسی سنگ (نوشته Z.T.Bieniawski - ترجمه مهدی ابراهیمی)



- 9) Tunnelling & Underground Space Technology , Published quarterly by the International tunnelling Association (ITA) Elsevier Science, Tarrytown, NY.
- 10) Szechy ,k.(1967) The Art of Tunnelling Akademiai kiado , Budapest, 891.P.
- 11) Wittaker, B.N. and R.C. Frith (1990) Tunnelling: Design, Stability and Construction. The Institution of Mining and Metallurgy, London
- 12) Bickel, J.o., T.R.Kuesel and E.H. King (1996) Tunnel Engineering Hand book, Chapman & Hall
- 13) Bieniawski , Z.T . (1989) Engineering Rock Mass Classifications John Wiley & Sons , New york
- 14) Dunicliff, J. ad G.E. Green (1988) Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance John Wiley & Sons, New york





## دینامیک خطوط راه آهن

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

هدف: آشنایی با تحلیل دینامیکی خطوط ریلی

سرفصل مطالب درس: (۶۴ ساعت)

- ۱- مقدمه - مروری بر روشهای جاری در آنالیز روسازی بالاستی و صلب راه آهن
- ۲- مبانی تحلیل دینامیکی خط شامل (تیر اوپلر- برنولی، تیر تیموشنکو و تحلیل دینامیکی تیر بر روی بستر ارتجاعی) بارگذاری و تحلیل خط جهت تحلیل دینامیکی خط (شامل تبدیل بارهای عمودی قطار به هارمونیک به روش سری ۳- فوریه)
- ۴- مدلسازی دینامیکی خطوط ریلی و روشهای پاسخ سیستم در مقابل بارهای عبوری (Transient)
- ۵- بررسی رفتار و پایداری قائم، جانبی و طولی با لحاظ مبانی دینامیکی خط
- ۶- بررسی پدیده کمانش در خطوط ، به همراه مدلسازی خط جهت تحلیل پایداری خطوط CWR
- ۷- بررسی خستگی، آسیب و شکست در روسازی و اجزاء آن
- ۸- تحلیل روسازی زیر بارهای زلزله
- ۹- پروژه



### منابع پیشنهادی:

- ۱- میر محمد صادقی، جواد، (۱۳۸۷)، « اصول و مبانی تحلیل و طراحی خطوط راه آهن بالاستی »، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
- ۲- میرمحمدصادقی، سید جواد، (۱۳۸۱)، « بررسی تأثیر افزایش بار محوری در افزایش خرابی‌های خطوط موجود »، مرکز پژوهش‌های ذوب آهن جمهوری اسلامی ایران، ایران.
- ۳- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۳)، نشریه ۲۸۸، « آیین‌نامه طراحی هندسی راه آهن »، ایران.
- ۴- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۴)، نشریه ۳۰۱، « مشخصات فنی عمومی روسازی بالاستی راه آهن »، ایران.
- ۵- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۵)، نشریه ۳۵۵، « دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه آهن »، ایران.
- 6) Hay, W., (1982), "Rail Road Engineering", John Wiley and Sons, USA.
- 7) Esveld, (2001), "Modern railway track", Delft University of Technology Pub. Serv., Netherland.
- 8) Kerr, A.D., (2003), "Fundamentals of Railway Track Engineering", Simmons- Boardman Books, Inc.

- 9) AREMA, 2006. Manual for Railway Engineering. American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association Publishing Service, Washington D.C.
- 10) Australian Standard, AS 1085 series, (2002), Railway track materials, Parts 1 to 20.
- 11) Profillidis, V. A., (1998), "Railway Engineering", V., L. Pub Germany.
- 12) System dynamics and long-term behaviour of Railway vehicle, Track and Subgrade" by. K. popp and W. Schiehlen , 2002.



## آهن پیشرفته زیرسازی راه

تعداد واحد : ۳

نوع واحد: نظری

تر رفتار بالاست و بستر در شرایط دینامیکی و معرفی مدل‌های رفتاری حاکم بر آنها و معرفی روش‌های حل هدف: هدف این درس بررسی دقیق باشد. موجود می

سرفصل مطالب درس: (نظری ۴۸ ساعت)

۱- مروری بر تئوری ارتعاشات

فنر، ارتعاشات آزاد با میرایی ویسکوز، ارتعاشات اجباری - ارتعاشات آزاد جرم

گیری ارتعاشات، سیستم‌های تحت اثر نیروی گذرا، نیروهای کننگی ویسکوز، اصول و وسائل اندازه‌ها با ژاقل محرک تابع فرکانس و ..

