جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

مهندسی برق

Electrical Engineering

مقاطع تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)

گرایش های کارشناسی ارشد ناپیوسته

۱–مدارهای مجتمع الکترونیک، ۲–افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک، ۳–سیستم‌های الکترونیک دیجیتال، ۴–سیستم قدرت، ۵–الکترونیک قدرت وماشین‌های الکتریکی، ۶– برنامه ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی، ۷–سامانه–های برقی حمل و نقل، ۸–کنترل، ۹–مخابرات سیستم، ۱۰–مخابرات میدان و موج، ۱۱– مخابرات نوری، ۱۲–مخابرات امن و رمزنگاری، ۱۳– شبکه‌های مخابراتی

گرایش های دکتری تخصصی

۱– الکترونیک، ۲–قدرت، ۳–کنترل، ۴–مخابرات سیستم، ۵–مخابرات میدان و موج

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی کارگروه تخصصی مهندسی برق

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی برق **عنوان گرایش ها: ۱-مدارهای مجتمع الکترونیک، ۲-افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک، ۳-سیستم‌های الکترونیک دیجیتال، ۴-سیستم قدرت، ۵-الکترونیک قدرت وماشین‌های الکتریکی، ۶- برنامه ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی، ۷-سامانه‌های برقی حمل و نقل، ۸-کنترل، ۹-مخابرات سیستم، ۱۰-مخابرات میدان و موج، ۱۱- مخابرات نوری، ۱۲-مخابرات امن و رمزنگاری، ۱۳- شبکه‌های مخابراتی (کارشناسی ارشد ناپیوسته)**

۱- الکترونیک، ۲-قدرت، ۳-کنترل، ۴-مخابرات سیستم، ۵-مخابرات میدان و موج (دکتری تخصصی)

گروه تحصیلی: فنی و مهندسی **دوره تحصیلی: تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)**

زیرگروه تحصیلی: مهندسی برق **نوع مصوبه: بازنگری**

پیشنهادی: کارگروه تخصصی مهندسی برق **تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱**

برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی) رشته مهندسی برق گرایش های ۱-مدارهای مجتمع الکترونیک، ۲- افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک، ۳- سیستم‌های الکترونیک دیجیتال، ۴-سیستم‌های قدرت، ۵- الکترونیک قدرت وماشین‌های الکتریکی، ۶-برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی، ۷- سامانه‌های برقی حمل و نقل، ۸-کنترل، ۹- مخابرات سیستم، ۱۰- مخابرات میدان و موج، ۱۱- مخابرات نوری، ۱۲-مخابرات امن و رمزنگاری، ۱۳- شبکه‌های مخابراتی (کارشناسی ارشد ناپیوسته) و مهندسی برق گرایش های ۱- الکترونیک، ۲-قدرت، ۳-کنترل، ۴- مخابرات سیستم، ۵-مخابرات میدان و موج (دکتری تخصصی) ، در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته‌های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می‌شوند، قابل اجرا است.

ماده دو – این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته رشته مهندسی برق گرایش های ۱-مدارهای مجتمع الکترونیک، ۲- افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک، ۳- سیستم‌های الکترونیک دیجیتال، ۴-سیستم‌های قدرت، ۵- الکترونیک قدرت وماشین‌های الکتریکی، ۶- برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی، ۷- سامانه‌های برقی حمل و نقل، ۸- کنترل، ۹-مخابرات سیستم، ۱۰- مخابرات میدان و موج، ۱۱- مخابرات نوری، ۱۲-مخابرات امن و رمزنگاری، ۱۳- شبکه‌های مخابراتی (کارشناسی ارشد ناپیوسته) و مهندسی برق گرایش های ۱- الکترونیک، ۲-قدرت، -۳-کنترل، ۴- مخابرات سیستم، ۵-مخابرات میدان و موج (دکتری تخصصی) مصوب جلسه ۸۳۶ تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۱۶ شورای عالی برنامه‌ریزی می‌شود.

ماده سه- این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۳ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

دکتر رضا نقی‌زاده
مدیر کل دفتر برنامه ریزی آموزش عالی
و دبیر کمیسیون

دکتر قاسم عموعابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی رشته

مهندسی برق

Electrical Engineering

مقاطع تحصیلات تکمیلی(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)

گروه فنی و مهندسی

کارگروه تخصصی گسترش و برنامه‌ریزی مهندسی برق

(۱۴۰۱)

بسمه تعالی

نام رشته: مهندسی برق **دوره تحصیلی: تحصیلات تکمیلی**
(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی)

گروه: فنی و مهندسی **نوع مصوبه: بازنگری**

کارگروه تخصصی: مهندسی برق

برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی برق(کارشناسی ارشد ناپیوسته در گرایش‌های ۱- مدارهای مجتمع الکترونیک ۲- افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک ۳- سیستم‌های الکترونیک دیجیتال ۴- سیستم قدرت ۵- الکترونیک قدرت وماشین‌های الکتریکی۶- برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی ۷- سامانه‌های برقی حمل و نقل ۸- کنترل ۹- مخابرات سیستم ۱۰- مخابرات میدان و موج ۱۱- مخابرات نوری ۱۲- مخابرات امن و رمزنگاری ۱۳- شبکه‌های مخابراتی و دکتری تخصصی در گرایش/ تخصص‌های ۱- الکترونیک ۲- قدرت ۳- کنترل ۴- مخابرات سیستم ۵- مخابرات میدان و موج) در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه‌ریزی آموزش عالی به شرح زیر به تصویب رسید:

ماده یک- این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تاریخ ابلاغ آن وارد دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی می‌شوند قابل اجراء است.

ماده دو- این برنامه درسی جایگزین برنامه درسی تحصیلات تکمیلی مهندسی برق مصوب جلسه ۸۳۶ تاریخ ۱۳۹۲/۴/۱۶ شورای‌عالی برنامه‌ریزی آموزشی می‌شود.

ماده سه- این برنامه‌درسی در سه فصل مشخصات کلی، جدول‌های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می‌شود.

ماده چهار- این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۳- ۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه نیاز به بازنگری دارد.

فهرست

عنـوان

صفحه

مشخصات کلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی برق ۱۰

مشخصات کلی دوره کارشناسی ارشد

تعریف و هدف ۱۲

نقش و توانایی ۱۲

طول دوره و شکل نظام ۱۲

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی ۱۲

شرایط پذیرش ۱۳

برنامه دوره کارشناسی ارشد ۱٤

گرایش مدارهای مجتمع الکترونیک ۱۵

گرایش افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک ۱۶

گرایش سیستم‌های الکترونیک دیجیتال ۱۸

گرایش سیستم‌های قدرت ۱۹

گرایش الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی ۲۱

گرایش برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲۲

گرایش سامانه‌های برقی حمل و نقل ۲۳

گرایش کنترل ۲۴

گرایش مخابرات میدان و موج ۲۷

گرایش مخابرات نـوری ۲۸

گرایش مخابرات سیستـم ۳۰

گرایش مخابرات امـن و رمزنگاری ۳۲

گرایش شبکه‌های مخابراتی ۳۳

سمینـار ۳۵

پایان‌نـامه ۳۵

مشخصات کلی دوره دکتری

تعریف و هدف ۳۷

نقش و توانایی ۳۷

شرایط پذیرش دانشجو ۳۸

طول دوره وشکل نظام ۳۸

مرحله آموزشی ۳۸

ارزیابی جامع آموزشی و پژوهشی ۳۹

مرحله تدوین رساله ۳۹

دروس مرحله آموزشی دوره دکتری

گرایش الکترونیک ۴۱

گرایش قدرت ۴۲

گرایش کنترل ۴۴

گرایش‌های مخابرات (سیستم و میدان و موج) ۴۵

سرفصل دروس

مدارهای مجتمع خطی (CMOS) ۴۹
تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم رسانا ۵۰
مدارهای مجتمع فرکانس رادیویی ۵۱
مدارهای مجتمع خیلی فشرده ۵۲
مبدل‌های داده مجتمع (A/D، D/A) ۵۳
مدارهای مجتمع درکاربردهای نوری ۵۴
VHDL ۵۵
سیستم بر تراشه ۵۶
مدارهای مجتمع یکپارچه ریزموج ۵۷
الکترونیک لیزر ۵۸
مدارهای مجتمع خطی پیشرفته (CMOS) ۵۹
مدارهای زیست الکترونیک ۶۰
مدارهای مجتمع توان پایین ۶۱
فیلترهای مجتمع ۶۲
مدارهای پهن باند ۶۳
افزاره‌های نیم‌رسانا ۶۴
الکترونیک کوآنتومی ۶۵
الکترونیک نوری ۶۶
بلورهای فوتونی ۶۷
ابر رسانایی ۶۸
نانو الکترونیک ۶۹
زیست حسگرها ۷۰
مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا ۷۱
الکترونیک نوری پیشرفته ۷۲
فیزیک حالت جامد پیشرفته ۷۳
شبیه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها ۷۴
الکترونیک دیجیتال پیشرفته ۷۵
ریز پردازنده پیشرفته ۷۶
مدارهای واسط ۷۷
شبکه‌های انتقال داده ۷۸
مدارهای ASIC/FPGA ۷۹
معماری کامپیوتر پیشرفته ۸۰
پردازش گرهای سیگنال‌های دیجیتال ۸۱
تشخیص و تحمل خرابی ۸۲
سیستم‌های چند پردازنده‌ای با کارایی بالا ۸۳
سیستم‌های بهفته ۸۴
فناوری ساخت مدارهای دیجیتال ۸۵
دینامیک سیستم‌های قدرت ۱ ..... ۸۶
بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت ۸۷
تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی ۸۸
توزیع انرژی الکتریکی ۸۹

حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت ۹۰
شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی ۹۱
کنترل توان راکتیو ۹۲
بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت ۹۳
بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت ۹۴
کیفیت توان ۹۵
سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر ۹۶
دینامیک سیستم‌های قدرت۲ ..... ۹۷
اصول کنترل مدرن ۹۸
حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت ۹۹
فناوری عایق‌ها و فشارقوی ۱۰۰
تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت ۱۰۱
تحلیل و محاسبه تلفات شبکه‌های برق ۱۰۲
الکترونیک قدرت۱ ..... ۱۰۳
طراحی ماشین‌های الکتریکی ۱۰۴
الکترونیک قدرت۲ ..... ۱۰۵
روش اجزاء محدود ۱۰۶
کنترل محرکه‌های الکتریکی ۱۰۷
ماشین‌های الکتریکی مدرن ۱۰۸
کنترل ماشین‌های الکتریکی ۱۰۹
طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت ۱۱۰
روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت ۱۱۱
طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی ۱۱۲
برنامه‌ریزی سیستم قدرت ۱۱۳
قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱۱۴
انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۱۵
مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی ۱۱۶
بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت الکتریکی ۱۱۷
بازار برق ۱۱۸
تولید پراکنده ۱۱۹
مدیریت انرژی ۱۲۰
طراحی سیستم‌های برق خورشیدی ۱۲۱
طراحی سیستم‌های سلولی خورشیدی ۱۲۲
زیر ساخت‌های حمل و نقل برقی ۱۲۳
طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی ۱۲۴
سیستم‌های ذخیره‌کننده انرژی ۱۲۵
منابع تغذیه و شارژرها ۱۲۶
طراحی و کنترل محرکه‌های رانش ۱۲۷
دینامیک حرکت پیشرفته ۱۲۸
طراحی و کنترل پل‌های سوختی ۱۲۹
الکترونیک خودرو و شبکه‌سازی در حمل و نقل ۱۳۰

مبدل‌های الکتریکی توان بالا ۱۳۱
بهره‌برداری و مدیریت سامانه‌های برقی حمل و نقل ۱۳۲
مدیریت توان در وسایط نقلیه برقی ۱۳۳
کنترل غیرخطی ۱۳۴
کنترل چند متغیره ۱۳۵
کنترل بهینه ۱۳۶
اتوماسیون صنعتی ۱۳۷
ابزار دقیق پیشرفته ۱۳۸
شناسائی سیستم ۱۳۹
کنترل زمان حقیقی ۱۴۰
سیستم‌های ترکیبی ۱۴۱
سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی ۱۴۲
سیستم‌های عیب‌یاب و کنترل تحمل‌پذیر خطا ۱۴۳
رباتیک ۱۴۴
کنترل فرآیند پیشرفته ۱۴۵
کنترل هوشمند ۱۴۶
مکاترونیک ۱۴۷
طراحی سیستم‌های اتوماسیون صنعتی ۱۴۸
کنترل فرآیندهای تصادفی ۱۵۰
کنترل تطبیقی ۱۵۱
هدایت و ناوبری ۱۵۲
سیستم‌های وقایع گسسته ۱۵۳
کنترل مقاوم ۱۵۴
کنترل فازی ۱۵۵
کنترل عصبی ۱۵۶
بهینه‌سازی محدب ۱۵۷
کنترل سیستم‌های مقیاس بزرگ ۱۵۸
کنترل پیش‌بین ۱۵۹
تشخیص و شناسایی خطا ۱۶۰
معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی ۱۶۱
برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی ۱۶۲
پویایی سیستم‌ها ۱۶۳
نظریه بازی ۱۶۴
مهندسی تحلیل ریسک و عدم قطعیت ۱۶۵
نظریه گراف ۱۶۶
شبکه‌های عصبی ۱۶۷
سیستم‌های فازی ۱۶۸
مدل‌سازی و شبیه‌سازی ۱۷۰
سیستم‌های پیچیده ۱۷۱
الکترومغناطیس پیشرفته ۱۷۲
ریاضیات مهندسی پیشرفته ۱۷۳
ریزموج ۲ ..... ۱۷۴

آنتن۲ ..... ۱۷۵
روش‌های عددی در الکترومغناطیس ۱۷۶
مدارهای فعال ریزموج ۱۷۷
سازگاری الکترومغناطیسی ۱۷۸
پراکندگی امواج ۱۷۹
دایادهای گرین در الکترومغناطیس ۱۸۰
جنگ الکترونیک ۱۸۱
سنجش از دور ۱۸۲
فناوری تراهرتز ۱۸۳
آنتن آرایه‌ای ریزنواری ۱۸۴
روش‌های مجانبی در الکترومغناطیس ۱۸۵
فرا مواد ۱۸۶
آنتن‌های مدار چاپی ۱۸۷
فوتونیک ۱۸۸
موجبر های نوری ۱۸۹
سیستم‌های مخابرات نوری ۱۹۰
لیزر ۱۹۱
نور فوریه ۱۹۲
نور غیرخطی ۱۹۳
ریز موج فوتونیک ۱۹۴
نورکوانتومی ۱۹۵
مکانیک کوانتومی ۱۹۶
فیبر نوری غیرخطی ۱۹۷
مدولاسیون نوری ۱۹۸
پردازشگرهای نوری ۱۹۹
مخابرات کوانتومی ۲۰۰
نانو فوتونیک ۲۰۱
نور آماری ۲۰۲
فوتونیک مجتمع ۲۰۳
فوتونیک محاسباتی ۲۰۴
مخابرات نوری ماهواره‌ای ۲۰۵
فرآیندهای تصادفی ۲۰۶
تئوری پیشرفته مخابرات ۲۰۷
پردازش سیگنال دیجیتال پیشرفته ۲۰۸
سیستم‌های مخابرات بی‌سیم ۲۰۹
شبکه‌های مخابراتی ۲۱۰
کد گذاری کانال ۲۱۱
کد گذاری کانال پیشرفته ۲۱۲
تئوری اطلاعات ۲۱۳
تئوری اطلاعات پیشرفته ۲۱۴
پردازش گفتار ۲۱۵
پردازش تصویر ۲۱۶

تئوری آشکارسازی ۲۱۷
فیلترهای وفقی ۲۱۸
مخابرات طیف گسترده ۲۱۹
تئوری تخمین ۲۲۰
مخابرات سلولی ۲۲۱
اصول و سیستم‌های راداری ۲۲۲
مخابرات ماهواره‌ای ۲۲۳
رمزنگاری ۲۲۴
ریاضیات رمزنگاری ۲۲۵
امنیت شبکه ۲۲۶
نهان‌نگاری اطلاعات ۲۲۷
رمزنگاری پیشرفته ۲۲۸
پیچیدگی محاسبات ۲۲۹
پروتکل‌های امن در شبکه ۲۳۰
سیستم‌های تشخیص نفوذ ۲۳۱
شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته ۲۳۲
مدیریت شبکه ۲۳۳
سوئیچ و مسیریاب در شبکه ۲۳۴
شبکه‌های مخابرات بی‌سیم ۲۳۵
کنترل ترافیک در شبکه‌های مخابراتی ۲۳۶
مهندسی ترافیک در شبکه‌های مخابراتی ۲۳۷
ارتباطات چند رسانه‌ای ۲۳۸
الگوریتم‌های شبکه ۲۳۹
طراحی شبکه‌های مخابراتی ۲۴۰
برنامه نویسی شبکه ۲۴۱
مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه ۲۴۲
نظریه صف ۲۴۳
محاسبات ابری ۲۴۴
شبکه‌های مخابرات نوری ۲۴۵

مشخصات کلی
دوره‌های تحصیلات تکمیلی

بسم الله الرحمن الرحیم

مشخصات کلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی برق

مقدمـه:

رشد سریع و روز افزون علوم مختلف در جهان، به ویژه در چند دهه اخیر، ضرورت برنامه‌ریزی مناسب و تلاش مضاعف جهت هماهنگی با پیشرفت‌های گسترده علمی و صنعتی را آشکار می‌سازد. بدون شک تقویت خود باوری، استفاده مطلوب از خلاقیت‌های انسانی، ثروت‌های ملی و ابزار و امکانات موجود از مهم‌ترین عواملی است که در پرتوی برنامه‌ریزی مناسب می تواند کشور را در مسیر ترقی و پیشرفت به پیش ببرد.

بدون تردید پیشرفت صنعتی و حرکت به سوی خود اتکائی که از اهداف والای انقلاب اسلامی است، بدون توجه کافی به امر تحقیقات میسر نبوده و تحقق کلیه مراتب آموزش در بالاترین سطح، پژوهش در مرزهای دانش واستفاده از فناوری پیشرفته را ایجاب می نماید. در این راستا، اجرای هر پروژه، در مراحل مختلف مطالعات اولیه، طرح، اجرا و کنترل پیشرفت، نیازمند برنامه ریزی مناسب و استفاده مطلوب از آموزش در سطوح مختلف می‌باشد.

گروه فنی و مهندسی شورای عالی برنامه‌ریزی با اتکال به خداوند متعال و با امید به فراهم شدن زمینه‌های لازم برای ارتقاء در زمینه آموزش‌های فنی و مهندسی و با تکیه بر تجربیات پیشین در تهیه برنامه‌های درسی، اقدام به بازنگری مجموعه تحصیلات تکمیلی برق (مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری) نموده و شرط موفقیت را تمهید زمینه حذب دانشجویان مستعد، آماده و علاقمند، مشارکت و حمایت شایسته از جانب دانشگاه‌ها در ارائه کیفی این دوره‌ها، تقویت و گسترش مراکز تحقیقاتی، تاسیس مراکز تحقیق و توسعه در صنعت و ارتباط منسجم آنها با دانشگاهها می‌داند. دستیابی به بالاترین سطح از علم و فناوری گرچه دشوار می‌باشد، لکن ضرورتی است که در سایه شکوفایی استعدادهای درخشان جوانان کشور، که تاریخ شاهد بروز شکوفایی آن در مقاطع مختلف بوده است، از یک طرف، و اعتقاد راسخ مراکز صنعتی به ارتقاء کیفیت خدمات و تولیدات، از طرف دیگر، تحقق یافتنی است.

نظربراینکه برنامه تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی برق بادرنظرگرفتن آئین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی تدوین وبازنگری شده است، ازذکر مواد و تبصره‌های مندرج در آن آئین‌نامه خودداری شده است. تأکید می‌نماید که دروس تخصصی تحصیلات تکمیلی با عناوین و محتوای یکسان دردوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری ارائه می‌شود. ولذا جداول دروس هر گرایش در دوره دکتری تلفیق دروس تخصصی گرایش‌های مرتبط در مقطع کارشناسی ارشد است.

مشخصات کلی

دوره کارشناسی ارشـــد

دوره کارشناسی ارشـد

۱. تعریف و هدف :

دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق مرکب از دروس نظری و برنامه تحقیقاتی در زمینه برق است. هدف از ایجاد این دوره تربیت دانشجویانی است که بتوانند با فعالیت در برنامه‌ریزی، مدیریت، طرح و پیاده کردن سیستم‌ها و طرح و ساخت افزاره‌ها و تجهیزات در یکی از تخصص‌های الکترونیک، قدرت،کنترل و مخابرات بنحو مؤثری پاسخگوی نیازها و ارتقاء دهنده سطح علمی کشور باشند.

۲. نقش و توانایی :

دانش آموختگان این دوره می‌توانند علاوه بر کار آموزشی یا پژوهشی دانشگاهی، در مراکز تحقیقاتی واحدهای صنعتی، تولیدی و خدماتی که در سطح وسیع با مسائل روزآمد مهندسی برق درگیر هستند، فعالیت نمایند. پذیرش مسئولیت و مشارکت در طراحی و اجرای پروژه‌ها و ارتقاء سیستم‌های موجود از دیگر توانایی‌های دانش آموخته‌ها محسوب می‌شود.

۳. طول دوره و شکل نظام :

حداقل طول این دوره ۳ نیمسال است و دانشجویانی که با آمادگی لازم، کار درسی و تحقیقاتی خود را بنحو ایده‌آل انجام دهند، می‌توانند در۳ نیمسال این دوره را به پایان برسانند. سقف طول دوره توسط آیین‌نامه‌های عام مشخص می‌شود. نظام آموزشی آن نیمسال - واحدی، دوره تدریس هر نیمسال ۱۶ هفته و یک واحد نظری معدل یک ساعت تدریس در هفته می‌باشد.

۴. تعداد واحدهای درسی و پژوهشی :

تعداد کل واحدهای دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق ۳۲ واحد درسی و تحقیقاتی بشرح زیر است :

تخصصی الزامی	۶ واحد
تخصصی انتخابی	۶ واحد
تخصصی اختیاری	۱۲ واحد

(تحصیلات تکمیلی دانشکده / گروه می‌تواند گذراندن تا دو درس تخصصی انتخابی گرایش را الزامی نماید.)

سمینار	۲ واحد
پایان‌نامه	۶ واحد
جمع	۳۲ واحد

۱-۴- دروس جبرانی

علاوه بر موارد فوق، در صورتیکه دانشجویان این دوره، دروس مشخص شده (یا معادل آنها) راقبلاً در سطح کارشناسی یا لیسانس نگذرانده باشند، باید با حداقل نمره ۱۲ آنها را بگذرانند. برای دروس جبرانی واحدی به دانشجویان تعلق نمی‌گیرد.

۵. شرایط پذیرش :

۱-۵- دوره‌های کارشناسی قابل قبول :

هر گرایش در این دوره در ادامه زمینه تخصصی متناظر در دوره کارشناسی مهندسی برق برنامه‌ریزی شده است، لیکن فارغ‌التحصیلان دیگر زمینه‌های تخصصی کارشناسی مهندسی برق و همچنین عموم دوره‌های کارشناسی فنی و مهندسی و علوم پایه می‌توانند در آن شرکت نمایند، مشروط به آنکه دروس «جبرانی» تعیین شده را با موفقیت بگذرانند.

۲-۵- آزمون ورودی :

آزمون ورودی بطور کتبی از دروس پایه و اصلی مهندسی برق بعمل می‌آید، تا کسانیکه دروس تخصصی زمینه مورد نظر را نگذرانده‌اند اما پایه قوی در دوره‌های کارشناسی مرتبط دارند، امکان موفقیت در آن داشته باشند. پذیرش در سایر قالب‌ها تابع ضوابط وزارت و دانشگاه‌ها و مؤسسات مجری است.

۳-۵- زبان خارجی :

آشنایی با یک زبان خارجی علمی بنحوی که دانشجو بتواند بسهولت از متون علمی آن زبان استفاده نماید، ضروری است. میزان این تسلط ممکن است بوسیله آزمون ورودی تعیین گردد.

۴-۵- سوابق تحصیلی و علمی :

دانشکده/گروه آموزشی، در چارچوب ضوابط، امتیاز سوابق تحصیلی و علمی واجدین حدّ نصاب آزمون ورودی را مشخص و جهت لحاظ در تعیین اولویت قبولی علمی داوطلبان ورود به دوره به مرجع ذیربط منعکس می‌سازد.

