جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی

رشته مهندسی هوافضا

گرایش مهندسی فضایی

دوره: دکتری تخصصی

گروه: فنی و مهندسی

به استناد آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه‌ریزی درسی مصوب
جلسه ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی هوافضا

عنوان گرایش: مهندسی فضایی

گروه: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: دکتری تخصصی

کارگروه تخصصی: مهندسی مکانیک

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی دانشگاه: صنعتی شریف

به استناد آیین نامه واگذاری اختیارات برنامه‌ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی، برنامه درسی بازنگری شده دوره دکتری تخصصی مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی طی نامه شماره ۹۸/۶۰۰/۳۵۵۸/ص تاریخ ۱۳۹۸/۰۴/۱۷ از دانشگاه صنعتی شریف دریافت شد :

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که از مهر ماه سال ۹۸ وارد دانشگاه ها و مراکز آموزش عالی می شوند، قابل اجرا است.

ماده دو- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و به تمامی دانشگاه ها و مؤسسه های آموزش عالی کشور که مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه ریزی آموزشی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری را دارند، برای اجرا ابلاغ می شود.

ماده سه- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۳۹۸-۱۳۹۹به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن نیاز به بازنگری دارد.

دکتر محمدرضا آهنچیان

دبیر کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی هوافضا

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس

دوره دکتری مهندسی هوافضا- مهندسی فضایی

اردیبهشت ۱۳۹۸

صفحه

فهرست عناوین

فصل اول: مشخصات کلی دوره ۴

مقدمه ۴

تعریف و هدف ۴

نقش، توانایی‌ها و شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموختگان دوره ۵

طول دوره و شکل نظام ۵

تعداد و نوع واحدهای درسی و پژوهشی ۵

نحوه اخذ واحدهای درسی ۶

شرایط و ضوابط ورود به دوره ۷

فصل دوم: برنامه و عناوین دروس ۸

مقدمه ۸

دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی ۸

فصل سوم: سرفصل دروس ۱۱

ریاضیات پیشرفته ۱ ..... ۱۱

دینامیک و کنترل فضاپیما ۱۳

طراحی سیستمی ماهواره ۱۶

طراحی سیستمی ماهواره‌بر ۲۰

مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی در هوافضا ۲۳

مکانیک مدارهای فضایی پیشرفته ۲۵

سازه‌های فضایی ۲۹

کاربرد دورسنجی ۳۳

پیشرانش فضایی ۳۶

تعیین مدار و وضعیت ۳۸

شناسایی سیستم ۴۱

شبیه‌سازی پرواز ۴۴

کنترل فازی ۴۵

کنترل بهینه ۱ ..... ۴۷

هدایت و ناوبری ۱ ..... ۵۰

دینامیک پرواز موشک ۵۳

کنترل پیشرفته ۵۹

شبکه‌های عصبی ۶۱

کنترل بهینه ۲ ..... ۶۳

طراحی سیستم‌های کنترل ۶۶

فصل اول: مشخصات کلی دوره

مقدمه

رشد سریع و روز افزون علوم مهندسی مختلف در جهان به ویژه در چند دهه اخیر، لزوم برنامه‌ریزی مناسب و تلاش مضاعف جهت هماهنگی با پیشرفت‌های گسترده علمی و صنعتی را ضروری می‌سازد. بدون شک خودباوری و استفاده مطلوب از خلاقیت‌های انسانی و ثروت‌های ملی از مهم‌ترین عواملی است که در این راستا می‌توانند مثمرثمر واقع شوند و در حقیقت با برنامه‌ریزی و استفاده از ابزار و امکانات موجود می‌توان در مسیر ترقی و پیشرفت کشور گام نهاد.

بدون تردید پیشرفت صنعتی و حرکت به‌سوی استقلال، اقتدار و خودکفائی که از اهداف والای انقلاب اسلامی است، بدون عنایت کافی به امر تحقیقات در حوزه‌های نوین میسر نبوده و این امر به نوبه خود تحقق انجام آموزش در بالاترین سطح کیفی و پژوهش در مرزهای دانش و استفاده از فناوری پیشرفته را ایجاب می‌کند.

با توجه به رشد روز افزون علوم مهندسی هوافضا در دنیا و به‌وجود آمدن افق‌های علمی و صنعتی نو در این رشته و بالاخص حوزه مهندسی فضایی و همچنین نیازهای آتی کشور در این زمینه تخصصی، لزوم ایجاد گرایش مستقلی برای دوره دکتری مهندسی فضایی بیش از پیش احساس می‌شود. این مجموعه مشتمل بر برنامه تخصصی دوره دکتری مهندسی هوافضا- گرایش مهندسی فضایی می‌باشد.

تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی بالاترین مقطع تحصیلی در این زمینه و گرایش است که به اعطای مدرک می‌انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری و پژوهش در زمینه‌های مطرح در این گرایش در رفع نیازهای کشور و گسترش مرزهای دانش موثر باشند. این دوره متشکل از فعالیت‌های هماهنگ آموزشی و پژوهشی است و محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری، پژوهش نظری، تجربی یا تلفیقی از این دو است. همچنین، هدف از آموزش در این دوره، رفع کاستی‌های دانش داوطلب و هموار ساختن مسیر رسیدن به اهداف پژوهشی می‌باشد.

هدف از دوره دکتری مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی، ضمن احاطه‌یافتن بر آثار علمی و یادگیری مباحث اصلی مطرح در این گرایش، دست‌یابی به یک یا چند مورد از موارد مطرح شده در زیر است:

- آشنایی با روش‌های پیشرفته تحقیق و کوشش برای نوآوری در این گرایش
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش فضایی

- تربیت نیروی انسانی لازم جهت تعلیم، تحقیق، برنامه‌ریزی، مدیریت ، نظارت ، هدایت و اجراء و ارزیابی پروژه ها مختلف مورد نیاز کشور در حوزه مهندسی فضایی

نقش، توانایی‌ها و شایستگی‌های مورد انتظار از دانش‌آموختگان دوره

از فارغ‌التحصیلان دوره دکتری مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی انتظار می‌رود که با دانشی که در طول مدت آموزش دکتری کسب می‌نمایند و نیز با اشراف بر آخرین یافته‌های نظری و کاربردی مربوط به گرایش فضایی، قادر باشند تا راه حلی مناسب، بهینه و قابل انجام برای مسائل علمی و صنعتی کشور در حوزه فضایی، ارائه دهند. بخش دیگری از فعالیت فارغ‌التحصیلان این دوره، تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین و محققین در دوره‌های تحصیلات تکمیلی می‌باشد که انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و فن‌آوری و در نهایت ایجاد ثروت نقش موثری داشته باشند.

طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می‌باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله به انضمام حداقل و حداکثر طول دوره مطابق با آیین‌نامه‌های مصوب دوره دکتری وزارت عتف و نیز آیین‌نامه‌های داخلی دانشگاه می‌باشد.

تعداد و نوع واحدهای درسی و پژوهشی

- **مرحله آموزشی**

در مرحله آموزش دوره دکتری مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی، گذارندن حداقل ۱۸ واحد درسی از دروس دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی فضایی (علاوه بر واحدهای گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است. بدین ترتیب، دانشجو باید در مرحله آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات به عنوان دروس اجباری در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است، دروسی را در سطح تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) با تمرکز بر یک زمینه اصلی و یک زمینه فرعی به میزان زیر اخذ نماید:

- مجموع واحدهای دروس در زمینه اصلی: ۱۲ واحد
- مجموع واحدهای دروس در زمینه فرعی: ۶ واحد
- مجموع واحدهای درسی در مقطع دکتری مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی: ۱۸ واحد

- **دروس جبرانی**

دانشجویانی که از سایر رشته‌های کارشناسی ارشد مهندسی و یا غیره وارد دوره دکتری مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی می‌گردند، می‌توانند به میزان حداکثر ۹ واحد دروس جبرانی از جدول ۱ در زیر اخذ نمایند.

جدول ۱- دروس جبرانی*

ردیف	نوع واحد	تعداد واحد
۱	مکانیک مدارهای فضایی	۳
۲	دینامیک	۳
۳	کنترل اتوماتیک	۳
۴	ریاضیات پیشرفته ۱	۳

* دروس جبرانی در محاسبه معدل کل و تعداد واحد دروس دوره دکتری دانشجو در نظر گرفته نمی‌شود.

- **امتحان جامع**

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس از مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذارنده باشند، لازم است در آزمون جامع که بر اساس آیین‌نامه موسسه برگزار می‌گردد، شرکت نمایند. این آزمون در دو مرحله کتبی و شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دو بار می‌تواند در آن شرکت نماید.

- **مرحله تدوین رساله**

دانشجویانی که در آزمون جامع پذیرفته می‌شوند، در فرایند تعریف، تدوین و تصویب پیشنهادیه رساله ثبت‌نام می‌کنند. تعداد کل واحدهایی که دانشجو در مرحله تدوین رساله به نام واحد پروژه تحقیقاتی می‌بایست اخذ کند ۲۴ واحد می‌باشد، که هر نیم‌سال ۶ واحد آن را ثبت‌نام می‌نماید. بنابراین مجموع کل واحدهای لازم برای اخذ دکتری شامل هر دو بخش آموزش و انجام رساله، ۴۲ واحد می‌باشد.

نحوه اخذ واحدهای درسی

اخذ دروس تخصصی اصلی و فرعی و همچنین دروس اختیاری دوره باید به‌صورت زیر انجام گیرد:

۱. دروس دوره دکتری از بین دروس ارائه شده در سبد درسی تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی (جداول ۳ و ۴) اخذ می‌گردد.

۲. دانشجویان دوره دکتری در صورت گذراندن واحدهای اجباری مصوب دوره کارشناسی ارشد، می‌توانند از هر یک از واحدهای اختیاری ارائه شده برای گرایش مهندسی فضایی به‌شرط آنکه قبلا آن واحد را نگذرانده باشند، نیز اخذ نمایند.

۳. دانشجوی دکتری می‌تواند در صورت تایید استاد راهنما، حداکثر دو درس را از سایر گرایش‌های مهندسی هوافضا و یا سایر رشته‌های مرتبط با رساله دکتری خود در دانشگاه اخذ نماید.

۴. در صورتی که دانشجو مایل به اخذ یک یا چند درس اختیاری مازاد خارج از لیست دروس ارائه‌شده مصوب (جدول ۴) باشد، لازم است سیلابس درس پیشنهادی توسط مراجع ذیصلاح در دانشکده به تایید برسد.

شرایط و ضوابط ورود به دوره

ضوابط ورود داوطلبان به دوره دکتری هوافضا- مهندسی فضایی به شرح زیر است:

الف- داشتن شرایط عمومی ورود به آموزش عالی

ب- داشتن شرط مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد یا دکتری حرفه‌ای که حسب مورد به تایید وزارت علوم تحقیقات و فناوری (عتف) و یا وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی رسیده باشد.

ج- احراز صلاحیت علمی برای ورود به رشته موردنظر از طریق کنکور سراسری و مصاحبه اختصاصی

د- احراز توانایی در زبان خارجی

فصل دوم: برنامه و عناوین دروس

مقدمه

با توجه به طراحی یک سبد جامع دروس تحصیلات تکمیلی در گرایش مهندسی فضایی (جداول ۳ و ۴)، برنامه درسی دانشجویان دکتری بر مبنای دروس گذرانده شده در دوره کارشناسی ارشد و جهت‌گیری تخصصی آن‌ها در این دوره شکل می‌گیرد. در ادامه این فصل، دروس دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی ارائه می‌شود.

در تدوین دروس پیشنهادی و محتوای آن‌ها به نظرات دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران توجه شده است. بدیهی است در بازنگری‌های مداوم به لحاظ کیفی و کمّی، اصلاحات مطابق با گسترش و توسعه علم و با توجه به نیاز صنعت کشور انجام خواهد پذیرفت و با پیشنهادات اصلاحی آتی، دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران در این راستا، برنامه‌ها همواره پویایی خود را حفظ خواهند نمود.

دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا گرایش مهندسی فضایی

کلیات برنامه درسی و پژوهشی دانشجوی دکتری مهندسی فضایی در جدول ۲ آمده است . تنظیم برنامه درسی دانشجو در بدو ورود با توجه به دروس اخذ شده ایشان در دوره کارشناسی ارشد و با هدف جهت‌گیری تخصصی در حوزه مهندسی فضایی با مشارکت استاد راهنما برنامه‌ریزی می‌گردد. در ادامه عناوین و دروس دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی هوافضا در گرایش مهندسی فضایی ارائه می‌شود.

جدول ۲- کلیات برنامه دروس و واحدهای دوره دکتری

ردیف	نوع واحد	تعداد واحد	ملاحظات
۱	دروس جبرانی (در صورت نیاز)	۹	جدول ۱
۲	دروس تخصصی اصلی	۱۲	جدول *۳ و۴
۳	دروس تخصصی فرعی	۶	جدول *۳ و ۴
۴	رساله دکتری	۲۴	
۵	**جمع (بدون احتساب دروس جبرانی)**	**۴۲**	

* به شرطی که در دوره کارشناسی ارشد اخذ نشده باشند.

• دروس تخصصی اصلی

دانشجوی دکتری مهندسی فضایی موظف است با تائید استاد راهنمای پایان‌نامه خویش، حداقل ۴ درس از دروس جدول ۳ را اخذ نماید.

تبصره: در صورتی که دانشجو دروس جدول ۳ را در دوره کارشناسی ارشد گذرانده باشد، می‌تواند ۴ درس از جدول ۴ را با تائید استاد راهنما جایگزین نماید.

جدول ۳- دروس تخصصی اصلی، تعداد واحدها و پیش‌نیاز آن‌ها

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد جلسات	نظری (واحد)	عملی (واحد)	تعداد ساعات	پیش‌نیاز
۱	دینامیک و کنترل فضاپیما	۳	۳۲	۳		۴۸	مکانیک مدارهای فضایی
۲	طراحی سیستمی ماهواره	۳	۳۲	۳		۴۸	مکانیک مدارهای فضایی
۳	طراحی سیستمی ماهواره‌بر	۳	۳۲	۳		۴۸	
۴	مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی در هوافضا	۳	۳۲	۳		۴۸	
۵	مکانیک مدارهای فضایی پیشرفته	۳	۳۲	۳		۴۸	مکانیک مدارهای فضایی

• دروس تخصصی فرعی

دانشجوی دکتری موظف است با تائید استاد راهنمای پایان‌نامه، واحدهای باقیمانده خود را از دروس جدول ۴ یا دروس باقیمانده از جدول ۳ اخذ نموده و با موفقیت بگذراند.