۲- انتشار امواج در محیط‌های ارتجاعی

انتشار در میله ارتجاعی، انتشار موج در محیط الاستیک نامحدود و نیمه محدود، امواج سطحی

۳- خصوصیات تنش - تغییر شکل و مقاومت دینامیکی بستر

ای تحت بار گذاریهای دینامیکی گذرا، آزمایش خاک سه محوری سیکلیک، آزمایش ستون رفتار مصالح دانه تشدید، آزمایش بار گذاری صفحه ای سیکلی، آزمایشات محلی، روش‌های انجام ثبت و استفاده از نتایج آزمایشات فوق

۴- ظرفیت باربری دینامیکی بستر

شبکه گسیختگی در خاک بستر بهنگام اعمال بار دینامیکی، بررسی اثرات بار دینامیکی افقی، بررسی اثرات بار دینامیکی قائم، مقدمه ای بر پدیده روانگرایی و اثرات آن روی مقاومت بسترهای ریزدانه

۵- آشنائی با مفاهیم خمیری در خاک بستر و مکانیک خاک حالت حدی

های خمیری و پسماند مقدمه ای بر پلاستیسیته و مفاهیم اولیه آن، کرنش‌ها و تنش

۶- معرفی مدل‌های رفتار خمیری مناسب جهت تحلیل استاتیکی و دینامیکی خاک بستر

۷- معرفی روش‌های تحلیلی و عددی خط و بستر (زیرسازه) و مقدمه‌ای بر روش‌های عددی

منابع پیشنهادی:

- 1) Baziar, M. and Ghannad, Z. "Principles of Soil Dynamic", IUST Press
- 2) Das, B.M. "Fundamentals of Soil Dynamics" Elsevier.
- 3) Prakash, S. "Soil Dynamics" McGraw-Hill, Inc.
- 4) Prakash, S. and Puri, V. "Foundations for Machines: Analysis and Design", J. Wiley & Sonns.
- 5) Verruijt, A. "Soil Dynamic", Delft University of Technology.
- 6) NAVFAC, "Soil Dynamic and Special Design Aspects".



- 7) Richart, F., Hall, J. and Woods, R. "Vibrations of Soils and Foundations, Prentice-Hall, Inc.
- 8) Kramer, S.L. "Geotechnical Engineering" Prentice-Hall, Inc.
- 9) Ishihara, K. "Soil Behavior in Earthquake Geotechnics" Clarendon Press.
- 10) Day, R.D. "GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING HANDBOOK", McGRAW-HILL
- 11) Schofield, A. and Wroth, P. "Critical State Soil Mechanics".
- 12) Chen, W.F. and Mizuno, E. "Nonlinear Analysis in Soil Mechanics", Elsevier.
- 13) Seligh, E. and John, W. "Track Geotechnology and Substructure Management".
- 14) K. Popp and W. Schiehlen "System Dynamics and Long-Term Behavior of Railway vehicles", Track and Subgrade, 2002.



## روسازی راه آهن پیشرفته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

پیشنیاز:

هدف: آشنائی با سیستم نوین خطوط راه آهن، طراحی آنها و مکانیک عالی خطوط

سرفصل مطالب درس: (۶۴ ساعت)

مقدمه معرفی انواع سیستم های روسازی مدرن و مزایا و معایب هر کدام

تحلیل و طراحی خطوط راه آهن با دال بتنی

تحلیل و طراحی خطوط نردبانی

تحلیل و خطوط آسفالتی

ضوابط خاص در تحلیل و طراحی روسازی راه آهن سریع السیر

کاربرد مصالح جدید در خطوط راه آهن

بررسی پارامترها و بهینه سازی روسازی خطوط

پروژه

مراجع و منابع:

میر محمد صادقی، جواد، (۱۳۸۷)، « اصول و مبانی تحلیل و طراحی خطوط راه آهن بالاستی »، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

میرمحمدصادقی، سید جواد، (۱۳۸۱)، « بررسی تأثیر افزایش بار محوری در افزایش خرابی های خطوط موجود »، مرکز پژوهش های ذوب آهن جمهوری اسلامی ایران، ایران.

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۳)، نشریه ۲۸۸، « آیین نامه طرح هندسی راه آهن »، ایران.

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۴)، نشریه ۳۰۱، « مشخصات فنی عمومی روسازی بالاستی راه آهن »، ایران.

معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۵)، نشریه ۳۵۵، « دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه آهن »، ایران.

6) Hay, W., (1982), "Rail Road Engineering", John Wiley and Sons, USA.

7) Esveld, (2001), "Modern railway track", Delft University of Technology Pub. Serv., Netherland.

8) Kerr, A.D., (2003), "Fundamentals of Railway Track Engineering", Simmons- Boardman Books, Inc.