برنامه
دوره کارشناسی ارشـــد

۱) گرایش مدارهای مجتمع الکترونیک

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فیزیک الکترونیک	۳
۲	الکترونیک۳	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	مدارهای مجتمع خطی(CMOS)	۳
۲	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	مدارهای مجتمع فرکانس رادیویی (RFIC)	۳
۲	مدارهای مجتمع خیلی فشرده (VLSI)	۳
۳	مبدل‌های داده مجتمع (A/D,D/A)	۳
۴	مدارهای مجتمع در کاربردهای نوری	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	VHDL	۳
۲	سیستم بر تراشه	۳
۳	مدارهای مجتمع یکپارچه ریزموج	۳
۴	الکترونیک لیزر	۳
۵	مدارهای مجتمع خطی پیشرفته (CMOS)	۳
۶	مدارهای زیست الکترونیک	۳
۷	مدارهای مجتمع توان پایین	۳
۸	فیلترهای مجتمع	۳
۹	مدارهای پهن باند	۳
۱۰	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۱	آزمایشگاه تخصّصی	۱-۳
۱۲	مباحث ویژه	۳
۱۳	مباحث ویژه	۳
۱۴	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۵	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۲) گرایش افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فیزیک الکترونیک	۳
۲	الکترونیک۳	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردی ف	نام درس	تعداد واحد
۱	افزاره‌های نیم رسانا	۳
۲	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک کوانتومی	۳
۲	الکترونیک نوری	۳
۳	مدارهای مجتمع در کاربردهای نوری	۳
۴	مدارهای مجتمع خطی(CMOS)	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	بلورهای فوتونی	۳
۲	ابررسانایی	۳
۳	نانو الکترونیک	۳
۴	زیست حسگرها	۳
۵	مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا	۳
۶	الکترونیک نوری پیشرفته	۳
۷	فیزیک حالت جامد پیشرفته	۳
۸	شبیه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها	۳

۹	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۰	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۱	مباحث ویژه	۳
۱۲	مباحث ویژه	۳
۱۳	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۴	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۳) گرایش سیستم‌های الکترونیک دیجیتال

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سیستم‌های دیجیتال۲ (ریز پردازنده‌ها)	۳
۲	پردازش سیگنال دیجیتال(DSP)	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک دیجیتال پیشرفته	۳
۲	ریز پردازنده پیشرفته	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	مدارهای مجتمع خیلی فشرده (VLSI)	۳
۲	مدارهای واسط	۳
۳	شبکه‌های انتقال داده	۳
۴	مدارهای ASIC/FPGA	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	معماری کامپیوتر پیشرفته	۳
۲	پردازشگرهای سیگنال‌های دیجیتال	۳
۳	تشخیص و تحمل خرابی	۳
۴	VHDL	۳
۵	سیستم‌های چند پردازنده‌ای با کارآیی بالا	۳
۶	سیستم‌های نهفته	۳
۷	فناوری ساخت مدارهای دیجیتال	۳
۸	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۹	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۰	مباحث ویژه	۳
۱۱	مباحث ویژه	۳
۱۲	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۳	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۴) گرایش سیستم‌های قدرت

الف) دروس جبرانی:۲درس از ۳ درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ماشین‌های الکتریکی۳	۳
۲	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲	۳
۳	الکترونیک صنعتی	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت۱	۳
۲	بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی	۳
۲	توزیع انرژی الکتریکی	۳
۳	حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت	۳
۴	شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل توان راکتیو	۳
۲	بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت	۳
۳	بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت	۳
۴	کیفیت توان	۳
۵	سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف پذیر	۳
۶	دینامیک سیستم‌های قدرت۲	۳
۷	اصول کنترل مدرن	۳
۸	حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت	۳
۹	فناوری عایق‌ها و فشارقوی	۳
۱۰	تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت	۳
۱۱	تحلیل و محاسبه تلفات شبکه‌های برق	۳
۱۲	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۳	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۴	مباحث ویژه	۳

۱۵	مباحث ویژه	۳
۱۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۷	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۵) گرایش الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی

الف) دروس جبرانی:۲درس از ۳ درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ماشین‌های الکتریکی۳	۳
۲	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲	۳
۳	الکترونیک صنعتی	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردی ف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک قدرت۱	۳
۲	تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	طراحی ماشین‌های الکتریکی	۳
۲	الکترونیک قدرت۲	۳
۳	روش اجزاء محدود	۳
۴	کنترل محرکه‌های الکتریکی	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ماشین‌های الکتریکی مدرن	۳
۲	کنترل ماشین‌های الکتریکی	۳
۳	طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت	۳
۴	روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت	۳
۵	طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی	۳
۶	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۷	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۸	مباحث ویژه	۳
۹	مباحث ویژه	۳
۱۰	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۱	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۶) گرایش برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی

الف) دروس جبرانی: ۲درس از ۳ درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ماشین‌های الکتریکی۳	۳
۲	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲	۳
۳	الکترونیک صنعتی	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	برنامه‌ریزی سیستم قدرت	۳
۲	قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	انرژی‌های تجدیدپذیر	۳
۲	شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی	۳
۳	مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی	۳
۴	بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت الکتریکی	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	بازار برق	۳
۲	تولید پراکنده	۳
۳	تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت	۳
۴	مدیریت انرژی	۳
۵	طراحی سیستم‌های برق خورشیدی	۳
۶	طراحی سیستم‌های سلولی خورشیدی	۳
۷	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۸	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۹	مباحث ویژه	۳
۱۰	مباحث ویژه	۳
۱۱	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۲	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۷) گرایش سامانه‌های برقی حمل و نقل

الف) دروس جبرانی : ۲ درس از ۳ درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک صنعتی	۳
۲	ماشین‌های الکتریکی۳	۳
۳	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	زیرساخت‌های حمل و نقل برقی	۳
۲	طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک قدرت۱	۳
۲	سیستم‌های ذخیره کننده انرژی	۳
۳	منابع تغذیه و شارژرها	۳
۴	طراحی و کنترل محرکه‌های رانش	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک حرکت پیشرفته	۳
۲	طراحی و کنترل پیل‌های سوختی	۳
۳	الکترونیک خودرو و شبکه‌سازی در حمل و نقل برقی	۳
۴	مبدل‌های الکتریکی توان بالا	۳
۵	بهره‌برداری و مدیریت سامانه‌های برقی حمل و نقل	۳
۶	مدیریت توان در وسائط نقلیه برقی	۳
۷	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۸	مباحث ویژه	۳
۹	مباحث ویژه	۳
۱۰	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶

تبصره: متقاضیان برگزاری این گرایش باید سابقه اجرای کامل (تا مرحله دانش آموختگی) ۲ دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق در گرایش الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی را داشته و علاوه بر بهره‌مندی از اعضای هیأت علمی متخصص، دارای آزمایشگاه‌های تخصصی مرتبط (الکترونیک قدرت، ماشین‌های الکتریکی، ...) باشند.

۸) گرایش کنتـــرل

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	اصول کنترل مدرن	۳
۲	کنترل دیجیتال	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل غیرخطی	۳
۲	کنترل چند متغیره	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی:انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل بهینه	۳
۲	اتوماسیون صنعتی	۳
۳	ابزار دقیق پیشرفته	۳
۴	شناسایی سیستم	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از یکی مجموعه‌های تخصصّی **اتوماسیون صنعتی**

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل زمان حقیقی	۳
۲	سیستم‌های ترکیبی	۳
۳	سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی	۳
۴	سیستم‌های عیب‌یابی و کنترل تحمل پذیرخطا	۳
۵	رباتیک	۳
۶	کنترل فرآیند پیشرفته	۳
۷	کنترل هوشمند	۳
۸	مکاترونیک	۳
۹	طراحی سیستم‌های اتوماسیون صنعتی	۳
۱۰	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶

۱۱	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۲	مباحث ویژه	۳
۱۳	مباحث ویژه	۳
۱۴	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۵	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

سیستم‌های کنترل

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل فرآیندهای تصادفی	۳
۲	کنترل تطبیقی	۳
۳	هدایت و ناوبری	۳
۴	سیستم‌های وقایع گسسته	۳
۵	کنترل مقاوم	۳
۶	کنترل فازی	۳
۷	کنترل عصبی	۳
۸	بهینه‌سازی محدب	۳
۹	سیستم‌های ابعاد بزرگ	۳
۱۰	کنترل پیش‌بین	۳
۱۱	تشخیص و شناسایی خطا	۳
۱۲	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۳	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۴	مباحث ویژه	۳
۱۵	مباحث ویژه	۳
۱۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۷	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

مهندسی سیستم

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی	۳
۲	برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی	۳
۳	دینامیک سیستم‌ها	۳
۴	نظریه بازی‌ها	۳
۵	مهندسی تحلیل ریسک و عدم قطعیت	۳

۶	نظریه گراف	۳
۷	شبکه‌های عصبی	۳
۸	سیستم‌های فازی	۳
۹	مدل‌سازی و شبیه‌سازی	۳
۱۰	سیستم‌های پیچیده	۳
۱۱	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۲	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۳	مباحث ویژه	۳
۱۴	مباحث ویژه	۳
۱۵	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۶	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۹) گرایش مخابرات میدان و موج

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	میدان و امواج	۳
۲	ریزموج و آنتن (ریزموج۱)	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترومغناطیس پیشرفته	۳
۲	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ریزموج۲	۳
۲	آنتن۲	۳
۳	روش‌های عددی در الکترومغناطیس	۳
۴	مدارهای فعال ریزموج	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)	۳
۲	پراکندگی امواج	۳
۳	دایادهای گرین در الکترومغناطیس	۳
۴	جنگ الکترونیک	۳
۵	سنجش از دور	۳
۶	فناوری تراهرتز	۳
۷	آنتن آرایه‌ای ریز نواری	۳
۸	روش‌های مجانبی در الکترومغناطیس	۳
۹	فرا مواد	۳
۱۰	آنتن‌های مدار چاپی	۳
۱۱	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۲	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۳	مباحث ویژه	۳
۱۴	مباحث ویژه	۳
۱۵	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۶	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۱۰) گرایش مخابرات نـــوری

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	میدان و امواج	۳
۲	ریزموج و آنتن (ریزموج۱)	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردی ف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترومغناطیس پیشرفته	۳
۲	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فوتونیک	۳
۲	موجبرهای نوری	۳
۳	سیستم‌های مخابرات نوری	۳
۴	الکترونیک نوری	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	لیزر	۳
۲	نور فوریه	۳
۳	نور غیرخطی	۳
۴	ریزموج فوتونیک	۳
۵	نور کوآنتومی	۳
۶	مکانیک کوآنتومی	۳
۷	فیبر نوری غیرخطی	۳
۸	مدولاسیون نوری	۳
۹	پردازش گرهای نوری	۳
۱۰	مخابرات کوانتومی	۳
۱۱	نانو فوتونیک	۳
۱۲	نوزامازی	۳
۱۳	فوتونیک مجتمع	۳

۱۴	فوتونیک محاسباتی	۳
۱۵	مخابرات نوری ماهواره‌ای	۳
۱۶	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۷	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۸	مباحث ویژه	۳
۱۹	مباحث ویژه	۳
۲۰	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۲۱	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۱۱) گرایش مخابرات سیستـــم

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	پردازش سیگنال دیجیتال (DSP)	۳
۲	مخابرات دیجیتال	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فرآیندهای تصادفی	۳
۲	تئوری پیشرفته مخابرات	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	پردازش سیگنال دیجیتال پیشرفته	۳
۲	سیستم‌های مخابرات بی‌سیم	۳
۳	شبکه‌های مخابراتی	۳
۴	کد گذاری کانال	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کدگذاری کانال پیشرفته	۳
۲	تئوری اطلاعات	۳
۳	تئوری اطلاعات پیشرفته	۳
۴	پردازش گفتار	۳
۵	پردازش تصویر	۳
۶	تئوری آشکارسازی	۳
۷	فیلترهای وفقی	۳

۸	مخابرات طیف گسترده	۳
۹	تئوری تخمین	۳
۱۰	مخابرات سلولی	۳
۱۱	اصول و سیستم‌های راداری	۳
۱۲	مخابرات ماهواره‌ای	۳
۱۳	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۴	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۱۵	مباحث ویژه	۳
۱۶	مباحث ویژه	۳
۱۷	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۸	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۱۲) گرایش مخابرات امـــن و رمزنگاری

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	پردازش سیگنال دیجیتال (DSP)	۳
۲	مخابرات دیجیتال	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فرآیندهای تصادفی	۳
۲	تئوری پیشرفته مخابرات	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	رمزنگاری	۳
۲	ریاضیات رمزنگاری	۳
۳	امنیت شبکه	۳
۴	نهان‌نگاری اطلاعات	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	رمزنگاری پیشرفته	۳
۲	پیچیدگی محاسبات	۳
۳	پروتکل‌های امن در شبکه	۳
۴	سیستم‌های تشخیص نفوذ	۳
۵	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۶	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱
۷	مباحث ویژه	۳
۸	مباحث ویژه	۳
۹	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۰	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

۱۳) گرایش شبکه‌های مخابراتی

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	شبکه‌های کامپیوتری	۳
۲	مخابرات دیجیتال	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فرآیندهای تصادفی	۳
۲	تئوری پیشرفته مخابرات	۳

ج) دروس تخصصی انتخابی: انتخاب دو درس به پیشنهاد استاد راهنما از چهار درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	شبکه‌های مخابراتی بی‌سیم	۳
۲	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته	۳
۳	مدیریت شبکه	۳
۴	سوئیچ و مسیریاب در شبکه	۳

د) دروس تخصصی اختیاری: انتخاب چهار درس به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید گروه آموزشی از مجموعه‌ی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل ترافیک در شبکه‌های مخابراتی	۳
۲	مهندسی ترافیک در شبکه‌های مخابراتی	۳
۳	ارتباطات چند رسانه‌ای	۳
۴	الگوریتم‌های شبکه	۳
۵	طراحی شبکه‌های مخابراتی	۳
۶	برنامه‌نویسی شبکه	۳
۷	مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه	۳
۸	نظریه صف	۳
۹	مخابرات ابری	۳
۱۰	شبکه‌های مخابرات نوری	
۱۱	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۲	آزمایشگاه تخصّصی	۳-۱

۱۳	مباحث ویژه	۳
۱۴	مباحث ویژه	۳
۱۵	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۶	دو درس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶

سمینـار:

- آموزش/ فراگیری مبانی و مراحل انجام تحقیق، اصول اخلاقی، روش‌های ارائه دستاوردها به طور شفاهی و کتبی
- بررسی زمینه‌های جاری تحقیقاتی، حتی‌الامکان با توجه به موضوعات و مسائل مورد نیاز کشور، در زمینه‌ی تخصصی
- مطالعه زمینه‌های تحقیقاتی با هدف موضوع پایان‌نامه
- تهیه گزارش مدون به صورت کتبی و ارائه شفاهی آن توسط دانشجو

پایان‌نامـه:

فعالیت‌های تحقیقاتی دانشجو در جهت انجام یک پروژه مشخص و تحت راهنمایی استاد راهنما انجام می‌گیرد. شرکت در کلاس‌های درسی دیگر حسب تشخیص استاد راهنما ضروری است. به منظور حفظ کیفیت و ارزش علمی پایان‌نامه در عین توجه به نیازهای کشور، لازم است کمیته تخصصی با ترکیب مناسب عهده‌دار بررسی و تعیین موضوعات مناسب باشد. در این بررسی ممکن است "اهداف"، "نتایج"، "تجهیزات مورد نیاز"، "اعتبار لازم" و "حجم کلی کار" به عنوان پارامترهای مهم مورد ارزیابی قرار گیرد.

ارزیابی فعالیت دانشجو در پایان‌نامه کارشناسی ارشد از نظر کیفی و کمّی توسط هیأت داوران انجام می‌شود. موفقیت دانشجو در گذراندن پایان‌نامه موکول به نظر این هیأت است. به منظور حفظ ضوابط و استانداردها در پژوهش دوره کارشناسی ارشد و جلوگیری از تنزل تدریجی سطح کار لازم است ترکیب هیأت داوران طبق ضوابط مناسب و با دقت کافی مشخص شود.

مشخصات کلی

دوره دکتری

دوره دکتـری

۱. تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی برق بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی است که به اعطای مدرک در این زمینه می‌انجامد ورسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه‌ای خاص درگسترش مرزهای دانش و تحلیل جامع و رفع نیازهای کشور موثر باشند. این دوره مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی با گرایش‌های زیر می باشد.

۱. الکترونیک

۲. قدرت

۳. کنترل

۴. مخابرات سیستم

۵. مخابرات میدان و موج

محور اصلی فعالیت های علمی دوره دکتری، به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله تکمیل دانسته‌های داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می‌باشد.

هدف از دوره دکتری مهندسی برق، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی مهم در یک زمینه خاص از این رشته، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است:

- آشنا شدن با روش های پیشرفته تحقیق و کوشش برای نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- تسلط یافتن بر یک یا چند امر، همچون ۱- تعلیم، تحقیق و برنامه‌ریزی، ۲- طراحی، اجرا، هدایت، نظارت و ارزیابی، ۳- تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی در لبه دانش و ۴- حل جامع مشکلات عملی جامعه در یکی از زمینه‌های مهندسی برق

۲. نقش و توانایی

از دانش‌آموختگان دوره دکتری انتظار می‌رود که ضمن اشراف به آخرین یافته‌های نظری و کاربردی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه، راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و پژوهشی)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه‌ای ارائه نمایند. بخش دیگری از فعالیت دانش‌آموختگان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و

تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش موثری داشته باشند.

۳. شرایط پذیرش دانشجو

شرایط ورود به دوره دکتری مهندسی برق مطابق با آئین‌نامه مصوب شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی بوده و دراین راستا موارد زیر نیز مد نظر می‌باشد.

الف – داشتن مدارک کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق و یا سایر رشته‌های مهندسی و علوم پایه مرتبط با گرایش انتخاب شده

تبصره: پذیرفته شدگان می‌باید دروس جبرانی به پیشنهاد استاد راهنما و تأیید کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده را با حداقل نمره ۱۴ بگذارنند. تعداد واحد و نمره این دروس، در مرحله‌ی آموزشی و معدل دوره لحاظ نمی‌گردد.

ب- برگزاری آزمون‌های کتبی و شفاهی اختصاصی جهت ورود به دوره دکتری، تابع قوانین وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد.

ج- پذیرش، تشخیص و تأیید صلاحیت علمی داوطلب در ورود به دوره دکتری نهایتاً به عهده دانشکده/گروه پذیرنده و زیر نظر مدیریت دانشگاه و وفق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام می‌شود.

۴. طول دوره وشکل نظام

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

۵. مرحله آموزشی

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی برق، گذراندن حداقل ۱۵ واحد درسی از دروس تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) الزامی است، به نحوی که مجموع تعداد واحد این دروس در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری به حداقل ۲۴ برسد.

تبصـــره:

دانشجو موظف است در نیمسال اول ورود به دوره، اقدام به انتخاب استاد راهنمای (تحقیق) خود نماید. در همین زمان کلیات زمینه تحقیقاتی دانشجو و چارچوب دروس مربوطه توسط دانشجو وزیر نظر استاد راهنما تهیه و به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده/گروه می‌رسد.

۶. ارزیابی جامع آموزشی و پژوهشی

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند، لازم است در ارزیابی جامع که براساس آئین‌نامه مؤسسه برگزار می‌گردد شرکت نمایند. ارزیابی مرحله آموزشی بصورت کتبی و یا شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دو بار می‌تواند در ارزیابی جامع آموزشی و پژوهشی شرکت نماید.

۷. مرحله تدوین رساله

دانشجویان بعد از تصویب زمینه کلی تحقیقاتی خود می تواند فعالیت‌های پژوهشی خود را آغاز نمایند. دانشجویانی که در ارزیابی جامع پذیرفته می‌شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت نام می‌کنند. سقف تعداد کل واحدهای پژوهشی که دانشجو در مرحله تدوین رساله اخذ می‌کند ۲۱ می‌باشد بنحوی که مجموع واحدهای درسی و پژوهشی از ۳۶ کمتر نباشد. تمدید مراحل آموزشی و پژوهشی با توجه به سنوات دانشجو و مطابق آئین‌نامه دکتری خواهد بود. ثبت نام و اخذ واحدهای پژوهشی لزوماً به معنی تصویب و قبول رساله نیست و ارزیابی رساله مطابق با ضوابط آئین‌نامه دوره دکتری انجام می‌شود.

تبصـــره ۱

دانشجو مؤظف است حداکثر ظرف یک نیمسال پس از قبولی در ارزیابی جامع، پیشنهاد رساله خود را با راهنمایی و همکاری اساتید راهنما و مشاور تهیه نماید تا با تایید آنان، در کمیته تخصصی بررسی پیشنهاد رساله مطرح و از چارچوب کلی آن دفاع شود.

تبصـــره ۲

أ. پس از تأیید پیشنهاد رساله در کمیته مربوطه، دانشجو مؤظف است به شکل منظم گزارش پیشرفت تحقیق خود را به استاد راهنما و مشاورین ارائه نماید.

ب. در راستای ارزیابی کارهای انجام شده، دانشجو گزارش پیشرفت کار رساله را در انتهای هر سال (از آغاز مرحله پژوهش) به کمیته تخصصی بررسی و هدایت رساله متشکل از استاد راهنما و مشاورین رساله و تعدادی (یا همهٔ) از اساتید داخل و خارج از موسسه که توسط گروه تخصصی و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین شده است، ارائه می‌نماید.

ج. توصیه می شود اعضاء حاضر در کمیته تخصصی بررسی و هدایت هر رساله از هیأت داوران آن رساله باشند.

تبصـــره ۳

تغییر استاد راهنما و یا موضوع رساله، تنها یک بار و با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده امکان پذیر می‌باشد. بدیهی است سنوات تحصیلی دانشجو نباید از حداکثر مدت مجاز تجاوز کند.

تبصـــره ۴

پس از تکمیل و تدوین رساله در موعد تعیین شده و تأیید کیفیت علمی و صحت مطالب آن از طرف استاد راهنما، دانشجو مؤظف است از رساله دکتری خود در حضور هیأت داوری دفاع نماید.

۸. دروس مرحله آموزشی دوره دکتری

دروس تخصصی تحصیلات تکمیلی قابل ارائه در دوره دکتری همان عناوین دروس ارائه شده برای دوره کارشناسی ارشد می‌باشد که به تفکیک گرایش در جداول دروس آمده است. اخذ مجدّد دروسی که دانشجو در یکی از مقاطع تحصیلی قبلی گذرانده است مجاز نیست و جزء واحدهای دوره محسوب نمی‌شود.

دروس مرحله آموزشی

۱) گرایش الکترونیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	مدارهای مجتمع خطی(CMOS)	۳
۲	تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا	۳
۳	مدارهای مجتمع فرکانس رادیویی (RFIC)	۳
۴	مدارهای مجتمع خیلی فشرده (VLSI)	۳
۵	مبدل‌های داده مجتمع (A/D,D/A)	۳
۶	مدارهای مجتمع در کاربردهای نوری	۳
۷	VHDL	۳
۸	سیستم بر تراشه	۳
۹	مدارهای مجتمع یکپارچه ریزموج	۳
۱۰	الکترونیک لیزر	۳
۱۱	مدارهای مجتمع خطی پیشرفته (CMOS)	۳
۱۲	مدارهای زیست الکترونیک	۳
۱۳	مدارهای مجتمع توان پایین	۳
۱۴	فیلترهای مجتمع	۳
۱۵	مدارهای پهن باند	۳
۱۶	زیست حسگرها	۳
۱۷	افزاره‌های نیم رسانا	۳
۱۸	شبیه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها	۳
۱۹	الکترونیک کوآنتومی	۳
۲۰	الکترونیک نوری	۳
۲۱	بلورهای فوتونی	۳
۲۲	ابررسانایی	۳
۲۳	نانو الکترونیک	۳
۲۴	مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا	۳
۲۵	الکترونیک نوری پیشرفته	۳
۲۶	فیزیک حالت جامد پیشرفته	۳
۲۷	الکترونیک دیجیتال پیشرفته	۳
۲۸	ریز پردازنده پیشرفته	۳
۲۹	مدارهای واسط	۳
۳۰	شبکه‌های انتقال داده	۳
۳۱	مدارهای ASIC/FPGA	۳

۳۲	معماری کامپیوتر پیشرفته	۳
۳۳	پردازشگرهای سیگنال‌های دیجیتال	۳
۳۴	تشخیص و تحمل خرابی	۳
۳۵	سیستم‌های چند پردازنده‌ای با کارآیی بالا	۳
۳۶	سیستم‌های نهفته	۳
۳۷	فناوری ساخت مدارهای دیجیتال	۳
۳۸	مباحث ویژه	۳
۳۹	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها با تأیید گروه آموزشی	
۴۰	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه‌ریزی عتف	

۲) گرایش قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت۱	۳
۲	بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت	۳
۳	تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی	۳
۴	توزیع انرژی الکتریکی	۳
۵	حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت	۳
۶	شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی	۳
۷	کنترل توان راکتیو	۳
۸	بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت	۳
۹	بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت	۳
۱۰	کیفیت توان	۳
۱۱	سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر	۳
۱۲	دینامیک سیستم‌های قدرت۲	۳
۱۳	اصول کنترل مدرن	۳
۱۴	حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت	۳
۱۵	فناوری عایق‌ها و فشارقوی	۳
۱۶	تحلیل و محاسبه تلفات شبکه برق	۳
۱۷	الکترونیک قدرت۱	۳
۱۸	طراحی ماشین‌های الکتریکی	۳
۱۹	الکترونیک قدرت۲	۳
۲۰	روش اجزاء محدود	۳
۲۱	کنترل محرکه‌های الکتریکی	۳

۲۲	ماشین‌های الکتریکی مدرن	۳
۲۳	کنترل ماشین‌های الکتریکی	۳
۲۴	طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت	۳
۲۵	روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت	۳
۲۶	طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی	۳
۲۷	برنامه‌ریزی سیستم قدرت	۳
۲۸	قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی	۳
۲۹	انرژی‌های تجدیدپذیر	۳
۳۰	شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی	۳
۳۱	مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی	۳
۳۲	بهینه‌سازی سیستم‌های انرژی الکتریکی	۳
۳۳	بازار برق	۳
۳۴	تولید پراکنده	۳
۳۵	تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت	۳
۳۶	مدیریت انرژی	۳
۳۷	طراحی سیستم‌های برق خورشیدی	۳
۳۸	طراحی سیستم‌های سلولی خورشیدی	۳
۳۹	زیرساخت‌های حمل و نقل برقی	۳
۴۰	طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی	۳
۴۱	سیستم‌های ذخیره کننده انرژی	۳
۴۲	منابع تغذیه و شارژرها	۳
۴۳	طراحی و کنترل محرکه‌های رانش	۳
۴۴	دینامیک حرکت پیشرفته	۳
۴۵	طراحی و کنترل پیل‌های سوختی	۳
۴۶	الکترونیک خودرو و شبکه‌سازی در حمل و نقل برقی	۳
۴۷	مبدل‌های الکتریکی توان بالا	۳
۴۸	بهره‌برداری و مدیریت سامانه‌های برقی حمل و نقل	۳
۴۹	مدیریت توان در وسائط نقلیه برقی	۳
۵۰	مباحث ویژه	۳
۵۱	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها با تأیید گروه آموزشی	
۵۲	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه‌ریزی عتف	

۳) گرایش کنتـــرل

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	کنترل غیر خطی	۳
۲	کنترل چند متغیره	۳
۳	کنترل بهینه	۳
۴	اتوماسیون صنعتی	۳
۵	ابزار دقیق پیشرفته	۳
۶	شناسایی سیستم	۳
۷	کنترل زمان حقیقی	۳
۸	سیستم‌های ترکیبی	۳
۹	سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی	۳
۱۰	سیستم‌های عیب‌یابی و کنترل تحمل پذیرخطا	۳
۱۱	رباتیک	۳
۱۲	کنترل فرآیند پیشرفته	۳
۱۳	کنترل هوشمند	۳
۱۴	مکاترونیک	۳
۱۵	طراحی سیستم‌های اتوماسیون صنعتی	۳
۱۶	کنترل فرآیندهای تصادفی	۳
۱۷	کنترل تطبیقی	۳
۱۸	هدایت و ناوبری	۳
۱۹	سیستم‌های وقایع گسسته	۳
۲۰	کنترل مقاوم	۳
۲۱	کنترل فازی	۳
۲۲	کنترل عصبی	۳
۲۳	بهینه‌سازی محدب	۳
۲۴	کنترل سیستم‌های مقیاس بزرگ	۳
۲۵	کنترل پیش‌بین	۳
۲۶	تشخیص و شناسایی خطا	۳
۲۷	معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی	۳
۲۸	برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی	۳
۲۹	پویایی سیستم‌ها	۳
۳۰	نظریه بازی	۳
۳۱	مهندسی تحلیل ریسک و عدم قطعیت	۳

۳۲	نظریه گراف	۳
۳۳	شبکه‌های عصبی	۳
۳۴	سیستم‌های فازی	۳
۳۵	مدل‌سازی و شبیه‌سازی	۳
۳۶	سیستم‌های پیچیده	۳
۳۷	مباحث ویژه	۳
۳۸	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها با تأیید گروه آموزشی	
۳۹	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه‌ریزی عتف	

۴ و ۵) گرایش‌های مخابرات (سیستم و میدان و موج)