جدول ۴- دروس تخصصی فرعی، تعداد واحدها و پیش‌نیاز آن‌ها

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد جلسات	نظری (واحد)	عملی (واحد)	تعداد ساعات	پیش‌نیاز
۱	سازه‌های فضایی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۲	کاربرد دوربسنجی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۳	پیشرانه‌های فضایی	۳	۳۲	۳		۴۸	اصول پیشرانش
۴	تعیین وضعیت و مدار	۳	۳۲	۳		۴۸	دینامیک، مکانیک مدارهای فضایی
۵	شناسایی سیستم	۳	۳۲	۳		۴۸	دینامیک پرواز ۱و۲، طراحی هواپیما ۱و۲
۶	شبیه‌سازی پرواز	۳	۳۲	۳		۴۸	
۷	کنترل فازی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۸	کنترل بهینه ۱	۳	۳۲	۳		۴۸	کنترل اتوماتیک، معادلات دیفرانسیل
۹	هدایت و ناوبری ۱	۳	۳۲	۳		۴۸	دینامیک پرواز ۲، کنترل اتوماتیک
۱۰	دینامیک پرواز موشک	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۱	کنترل چندمتغیره	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۲	کنترل پیشرفته	۳	۳۲	۳		۴۸	کنترل اتوماتیک، ریاضیات پیشرفته ۱
۱۳	شبکه‌های عصبی	۳	۳۲	۳		۴۸	ریاضیات پیشرفته ۱
۱۴	کنترل بهینه ۲	۳	۳۲	۳		۴۸	آمار و احتمال مهندسی، کنترل بهینه ۱
۱۵	کنترل تطبیقی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۶	کنترل دیجیتال	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۷	طراحی موتور راکت سوخت مایع	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۸	طراحی سیستم‌های کنترلی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۱۹	الگوریتم‌های مدرن در بهینه‌سازی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۲۰	مهندسی سامانه‌های فضائی	۳	۳۲	۳		۴۸	
۲۱	ریاضیات پیشرفته ۲	۳	۳۲	۳		۴۸	

فصل سوم: سرفصل دروس

ریاضیات پیشرفته ۱

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

هدف از این درس، ارائه مبانی ریاضی مورد استفاده در دروس دوره تحصیلات تکمیلی می‌باشد. این درس با مقدمه‌ای بر فضای برداری، تبدیل‌های خطی و برخی کاربردهای فضای خطی آغاز می‌شود. در ادامه، مساله پرکاربرد مقدار ویژه مطرح می‌شود و کاربردهای آن مورد اشاره قرار می‌گیرد. متعامدسازی و تبدیل مختصات بردارها از دیگر مباحثی است که در ادامه عنوان می‌شود. سپس، فضای توابع و مساله اشترم-لیوویل مورد بررسی قرار می‌گیرند. فصل دوم به معرفی، دسته‌بندی و ارائه روش حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای اختصاص یافته است. تئوری اغتشاشات برای حل معادلات جبری و دیفرانسیلی در فصل سوم مطرح شده و فصل ۴ به معرفی و بررسی حل مسائل حساب تغییرات با شرایط مرزی و قیود متعدد نقطه‌ای، دیفرانسیلی و انتگرالی می‌پردازد.

برنامه درسی:

۱. جبرخطی
- معادلات خطی
- ماتریس‌ها و عملیات ماتریسی
- فضای برداری خطی
- مسائل مقدار ویژه
- متعامدسازی مجموعه برداری
- شکل‌های معین ماتریسی
- تبدیل مختصات فضای توابع
- مسائل اشترم-لیوویل

۲. معادلات دیفرانسیل پاره‌ای
- مقدمه
- معادلات سهموی
- معادلات هذلولوی
- معادلات بیضوی

۳. تئوری اغتشاشات
- معادلات جبری
- معادلات دیفرانسیلی (معمولی، تکین)

۴. حساب تغییرات
- معادلات اویلر-لاگرانژ
- اکستریمال مقید
- قید نقطه‌ای

- قید دیفرانسیلی
- قید انتگرالی

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فرا خواهند گرفت:

۱. آشنایی با فضای خطی و کاربردهای آن در مسائل مهندسی،

۲. آشنایی با حل مسائل پیچیده از روی مسائل ساده به کمک تئوری اغتشاشات،

۳. آشنایی با بهینه‌سازی فانکشنال و کاربرد آن در مسائل مهندسی .

مراجع:

1. Hildebrand F. B., *Methods of Applied Mathematics*, 2nd edition, Prentice-hall, 1965.
2. Farlow S. J., *Partial Differential Equations for Scientists and Engineers*, Dover Publications, 1982
3. Nayfeh A. H., *Introduction to Perturbation Techniques*, John Wiley & Sons, 1993
4. Arfken G. B., Weber H. J., and Harris F. E., *Mathematical Methods for physicists; a comprehensive guide*, 7th edition, Academic Press (Elsevier), 2013
5. Masujima M., *Applied Mathematical Methods in Theoretical Physics*, 2nd edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2009
6. Poznyak A. S., *Advanced Mathematical Tools for Automatic Control Engineers*; Volume 1: Deterministic Techniques, Elsevier, 2008
7. Jeffrey A., *Advanced Engineering Mathematics*, Harcourt/ Academic Press, 2002.

دینامیک و کنترل فضاپیما

پیش‌نیاز: مکانیک مدارهای فضایی

اهداف درس:

هدف اصلی این درس معرفی سینماتیک و دینامیک وضعیت ماهواره‌ها به عنوان جسم صلب در فضای نیوتنی و در مداری حول زمین است. در این درس علاوه بر ارائه روش‌های مختلف توصیف وضعیت و معادلات دیفرانسیلی آن‌ها، معادله دینامیک اویلر نیز استخراج می‌شود. حرکت جسم صلب در حضور و عدم حضور گشتاور خارجی مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین مباحثی چون پایدارسازی فعال و غیرفعال و کنترل ماهواره در مدار با استفاده از میدان جاذبه، عملگر مغناطیسی، ابزارهای تغییر مومنتوم و تراستر عکس‌العملی فراگرفته خواهند شد. علاوه بر این مبانی و مقدمات مفاهیم تعیین وضعیت و روابط آن نیز معرفی خواهند شد.

برنامه درسی:

۱. مقدمه و مرور
- مقدمه‌ای بر مکانیک مدار و دینامیک وضعیت
- مساله دوجسم
- دستگاه‌های مختصات
- ماتورهای مداری
- اغتشاشات مداری

۲. سینماتیک وضعیت
- توصیف سینماتیک وضعی با استفاده از قاب‌های مرجع
- ماتریس‌های دوران
- زوایای اویلر
- دوران محور اصلی اویلر
- پارامترهای اویلر/کواترنیون‌ها
- پارامترهای گیبز
- معادلات دیفرانسیل سینماتیک

۳. دینامیکی دورانی جسم صلب
- معادلات حرکت برای ماهواره صلب
- مومنتوم زاویه‌ای
- معادلات اویلر
- ممان‌های اینرسی و محورهای اصلی

۴. حرکت وضعی بدون گشتاور
- حرکت جسم صلب متقارن بدون گشتاور
- حرکت بدون گشتاور در حالت عام
- پایداری حرکت بدون گشتاور حول محورهای اصلی

۵. حرکت در حضور گشتاور ثابت بدنی

- چرخش جسم متقارن با گشتاور ثابت بدنی
- حرکت اجسام صلب متقارن در حضور گشتاور ثابت بدنی
- پایداری خطی نقاط تعادل
- تحیل غیرخطی گشتاور ثابت حول محورهای اصلی یا غیراصلی
- تحلیل گشتاور ثابت حول محور میانی

۶. جسم صلب در مدار دایروی

- معادلات حرکت
- تحلیل پایداری خطی
- ماهواره با دوران دوگانه
- دمپینگ غیرفعال ماهواره دوگانه

۷. کنترل وضعیت و پایدارسازی

- پایدارسازی به کمک میدان جاذبه
- رفتار زمانی پایدارسازی به کمک میدان جاذبه
- پایدارسازی به کمک میدان جاذبه با حضور دمپ‌کننده‌های غیرفعال
- پایدارسازی به کمک میدان جاذبه با دمپینگ‌های مغناطیسی فعال
- کنترل وضعیت در فضا (مانور slew)
- کنترل با فیدبک کوانترنیونی
- کنترل با استفاده از چرخ عکس‌العملی
- کنترل با استفاده از ژیرسکوپ‌های کنترل گشتاور
- کنترل با استفاده از تراستر و مدولاسیون پالس
- کنترل به وسیله عملگر مغناطیسی

۸. تعیین وضعیت

- معرفی سنسورهای تعیین وضعیت
- شرح ابزارهای اندازه‌گیری برای تعیین وضعیت فضاپیما
- الگوریتم‌ها(Triad,QUEST)

۹. مباحث پیشرفته

- طراحی ADCS (سیستم تعیین و کنترل وضعیت)
- ماهواره‌های تتر
- بررسی تاثیرات انعطاف‌پذیری

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فرا خواهند گرفت:

۱. آشنایی با روش‌های مختلف توصیف وضعیت،

۲. آشنایی با دینامیک وضعیت در مدار،

۳. آشنایی با کنترل وضعیت با استفاده از عملگرهای ماهواره

مراجع:

1. Wie,B.; *Space Vehicle Dynamics and Control*, AIAA, 1998.
2. Marcel, J.S.; *Spacecraft Dynamics and Control: a Practical Engineering Approach*, Cambridge University Press, 1997.
3. Wertz, J.R.; *Spacecraft Attitude Determination and Control*, 1st Edition, Springer, 1978.
4. Kaplan, M.H.; *Modern Spacecraft Dynamics and Control*, 1st Edition,John Wiley & Sons,1976.
5. Chobotov, V.A.; *Spacecraft Attitude Dynamics and Control, Orbit Book* Co.,1991.
6. Thomson, W.T.;*Introduction to Space Dynamics,* Dover Publications, 1986.
7. Peter C. Hughes; *Spacecraft Attitude Dynamics*, Dover Publications, 2004.
8. Bryson, A.E.; *Control of Spacecraft and Aircraft*, Princeton University Press, 1994.

طراحی سیستمی ماهواره

پیش‌نیاز: مکانیک مدارهای فضایی

اهداف درس:

هدف اصلی این درس ارائه مقدمه‌ای بر طراحی ماموریت‌های فضایی و ماهواره‌ها است. در ابتدا سیستم‌های یک ماهواره، ماموریت‌ها، تحلیل ماموریت‌های فضایی و طراحی فرایندها معرفی خواهند شد. پس از مرور طراحی مدار به عنوان قدم اصلی در طراحی یک ماموریت به طراحی سیستمی ماهواره به صورت کلی پرداخته می‌شود. پس از اینکه پیکربندی نهایی شد، طراحی زیرسیستم‌ها معرفی خواهند شد. این بخش از درس شامل زیرسیستم‌های تعیین وضعیت و کنترل، تعیین مدار و کنترل، کنترل حرارت، توان، پیشرانش، سازه و مکانیزم‌ها، ارتباطات و فرمان و زیرسیستم‌های مربوط به بررسی داده است. سپس انتخاب سیستم پرتاب به عنوان بخشی از طراحی ماموریت فراگرفته خواهد شد. در نهایت دانشجویان با شناخت موارد موثر در ساخت، تست و فرایند طراحی، اصول اولیه طراحی سیستمی ماهواره و ماموریت آن را فراخواهند گرفت.

برنامه درسی:

۱. مقدمه و مرور
- معرفی سیستم‌ها و زیرسیستم‌های ماهواره
- انواع ماهواره
- مهندسی سیستمی ماهواره
- فازهای ماموریت فضایی

۲. طراحی و تحلیل ماموریت فضایی
- سیکل حیات ماموریت فضایی
- اهداف ماموریت
- تخمین اولیه از نیازها و ضروریات و قیود یک ماموریت فضایی
- توصیف مشخصات ماموریت فضایی
- شناسایی و تعیین ماموریت جایگزین
- شناسایی ورودی‌ها و الزامات سیستم
- توصیف معماری ماموریت
- ارزیابی ماموریت
- تعریف الزامات

۳. طراحی مدار و منظومه
- انتخاب مدار و فرایند طراحی
- اغتشاشات مداری
- طول عمر مداری
- پوشش زمین
- سایه زمین
- مانورهای مداری و بودجه‌بندی Δv

- انتخاب مدار
- ملاحظات طراحی منظومه
- محیط فضا و بقا در آن

۴. طراحی فضاپیما و تعیین ابعاد
- فرایند طراحی الزامات و قیود
- پیکربندی فضاپیما
- بودجه طراحی(جرم، توان، ...)
- تعیین اولیه ابعاد باس
- یکپارچه‌سازی طراحی فضاپیما
- طول عمر یک فضاپیما و قابلیت اطمینان

۵. زیرسیستم تعیین و کنترل وضعیت
- مقدمه‌ای بر رویکردهای کنترل وضعیت، عملگرها و سنسورها
- مودهای کنترلی و الزامات
- گشتاورهای اختلالی و کنترلی
- انتخاب و تعیین ابعاد اجزای ADCS
- الگوریتم‌های کنترلی

۶. تعیین مدار وکنترل
- مقدمه ای بر زیرسیستم هدایت، ناوبری و کنترل
- الزامات تعیین و کنترل مدار
- حفظ مداری
- تعیین ابعاد زیرسیستم تعیین و کنترل خودکار مدار

۷. زیرسیستم‌های کنترل حرارت
- الزامات حرارتی
- معرفی تعادل حرارتی و دمایی
- محیط حرارتی فضاپیما
- اجزای کنترل حرارت
- فرایند طراحی سیستمی کنترل حرارت
- چالش‌های کنترل حرارت
- تخمین جرم و توان

۸. زیرسیستم توان الکتریکی
- کارکردهای زیرسیستم توان
- فرایند طراحی مقدماتی زیرسیستم توان
- منابع توان
- ذخیره‌سازی انرژی
- توزیع توان
- تنظیم و کنترل توان

۹. زیرسیستم‌های پیشرانش فضایی
- انتخاب و تعیین ابعاد زیرسیستم پیشرانش
- مقدمات پیشرانش راکت
- انواع پیشران راکت
- انتخاب و تعیین ابعاد اجزا

۱۰. زیرسیستم سازه و مکانیزم‌ها

- فرایند طراحی سازه و مکانیزم‌ها
- معیارهای طراحی سازه
- الزامات سازه‌ای
- گزینه‌های طراحی
- انتخاب مواد
- تعیین اولیه ابعاد اجزای سازه‌ای
- مکانیک سازه و تحلیل آن
- مکانیزم‌ها و بازشونده‌ها

۱۱. زیرسیستم ارتباطی (تله متری، ردیابی و فرمان)

- وظایف زیرسیستم‌های TT&C
- الزامات زیرسیستم TT&C
- فرایند طراحی زیرسیستم TT&C
- معیارهای انتخاب برای زیرسیستم TT&C

۱۲. زیرسیستم فرمان و پردازش داده (کامپیوتر)

- اجزای فرمان و پردازش داده (C&DH)
- الزامات C&DH
- فرایند تعیین ابعاد C&DH

۱۳. سیستم پرتاب

- گام‌های انتخاب یک سیستم پرتاب
- ملاحظات پرتابگر
- فرایند انتخاب سیستم پرتاب
- سیستم های پرتاب متداول و پایگاه پرتاب
- محیط اوج‌گیری پرتابگر و قیود فیرینگ محموله

۱۴. ساخت و تست فضاپیما

- داده مهندسی
- ساخت، تهیه و برنامه‌ریزی
- ساخت سخت‌افزار با قابلیت اطمینان بالا
- عوامل تاثیرگذار بر طراحی
- چالش‌های ساخت، مواد، تست و فرایند پرتاب
- طراحی برای اطمینان
- بازرسی و ضمانت کیفی
- برنامه ارزیابی کیفیت و تست

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فرا خواهند گرفت:

۱. تحلیل ماموریت فضایی و فرایند طراحی آن،

۲. طراحی مدار،

۳. طراحی سیستمی ماهواره،

۴. طراحی زیرسیستم‌های ماهواره،

۵. انتخاب سیستم پرتاب ماهواره،

۶. قواعد اصلی ساخت و تست سیستم‌های ماهواره‌ای

مراجع:

1. Larson, W.J. and Wertz, J.R.; *Space Mission and Design*. 3rd Edition, Microcosm Inc., 1999.
2. Fortescue, P., Stark, J. and Swinerd, G.; *Spacecraft Systems Engineering*, 3rd Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2003.
3. Brown, C.D.; *Elements of Spacecraft Design*, AIAA Education Series, 2002.
4. Griffin, M.D. and French J.R.; *Space Vehicle Design*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2004.
5. Wertz, J.R.; *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Microcosm Inc., 1978.