- 9) AREMA, 2006. Manual for Railway Engineering. American Railway Engineering and Maintenance-of- Way Association Publishing Service, Washington D.C.
- 10) Australian Standard, AS 1085 series, (2002), Railway track materials, Parts 1 to 20.
- 11) Profillidis, V. A., (1998), "Railway Engineering", V., L. Pub Germany.
- 12) System dynamics and long-term behavior of Railway vehicle, Track and Subgrade" by. K. popp and W. Schiehlen , 2002.
- 13) Kerr, A.D., (2003), "Fundamentals of Railway Track Engineering", Simmons- Boardman Books, Inc.
- 14) Selig E.T., Waters. J.M., (1994), "Track geotechnology and substructure management", Thomas Telford Publications, London.
- 15) Li, D., Thompson, R., Kalay, S., (2002), "Development of Continuous Lateral and Vertical Track Stiffness Measurement Techniques", Proceedings of Railway Engineering, London, 2002.



## ساخت و اجرای پیشرفته

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

هدف:

سرفصل مطالب درس:

طبقه بندی روسازی های غیر بالاستی بر اساس روش ساخت، دال خطاهای درجا و پیش ساخته  
بررسی معایب و مزایای انواع دال خطاها و مشکلات اجرایی آنها  
گامهای مختلف اجرای خطوط دال خط درجا، شامل تجهیزات، ماشین آلات و ادوات مورد نیاز  
ماشین آلات مکانیزه تکمیلی اجرای خطوط درجا  
گامهای مختلف اجرای خطوط دال خط پیش ساخته، شامل تجهیزات، ماشین آلات و ادوات مورد نیاز  
روش ساخت شبکه بالاسری خطوط برقی، ماشین آلات مکانیزه و سبک  
ماشین آلات مکانیزه تکمیلی اجرای خطوط پیش ساخته  
بررسی کارائی و اثر بخشی ماشین پایدار ساز بستر ( تزریق سیمان در خاک ) در زیرسازی خطوط سریع السیر  
بررسی ابزارها و تجهیزات کنترل و بازرسی پارامترهای هندسی دال خط ها و نحوه از بین بردن خطاها  
بررسی روشهای تثبیت دالهای پیش ساخته و نحوه اتصال آنها بهمديگر  
بررسی tie bar ها در دپوهای تعمیرگاهی و نحوه عایق کاری ریلها  
سیر انتهائی دال خطاها و روشهای اجرای آنها  
بررسی روشهای نصب سوزنها در دپوها و ایستگاهها  
ریل سوم و تکیه گاههای آنها

منابع پیشنهادی:

- 1) Esveld, C. "Modern Railway Track" MRT Production, Germany 2001.
- 2) Lichtherger "Track Compendium" Eurail Press, 2005.



## اندرکنش خط و قطار II

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

هدف:

سرفصل مطالب درس: (نظری ۴۸ ساعت)

مقدمه: معرفی مساله اندرکنش خط و قطار ، مولفه های موثر در آن و هدف از تحلیل اندرکنش  
مدلسازی سه بعدی وسایل نقلیه و تشکیل معادلات حرکت آنها  
مدلسازی اجزاء روسازی بصورت سه بعدی  
نحوه تخمین مشخصات دینامیکی اجزاء خط و روشهای موجود  
مدلسازی اندرکنش چرخ وریل و مکانیک تماس چرخ ریل  
مدلسازی تراورس بصورت المان تیری و تشکیل معادلات آن  
تشکیل معادلات مجموعه قطار و خط بصورت سه بعدی  
معرفی عوامل تحریک مجموعه مکانیکی خط و قطار و مدلسازی آنها جهت اعمال در تحلیل مجموعه  
تحلیل دینامیکی سه بعدی اندرکنش خط و قطار به روش انتگرال گیری مستقیم  
تفسیر نتایج و خروجی مطالعات



منابع پیشنهادی:

- 1) Prot. Esveled "Modern Railway Track "MRT Productions, Germany 2001
- 2) "Vehide- Bridge Interaction Dynamics" Yang Y.B., J.D.Yau and Y.S.Wu World Scientifice Publishing Co.2004
- ۳- ذاکری، جبار علی، دینامیک پلهای راه آهن، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران- ۱۳۸۳
- 4) Dahlbery Tore "Dynamics of Railway Track"  
Chapter 6 , Hand book of Railway vehicle Dynamics" 2005.