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترومغناطیس پیشرفته	۳
۲	ریاضیات مهندسی پیشرفته	۳
۳	ریزموج۲	۳
۴	آنتن۲	۳
۵	روش‌های عددی در الکترومغناطیس	۳
۶	مدارهای فعال ریزموج	۳
۷	سازگاری الکترومغناطیسی (EMC)	۳
۸	پراکندگی امواج	۳
۹	دایادهای گرین در الکترومغناطیس	۳
۱۰	جنگ الکترونیک	۳
۱۱	سنجش از دور	۳
۱۲	فناوری تراهرتز	۳
۱۳	آنتن‌آرایه‌ای ریز نواری	۳
۱۴	روش‌های مجانبی در الکترومغناطیس	۳
۱۵	فرا مواد	۳
۱۶	آنتن‌های مدار چاپی	۳
۱۷	فوتونیک	۳
۱۸	موجبرهای نوری	۳
۱۹	سیستم‌های مخابرات نوری	۳
۲۰	الکترونیک نوری	۳
۲۱	لیزر	۳
۲۲	نوید فوریه	۳
۲۳	نور غیرخطی	۳

۲۴	ریزموج فوتونیک	۳
۲۵	نور کوآنتومی	۳
۲۶	مکانیک کوآنتومی	۳
۲۷	فیبر نوری غیرخطی	۳
۲۸	مدولاسیون نوری	۳
۲۹	پردازش گرهای نوری	۳
۳۰	مخابرات کوانتومی	۳
۳۱	نانو فوتونیک	۳
۳۲	نور آماری	۳
۳۳	فوتونیک مجتمع	۳
۳۴	فوتونیک محاسباتی	۳
۳۵	مخابرات نوری ماهواره‌ای	۳
۳۶	فرآیندهای تصادفی	۳
۳۷	تئوری پیشرفته مخابرات	۳
۳۸	پردازش سیگنال دیجیتال پیشرفته	۳
۳۹	سیستم‌های مخابرات بی‌سیم	۳
۴۰	شبکه‌های مخابراتی	۳
۴۱	کدگذاری کانال	۳
۴۲	کدگذاری کانال پیشرفته	۳
۴۳	تئوری اطلاعات	۳
۴۴	تئوری اطلاعات پیشرفته	۳
۴۵	پردازش گفتار	۳
۴۶	پردازش تصویر	۳
۴۷	تئوری آشکارسازی	۳
۴۸	فیلترهای وفقی	۳
۴۹	مخابرات طیف گسترده	۳
۵۰	تئوری تخمین	۳
۵۱	مخابرات سلولی	۳
۵۲	اصول و سیستم‌های راداری	۳
۵۳	مخابرات ماهواره‌ای	۳
۵۴	رمزنگاری	۳
۵۵	ریاضیات رمزنگاری	۳
۵۶	امنیت شبکه	۳
۵۷	نهان‌نگاری اطلاعات	۳
۵۸	رمزنگاری پیشرفته	۳

۵۹	پیچیدگی محاسبات	۳
۶۰	پروتکل‌های امن در شبکه	۳
۶۱	سیستم‌های تشخیص نفوذ	۳
۶۲	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته	۳
۶۳	مدیریت شبکه	۳
۶۴	سوئیچ و مسیریاب در شبکه	۳
۶۵	شبکه‌های مخابرات بی‌سیم	۳
۶۶	کنترل ترافیک در شبکه‌های مخابراتی	۳
۶۷	مهندسی ترافیک در شبکه‌های مخابراتی	۳
۶۸	ارتباطات چند رسانه‌ای	۳
۶۹	الگوریتم‌های شبکه	۳
۷۰	طراحی شبکه‌های مخابراتی	۳
۷۱	برنامه‌نویسی شبکه	۳
۷۲	مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه	۳
۷۳	نظریه صف	۳
۷۴	محاسبات ابری	۳
۷۵	شبکه‌های مخابرات نوری	۳
۷۶	مباحث ویژه	۳
۷۷	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها با تأیید گروه آموزشی	
۷۸	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه‌ریزی عتف	

سر فصل دروس

مدارهای مجتمع خطی (CMOS)
Analog Integrated Circuits (CMOS)

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : ارائه اصول طراحی مدارهای مجتمع خطی آنالوگ درفناوری CMOS

شــرح درس :

مقدمه : آشنایی بافناوری CMOS

طراحی مدارهای پایه

آشنایی با ابزارهای طراحی مدار

پاسخ فرکانسی مدارهای آنالوگ

تحلیل نویز در مدارهای آنالوگ

فیدبک

طراحی تقویت کننده عملیاتی(OP-AMP)

مدارهای تولید بایاس

آشنایی با مدارهای کلیدخازنی (Switch Capacitance)

مبانی طراحی مبدل‌های داده

مراجــع :

.

1. B. Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2nd ed., McGraw-Hill, 2017.
2. T. Carusone, D. Johns, K. Martin, Analog Integrated Circuit Design, 2nd ed., Wiley, 2012.
3. P. Gray , P. Hurst, S. Lewis and R. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 5th ed., Wiley, 2009.
4. W. Sansen, Analog Design Essentials, Springer, 2007.
5. Y. Tsividis, and C. McAndrew, Operation and Modeling of the MOS Transistor, 3rd ed., Oxford University Press, 2010.

تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم رسانا

Theory and Manufacturing Technology of Semiconductor Devices

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : ایجاد توانایی جهت توصیف مراحل مختلف ساخت مدارهای مجتمع، چالش‌ها، ساختارها و تخمین هزینه پیاده‌سازی

شــرح درس :

مقدمه : مقدمه‌ای بر فناوری سیلیکون

مروری بر فناوری CMOS

رشد بلور سیلیکون و آماده سازی ویفر: خواص و مشخصه‌یابی

ابزارهای اندازه‌گیری در فرایند ساخت نیم رسانا

ویژگی‌ها و تمهیدات (اتاق تمیز و تمیزکاری قطعه) برای تولید افزاره‌های نیم رسانا

لیتوگرافی

رشد اکسید حرارتی و خواص و مشخصه‌یابی آن

نفوذ آلاینده‌ها

کاشت یونی

پلاسما در فرایند ساخت

لایه نشانی لایه‌های نازک

زدایش

مراحل پسین خط تولید: فناوری Back-end

یکپارچه سازی فرآیند : CMOS، LOCOS، STI و ...

معرفی فناوری‌های نسل جدید: FinFET،:ساختار مبتنی بر کربن مانند گرافن و غیره

مراجــع :

1. J. D. Plummer, M. D. Deal, P. D. Griffin, Silicon VLSI Technology, Fundamentals, Practice and Modeling, US Ed ed., Pearson, 2020.
2. S. Franssila, Introduction to Microfabrication, 2nd ed., Wiley, 2011.
3. S. A. Campbell, Fabrication Engineering at the Micro and Nanoscale, 4th ed., Oxford University Press, 2012.
4. R. C. Jaeger, Introduction to Microelectronic Fabrication, 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
5. G. S. May, S. M. Sze, Fundamentals of Semiconductor Fabrication, Wiley, 2003.
6. H. Xiao. Introduction to Semiconductor Technology, 2nd ed, SPIE Press, 2012.
7. S. M. Sze and M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, 3rd ed., Wiley, 2013.

مدارهای مجتمع فرکانس رادیویی
Radio Frequency Integrated Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: مدارهای مجتمع خطی **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با طراحی سیستم‌ها و مدارهای RF در فناوری‌های ساخت مدار مجتمع، به خصوص فناوری CMOS

شــرح درس:

مقدمه: مبانی مخابرات بی‌سیم و طراحی سیستم RF

معماری‌های گیرنده/ فرستنده

مبانی طراحی مدار RF

تقویت کننده‌های فرکانس بالا و میکسرها

نوسانگرها

سنتز کننده‌های فرکانس و مدارهای دیجیتال فرکانس بالا

تقویت کننده‌های توان

مراجــع:

1. T. Lee, The Design of CMOS Radio- Frequency Integrated Circuits,2nd ed., Cambridge, 2003.
2. B. Razavi, RF Microelectronics, 2nd ed., Pearson, 2011.
3. D. Pozar, Microwave, RF Design of Wireless Systems, Wiley, 2000.
4. M. Steer, Microwave and RF Design: Radio Systems, 3rd ed., NC State University, 2019.
5. J. Crols, M. Steyaert, CMOS Wireless Transceiver Design, Springer, 1997.
6. J. Rogers, C. Plett, Radio Frequency Integrated Circuit Design, 2nd ed., Artech, 2010.

مدارهای مجتمع خیلی فشرده
Very Large Scale Integrated Circuits (VLSI)

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مدارهای مجتمع خطی

هــدف : آشنایی با اصول طراحی مدارهای مجتمع دیجیتال در فناوری CMOS

شــرح درس :

مقدمه : آشنایی با فناوری CMOS

مدارهای ترکیبی (Combinational)

مدارهای پیاپی (Sequential)

مدارهای منطقی پویا

حافظه

قالب‌های محاسباتی

تکنیک‌های توان پایین

تولید و توزیع ساعت

مدارهای ورودی و خروجی

مراجــع :

1. J. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits: A Design Perspective, 2nd ed., Prentice- Hall, 2004.
2. N. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design, A Circuit and Systems Perspective, 4th ed., Addison Wesley, 2010.
3. S. Kang, Y. Leblebici, CMOS Digital Integrated Circuits Analysis and Design, 4th ed., McGraw- Hill, 2010.
4. H. Kaeslin, Digital Integrated Circuit Design, from VLSI Architectures to CMOS Fabrication, Cambridge University Press, 2008.

مبدل‌های داده مجتمع (A/D ،D/A)

Integrated Data Converters

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : بررسی اصول، ساختارها و محدودیت‌های مبدل‌های D/A، A/D مجتمع بعنوان واحدهای واسط های مابین سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال

شــرح درس :

مقدمه : کاربردها، معیارهای ارزیابی (پویا و ایستان)

مدارهای نمونه‌بردار و نگهدارنده (Somple & Hold) و پارامترهای ارزیابی آنها

ساختارهای مختلف مبدل‌های D/A : استفاده از مراجع ولتاژ، جریان، بار الکتریکی، تأثیر عملکرد عناصر سوئیچ، بررسی حالت‌های غیر ایده‌ال

ساختارهای مختلف مدارهای A/D : Flash، Two- Step، Pipeline، Interleaved، ...، بررسی حالت‌های غیر ایده‌ال (تأثیر مقادیر غیر خطی خازن‌ها، Kickback Noise، Clock Jitter، ...)

مبدل‌های بیش نمونه‌بردار : مدولاسیون سیگما- دلتا، شکل‌دهی نویز، خطای چندی‌سازی، فیلترهای درون یابی و چند- یکی(Decimation)

افزایش دقت مدارهای مبدل، حذف افست، کالیبراسیون

مراجــع :

1. B. Razavi, Principles of Data Conversion System Design, Wiley- IEEE Press, 1995.
2. R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 4th ed., Wiley- IEEE Press, 2019.
3. R. J. Baker, CMOS: Mixed- Signal Circuit Design, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2008.
4. A. Marzuki, CMOS Analog and Mixed- Signal Circuit Design: Practicies and Innovations, CRC Press, 2020.
5. S. R. Norsworthy, R. Schreier, G. C. Temes, Delta- Sigma Data Converters Theory, Design, and Simulations, Wiley- IEEE Press, 1996.
6. J. M. de la Rosa, Sigma-Delta Converters: Practical Design Guide, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2018.
7. G. Manganaro, Advanced Data Converters, Cambridge University Press, 2012.

مدارهای مجتمع درکاربردهای نوری
Integrated Circuits for Optical Applications

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مدارهای مجتمع خطی **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با طراحی سیستم‌ها و مدارهای مجتمع مورد استفاده در سیستم‌های مخابرات نوری

شــرح درس :

مقدمه : آشنایی با سیستم‌های گیرنده فرستنده نوری

افزاره‌های نوری

مشخصات سیستم

تقویت کننده امپدانس انتقالی (Trans- Impedance: TIA)

تقویت کننده حدی (Limiting)

مدارهای بازسازی ساعت و داده با ساختار حلقه قفل فاز و دیگر ساختارها

مدارهای تشکیل دهنده فرستنده نوری

مراجــع :

1. B. Razavi, Design of Integrated Circuits for Optical Communications, 2nd ed., Wiley, 2012.
2. P. Muller, Y. Leblebichi, CMOS Multichannel Single- Chip Receivers for Multi- Gigabit Optical Data Communications, Springer, 2007.
3. C. Hermans, M. Steyeaert, Broadband Opto- Electrical Receivers in Standard CMOS, Springer, 2007.
4. H. Zimmermann, Integrated Silicon Optoelectronics, 2nd ed., Springer, 2010.
5. E. Sackinger, Broadband Circuits for Optical Fiber Communication, Wiley, 2005.

VHDL

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : – **همنیـــــاز : –**

هـــدف : آشنایی با توصیف‌های الگوریتمی، ساختاری و فیزیکی و سطوح سیستم، رجیستر، گیت، ترانزیستور و لی اوت درطراحی مدارهای الکترونیک دیجیتال

شرح درس :

آشنایی با زبانVHDL : معرفی کلی و ویژگی‌ها، ساختار کلی ، مدل‌سازی عناصر الکترونیکی با استفاده ازVHDL

طراحی در سطح الگوریتمیک : بررسی مسائل، استفاده ازPMG، منطق چند حالته، زمان بندی،...

طراحی در سطح رجیستر : تشریح مدار بر اساس انتقال داده‌ها، طراحی کنترل کننده، مسائل زمانی،...

طراحی در سطح گیت : طراحی و مدل‌سازی دقیق عناصر، مدل‌سازی تاخیر، بار خروجی، امپدانس ورودی، فلیپ فلاپ‌ها، ...

سنتز الگوریتمیک مدار : روند کلی از مرحله مدل‌سازی رفتاری تا پیاده‌سازی در سطح گیت، مباحث زمان‌بندی و بهینه‌سازی، پیاده‌سازی FSM، طراحی به صورت ریز برنامه‌ریزی ،...

آشنایی باVHDL-AMS : دستوراتVHDL-AMSو چگونگی مدل سازی مدارهای آنالوگ–دیجیتال

مراجـع :

1. J. Armstrong, G. Gary, Structured Logic Design with VHDL, Prentice Hall, 1993.
2. Z. Navabi, VHDL, Analysis and Modeling of Digital Systems, 2nd ed., McGraw-Hill,1997.
3. U. Heinkel, M. Padeffke, W. Haas, T. Buerner, The VHDL Reference: A Practical Guide to Computer-Aided Integrated Circuit Design including VHDL-AMS, Wiley, 2000.

سیستم بر تراشه
System on Chip

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفهوم، اصول طراحی و آزمون سیستم‌ها بر روی تراشه

شرح درس :

مقدمه

اصول و روش شناسی طراحی سیستم

مقدمه‌ای بر ASIC

تراشه‌های قابل برنامه ریزی CPLD و FPGA

طراحی سیستم توسط FPGA

هسته‌های IP

روش‌شناسی طراحی برای هسته‌های منطقی : روند طراحی SoC، اصول کلی طراحی قابل استفاده، روند طراحی برای هسته‌های نرم، روند طراحی برای هسته‌های سخت

روش‌شناسی طراحی هسته‌های آنالوگ و حافظه

طراحی بر پایه Platform

شبکه‌های ارتباط بر روی تراشه

سیستم‌های بر روی تراشه چند پردازشگری

شبکه بر روی تراشه

تست سیستم‌های بر روی تراشه : هسته‌های منطقی دیجیتال، حافظه‌های نهفته، هسته‌های آنالوگ و علائم مخلوط

مراجــع :

1. H. Chang, L. R. Cooke, M. Hunt, Surviving the SOC Revolution: A Guide to Platform-Based Design, Springer, 2007.
2. F. Nekoogar, F. Nekoogar, From ASICs to SOCs: A Practical Approach, Prentice Hall, 2003.
3. M. J. S. Smith, Application-Specific Integrated Circuits, Addison-Wesley, 1997.

مدارهای مجتمع یکپارچه ریزموج
Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC)

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مدارهای مجتمع خطی **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با فناوری ساخت مدارهای مجتمع زیر موج یکپارچه و اصول طراحی مدارهای فرکانس بالا در این فناوری

شــرح درس :

مقدمه : آشنایی با MMIC

مرور مبحث میدان‌ها و امواج و خطوط انتقال

افزاره‌های فعال در فناوری MMIC

افزاره‌های غیر فعال ریز موج

ابزارهای طراحی

تقویت کننده‌ها

نوسانگرها

میکسرها

ضرب کننده‌ها و تقسیم کننده‌های فرکانس

سوئیچ‌ها، تضعیف کننده‌ها و تغییر دهنده‌های فاز

مراجــع :

1. I. D. Robertson, S. Lucyszyn, RFIC and MMIC Design and Technology, 2nd ed., IET, 2001.
2. I. Bahl, P. Bhartia, Microwave Solid State Circuit Design, 2nd ed., Wiley, 2011.
3. S. Marsh, Practical MMIC Design, Artech, 2012.
4. G. Vendelin, A. Pavio, U. Rohde, Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques, 3rded., Wiley, 2021.
5. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4thed., Wiley, 2012.
6. M. Golio, RF and Microwave Semiconductor Device Handbook, CRC Press, 2017.

الکترونیک لیزر
Laser Electronics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** الکترونیک کوآنتومی

هـــدف: آشنایی با نظریه لیزش و نحوه تولید نور منسجم لیزر، تعامل نور لیزر با محیط‌های اتمی، تحلیل ایستا و پویای لیزر

شرح درس:

مروری بر نظریه الکترومغناطیس

نور هندسی و موجی

موجبرهای نوری

کاواک‌های نوری

نظریه کوانتومی تعامل نور با ماده و تابش در سیستم‌های اتمی

نظریه نوسان لیزر

نظریه قفل فاز در لیزرها

لیزرهای نیمه‌هادی

لیزرهای با ناحیه فعال چاه، سیم و نقطه کوانتومی

لیزرهای پیشرفته و لیزرهای تک مد مبتنی بر ساختارهای پریودیک

تقویت کننده‌های نوری

نظریه نویز در سیستم‌های لیزری

نظریه لیزرهای مولد پالس‌های فوق باریک (فمتو ثانیه‌ای) جهت استفاده در مخابرات نوری پهن باند

مراجـع:

1. J. T. Verdyen, Laser Electronics, 3rd ed., Prentice Hall, 1995.
2. O. Svelto, (Translated to English by D. C. Hanna), Principles of Lasers, 5th ed. Springer, 2010
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006.
4. S. L. Chuang, Physics of Optoelectronic (Photonic) Devices, 2nd ed., Wiley, 2009.
5. L. A. Coldren, S. W. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2nd ed., Wiley, 2012.
6. M. Csele, Fundamentals of Light Sources and Lasers, Wiley, 2004.

مدارهای مجتمع خطی پیشرفته (CMOS)
Advanced Linear Integrated Circuits (CMOS)

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مدارهای مجتمع خطی CMOS　　**همنیـــــاز :** -

هـــدف : تحلیل جامع و طراحی دقیق مدارهای مجتمع CMOS خطی

شرح درس :

مشخصات تقویت کننده‌های عملیاتی CMOS با خروجی تک سر

ساختارهای مختلف تقویت کننده‌های عملیاتی تک سر : دو طبقه، آبشاری تلسکوپی (Telescopic Cascode)، آبشاری تا شده (Folded-Cascode)، آینه جریان، ورودی ریل به ریل (Rail to Rail input)

تقویت کننده‌های عملیاتی CMOS دیفرانسیل کامل : مدار CMFB، معرفی چند ساختار مختلف

طبقات خروجی CMOS : Class-A، Class-AB

مدارهای مولد ولتاژ و جریان مرجع CMOS

مراجـع :

1. R. Dehghani, Design of CMOS Operational Amplifiers, Artech, 2014.
2. P. E. Allen, D. R. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, 3rd ed., Oxford University Press, 2011.
3. T. C. Caruson, D. A. Johns, K. Martin, Analog Integrated Circuit Design, 2nd ed., Wiley, 2011.
4. B. Razavi, Design of Analog CMOS Integrated Circuits, 2nd ed., McGraw-Hill, 2017.
5. P. R. Gray, P. J. Hurst, S. H. Lewis, R. G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, 5th ed., Wiley, 2009.

مدارهای زیست الکترونیک
Bioelectronic Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مبانی و مدارهای الکترونیک کم توان و کاربرد در سیستم‌های زیست پزشکی

شرح درس:

مقدمه: مروری بر مدارهای مجتمع و ویژگی‌های مدارهای زیست الکترونیک

تقویت کننده‌های کم توان امپدانس انتقالی و گیرنده فوتون: رسانایی انتقالی فوتون در سیلیکون، ساختار گیرنده فوتون، پس‌خور و اغتشاش

تقویت کننده‌های کم توان رسانایی انتقالی: ساختار پایه، تحلیل سیگنال کوچک، مشخصه‌های dc و ac، اعوجاج و اغتشاش

تشدید کننده‌ها و فیلترهای کم توان

مدارهای مد جریان کم توان

مبدل‌های A/D فرا کم توان

لینک‌های بی‌سیم القایی: نظریه، طراحی، اندازه‌گیری

آنتن‌های RF: مرور گذرا بر مباحث آنتن، یکسو کننده‌ها

سنجش از دور RF کم توان: فرستنده- گیرنده مدولاسیون امپدانس، گیرنده مدولاسیون پالس، گیرنده‌های هم فاز و ناهم فاز RF، ملاحظات در انتخاب فرکانس حامل

سیستم‌های الکترونیکی فرا کم توان قابل کاشت

اصول طراحی الکترونیک فرا کم توان دیجیتال

اصول طراحی الکترونیک فرا کم توان آنالوگ و مخلوط

باتری و الکتریسیته شیمیایی

مراجــع:

1. K. Iniewski (ed.), CMOS Biomicrosystems, Wiley- IEEE Press, 2011.
2. K. Iniewski (ed.), VLSI Circuits for Biomedical Applications, Artech, 2012.
3. R. Sarpeshkar, Ultra Low Power Bioelectromics, Cambridge University Press, 2010.

مدارهای مجتمع توان پایین
Low Power Integrated Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با ضرورت، افزاره‌ها، فناوری‌ها و طراحی‌های مدارهای مجتمع توان پایین

شرح درس:

مقدمه: توان و انرژی در مدارهای مجتمع، انگیزه طراحی مدارهای توان پایین، نشتی در ترانزیستورهای نانو متری، معیار حاصل ضرب توان در تأخیر

مدارهای منطقی و سلول‌های پایه: گیت‌های ایستای CMOS، گیت‌های عبور، گیت‌های پویا

فناوری‌های ساخت: چند ولتاژ آستانه، چند ولتاژ تغذیه، توان پایین (نشتی پایین)، تغییر اندازه ترانزیستورها، حافظه‌های توان پایین

تکنیک‌های مدار کاهش توان: ایستا و پویا، دروازه‌بندی پالس ساعت، دروازه‌بندی تغذیه، تغییر دینامیک تغذیه، تغییر دینامیک توان مصرفی، مدارهای با فعالیت کم

تکنیک‌های توان پایین در سطح الگوریتم: بلوک‌های محاسباتی توان پایین، خط لوله، ساختارهای موازی، کدگذاری FSM، بازچینی ورودی‌ها و خازن موثر، جابجایی زمانی توان پایین

مدارهای آنالوگ توان پایین: مدار زیر آستانه ترانزیستور، عملکرد گیت‌ها و مدارهای ساده محاسباتی در زیر آستانه، عملکرد حافظه و فلیپ فلاپ‌ها در زیر آستانه، ترانزیستورهای Trigate و FinFET، تقویت کننده‌های ولتاژ پایین، مبدل‌های توان پایین

مراجــع:

1. Wang, B. H. Calhounm, A. P. Chandrakasan, Sub- Threshold Design for Ultra Low Power Systems, Springer, 2006.
2. C. Piguet, Low Power CMOS Circuits, Technology, Logic Design and CAD Tools, CRC, 2005.
3. M. Pedram, J. Rabaey, Power Aware Design Methodologies, Kluwer, 2002.
4. J. Rabaey, Low Power Design Essentials(Integrated Circuits and Systems), Springer, 2017.
5. M. Keating, D. Flynn, R. Aitken, A. Gibbons, K. Shi, Low Power Methodology Manual for System- on- Chip Design, Synopsys, 2007.
6. S. P. Mohanty, N . Ranganathan, E. Kougianos, P. Patra, Low- Power High- Level Synthesis for Nanoscale CMOS Circuits, Springer, 2008.
7. S. Bhunia, S. Mukhopadhyay (eds.), Low- Power Variation- Tolerant Design in Nanometer Silicon, 2011.
8. M. Steyaert, A. V. Roermund, A. Baschirotto, Analog Circuit Design, Low Voltage Low Power, Short Range Wireless Front- Ends, Power Management and DC- DC, Springer, 2012.
9. N. K. Jha, D. Chen, Nanoelectronic Circuit Design, Springer, 2011.
10. A. Tajalli, Y. Leblebici, Extreme Low Power Mixed Signal IC Design, Springer, 2010.

فیلترهای مجتمع
Integrated Filters

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مدارهای مجتمع خطی　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ساختارهای مختلف و طراحی فیلترهای مجتمع و نحوه تنظیم مشخصات فیلتر در این فناوری

شرح درس :

نظریه طراحی فیلتر

فیلترهای فعال مقاومت خازن (Active RC)

فیلترهای MOSFET- C

فیلترهای Gm- C

فیلترهای Current- Mode

فیلترهای سوئیچ خازنی

فیلترهای فرکانس بالا

مراجــع :

1. M. Ghausi, K. Laker, Modern Filter Design, SciTech Publishing, 2003.
2. V. S. L. Cheung, H. C. Luong, Design of Low-Voltage CMOS Switched-Opamp Switched-Capacitor Systems, Kluwer, 2003.
3. Y. P. Tsividis, J. O. Voorman, Integrated Continuous- Time Filters, IEEE Press, 1993.
4. B. Nauta, Analog CMOS Filters for Very High Frequencies, Springer, 1993.

مدارهای پهن باند
Broadband Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: مدارهای مجتمع خطی **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با طراحی مدارهای تقویت کننده، نوسان‌ساز و ... مورد استفاده در سیستم‌های مخابراتی باند وسیع

شرح درس:

معرفی سیستم‌های پهن باند بی‌سیم

معرفی سیستم‌های پهن باند مخابرات نوری

روش‌های افزایش پهنای باند مدارها

طراحی تقویت کننده‌های پهن باند

طراحی نوسان‌سازهای پهن باند

مدارهای موج میلی‌متری

مراجــع:

1. E. Sackinger, Broadband Circuits for Optical Fiber Communication, Wiley, 2005.
2. B. S. Virdee, B. Y. Banyamin, A. S. Virdee, Broadband Microwave Amplifiers, Artech, 2005.
3. C. Hermans, M. Steyaert, Broadband Opto- Electrical Receivers in Standard CMOS, Springer, 2007.
4. A. Niknejad, H. Hashemi (eds.), mm- Wave Silicon Technology: 60 GHz and Beyond, Springer, 2010.