طراحی سیستمی ماهواره‌بر

پیش‌نیاز:-

اهداف درس:

هدف از ارائه این درس، آموزش فرآیند طراحی سیستمی ماهواره‌بر است. در ابتدا برخی مقدمات و تعاریف ارائه می‌شود. سپس طراحی سیستمی ماهواره‌بر مورد بحث قرار می‌گیرد. در این درس طراحی موتور برای سوخت‌های مایع و جامد انجام می‌شود. متعاقبا، طراحی سازه، آیرودینامیک و همین‌طور سیستم‌های هدایت، ناوبری و کنترل ارائه می‌شود. فصل آخر درس بر موضوعات تکمیلی چون جدایش، ایستگاه زمینی و غیره متمرکز شده است.

برنامه درسی:

۱. مقدمه
- اصطلاحات و تعاریف
- مرور تاریخچه کیهان‌نوردی
- آشنایی با مدارها
- مکانیک مدار
- سیستم‌های مختصات

۲. طراحی سیستمی ماهواره‌بر
- مقدمه‌ای بر ماهواره‌برها
- دسته‌بندی ماهواره‌برها
- مرحله‌بندی و تعداد مراحل ماهواره‌برها
- بودجه‌بندی جرم و نیروی پیشران
- مقدمه‌ای بر زیرسیستم‌های ماهواره‌برهای مرسوم
- ارتباط بین زیرسیستم‌های ماهواره‌بر
- شاخص‌های عملکرد ماهواره‌بر
- فازهای طراحی
- فرآیند طراحی سیستمی

۳. مسیر پرواز ماهواره‌بر
- معادلات حرکت
- مسیر پرواز
- انواع افت‌ها و اتلاف‌ها
- طراحی مسیر ماهواره‌بر
- تزریق مداری ماهواره

۴. سیستم پیشرانش ماهواره‌بر
- طراحی عمومی سیستم پیشرانش
- اجزای موتور سوخت مایع
- فرآیند طراحی موتور سوخت مایع
- سوخت‌های مایع
- طراحی سیستم تغذیه

- تانک‌ها و مخازن تحت فشار
- طراحی توربو-پمپ
- طراحی محفظه احتراق
- ناپایداری احتراق
- اجزای موتور سوخت جامد
- فرآیند طراحی موتور سوخت جامد
- سوخت‌های جامد
- طراحی دانه سوخت (گرین)
- طراحی سیستم آتشزنه
- طراحی نازل
- ارتباط نرخ سوزش و دما
- سوزش فرسایشی

۵. طراحی مکانیزم کنترل
- کنترل بردار نیروی پیشران با قرار دادن بالک در مسیر خروجی
- نازل با سطح دهانه خروجی متغیر
- نازل متحرک (گیمبال)

۶. طراحی سازه
- اجزای سازه‌ای
- بارهای سازه‌ای
- انواع سازه‌ها
- سازه‌های کامپوزیت
- طراحی سازه موتور
- طراحی سازه اجزاء (پایدارسازها، بالک‌های کنترلی و غیره)
- مواد مورد استفاده در سازه‌ها
- طراحی آداپتور
- ملاحظات آیروالاستیسیته

۷. طراحی آیرودینامیکی
- فرآیند طراحی آیرودینامیکی
- معیار طراحی آیرودینامیکی
- طراحی پیکربندی
- طراحی بالک‌های کنترلی و پایدارکننده‌ها

۸. هدایت، ناوبری و کنترل
- روش‌های هدایت ماهواره‌بر
- قوانین هدایت
- شکل‌دهی مسیر
- سیستم ناوبری و روش‌های آن
- حسگرها
- انواع سیستم‌های ناوبری اینرسی
- فرایند طراحی اتوپایلوت
- عملگر و سروومکانیزم
- طراحی کنترلر در فازهای مختلف پروازی

۹. مکانیزم‌های جدایش و موتورهای ترمزی
- مکانیزم‌های جدایش متصل و منفصل
- مکانیزم‌های جدایش گرم و سرد
- موتورهای ترمزی

۱۰. موارد متفرقه

- کامپیوتر پرواز
- ایستگاه زمینی
- ایستگاه پرتاب

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فراخواهند گرفت:

۱. دید کلی بر زیرسیستم‌های ماهواره‌بر و فرآیندهای طراحی سیستمی

۲. فرآیند طراحی موتور به عنوان یک بخش مهم از ماهواره‌بر

۳. سازه ماهواره‌بر و طراحی آیرودینامیک

مراجع:

1. Cornelisse, J.W.; *Rocket Propulsion and Spaceflight Dynamics*, Pitman Publishing, 1979.
2. Curtis, H.D.; *Orbital Mechanics for Engineering Students*, Elsevier Aerospace Engineering Series, 2010.
3. Sutton, G.P.; *Rocket Propulsion Elements*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 1963.
4. Huang, D.H. and Huzel, D.K.; *Design of liquid Propellant Rocket Engines*, United States: NASA, Nasa-sp-125, 2nd Edition, 1971.
5. Blakelock, J.H.; *Automatic Control of Aircraft and Missiles*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1991.
6. Linshu, H.E.; *Ballistic Missiles and Launch Vehicles Design*, China Press, 2002.

۷. کریمی مزرعه شاهی، حسن؛ هاشمی دولابی، سید مجتبی؛ *طراحی موشک (بالستیک و ماهواره)*، انتشارات جهاد دانشگاهی، مرکز تهران، ۱۳۸۴.

۸. اسکندری جم، جعفر؛ رحیمی دمیرچی، فاضل؛ *اصول طراحی موشک‌های ماهواره‌بر*، انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۸۴.

مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی در هوافضا

پیش‌نیاز:--

اهداف درس:

در سال‌های اخیر، موضوع مدلسازی و شبیه‌سازی کامپیوتری دینامیک وسایل هوافضایی تکامل بسیار یافته و به عنوان یک شاخه اصلی از اهمیت شایانی برخوردار شده است. این علم نه تنها در فرایند طراحی بلکه در توسعه و بهبود عملکرد و عملیات وسایل پرنده در هر دو بخش تجاری و نظامی به کار گرفته می‌شود. این درس به قسمت اول موضوع یعنی مفاهیم تئوری که مبانی ریاضیاتی لازم برای شبیه‌سازی سامانه‌های هوافضایی را تشکیل می‌دهند، اختصاص دارد. این قسمت شامل قاب‌های مرجع و دستگاه‌های مختصات، سینماتیک انتقالی و دورانی، دینامیک انتقالی و وضعی و تکنیک‌های اغتشاشی مورد استفاده در مدلسازی است.

برنامه درسی:

۱. مقدمه‌ای بر موضوع
- مهندسی مجازی
- مدلسازی دینامیک پرواز
- شبیه‌سازی وسایل هوافضایی

۲. مفاهیم ریاضی در مدلسازی
- مکانیک کلاسیک
- المان‌های تانسور
- مدلسازی هندسه

۳. قاب‌ها و دستگاه‌ها
- قاب‌ها
- دستگاه‌های مختصات

۴. سینماتیک انتقالی و دورانی
- تانسور دوران
- سینماتیک متغیر با زمان
- تعیین وضعیت

۵. دینامیک انتقالی
- تکانه خطی
- دینامیک نیوتنی
- انتقالات
- پیاده‌سازی شبیه‌سازی

۶. دینامیک وضعیت
- تانسور اینرسی
- تکانه زاویه‌ای
- قوانین اویلر
- دینامیک ژیروسکوپ

۷. معادلات اختلالی

- تکنیک‌های اختلال
- معادلات تکانه خطی و زاویه‌ای
- گشتاورها و نیروهای آیرودینامیکی
- معادلات اختلالی پرواز دائم
- معادلات اختلالی پرواز غیردائم

دستاوردها:

در این درس دانشجویان یاد می‌گیرند که چگونه رفتار دینامیکی وسایل هوافضایی را به شکل فشرده ریاضیاتی مدلسازی و مدل خود را به برنامه کامپیوتری تبدیل کنند.

مراجع:

1. Zipfel, P.H.; *Modeling and Simulation of Aerospace Vehicle Dynamics*, 2000.

مکانیک مدارهای فضایی پیشرفته

پیش‌نیاز: مکانیک مدارهای فضایی

اهداف درس:

در این درس تعاریف جزئی‌تری از مباحث و موضوعات پیشرفته در زمینه مکانیک مدار ارائه می‌شود. پس از معرفی مفاهیم کلی زمان و دستگاه‌های مختصات در کاربرد مهندسی فضایی، مسیرهای بین سیاره‌ای سه بعدی معرفی می‌شوند. در ادامه، مفاهیم پیشرفته عبورهای سیاره‌ای چندگانه و استفاده از اتمسفر سیارات برای مانور در فضا معرفی شده‌اند.

رایج‌ترین پارامترهای معرفی مدار، المان‌های کلاسیک مداری هستند، اما در برخی مسائل نظیر مدارهای دایروی و استوایی کارآیی نداشته و یا تکین می‌باشند. لذا، پارامترهای دیگری برای توصیف مدار معرفی می‌شوند؛ نظیر المان‌های استوایی، دلانی، پوین‌کاره و غیره. در ادامه، معادلات اغتشاشی حرکت در سیستم مختصات کارتزین و منابع اغتشاش مداری معرفی می‌شوند. لذا در ادامه معادلات تغییرات المان‌های مداری و دیگر پارامترهای توصیف مدار ارائه می‌شود. از معادلات اغتشاشی برای طراحی مدار نیز می‌توان استفاده کرد. . طراحی مدار یکی از موضوعات مهم در طراحی ماموریت‌های فضایی است. پس از مرور مدارهای خاص نظیر مولنیا، خورشید-آهنگ، ردزمینی تکرارشونده و مدارهای منجمد، طراحی مدار برای پوشش زمینی و رویت ایستگاه زمینی ارائه می‌شود. سپس رویکردهای طراحی منظومه ماهواره‌ای و برخی پیکربندی‌های عام منظومه معرفی می‌شوند.

تمامی موضوعاتی که تاکنون اشاره شد، بر پایه مساله دو جسم و مساله دو جسم اختلالی است. اما مساله سه جسم قادر است پدیده‌های مداری را بهتر توصیف کند و امروزه در طراحی بسیاری از ماموریت‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از مروری بر دینامیک و معادلات حرکت در این مساله، روش‌های تعیین مدارهای پریودیک و شبه پریودیک و همچنین مسیرهای انتقال در مساله سه جسم محدودشده توضیح داده می‌شوند. پس از آن، مساله با تعداد جسم بیشتر و طراحی مسیر تراست‌کم در حالت کلی معرفی می‌گردند. در پایان، دینامیک پرواز دسته جمعی از جنبه‌های گوناگون مورد بررسی قرار می‌گیرد و دینامیک و کنترل فضاپیماهای تتر مورد بحث قرار می‌گیرد.

برنامه درسی:

۱. زمان و دستگاه‌های مختصات
- زمان خورشیدی، نجومی و جهانی
- تاریخ ژولین
- قاب مرجع اینرسی حقیقی و میانگین

- ECEF، دستگاه مختصات WGS84
- تبدیل مختصات بین دستگاه‌ها
- فرمولاسیون متغیر جهانی

۲. مسیر سه بعدی بین سیاره‌ای
- پنجره پرتاب
- عبورسیاره‌ای چندگانه
- ایرو-گرانش یاری
- مسیر بهینه

۳. توصیف مداری (المان‌های مدار)
- المانهای مداری کلاسیک
- المانهای استوایی
- متغیرهای Delaunay
- متغیرهای Poincare
- متغیرهایPolar-nodal

۴. اغتشاشات مداری
- خاص
  - روش Cowell
  - روش Encke
  - پتانسیل گرانشی جسم مرکزی
  - اثر جسم سوم
  - درگ اتمسفری
  - فشار تشعشات خورشیدی
  - نیروهای کوچک
  - تکنیک‌های عددی
- عام
  - تغییر پارامترها
  - معادلات سیاره‌ای لاگرانژ
  - فرمولاسیون گاوسی
  - فرمولاسیون همیلتونین
- انتشارگر
  - روش Kosai
  - روش Brouwer
  - روشهای عملیاتی(SGP، SGP4، SDP4)
  - حل نیمه تحلیلی

۵. طراحی مدار
- تک مدار
  - مدارهای خاص
  - پوشش، دید ایستگاه زمینی
  - حفظ مدار
- منظومه

۶. مساله سه جسم
- معادلات حرکت
  - مساله سه جسم دایروی
  - مساله سه جسم بیضوی
- ساختار فضای فاز
- پریودیک و شبه پریودیک و منیفولدهای پایدار/ناپایدار
- مسیر انتقال

- حفظ ایستگاه
- مساله سه جسم کوپل‌شده
- عبورسیاره‌ای

۷. پرواز دسته‌جمعی

- مساله دو جسم
  - حرکت نسبی (مختصات کارتزین، المانهای مداری)
  - معادلات خطی‌شده حرکت
  - روش‌های کنترل نسبی مداری
  - ماهواره‌های تتر
- مساله سه جسم
  - آرایش طبیعی
  - آرایش غیرطبیعی
  - حفظ آرایش ماهواره‌ها
  - پیوسته، گسسته، بهینه

۸. مساله چند جسمی

- مساله ۴ جسم
- مساله ۵ جسم

۹. مسیر تراست-پایین

- فرمولاسیون (مساله ۲ جسم/مساله ۳ جسم)
- بهینه‌سازی

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فرا خواهند گرفت:

۱. آشنایی با مسیرهای سه بعدی بین سیاره‌ای،
۲. آشنایی با اغتشاشات مداری و روش‌های انتشار،
۳. مساله سه جسم محدود شده،
۴. حرکت مجاور هم ماهواره‌ها و حرکت نسبی دو ماهواره نزدیک به یکدیگر و
۵. بهینه‌سازی مسیرهای فضایی

مراجع:

1. Vallado, D.A.; *Fundamentals of Astrodynamics and Applications*, Space Technology Library, 2013.
2. Battin,R.H.; *An Introduction to the Mathmatics and Methods of Astronautics*, AIAA Education Series, 1987.
3. Wertz, J.R.; *Mission geometry orbit and constellation design and management*, Space Technology Library, 2001.

4. Szebehely, V.G.; *Theory of Orbits: The Restricted Problem of Three Bodies*, Academic Press, 1967.
5. Capderou, M.; *Satellites, Orbits and Misions*, Springer-Verlag, 2005.
6. Xu, G.; *Orbits*, Springer-Verlag, 2013.
7. Alfriend, K.T., et. Al.; *Spacecraft Formation Flying Dynamics, Control and Navigation*, Elsevier Astrodynamic Series, 2010.
8. Chobotov, V.A.; *Orbital Mechanics*, AIAA Education Series, 2010.
9. Curtis, H.D.; *Orbital Mechanics for Engineering Students*, Elsevier, 2014.