## تست خط راه آهن

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

هدف: آشنا نمودن دانشجویان با اهداف و دلایل نیاز به آزمایش خط و اجزاء آن و روشها و مبانی تست خط

سر فصل مطالب درس: (۶۴ ساعت)

اهداف و دلایل نیاز به آزمایش خطوط راه آهن

روشهای مختلف آزمایش و دسته بندی آنها

آشنایی با انواع روشهای آزمایشات غیر مخرب، نیمه مخرب و مخرب مصالح، اجزاء و سیستم های باربر

آزمایش مودال - اصول، تئوری و روش انجام

آشنایی با انواع مختلف بارگذاری ( استاتیک، شبه دینامیک، دینامیک و ضربه ای )

سیستمها و روشهای مختلف بارگذاری و ابزار و وسایل لازم

آشنایی با وسایل و تجهیزات اندازه گیری دقیق، دستگاههای جمع آوری اطلاعات و اصول و روش کاربرد آنها

ضوابط آزمایشها و ارزیابی نتایج

اندازه گیری و برآورد پارامترها و مشخصات فیزیکی و مکانیکی مصالح و خط راه آهن

مدلسازی فیزیکی و تئوری مدلها در مهندسی خطوط - انواع مدلهای ارتجاعی و غیرارتجاعی و استاتیکی و

دینامیکی

روشهای ارزیابی رفتار، عملکرد و باربری خطوط راه آهن

کالیبراسیون نتایج و دقت و خطا در اندازه گیریها

تئوری اثر اندازه در مصالح و مدلها و نقش آن در نتایج

آشنایی با تئوری خط و روش تصحیح نتایج

پروژه

منابع پیشنهادی:

۱- میر محمد صادقی، جواد، (۱۳۸۷)، « اصول و مبانی تحلیل و طراحی خطوط راه آهن بالاستی »، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲ - میر محمد صادقی، سید جواد، (۱۳۸۳)، « خصوصیات پاندهای وسلو، پاندرول و K در سیستم راه آهن»، گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، مرکز تحقیقات راه آهن ایران.

۳- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۴)، نشریه ۳۰۱، « مشخصات فنی عمومی روسازی بالاستی راه آهن»، ایران.

۴- معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۵)، نشریه ۳۵۵، « دستورالعمل نظارت بر اجرای روسازی راه آهن»، ایران.

5) Esveld, (2001), "Modern railway track", Delft University of Technology Pub. Serv., Netherland.



6) Kerr, A.D., (2003), "Fundamentals of Railway Track Engineering",  
Simmons-

Boardman Books, Inc.

7) Selig E.T., Waters. J.M., (1994), "Track geotechnology and substructure  
management", Thomas Telford Publications, London.

8) Li, D., Thompson, R., Kalay, S., (2002), "Development of Continious  
Lateral

and Vertical Track Stiffness Measurement Techniques", Proceedings from  
Railway Engineering, London.

۹) جبار علی ذاکری " بررسی نیروهای وارده بر تراورسهای بتنی " گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی، معاونت

پژوهشی دانشگاه علم و صنعت ایران. ۱۳۸۴



## پایش سلامت سازه های ریلی

تعداد واحد:

نوع واحد:

هدف:

سرفصل مطالب درس:

پایش سلامت سازه ای، ارزیابی غیر مخرب سازه جهت شناسایی عیوب سازه ای که در یک دوره زمانی طولانی یا بصورت مقطعی انجام می شود. ارزیابی وضعیت عملکرد سازه با روش های مختلف اندازه گیری خواص شیمیایی، یا الکتریکی یا مکانیکی مصالح پایش سلامت سازه ای امکان شناسایی زود هنگام عیب را فراهم می کند و از بروز خرابی های ویرانگر جلوگیری می نماید و امکان تخصیص بهینه منابع و هزینه نگهداری کمتر را فراهم می آورد. این درس بطور خاص بر پایش سلامت سازه ای پل اختصاص یافته است.

۱- بازرسی عینی پل

۲- آزمون های غیر مخرب NDT

• آزمون غیر مخرب فولاد

• آزمون غیر مخرب بتن

• نمونه گیری از مصالح

۳- ارزیابی ظرفیت باربری پل بر مبنای آیین نامه ضرایب بار و مقاومت آشتو

• سطوح ارزیابی

۴- آزمایش مودال

۵- ارزیابی خستگی



منابع پیشنهادی :

- 1) Bridge Inspector's Reference manual , FHWA NHI 03-001,2006.
- 2) Inspection of fracture critical bridge members, FHWA-IP-86 -26
- 3) Guideline for Structural health monitoring , ISIS CANADA , 2000.
- 4) Guideline for The Supplementary load testing of bridges, Thomas Telford ,98.
- 5) Manual For Condition evaluation 4 load 4 Resistance Factor Rating ( LRF ) of highway bridger, AASHTO, 2003

## تئوری انتشار امواج

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

هدف:

سر فصل مطالب درس:

تفاوت دیدگاه انتشار امواج و تئوری ارتعاشات

مفاهیم انعکاس، انتقال و پراکندگی امواج

انتشار امواج در محیط پراکنده ( Dispersive media ) و بررسی تواتر حد تشعشع و سرعت گروهی  
انتشار امواج در تیر تیموشنکو و بررسی اثر تغییر شکل برشی و اینرسی چرخشی در رفتار تیرها تحت بارهای  
هارمونیک و گذرا