افزاره‌های نیم‌رسانا
Solid State Devices

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : کسب شناخت عمیق از ساختار و رفتار افزاره‌های نیم‌رسانا

شــرح درس :

مرور فیزیک نیم رساناها

پیوندهای p-n دگر ساختاری

پیوندهای تونلی و مکانیسم تونل‌زنی

پیوندهای شاتکی در قالب مدل‌های TE، TFE و FE

افزاره‌های مبتنی بر خازن‌های MOS

MOSFET

مباحث پیشرفته در افزاره‌های BJT شامل HBT

افزاره‌های پیشرفته JFET، MESFET، MODFET

افزاره‌های فرکانس بالا مانند افزاره‌های تونل‌زنی و IMPATT

افزاره‌ها با ساختار کوانتمی

افزاره‌های FinFET و چندگیتی

افزاره‌های نوری

مراجــع :

1. S. M. Sze, K. K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, , Updated Edition, Pearson, 2019.
2. M. Shur, Physics of Semiconductor Devices, Updated Edition, Pearson, 2019.
3. J.-P. Colinge, C.A. Colinge - Physics of Semiconductor Devices, Springer, 2002.
4. K. F. Brennan, Introduction to Semiconductor Devices for Computing and Telecommunications Applications, Cambridge University Press, 2005.
5. Y. Taur,. H. Ning , Fundamentals of Modern VLSI Devices, 2nd ed., Cambridge University Press, 2009.
6. S. M. Sze and M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, 3rd ed., Wiley, 2013.
7. K. Hess, Advanced Theory of Semiconductor Devices, IEEE, 2000.
8. J.-P. Colinge, J.-P. Colinge, FinFETs and other Multi-Gate Transistors, Springer, 2008.

الکترونیک کوآنتومی
Quantum Electronics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : فیزیک مدرن **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مبانی و مفاهیم نظری الگوهای ریاضی و فیزیکی رفتار حامل‌های بار الکتریکی در افزاره‌های نوین الکترونیکی و نوری

شــرح درس :

مقدمه : پیدایش الگوهای کوانتومی

معادله‌ی موج شرودینگر

انتشار الکترون در ساختارهای چاه-کوانتومی

حالت‌های ویژه،عمل‌گرها

نوسان‌گرهای هماهنگ

فرمیون‌ها و بوزن‌ها

اختلال مستقل از زمان

اختلال وابسته به زمان

تکانه‌ی زاویه‌ای و اتم هیدروژن

مراجــع :

1. A. F. J. Levi, Applied Quantum Mechanics, 2nd ed., Cambridge University Press, 2006
2. D. K Ferry, Quantum Mechanics: An Introduction for Device Physicists and Electrical Engineers, 3rd ed., CRC Press, 2020.
3. D. J. Griffiths, D. F. Schroeter, Introduction to Quantum Mechanics 3rd ed., Academic Press, 1985.
4. L. van Dommelen, Fundamental Quantum Mechanics for Engineers, Copyright to Dommelen, 2018
5. V. Mitin, D. Sementsov and N. Vagidov, Quantum Mechanics for Nanostructures, Cambridge University Press, 2010
6. J. Singh, Quantum Mechanics: Fundamentals and Applications to Technology, Wiley, 1996.
7. A. Yariv, An Introduction to Theory and Applications of Quantum Mechanics, Wiley, 1982.

الکترونیک نوری
Optoelectronics

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترومغناطیس **همنیـــــاز :** -

هــدف : درک مفاهیم بنیادی حاکم بر عملکرد افزاره‌های الکترونیک نوری و آشنا شدن با ویژگی، کاربردها و نحوه‌ی طراحی آن‌ها

شــرح درس :

مقدمه : اهمیت نور، مرور انتشار نور در مواد همگن، معادله موج، انعکاس، بازتاب، سرعت گروه و فاز

مواد الکترونیک نوری و افزاره‌های نیم‌رسانای دگر ساختاری

انتشار نور در بلورها: قطبیت، بازتابش، پراش، انتقال، معادلات فرنل، معادلات ماکسول و موج در محیط ناهمساگرد

انتشار نور در موجبرها : فیبرها، موجبرهای صفحه‌ای، جفتگرها

خواص نوری و الکترونیکی نیم رساناها

دیودهای نورگسیل: سیستم‌های مواد، فیزیک عملکرد، ساختارها، مشخصات و اعتمادپذیری

دیودهای لیزری : گسیل خودبخودی و انگیزشی، بهره و اتلاف، ساختار، پاسخ زمانی، مشخصات

آشکارسازهای‌نوری : جذب نور، فیزیک عملکرد، ساختار، مشخصات

سلول‌های خورشیدی: سازوکار، انواع ساختار، بازده و مشخصات

مراجــع :

1. J. Singh, Optoelectronics, An Introduction to Materials and Devices, McGraw-Hill, 1996.
2. S. O. Kasap, R. K. Sinha, Optoelectronics and Photonics: Principles and Practices, 2nd ed., Pearson, 2013.
3. B. Pallab, Semiconductor Optoelectronic Devices, 3rd ed. Pearson, 2003
4. Clifford r. Pollock, Fundamentals of Optoelectronics, IRWIN, 1995
5. E. G. Smith, T. A. King, and D. Wilkins, Optics and Photonics: An Introduction, Wiley, 2007.
6. M. Wartak, Computational Photonics, An Introduction with MATLAB, Cambridge Univ. Press, 2013
7. S. L. Chuang, Physics of Photonic Devices, 2nd ed., Wiley, 2009
8. J. Piprek - Semiconductor Optoelectronic Devices Introduction to Physics and Simulation, Academic Press, 2013.
9. J. M. Liu, Photonic Devices, Cambridge University Press, 2005.
10. J. Wilson, J. Hawkes, Optoelectronics, An Introduction, 3rd ed., Prentice- Hall, 1998.
11. G. P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, 4th ed., Wiley, 2010.

بلورهای فوتونی
Photonic Crystals

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مکانیک کوانتومی

هــدف : تحلیل انتشار امواج الکترومغناطیس در محیط‌های متناوب و بررسی نظریه نواری انرژی در بلورهای فوتونی

شرح درس :

انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های ناهمگن

نظریه نوارهای انرژی در بلورهای فوتونی، تقارن در بلورهای فوتونی، مفهوم شبکه وارون و ناحیه بریلوئن، قضیه بلاخ

بلورهای فوتونی تک بعدی و انتشار در محیط‌های لایه نازک

بلورها فوتونی دوبعدی، ساختار نواری انرژی، نقص‌های نقطه‌ای و خطی در شبکه بلور

بلورهای فوتونی سه بعدی

موجبرهای دی الکتریک چند لایه

موجبرهای مسطح مبتنی بر بلورهای فوتونی

فیبرهای مبتنی بر بلورهای فوتونی

کاربردهای بلورهای فوتونی در طراحی موجبر، آیینه، کاواک، فیلتر نوری و ...

روش‌های عددی در تحلیل بلورها فوتونی نظیر FDTD و FEM

کاربرد نرم افزارهای تجاری نظیر Rsoft در محاسبه نوار انرژی بلورهای فوتونی

مراجــع :

1. K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals, 2nd ed., Springer, 2004.
2. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn , R. D. Meade, Photonic crystals: Molding the flow of light, 2nd ed., Princeton University Press, 2008.
3. K. Busch, S. Lolkes, R. B. Wehrspohn, H. Foll, Photonic Crystals, Advances in Design, Fabrication and Characterization, Wiley, 2004.
4. C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th ed., Wiley, 2018.
5. A. Yariv and P. Yeh, Optical Waves in Crystals, Wiley, 2002.

ابر رسانایی
Superconductivity

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترومغناطیس و مدارهای الکتریکی۲ **همنیـــــاز :** -

هـــدف : معرفی اصول و نظریه‌های ابر رسانایی و بررسی و تحلیل مدارها و افزاره‌های ابر رسانا و کاربردهای آن‌ها در مهندسی برق

شرح درس :

حالت ابررسانائی وانواع ابررسانا

الکترومغناطیس ابررساناها و اثر مایزنر

پیوند جوزفسون و ساختارهای مبتنی بر SQUID

ساختارهای مایکروویو ابررسانا

ساختارهای مغناطیسی مبتنی بر کابل‌های ابررسانا

تابش سنج‌ها وآشکارسازهای ابررسانا

محاسبات کوانتومی بر مبنای ابررسانایی

مراجـــع :

1. T. Van Duzer, C. W. Turner, Principles of Superconductive Devices and Circuits, Elsevier, 1981.
2. W. Buckel, R. Kleiner, Superconductivity: Fundamentals and Applications, 2nd ed., Wiley, 2004.
3. H .Padamsee, RF Superconductivity: Science, Technology and Applications, Wiley, 2009.
4. S. A. Zhou, Electrodynamics of Solids and Microwave Superconductivity, Wiley, 1999.
5. M. J. Lancaster, Passive Microwave Device Applications of High-Temperature Superconductors, Cambridge University Press, 2006.

نانو الکترونیک
Nanoelectronics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک کوآنتومی　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : کاربرد مفاهیم کوآنتومی در توصیف و مشخصه‌یابی الکترونیکی سیستم‌های نانومتری

شرح درس :

مقدمه : تاریخچه افزاره‌های الکترونیکی و نانومتری، مشکلات MOSFTEهای نانومتری، مفاهیم اولیه انتشار جریان در ساختارهای نانومتری، کوانتیزه شدن رسانایی الکتریکی، اثر جریان حامل‌ها روی پتانسیل الکتریکی، حل سیستم معادلات شرودینگر و پوآسن، استخراج قانون اهم از دیدگاه میکروسکوپیک

مروری بر کوآنتوم الکترونیک و فراتر از آن : معادله شرودینگر و حل آن در سیستم‌های یک، دو و سه بعدی، حل تحلیلی برای اتم هیدروژن، روش‌های عددی برای حل معادله شرودینگر، فرم ماتریسی معادله و حل آن، حل تکراری معادلات شرودینگر و پوآسن به روش میدان خودسازگار(SCF)، دیدگاه بس‌ذره‌ای و تقریب‌های موجود مانند هارتری- فاک (HF) و نظریه تابعی چگالی (DFT)، ارتباط دیدگاه بس ذره‌ای و تقریب‌های تک ذره‌ای

توابع پایه : مزیت در حل معادله شرودینگر، مثال ملکول هیدروژن، انواع پیوندهای دو اتمی، انواع توابع پایه و مقایسه آن‌ها، مفهوم ماتریس چگالی

مفهوم وساختار باندها و زیرباندهای انرژی : سیستم متناوب، بلورهای سه‌بعدی نیم‌رسانا و روش محاسبه، اثر spin-orbit، چگالی حالت‌ها (DOS) در سیستم‌های دو، تک و صفر بعدی، Q-Well، Q-Dot و Q-Wire، محاسبات ساختار باند در انواع نانو لوله‌های کربنیCNTs

سیستم‌های کوانتومی باز : پهن‌شدگی نوارهای انرژی، همیلتونی، مفهوم خود انرژی در همیلتونی، تبادل ذره، طول عمر و ارتباط با پهن‌شدگی حالت‌های انرژی

فرمالیزم انتقال تابع گرین غیر تعادلی (NEGF) : محاسبه مشخصه جریان- ولتاژ در سیستم‌های نانومتری، ارتباط با فرمالیزم Landauer-Büttiker در حالت بالستیک، پیاده‌سازی و ترکیب با فرمالیزم DFT در نرم‌افزارهای Transiesta و ATK، چند شبیه‌سازی، لوله‌های نانو، نانو نوار گرافین و نانو مسفت

مراجـع :

1. S. Datta, Quantum Transport: Atom to Transistor, Cambridge University Press, 2013.
2. S. Datta, Electronic Transport in Mesoscopic Systems, Cambridge University Press, 1997.
3. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Solid State Physics, Thomson Press, 2003.
4. C. Kittel, Introduction to Solid State Physics, 8th ed., Wiley, 2018.
5. M. Brandbyge, et al, Density-Functional method for Nonequilibrium Electron Transport, Physical Review B, 65, 2002.
6. K. Stokbro, et al, Ab-Initio Non-Equilibrium Green's Function Formalism for Calculating Electron Transport in Molecular Devices, Lecture Notes in Physics 680, 117-151, 2005.

زیست حسگرها
Biosensors

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با کاربرد فناوری نانو و نانوالکترونیک در حوزه علوم و فناوری زیستی

شرح درس :

سیستم‌های زیستی : DNA، پروتئین، سلول

نانوبیوالکترونیک بر پایه DNA : اسمبل نمودن نانو ذرات فلزی با کمک DNA (ساخت و خواص الکتریکی)، قطعات الکترونیکی بر پایه DNA، شناسایی نوع DNA بوسیله نانو ذرات فلزی، آشکارسازی پتانسیومتریک هیبریداسیون DNA بوسیله ترانزیستورهای FET، اصول قطعات ژنتیک منابع نویز احتمالی (الکترونیک و بیولوژیک)

نانوبیوالکترونیک بر پایه پروتئین : قطعات شناسایی پروتئین، مروری بر تئوری و مکانیزم‌های انتقال بار در پروتئین ها، حسگری الکتروشیمیایی آنزیم‌ها و پروتئین‌های احیا کننده، حسگرهای بیوالکتریکی بر پایه نانو ساختارها جهت تشخیص بیماری‌های پایه پروتئینی، منابع نویز (الکترونیک و بیولوژیک)

بیوالکترونیک سلولی : مکانیزم‌های عملکرد زیست حسگرهای سلولی (اندازه گیری امپدانس سلول، محاسبه پتانسیل عمل و شدید الکتریکی سلول)، کاربرد نانو ساختارها در بهبود استخراج سیگنال الکتریکی از غشائ سلول

حسگر امپدانس سلولی ECIS : رفتار الکتریکی غشائ سلولی (خازنی و مقاومتی)، مدل امپدانس سلولی در حالت‌های تک سلولی و جمعیتی، امپدانس معادل سلول و زیر لایه‌های مختلف، محاسبه حساسیت الکترودهای شانه‌ای ECIS، پروسه ساخت ECIS، مدل مداری معادل در رژیم‌های فرکانس پایین و بالا، منابع نویز احتمالی

نانوبیوالکترونیک سرطان : اختلالات الکتریکی ایجاد شده در ساختار سلول در حین سرطانی شدن، کاربرد نانو لوله‌های کربنی و لایه‌های گرافینی در زیست حسگرهای سرطان

ساختارهای Bio MEMS/NEMS و کاربرد آنهادر حسگری سلول و پروتئین

مراجـع :

1. A. Offenhausser, R. Rinaldi(eds.), Nanobioelectronics for Electronics, Biology, and Medicine, Springer, 2009.
2. P. Wang, Q Liu(eds.), Cell Based Biosensors, Principles and Applications, Artech, 2010.
3. D. L. Nelson, M. M. Cox, Lehninger Principles of Biochemistry, 8th ed., Freeman, 2021.

مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا
Semiconductor Material and Device Characterization

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز :- **همنیـــــاز :تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا**

هــدف : آشنایی با تکنیک‌های مشخصه‌یابی افزاره‌های نیم‌رسانا، بررسی نظری عملکرد تجهیزات مشخصه‌یابی

شرح درس :

مقدمه : مروری بر مقاومت ویژه، چگالی ناخالصی، قابلیت تحرک حامل، اتصالات اهمی و شاتکی

مشخصه‌یابی مقاومت ویژه

مشخصه‌یابی چگالی حامل

مشخصه‌یابی اتصالات اهمی و شاتکی

مشخصه‌یابی ولتاژ آستانه، طول کانال و مقاومت سری

مشخصه‌یابی نواقص

مشخصه‌یابی ضخامت اکسید و بارهای سطحی و موبایل

مشخصه‌یابی قابلیت تحرک حامل

مشخصه‌یابی‌های مبتنی بر پروب (SPM، AFM، STM)

مشخصه‌یابی مبتنی بر تکنیک‌های نوری : میکروسکوپ‌های نوری، الیپسومتری، طیف نگاری رامان، فوتولومینسانس

مشخصه‌یابی با استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر اشعه الکترونیکی، یونی، ایکس و گاما

آنالیز قابلیت اطمینان و خرابی

مراجـع :

1. D. K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization, 3rd ed., Wiley- IEEE Press, 2015.
2. S. M. Sze, K. K. Ng, Physics of Semiconductor Devices, Updated Edition, Pearson, 2019.
3. S. M. Sze, M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, 3rd ed., Wiley, 2013.

الکترونیک نوری پیشرفته
Advanced Optoelectronics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک نوری　　**همنیـــــاز :** -

هـــدف : تحلیل و طراحی افزاره‌های نیم رسانای نوری پیشرفته جهت تولید، انتقال، تقویت، پردازش و آشکارسازی سیگنال‌های نوری

شرح درس :

اندر کنش نور با محیط‌های همگن و غیر همگن : درایه‌های ماتریس گذار، پذیرفتاری غیرخطی ، رابطه کرامرز-کرونینگ، پلاسمون‌ها

فونون‌های نوری و صوتی، پاشندگی فونون-پلاریتون

اکسایتون‌ها : معادله ونیر، جذب و گسیل اکسایتونی

چاه، سیم و نقطه کوانتومی، ابرشبکه‌ها، چگالی حالات انرژی، جذب نوری در حالت‌های صفر، یک و دوبعدی

خواص الکترواپتیکی در نیم‌رساناها : اثر فرانز-کلدیش، اثرکوانتومی اشتارک

لیزرهای مخابراتی پیشرفته : تئوری بهره در لیزرهای نقطه و چاه کوانتومی، تئوری تزویج مد و قضیه بلاخ، لیزرهای گسیل از سطح با کاواک عمودی (VCSEL)، لیزرهای با فیدبک توزیعی براگ (DFB)، لیزرهای تنظیم پذیر چند قسمتی، لیزرهای مبتنی بر سیستم-های میکرو/نانو الکترومکانیکی MEMS/NEMS، لیزرهای حلقوی

تئوری مدولاسیون مستقیم و غیر مستقیم نور

اثرات نور غیر خطی مرتبه دوم و سوم، اثر کر و پاکلز

مدلاتورهای الکترواپتیکی : دامنه و فاز، طولی و عرضی، ماخ-زندر، آکوستواپتیک، مگنتو اپتیک، مبتنی بر کاپلر

مدولاتورهای الکتروجذبی : مبتنی بر اثر فرانز-کلدیش، اثر کوانتومی اشتارک

آشکارسازهای نوری : فتوکنداکتور، فتودیود pn، pin، APD،MSM، SAM-APD، مادون قرمز برد بلند، متوسط و نزدیک، مبتنی بر نقطه کوانتومیQDIP و چاه کوانتومیQWIP، مبتنی بر موجبر، UV، آرایه‌ای

تقویت کننده‌های نیمه‌هادی نوری و بررسی انتشار پالس‌های فوق باریک (فمتو ثانیه‌ای)

روش‌های عددی در تحلیل مدارهای مجتمع نوری(PIC)، روش FD-BPM

مقدمه‌ای بر نرم افزارهای تجاری شبیه‌سازی ادوات نیمه‌هادی نوری، Silvaco، Optiwave، Rsoft، PICS3D، COMSOL

مراجـع :

1. S. L. Chuang, Physics of Photonic Devices, 2nd ed., Wiley, 2009.
2. L. Coldren, C. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2nd ed., Wiley, 2012.
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford series, 2006.
4. P. Bhattacharya, Semiconductor Optoelectronic Devices, 2nd ed., Prentice Hall, 1996.
5. N. Peyghambarian, S. W. Koch and A. Mysyrowicz, Introduction to Semiconductor Optics, Prentice Hall, College,1993.
6. J. Piprek - Semiconductor Optoelectronic Devices Introduction to Physics and Simulation, Academic Press, 2013.

فیزیک حالت جامد پیشرفته

Advanced Solid States Physics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** مکانیک کوآنتومی

هـــدف: بررسی ارتباط خواص ماکروسکوپی (رسانائی الکتریکی، رسانائی گرمایی، ...) و ساختاری (بلوری، ثابت شبکه و اتم پایه) جامدات

شرح درس:

نظریه درود درباره فلزات
نظریه زومرفلد درباره فلزات
کاستی‌های مدل الکترون آزاد
شبکه‌های بلوری
شبکه وارون
تعیین ساختار بلور بوسیله پراش پرتو ایکس
ترازهای الکترون در یک پتانسیل دوره ای: ویژگی‌های عام
الکترون‌ها در یک پتانسیل دوره‌های ضعیف
روش تنگ بست
روش‌های دیگر برای محاسبه ساختار نواری
مدل نیمه متعارف پویایی الکترون‌ها
نظریه نیمه متعارف رسانش در فلزات
فراتر از تقریب زمان واهلش

مراجـع:

1. C. Kittel, Kitte's Introduction to Solid State Physics, 8th ed., Wiley, 2018.
2. M. Razeghi, Fundamentals of Solid State, Engineering, 3rd ed., Springer, 2009.
3. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Solid State Physics, Thomson Press, 2003.
4. S. S. Li, Semiconductor Physical Electronics, 2nd ed., Springer, 2006.

شبیه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها
Simulation of Semiconductors Electronic Properties

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک کوآنتومی **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با روش‌های نظری و شبیه‌سازی محاسبه خواص مواد و عملکرد افزاره‌های نیم‌رسانا در ابعاد نانو و اتمی

شــرح درس :

مروری بر نظریه کوآنتومی : تابع موج و معادله شرودینگر، اصل عدم قطعیت، معادله شرودینگر برای چاه پتانسیل تک بعدی، پدیده تونل‌زنی کوآنتوم مکانیکی، مقادیر ویژه و توابع ویژه برای معادله شرودینگر، نمایش دیراک (bra-ket)، حل تحلیلی معادله شرودینگر برای اتم تک الکترونی هیدروژن، مروری بر اوربیتال‌های اتمی و ساختار الکترونی عناصر جدول تناوبی

معرفی و مرور روش‌های شبیه‌سازی در ابعاد نانومتری و اتمی : روش‌های شبیه‌سازی خواص مواد در ابعاد اتمی (Quantum Monte Carlo, Hartree- Fock)، محاسبه نیروهای بین اتمی و پیدا کردن ساختار اتمی با مینیمم انرژی، ماهیت پیوندهای شیمیایی بین اتم‌های همسان و غیر همسان

روش‌های حل معادله شرودینگر در سیستم‌های بس ذره‌ای : الکترون‌ها بعنوان ذرات همسان، تقارن تابع موج سیستم‌های بس ذره‌ای، اصل انحصار پائولی، نوارهای انرژی، تقریب Hartree- Fock، بررسی اتم هلیوم، بسط تابع موج روی توابع پایه متفاوت، تابع موج تخت، مدارهای اسلاتر، توابع گوسی، اربیتال‌های عددی

نظریه تابع چگالی : قضیه Hohenberg- Kohn، معادلات Kohn- Sham برای سیستم‌ای بس ذره‌ای، تابع انرژی Exchange- Correlantion، محاسبه نیروهای بین اتمی درDFT، مقایسه DFT با روشHF، کاربردهای عملی، محاسبه آرایش اتمی و خواص الکترونی ساختارهای نانو

پیاده‌سازی‌های مختلف DFT، نرم‌افزارهای کاربردی و کاربردها : پیاده‌سازی بر اساس موج‌های تخت (ABINIT, Quantum-Espresso)، پیاده‌سازی بر اساس اربیتال‌های عددی (SIESTA)، سیستم‌های پایه سیلیکونی (بلور سیلیکون، نانو ذرات سیلیکونی، سطوح تماس و مواد نو در فناوری CMOS)، مواد ارگانیکی (مولکول‌های آلی با کاربرد در الکترونیک بعنوان مثال مولکول‌های:CnHn, CnH2n, CnH2n+2)، سیستم‌های پایه کربنی (بررسی ساختارها و خواص الکترونیکی نانو لوله‌های کربنی، گرافین)

مراجــع :

1. A. V. Krasheninnikov, Introduction to Electronic Structure Calculations, Lecture Notes, University of Helsinki, http://beam, acclab.heosinki.fi/~akrashen/esctmp.html, 2002.
2. R. M. Martin, Electronic Structure Basic Theory and Practical Methods, 2nd ed., Cambridge University Press, 2020.
3. C. Kittel, Kitte's Introduction to Solid State Physics, 8th ed, Wiley, 2018.
4. N. Ashcroft, N. Mermin, Solid State Physics, Thomson Press, 2003.
5. M. C. Payne et al., Iterative Minimization Techniques for Ab Initio Total Energy Calculations: Molecular Dynamics and Conjugate Gradient, Rev. Mod. Phys., Vol. 64, pp. 1045-1092, 1992.
6. J. M. Soler et al., The SIESTA Method for Ab Initio Order- N Material Simulation, J. Phys.: Cond. Matter, Vol. 14, pp. 2745-2779, 2002.

الکترونیک دیجیتال پیشرفته
Advanced Digital Electronics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : بررسی چالش‌های کوچک‌سازی مدارهای دیجیتال کم توان و کارا بر مبنای نگرش به افزاره‌های نانو متری

شــرح درس :

مقدمه : روند، اهمیت و اهم عناوین چالش‌های کوچک‌سازی

عملکرد ترانزیستور (مرور)

طراحی مدارات منطقی ترانزیستوری (مرور)

اجزای توان

کوچک‌سازی

جریان نشتی و مدل‌ها و ریشه‌های فیزیکی آن

اتصالات میانی

قابلیت اطمینان و مقاوم‌سازی

تغییرات در پروسه ساخت

مسایل زمان‌بندی

بهینه‌سازی توامان سرعت پردازش و توان

طراحی کم توان در سطح زبان سخت‌افزاری

طراحی کم توان در سطح نرم افزار

حافظه‌های نیمه‌هادی

حافظه‌های کم توان و مسایل ویژه

پروژه درسی

مراجــع :

1. D. Weste, D. Haris, CMOS VLSI Design: A Crcuits and Systems Perspective, 4th ed., Addison Wesley, 2010.
2. A. Chandrakasan, W. J. Bowhill, F. Fox, Design of High- Performance Microprocessor Circuits, Wiley-IEEE Press, 2001.
3. J. M. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits, 2nd ed., Prentice- Hall, 2004.

ریز پردازنده پیشرفته
Advanced Microprocessors

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : سیستم‌های دیجیتال۲ **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی دقیق با ساختار ریزپردازنده‌های پیشرفته و سیستم‌های مبتنی بر آنها

شــرح درس :

مقدمه

ساختار CPU دردهه۹۰ : Cache،ILP، روش‌های آدرس دهی، ازPentium تا سری PIII، پردازش آرایه‌ای، پردازش‌برداری، SIMD/MIMD، SSE، اتصال چندین CPU

ساختار CPUاز سال۲۰۰۰ به بعد : فناوری‌هایNetburst، Multi- Core ، Nehalem، از سری P4 تا سری i7، ریزپردازنده‌های Sandy Bridge (2011)، Ivry Bridge(2012)، Haswell(2013)

ریز پردازنده‌های مدرن Multi-Core : مجازی‌سازی (VT)، امنیت و ...

مفاهیم اساسی در طراحی سیستم‌های پیشرفته سخت افزاری : مقیاس‌پذیری، دسترسی‌پذیری، خوشه‌بندی (Clustering) و معرفی چندین نمونه Server

بررسی انواع Storage و فناوری‌های روز : DAS،NAS،SAN، iSCSi،...