سازه‌های فضایی

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

امروزه با گسترش پروژه‌های پرواز به فضا زمینه‌ی جدیدی از تحقیقات بر روی محققین گشوده شده است. بدلیل عدم وجود گرانش در فضا، فضا محیط بسیار جالبی برای پژوهش‌گران رشته‌های مختلف برای انجام مطالعات مربوط به خود شده است. مطالعه‌ی زمین، نظارت مداوم بر تغییرات زیست محیطی آن و همچنین نظارت بر فرآیندهای هواشناسی از فضا راهی موثر و مقرون به صرفه می‌باشد. امروزه کاربردهای عملی از پروازهای فضایی در قالب ماهواره‌های ارتباطی بعنوان بخشی از زندگی ما شده است. گسترش پروازهای فضایی و هزینه‌های هنگفت آن، نیاز به فن‌آوری‌های جدید را که از لحاظ اقتصادی قابل توجیه و دارای دوام بالا باشند را دیکته می‌کند.

از آنجا که محیط ماموریت ماهواره در فضا به‌مراتب متفاوت از محیط پرواز سازه‌های هوایی می‌باشد، لذا دانشی متفاوت در زمینه طراحی، ساخت و تحلیل سازه‌ی و انتخاب مواد ماهواره مورد نیاز است. الزامات طراحی سازه‌ی یک ماهواره متنوع می‌باشند. سازه‌ی ماهواره باید بارهای ناشی از محیط پرتاب (شتاب، آکوستیک و بارهای حرارتی) را تحمل نماید و مقاومت لازم در برابر تمام بارهای (اتفاقی) ناشی از مانورهای عملکردی مورد نیاز در مدار زمین را داشته باشد. در عین حال سازه‌ی ماهواره باید طوری طراحی شود که اسکلتی مناسب برای زیر سیستم‌های مختلف (نظیر زیرسیستم‌های کنترل حرارتی، قطعات اپتیکی، تجهیزات الکترونیکی، مکانیسم‌ها و غیره) باشد. با طراحی مناسب سازه‌ی ماهواره، این سازه باید محیطی بسیار تمیز را در حین فرایند مونتاژ (آسان) تمامی زیرسیستم‌ها فراهم نماید. از آنجاکه وزن ماهواره پارامتری تعیین کننده برای بخش مهمی از هزینه یک ماموریت فضایی است، لذا یکی از مسائل عمده در طراحی سازه‌ای ماهوراه به حداقل رساندن وزن سازه بر اساس سطح قابلیت اطمینان مورد نیاز می‌باشد.

دانشجویان رشته‌ی مهندسی هوافضا، گرایش سازه، در دروس تحلیل و طراحی سازه‌های هوایی (پیشرفته) با مبانی و الزامات طراحی و تحلیل سازه‌های هوایی آشنا می‌شوند. در این دروس بسیاری از مطالب مربوط به تحلیل و طراحی سازه‌ای سازه‌های هوایی پوشش داده می‌شوند. اما بر اساس مطالب ذکر شده، هدف اصلی این درس آموزش الزامات و روش‌های طراحی و تحلیل سازه‌ای سازه‌ی یک ماهواره و انتخاب مواد برای سازه‌های فضایی به دانشجویان تحصیلات تکمیلی مهندسی فضایی می‌باشد

برنامه درسی:

۱. مقدمه
   - ماهواره
   - پلتفرم

- محموله
- سازگارکننده ماهواره با پرتابگر

۲. زیرسیستم‌های ماهواره

- معرفی
- جایگاه زیرسیستم‌ها و وظایف آن‌ها

۳. چرخه حیات ماموریت فضایی

- معرفی فازهای مختلف طراحی: طراحی مقدماتی تا بهره‌برداری

۴. جریان طراحی سازه و مکانیزم

- فلوچارت طراحی سازه و مکانیزم
- ماموریت ماهواره (الزامات و تحلیل ماموریت)
- مشخصات سیستمی
- مشخصات زیرسیستمی
- طراحی اولیه معماری سازه
- بارهای اولیه طراحی
- مدل اولیه اجزای محدود سازه و ماهواره
- استخراج حاشیه منیت ازای سازه و براکت‌ها
- کنترل اینترفیس زیرسیستم‌ها
- مشخصات عملکردی و فنی تجهیزات، قطعات و مواد
- مشخصه‌های خرید تجهیزات، قطعات و مواد
- گزارش مرور طراحی اولیه
- به‌روزرسانی مشخصات سیستمی
- به‌روزرسانی معماری سازه
- مدل هندسی سازه و ماهواره با جزئیات کامل
- مدل اولیه اجزای محدود دقیق و کامل سازه و ماهواره
- بارهای نهایی طراحی بحرانی
- استخراج حاشیه امنیت قطعات
- گزارش مرور طراحی بحرانی
- نهایی‌سازی مشخصات سیستمی
- تهیه نقشه‌های ساخت سازه و یکپارچه‌سازی
- تهیه روال‌های آزمون

۵. ارتباط زیرسیستم سازه با پرتابگر

- سند ارتباط زیرسیستم سازه و پرتابگر
- محفظه پرتاب
- نقشه سازگارکننده سازه با پرتابگر
- بار اعمالی از پرتابگر به ماهواره

۶. پیکربندی سازه و ماهواره

- تعیین ابعاد
- مشخصات جرمی
- تخمین جرم
- رشد جرم
- حاشیه جرم

۷. تخصیص جرم

- بیشترین جرم پرتابی ماهواره
- جرم سازگارکننده
- جرم سوخت و مایعات تحت فشار
- مجموع جرم مجاز خشک
- بودجه‌بندی جرمی زیرسیستم‌ها

۸. ممان اینرسی
- سیستم مختصات
- جانمایی اجزای ماهواره

۹. طراحی و تحلیل ماهواره
- مدلسازی هندسی ماهواره
- بارهای وارده به ماهواره
- آنالیز مودال
- میزان شتاب شبه استاتیکی
- تحلیل استاتیکی سازه
- تحلیل اتصالات
- شناسایی منابع بارهای تصادفی
- تحلیل ارتعاشات تصادفی
- ضریب ایمنی
- حاشیه اطمینان سازه

۱۰. نقشه‌های ساخت
- کدگذاری نقشه‌ها و قطعات
- تلرانس در نقشه‌های ساخت
- کنترل کیفیت قطعات

۱۱. انتخاب مواد سازه
- آلیاژهای آلومینیوم
- پلیمرها
- صفحات ساندویچی
- اتصالات استاندارد

۱۲. مکانیزم‌های ماهواره
- مکانیزم آرایه‌های خورشیدی، آنتن‌ها، بازتابنده و بوم
- آنالیز دینامیکی مکانیزم‌ها

۱۳. تست‌های محیطی
- تست خواص جرمی
- تست ارتعاش(تست رزونانس و تشدید، تست بار تصادفی سینوسی، تست ارتعاش آکوستیک)

۱۴. مباحث انتخابی در طراحی سازه (مباحث حرارتی در ماهواره و ...)

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با پایه‌ها و الزامات طراحی و تحلیل سازه‌های فضایی آشنا باشند. این درس عمده موضوعات مربوط به طراحی و تحلیل سازه‌های فضایی را دربرمی‌گیرد. با این حال، هدف اصلی

این درس، آموزش الزامات، روش‌های طراحی و تحلیل سازه ماهواره‌ها برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی است.

مراجع:

1. Wijker, J.; *Spacecraft Structures*, Springer, 2008.
2. Wijker, J.; *Random Vibrations in Spacecraft Structure Design*, Theory and Applications, Springer, 2009.
3. Fortescue, W., Stark J. and Swinerd, G.; *Spacecraft Systems Engineering*, 3rd Edition, John Willy and Sons Ltd, 2008.

کاربرد دورسنجی

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

هدف از این درس ارائه مقدماتی از مفاهیم دورسنجی، روش‌های استخراج داده از سیستم‌های دورسنجی، چگونگی تحلیل این داده‌ها به‌صورت دیجیتال و استفاده از آن‌ها برای مطالعه طبیعت و محیط انسان است. در پایان این درس دانشجویان اطلاعات کافی در رابطه با انواع تصویربرداری سنجش از دور و روش‌های پردازش دیجیتال و تحلیل آن به‌دست خواهند آورد. همچنین قادرخواهند بود تفسیر و تحلیل تصاویر را در کامپیوتر انجام داده و از تصاویر هوایی برای ساخت نقشه استفاده نمایند و تصاویر ماهواره‌ای را تفسیر نمایند.

برنامه درسی:

۱. مقدمه‌ای بر دورسنجی
- مفاهیم پایه دورسنجی
- حسگرهای هوایی و فضایی
- دورسنجی فعال و غیرفعال
- کاربردهای دورسنجی
- تاریخچه مختصری از دورسنجی

۲. قوانین پایه تابش الکترومغناطیس
- طیف امواج الکترومغناطیس
- منبع انرژی و تابش الکترومغناطیس
- فعل و انفعالات انرژی در اتمسفر
- فعل و انفعالات انرژی با سطح زمین
- منحنی‌های انعکاس طیفی

۳. پلتفرم‌های دورسنجی
- طبقه‌بندی دورسنجی برحسب فاصله
- قوانین حرکت ماهواره
- انواع مدارهای فضایی
- رد زمینی
- انواع رزولوشن
- ماهواره‌های دورسنجی

۴. حسگرهای دورسنجی
- طبقه‌بندی حسگرهای دورسنجی
- رزولوشن‌های طیفی، رادیومتری و مکانی
- کیفیت تصویر در سیستم‌های اپتیکی
- دوربین عکاسی و تلویزیونی
- تصویربرداری طیف بالا
- آنتن حسگرهای مایکروویو(موج الکترومغناطیس)
- رادیومترهای مایکروویو فضایی
- ارتفاع سنج

- رادارهای هوایی جانبنگر
- رادار دهانه ترکیبی

۵. فوتوگرامتری در باند مرئی
- مقدمه‌ای بر فوتوگرامتری
- تبدیلات هندسی
- اندازه‌گیری‌های فوتوگرامتری
- هندسه تصویر
- تصحیح خطا
- موقعیت‌یابی تحلیلی
- استریوسکوپی
- جهت‌گیری چندگانه تصویر
- کالیبراسیون دوربین

۶. تفسیر تصاویر ماهواره‌ای
- اسکنر چندبعدی
- اسکنر حرارتی
- ویژگی‌های ماهواره‌های دورسنجی
- تصحیحات هندسی
- نقاط کنترل زمینی و کمک‌ثبت
- تصحیحات اتمسفری
- مفاهیم رنگ
- انبساط کنتراست
- فیلترینگ و بهبود لبه‌های تصویر
- طبقه‌بندی تصویر
- تبدیل و انتقال تصویر
- نرم‌افزار پردازش تصویر
- هیستوگرام
- آستانه‌گذاری

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آشنایی با مفاهیم سنجش از راه دور،

۱. آشنایی با سنسورهای سنجش از راه دور،

۲. آشنایی با تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای،

۳. آشنایی با فوتوگرامتری و کاربردهای آن.

مراجع:

1. Joseph, G.; *Fundamentals of Remote Sensing*, Second Edition, University Press 2005.

2. Lillesand, T.M.; Kiffer,R.W.,and Chipman, J. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5th Edition, John Wiley and Sons, 2003.

3. Richards, J.A. and Xiuping, J.; *Remote Sensing Digital Image Analysis*,3rd Edition, Springer, 1999.

4. Lawrence, A.; *Modern Inertial Technology, Navigation, Guidance, and Control*, 2nd Edition, Springer, 1998.

5. Derenyi, E.E.; *Photogrammetry: The Concepts, Department of Geodesy and Geometrics Engineering*, Universoty of New Brunswick, 1999.

پیشرانش فضایی

پیش‌نیاز: اصول پیشرانش

اهداف درس:

این درس به دانشجویان پیش‌زمینه فیزیکی و مهندسی پیشران الکتریکی و همچنین اصول و قواعد طراحی پیشران الکتریکی و مشخصات عملکردی آن را معرفی می‌کند. در این درس همچنین طراحی اولیه انواع تراسترهای الکتریکی با رعایت الزامات پیشران فضایی به دانشجویان آموخته خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. مقدمه
- مبانی پیشران الکتریکی
- انواع تراسترهای الکتریکی
- هندسه تراستر یونی
- هندسه تراستر هال
- مشخصات

۲. اصول تراستر
- معادله راکت
- انتقال نیرو در تراسترهای یونی و هال
- نیروی پیشران
- ضربه ویژه
- کارایی تراستر
- اتلاف توان
- چگالی‌های خنثی و تزریق در تراسترهای الکتریکی

۳. مبانی فیزیک پلاسما
- مقدمه
- معادلات ماکسول
- حرکت تک ذره
- انرژی و سرعت ذرات
- پلاسما به عنوان یک سیال
- پراکندگی و انتشار در گازهای جزئی یونیزه‌شده
- پوش مرزی پلاسما

۴. ژنراتور پلاسمای تراستر یونی
- مقدمه
- ژنراتور ایده‌آل پلاسمای تراستور یونی
- تخلیه DC تراستر یونی
- تراستر یونی کافمن
- تراسترهای یونی
- تراسترهای یونی مایکروویو
- مدل دو بعدی کامپیوتری از محفظه تخلیه تراستر یونی

۵. تراسترهای هال

- مقدمه
- اصول عملکردی تراستر و مقیاس‌بندی
- الگوهای عملکردی تراستر هال
- فیزیک کانال و مدل‌سازی عددی
- عمر تراستر هال

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آشنایی با الزامات پیشرانه‌های فضایی و مانورها.

۲. آشنایی با فیزیک پلاسما با تاکید بر تکنولوژی موتورهای یونی و تراسترهای هال.

مراجع:

1. Goebel, D.M. and Katz, Ira; *Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters*, JPL Space science and Technology Series, NASA, 2008.
2. Turner, M.J.:*Rocket and Spacecraft Propulsion: Principles*, Practice and New Developments, Springer, 2009.
3. Wertz, J.R. and Larson, W.J.; *Space Mission Analysis and Design*, Springer Publishing Co., 1999.
4. Jahn, R.G.; *Physics of Electric Propulsion*, Dover Publications, 2006.

تعیین مدار و وضعیت

پیش‌نیاز: دینامیک، مکانیک مدارهای فضایی

اهداف درس:

این درس به معرفی روش‌های مختلف شناسایی مدار و وضعیت فضاپیما می‌پردازد. ابتدا، روش‌های توصیف وضعیت، مدار و سینماتیک آن ها ارائه شده و در ادامه دینامیک وضعیت و دینامیک مدار مرور می‌شود. در ادامه، حسگرهای مورداستفاده در فرآیند تعیین مدار/وضعیت مانند ژایرو نرخی، حسگر زمین، حسگر افق، حسگر خورشیدی، مغناطیس‌سنج، ردیاب ستاره، سیستم تعیین موقعیت جهانی، رادارها و ردیاب زمینی و ... معرفی می شوند.

سپس، روش‌های جبری تعیین وضعیت مانند روش گوشه، QUEST، SVD ، ESOQ و ESOQ2 مورد بحث قرار می‌گیرند. به طور مشابه در زمینه تعیین مدار نیز تعدای از روش‌های همچنین تعدادی روش‌های متداول تعیین مدار مقدماتی نظیر گاوس و لاپلاس معرفی می‌شوند.

پیش از بررسی مساله تخمین مدار/وضعیت، مفاهیم احتمال و فرایندهای تصادفی به اختصار مرور می‌شود. به منظور تخمین وضعیت و/یا مدار الگوریتم فیلتر کالمن توسعه‌یافته معرفی شده و نحوه کاربری آن برای تخمین وضعیت به کمک پارامترهای مقید/تکین توضیح داده می‌شود.