انتشار امواج در غشاهای، صفحات نازک و پوسته ها

بررسی انتشار امواج در محیط بینهایت همگن و بررسی خصوصیات امواج حجمی

بررسی انتشار امواج در محیط نیمه بینهایت همگن و بررسی خصوصیات امواج رایلی

انتشار امواج در محیط های لایه ای

تفرق امواج در حضور مانع محدود در فضای سه بعدی

حل مساله لمب ( Lamb ) برای منبع متمرکز خطی در حالت بارگذاری هارمونیک و گذرا

منابع پیشنهادی:

- 1) Wave Propagation in Elastic Solids, J.D.Achenbach (1974)
- 2) Wave motion in Elastic Solids, Graff, K. F (1975)
- 3) Richard Ernest Bellman, Ramabhadra Vasudevan "Wave Propagation" D Reidel Pub, 1986
- 4) John G. Harris "Linear elastic Waves" Cambridge university Press. 2009
- 5) J.F. Clarke, E. F. Tore "Numerical Methods for Wave Propagation" kluwer Academic Pub. 1998



## دینامیک سازه (۲)

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

هدف:

سر فصل مطالب درس:

مدلسازی ریاضی جهت تحلیل سازه ها با درجات آزادی زیاد ( ضرورت و عوامل موثر در انتخاب مدل مناسب ).  
کاربرد روش زیرسازه ( Sub structure ) برای تحلیل سازه با درجات آزادی زیاد.

روش Component modes

روش Static Condensation

روش Static Correction Procedures

روش Mode Acceleration

روشهای عددی تعیین مقادیر ویژه برای سازه با درجات آزادی زیاد و مقایسه آنها از نظر پایداری. سرعت ودقت ( مسائل Eigenvalue ).

تحلیل غیر خطی ارتعاشات و مسائل مربوط به پایداری دینامیکی، همگرایی روشهای تحلیل بویژه در مورد سازه های لاغر در مقابل باد.

تحلیل دینامیکی سازه ها در حوزه تواتر

دینامیک صفحات و پوسته ها

بررسی پدیده خستگی در اثر بارهای متناوب

منابع پیشنهادی:

- 1) "Theory of plates and shells", by Timoshenko and Winooski, MC Grew-Hill Book CO.
- 2) Elements of vibration analysis" ; By Leonard Meirovitch , Mc. Graw- Hill.
- 3)"Mechanical Vibrations theory and applications; By francis S. Tse , Ivan E. Morse, and Rolland T. Hinkle.
- 4) Chopra, A. "Dynamics of Structures" 2<sup>nd</sup> edition, 2001.



## روشهای محاسباتی هوشمند در مهندسی راه آهن

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

هدف: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با تکنیکهای نوین محاسباتی و نقاط قوت آنها به منظور کاربرد آنها در مهندسی راه آهن می باشد.

سرفصل مطالب درس: (نظری ۶۴ ساعت)

۱- معرفی تاریخچه و انواع روشهای محاسباتی هوشمند و حسابگریهای زیستی و کاربردهای آنها در مهندسی راه آهن  
- شبکه های عصبی، منطق فازی، الگوریتم های ژنتیک و سیستم های خیره و...

۲- شبکه های عصبی

- تاریخچه شبکه های عصبی مصنوعی و مدل نرون

- شبکه عصبی پرسپترون یک لایه و چند لایه

- فرایند یادگیری و انواع آن

- شبکه های عصبی با پایه عریض (RBF)، رقابتی و هاپفیلد

- الگوریتم بازبخت شبیه سازی شده (Simulated Annealing)

- کاربرد شبکه های عصبی در مدلسازی دینامیکی قطار، ناهمواریهای خط و...

۳- آشنایی با منطق فازی و کاربردهای آن

- تاریخچه، ریاضیات، مجموعه ها و روابط فازی

- اصل گسترش

- آشنایی با بهینه سازی فازی و روشهای آن

- کاربرد منطق فازی در مدلسازی مکانیک و دینامیک خطوط، تعمیر و نگهداری خط و...

۴- الگوریتم های ژنتیک

- انواع روشهای بهینه سازی

- جستجوی تصادفی و...

- کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی خط و ...