ساختار مراکزداده (Data Center)

رایانش ابری (Cloud Computing)

مراجــع :

1. J. L. Hennessy, D. A. Patterson, Computer Architecture, A Quantitative Approach, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2018.
2. D. A. Patterson, J. L. Hennessy, Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2020.
3. Related White Papers and Documents.

مدارهای واسط
Interface Circuits

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی و بررسی انواع باس‌های PC مانند PCI، AGP، USB و Firewire، اجزای جانبی کامپیوتر مانند هاردیسک، DC، DVD، ...

شــرح درس :

انواع باس‌ها از قبیل PCI، PCI-X و AGP : سطوح مختلف، مقایسه از لحاظ پهنا و سرعت، پل‌ها، یک یا دو مثال واقعی، ویژگی‌ها، نحوه کارکرد، سیگنال‌ها و کاربردشان، مدهای انتقال، دستورات جدید، کاربردهای واقعی

انواع ادوات ذخیره‌سازی اطلاعات شامل انواع Hard Disk، CD وDVD : ساختار، محاسبات زمان دسترسی، فرمت‌های کدگذاری، فرمت‌هایفیزیکی و منطقی، اتصالات در انواع ادوات ذخیره‌سازی، ساختار داخلی در سطح واسط (واسط، ATA ، SATA ، در دیسک سخت)، مقدمه‌ای بر فناوری ساخت، فشرده‌سازی اطلاعات

USB : اهداف، ویژگی‌ها، واسط فیزیکی USB و سیگنال‌ها، پروتکل، انجام و کنترل انتقالات، کدگذاری داده

Fire Wire : مقدمه‌ای از استانداردIEEE 1394 ، معرفی سیگنال‌های واسطه‌ای مربوط به اطلاعات و کنترل، معرفی پروتکل و نحوه کار، پل، فرم بی‌سیم، مقایسه با USB

واسط‌های کاربری شامل نمایشگرهایLCD، صفحه‌ی کلید، چاپگر، موس : (در صورت امکان در سطح فناوری)، خواندن یا نوشتن اطلاعات و همچنین سیگنال‌های کنترلی، نحوه راه‌اندازی، امکانات سخت افزاری و نرم افزاری به منظور راه‌اندازی آسانتر

مراجــع :

1. M. A. Mazidi, J. G. Mazidi, Design and Interfacing of the IBM PC, PS, and Compatible Computers, Prentice-Hall, 2002.
2. S. F. Barrett, D. J. Pack, Microchip AVR Microcontroller Primer: Interfacing, 3rd ed., 2019.

شبکه‌های انتقال داده
Data Transmission Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** مخابرات دیجیتال

هـــدف: آشنایی با مبانی علمی و مفاهیم بنیادین لایه‌های شبکه در ارتباطات داده‌ها

شـــرح درس:

مقدمه: استفاده از شبکه‌های کامپیوتری، نرم‌افزار و سخت‌افزار شبکه، مدل‌های مرجع، استاندارد سازی شبکه

لایه فیزیکی: مبنای نظری ارتباطات داده، محیط انتقال، انتقال بی‌سیم، سیستم تلفن، فناوری‌های حلقه محلی (ADSL، ISDN)، سیستم‌های انتقال SDH، سیستم‌های تلفن همراه

لایه‌های پیونده داده: مباحث طراحی، آشکارسازی و تصحیح خطا، پروتکل‌های اولیه، پروتکل‌های پنجره لغزان، تحلیل عملکرد، نمونه‌های HDLC و PPP

زیر لایه دسترسی رسانه: مسئله تخصیص کانال، ALOHA، مبادله‌ها، تحلیل استاندارد IEEE802 برای LANها، فناوری‌های اینترنت (سریع و گیگابیت)، فناوری و پروتکل‌های MAC بی‌سیم، مروری بر IEEE 802.11، IEEE 802.16 و بلوتوث

لایه شبکه: مباحث طراحی، مسیریابی، مسیریابی بی‌سیم، مبانی عملیاتی و الگوریتم‌های کنترل ازدحام، شکل‌دهی ترافیک، مفاهیم اصلی QoS، مسیریابی‌های RSVP،Diffserv و MPLS، مبانی IP، ATM، QoS در ATM

لایه انتقال: سرویس، اجزاء پروتکل‌ها، TCP، UDP، RTP/RTCP

مراجـــع:

1. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6th ed., Pearson, 2020.
2. A. Leon-Garcia, I. Widjaja, Communication Networks, 2nd ed., McGraw Hill, 2003.
3. W. Stallings, Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson, 2010.
4. L. Peterson, B. Davie, Computer Networks: A Systems Approach, 6th ed., Morgan Kaufman, 2021.

مدارهای ASIC/FPGA
ASIC/FPGA Circuits

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : فهم جامع روند طراحی و پیاده‌سازی دیجیتال شامل مسائل طراحی در سطح الگوریتم، بهینه‌سازی معماری، زبان‌های توصیف سخت‌افزار و مسائل طراحی ASIC در سطح سیستم و ترانزیستور در کاربردهای خاص

شــرح درس :

فناوری و طراحی مدارهای مجتمع دیجیتال و ویژه (ASIC)

راهبردهای پیاده سازی :ابزارهای طراحی، فرم‌های کاملا ویژه و نیمه ویژه (Full Custom/Semi Custom)، پلتفرم های ویژه FPGA

طراحی : مسائل مهم، معیارهای کیفیت، اجزاء مدارات، مسائل مهم در زمانبندی

معماری‌های سطح VLSI **برای پردازش سیگنال دیجیتال**

مقدمه :الگوریتم‌های متداول، نمایش الگوریتم‌ها، نمایش‌های جریان سیگنال، جریان‌داده، گراف‌های وابستگی، کران تکرار (Iteration bound)

تکنیک‌های طراحی معماری‌های سطح VLSI : خط لوله، پردازش موازی، خط لوله و پردازش موازی در توان پایین، باز زمان‌بندی، تازنی (Folding)، بازگشودنی (Unfoulding)، کمینه کردن تعداد ثبات‌ها، سیستولیک

معماری‌های خط لوله همزمان و ناهمزمان : خط لوله همزمان و روش‌های ساعت زنی، خط لوله موجی، خط لوله ناهمزمان، پیاده‌سازی اجزاء محاسباتی

معماری های محاسباتی در سطح بیت : مدارها، سیستم نمایش اعداد و اثر آنها بر پیاده سازی، نمایش و محاسبات ممیّز شناور، محاسبات زاید، جمع کننده‌ها، شیفت دهنده‌ها و مقایسه‌گرها، ضرب کننده های در سطح بیت و موازی

محاسبات زاید

اثرات محدودیت پهنای بیت در سیستم

تکنیک‌های تبدیل الگوریتم‌های ممیّز شناور به ممیّز ثابت

طراحی فیلترهای دیجیتال خط لوله‌ای، موازی

طراحی توان پایین

پروژه

مراجــع :

1. K. K. Parhi, VLSI Digital Signal Processing Systems: Design and Implementation, Wiley, 2008.
2. S. Y. Kung, VLSI Array Processors, Prentice Hall, 1988.
3. L. Wanhammar, DSP Integrated Circuits: Academic Press, 1999.
4. M. J. S. Smith, Application-Specific Integrated Circuits, Addison Wesley, 1993.
5. D. E. Thomas, P. Moorby, The Verilog Hardware Description Language, Springer, 2012.
6. W. F. Lee, Verilog Coding for Logic Synthesis, Wiley, 2008.
7. H. Bhatnagar, Advanced ASIC Chip Synthesis Using Synopsys Design Compiler and PrimeTime, Springer, 2013.

معماری کامپیوتر پیشرفته
Advanced Computer Architecture

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با معماری قسمت‌های مختلف پردازنده‌های مدرن و نحوه پیاده‌سازی بهینه آن‌ها

شرح درس:

مقدمه‌ای بر سازمان کامپیوتر

مروری بر زبان Verilog

طراحی کامپیوتر براساس مجموعه دستورالعمل‌ها (ISA)

محاسبات کامپیوتر: جمع و تفریق، ضرب و تقسیم، عملیات با اعداد با ممیز شناور

طراحی سخت افزار پردازنده، مسیر داده، کنترل کننده

بالا بردن کارآیی بوسیله خط لوله (Pipelining)

عملیات موازی در سطح دستورالعمل‌های ILP: خط لوله در مسیر داده‌ها و کنترل کننده، مخاطرات خط لوله، کاهش یا حذف مخاطرات خط لوله، برنامه ریزی پویا، اجرای خارج از نظمOOE، پیش‌بینی پویای پرش‌ها، ارزشیابیILPوOOE

تسلسل حافظه‌ها

تکنولوژی حافظه‌ها: سازمان حافظه Cache، سازمان حافظه مجازی

سیستم‌های چند پردازه، موازی‌سازی

طرح‌های چند پردازه‌ای: Multi-Threading, Hyper-Threading، حافظه مشترک و همگام کردن، شبکه کردن پروسسورها

پردازنده و مدارهای میانجی

نوع و مشخصات دستگاه میانجی، پردازنده و باس جانبی، راههای پیشرفته ارتباط دهی

مراجــع:

1. D. A. Patterson and J. L. Hennessy, Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2020.
2. J. L. Hennessy and D. A. Patterson, Computer Architecture, A Quantitative Approach, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2018.

پردازش‌گرهای سیگنال‌های دیجیتال
DSP Processors

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** ریزپردازنده

هــدف : آشنایی با ساختارهای و توانایی‌های پردازش‌گرهای دیجیتال مدرن

شرح درس :

مقدمه و تعاریف، طبقه‌بندی پردازش‌گرها، جایگاه پردازش‌گرهای سیگنال

تاریخچه و تکامل پردازش‌گرهای سیگنال، معرفی و بررسی پردازش‌گرهای سیگنال اولیه

بررسی ساختار و اجزاء پردازش‌گرهای سیگنال مدرن با تاکید بر خانواده‌های C5000 و C6000 شرکت TI

نمایش و توصیف اعداد در DSPهای ممیز ثابت و ممیز شناور : چندی‌سازی سرریز، زیرریز(underflow)، شناخت و تعدیل اثرات اشباع محاسباتی، مقیاس، بیت‌های محافظ، ...، استفاده از شبیه‌سازی

الگوریتم‌های پردازش سیگنال و نگاشت آن‌ها روی ساختارهای پردازش‌گرهای سیگنال مدرن با تاکید بر پردازش‌گرهای ممیز ثابت و ممیز شناور خانواده‌ی C6000 :فیلترهای FIR و IIR، Goertzel و FFT، 2DDCT، LPC، حذف نویز به روش LMS و ...

بهینه‌سازی کد C، Assembly و Linear assembly برای پردازش‌گرهای سیگنال مدرن با تاکید بر پردازش‌گرهای ممیز ثابت و ممیز شناور خانواده‌ی C6000

طراحی سیستمی پردازش‌گرهای خاص و تک منظوره(dedicated) برای مدارهای مجتمع

طراحی سخت‌افزار سیستم‌های نهفته بر مبنای پردازش‌گرهای سیگنال، مسائل طراحی سرعت بالا و mixed signal در سطح pcb ...

مراجــع :

1. D. Liu, Embedded DSP Processor Design: Application Specific Instructon Set Processors, Morgan Kaufmann, 2008.
2. S. M. Kuo, B. H. Lee, W. Tian, Real- Time Digital Signal Processing: Fundamentals, Implementations and Applications, 3rd ed.,Wiley, 2013.
3. TI C6000 Teaching ROMs, 2010 Updates.
4. R. Chassaing, D. Reay, Digital Signal Processing and Applications with the TMS320C6713 and TMS320C6416 DSK, 2nded, Wiley, 2010.
5. Y. H. Hu, Programmable Digital Signal Processors: Architecture, Programming, and Applications, Dekker, 2007.
6. W. Kester, Mixed-Signal and DSP Design Techniques, Analog Devices, 2003.
7. N. Kehtarnavaz, Real-Time Digital Signal Processing: Based on the TMS320C6000, Newnes, 2011.

تشخیص و تحمل خرابی
Fault Detection and Tolerance

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با روش‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در طراحی سیستم‌ها و نیز مفاهیم شبکه‌های مقاوم در برابر خرابی و خطای نرم

شرح درس :

مفاهیم اصلی و مقدماتی : خرابی‌ها (Faults)، خطاها (Errors)

روش‌های طراحی به منظور دستیابی به مقاومت در برابر خرابی : افزونگی سخت‌افزاری، افزونگی اطلاعات، افزونگی زمان، افزونگی نرم‌افزاری

روش‌های ارزیابی : فرآیندهای پوآسن، مدل‌های مارکف

نرم‌افزار مقاوم در برابر خرابی

مقاومت در برابر نقص و عیب در مدارات VLSI

مباحث پیشرفته : شبکه‌های مقاوم در برابر خرابی، دیسک‌های افزونه (Redundant Disks)، خطاهای نرم (Soft)

مراجـع :

1. B. W. Johnson, The Design and Analysis of Fault- Tolerant Digital Systems, Addison- Wesley, 1989.
2. I. Koren, C. M. Krishna, Fault -Tolerant Systems, 2nd ed., Morgan Kaufmann., 2020.
3. M. L. Shooman, Reliability of Computer Systems and Networks: Fault Tolerance, Analysis and Design, Wiley, 2008.

سیستم‌های چند پردازنده‌ای با کارایی بالا
High Performance Multiprocessor Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با معماری‌های موازی جدید، چالش‌های برنامه‌نویسی و کاربردهای واقعی موازی سیستم‌های چند هسته‌ای

شرح درس :

معماری‌های موازی جدید : مقدمه، مفاهیم پایه در معماری‌های موازی، معماری CSX، معماری چند هسته‌ای اینتل، معماری CellProcessor، معماری واحدهای پردازشی گرافیکی، معماری Tilera

الگوریتم‌ها و برنامه‌نویسی موازی : الگوهای پرکاربرد در الگوریتم‌های موازی، برنامه‌نویسی موازی (MPI، OpenMP، CUDA)

کاربردهای واقعی : عددی، غیرعددی، چند رسانه‌ای

مراجـع :

1. J. Sanders, E. Kandrot, CUDA by Example: An Introduction to General- Purpose GPU Programming, Addison Wesley, 2011.
2. T. Rauber, G. Rünger, Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems, 2nd ed., Springer, 2013.
3. C. Hughes, T. Hughes, Professional Multicore Programming Design and Implementation for C++ Developers, Wiley, 2008.
4. W. Wolf, High-Performance Embedded Computing: Architectures, Applications, and Methodologies, Morgan Kaufmann, 2010.
5. M. Scarpino, Programming the Cell Processor: For Games, Graphics, and Computation, Prentice Hall, 2008.
6. M. Quinn, Parallel Programming in C with MPI and OpenMP, McGraw-Hill, 2003.
7. D. E. Culler, J. T. Singh, A. Gupta, Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach, Morgan Kaufmann, 1998.
8. H. El-Rewini, M. Abd-El-Barr, Advanced Computer Architecture and Parallel Processing, Wiley, 2008.
9. E. G. Talbi, Parallel Combinatorial Optimization, Wiley, 2008.

سیستم‌های نهفته
Embedded Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : پوشش بازه وسیعی از موضوعات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و الگوریتمی در ارتباط با سیستم‌های نهفته

شرح درس :

پردازنده‌های نهفته همه منظوره و VLIW

پردازنده‌های مختص حوزه‌های خاص : پردازنده‌های سیگنال‌های دیجیتال، پردازنده‌های شبکه

پردازنده‌های مختص کاربردهای خاص (ASIP) : معماری‌ها، روند و محیط طراحی

پردازنده‌های قابل توسعه و قابل پیکربندی : توسعه مجموعه دستورالعمل‌ها، مدل‌سازی و تطبیق دستورالعمل، Compiler Retargeting، روند طراحی، سنتز مسیرداده

چندپردازنده‌های نهفته : روش‌های طراحی چندپردازنده‌ها، معماری‌های چندپردازنده‌ها، روش‌های طراحی چندپردازنده‌ها با مصرف توان پایین، مدل‌های زمان‌بندی چندپردازنده‌ها

سیستم‌های عامل نهفته : سیستم‌های عامل بلادرنگ، الگوریتم‌های تعیین‌کننده‌ی زمان‌بندی، زمان‌بندی‌های استاتیکی و دینامیکیِ DVSF، مدیریت حافظه، مدل حافظه

مدل‌سازی سیستم‌های نهفته : مدل ماشین حالت، معادلات دیفرانسیل، معادلات ترکیبی، مدل عملگر، مدل جریان داده

الگوریتم‌های طراحی و بهینه سازی : زمانبندی، تخمین حافظه و توان مصرفی، روشهای حل مسئله با ILP، الگوریتم ژنتیک، Simulated Annealing

امنیت و قابلیت اطمینان در پردازنده‌های نهفته : مسئله‌ی ایمنی و قابلیت اطمینان، پشتیبانی وابسته به معماری برای قابلیت اطمینان و ایمنی در پردازنده‌های نهفته

مراجــع :

1. E. A. Lee, S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems- A Cyber-Physical Systems Approach, 2nd ed., The MIT Press, 2017.
2. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. E. Rivest, Introduction to Algorithms, 4th ed., The MIT Press, 2022.
3. P. Ienne, R. Leupers, Customizable Embedded Processors: Design Technologies and Applications, Morgan Kaufmann, 2006.
4. J. A. Fisher, P. Faraboschi, C. Young, Embedded Computing: A VLIW Approach to Architecture, Compilers and Tools, Morgan Kaufmann,2004.
5. J. Henkel, S. Parameswaran, Designing Embedded Processors: A Low-Power Perspective, Springer, 2007.
6. W. Wolf, High-Performance Embedded Computing, 2nd ed., Morgan Kaufmann Publishers, 2014.

فناوری ساخت مدارهای دیجیتال
Fabrication Technology of Digital Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با فرهنگ و راهبردهای طراحی مدارات VLSI

شرح درس:

آشنایی و انگیزش‌ها

ساخت ترانزیستور و نیم‌رساناها

تئوری عملکرد ترانزیستورها

مدارات ترکیبی و خانواده‌های آن‌ها

مدارات ترتیبی

زبان سخت‌افزاری HDL با تکیه بر مباحث سنتز و پیاده‌سازی

راهبردهای طراحی

راهبردهای صحه‌گذاری طراحی مدارات پیچیده

سنتز مدارات

واحدهای مسیر داده

طراحی برای تست

بسته‌بندی، ورودی و خروجی. سیگنال ساعت و توزیع توان

مراحل پیاده‌سازی و طراحی مدارات مجتمع با استفاده از ابزارهای طراحی روز

مراجــع:

1. D. E. Thomas, P. R. Moorby, The Verilog Hardware Description Language, 5th ed., Springer, 2008.
2. A. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits, 2nd ed., Prentice Hall, 2004.
3. N. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design A Circuits and Systems Perspective, 4th ed., Addison Wesley, 2010.
4. M. J. Smith, Application-Specific Integrated Circuits, Addison Wesley, 1997.
5. H. Bhatnagar, Advanced ASIC Chip Synthesis Using Synopsys Design Compiler, and PrimeTime, Springer, 2012.
6. N. Weste, K. Eshraghian, Principles of CMOS VLSI Design, 2nd ed., Addison Wesley,1994.
7. W. Wolf, Modern VLSI Design: A System Approach, Prentice Hall, 1994.
8. K. Eshraghian, Basic VLSI Design, 3rd ed., Prentice Hall, 1994.
9. J. Rabaey, Low Power Design Essentials (Integrated Circuits and Systems), Springer, 2017.

دینامیک سیستم‌های قدرت ۱
Power System Dynamics 1

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : ماشین‌های الکتریکی۳ **همنیـــــاز :** -

هـــدف : معرفی مباحث اساسی مطرح در دینامیک سیستم‌های قدرت از جمله مدل عناصر، پایداری و کنترل سیستم قدرت

شـــرح درس :

تعاریف پایه پایداری

معرفی انواع پایداری در سیستم‌های قدرت

تقسیم بندی پایداری سیستم های قدرت از نگاه زمان، مدل‌سازی و اثر

مدل‌سازی دینامیکی ماشین سنکرون به دو صورت کامل و کاهش مرتبه‌ای

مدل‌سازی دینامیکی بارها

مدل‌سازی انواع سیستم تحریک و کنترل‌کننده های مرتبط

مدل‌سازی انواع گاورنر

مدل‌سازی مقدماتی توربین‌های بخار و آبی

نوسانات فرکانس پایین و طراحی پایدارساز سیستم قدرت

مقدمه‌ای بر پایداری ولتاژ

مراجـــع :

1. P. S. Kundur, O. P. Malik, Power System Stability and Control, 2nd ed., McGraw-Hill, 2022.
2. K. R. Padiyar, Power System Dynamics, Stability and Control, BS Publication, 2008.
3. J. Machowski, Z. Lubosny, J. W. Bialek,, J. R. Bumby, Power System Dynamics: Stability and Control, 3rd ed., Wiley, 2020.
4. P. W. Sauer, M. A. Pai, J. H. Chow, Power System Dynamics and Stability with Synchrophasor Measurement and Power System Toolbox, 2nd ed., Wiley – IEEE Press, 2017.
5. F. T. S. Yu, Electric Power System Dynamics, Academic Press, 1983.

بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت
Power Systems Operation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

هـــدف: آشنایی با اصول بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت به‌ویژه از دیدگاه اقتصادی

شـــرح درس:

مقدمه

مبانی بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت

اصول بهینه‌سازی

مشخصه‌های نیروگاه‌ها

توزیع اقتصادی توان

در مدار قرار گرفتن نیروگاه‌ها

هماهنگی نیروگاه‌های آبی و حرارتی

اثرات شبکه انتقال در بهره‌برداری: پخش بار بهینه

امنیت سیستم قدرت

کنترل فرکانس بار

تخمین حالت

مراجـــع:

1. A.J. Wood, B. F. Wollenberg, G. B. Sheblé, Power Generation, Operation, and Control, 3rd ed., Wiley, 2013.
2. A. J. Conejo, L. Baringo, Power System Operations, Springer, 2017.
3. M. F. Anjos, A. J. Conejo, Unit Commitment in Electric Energy Systems: Foundations and Trends in Electric Energy Systems, 1(4), pp.220-310, 2017.
4. A. Gomez-Exposito, A. J. Conejo, C. Cañizares, (eds.), Electric Energy Systems: Analysis and Operation, CRC press, 2018.

تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی
Comprehensive Theory of Electrical Machines

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : ماشین‌های الکتریکی ۳ **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با عملکرد و تحلیل رفتار غیرماندگار ماشین‌های الکتریکی

شــرح درس :

مروری کلی بر مطالعات مرتبط با ماشین‌های الکتریکی در دوره کارشناسی و آشنایی کلی با رفتار غیرماندگار آن‌ها

عملکرد و تحلیل رفتار غیرماندگار و ماندگار ماشین‌های جریان‌مستقیم

مدل‌سازی اندوکتانس‌های ماشین‌های سنکرون و القایی

تئوری چارچوب مرجع

عملکرد و تحلیل رفتار غیرماندگار و ماندگار ماشین‌های القایی

عملکرد و تحلیل رفتار غیرماندگار و ماندگار ماشین‌های سنکرون

استخراج پارامترهای ماشین سنکرون شامل ثابت‌های زمانی و راکتانس‌های گذرا و زیرگذرا

مدل‌سازی ماشین سنکرون شامل ثابت‌های زمانی و راکتانس‌های گذرا و زیرگذرا

اصول شبیه‌سازی ماشین‌های سنکرون و القایی

مراجــع :

1. P. Krause, O. Wasynczuk, S.Sudhoff, and S. Pekarek, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 3rd ed., IEEE Press, 2013.
2. P.S. Bimbhra, Generalized Theory of Electrical Machines, Khanna Pub., Delhi, India, 1989.
3. . Krause, O. Wasynczuk, S. Pekarek, Electromechanical Motion Devices, 2nd ed., IEEE Pres., 2012.
4. J. Gao, L. Zhang, and X. Wang, AC Machine Systems, Mathematical Model and Parameters, Analysis, and System Performance, Springer, 2009.
5. Chee-Mun Ong. Dynamic Simulations or Electric Machinery- Using MATLAB SIMULINK, Prentice Hall, 1998.

توزیع انرژی الکتریکی
Electric Energy Distribution

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مباحث روز در زمینه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری شبکه‌های توزیع

هــدف: آشنایی با مباحث روز در زمینه برنامه‌ریزی و بهره‌برداری شبکه‌های توزیع

شرح درس:

ساختار شبکه‌های توزیع
مشخصه‌های بار
پیش‌بینی بار
برنامه‌ریزی و جایابی پست‌های فوق‌توزیع
جایابی پست‌های توزیع
خازن گذاری در شبکه‌های توزیع
حضور و جایابی تولیدات پراکنده در شبکه توزیع
قابلیت اطمینان در سیستم‌های توزیع
بهره‌برداری شبکه‌های توزیع و مسائلی نظیر بازآرایی شبکه، بازیابی بار، جایابی کلیدهای مانور و ...
تجدیدساختار در شبکه توزیع و تعامل مصرف‌کنندگان و شرکت‌های توزیع در بازار برق
مدیریت و پاسخگویی بار
حفاظت در شبکه‌های توزیع
طراحی شبکه
تجهیزات شبکه
مباحث ویژه در کابل‌ها و هادی‌ها
کیفیت توان در شبکه‌های توزیع

مراجــع:

1. A. A. Sallam, O. P. Malik, Electric Distribution Systems, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2018.
2. T. Gonen, Electric Power Distribution Systems, 3rd ed., CRC Press, 2014.
3. A. S. Pabla, Electric Power Distribution, McGraw-Hill, 2005.
4. T. Gonen, Electric Power Distribution System Engineering, 2nd ed., 2007.
5. J. M. Gers, E. J. Holmes, Protection of Electricity Distribution Networks, 3rd ed., IET, 2011.
6. مرجع آ. گلکار، طراحی و بهره‌برداری از سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی (۲ جلد)، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۱.

حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت
Advanced Protection of Power Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : حفاظت و رله　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مباحث پیشرفته و روش‌های گسترده در حفاظت سیستم‌های قدرت

شرح درس :

مباحث پیشرفته در حفاظت اضافه جریان : تنظیم و هماهنگی رله‌ها، اضافه جریان آنی، اضافه جریان جهت‌دار و انواع قطبش

مباحث پیشرفته در حفاظت دیستانس : تنظیم رله‌های دیستانس، ساختمان رله‌های دیستانس الکترومکانیکی و استاتیکی، مشکلات رله‌های دیستانس، واحد راه‌انداز رله دیستانس، قطبش رله دیستانس

حفاظت خطوط انتقال : دومداره، چند پایانه، جبران شده سری، بر اساس مؤلفه‌های تحمیلی(superimposed)خطا، واحد خط انتقال، کانال‌های مخابراتی مورد استفاده

جزیره‌ای کردن کنترل شده در سیستم‌های انتقال قدرت، حفاظت حذف بار فرکانسی شامل اصول طراحی وتنظیم سیستم‌های حذف بار و سیستم‌های حذف بار مدرن، حفاظت حذف بار ولتاژی

رله‌های استاتیکی مقایسه کننده فاز و مقایسه کننده دامنه، وصل مجدد اتوماتیک در سیستم‌های قدرت

مراجــع :

1. W. A. Elmore, Protective Relaying: Theory and Application, 2nded., CRC Press, 2004.
2. S. H. Horowitz, and A. G. Phadke, Power System Relaying, 4th ed., Wiley, 2014.
3. G. Ziegler, Numerical Distance Protection: Principles and Applications, 4th ed., Publicis, 2011.
4. J. M. Gers, E. J. Holmes, Protection of Electricity Distribution Networks, 4th ed., IET, 2022.
5. Group of authors, Network Protection & Automation Guide, ALSTOM, 2011.

شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی
Intelligent Electric Energy Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با اهمّیّت، مبانی و روند هوشمندسازی شبکه‌های انرژی

شرح درس:

مفاهیم اولیه و سیرتکاملی شبکه‌های هوشمند

مدیریت سمت تقاضا در شبکه‌های هوشمند

اندازه‌گیری، کنترل و ارتباطات هوشمند در شبکه‌های انرژی

شبکه هوشمند برای مدیریت انرژی در ساختمان و اتوماسیون منازل (خانه‌های هوشمند)

ریز شبکه‌ها و روشهای مدل‌سازی و کنترل

شبکه‌های توزیع فعال

بررسی کارآیی مصرف کنندگان نهایی انرژی الکتریکی و روش‌های بهبود آن

شبکه‌های هوشمند برای امنیت فیزیکی و سایبری سیستم‌ها

شبکه‌های هوشمند برای خودروهای برقی و حمل و نقل با آلودگی کم

سامانه‌های کنترل، پایش و حفاظت ناحیه گسترده و PMUها

مراجـع:

1. M. Parsa Moghaddam. R. Zamani, H.H. Alhelou, P. Siano (eds.), Decentralized Frameworks for Future Power Systems: Operation, Planning and Control Perspectives. Academic Press, 2022.
2. C. W. Gellings, The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response, The Fairmont Press, 2009.
3. S. Chowdhury, S. P. Chowdhury, P. Crossley, Microgrids and Active Distribution Networks, IET, 2009.
4. J. Momoh, Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis, Wiley- IEEE Press, 2012.
5. شبکه‌های هوشمند و ریزشبکه‌ها، گ. قره‌پتیان، م. شاهیده‌پور، ب. ذاکر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر ، چاپ سوم، ۱۴۰۰.

کنترل توان راکتیو
Reactive Power Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲

هــدف : آشنایی با مفهوم، اهمیت و جبران‌سازی توان راکتیو در سیستم‌های قدرت الکتریکی

شرح درس :

مقدمه : تعاریف، مفاهیم اولیه، اهمیت کنترل توان راکتیو، معرفی اجمالی منابع VAR و نقش آن‌ها در نیازمندی‌های سیستم‌های الکتریکی انتقال و توزیع نیروی برق

جبران‌سازی در سیستم‌های توزیع نیروی برق

جبران‌سازی در سیستم‌های انتقال در شرایط ماندگار

برنامه‌ریزی و پخش توان راکتیو در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار و سنتی

جبران کننده‌های توان راکتیو

سرویس توان راکتیو به عنوان خدمات جانبی در بازار برق

جبران‌سازی در سیستم‌های انتقال در شرایط دینامیکی

مراجــع :

1. J. E. Miller, Reactive Power Control in Electric Systems, Wiley, 1982.
2. N. Mahdavi Tabatabaei, A. Jafari Aghbolaghi, N. Bizon, F. Blaabjerg (eds.), Reactive Power Control in AC Power Systems: Fundamentals and Current Issues, Springer, 2017.
3. P. M. Anderson and R. G. Farmer, Series Compensation of Power Systems, PBLSH! 1996.
4. X. P. Zhang, C. Rehtanz, and B. Pal, Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control, 2nd ed., Springer, 2012.
5. Y. H. Song and A. T. Johns, Flexible AC Transmission Systems (FACTS), IEE, 1999.
6. P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw Hill, 1994.
7. C. Taylor, Power System Voltage Stability, McGraw Hill, 1994.
8. H. Seifi, M. S. Sepasian, Electric Power System Planning: Issues, Algorithms and Solutions, Springer, 2011.

بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت
Analysis of Power System Transients

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲

هــدف : آشنایی با منابع ایجاد حالت‌های گذرا و روش‌های کنترلی انواع مبدل‌های dc/dc، dc/ac، ac/dc، ac/ac

شرح درس :

تعاریف و دسته‌بندی‌ها

انتشار امواج در خطوط انتقال

قوانین انعکاس در خطوط انتقال و دیاگرام نردبانی

برخورد صاعقه به خط انتقال

عوامل موثر بر دامنه اضافه ولتاژها ناشی از برق‌دار کردن خط انتقال (Closing)

حالت‌های گذرای ناشی از قطع (Opening)

تحلیل n فازه (در حالت‌های گذرا در سیستم سه فاز دو مداره با دو سیم محافظ (۸ سیم در حالت گذرا))

حالت‌های گذرای سیم‌پیچ ترانسفورماتورها و ژنراتورها

تحلیل کامپیوتری بررسی حالات گذرا (نرم‌افزار EMTP)

مراجـع :

۱. ح. محسنی، مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۱.

۲. گ. قره پتیان، ه. علی‌پور، بررسی حالات گذرا توسط نرم‌افزارEMTP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۸.

3. J. P. Bickford, N. Millineux, J. R. Reed, Computation of Power System Transients, Inspec/ lee, 1980.
4. A. Greenwood, Electrical Transients in Power Systems, 2nd ed.,Wiley, 1991.
5. W. Derek Humpage, Z-Transform Electromagnetic Transient Analysis in High Voltage Networks, Inspec/ lee, 1982.
6. P. Chowdhuri, Electric Transients in Power Systems, Research Studies Pre.,1996.
7. L. Vander Sluis, Transients in Power Systems, Wiley, 2001.
8. R. Rudenburg, Transient Performance of Electric Power Systems, The MIT Press, 1969.
9. N. Watson J., Arrillaga, Power System Electromagnetic Transient Simulation, 2nd ed., IET Press, 2019.

بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت
Probabilistic Analysis of Power Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با کاربرد روش‌های احتمالاتی در سیستم‌های قدرت

شرح درس :

مقدمه : شرایط عدم قطعیت در بهره‌برداری برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌های قدرت

کاربرد سیستم‌های تصمیم‌گیری در سیستم‌های قدرت

شبیه‌سازی مونت کارلو و کاربرد آن در سیستم‌های قدرت

بررسی احتمالاتی پخش توان

بررسی احتمالاتی اتصال کوتاه

بررسی احتمالاتی پایداری در سیستم‌های قدرت

مراجـع :

1. G. J. Anders, Probability Concepts in Electric Power Systems, Wiley, 1990.
2. A. J. Conejo, M. Carriâon, J. M. Morales, Decision Making under Uncertainty in Electricity Markets, Springer, 2010.
3. V. Ramachandran, V. Sankaranarayanan, Probability Measures of Fuzzy Events in Power Systems, Proceedings of the 15th Conference on System Modeling and Optimization, pp 963-969, Springer, 1992.

کیفیت توان
Power Quality

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک قدرت۱ **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با منابع و آثار اعوجاج‌ها در شبکه‌های برق و راه حل‌های جبران‌سازی

شرح درس :

مقدمه : مفاهیم، تعاریف، شاخص‌ها و ضرورت مطالعه

پدیده‌های گذرا : منشاء،اثرات و راهکارهای مقابله

تغییرات کوتاه مدت و بلند مدت ولتاژ : منشاء، اثرات و تجهیزات بهبود دهنده

فلیکر ولتاژ : منشاء، اثرات و روش‌های جبران

نامتعادلی ولتاژ و جریان : منشاء آثار و راه حل‌های کاهش

اعوجاج ولتاژ و جریان (هارمونیک‌ها و میان هارمونیک‌ها) : منشاء، آثار، شناسائی محل تولید و تجهیزات جبران‌سازی

کاربرد ادوات نوین الکترونیک قدرت : فیلترهای فعال، ترکیبی، APLC، UPQC و ... در بهبود کیفیت توان

تأثیر استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر و تولید پراکنده بر کیفیت توان

تأثیر انواع روش‌های زمین کردن شبکه بر کیفیت توان

مونیتورینگ و اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت توان و مقایسه با استانداردهای ملی و بین‌المللی

مراجــع :

۱. س. ح. **حسینی**، ت. نوری، م. فرهادی کنگرلو، **کیفیت توان در شبکه های توزیع نیروی برق**، نشر دانشجو، ۱۳۹۱.

2. H. W. Beaty, R. C. Dugan, S. Santoso and M. F. McGranaghan, Electrical Power Systems Quality, 3rd ed., McGraw-Hill, 2012.
3. J. Arrillaga, N. R. Watson, and S. Chen,Power System Quality Assessment, Wiley, 2011.
4. A. Ghosh and G. Ledwich, Power Quality Enhancement Using Custom Power Devices, Springer, 2002.
5. J. Schlabbach, D. Blume, T. Stephanblome, Voltage Quality in Electrical Power Systems, IET Press, 2001.
6. M. H. J. Bollen, Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, Wiley- IEEE Press, 2013.
7. A. Kusko and M. T. Thompson, Power Quality in Electrical Systems, McGraw-Hill, 2007.

سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر
FACTS

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** الکترونیک صنعتی

هـــدف : آشنایی با مبانی و ساختارهای انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر

شرح درس :

مقدمه : تعاریف و مفاهیم FACTS

مبدل‌های منبع ولتاژ

مبدل‌های منبع جریان

جبران‌سازهای موازی استاتیک (شامل SVC و STATCM)

جبران‌سازهای سری استاتیک (شامل SSSC و TCSC و TSSC و GCSC)

جبران‌سازهای ترکیبی سری و موازی (شامل IPFC و UPFC)

تنظیم کننده‌های زاویه فاز و ولتاژ استاتیک (شامل TCPAR و TCVR)

مراجـــع :

1. N.G. Hingorani, L. Gyugyi, Understanding FACTS, Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, Wiley- IEEE Press, 1999.
2. R. M. Mathur, R. K. Varma, Thyristor - Based FACTS Controllers for Electricl Transmission Systems, Wiley- IEEE Press, 2002.
3. V. K. Sood, HVDC and FACTS Controllers: Applications of Static Converters in Power Systems,
4. Springer, 2004.
5. E. Acha, C.R. Fuerte-Esquivel, FACTS Modelling and Simulation in Power Networks, Wiley, 2021.
6. X. P. Zhang, C. Rehtanz, B. Pal, Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control, 2nd ed., Springer, 2012.
7. B. R. Andersen, S. Nisson, Flexible AC Transmission Systems (FACTS), Springer, 2020.

دینامیک سیستم‌های قدرت۲
Power System Dynamics 2

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: دینامیک سیستم‌های قدرت۱ **همنیـــــاز:** -

هـــدف: تکمیل مطالعات مرتبط با دینامیک سیستم‌های قدرت ۱

شرح درس:

مروری بر مطالب پایه بر مبنای دینامیک سیستم‌های قدرت ۱
مدل‌سازی پیشرفته بار
مدل‌سازی انواع سیستم‌های نوین تحریک
مدل‌سازی پیشرفته گاورنرهای قدیمی و انواع نوین آن‌ها
مدل‌سازی پیشرفته توربین‌های بخار و آبی
مدل‌سازی سایر انواع توربین از قبیل گازی و...
مدل‌سازی برخی دیگر از عناصر نیروگاهی از قبیل دیگ بخار و...
بررسی پیشرفته پایداری سیگنال کوچک در شبکه‌های بزرگ‌اندازه
بررسی پایداری گذرا
بررسی پیشرفته پایداری ولتاژ
معرفی و بررسی پایداری نوسانات زیرسنکرون
بررسی مقدماتی پایداری میان‌مدت و بلندمدت
معرفی برخی از روش‌های بهبود انواع پایداری

مراجـع:

1. P. S. Kundur, O. Malik, Power System Stability and Control, 2nd ed., McGraw- Hill, 2022.
2. K. R. Padiyar, Power System Dynamics: Stability and Control, Anshan, 2004.
3. J. Machowski, Z. Lubosny, J. Bialek, J. Bumby, Power System Dynamics: Stability and Control, 3rd ed., Wiley, 2020.
4. P. W. Sauer, M. A. Pai, J. H. Chow, Power System Dynamics and Stability with Synchrophasor Measurement and Power System Toolbox, 2nd ed., Wiley – IEEE Press, 2017.

اصول کنترل مدرن
Principles of Modern Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مفاهیم و روش‌های طراحی کنترل کننده در فضای حالت

شرح درس:

مقدمه: آشنایی با نمایش‌های خارجی و داخلی سیستم‌ها و مزایای نمایش فضای حالت، چند مثال عملی، تعاریف اولیه

مروری بر مفاهیم جبر خطی و مدل‌سازی سیستم‌ها، خطی‌سازی ریاضی، عدم قطعیت در مدل‌سازی

نمایش سیستم‌های خطی، جواب معادلات دیفرانسیل سیستم‌های خطی

نمایش فضای حالت: انتخاب متغیرها، حل معادلات، روش‌های بدست آوردن ماتریس انتقال حالت، لاپلاس، حالت دینامیکی، روش هامیلتون، روش سیلوستر، تبدیل همانندی، قطری‌سازی، فرم کانونیکال جردن

کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری: تعاریف و شرایط کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری، دوگانی سیستم‌های خطی، کنترل‌پذیری خروجی و تابعی، ترکیب کانونیکال کالمن

نظریه تحقق و پایداری: تحقق کاهش ناپذیر، تحقق سیستم‌هایSISO،MISO ,SIMO ، تعاریف پایداری، پایداری درونی، پایداری BIBO، معادله ماتریسی لیاپانوف

سیستم‌های کنترل فیدبک حالت: محاسبه بهره فیدبک حالت، سیستم‌های چند ورودی، اثرات فیدبک حالت، طراحی سیستم‌های ردیاب، روش‌های جایابی قطب، جایابی قطب برای سیستم‌های MIMO، رفع اغتشاش، فیدبک حالت با کنترل انتگرالی

رویت‌گرهای حالت: ساختار و خواص رویت‌گرهای مرتبه کامل و مرتبه کاهش‌یافته، سیستم‌های کنترل فیدبک حالت با رویت‌گر، طراحی جایابی قطب با فیدبک خروجی، فیدبک حالت با رویت‌گر، قضیه جداسازی، فیدبک حالت با تخمین اغتشاش، عملکرد حلقه بسته

آشنایی با کنترل بهینه: فیدبک حالت بهینه LQR ، انتخاب بهره اعمالی،رویت‌گر حالت بهینه LQE ، فیلتر کالمن

مراجــع:

۱. ع. خاکی صدیق، اصول کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.

۲. ح. ر. تقی‌راد، مقدمه‌ای بر کنترل مدرن، ویراست چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۹.

3. C. T. Chen, Linear System Theory and Design, 4th ed., Oxford Universtiy Press, 2012.
4. W. L. Brogan, Modern Control Theory, 3rd ed., Prentice- Hall, 1990.

حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت
Digital Protection of Power Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ویژگی‌ها، ساختمان و مزایای رله‌های ریزپردازنده‌ای

شرح درس :

رله‌های ریزپردازنده‌ای : مزایا و معایب در مقایسه با رله‌های الکترومکانیکی و استاتیکی، ساختمان اجزاء، فیلترهای پایین گذر، مبدل‌های آنالوگ به دیجتیال، اصول نمونه‌برداری از سیگنال‌های آنالوگ

الگوریتم‌های دیجیتال تخمین فازور : فوریه، حداقل مربعات خطا، فوریه بازگشتی

الگوریتم‌های دیجیتال تخمین فرکانس : گذر از صفر، فیلترهای متعامد، فوریه، حداقل مربعات خطا

پیاده‌سازی دیجیتال رله‌ها : جریانی، دیفرانسیل، دیستانس

حفاظت، کنترل و اندازه‌گیری : پست‌های معمولی (Conventional)، پست‌های فشار قوی DCS

نمونه‌هایی از پیاده‌سازی عملی سیستم اتوماسیون پست

کاربرد Phasor Measurement (PMU) درحفاظت

حفاظت خط انتقال : با استفاده از الگوریتم معادلات دیفرانسیل، با استفاده از امواج سیار

مراجــع :

1. A. G. Phadke, J. S. Thorp, Computer Relaying for Power Systems, 2nd ed., Wiley, 2012.
2. W. Rebizant, J. Szafran, A. Wiszniewski, Digital Signal Processing in Power System Protection and Control, Springer, 2011.
3. G. Ziegler, Numerical Distance Principles and Applications, 4th ed., Publicis, 2011.
4. A. G. Phadke, J. S. Thorp, Synchronized Phasor Measurements and Their Applications, 2nd ed., Springer, 2017.
5. A. T. Johns and S. K. Salman, Digital Protection for Power Systems, IET, 2023.

فناوری عایق‌ها و فشارقوی
High Voltage and Insulation Technology

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مباحث پیشرفته در مهندسی فشارقوی الکتریکی، مکانیزم شکست انواع مختلف عایق‌ها، روش‌های عددی محاسبات میدان‌های الکتریکی و فناوری‌های مدرن تجهیزات فشارقوی

شرح درس :

قوانین الکترواستاتیک : قضیه گوس و میدان و پتانسیل الکتریکی در الکترودهای با اشکال مختلف، روش‌های تحلیلی برای محاسبه میدان‌های الکتریکی در الکترودهای مختلف

روش‌های عددی محاسبه میدان‌های الکتریکی : اجزاء محدود، تفاضل محدود، بارهای فرضی

بررسی کامل پدیده شکست الکتریکی : در گازها، در مایعات، در جامدات

اندازه‌گیری‌های پیشرفته در فشارقوی : مقاومت مخصوص، پل‌های اندازه‌گیری ظرفیت، ضریب تلفات عایقی و اندوکتانس

آشنایی با اصول هماهنگی عایقی : عایق‌بندی ترانسفورماتورها، ماشین‌های گردان، کلیدهای قدرت، خازن‌ها و کابل‌ها

تجهیزات فشارقوی با فناوری‌های GIS و PASS، خطوط انتقال با عایق گاز (GIL)

طراحی آزمایشگاه‌های فشارقوی

مراجــع :

1. H. M. Ryan, High Voltage Engineering and Testing, 3rded., IET, 2013.
2. J. Kuffel, E. Kuffel, W. S. Zaengl, High Voltage Engineering Fundamentals, 2nded., Newnes, 2000.
3. A. R. Hileman, Insulation Coordination for Power Systems, CRC Press, 2018.
4. G. Stone, I. Culbert, E. A. Boulter, H. Dhirani, Electrical Insulation for Rotating Machines: Design, Evaluation, Aging, Testing, and Repair, 2nded., Wiley-IEEE Press, 2014.
5. H. J. Koch, Gas Insulated Substations, 2nded., Wiley-IEEE Press, 2022.

۶. ح. محسنی، مهندسی فشار قوی الکتریکی پیشرفته، دانشگاه تهران، ۱۳۷۱.

تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت
Power Systems Reconfiguration

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفاهیم، پایه‌ها و مسائل مرتبط با سیستم‌های تجدید ساختار یافته

شرح درس :

آشنایی با ضرورت خصوصی‌سازی در صنعت برق، مبانی بازار برق و مدل‌های بازار

مبانی اقتصاد انرژی، انواع قراردادهای انرژی

روش‌های مختلف قیمت‌گذاری در شبکه‌های انتقال

روش‌های مختلف قیمت‌گذاری در شبکه‌های توزیع و بازارهای محلی انرژی

مدل‌سازی عرضه و تقاضا، الاستیسیته، پاسخگویی بار

آشنایی با روشهای پیش‌بینی کوتاه‌مدت و بلند مدت تقاضا و قیمت انرژی در بازار برق

عدم قطعیت در میزان تولید انرژی نیروگاه‌های بادی، خورشیدی و تقاضای انرژی و روش‌های مدل‌سازی آن

مدل‌سازی ریسک در بازار

روش‌های تسویه بازار

آشنایی با قوانین، نظامنامه بازار برق ایران و نحوه اجرای بازار انرژی و رزرو

برنامه‌ریزی توسعه تولید و انتقال در فضای تجدیدساختار یافته.

مراجــع :

1. D. R. Biggar, M. R. Hesamzadeh, The Economics of Electricity Markets, Wiley, 2014.
2. P. Ranci, G. Cervigni (eds.), The Economics of Electricity Markets: Theory and Policy, Edward Elgar Pub., 2013.
3. S. Gabriel, A. J. Conejo, B. Hobbs, D. Fuller, C. Ruiz, Complementarity Modeling in Energy Markets, Springer, 2012.
4. D. S. Kirschen G. Strbac, Fundamentals of Power System Economics, 2nd ed., Wiley, 2018.
5. M. Shahidehpour, H. Yamin, Z. Li, Market Operations in Electric Power Systems: Forecasting, Scheduling and Risk Management, Wiley-IEE Press, 2008.
6. S. Nojavan, K. Zare (eds.), Demand Response Application in Smart Grids, Springer, 2020
7. S. Nojavan, K. Zare (eds.), Electricity Markets: New Players and Pricing Uncertainties, Springer, 2020

تحلیل و محاسبه تلفات شبکه‌های برق
Loss Analysis and Calculation of Electric Power Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مباحث روز در زمینه تلفات در شبکه‌های قدرت

شرح درس:

مقدمه

مولفه‌های تلفات

محاسبه تلفات خط بر اساس منحنی جریان

تحلیل احتمالاتی منحنی جریان و تلفات

محاسبه تلفات خط بر اساس منحنی بار مصرفی

محاسبه تلفات خط پس از جبران‌سازی توان راکتیو

تجزیه و تحلیل و کنترل شاخص‌های نرخ تلفات خطوط انتقال

محاسبات تئوریک تلفات انرژی الکتریکی

محاسبه تلفات انرژی الکتریکی خطوط چندشاخه‌ای

محاسبه تلفات شبکه‌های ولتاژ بالا

تجزیه و تحلیل و محاسبه تخصیص تلفات

معیارها و اقدامات فنی برای کاهش تلفات خطوط

پیش بینی تلفات و طرح‌های کاهش تلفات در شبکه‌های برق

تجزیه و تحلیل تأثیر تلفات خطوط انتقال بر عملکرد شرکت‌های توزیع و انتقال

مدیریت و استفاده از اطلاعات تلفات خط در سیستم‌های قدرت

تاثیر تلفات در برنامه‌ریزی و بهره‌بردای شبکه برق

ارزش اقتصادی تلفات

مراجــع:

1. A. Wu, B. Ni, Line Loss Analysis and Calculation of Electric Power Systems, Wiley, 2016.

الکترونیک قدرت۱
Power Electronics I

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک صنعتی **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ادوات، تحلیل مدارها، مدهای کاری و کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت به همراه کاربردهای صنعتی آنها وآمادگی برای انجام یک پروژه درسی مرتبط

شرح درس :

مقدمه یی بر ادوات الکترونیک قدرت

مروری بر کلید های الکترونیک قدرت و مشخصه کاری آنها و بررسی مسائل دینامیکی و حفاظتی ترانزیستور ماسفت قدرت (Power Mosfet)، ترانزیستور با گیت مجزا شده IGBT، GTO و سایر کلیدهای نیمه هادی و محاسبه تلفات کلید زنی

کموتاسیون طبیعی و مدارهای کموتاسیون اجباری در مبدلهای الکترونیک قدرت

مدارهای ضربه‌گیر (Snubbers) : ضربه‌گیر قطع، ضربه‌گیر وصل، ضربه‌گیر اضافه ولتاژ، تحلیل ضربه‌گیر RC، تحلیل ضربه‌گیر RCD

شاخصهای مرتبط با کیفیت شکل موجهای مبدلهای الکترونیک قدرت و بکار گیری فیلتر های مناسب و نحوه طراحی آنها

مبدل‌های AC/AC : شامل برشگرهای جریان متناوب و سیکلوکانورترهای تکفاز و سه فاز و کاربردهای صنعتی آنها

مبدل‌های DC/AC : اینورترهای منبع ولتاژ(VSI)و منبع جریان(CSI) تکفاز و سه فاز و روش‌های بهبود کیفیت شکل موجهای ورودی وخروجی اینورتر بهمراه کاربردهای صنعتی

مبدل‌هایDC/DC : تحلیل انواع مبدل‌های جریان دایم و عملکرد مبدل در جریان پیوسته و ناپیوسته و کاربردهای صنعتی آنها

مراجــع :

1. J. Kassakian, M. Schecht, G. Verghese, Principles of Power Electronics, Addison-Wesley, 1992.
2. N. Mohan, T. M. Undeland, and W. P. Robbins, Power Electronics, Converters, Applications and Design, 3rd ed., Wiley, 2002.
3. B. K. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Pearson India, 2015.
4. R. W. Erikson, D. Maximovic, Fundamentals of Power Electronics, 3rd ed., Springer, 2020.
5. Daniel W. Hart, Power Electronics, McGraw Hill, 2011.
6. I. Batarseh, A. Harb, Power Electronics Circuit Analysis and Design, Springer, 2018.

طراحی ماشین‌های الکتریکی
Design of Electrical Machines

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مفاهیم، روش‌های کلی طراحی انواع ماشین‌های الکتریکی، اهداف و قیود حاکم بر طراحی بصورت تحلیلی و عددی

شرح درس:

مواد مهندسی برق

گرما و خنک‌سازی در ماشین‌های الکتریکی

مفاهیم کلی و محدودیت‌ها در طراحی ماشین

طراحی ترانسفورماتور

طراحی ماشین‌های جریان مستقیم

طراحی موتور القایی

طراحی موتورهای مغناطیس دائم

طراحی ماشین‌های سنکرون

استفاده از کامپیوتر در طراحی ماشین‌های الکتریکی

مراجــع:

1. E. S. Hamdi, Design of Small Electrical Machines, Wiley, 1994.
2. V. N. Mittle, A. Mittle, Design of Electrical Machines, Standard Publishers Distributers, 2018.
3. A. K. Sawhney, A Course in Electrical Machine Design, Dhanpat Rai & Sons, 2003.
4. J. F. Gieras, Permanent Magnet Motor Technology: Design and Applications, 3rd ed., CRC Press, 2010.
5. I. Boldea, S. A. Nasar The Induction Machines Design Handbook, 2nd ed., CRC Press, 2010.
6. J. Pyrhonen, T. Jokinen, V. Hrabovcova, Design of Rotating Electrical Machines, 2nd ed., Wiley, 2017.
7. K. Hameyer, R. Belmans, Numerical Modelling and Design of Electrical Machines and Devices, WIT Press, 1999.