در ادامه، تخمین وضعیت با انتگرال‌گیری از سنسورهای وضعیت و ژایروهای نرخی ارائه می‌شود. همچنین روش‌های تخمین مدار با استفاده از ایستگاه‌های زمینی برای ردیابی فضاپیما مطرح خواهند شد. در نهایت مباحث پیشرفته تخمین مدار و تعیین وضعیت به‌کمک مغناطیس‌سنج، نورستاره و جی‌پی‌اس بحث خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. مقدمه
- زیرسیستم تعیین و کنترل وضعیت (ADCS)
- ارتباط کاربردی بین زیرسیستم‌های ماهواره
- الگوریتم ADCS
- مودهای عملیاتی ADCS

۲. سیستم‌های مختصات و زمان
- چارچوب‌های مرجع
- دوران زمین و زمان
- تبدیل مختصات

۳. سینماتیک وضعی-انتقالی
- روش‌های توصیف وضعیت

- سینماتیک وضعی
- روش‌های توصیف مدار
- سینماتیک انتقالی

۴. دینامیک وضعی-انتقالی
- دینامیک وضعی
  - دینامیک چسم صلب
  - گشتاورهای کنترلی و اختلالی
- دینامیک انتقالی
  - مدارهای کپلری
  - حرکت اغتشاشی و نیروهای اختلالی

۵. حسگرها و الگوی مشاهدات
- افزونگی و آرایش سنسوری
- ژایروسکوپ و شتاب‌سنج
- حسگرهای سماوی
- حسگرهای زمین-پایه
- سیستم تعیین موقعیت جهانی
- تجهیزات زمین-پایه
- روش‌های نوین
- مدلسازی خطا

۶. مروری بر تئوری تخمین
- تخمین حداقل مربعات
- الگوریتم تخمین متوالی
- مساله مشاهده‌پذیری
- تحلیل کواریانس
- تخمین حالت و پارامتر

۷. تعیین مدار مقدماتی
- مشاهدات زاویه‌ای
- مشاهدات ترکیبی
- سه بردار موقعیت و زمان
- مساله لمبرت

۸. تعیین مدار دقیق
- چارچوب کاری بیزین
- الگوریتم‌های ابتکاری

۹. تعیین وضعیت استاتیک
- روش گوشه و مساله وهبا
- حل کواترنیونی مساله وهبا
- حل ماتریسی مساله وهبا
- تحلیل خطای حل مساله وهبا
- تخمین ماکزیمم احتمال وضعیت
- خطای وضعی القاشده

۱۰. تخمین وضعیت
- فیلترینگ و الگوی اندازه‌گیری QUEST
- QUEST اصلاح شده و فیلترکالمن توسعه‌یافته
- تخمین بردار کواترنیون به کمک UKF
- تخمین وضعیت ماهواره دوران-پایدار

۱۱. کالیبراسیون حسگرها
- کالیبراسیون مستقل/وابسته به وضعیت
- کالیبراسیون برخط و برون‌خط
- کایبراسیون مغناطیس سنج

- الگوی خطای ژایرو و واریانس آلن ۱۳. پیاده‌سازی آزمایشگاهی ADCS

۱۲. مباحث اضافه

- تعیین مدار نسبی و بین سیاره‌ای
- تعیین وضعیت چند جسمی
- تعیین وضعیت/مدار در حضور خرابی

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آشنایی با روش‌های مختلف توصیف مدار و وضعیت و تشخیص معایب و مزایای آن‌ها،

۲. آشنایی با حسگرهای متفاوت و نقش هریک در شناسایی مدار و وضعیت،

۳. توانایی پیاده‌سازی و تست الگوریتم‌های تخمین مدار و وضعیت.

مراجع:

1. Tapley B. D., Schutz B. E., Born G. H.; *Statistical Orbit Determination*, Elsevier Academic Press, 2004.
2. Milani A., Gronchi G.; *Theory of Orbit Determination*, Cambridge University Press, 2010
3. Escobal P. R.; *Methods of Orbit Determination*, John Wiley & Sons, 1965
4. Vallado D. A., McClain W. D.; *Fundamentals of Astrodynamics and Applications*, Fourth edition, Microcosm Press, 2013
5. Markley F. L., Crassidis J. L.; *Fundamentals of Spacecraft Attitude Determination and Control*, Springer, 2014
6. Wertz J. R.; *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Kluwer Academic publishers, 1978
7. Morain S. A., Budgé A. M.; *Post Launch Calibration of Satellite Sensors*, Taylor & Francis, 2004
8. Abid M. M.; *Spacecraft Sensors*, John Wiley & Sons, 2005

شناسایی سیستم

پیش‌نیاز: دینامیک پرواز ۱ و ۲، طراحی هواپیما ۱ و ۲

اهداف درس:

این درس به دانشجویان علاقه‌مند به مهندسی تست پرواز، مهندسی شبیه‌سازی، طراحی سیستم‌های کنترلی و طراحی هواپیما، مهندسی کیفیت پرواز و همه افرادی که علاقه‌مند به شناخت ارزش مدل ریاضی بر پایه داده‌های اندازه‌گیری‌شده از آزمایش و فهم مراحل انجام آن هستند، پیشنهاد می‌شود. مباحث پوشش‌داده‌شده در این درس شامل معرفی فرایند شناسایی، رویکرد زمانی برای شناسایی سیستم‌های غیرمتغیر با زمان و رویکرد عمیق‌تر شناسایی در حوزه فرکانس است.

برنامه درسی:

۱. مقدمه‌ای بر شناسایی سیستم
- معرفی و تاریخچه
- روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک
- پارامتری‌سازی مدل و پیش‌بینی
- روش پاسخ فرکانسی و پاسخ زمانی
- گام‌های فرایند شناسایی

۲. گردآوری تاریخچه زمانی داده، انسجام داده و داده‌کاهی
- مروری بر الزامات داده‌ای به‌منظور شناسایی
- شرایط یک گروه داده و سیگنال ورودی رایج
- ورودی بهینه و ورودی پیشنهادی به خلبان
- الزامات ابزارها و ملاحظات تست پرواز
- سوییپ فرکانسی
- تست شناسایی مدل شبیه‌سازی
- مدل‌سازی خطای اندازه‌گیری و سازگاری سینماتیکی

۳. شناسایی غیرپارامتریک در حوزه فرکانس
- تحلیل پاسخ گذرا
- تحلیل فوریه
- طیف‌سنجی
- تخمین طیف اغتشاشی
- تحلیل پاسخ فرکانسی و تابع سازگاری
- تحلیل پاسخ فرکانسی سیستم‌های SISO و شناسایی آن
- شناسایی سیستم‌های MISO/MIMO

۴. مدل تابع تبدیل
- انگیزه برای مدل تابع تبدیل

- انتخاب جفت متغیر ورودی-خروجی
- کاربرد در مثال آونگ
- کاربرد در بررسی کیفیت پرواز
- کاربرد در شناسایی دینامیک پرواز هواگردها (بال ثابت و چرخان)

۵. شناسایی مدل فضای حالت

- ساختار مدل فضای حالت
- تابع هزینه شناسایی و الگوریتم حل
- تحلیل دقت
- نامساوی کرامر-رائو و کران آن
- ساختار مدل فیزیکی
- تعیین دقیق پایداری و مشتقات کنترلی از روی‌شبیه‌سازی غیرخطی به‌کمک شناسایی
- شناسایی مدل طولی ۳ درجه آزادی یک بال‌ثابت

۶. مباحث تکمیلی

- روش‌های تخمین بازگشتی
- انتخاب معیار شناسایی
- روش‌های تایید شناسایی
- کاهش خطای پیش‌بینی
- رگرسیون خطی و تخمین حداقل مربعات
- چارچوب آماری برای تخمین پارامتر و روش Maximum Likelihood
- تفسیر فیلتر کالمن

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آشنایی با طراحی تست، ابزار دقیق ،تحلیل داده، مدل‌سازی و اعتبارسنجی،

۲. ایجاد مدل ریاضی برای دینامیک یک هواپیما بر پایه داده‌های اندازه‌گیری‌شده پروازی.

۳. آشنایی با قابلیت شناسایی و مقاوم‌بودن،

۴. استفاده از نرم‌افزار برای داده‌های واقعی پرواز و تفسیر نتایج.

مراجع:

1. Klein, V. and Morelli, E.A.;*Aircraft System Identification: Theory and Practice*, First edition, 2006.

2. Tischler, M. and Remple, R.;*Aircraft and Rotorcraft System Identification: Engineering Methods with Flight-test Examples*, AIAA Educational series, 2006

3. Pintelon, R. and Schoukens, J.; *System Identification: A Frequency Domain Approach*, Wiley-IEEE Press, 2001.
4. Jategaonkar, R.V. and Lu, F.K.; *Flight Vehicle System Identification: A Time Domain Methodology*, 1st Edition, AIAA, 2006.
5. Ljung, L.; *System Identification: Theory for User*, Prentice Hall, 1987.

شبیه‌سازی پرواز

پیش‌نیاز: -

اهداف درس:

در سال های اخیر، موضوع مدلسازی و شبیه سازی کامپیوتری دینامیک وسایل هوافضایی تکامل بسیار یافته و به عنوان یک شاخه اصلی از اهمیت شایانی برخوردار شده است. این علم نه تنها در فرایند طراحی بلکه در توسعه و بهبود عملکرد و عملیات وسایل پرنده در هر دو بخش تجاری و نظامی به کار گرفته می‌شود. در این درس قسمت دوم موضوع یعنی جزییات انواع شبیه سازی های وسایل هوافضایی برای سه، پنج و شش درجه آزادی به بحث گذاشته می‌شود.

برنامه درسی:

۱. شبیه‌سازی سه درجه آزادی
- معادلات حرکت
- مدل زیرسیستم‌ها
- شبیه‌سازی‌ها

۲. شبیه‌سازی پنج درجه آزادی
- معادلات حرکت شبه پنج درجه آزادی
- مدل زیرسیستم‌ها

۳. شبیه‌سازی شش درجه آزادی
- معادلات حرکت شش درجه آزادی
- مدل زیر سیستم‌ها
- تحلیل مونت کارلو

۴. کاربردهای زمان حقیقی
- شبیه‌ساز پرواز
- امکانات سخت‌افزار در حلقه
- بازی‌جنگ

دستاوردها:

در این درس دانشجویان یاد می گیرند که چگونه رفتار دینامیکی وسایل هوافضایی را به شکل فشرده ریاضیاتی مدلسازی و مدل خود را به برنامه کامپیوتری تبدیل کنند.

مراجع:

1. Zipfel, P.H.; *Modeling and Simulation of Aerospace Vehicle Dynamics*, AIAA., 2000.

کنترل فازی

پیش‌نیاز: -

اهداف درس:

هدف این درس آموزش اصول و ریاضیات منطق فازی، نحوه استفاده از منطق فازی در کاربردهای مختلف و آموزش نحوه طراحی کنترل‌کننده فازی است. همچنین مباحث پیشرفته‌تر در زمینه کنترل‌کننده فازی نیز در این درس پوشش داده خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. معرفی، تعاریف و مفاهیم
- کنترل هوشمند
- منطق فازی
- کنترل فازی
- ریاضیات فازی
- کاربردها
- قوانین پایه
- مجموعه‌های فازی
- سیستم فازی
- مقایسه سیستم کنترل فازی و کلاسیک
- مثالی از کنترل فازی

۲. ریاضیات فازی
- مجموعه‌های فازی و توابع عضویت!
- عملیات ریاضی روی مجموعه‌های فازی
- روابط فازی
- متغیرهای زبانی
- قوانین فازی
- استدلال تقریبی

۳. سیستم‌های فازی
- پایگاه قوانین فازی
- موتور استنتاج فازی
- فازی‌ساز
- غیرفازی‌ساز
- توصیف ریاضیاتی سیستم‌های فازی
- خاصیت تقریب‌زنی سیستم‌های فازی

۴. طراحی سیستم‌های فازی با استفاده از داده ورودی-خروجی
- روش جداول جستجو
- آموزش به روش بیشترین شیب نزول
- الگوریتم آموزش دسته‌ای
- خوشه‌بندی

۵. طراحی کنترل‌کننده‌های فازی
- رویکرد آزمایش و خطا
- سطح کنترل یک کنترل‌کننده فازی

- کنترل‌کننده فازی پایدار
- کنترل‌کننده فازی بهینه
- کنترل‌کننده فازی مقاوم
- کنترل‌کننده مود لغزشی فازی
- کنترل‌کننده فازی نظارتی
- کنترل‌کننده جدول‌بندی بهره فازی
- سیستم های فازی TSK

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان قادر به استفاده از مباحث فازی در فعالیت‌های تحقیقاتی خود خواهند بود و همچنین قادر به طراحی سیستم‌های فازی و طراحی کنترل‌کننده فازی هستند.

مراجع:

1. Wang, L.X.; *A Course in Fuzzy Systems and Control*,1st Edition, Prentice-Hall., 1997.

کنترل بهینه ۱

پیش‌نیاز: کنترل اتوماتیک، معادلات دیفرانسیل

اهداف درس:

هدف کلی این درس آشنایی با مباحث بنیادی تئوریک و الگوریتمی کنترل بهینه معین میباشد که قابل تحلیل و پیاده سازی روی سیستم های دینامیکی پیوسته و یا گسسته خواهند بود. در این چارچوب تولید سیاست بهینه شامل علائم کنترلی ، استراتژی های هدایتی و یا استخراج مسیر های بهینه که یک معیار یا تابع هزینه جامع را با لحاظ نمودن قیود مختلف کمینه نمایند ، مد نظر خواهند بود. با توجه به کاربردهای متنوع کنترل بهینه در حوزه های علوم و مهندسی، درس با تعریفات کلی و نحوه عمومی فرمولاسیون مسئله کنترل بهینه و معرفی توابع هزینه آغاز میگردد . روش برنامه‌ریزی پویا مبتنی بر اصل بهینگی بلمن، از جمله رویکردهای مطرح در حل مسئله کنترل بهینه است که ابتدا برای سیستم های گسسته تشریح و سپس برای کاربرد در سایرسیستم ها تعمیم داده خواهد شد. رویکرد حساب تغییرات در بهینه سازی توابع هزینه در زمره مباحث اصلی دیگر این درس میباشد. در این خصوص با استفاده از اصل بنیادی حساب تغییرات ، چگونگی استخراج شروط لازم اکستریمال توابع هزینه عمومی و مقید توسعه داده خواهد شد . نتایج این رویکرد در مسائل پرکاربرد رگولاتور و ردیابی خطی منجر به استخراج معادلات جبری و دیفرانسیل ریکاتی میگردد که به سهولت قابل پیاده سازی میباشد. در مباحث پایانی درس به نحوه مدل سازی محدودیت ها (حالت و کنترل) و روش های محاسباتی خاص مسئله کنترل بهینه پرداخته میشود. همچنین سایر روش های بهینه سازی نظیر برنامه‌ریزی غیرخطی به عنوان یک راه‌کار مناسب در برخی مسائل اشاره خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. مقدمه
- معرفی و فرمولاسیون مساله کنترل بهینه
- طبقه‌بندی سیستم ها و قواعد کنترلی

۲. شاخص عملکرد
- شاخص‌های متداول بررسی عملکرد
- انتخاب شاخص عملکرد و توابع وزنی

۳. برنامه‌ریزی پویا
- تعریف سیاست بهینه و اصول بهینگی بلمن
- رابطه بازگشتی برنامه‌ریزی پویا
- کاربرد اصل بهینگی در سیستم‌های خطی/غیرخطی، گسسته/پیوسته
- معادله همیلتونین-ژاکوبی-بلمن