۵- پروژه



George J. Klirm, Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Publisher, Prentice Hall PTR; 1st edition (1995). (ISBN: 978-0131011717)

Hans J. Zimmermann, Fuzzy Set Theory and its Applications, Springer, 4th edition (2001). (ISBN: 978-0792374350)

Timothy Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, Wiley; 2nd edition, (2004). (ISBN: 978-0470860755 )

Simon Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, 2nd Edition, Prentice Hall; (1998). (ISBN: 978-0132733502 )

Laurene V. Fausett, Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications, Prentice Hall; (1993). (ISBN 978-0133341867)

Russell D. Reed, Robert J. Marks, Neural Smithing: Supervised Learning in Feed forward Artificial Neural Networks, MIT Press (1999). (ISBN: 978-0262181907)

Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Genetic Algorithms and Engineering Design, Wiley; 1st edition (1997). (ISBN: 978-0471127413)

A.E. Eiben, J.E. Smith, Introduction to Evolutionary Computing, Springer (2008). (ISBN: 978-3540401841)



## تحلیل و طراحی راه آهن برقی

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

هدف:

سرفصل مطالب درس : (نظری ۴۸ ساعت)

مروری بر مفاهیم و روابط اساسی مهندسی برق

- مدارهای خطی، پاسخ دائم سینوسی

- موتورهای الکتریکی، ترانسفورماتور

- الکترونیک قدرت

های تغذیه الکتریکی قطارها ۲- تحلیل شبکه

انواع ولتاژ و فرکانس

مقایسه و ارزیابی برقی کردن شبکه راه آهن

آنالیز شبکه های تغذیه ساده، بوستر ترانس و اتوترانس

شبکه های تغذیه DC و ریل سوم

انواع شبکه های بالاسری، محاسبات کابل، پایه، تنش، نگهدارنده ها.

۳- تحلیل پستهای الکتریکی راه آهن

بررسی پستهای تراکشن: اجزاء پست، آرایش، تعیین توان

پستهای جداساز، یکسوساز، فشارقوی و ضعیف

حفاظت و انواع رله ها

۴- کنترل محرکه های الکتریکی قطار

۵- کنترل متمرکز شبکه های الکتریکی راه آهن

۶- پروژه

منابع پیشنهادی:

- 1) Control Lines for electric railways; Planing design implementation ;  
F. Kieblig , r. Puschmann,a. Schmieder (2001)





## دینامیک پلهای راه آهن

تعداد واحد:

نوع واحد:

هدف: بررسی تحلیلی و تجربی اثر ارتعاش بر پلها و کنترل آن با تاکید بر ارتعاش ناشی از ترافیک

سرفصل مطالب درس:

۱- مدلسازی ارتعاشی پلها

- مقدمه ای بر دینامیک سازه ( تیر تحت نیروی متحرک (ثابت، هارمونیک گسترده، متغیر)، دهانه ساده، شرایط تکیه گاهی مختلف) تحت جرم متحرک (2DOF، دو محوره، چندمحوره)

- مدلسازی دینامیکی اجزای محدود FEM

- مدلسازی المان طیفی SEM

- مدلسازی دینامیکی پل در خطوط سریع السیر

- مدلسازی اندرکنش پل و قطار (کرنش سنج، شتاب سنج، سرعت سنج، تغییر مکان سنج)

۲- سلامت سنجی ارتعاشی پلها (تجهیزات اندازه گیری، پردازش سیگنال، شناسایی مودال (فضای زمان، فضای فرکانس)

- بهنگام سازی مدل

- آزمایش دینامیکی پلها Dynamic Load test

- شناسایی مودال

• شناسایی غیر پارامتریک (روش FDD, PPT)

• شناسایی پارامتریک (روش های ITD, LSCE و SSI.ERA)

- بهنگام سازی مدل اجزای محدود

- شناسایی الگو در آزمایشهای میدانی

- پردازش سیگنالها در آزمایش میدانی (تبدیل فوریه، نمونه برداری زمانی و aliasing، فرآیندهای اتفاقی،

تابع همبستگی و طیف، روش های تخمین)

۳- کنترل ارتعاشی پلها

- معیارهای ارتعاشی در طراحی پل

- کنترل غیر فعال TMD و LMD و جداساز پایه، میراگر

- کنترل فعال (روش های کنترل، راستی آزمایی عملکرد کنترل، توصیف سخت افزار، مدل فضای حالت، مدل

های کلاسیک، کنترل کلاسیک، کنترل مدرن)



منابع پیشنهادی:

- 1) Jer-Nan Jaung, Applied System identification, Prentice Hall, 1994
- 2) Dynamic of Railway bridger, L.Fryba, 2<sup>nd</sup>, 1996, Thomas Telford
- 3) Vibration of Solids & Structures under moving load , L.Fryba , 1999, 3<sup>rd</sup>, Thomas Telford
- 4) Modal Testing , theory , practice & Application, D.j Ewins, 2<sup>nd</sup>, Taylor & Francis 2000
- 5) Engineering vibration, D.J.Inman, 2007, Pretice hall
- 6) Vibration with Control, D.J.inman , Wiley , 2006.
- 7) Active Structural Control, Theory & Praticce , T.T.Soong, Addison Wesley, 1990
- 8) Active, Hybrid & Semi-Active Structural Control: A design & implementation Handbook, TT Soong, Sychu, A.M.Reinborn , John Wiley & Sons, 2005
- 9) Vehicle – Bridge Interaction dynamics , with application to high speed railway, Y B Yang, JD Yau , Y S Wu , 2004,
- 10) Modal Analysis, J.He, Z.F. Fu, BuHerworth- Heinemann, 2001
- 11) Identification & Control of Mechanical Systems, Jer-NaN Juang M.Q Phan Cambridge university Press, 2<sup>nd</sup>, 2004
- 12) Passive & active Strutural Vibration Control in civil Eng, T.T. Soong & M.C Costantinou, Springer- verlag, 1994