الکترونیک قدرت۲
Power Electronics II

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز : الکترونیک قدرت۱**

هــدف : مباحث تکمیلی در مبدل‌های الکترونیک قدرت به همراه کاربردهای صنعتی آنها وآمادگی برای انجام یک پروژه درسی مرتبط برای یک کاربرد مشخص

شرح درس :

مبدلهای تشدیدی: کلیدزنی نرم در ادوات نیمه هادی،کلیدزنی در صفرجریان، کلیدزنی در صفر ولتاژ، تحلیل سینوسی (تقریبی)، انواع سری، موازی، سری - موازی،...-کلیدزنی نرم در پایین و بالای فرکانسهای تشدید، ویژگیهای مشخصه بار، تحلیل دقیق (غیر سینوسی)

مبدلهای نیمه تشدیدی: تشریح سلول کلید، تبدیل کلیدزنی سخت به کلیدزنی نرم، محاسبه نسبت تبدیل مبدل با روشهای متوسط گیری، انواع ساختارهای کلید (نیم موج ZCS، تمام موج ZCS، نیم موج ZVS، تمام موج ZVS، کلیدهای چند تشدیدی ZVS، کلیدهای تشدیدی با موج شبه مربعی،...)

ساختارهای متعارف اینورترهای چند سطحی و سایر ساختارهای کاهش سویچ یافته

مبدل های منبع امپدانسی و شبه امپدانسی

مبدل های ماتریسی کلید زنی، کنترل و مدل سازی

کاربرد مبدل‌های الکترونیک قدرت در شبکه‌های قدرت و ماشین‌های الکتریکی

مدل سازی مبدل‌های الکترونیک قدرت در فضای حالت و طراحی آنها

مراجــع :

1. B. Wu, M. Narimani, High-Power Converters and AC Drives, 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2017.
2. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power Electronics, Converters, Applications and Design, 3rd ed., Wiley, 2002.
3. B. K. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Pearson India, 2015.
4. R. W. Erikson, D. Maximovic, Fundamentals of Power Electronics, 3rd ed., Springer, 2020.
5. D. W. Hart, Power Electronics, McGraw- Hill, 2011.
6. I. Batarseh, A. Harb, Power Electronics Circuit Analysis and Design, Springer, 2018.
7. M. K. Kazimierczuk, D. Czarkowski, Resonant Power Converters, 2nd ed., Wiley, 2011.

روش اجزاء محدود
Finite Elements Method

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مبانی ریاضی و روش‌اجزاء محدود در حل معادلات دیفرانسیل مشتق جزئی و تبیین اهمیّت آن در مهندسی برق، مدل‌سازی و تحلیل موتورهای الکتریکی و مقره ها

شرح درس :

مبانی ریاضی روش اجزاء محدود
معادلات مشتق جزئی حاکم بر پدیده‌های فیزیکی- معادلات ماکسول
روش حل معادلات دیفرانسیل به فرم انتگرال (Variational Formulation)
توابع پایه جهت تقریب توابع
روش مستقیم مینیمم‌کردن یک تابعی انتگرالی (Functional)
روش‌های مختلف تشکیل فرم انتگرالی
معادله اولر – لاگرانژ
تشکیل و بررسی فرم ضعیف Weak form: فرم ضعیف، فرم انرژی، فرم باقیمانده‌های وزن‌دار و مشارکت
روش اجزاء محدود برای مسائل یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی و متغیر با زمان
اجزاء یک‌بعدی، دوبعدی و سه‌بعدی و مدل‌سازی یک موتور الکتریکی DC چهارقطب با استفاده از روش اجزاء محدود دوبعدی
فرم پتانسیلی معادلات میدان الکتریکی و مغناطیسی
تشکیل معادلات برای هر جزء
تشکیل معادلات کلّی
اعمال شرایط مرزی
روش‌های حل معادلات کلی
روش‌های محاسبات عددی برای به‌دست‌آوردن نتایج نهایی

مراجــع :

1. D. Aliprantis, O. Wasynczuk, Electric Machines: Theory and Analysis Using the Finite Element Method, Cambridge University Press, 2022.
2. P. P. Silvester, R. Ferrari, Finite Elements for Electrical Engineers, 3rded., Cambridge University Press, 1996.
3. S. J. Salon, Finite Elements Analysis of Electrical Machines, Kluwer Academic Publishers, 1995.
4. A. B. Reece, T. W. Preston, "Finite Element Methods in Electrical Power Engineering", Oxford University Press, 2000.
5. J. N. Reddy, Introduction to the Finite Element Method, 4thed., McGraw-Hill, 2018.
6. J-M Jin, Finite Element Method in Electromagnetics, 3rded., Wiley- IEEE Press, 2014.
7. P. P. Silvester, Finite Element Method for Electrical Engineering, Wiley, 1976.

کنترل محرکه‌های الکتریکی
Control of Electrical Drives

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی، الکترونیک قدرت ۱ **همنیـــــاز:** -

هــدف: تحلیل ساختارهای مختلف محرکه‌های الکتریکی ومزایای استفاده از آنها، طراحی کنترل‌کننده‌های PI در محرکه‌های DC، طراحی و تحلیل روش‌های کنترل برداری و DTC در محرکه‌های القایی

شرح درس:

مقدمه: تبدیل انرژی الکتریکی به حرکت و محدودهٔ عملکرد محرکه‌ها، مشخصات بارهای مکانیکی (حرکتی)، مشخصات خروجی موتورها

مرور کوتاه مدارهای الکترونیک قدرت در کاربرد محرکه: مقایسهٔ انواع مختلف در بازه‌های مختلف کاری (چهار ناحیهٔ کنترلی)

تجزیه و تحلیل موتورهای DC به‌عنوان پایه: پایه‌ریزی و طراحی بلوک‌های کنترلی آنالوگ و دیجیتال به صورت حلقه بسته

تجزیه و تحلیل موتورهای القایی به‌عنوان موتورهای پرکاربرد در صنعت: مدل‌سازی فضای حالت، بررسی مشخصات کاری در نواحی مختلف کاری، بررسی جامع روش‌های کنترلی، بررسی و تحلیل انواع روش‌های کنترلی (حلقه باز و حلقه بسته)، استفاده از روش‌های کنترل برداری و نیز روش کنترل مستقیم گشتاور

بررسی دقت روش‌ها در مقابله با اغتشاشات و اعمال راهکارهای مناسب برای مقابله با اغتشاشات

مروری بر برآورد پارامترها، تخمین حالت و رویتگرهای شار و سرعت

مراجــع:

1. I. Boldea, S.A. Nasar, Electric Drives, 3rd ed., CRC Press, 2016.
2. P. Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, Oxford University Press, 1998.
3. R. De Doncker, D. W.J. Pulle, A. Veltman, Advanced Electrical Drives, Analysis, Modeling, Control, 2nded., Springer, 2020.
4. N. P. Quang, and J. A. Dittrich, Vector Control of Three-Phase AC Machines, System Development in the Practice, 2nded., Springer, 2016.
5. S. N. Vukosavić, Digital Control of Electrical Drives, Springer, 2007.
6. S. Wiak, M. Dems, K. Komeza (eds.), Recent Developments of Electrical Drives, Springer, 2006.
7. A. Hughes, B. Drury, Electric Motors and Drives, Fundamentals, Types and Applications, 5thed., Newnes, 2019.
8. A. Veltman, D. W.J. Pulle, R. W. De Doncker, Fundamentals of Electrical Drives, 2nded., Springer, 2016.
9. J. Rodriguez, P. Cortes, Predictive Control of Power Converters and Electrical Drives, Wiley-IEEE Press, 2012.

ماشین‌های الکتریکی مدرن
Modern Electrical Machines

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : معرفی ساختمان، تحلیل عملکرد و روش‌های کنترلی ماشین‌های الکتریکی مدرن به منظور استفاده در کاربردهای مختلف

شرح درس :

ماشین‌های سنکرون مغناطیس دائم : تحلیل، مدل‌سازی، کنترل و کاربردها

ماشین‌های الکتریکی شار محور : ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد در خودروهای برقی و توربین‌های بادی

ماشین های الکتریکی رلوکتانسی (سوئیچ و سنکرون): ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد

ماشین های الکتریکی ورنیر: ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد

ماشین های الکتریکی با استاتور آهنربای دائم (شاربرگردان، شارسوئیچ شونده، حافظه دار شار، تحریک هیبریدی): ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد

ماشین های الکتریکی پیشرفته بدون آهنربا: ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد

ژنراتورهای القایی دو تحریکه (DFIG) : انواع (با جاروبک و بدون جاروبک)، ساختمان، مدل‌سازی ایستا و پویا، تحلیل عملکرد، کاربرد در توربین‌های بادی، کنترل و پویایی

ماشین های الکتریکی با ویژگی خاص؛ ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد: سرعت بالا، چگالی توان بالا، ابررسانا

مراجــع :

1. K. T. Chau, Electric Vehicle Machines and Drives: Design, Analysis and Application, Wiley-IEEE Press, 2015.
2. G. Abad, J. Lopez, M. Rodriguez, L. Marroyo, G. Iwanski, Doubly Fed Induction Machine, Modelling and Control for Wind Energy Generation, Wiley, 2011.
3. J. F. Gieras, R. Wang, and M. J. Kamper, Axial Flux Permanent Magnet Brushless Machines, 2nded., Springer, 2008.
4. Jacek F. Gieras, Advancements in Electric Machines, Springer, 2009.
5. A. S. Al-Adsani, O. Beik Multiphase Hybrid Electric Machines: Applications for Electrified Powertrains, Springer, 2021.
6. R. Krishnan, Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives, CRC Press, 2009.
7. J. H. Lang, Multi Wafer Rotating MEMS Machines, Turbines, Generators, and Engines, Springer, 2010.
8. R. W. De Doncker, D. W.J. Pulle, A. Veltman, Advanced Electrical Drives Analysis, Modeling, Control, Springer, 2nded., 2020.

کنترل ماشین‌های الکتریکی
Control of Electric Machines

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** الکترونیک صنعتی

هـــدف : آشنایی با اصول کاری و کاربرد محرکه‌های ماشین‌های الکتریکی و روش‌های کنترلی مدرن مورد استفاده

شرح درس :

مقدمه‌ای بر تبدیل انرژی الکتریکی به حرکت و محدوده‌ی عملکرد محرکه‌های مختلف، مشخصات بارهای مکانیکی (حرکتی) مختلفو مشخصات خروجی موتورهای مختلف

مروری کوتاه بر مدارهای الکترونیک قدرت در کاربرد محرکه‌های الکتریکی و مقایسه‌ی انواع مختلف در بازه‌های مختلف کاری (چهار ناحیه‌ی کنترلی)

کنترل موتورهای DC به عنوان پایه، پایه‌ریزی و طراحی بلوک‌های کنترلی آنالوگ و دیجیتال مناسب برای آن‌ها به صورت حلقه بسته

مدل‌سازی فضای حالت موتورهای القایی، بررسی مشخصات کاری آن‌ها در نواحی مختلف کاری و بررسی جامع روش‌های کنترلی آن‌ها (حلقه بسته و حلقه باز)

روش‌های کنترل برداری موتورهای القایی

کنترل مستقیم گشتاور موتورهای القایی

برآورد پارامترها، تخمین حالت، رویت‌گرهای فلو و سرعت

مراجـع :

1. I. Boldea, S.A. Nasar, Electric Drives, 3rd ed., CRC Press, 2016.
2. P. Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, Oxford University Press, 1998.
3. R. W. De Doncker, D. W. J. Pulle, A. Veltman, Advanced Electrical Drives Analysis, Modeling, Control, Springer, 2nded., 2020.
4. S. N. Vukosavić, Digital Control of Electrical Drives, Springer, 2007.
5. S. Wiak, M. Dems, K. Komeza (eds.), Recent Developments of Electrical Drives, Springer, 2006.

طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت
Power Electronic Converters Design

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** الکترونیک صنعتی

هــدف : آشنایی با طراحی انواع مبدل‌های dc/dc، dc/ac، ac/dc و ac/ac

شرح درس :

مقدمه : معرفی شاخص‌های لازم در طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت

طراحی انواع کلیدهای الکترونیک قدرت (اعم از یک طرفه و یا دو طرفه جریان ولتاژ)

طراحی مدارات اسنابر برای مبدل‌های الکترونیک قدرت با کموتاسیون اجباری

طراحی فیلترهای ورودی و خروجی برای مبدل‌های الکترونیک قدرت

طراحی انواع مبدل‌های dc/dc، dc/ac، ac/dc و ac/ac

نحوه محاسبه تلفات در مبدل‌های الکترونیک قدرت

مراجـع :

1. M. Wens, M. Steyaert, Design and Implementation of Fully- Integrated Inductive DC- DC Converters in Standard CMOS, Springer, 2011.
2. N. Mohan, T. M. Undeland and W. P. Robbins, Power Electronics, Converters, Applications and Design, 3rd ed., Wiley, 2002.
3. F. L. Luo, H. Ye, Advanced DC- DC Converters, 2nded., CRC Press, 2016.
4. M. Cirrincione, M. Pucci, G. Vitale, Power Converters and AC Electrical Drives with Linear Neural Networks, CRC Press, 2012.
5. M. K. Kazimierczuk, Pulse- width Modulated DC- DC Power Converters, 2nded., Wiley, 2015.
6. W. Shepherd, L. Zhang, Power Converter Circuits, CRC Press. 2004.
7. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5thed., Butterworth- Heinemann, 2023.

روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت
Novel Control Methods of Power Electronic Converters

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** الکترونیک صنعتی

هــدف : آشنایی با انواع روش‌های کنترلی انواع مبدل‌های dc/dc، dc/ac، ac/dc و ac/ac

شرح درس :

معرفی شاخص‌های لازم در طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت

معرفی پارامترهای کارآیی برای انواع مبدل‌های الکترونیک قدرت

معرفی و نحوه پیاده‌سازی انواع روش‌های مدولاسیون برداری فضایی، تکنیک مدولاسیون پهنای پالس (PWM)، شیفت فاز، باند هیسترزیس برای کنترل انواع کنترل انواع مبدل‌های الکترونیک قدرت در حالت‌های متقارن و نامتقارن

معرفی و نحوه پیاده‌سازی روش‌های حذف هارمونیک انتخابی

معرفی و نحوه پیاده‌سازی انواع روش‌های کنترلی شارژ متعادل برای اینورترهای چند سطحی

مراجـع :

1. J. Rodriguez, P. Cortes, Predictive Control of Power Converters and Electrical Drives, Wiley, 2012.
2. H. Sira- Ramirez, R. Silva- Ortigoza, Control Design Techniques in Power Electronics Devices, Springer, 2006.
3. M. P. Kazmierkowski, F. Blaabjerg, R. Krishnan, J.D. Irwin, Control in Power Electronics, Selected Problems, Academic Press, 2002.
4. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5thed., Butterworth- Heinemann, 2023
5. M. K. Kazimierczuk, Pulse- width Modulated DC- DC Power Converters, 2nded., Wiley, 2015.
6. S. N. Vukosavic, Digital Control of Electrical of Electrical Drives, Springer, 2007.
7. N. Mohan, T. M. Undeland, and W. P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications and Design, 3rd ed., Wiley, 2002.

طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی
Design of Linear Electric Machines

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : شناخت ساختار، اصول عملکرد، کاربردها، روش‌های طراحی و کنترل ماشین‌های الکتریکی خطی

شرح درس :

مقدمه : تئوریمیدان‌های الکترومغناطیسی سیار، ارتباط ساختاری مابین ماشین‌های دوار خطی و نحوه تولید نیرو

انواع ماشین‌های خطی: بررسی انواع ماشین‌های خطی، شناخت ساختار و اصول عملکرد آنها

مدل‌سازی ماشین‌های خطی القایی : اساس عملکرد، ساختار مسطح، ساختار لوله‌ای، توپولوژی‌های مختلف با اولیه و ثانویه بلند یا کوتاه، ثابت یا متحرک، ثانویه صفحه‌ای نردبانی، انواع سیم‌پیچی‌های اولیه، پدیده‌های موجود در ماشین‌های خطی از جمله اثر انتهایی، اثر لبه‌ای، اثر پوستی، شیار و ...، تاثیر سرعت بر عملکرد ماشین و بررسی نیروها

طراحی ماشین‌های خطی القایی : بررسی تأثیر تغییر متغیرهای طراحی بر عملکرد ماشین، روش‌های مختلف طراحی، بهینه‌سازی طراحی، روش اجزاء محدود در طراحی ماشین

مدل‌سازی دینامیکی و کنترل ماشین‌های خطی القایی

مدل‌سازی و طراحی ماشین‌های خطی سنکرون با توپولوژی‌های مختلف

بررسی، مدل‌سازی و طراحی ماشین‌های خطی خاص: موتورهای تکفاز، رلوکتانسی، پله‌ای، نوسان‌گرهای خطی و ...

مراجــع :

1. I. Boldea, Linear Electric Machines, Drives, and MAGLEVs Handbook, CRC Press, 2013.
2. J. F. Gieras, Z. J. Piech, B. Z. Tomczuk, Linear Synchronous Motors, Transportation and Automation Systems, 2nded., CRC Press, 2016.
3. I. Boldea, S. A. Nasar, Linear motion electromagnetic devices, Taylor & Francis, 2001.
4. I. Boldea, S.A. Nasar, Linear Motion Electromagnetic Systems, Wiley,1985.
5. A. Souissi, I. Abdennadher A. Masmoudi, Linear Synchronous Machines: Application to Sustainable Energy and Mobility, Springer, 2019.

برنامه‌ریزی سیستم قدرت
Power System Planning

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : بررسی زنجیره برنامه‌ریزی در سیستم قدرت در چارچوب‌های زمانی مختلف

شرح درس :

مبانی برنامه‌ریزی سیستم‌های قدرت

حوزه و روند برنامه‌ریزی و اهداف آن

مروری بر الگوریتم ها و روش‌های بهینه‌سازی: تصمیم‌گیری و اقتصاد مهندسی

برنامه‌ریزی انرژی

پیش‌بینی تقاضا در بازه‌های زمانی کوتاه، میان و بلند مدت

برنامه‌ریزی توسعه تولید

برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال

برنامه‌ریزی توسعه شبکه توزیع

برنامه‌ریزی توان راکتیو

ارزیابی کفایت سیستم قدرت

برنامه‌ریزی یکپارچه سیستم قدرت و سایر زیرساخت‌ها

برنامه‌ریزی سوخت و منابع آب

برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداشت تجهیزات

برنامه‌ریزی تولیدات تجدیدپذیر

برنامه‌ریزی در محیط تجدیدساختاریافته

مراجــع :

1. H. Seifi, M. S. Sepasian, Electric Power System Planning: Issues, Algorithms and Solutions, Springer,2011.
2. X. Wang, J. R. Mc Donald, Modern Power System Planning, McGraw-Hill, 1994.
3. A. J. Conejo, and L. Baringo, S. J. Kazempour A. S. Siddiqui, Investment in Electricity Generation and Transmission: Decision Making under Uncertainty, Springer, 2016.
4. X. Deng, T. Lv. Power System Planning with Increasing Variable Renewable Energy: A Review of Optimization Models. Journal of Cleaner Production, 246, p.118962, 2020.
5. IET and IEEE Related Papers.

قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی
Reliability of Electric Energy Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : مدل‌سازی و روش‌های ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی قدرت در سطوح HL-I و HL-II و HL-III

شرح درس :

ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های سادهو پیچیده مهندسی

ارزیابی قابلت اطمینان بر مبنای توزیع‌های احتمال

فرآیندهای مارکوف پیوسته

روش‌های تقریبی برای ارزیابی قابلیت اطمینان

ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم تولید

ارزیابی قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت مرکب تولید و انتقال

ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع

ارزیابی قابلیت اطمینان پست‌ها و نیروگاه‌ها

کاربرد شبیه‌سازی مونت کارلو در ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت

هزینه/فایده قابلیت اطمینان در سیستم‌های قدرت

مراجـع :

1. R. Billinton, R. N. Allan, Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques, 2nd ed., Springer, 2013.
2. R. Billinton, R. N. Allan, Reliability Evaluation of Power Systems, 2nd ed., Springer, 1996.
3. R. Billinton, W. Li, Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods, Springer, 1994.
4. R. E. Brown, Electric Power Distribution Reliability, 2nd ed., CRC Press, 2008.

انرژی‌های تجدیدپذیر
Renewable Energies

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با منابع انرژی نو و تجدیدپذیر به عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی و نحوه استفاده از آن منابع

شرح درس :

وضعیت انرژی در ایران و جهان
دغدغه‌های زیست‌محیطی و امنیت انرژی
آشنایی با انرژی منابع فسیلی و هسته‌ای
انرژی خورشیدی
انرژی بادی
انرژی آبی و دریایی
انرژی زیستی
انرژی زمین‌گرمایی
ذخیره‌سازهای انرژی
چالش‌های تجمیع منابع تجدیدپذیر در شبکه برق

مراجـع :

1. H. Delkhosh, M., Jorjani, Green Approaches in Future Power Systems. In Decentralized Frameworks for Future Power Systems (pp. 99-127), Academic Press, 2022.
2. D. Infield, L. Freris, Renewable Energy in Power Systems. Wiley, 2020.
3. S.C. Bhatia, R.K. Gupta, Textbook of Renewable Energy, Woodhead Publishing, India, 2018.
4. R. Ehrlich, H.A. Geller, Renewable Energy: A First Course. CRC Press, 2017.
5. A. Khaligh, and O. C. Onar, Energy Harvesting, Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems, CRC Press, 2009.
6. P. Breeze, Renewable Energy Focus Handbook, Elsevier, 2009.

مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی

Structural and Economy Management of Electric Energy

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با تعاریف، مبانی و راهبردهای اقتصادی و مدیریتی بازار برق

شرح درس:

مقدمه و تعاریف اساسی: تجدیدساختار، مقررات‌زدایی، خصوصی‌سازی، رقابت و دسترسی باز

تاریخچه و مراحل فرآیند تجدیدساختار

نهادهای رقابتی و مدیریتی فضای رقابتی اقتصاد برق

آشنایی با مبانی اقتصاد خرد: توابع عرضه و تقاضا، توابع خدمات، انواع بازارها، سود و هزینه در بنگاه‌های اقتصادی، عرضه و تقاضای انرژی، مدل‌سازی و بهینه‌سازی توابع هدف بنگاه‌های اقتصادی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و درجه ۲

آشنایی با تئوری بازی‌ها: مدل‌های برترند، کارنو، SFE و کاربرد آنها در مدل‌سازی بازار رقابتی انرژی الکتریکی

بازارهای انرژی الکتریکی

شرکت در بازارهای انرژی الکتریکی

بهره‌برداری از سیستم قدرت در فضای رقابتی

اثرات شبکه انتقال در فضای رقابتی بازار انرژی الکتریکی

مراجــع:

1. H. R. Varian, Microeconomic Analysis, 3rd ed., Norton, 2002.
2. D. S. Kirschen, G. Strbac, Fundamentals of Power System Economics, Wiley, 2018.
3. S. Stoft, Power Systems Economics: Designing Markets for Electricity, Wiley- IEEE Press, 2002.
4. F. P. Sioshansi, Competitive Electricity Markets: Design, Implementation, Performance, Elsevier, 2011.
5. Related papers &Theses on Economics of Energy.

بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت الکتریکی
Optimization in Electric Power Systems

تعداد هــدف : آشنایی با کاربرد روش‌های نوین بهینه‌سازی در سیستم‌های قدرت

شرح درس :

مقدمه: تعریف مسأله بهینه‌سازی، دسته‌بندی انواع مسائل بهینه‌سازی، دسته‌بندی تکنیک‌های بهینه‌سازی

چارچوب مدل‌سازی: اصول کلی مدل‌سازی پدیده‌های مختلف به شکل یک مسئله بهینه‌سازی

برنامه‌ریزی خطی: تعریف مسأله بهینه‌سازی خطی، توصیف هندسی مسائل بهینه‌سازی خطی، قضایای ریاضی در بهینه‌سازی **خطی**، مفهوم دوگانی در بهینه‌سازی، روش‌های سیمپلکس و دوگان در بهینه‌سازی خطی

برنامه ریزی غیرخطی: مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی غیرخطی، تکنیک‌های بهینه‌سازی غیرخطی نامقید، تکنیک‌های بهینه‌سازی غیرخطی مقید، تکنیک‌های کلاسیک در حل مسائل بهینه‌سازی تک‌متغیره و چندمتغیره

برنامه‌ریزی آمیخته به عدد صحیح: توصیف هندسی مسائل خطی آمیخته به اعداد صحیح، الگوریتم شاخه و کران و روش برش‌های گوموری برای حل مسائل بهینه‌سازی خطی آمیخته به اعداد صحیح

تکنیک‌های تجزیه: مفاهیم قیدها و متغیرهای پیچیده‌کننده در مسائل بهینه‌سازی، روش‌های تجزیه در بهینه‌سازی خطی با قیدها و متغیرهای پیچیده‌کننده، روش‌های تجزیه در بهینه‌سازی خطی آمیخته به اعداد صحیح و بهینه‌سازی غیرخطی

برنامه‌ریزی دو سطحی: مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی دو سطحی، مفاهیم تعادل و مکمل‌بودن، مسأله برنامه‌ریزی ریاضی مقید به قیدهای تعادل و روش‌های حل، مسأله تعادل مقید به قیدهای تعادل و روش‌های حل

بهینه‌سازی چند هدفه: تعریف بهینه‌سازی چندهدفه، بهینگی پارتو، مقدمه‌ای بر برخی روش‌های حل بهینه‌سازی چندهدفه

الگوریتم‌های فراابتکاری: توصیف تفاوت روش‌های ابتکاری با روش‌های کلاسیک و مزایا و معایب آن‌ها، مقدمه‌ای بر الگوریتم ژنتیک، مقدمه‌ای بر الگوریتم اجتماع ذرات

برنامه‌ریزی تصادفی: مقدمه‌ای بر عدم‌قطعیت در بهینه‌سازی، اصول کلی روش‌های مبتنی بر معادل‌سازی یقینی، اصول کلی برنامه‌ریزی تصادفی دو و چند مرحله‌ای، شاخص‌های ریسک در مدیریت عدم قطعیت‌ها

بهینه‌سازی مقاوم: مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی مقاوم، مسائل بهینه‌سازی خطی غیرقطعی و همتای مقاوم آن‌ها، تقریب همتای مقاوم

مراجــع :

1. A. J. Conejo, E. Castillo, R. Minguez, R. Garcia-Bertrand, Decomposition Techniques in Mathematical Programming: Engineering and Science Applications, Springer, 2006.
2. D.G. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, 5th ed., Springer, 2021.
3. R. Sioshansi, A. J. Conejo, Optimization in Engineering, Springer , 2017.
4. A.J.Conejo, M. Carrión, J. M. Morales. Decision Making Under Uncertainty in Electricity Markets, Springer, 2010.
5. A. Ben-Tal, R. El Ghaoui, A. Nemirovski, A., Robust Optimization (Vol. 28). Princeton University Press, 2009.
6. R. Baldick, Applied Optimization: Formulation and Algorithms for Engineering Systems. Cambridge University Press, 2006.