۴. حساب تغییرات
- مفاهیم پایه و ریاضیات مرتبط

- معرفی تابعی و تغییرات آن
- اصل بنیادی حساب تغییرات و معادله اویلر
- تابعی (فانکشنال) وابسته به چند تابع و شروط لازم اکستریمال
- تنوع شروط مرزی در مسئله کنترل بهینه
- اکستریمال‌های گوشه دار و مقید از روش لاگرانژ

۵. کاربرد حساب تغییرات در مسائل کنترل بهینه

- معادلات لازم برای حل مساله کنترل بهینه
- معرفی تابع همیلتونین و تعمیم شروط مرزی
- حل مسائل رگولاتور و ردیابی خطی
- معرفی اصل می‌نیمم پونتریگن با قید کنترل
- نحوه مدل سازی قیود حالت به صورت صریح
- بازه‌های تکینگی در موارد خاص
- مسئله زمان بهینه و منحنی سوئیچ

۶. حل عددی مسائل کنترل بهینه

- مرور مساله کلی مقدار مرزی دو نقطه‌ای
- روش تندترین سقوط و تغییر اکستیمال‌ها
- شبه‌خطی‌سازی و تصویرسازی گرادیانی
- برنامه‌ریزی مرتبه دو پی‌درپی
- روش پرتاب و پرتاب چندگانه
- روش لونبرگ-مارکوارت

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آشنایی با نحوه مدل سازی و فرمولاسیون مسائل کنترل بهینه برای هر سیستم دینامیکی

۲. آشنایی با مفاهیم حساب تغییرات و چگونگی کاربرد آن در بهینه سازی توابع هزینه مقید

۳. قابلیت طراحی و استخراج کنترل یا سیاست بهینه با رویکرد برنامه ریزی پویا وغیر خطی و نیز حساب تغییرات

۴. قابلیت حل و پیاده سازی مسائل کنترل بهینه پرکاربرد رگولاتور و ردیابی خطی

۵. آشنایی با روش‌های مختلف بهینه‌سازی عددی

مراجع:

1. Kirk, D.E.; *Optimal Control Theory, An Introduction*, Dover Publication, 2004.
2. Rao, S.S.; *Engineering Optimization; Theory and Practice*; 4th Edition, John Wiley & Sons, 2009.
3. Bryson, A. and Ho, Y.C.;Applied Optimal Control; Hemisphere Pub, 1981.
4. Betts, J.T.; *Practical Methods for Optimal Control using Nonlinear Programming*; 1th Edition, SIAM, 2001.

هدایت و ناوبری ۱

پیش‌نیاز: دینامیک پرواز۲، کنترل اتوماتیک

اهداف درس:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با دانش لازم و توانایی موردنیاز برای تحلیل و طراحی سیستم‌های مختلف هدایت و ناوبری است. این درس شامل دو بخش هدایت و ناوبری است. در بخش اول الگوریتم‌های هدایت تاکتیکی و هدایت بالستیک که در سیستم‌های هوایی متداول استفاده می‌شود، معرفی می‌شوند. همچنین، در بخش دوم اصول سیستم‌های ناوبری اینرسی و رادیویی پوشش داده می‌شود.

برنامه درسی:

۱. معرفی، تعاریف و مفاهیم
- هدایت، ناوبری و کنترل
- المان‌های سیستم هدایت
- فازهای هدایت
- مسیرهای هدایت
- حسگرهای هدایت

۲. دسته‌بندی سیستم‌های هدایت و ناوبری
- سیستم‌های ناوبری پایه
- سیستم‌های ناوبری ترکیبی
- دسته‌بندی سیستم‌های هدایت

۳. قوانین هدایت سه نقطه‌ای
- قوانین هدایت خط دید در سیستم‌های پرتوسوار
- هدایت فرمان به خط دید
- هدایت فرمان به خط دید با زاویه تقدم
- ترکیب هدایت خط دید و هدایت خط دید با زاویه تقدم
- پیاده‌سازی سه‌بعدی هدایت فرمان به خط دید

۴. قوانین هدایت دو نقطه‌ای
- هدایت تعقیب
- هدایت تناسبی و روش‌های آن
- پیاده‌سازی سه بعدی
- حل تحلیلی هدایت تناسبی حقیقی
- شبیه‌سازی هدایت تناسبی
- عملکرد هدایت تناسبی حقیقی
- ملاحظات پیاده‌سازی سیستم هدایت
- خطی‌سازی هدایت تناسبی
- خطای تلاش صفر
- تحلیل حلقه هدایت آشیانه‌یاب با استفاده از تئوری الحاقی
- اثر دماغه

- مقایسه هدایت تناسبی حقیقی و هدایت تناسبی افزوده
- هدایت دو نقطه‌ای بهینه
- هدایت تناسبی فرمانی
- هدایت پالسی

۵. قوانین هدایت بالستیک
- مسیر بالستیک
- سرعت لازمه
- مساله لمبرت
- سرعت مانده
- هدایت ضرب خارجی
- هدایت لمبرت
- روش مدیریت انرژی
- مقایسه هدایت ضمنی و صریح
- هدایت Q و Q^*
- هدایت از پیش تعیین‌شده

۶. هدایت پرنده‌های بدون سرنشین
- مسائل موجود در هدایت پرنده بدون سرنشین
- کاربرد قوانین هدایت تاکتیکی در هدایت پرنده بدون سرنشین
- مساله رهگیری مسیر
- مساله دنبال‌کردن عوارض/ اجتناب از عوارض
- هدایت گروهی

۷. اصول ناوبری اینرسی
- اجزای سیستم ناوبری اینرسی
- ناوبری دو بعدی
- دستگاه‌های مختصات
- سیستم ناوبری سه بعدی متصل به بدنه
- پیاده‌سازی ناوبری اینرسی متصل به بدنه در دستگاه‌های مختلف
- بیان وضعیت
- معادلات ناوبری به فرم جزئی
- اثرات زمین بیضوی
- گسسته‌سازی معادلات ناوبری

۸. حسگرهای اینرسی
- قواعد ژیروسکوپ
- ژیروسکوپ نرخی تک‌محوره
- شتاب‌سنج‌ها
- حسگرهای فعال

۹. تست و کالیبراسیون سیستم‌های ناوبری اینرسی
- تجهیزات تست
- کالیبراسیون شتاب‌سنج‌ها
- کالیبراسیون ژیروسکوپ‌های نرخی
- شبیه‌سازی سخت‌افزار در حلقه

۱۰. ترازیابی اولیه
- ترازیابی تقریبی
- ترازیابی دقیق

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان قادر به تحلیل و معماری سیستم هدایت و ناوبری برای سیستم‌های هوافضایی خواهند بود.

مراجع:

1. Zarchan, P.; Tactical and Strategic Missile Guidance, 4th Edition, AIAA Education Series, Vol. 199, 2002.
2. Siouris, G.M.; Missile Guidance and Control Systems, Springer-Verlag, 2004.
3. Titterton, D.H. and Weston, J.L.; *Strapdown Inertial Navigation Technology*, 2nd Edition, AIAA, 2004.
4. Rogers, R.M.; *Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems*, 2nd Edition, AIAA Education Series, 2003.

دینامیک پرواز موشک

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

هدف از ارائه این درس، آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با معادلات حرکت موشک و همچنین بررسی رفتار ارتعاشی آن می‌باشد. این درس به صورت پایه‌ای رفتار دینامیکی موشک و راکت را به صورت تحلیلی مورد توجه قرار می‌دهد. منابع خطا مؤثر بر دقت پرتاب موشک و معیارهای مقایسه آن‌ها بیان می‌شود. شبیه‌سازی پرواز با درجات آزادی مختلف توسعه داده می‌شود و سپس حرکت خطی و زاویه‌ای برپایه سیستم‌های دینامیکی مشابه بدست می‌آید. معادلات حرکت بر اساس دیدگاه لاگرانژ و نیوتن در دستگاه‌های مختلف حاصل می‌شود. نواحی پایداری دینامیکی به صورت تحلیلی تعیین و محاسبه می‌شود.

برنامه درسی:

۱. مقدمه‌ای بر دینامیک پرواز
- اصطلاحات و تعاریف
- سیستم‌های مختصات
- انواع شبیه‌سازی (یک، دو، ... و شش درجه آزادی)
- تفاوت بین کاربردهای شبیه‌سازی و دینامیک پرواز
- مقدمه‌ای بر معادلات حرکت با استفاده از دیدگاه لاگرانژ و اویلر

۲. معادلات حرکت خطی
- پرواز افقی در حضور نیروی درگ
- پرواز عمودی در حضور نیروی درگ و جاذبه
- پرواز دو درجه آزادی در خلاء
- پرواز دو درجه آزادی در حضور نیروی درگ و جاذبه
- پرواز افقی در حضور نیروی تراست بدون درگ (جرم متغیر)
- پرواز عمودی در حضور نیروی تراست بدون درگ (جرم متغیر)
- پرواز افقی در حضور نیروی تراست و درگ (جرم متغیر)

۳. حرکت زاویه‌ای جسم صلب (حرکت پاندول)
- حرکت پاندول ساده
- حرکت پاندول مرکب
- حرکت پاندول کروی

۴. حرکت زاویه‌ای ساده

- حرکت pitch مقید با درنظر گرفتن ضرایب آیرودینامیکی استاتیکی و تحلیل پایداری دینامیکی
- حرکت pitch مقید با درنظر گرفتن ضرایب آیرودینامیکی استاتیکی و دینامیکی و تحلیل پایداری دینامیکی
- حرکت pitch مقید با درنظرگرفتن انحراف سطح کنترلی یا عدم تقارن هندسی
- تعیین مشتقات پایداری با استفاده از تحلیل حرکت pitch

۵. حرکت pitch و heave
- معادلات حرکت pitch و heave در حضور نیروی جاذبه
- تحلیل پایداری دینامیکی

۶. حرکت pitch وheave، yaw و swerve
- معادلات pitch وheave، yaw و swerve
- تحلیل پایداری دینامیکی

۷. حرکت roll
- حرکت roll موشک در پرواز با سرعت ثابت
- نیمه عمر سرعت حرکت roll
- حرکت ریتارد همراه با roll
- تعیین مشتقات پایداری با استفاده از داده‌های حرکت roll

۸. حرکت و پایداری جسم صلب
- سیستم مختصات wobbling
- حرکت کامل با نیروهای استاتیکی سیال
- حرکت کامل زاویه‌ای با نیروهای استاتیکی سیال
- حرکت کامل زاویه‌ای با نیروهای استاتیکی و دینامیکی سیال
- پرواز آزاد با نیروهای استاتیکی و دینامیکی سیال

۹. توابع تبدیل دینامیکی موشک
- تابع تبدیل کانال pitch
- تابع تبدیل کانال yaw
- تابع تبدیل کانال roll

۱۰. معادلات حرکت جسم انعطاف‌پذیر

۱۱. تحلیل کارآیی پرواز

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. آنالیز حرکت ارتعاشی موشک

۲. آنالیز رفتار دینامیکی موشک و راکت

۳. مدل‌سازی حرکت زاویه‌ای موشک‌های مختلف

۴. استخراج معادلات حرکت در دستگاه‌های مختلف

۵. تعیین نواحی پایداری حرکت دینامیکی

۶. تعیین منابع خطا

۷. تحلیل کارآیی پرواز موشک

مراجع:

1. Schmidt, David K.; *Modern flight dynamics.* 1st Edition, New York: McGraw-Hill, 2011.
2. Zipfel, Peter H.; *Modeling and simulation of aerospace vehicle dynamics.* AIAA, 2001.
3. Etkin, Bernard, and Reid L.D.; *Dynamics of flight: Stability and Control.* 3rd Edition, CRC press 1995.
4. Nicolaides, J.D.; *On Missile Flight Dynamics*, Catholic University of America, 1963.

کنترل چند متغیره

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

این درس برای آشناکردن دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی با کنترل چندمتغیره طراحی شده‌است. در ابتدا ماهیت سیستم‌های چندمتغیره مورد بحث قرار می‌گیرد روش‌های مختلف توصیف سیستم‌های چندمتغیره در ادامه مورد مطالعه قرار می‌گیرند. تعمیم مفاهیم سیستم تک ورودی-تک خروجی در حوزه فرکانس نظیر بهره، پهنای باند و غیره به سیستم‌های چندمتغیره آموزش داده خواهد شد. تعمیم تحلیل پایداری حوزه فرکانس به سیستم‌های چندمتغیره موضوع دیگری است که در این درس آموزش داده می‌شود. در پایان نیز، تکنیک‌های طراحی کنترلر برای سیستم‌های چندمتغیره در حوزه فرکانس مطرح خواهند شد.

برنامه درسی:

۱. اهداف کنترل
- پاسخ ورودی-خروجی
- پایداری
- حذف از نویز
- تغییرات کوچک پارامتر
- تغییرات بزرگ پارامتر
- برهم‌کنش

۲. تابع حساسیت
- کنترل حلقه‌باز
- کنترل حلقه‌بسته
- عدم قطعیت مدل
- رد اختلال

۳. ساختار کنترل
- کنترل یک درجه آزادی
- کنترلرهای دو درجه آزادی
- طراحی سیستم‌های کنترلی دو درجه آزادی تک حلقه

۴. مقدمه‌ای بر سیستم‌های چندمتغیره
- برهم کنش حلقه‌ها
- نیاز به کنترل چندمتغیره

۵. —شاخص‌های بهره چندمتغیره
- اندازه بردار و نرم القایی
- تجزیه مقدار تکین
- نرم سیستم

۶. مدل‌های سیستم خطی: معرفی و شکل‌های استاندارد

- توصیف فضای حالت
- شکل استاندارد فضای حالت و تحقق
- شکل استاندارد ماتریس تابع تبدیل
- توصیف تابع ماتریسی
- ماتریس سیستم Reosenbrok
- تبدیل ماتریس‌های سیستم
- خلاصه تبدیلات

۷. کنترل‌پذیری و مشاهده‌پذیری

- کنترل‌پذیری
- مشاهده‌پذیری
- صفرهای جداکننده
- بازسازی و تحقق

۸. قطب و صفرهای سیستمMIMO

- قطب‌های یک سیستم
- صفرهای یک سیستم
- حذف صفر و قطب، پایداری و قابلیت آشکارسازی

۹. تکنیک‌های بررسی مدل چندمتغیره

- اتصال و عملیات

۱۰. کاهش خطای مدل

- گرامیان‌های سیستم
- روش‌های کاهش مرتبه

۱۱. تعامل چندمتغیره

- شاخص تعامل برای ماتریس‌های ثابت
- تعمیم شاخص‌های تعامل به سیستم‌های دینامیکی

۱۲. پایداری سیستم‌های MIMO

- پایداری داخلی
- معیار پایداری نایکوئیست تعمیم‌یافته
- فضای بهره
- محدوده مقاومت و عملکرد

۱۳. طراحی ساختاریافته ساده

- روش طراحی آرایه نایکوئیست
- ساختار سیستم‌های چندمتغیره
- دستیابی به غلبه قطری

۱۴. مطالعات موردی

- راکتور شیمیایی
- کوره گرمایش مجدد
- ژنراتور توزیع‌شده جزیره‌ای
- توربین-گاز خودکار
- موتور توربین گاز رولز رویز
- سیستم‌های کنترل سطح
- مساله چالش مولد گاز

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. ماهیت تعامل سیستم‌های چندمتغیره

۲. روش‌های مختلف توصیف سیستم‌های چندمتغیره و شکل‌های کانونی مربوط به هریک

۳. تعمیم مفاهیم حوزه فرکانس SISO مثل بهره، پهنای باند و غیره به سیستم‌های چندمتغیره

۴. تعمیم تحلیل پایداری حوزه فرکانس به سیستم‌های چندمتغیره

۵. یادگیری طراحی و مرور تکنیک‌های طراحی کنترلر برای سیستم‌های چندمتغیره در حوزه فرکانس

مراجع:

1. Rosenbrock, H.H.; *State Space and Multivariable Theory*, 1st Edition, Nelson, 1970.
2. Rosenbrock, H.H.; *Computer Aided Control System Design*, Academic Press, 1974.
3. Rosenbrock, H.H. and Storey, C.; *Mathematics of Dynamical Systems*, Nelson, 1970.
4. Patel, R.V. and Munro, N.; *Multivariable System Theory and Design*, Pergamon Press, 1982.
5. Kailath, T.; *Linear Systems*, Prentice Hall, 1983.
6. Stephanopoulos, G.; *Chemical Process Control*, 1st Edition, Prentice Hall,1984.
7. Yeung,L.F. and Bryant, G.F.; *New Domaince Concepts for multivariable control system design*, International Journal of Control, 1992.
8. Maciejoski, L.M.; *Multivariable Feedback Design:*, Addison-Wesley, 1989.
9. Skogestad, S. and Postlethwaite, |. *Multivariable Feedback Control:* Analysis and Design, John Wiley & Sons, 1996.