## روسازی راه آهنهای شهری

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

آهنهای خاص مانند راه آهن های درون شهری (مترو)، منوریل، هدف: آشنایی دانشجویان با طراحی و عملکردهای راه مگلو برای عبور بارهای سبک و سنگین

سرفصل مطالب درس: (۶۴ ساعت)



مقدمه: تاریخچه تعریف، نیازها

طبقه بندی راه آهنهای ویژه شامل مترو، منوریل و مگلو (مغناطیسی)

انواع سیستمها در راه آهنهای ویژه

آیین نامه ها و استانداردها در زمینه طبقه بندی و مشخصات فنی و عمومی راه آهنهای ویژه (مترو، منوریل و مگلو)

مبانی بارگذاری در راه آهن های ویژه

روشهای تحلیل خطوط ویژه با نگاهی به حالت‌های استاتیکی، دینامیکی و اندرکش خط و قطار

مبانی طراحی زیرسازی و روسازی خطوط ویژه

مقدمه ای برای انتخاب ناوگان در خطوط ویژه

پروژه: دانشجویان این درس موظفند نسبت به طراحی کامل یک خط راه آهن خاص اقدام نمایند.

منابع پیشنهادی:

۱- میر محمد صادقی، جواد، (۱۳۸۷)، « اصول و مبانی تحلیل و طراحی خطوط راه آهن بالاستی ». انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۳)، نشریه ۲۷۹، « مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه آهن ». ایران.

۳- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، (۱۳۸۴)، نشریه ۳۰۱، « مشخصات فنی عمومی روسازی بالاستی راه آهن ». ایران.

4) Hay, W., (1982), "Rail Road Engineering", John Wiley and Sons, USA.

5) Esveld, (2001), "Modern railway track", Delft University of Technology Pub. Serv., Netherland.

6) Kerr, A.D., (2003), "Fundamentals of Railway Track Engineering", Simmons-Boardman Books, Inc.

7) AREMA, 2006. Manual for Railway Engineering. American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association Publishing Service, Washington D.C.

8) Australian Standard, AS 1085 series, (2002), Railway track materials, Parts 1 to 20.

## روشهای برنامه ریزی و کنترل پروژه

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

پیشنیاز:

هدف: آشنائی با روشهای برنامه زمانبندی و کاربرد آنها در کنترل پروژههای عمرانی

سرفصل درس: (نظری ۳۴ ساعت، عملی ۳۴ ساعت)

مفاهیم اساسی، ضرورت و کاربرد برنامه زمانبندی و کنترل پروژه

کاربرد، محدودیت ها و مزایای انواع روشهای زمانبندی شامل:

الف- روش نمودار میله‌ای یا گانت

ب- روش های مسیر بحرانی (CPM) شامل

- روش I-J یا نمودار پیکانی (AOA)

- روش نمودار پی آیندی یا فعالیت در گرا (AON)

ج- روش ارزیابی و بازنگری برنامه (PERT)

د- روش زمانبندی خطی (LSM) و (LOB)

۳- کنترل و بهنگام کردن برنامه ها

۴- تخصیص و تسطیح منابع

۵- موازنه زمان و هزینه: شکستن فعالیتها، شیب هزینه، هزینه های مستقیم و غیر مستقیم

پروژه: دانشجویان باید برنامه زمانبندی یک پروژه عمرانی را با در نظر گرفتن منابع محدود (تسطیح منابع) انجام دهند. برنامه زمانبندی همراه با محاسبات دیگر از قبیل زمان های شناور و همچنین تفسیر روند برنامه ریزی به صورت گزارش پروژه باید ارائه گردد.

“Optimum Design of Mechanical Elements”, R. C. Johnson, John Wiley.

“Optimum Structural Design”, U. Kirsch, Mc-Graw Hill.

“Introduction to Linear and Nonlinear Programming”, D. G. Luenberger, Addison Westley.

“Numerical Techniques for Engineering Design with Application”, G. N. Vanderplatts, Mc-Graw Hill, 1984.

“Elements of Structural Optimization”, R. T. Haftka & M. P. Kamal & Z. Gurdal.

“Introduction to Operation Research” 8<sup>th</sup> edi., F. Hillier & Lieberman, 2005.