کنترل پیشرفته

پیش‌نیاز: کنترل اتوماتیک، ریاضیات پیشرفته ۱

اهداف درس:

هدف این درس آموزش طراحی سیستم کنترل خطی و چندمتغیره به دانشجویان است. دانشجویان در این درس از مدل فضای حالت در حوزه زمان استفاده خواهند کرد که سیستم چند ورودی-چند خروجی نیز به‌طور مشابه در این فضا قابل مدلسازی و تحلیل است. همچنین در این درس، مدل‌سازی ریاضی، فرمولاسیون فضای حالت، مراحل طراحی و تحلیل سیستم‌های کنترل پوشش داده خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. جبر خطی
- پایه و فضای برداری
- توابع ماتریس مربعی
- سیستم معادلات خطی
- لم معکوس و تئوری کیلی-همیلتونین

۲. سیستم‌های خطی
- متغیر حالت و خطی‌سازی
- نمایش فضای حالت
- ماتریس انتقال حالت
- تبدیل همانندی
- ماتریس مودال
- قطری‌سازی
- شکل‌های کانونیکال
- بردار ویژه تعمیم‌یافته
- حل معادلات سیستم خطی نامتغیر با زمان

۳. مشاهده‌پذیری و کنترل‌پذیری
- پایداری داخلی
- معیار کنترل‌پذیری
- معیار مشاهده‌پذیری
- دوگانی در سیستم‌های خطی
- کنترل‌پذیری خروجی

۴. تئوری تحقق
- مقدمه
- تحقق مینیمال
- تحقق کانونیکال کنترلر/ کنترل‌پذیری
- تحقق کانونیکال مشاهده‌گر/ مشاهده‌پذیری
- سیستم‌های سری و موازی
- تحقق سیستم‌های چندورودی-چندخروجی

۵. پایداری
- تعاریف
- تئوری لیاپانوف
- تابع انرژی تعمیم‌یافته
- پایداری سیستم‌های خطی نامتغیر بازمان

۶. تکنیک‌های فیدبک حالت
- فیدبک خروجی و حالت
- طراحی فیدبک حالت (بس و گیورا، رابطه آکرمن، کنترل‌کننده کانونیکال)
- طراحی رگولاتور
- طراحی ردیابی (تکنیک کنترل انتگرالی، تکنیک پیش‌خور)

۷. تخمین‌گر حالت
- دینامیک مشاهده‌گر
- طراحی مشاهده‌گر مرتبه کامل
- طراحی مشاهده‌گر مرتبه-کاسته
- فیدبک از حالت‌های تخمین‌زده‌شده

۸. کنترل بهینه سیستم‌های خطی
- تعاریف
- معادله ماتریسی ریکاتی
- فرمولاسیون کنترل بهینه با روش دوم لیاپانوف

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهند بود:

۱. آشنایی کامل با خطی‌سازی و فرمولاسیون فضای حالت،
۲. درک کنترل‌پذیری، مشاهده‌پذیری و تحقق سیستم‌های دینامیکی،
۳. آشنایی با تحلیل پایداری
۴. آشنایی با طراحی کنترل‌کننده فیدبک حالت
۵. آشنایی با طراحی مشاهده‌گر
۶. طراحی رگولاتور خطی

مراجع:

1. Ogata, K.; *Moderm Control Engineering, Prentice Hall,* 4th Edition, 2001.
2. KhakiSedigh, A.; *Moderm Control System, University of Tehran Press,* Fifth edition, 2009.
3. Chen, Ch.; *Linear System Theory and Design,* Oxford University Press, 1991.

شبکه‌های عصبی

پیش‌نیاز: ریاضیات پیشرفته ۱

اهداف درس:

این درس به معرفی پایه معماری شبکه عصبی و یادگیری قواعد و قوانین آن می‌پردازد. تمرکز و تاکید این درس بر تحلیل ریاضی این شبکه‌ها، آموزش روش‌های آن و کاربرد آن در مسائل مهندسی مانند پردازش سیگنال، تشخیص الگو و سیستم‌های کنترل است. در پایان این درس دانشجویان قادر به پیاده‌سازی و شبیه‌سازی مدل این شبکه‌ها در نرم‌افزار متلب خواهند بود.

برنامه درسی:

۱. مدل عصبی و معماری شبکه
- نشانه‌های مورد استفاده
- مدل‌های عصبی
- معماری شبکه

۲. فضای برداری و تبدیل خطی
- فضای برداری خطی
- استقلال خطی
- پوشش فضا
- ضرب داخلی
- نرم و تعامد
- گسترش برداری
- تبدیل خطی
- بیان ماتریسی
- تغییر پایه‌های دستگاه
- مقدار ویژه و بردار ویژه

۳. ساختار اصلی جهت تشخیص الگو و خوشه‌بندی
-

۴. قانون یادگیری پرسپترون
- قواعد یادگیری
- ساختار پرسپترون
- قواعد یادگیری پرسپترون
- اثبات همگرایی

۵. قانون یادگیری هب
- حافظه انجمنی خطی
- قانون آموزش هب
- قانون شبه‌معکوس
- تغییرات قانون یادگیری هب

۶. بهینه‌سازی عملکرد
- شرایط لازم برای بهینگی
- توابع کوادراتیک

- سریع‌ترین شیب
- روش نیوتن
- گرادیان مزدوج

۷. قانون آموزش widrow-Hoff

- شبکه‌های عصبی ادلاین
- میانگین مربعات خطا
- الگوریتم LMS
- تحلیل همگرایی
- فیلتر تطبیقی

۸. شبکه های عصبی هاپفیلد

- آموزش هاپفیلد
- تایع لیاپانوف
- تاثیرات بهره
- طراحی شبکه‌های هاپفیلد

۹. پس‌انتشار خطا

- شبکه‌های پرسپترون چندلایه
- الگوریتم پس‌انتشار خطا
- عیوب الگوریتم پس‌انتشار خطا
- اصلاحات ابتکاری در الگوریتم پس‌انتشار
- تکنیک‌های بهینه‌سازی عددی

۱۰. شبکه‌های رقابتی

- شبکه‌های همینگ
- لایه رقابتی
- شبکه‌های عصبی Grossberg

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهند بود:

۱. آشنایی با ساختار و عملکرد شبکه‌های عصبی، قواعد یادگیری و تکنیک‌های آموزش،

۲. طراحی شبکه‌های عصبی،

۳. آشنایی با کاربرد شبکه‌های عصبی در مسائل کاربردی مهندسی.

مراجع:

1. Haykin, S.; *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, 2nd Edition, Prentice Hall., 1999-2012.
2. Hegan, M.; *Neural Network Design*, PWS Publishing Company, 1996.
3. Fausett, L.; *Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms And Applications*, 1nd Edition,.Pearson, 1993.

کنترل بهینه ۲

پیش‌نیاز: آمار و احتمال مهندسی، کنترل بهینه ۱

اهداف درس:

هدف از ارائه این درس، تحلیل سیستم‌های دینامیکی تصادفی و تخمین بردار حالت یک سیستم خطی است. بدین منظور ابتدا مفاهیم پایه احتمالات در فصل اول به اختصار مرور شده است. سپس، فرآیند تصادفی، خواص اصلی آن و تنوع فرآیندهای موجود در فصل دوم معرفی شده‌اند. پس از آن، چگونگی تحلیل یک سیگنال تصادفی در فصل ۳ بررسی شده است. مفهوم کلی تخمین و معیارهای موجود برای تخمین بهینه در فصل ۴ معرفی شده است. در ادامه این فصل، روش‌های تخمین دسته‌ای (نظیر حداقل مربعات) و بازگشتی (نظیر فیلتر کالمن) برای سیستم‌های خطی (خطی‌سازی‌شده) معرفی شده‌اند. همچنین دراین فصل چگونگی توسعه فیلتر کالمن برای سیستم‌های غیرخطی توضیح داده شده است. پیاده‌سازی فیلترها همواره با مشکلات عددی روبه رو است که ممکن است سبب واگرایی فیلتر شود. از این رو، چگونگی مواجهه با این مشکل در پایان این فصل آورده شده است. هموارسازی نوع دیگری از تخمین حالت است که در بسیاری سیستم‌های دینامیکی مورد نیاز است. هموارسازی سبب افزایش دقت حالت تخمین‌زده شده توسط الگوی فیلترینگ می‌شود و بعضا برای دسترسی به حدس اولیه‌ای از حالت سیستم نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بردار حالت تخمین زده شده، ورودی سیستم کنترل به احتساب می‌آید، تخمین و کنترل یکپارچه در سیستم خطی گاوسی موضوع دیگری است که در این درس گنجانده شده است. معرفی روش‌های پیشرفته‌تر فیلترینگ در مسائل غیر خطی و طبقه بندی روش ها در این حیطه از جمله مباحث قابل توجهی است که در فصل پایانی ارائه خواهد شد.

برنامه درسی:

۱. مرور مفاهیم احتمالات
- متغیر تصادفی پیوسته/گسسته
- بردار تصادفی پیوسته/گسسته
- توابع احتمال چند متغیره و توزیع شرطی

۲. مقدمه‌ای بر فرآیند تصادفی
- همبستگی و تابع چگالی طیف توان
- فرایند ایستا، نویز سفید و شبیه‌سازی
- توالی تصادفی و خواص مارکوی
- فرایند تصادفی گاوس مارکوی

۳. متغیرهای حالت و تحلیل کواریانس
- انتشار میانگین و کواریانس (پیوسته/گسسته)
- نویز رنگی و فیلتر شکل‌دهی

- تحلیل آماری اولیه، تحلیل خطای سیستم‌های خطی، الگوی خطای سیستم‌های اندازه‌گیری، شبیه‌سازی مونت‌کارلو

۴. فیلترینگ بهینه و پیش‌بینی
- مفهوم تخمین حالت و معیارهای تخمین بهینه
- نامساوی کرامر-رائو
- تخمین حداقل مربعات (معمولی، وزنی، بازگشتی)
- فیلتر کالمن برای سیستم‌های خطی(پیوسته/گسسته)
- فیلتز کالمن خطی‌شده و فیلتر کالمن تعمیم‌یافته برای سیستم‌های غیرخطی
- واگرایی فیلتر

۵. پیش‌بینی و هموارسازی بهینه
- هموارسازی برای فرایندهای یک و چندمرحله ای
- هموارسازی برای سیستم‌های غیرخطی

۶. کنترل بهینه در حضور عدم قطعیت
- رگولاتورهای گاوسی خطی از مرتبه دو
- میانگین رفتار سیستم‌های کنترل‌شده

۷. موضوعات خاص
- مقدمه‌ای بر فیلترهای غیرخطی
- تخمین تطبیقی

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان با مفاهیم زیر آشنا خواهندبود:

۱. فرآیندهای تصادفی و خواص آماری مرتبط

۲. مفهوم تخمین و معیارهای تخمین بهینه

۳. تخمین دسته‌ای و بازگشتی برای سیستم‌های خطی (خطی‌شده) نظیر روش حداقل مربعات خطا و فیلتر کالمن-فیلتر کالمن توسعه‌یافته

۴. راه‌حل‌های رفع مشکل واگرایی فیلتر

۵. طراحی رگولاتور گاوسی خطی از مرتبه دو

۶. هموارسازی در سیستم‌های خطی

مراجع:

1. E. Bryson Jr., Y. Ch. Ho; *Applied Optimal Control, Optimization, Estimation, and Control,* Blaisdell publishing company, 1969.
2. A. H. Jazwinski; *Stochastic Process and Filtering Theory*, Academic press,1970
3. A. Papoulis, S. U. Pillai; *Probability, Random Variables and Stochastic Process*, 4th edition, McGraw Hill, 2002
4. Venkatarama Krishnan; *Probability and Random Process*, John Wiley & Sons, 2006

طراحی سیستم‌های کنترل

پیش‌نیاز:

اهداف درس:

هدف از ارائه این درس، آشنایی دانشجویان با دانش و مهارت‌های ضروری و موردنیاز برای طراحی مفهومی و مقدماتی سیستم‌های کنترل پرواز مختلف می‌باشد. این درس با برخی تعاریف و دسته‌بندی‌های مقدماتی آغاز می‌شود و با ملاحضات آیرودینامیکی دنبال می‌شود. سپس عملکرد روش‌های مختلف کنترلی مقایسه می‌شود. عملگرها و سنسورهای پرواز به انضمام مدل ریاضی آنها معرفی می‌شود. یک بررسی اجمالی از تکنیک‌های طراحی کنترل‌کننده هم در حوزه فرکانس و هم در حوزه زمان انجام می‌شود. خطی‌سازی دینامیک‌های وسیله نقلیه پروازی در شکل توابع تبدیل مورد توجه قرار می‌گیرد. سپس بر روی فرایند طراحی سیستم کنترل آیرودینامیکی موشک‌ها و هواپیماهای در برخی جزئیات متمرکز می‌شویم. طراحی سیستم‌های TVC بطور مجزا پوشش داده می‌شود. درس با بعضی از موضوعات متفرقه به پایان می‌رسد.

برنامه درسی:

۱. مقدمه‌ای بر طراحی سیستم کنترل
- کنترل حلقه باز و حلقه بسته
- کنترل آنالوگ، دیجیتال و منطقی
- کنترل‌کننده‌های صنعتی
- سیکل طراحی سیستم کنترل

۲. مقدمه‌ای بر سیستم‌های کنترل پرواز
- تاریخچه
- هدایت، ناوبری و کنترل
- کانال‌های کنترل پرواز
- روش‌های کنترل پرواز
- سیستم های تقویت پایداری(SAS) و خودخلبان

۳. ملاحظات آیرودینامیکی سیستم‌های کنترل پرواز
- پایداری استاتیکی و دینامیکی
- پایداری و مانورپذیری
- حاشیه استاتیکی
- تغییرات مرکز فشار
- ممان لولایی
- تاثیرات آیروالاستیسیته

۴. عملکرد سیستم کنترل
- کنترل کانارد
- کنترل بال
- کنترل دم
- تاثیرات پیکربندی بالک

- کنترل جت کناری
- کنترل بردار تراست
- تغییرات جرم و مرکز جرم(CG)

۵. عملگرهای کنترل پرواز
- سروومکانیزم
- مکانیزم‌های معکوس‌پذیر و غیرمعکوس‌پذیر
- عملگرهای هیدرولیکی
- عملگرهای پنوماتیک
- عملگرهای برقی

۶. سنسورهای کنترل پرواز
- شتاب‌سنج‌ها
- ژیروسکوپ‌ها
- سنسور اندازه گیری زاویه حمله(vane)
- سنسورهای دیگر
- انتخاب سنسور

۷. مروری بر طراحی کنترل‌کننده
- اهداف
- طراحی با استفاده از پاسخ فرکانسی
- طراحی با استفاده از مکان هندسی ریشه‌ها
- روش‌های جایابی قطب

۸. خطی‌سازی و توابع تبدیل وسایل پرنده
- سیستم‌های مختصات
- معادلات حرکت
- توابع انتقال کانال های چرخ، فراز و سمت(رول، پیچ و یاو)

۹. طراحی سیستم کنترل آیرودینامیکی برای موشک‌ها
- STT و BTT
- طراحی سیستم کنترل عرضی برای STT
- کنترل رول
- طراحی سیستم کنترل برای BTT
- طراحی بر اساس MIMO
- طراحی سیستم‌های کنترل پرواز تک کاناله

۱۰. طراحی سیستم کنترل هواپیما
- کنترل طولی
- کنترل عرضی
- سیستم‌های کنترل وضعیت
- سیستم‌های کنترل مسیر پرواز
- سیستم‌های کنترل فعال

۱۱. کنترل بردار تراست
- دسته‌بندی‌ها و کاربردها
- مدلسازی ریاضی
- ساختارهای کنترلی
- طراحی کنترل‌کننده

۱۲. موضوعات متفرقه

- آنالیز حساسیت
- بهینه‌سازی پارامتری
- ملاحظات انسان در حلقه
- سیستم‌های کنترل دیجیتال

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، قادر خواهند بود:

۱. سیستم کنترل وسایل نقلیه پروازی را معماری کنند.

۲. بطور مقدماتی سیستم‌های کنترل پرواز را طراحی کنند.

مراجع:

1. P. Garnell, *Guided Weapon Control Systems*, 2nd Edition, Pergamon Press, 1980.
2. D. McLean, *Automatic Flight Control Systems*, Prentice Hall International (UK) Ltd, 1990.
3. J. H. Blakelock, *Automatic Control of Aircraft and Missiles*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1990.
4. Garnell, P., "*Guided Weapon Control Systems*", 2nd Edition, Pergamon Press, 1980.
5. McLean, D., "*Automatic Flight Control Systems*", Prentice Hall International (UK) Ltd, 1990.
6. Blakelock, J. H., "*Automatic Control of Aircraft and Missiles*", 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1990.
7. Benjamin, C. K., Golnaraghi, F., "*Automatic Control Systems*", 9th Edition, John Wiley & Sons, 2010.
8. Nise, N. S., "*Control Systems Engineering*", 4th Edition, John Wiley & Sons, 2004.
9. Ogatta, K., "*Modern Control Engineering*", 3rd Edition, Prentice Hall New Jersey, 1997.
10. G. M. Siouris, *Missile Guidance and control systems*, Springer, 2003.
11. E. Fleeman, *Tactical Missile Design*, First Edition, AIAA Education series, 2001.
12. J. Roskam; *Airplane flight dynamics and Automatic flight control*, 3th Printing, Design, Analysis and Research Corporation, 2001.

الگوریتم‌های مدرن در بهینه‌سازی

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

در این درس الگوریتم‌های مدرن بهینه‌سازی مانند الگوریتم‌های تکاملی، الگوریتم کلونی مورچگان، الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده، الگوریتم جست‌وجوی ممنوعه و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات با تمرکز کاربرد این الگوریتم‌ها در مسائل هوافضایی مطرح می‌شوند. این درس با طبقه‌بندی مسائل بهینه‌سازی و تعریف مفاهیم اصلی چون ناحیه جست‌وجوی گسسته و پیوسته، بهینه‌سازی چندمنظوره، بهینه‌سازی پویا، بهینه‌سازی سراسری، بهینه‌سازی تصادفی و هوش جمعی آغاز می‌شود. سپس تعدادی از الگوریتم‌های مدرن بهینه‌سازی به‌طور جزئی معرفی می‌شوند. در نهایت، این درس با مباحث تکمیلی شامل الگوریتم‌های چندتابعی، الگوریتم‌های مقید، الگوریتم‌های موازی، الگوریتم‌های دینامیکی، روش‌های تنظیم پارامترها، روش‌های حل مسائل کوپل و الگوریتم‌های هیبرید پایان می‌یابد.

برنامه درسی:

۱. معرفی، تعاریف و مفاهیم
- بهینه‌سازی
- تحقیق در عملیات
- بهینه‌سازی در مهندسی
- تعریف یک مساله بهینه‌سازی
- مساله امکان‌سنجی
- طبقه‌بندی روش‌های بهینه‌سازی
- الگوریتم‌های ابتکاری در مقابل الگوریتم‌های فرابتکاری
- بهینه‌سازی الهام‌گرفته‌شده از طبیعت
- بهینه‌سازی بر پایه جمعیت
- هوش جمعی
- موازی‌سازی الگوریتم‌ها
- ارزیابی الگوریتم‌های بهینه‌سازی

۲. مروری بر روش‌های بهینه‌سازی کلاسیک
- مسائل خطی
- مسائل غیرخطی

۳. مروری بر الگوریتم‌های ابتکاری در بهینه‌سازی
- جست‌وجوی تصادفی
- الگوریتم سیمپلکس
- جست‌وجوی همسایگی
- الگوریتم تپه‌نوردی
- الگوریتم حریصانه
- الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده
- الگوریتم جست‌وجوی ممنوعه
- الگوریتم کلونی مورچگان

- بهینه سازی ازدحام ذرات
- روش‌های ابتکاری دیگر

۴. الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده

- تبرید حقیقی و شبیه‌سازی‌شده
- الگوریتم متروپلیس
- الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده
- تبرید سبیه سازی‌شده پیوسته
- تبرید شبیه‌سازی شده تک حلقه‌ای
- برنامه‌ریزی دما
- همگرایی تبرید شبیه‌سازی شده
- کاربردها
- نرمال‌سازی
- تنظیم پارامترها

۵. جست‌وجوی ممنوعه

- الگوریتم جست وجوی ممنوعه پایه
- حافظه کوتاه‌مدت
- حافظه بلندمدت
- جست وجوی پراکنده و متمرکز
- الگوریتم جست‌وجوی ممنوعه پیوسته
- کاربردها

۶. الگوریتم تکاملی

- روش‌های مدلسازی کروموزوم
- عملگرهای تکامل
- الگوریتم‌های ژنتیک
- الگوریتم‌های ژنتیک حالت پایدار
- الگوریتم‌های ممتیک
- تکامل دیفرانسیلی
- کاربردها

۷. بهینه‌سازی کلونی مورچگان

- رفتار دسته‌جمعی حشرات
- اولین الگوریتم‌های بهینه‌سازی مبتنی بر کلونی مورچگان
- الگوریتم مورچگان برای TSP
- انطباق با مسائل پیوسته
- کاربردها

۸. روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات

- الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات کانونی
- توپولوژی‌های همسایگی
- کاربردها

۹. مباحث تکمیلی

- الگوریتم‌های چندتابعی
- موازی‌سازی الگوریتم‌های بهینه‌سازی
- الگوریتم‌های مقید
- حل مسائل دینامیکی
- حل مسائل نویزی
- حل مسائل زمان‌بر
- حل مسائل کوپل

دستاوردها:

پس از گذراندن این درس دانشجویان:

۱. قادر به استفاده از روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری در فعالیت‌های تحقیقاتی خود هستند،

۲. قادر به تولید و طراحی یک الگوریتم بهینه‌سازی جدید هستند،

۳. قادر به خصوصی‌سازی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ابتکاری برای کاربردهای خاص هستند.

مراجع:

1. Michalewicz, Z. and Fogel, D.B.; *How to Solve it: Modern Heuristics*, Springer., 1999.
2. Dreo, J. et. Al.; *Metaheuristics for Hard Optimization*,Springer., 2005.
3. Glover, F and Laguna, M; *Tabu Search*, Springer., 1997.
4. Sivanandam S.N. and Deepa S.N.; *Introduction to Genetic Algorithms*, Springer., 2008.
5. Haupt, R.L. and Haupt, S.E.; *Practical Genetic Algorithms*, 2nd Edition, Wiley Interscience, 2004.
6. Abraham, A. Jain, L. and Goldberg, R.(Eds); *Evolutionary Multi-objective Optimization*, Springer, 2005.
7. Dorigo, M. and Stutzle, T.; *Ant colony Optimization*, 1st Edition, A Bradford Book, 2004.
8. Clerc, M.; *Particle Swarm Optimization*,Wiley-ISTE., 2006.
9. Rao, S.S.; *Engineering Optimization: Theory and Practice*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 1996.

مهندسی سامانه‌های فضایی

پیش‌نیاز: —

اهداف درس:

این درس به منظور آشنا کردن دانشجویان با فرآیندهای طراحی سامانه های فضایی طراحی شده است. در این راستا ضرورت دارد که محیط فضا شامل سیارات، مدارات، میدان های مغناطیسی و جاذبه، انتقال حرارت و از این قبیل معرفی شوند. بررسی مأموریت های متنوع فضایی از مهمترین بخش های این درس است. درس، اهداف پایه ای مأموریت را تشریح کرده ، قوانین و روش های عملی برای طراحی مأموریت و عملیات را بطور عمیق مورد آزمون قرار می دهد. با در نظر گرفتن مشارکت اجزای متعدد مستقل بر روی بنا کردن مأموریت های فضایی، عملیات هماهنگ آنها با جزئیات مورد بحث قرار خواهد گرفت. ترجمه نیازهای کاربران، طراحی معماری سیستم، تعریف استراتژی و مدیریت کردن بر یکپارچه ساری اجزاء جهت حصول نتیجه نهایی در این درس ارائه می شوند. در قسمت های مهمی از درس، طراحی، توسعه و تصدیق سیستم های فضایی به عنوان فرآیندهای طراحی مورد بحث قرار می گیرند. مدیریت ریسک و آنالیز مودهای خرابی نیز با جزئیات بررسی می شوند. اطمینان کیفی، تست و ارزیابی و همچنین استانداردهای سیستم های فضایی شامل ملاحظات قابلیت اطمینان، تست های کارخانه ای، میدانی و پروازی، استانداردهای نظامی و فضایی(ECSS) بخش های دیگری از این درس را تشکیل می دهند.

برنامه درسی:

۱. آشنایی با مهندسی فضا و سیستم های فضایی
   - آشنایی با محیط فضا
   - آشنایی با قوانین نیوتن و کپلر
   - آشنایی کلی با مدارات و مکانیک مدار
   - مدارات اغتشاشی
   - آشنایی کلی با مسائل دو، سه و چندجسمی

۲. مأموریت‌های فضایی
   - ناوبری
   - جاسوسی
   - سنجش از دور
   - ارتباطات
   - جستجو و نجات
   - اکتشافات فضایی
   - هواشناسی
   - ستاره‌شناسی و نجوم
   - مأموریت‌های سرنشین‌دار

۳. سیستم‌های فضایی

- ماهواره‌برها
- ماهواره‌ها
- وسایل سرنشین‌دار
- ایستگاه‌های فضایی

۴. مهندسی سیستم در سیستم‌های فضایی
- تجزیه و تحلیل نیاز مأموریت‌های فضایی
- الزامات مأموریت‌های فضایی
- مطالعه امکان‌سنجی
- طراحی مفهومی مأموریت فضایی، توسعه ایده عملیاتی
- پروژه‌های توسعه تکنولوژی
- طراحی و توسعه سیستم
- تولید و تجمیع
- مدیریت پروژه
- مدیریت ریسک و دیگر مؤلفه‌های برنامه
- آنالیز مودها و اثرات خرابی(FMEA)
- آنالیز بحرانی مودها و اثرات خرابی(FMECA)
- آنالیز درخت خطا(FTA)
- طراحی تحمل‌پذیر خطا

۵. تضمین مرغوبیت سیستم‌های فضایی
- اهمیت و محل مهندسی قابلیت اطمینان
- مبانی ریاضی قابلیت اطمینان
- قابلیت اطمینان قطعات و اجزاء
- قابلیت اطمینان سیستم‌ها
- قابلیت اطمینان سیستم‌های تعمیرپذیر
- مدل‌های فیزیکی قابلیت اطمینان
- آزمایشات قابلیت اطمینان

  ارزیابی قابلیت اطمینان

  شبیه سازی قابلیت اطمینان

  پیاده سازی قابلیت اطمینان

۶. طراحی آزمایشات، تست و ارزیابی سیستم های فضایی
- آزمایشات فاز طراحی
- آزمایشات فاز توسعه
- آزمایشات فاز ساخت
- آزمایشات فاز تولید
- تست‌های پذیرش کارخانه ای
- تست‌های پذیرش میدانی
- تست‌های پذیرش پروازی
- تست‌های شرایط محیطی

۷. عملیات فضایی
- آشنایی با سایت های پرتاب فضایی
- عملیات سایت های پرتاب فضایی
- پرتاب، اوجگیری، ورود، نزول و نشست
- مانورهای فضایی

۸. استانداردهای فضایی
- استانداردهای سازمان استانداردسازی فضایی همکاری اروپا(ECSS standards)
- استانداردهای اداره کل هوانوردی ملی و مدیریت فضایی(NASA standards)
- استانداردهای نظامی(Military standards)

دستاوردها:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت بگذرانند، مفاهیم زیر را فراخواهند گرفت:

۱. آشنایی دقیق با مهندسی سیستم های فضایی

۲. توانایی طراحی سیستم ها و مأموریت های فضایی

۳. توانایی تصدیق و صحه گذاری طراحی های سیستمی و مأموریت های فضایی

۴. آشنایی با چارچوب طراحی مفهومی توسعه مأموریت های فضایی سرنشین دار و بدون سرنشین

۵. تجزیه و تحلیل مدارها و مسیرهای مورد استفاده جهت انجام مأموریت های سرنشین دار و بدون سرنشین

۶. دستیابی به یک نگرش قاعده مند برای تعیین فرصت های مؤثر بر طراحی یک سیستم از دیدگاه قابلیت اطمینان

۷. دید پیدا کردن بر مدیریت ریسک و فرآیند تصمیم گیری

مراجع:

1. Larson, Wiley, and James Wertz, eds. *Space Mission Analysis and Design*. Torrance, CA: Microcosm Press, 1999. ISBN: 9781881883104.
2. Larson, Wiley, Douglas H. Kirkpatrick. *Applied Space Systems Engineering*
3. Larson, Wiley, and Linda Pranke. *Human Space Flight: Mission Analysis and Design*. Columbus, OH: McGraw-Hill Companies, 1999. ISBN: 9780072368116.
4. Eckart, Peter. *The Lunar Base Handbook: An Introduction to Lunar Base Design, Development, and Operations*. Columbus, OH: McGraw-Hill Companies, 2006. ISBN: 9780073294445.
5. Nasa system engineering handbook, December 200