“Linear Programming & Network Flows”, 3<sup>rd</sup> edi., M. Bazara, 2005.



“Handbook of Applied Optimization”, P. N. Paradalos, 2004.



## مدیریت ماشین آلات ساخت

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری و عملی

پیشنیاز:

هدف: بررسی روشهای مختلف، چگونگی انتخاب و بکارگیری ماشین آلات، تجزیه و تحلیل عملیات ساخت، مدیریت و نگهداری ماشین آلات

سرفصل درس: (نظری ۳۴ ساعت و عملی ۳۴ ساعت)

مبانی مهندسی ماشین آلات: مقاومت غلت، اثر ارتفاع، اثر شیب، نیروی کشنده، تغییر حجم (جمع شدگی - تورم) خاک، فاکتور بار

اقتصاد ماشین آلات، هزینه های مالکیت و بهره برداری، سرمایه گذاری، استهلاک عمر مفید ماشین آلات، کنترل انبار قطعات یدکی

ماشین آلات عملیات خاکی: انتخاب نوع و محاسبه تولید ماشین آلات، گریدر، لودر، بیل مکانیکی و هیدرولیکی، اسکرپور، بولدوزر، چنگکف ترانشه کن، ریپر، درک لاین، تعیین تعداد و ظرفیت بهینه کامیون ها با استفاده از روشهای تئوری صف و شبیه سازی (مونت کارلو)، نحوه استفاده از منحنی های بازده کامیون ها  
ماشین آلات تراکم: انتخاب نوع و محاسبه تولید انواع ماشین آلات تراکم مانند غلتک پاچه بزی، چرخ استوانه-ای، چرخ لاستیکی و ...

ماشین آلات تراکم: انتخاب با انواع جرثقیل ها، محاسبه ظرفیت جرثقیل ها  
سنگ شکن ها: طراحی سیستم سنگ شکن ها در کارگاه، تجهیزات الک کردن و شستوی مصالح سنگی  
ماشین آلات آسفالت: ماشین آلات ساخت آسفالت، انتقال و پخش و تراکم آسفالت  
ماشین آلات شمع کوبی: معادلات شمع کوبی، ماشین آلات مربوط  
ماشین آلات تونل سازی: روش های مختلف تونل سازی، ماشین آلات مربوط  
ماشین آلات دریل صخره ها و عملیات آتشیاری: آشنائی با روشهای دریل صخره و انفجار صخره ها  
ماشین ها آلات خاص: مانند ماشی آلات ساخت روسازی راه آهن و ...

پروژه: دانشجویان باید برای یک پروژه ساخت مانند راه سازی یا باند فرودگاه، نوع و تعداد ماشین آلات را تعیین و محاسبه کنند و یا نوع و تعداد ماشین آلات یک کارگاه واقعی را مورد ارزیابی قرار دهند.



## تحلیل و طراحی سیستم ها

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف: بررسی اصول و روشهای تحلیل سیستم ها و تصمیم گیری در مهندسی عمران

سرفصل درس: (۵۱ ساعت)

تعاریف و آشنائی با مفاهیم سیستم ها، نگرش سیستمی و روشهای تحقیق در عملیات  
مدلهای بهینه سازی: مدل های خطی و قطعی و احتمالاتی، تجزیه و تحلیل حساسیت با تاکید بر کاربرد آنها در  
مدیریت ساخت

مدل های شبکه‌ای: حداکثر جریان، کوتاهترین مسیر، کوتاهترین شاخه در مدل‌های درختی، برنامه ریزی پویا  
مدل های آرمانی و کاربرد آن در مدیریت ساخت

مدل های احتمالی: قوانین اصل در احتمالات توزیعات پیوسته و غیر پیوسته

شبکه های عصبی و الگوریتم ژنتیکی و کاربرد آن ها در مدیریت ساخت

مدل های شبیه سازی و منتکارلو

روش های مختلف تصمیم گیری

حالت مطمئن، حالت ریسک و حالت بی‌بین، ارزشیابی موقعیت و تصمیم گیری

۱۰- سیستم های پشتیبانی در تصمیم گیری در مسائل مدیریت ساخت، قراردادهای و انتخاب ماشین آلات



Timothy Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, Wiley; 2nd edition, (2004). (ISBN: 978-0470860755 )

Simon Haykin, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, 2nd Edition, Prentice Hall; (1998). (ISBN: 978-0132733502 )

Laurene V. Fausett, Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications, Prentice Hall; (1993). (ISBN 978-0133341867)

Russell D. Reed, Robert J. Marks, Neural Smithing: Supervised Learning in Feed forward Artificial Neural Networks, MIT Press (1999). (ISBN: 978-0262181907)

Mitsuo Gen, Runwei Cheng, Genetic Algorithms and Engineering Design, Wiley;  
1st edition (1997). (ISBN: 978-0471127413)