بازار برق
Electricity Market

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با خصوصی‌سازی و ایجاد بازارهای برق و روند اجرای آن از جنبه‌های فنی و اقتصادی، برنامه‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در تولید، انتقال و توزیع شبکه‌های انرژی الکتریکی

شرح درس:

مقدمه‌ای بر تجدید ساختار در صنعت برق

آشنایی با مفاهیم پایه اقتصادی و بازار برق

انواع مدل‌های رقابت در بازار

مقایسه اقتصادی بازار برق با برنامه‌ریزی بهینه متمرکز و اطمینان از کارکرد اقتصادی بلندمدت بازار

تنظیم‌گری در بازار برق درکوتاه‌مدت و بلندمدت

ریسک و شاخص‌های آن

مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت در بازار

راهبردهای مشارکت خریداران، فروشندگان در بازار

راهبردهای مدیریت بهره‌بردار سیستم قدرت و تنظیم‌گر بازار

مراجــع:

1. I. J. Pérez-Arriaga (ed.), Regulation of the Power Sector, Springer, 2014.
2. S. Stoft, Power System Economics: Designing Markets for Electricity, IEEE Press, 2002.
3. D. S. Kirschen, G. Strbac, Fundamentals of Power System Economics, Wiley, 2018.
4. A. J. Conejo, M. Carrión, J. M. Morales, Decision Making under Uncertainty in Electricity Markets, Springer, 2010.
5. P. Ranci, G. Cervigni (eds.), The Economics of Electricity Markets: Theory and Policy, Edward Elgar Pub., 2013.
6. S. Gabriel, A. J. Conejo, J. D. Fuller, B. F. Hobbs, C. Ruiz, Complementarity Modeling in Energy Markets, Springer, 2012.
7. J. Zhong, Power System Economic and Market Operations, CRC Press, 2018.

تولید پراکنده

Distributed Generation

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، الکترونیک قدرت۱ **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با انگیزه‌ها، فناوری‌ها و منابع انرژی در تولید پراکنده

شرح درس :

مقدمه : تعاریف، واژه گان،وضعیت کنونی و چشم انداز آتی، پایه‌های توسعه نیروگاه‌های پراکنده و موانع موجود، نقش منابع انرژی تجدید پذیر در توسعه تولید پراکنده، پی آمدهای فنی واقتصادی، تاثیر تولید پراکنده بر ساختارسیستم قدرت

مرور بر مبانی تولید و پخش قدرت الکتریکی : مولدهای همزمان و القایی، پخش توان، اتصال کوتاه و قطع فاز، پایداری

فن آوری‌های تولید پراکنده : نیروگاه‌های بادی (windpower)، نیروگاه‌های خورشیدی (photovoltaic)، پیل‌های سوخت(fuelcells)، نیروگاه‌های ترکیبی گرما برق (combined heat and power plants)، ریزتوربین (microturbine)، توربین گازی کوچک (minigasturbine)، موتور ژنراتورها، نیروگاه‌های برق آبی کوچک

کاربرد الکترونیک قدرت در تولید پراکنده : مبدل‌ها، ژنراتورهای سرعت متغیر،روش‌های کنترل مبدل‌ها و حفاظت آن‌ها

حفاظت سیستم‌های قدرت دارای ریز منابع : حفاظت زمین،حفاظت فازو حفاظت دیفرانسیل ژنراتورها، جزیره‌سازی (Islanding)، هماهنگ‌سازی حفاظتی در سیستم‌های توزیع دارای تولید پراکنده

کیفیت توان در سیستم‌های قدرت دارای تولید پراکنده : تغییرات ولتاژ، هارمونیک‌ها، قابلیت اطمینان

اتصال تولیدهای پراکنده به سیستم توزیع: مقررات توصیه شده، مسائل حفاظتی،کنترل توان و ولتاژ، بررسی تولید پراکنده از دیدگاه مسئله پخش توان (non-dispatchable , dispatchable)، شرایط استفاده تولید پراکنده در مقادیر انبوه

شبکه‌های توزیع و تولید پراکنده :ریز شبکه‌ها (microgrids)، شبکه‌های فعال (active networks)

افزاره‌های ذخیره انرژیبرای تولید پراکنده (distributed energy storage) : باتری‌ها، ذخیره انرژی مغناطیسی با ابررساناها (superconducting magnetic energy storage)، افزاره‌های مکانیکی ذخیره انرژی

پروژه درسی

مراجــع :

1. N. Jenkins, G. Strbac, J. Ekanayake, Distributed Generation, IET Press, 2010.
2. S. Chowdhury, S. P. Chowdhury, P. Crossley, Microgrids and Active Distribution Networks, IET Press, 2009.
3. A. M. Borbely, and J. F. Kreider, Distributed Generation: The Power Paradigm for the New Millennium, CRC press 2001.
4. H. L. Willis, Distributed Power Generation: Planning and Evaluation, CRC Press, 2000.
5. K. Zare, S. Nojavan, Operation of Distributed Energy Resources in Smart Distribution Networks, Elsevier, 2018.
۶. اصول و مفاهیم تولید پراکنده، گ. قره‌پتیان، م. علومی بایگی، م. م. عربشاهی، ا. نیکوفر، م. خاتمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، ۱۳۹۹.

مدیریت انرژی
Energy Management

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز :- **همنیـــــاز :** تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

هــدف : تشریح ابعاد گسترده و ارتباطات پیچیده سیستم انرژی و تبیین روش تحلیل و ارزیابی مهمترین پارامترهای فنی، اقتصادی و نهادی موثر بر توسعه بخش انرژی

شرح درس :

مبانی مدیریت انرژی و انواع آن

مدیریت انرژی و ممیزی انرژی

اندازه‌گیری، مانیتورینگ و هدف‌گذاری انرژی

مراحل مدیریت انرژی، محاسبات انرژی، مسائل زیست محیطی در انرژی، مدیریت اقتصادی و مدیریت پروژه

مدیریت انرژی در سیستم‌های الکتریکی و مدیریت انرژی در سیستم‌های حرارتی و ترکیبی

مدیریت انرژی در ساختمان‌ها

مدیریت بار

برنامه‌های پاسخگویی بار

مراجــع :

1. S. Doty, W. C. Turner, S. A. Roosa, Energy Management Handbook, 9th ed., River Publishers, 2018.
2. B. L. Capehart, W. C. Turner, W. J. Kennedy, Guide to Energy Management, 8th ed., River Publishers, 2016..
3. A. Chakrabarti, Energy Engineering and Management, Prentice - Hall, 2011

طراحی سیستم‌های برق خورشیدی
Design of Photovoltaic Solar Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** الکترونیک صنعتی

هـــدف: آشنایی با ویژگی‌ها، ساختارها، روش‌های طراحی، بهینه‌سازی، کنترل و بهره‌برداری از سیستم‌های برق خورشیدی

شرح درس:

مقدمه: معرفی ساختار صفحات خورشیدی، مبدل‌های الکترونیک قدرت

ساختار و توپولوژی، انواع مبدل‌های خورشیدی: اینورتر مرکزی، ریز اینورترها، ...

الگوریتم‌های دریافت حداکثر توان (MPPT) در مبدل‌های خورشیدی

جریان نشتی در اینورترهای خورشیدی بدون ترانسفورماتور

کنترل مبدل‌های خورشیدی در شرایط بروز خطا در شبکه

طراحی فیلترهای ورودی و خروجی مبدل‌های خورشیدی

انواع روش‌های کنترل تزریق جریان به شبکه

استانداردها و الزامات سیستم‌های خورشیدی متصل به شبکه و منفصل از شبکه

تشخیص حالت جزیره‌ای

کنترل سیستم خورشیدی در ریز توری‌ها

طراحی سیستم‌های خورشیدی در حضور شبکه هوشمند

مراجـع:

1. R. Teodorescu, M. Liserre, P. Rodriguez, Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems, Wiley, 2011.
2. G. M. Masters, Renewable and Efficient Electric Power Systems, 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2013.
3. R. Mayfield, Photovoltaic Design and Installation for Dummies, Wiley, 2010.

طراحی سیستم‌های سلولی خورشیدی
Design of Photovoltaic Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با ساختار، مبانی و کاربردهای سلول‌های خورشیدی

شرح درس:

مقدمه

سلول‌های کریستال سیلیکنی

فناوری لایه نازک

سلول‌های خورشیدی فضایی

سلول‌های ارگانیک حساس به تغییر رنگ

الکترونیک قدرت و ذخیره کننده‌های سلولی خورشیدی

سلول‌های خورشیدی متصل به شبکه

طراحی مکانیکی سلول‌های خورشیدی

طراحی الکتریکی سلول‌های خورشیدی

عملکرد سلول‌های خورشیدی و سیستم‌های تمرکز تابش در فضا

اقصاد، محیط زیست و تجارت

مراجــع:

1. McEvoy, T. Markvart, L. Castaner (eds), Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, 2nd ed., Academic Press, 2011.
2. D. W. Goetzberger, V. U. Hoffmann, Photovoltaic Solar Energy Generation, Vol. 112, Springer, 2005.

زیر ساخت‌های حمل و نقل برقی
Electric Transportation Infrastructures

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** ماشین‌های الکتریکی۳، تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲

هـــدف: آشنایی و تحلیل زیرساختهای موجود در سامانه‌های حمل و نقل برقی

شرح درس:

آشنایی با انواع سامانه‌های حمل و نقل برقی
معرفی تجهیزات شبکه برق رسانی و تجهیزات حفاظت الکتریکی درسامانه‌های حمل و نقل برقی
تحلیل شبکه و پست‌های انرژی الکتریکی درسامانه‌های برقی حمل و نقل برقی
محاسبات افت ولتاژ ، توان و توزیع انرژی در سامانه‌های حمل و نقل برقی
محاسبه هارمونیکی، عدم تعادل، جریان برگشتی و خطا در سامانه های حمل و نقل برقی
محاسبه مقاومت شتاب گیری و ترمزی
محاسبه نیروی کشش و توان درسامانه‌های حمل و نقل برقی
مدل‌سازی و تحلیل ماشین‌های کششی و رانشی برقی DC در سیستم‌های کششی
مدل‌سازی و تحلیل ماشین‌های کششی و رانشی برقیAC در سیستم‌های کششی
طراحی و تحلیل سیستم‌های کنترل (توان، گشتاور) در سیستم‌های کششی و رانشی
طراحی و تحلیل سیستم‌های کنترل (توان، گشتاور) در سیستم‌های کششی و رانشی ترکیبی (الکتریکی- مکانیکی)

مراجـع:

1. H. I. Andrews, Railway Traction: The Principles of Mechanical and Electrical Railway Traction, Elsevier, 1986.
2. C. Esveld, Modern Railway Track, Digital Edition., Version 4, MRT-Productions, 2022.
3. M. A. Chaudhari, S. M. Chaudhari, Modern Electric Traction, Nirali Parkashan, 2018.

طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی
Hybrid Electric Vehicles Design

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مبانی و ورش‌های طراحی وسائل نقلیه برقی و ترکیبی

شرح درس:

مسائل زیست محیطی وتاریخچه خودروهای برقی
اصول اولیه طراحی خودرو
موتورهای احتراق داخلی
خودروهای برقی
خودروهای برقی ترکیبی
سیستم محرکه برقی
طراحی سیستم محرکه خودروهای برقی ترکیبی سری
طراحی سیستم محرکه خودروهای برقی ترکیبی موازی
طراحی سیستم محرکه خودروهای برقی ترکیبی سری- موازی
طراحی سیستم محرکه خودروهای برقی ترکیبی قابل اتصال به شبکه
باتری‌ها و ذخیره انرژی
اصول بازیافت انرژی توسط ترمز الکتریکی
خودروهای پیل سوختی
لوکوموتیوهای برقی
محاسبات قدرت وسایط نقلیه برقی و ترکیبی

مراجــع:

1. C. D. Anderson, J. Anderson, Electric and Hybrid Cars: A History, 2rd ed., McFarland & Company, Inc., Publishers, 2010.
2. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd ed., CRC Press, 2018.
3. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2nd ed., IET, 2010.
4. A. Emadi (ed.), Handbook of Automotive Power Electronics, CRC Press, 2005.
5. I. Husain, Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, 2nd ed., CRC Press, 2010.
6. C. Mi, M. Abul Masrur, Hybrid Electric Vehicles: Principles and Applications with Practical Perspectives, 2nd ed., Wiley, 2017.
7. J. Larminie, J. Lowry, Electric Vehicle Technology Explained, 2nd ed., Wiley, 2012.

سیستم‌های ذخیره‌کننده انرژی
Energy Storage Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با ابزارها و روش‌های ذخیره‌ساز انرژی در خودروها

شرح درس :

مقدمه‌ای بر سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی در خودروها

سیستم‌های باتری : اسید- سرب، نیکلی، لیتیومی، مروری بر دیگر انواع، روش‌های تخمین وضعیت شارژ، روش‌های وضعیت سلامت، سیستم مدیریت باتری (BMS)، انواع روش‌های مدل‌سازی، بررسی کاربردی انواع باتری در سیستم‌های ذخیره‌ساز

سیستم‌های ابر خازن : بررسی انواع ابر خازن، برقراری توازن ولتاژ ابرخازن‌ها

سیستم‌های پیل سوختی : مشخصات، فناوری‌های مختلف، روش‌های تامین هیدروژن

دیگر سیستم‌های ذخیره کننده انرژی : سیستم چرخ‌گردان (Fly Wheel)، سیستم‌های پنیوماتیک (Pneumatic)

انواع حالت‌های ترکیبی سیستم های ذخیره ساز انرژی در بخش رانشی خودرو

مراجـــع :

1. T. R. Crompton, Battery Reference Book, 3rded., Elsevier, 2000.
2. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd ed., CRC Press, 2018.
3. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2nd ed., IET, 2010.
4. A. Emadi (ed.), Handbook of Automotive Power Electronics, CRC Press, 2005.
5. P. Corbo, F. Migliardini, O.Veneri, Hydrogen Fuel Cells for Road Vehicles, Springer, 2011.
6. W. Vielstich, Handbook of Fuel Cells, 6 Volumes Set, Wiley, 2010.

منابع تغذیه و شارژرها
Power Supplies and Chargers

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** ماشین‌های الکتریکی۳ ، تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی۲

هـــدف: سیستم‌های عملکرد منابع تغذیه الکتریکی در خودرو

شرح درس:

مقدمه‌ای بر تاریخچه شارژرها در وسایل نقلیه

انواع سیستم‌های تغذیه الکتریکی در خودرو

بررسی رژیم‌های مختلف شارژ باتری

بررسی ساختاری انواع شارژرها و نحوه اتصال الکتریکی آنها به خودروهای برقی

بررسی استانداردهای مربوط به شارژرها و منابع تغذیه در وسایل نقلیه

مروری بر ساختار الکترونیک قدرت در انواع مبدل‌ها و شارژرها

بررسی سیستم‌های مدیریت انرژی و پروتکل‌های مخابره اطلاعات بین خودروها و شارژرها

مراجـع:

1. G. Pistoia, Electric and Hybrid Vehicles: Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market, Elsevier, 2011.
2. A. Emadi (ed.), Handbook of Automotive Power Electronics, CRC Press, 2005.
3. TR Crompton, Battery Reference Book, 3rd ed., Elsevier, 2000.
4. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5thed., Butterworth- Heinemann, 2023.
5. SAE and IEC Standards.

طراحی وکنترل محرکه‌های رانش
Design and Control of Propulsion Drives

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ساختارهای مختلف، اساس کار و اصول اولیهٔ طراحی وکنترل محرکه‌های رانش

شرح درس :

دیدگاه‌های محیطی در مورد خودروها و قطارهای برقی : آلودگی‌های تنفسی و صوتی، مسائل مربوط به انرژی و هزینهٔ تمام شده‌ی آن، گرم شدن زمین

تاریخچهٔ خودروها و قطارهای برقی و ترکیبی : انواع نیروهای مقاومتی در مورد خودروها وقطارهای برقی (محرکه و ضدمحرکه) و محاسبات قدرت خودرو یا قطار و قابلیت شیبروی آن

سیستم‌های محرکهٔ برقی : انواع و مزایا ومعایب هر کدام در کاربردهای خودروی برقی یا قطار برقی و هیبرید

طراحی سیستم رانش : دیدگاه‌های مختلف در انتخاب قدرت محرکه‌های الکتریکی و مکانیکی (احتراق داخلی)

طراحی سیستم رانش خودروهای ترکیبی موازی : دیدگاه‌های مختلف در انتخاب قدرت محرکه‌های برقی و مکانیکی (احتراق داخلی)

ذخیره‌سازهای انرژی در کاربرد خودروهای برقی و ترکیبی

برگشت انرژی در خودروها وقطارهای برقی :کاهش مصرف

بهینه‌سازی طراحی و محرکه های رانش با منابع سلول سوختی

مراجــع :

1. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd ed., CRC Press, 2018.
2. R. Hodkinson, J. Fenton, Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design, Butterworth-Heinemann, 2001.
3. I. Husain, Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, 2nd ed., CRC Press, 2010.
4. J. Larminie, J. Lowry, Electric Vehicle Technology Explained; 2nded., Wiley, 2012.
5. S. Leitman, B. Brant, Build Your Own Electric Vehicle, , 3rd ed., McGraw-Hill, 2013.
6. G. Pistoia, Electric and Hybrid Vehicles, Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market, Elsevier, 2010.
7. A. Fuhs, Hybrid Vehicles and the Future of Personal Transportation, CRC Press, 2009.
8. D. B. Sandalow, Plug-in Electric Vehicles, Brookings Institution Press, 2009.
9. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2nd ed., IET, 2010.

دینامیک حرکت پیشرفته
Advanced Vehicle Dynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

شرح درس:

اصول تبدیل انرژی الکترومکانیکی

مدل‌سازی و دینامیک ماشین‌های جریان مستقیم

مدل‌سازی و دینامیک ماشین‌های آسنکرون

مدل‌سازی و دینامیک ماشین‌های سنکرون

مدل‌سازی و دینامیک ماشین‌های سوئیچ رلوکتانس و BLDC

مقدمه‌ای بر مدل‌سازی، کنترل و دینامیک وسایط نقلیه

مراجـع:

1. P. C. Krause, O. Wasynczuk, Sudhoff, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 3rd ed., Wiley, 2013.
2. R. Rajamani, Vehicle Dynamics and Control, 2nded., Springer, 2012.
3. S. Azadi, R. Kazemi, H. Rezai Nedamani, Vehicle Dynamics and Control: Advanced Methodogies, Elsevier, 2021.
4. E. W. Kyun, Vehicle Dynamics Controller for a Hybrid Electric Vehicle, University of Windsor, 2006.
5. T. D. Gillespie, Fundamentals of Vehicle Dynamics, Revised Edition, SAE International, 2021.
6. H. Andrew, Railway Traction, Elsevier, 1986.
7. R. Krishnan, Switched Reluctance Motor Drives: Modeling, Simulation, Analysis, Design, and Applications, CRC Press, 2001.
8. R. Krishnan, Permanent Magnet Synchronous and Brushless DC Motor Drives, CRC Press, 2009.
9. R. Esteves Araújo, Induction Motors: Modelling and Control, Intech, 2014.
10. T. A. Lipo, Analysis of Synchronous Machines, 2nd.ed., CRC Press, 2012.
11. S. Iwnicki, Handbook of Railway Vehicle Dynamics, CRC Press, 2006.

طراحی و کنترل پیل‌های سوختی
Design and Control of Fuel Cells

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با طراحی، کنترل و فناوری‌های پیل‌های سوختی

شرح درس:

مقدمه‌ای بر سیستم‌های پیل سوختی

اصول سیستم‌های پیل سوختی: اصول عملکرد پیل سوختی، منحنی‌های ولتاژ جریانی پیل‌های سوختی، مشخصات سیستم‌های پیل سوختی

بررسی فناوری‌های مختلف پیل سوختی

روش‌های تأمین هیدروژن در سیستم‌های پیل سوختی

روش‌های مدل‌سازی خطی و غیرخطی پیل سوختی

روش‌های کنترل خطی و غیرخطی پیل سوختی

خودروهای پیل سوختی خالص: طراحی و بررسی معایب و مزایا

طراحی خودروهای پیل سوختی ترکیبی و نحوه اتصال سیستم پیل سوختی به سیستم رانشی

مراجــع:

1. P. Corbo, F. Migliardini, O. Veneri, Hydrogen Fuel Cells for Vehicles, Springer, 2011.
2. W. Vielstich, A. Lamm, H. A. Gasteiger, Handbook of Fuel Cells, 6 Vol. set, Wiley, 2003.
3. J. Larminie, A. Dicks, D. Rand, Fuel Cell Systems Explained, Third edition, Wiley, 2004.
4. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd ed., CRC Press, 2018.
5. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2nd ed., IET, 2010.
6. A. Emadi (ed), Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives, CRC Press, 2005.

الکترونیک خودرو و شبکه‌سازی در حمل و نقل
Automotive Electronics and Transportation Networking

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترونیک قدرت ۱ **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با اصول بکارگیری انواع مبدل‌های الکترونیک قدرت و روش‌های کنترلی مدرن در سیستم‌های حرکتی

شرح درس :

مقدمه : انواع سیستم‌های الکتریکی در ساختار خودروهای مرسوم برقی و هایبرید

ساختارها و روش‌های کنترلی مبدل‌های الکترونیک قدرت با قابلیت کاربرد در سامانه‌های برقی و هایبرید

مروری بر سیستم‌های محرکه موتورهای الکتریکی

ساختارهای مختلف الکترونیک قدرت سری- موازی در خودروهای مرسوم برقی و هایبرید

انواع ساختارهای الکترونیک قدرت در خودروهای برقی قابل اتصال به شبکه

زیر ساخت‌های شبکه قدرت در سیستم‌های حمل و نقل

مراجـع :

1. Emadi (ed), Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives, CRC Press, 2005.
2. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5th ed., Butterworth- Heinemann, 2023.
3. X. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Prentice Hall, 2001.
4. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3rd ed., CRC Press, 2018.
5. I. Husain, Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, , 2nd ed., CRC Press, 2010.
6. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3nd ed., Wiley, 2002.
7. SAE and IEC Standards.

مبدل‌های الکتریکی توان بالا
High Power Electric Converters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** الکترونیک قدرت۲

هـــدف: بررسی و حل مشکلات محرکه‌ها و موتورهای الکتریکی توان بالااز طریق طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت با قابلیت کار در شرایط سخت و تنش‌های سنگین توان بدون اثرات مخرب بر کیفیت توان و قادر به جذب بخشی از انرژی بازگشتی در سرازیری‌ها و حالت‌های ترمزی

شرح درس:

آشنایی با انواع ساختارهای مبدل‌های الکتریکی بر پایه الکترونیک قدرت در کاربردهای درایو موتور

بررسی شرایط مبدل‌های الکتریکی با ویژگی توان بالا

ویژگی‌های عناصر نیم‌رسانای توان بالا

طراحی مبدل‌های AC به DC و DC به AC با در نظر گرفتن ملزومات توان

روش‌های مدولاسیون مناسب برای مبدل‌های توان بالا

مباحث تکمیلی

مراجـع:

1. D. O. Neacsu, Switching Power Converters: Medium and High Power, 2nd ed., CRC Press, 2013.
2. R. D. Doncker, D. W.J. Pulle and A. Veltman, Advanced Electrical Drives: Analysis, Modeling, Control, 2nded., Springer, 2020.
3. A. Emadi(ed.), Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives, CRC Press, 2005.
4. I. Boldea, S.A. Nasar, Electric Drives, 3rd ed., CRC Press, 2016.
5. B. K. Boss, Modern Power Electronics and AC Drives, Pearson India, 2015.
6. V. C.Valchev, A. V. Bossche, Inductors and Transformers for Power Electronics, CRC Press, 2018.
7. E. Acha, V. Agelidis, O. Anaya, T. J. Miller, Power Electronic Control in Electrical Systems, Newrnes, 2002.

بهره‌برداری و مدیریت سامانه‌های برقی حمل و نقل
Operation and Management of Electric Vehicle Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با اجزاء، مدل‌ها، برقراری، بهره‌برداری و مدیریت سامانه‌های برقی حمل و نقل

شرح درس :

آشنایی با حمل و نقل برقی و ساختار آن‌ها
بررسی سیستم‌های ذخیره‌سازی قابل استفاده در حمل و نقل برقی
تحلیل اثر بارهای کششی بر تقاضا و کیفیت توان سیستم قدرت
مدل‌سازی خودروهای برقی برای تحلیل در شبکه‌های قدرت
اثر بهره‌برداری از خودروهای برقی بر روی تقاضای برق
بررسی روش‌های بهره‌برداری کنترل شده از خودروهای برقی
مشارکت خودروهای برقی در بازار برق
بررسی نهادهای مختلف تجمیع کننده خودروهای برقی
برنامه‌ریزی بهینه تجمیع‌کننده خودروهای برقی
موضوعات روز در مدیریت و کنترل حمل و نقل برقی

مراجــع :

1. R. Garcia-Valle, J. A. P. Lopez(eds.), Electric Vehicle Integration into Modern Power Networks, Springer, 2012.
2. X. Zhang, C. Mi, Vehicle Power Management, Modeling, Control and Optimization, Springer , 2011.
3. G. Pistoria, Electric and Hybrid Vehicles, Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market, Elsevier 2010.
4. C. Mi, M. Abdul Masrur, D. W. Gao, Hybrid Electrical Vehicles, Principles and Applications with Practical Perspectives, 2nded., Wiley, 2017.
5. A. Steimel, Electric Traction- Motive Power and Energy Supply: Basics and Practical Experience, 2nded., Deutscher Industrieverlag GmbH, 2014.

مدیریت توان در وسایط نقلیه برقی
Power Management in Electrical Vehicles

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با نحوه مدیریت توان در بخش‌های مختلف وسایط نقلیه برقی در جهت افزایش بازده و بهبود الگوی مصرف انرژی

شرح درس :

مقدمه : انرژی و چالش‌های محیط زیستی، مراحل تبدیل انرژی برای مصرف وسایط نقلیه برقی، بازده سوخت و ....

مفاهیم پایه : ساختار خودرو، کارایی، تلفات انرژی و مصرف سوخت، چرخه تقاضای توان در محرکه، تعاریف مدیریت توان در خودروهای متداول و ترکیبی و ...

مدل‌سازی سیستم محرکه خودرو : موتورهای احتراق داخلی، ماشین‌های الکتریکی، باتری‌ها، ابر خازن‌ها، پیل‌های سوختی، جعبه دنده و ...

تحلیل مدیریت توان : روش‌های تحلیلی تقریبی، مدل خودرو، روش کنترل، پیاده‌سازی راهبرد کنترل در چرخه‌های استاندارد رانندگی، تحلیل کل انرژی موجود در باتری و مصرف سوخت و ...

مدیریت ادوات ذخیره‌ساز انرژی : طراحی و تعیین ظرفیت، متعادل‌سازی سلول‌های باتری، مدیریت باتری شامل نمایش مقدار و ظرفیت موجود، ادوات حفاظتی و ایمنی و ...

سایر مباحث : طراحی و بهینه‌سازی در خودروهای ترکیبی، الگوریتم‌های چندمنظوره، مشکلات موجود در مدیریت توان خودرو، اصول برنامه‌ریزی پویا برای مدیریت توان در وسایط حمل و نقل برقی، روش‌های ترمز به همراه قابلیت بازگشت انرژی، وسایط حمل و نقل برقی عمومی، بررسی انواع ساختارهای کششی از قبیل مترو و قطار الکتریکی و ...

مراجــع :

1. X. Zhang, C. Mi, Vehicle Power Management, Modeling, Control and Optimization, Springer, 2011.
2. Assessment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles, Committee on the Assessment of Technologies for Improving Light-Duty Vehicle Fuel Economy, National Academies Press, Washington, 2013.
3. L. Guzzella, A. Sciarretta, Vehicle Propulsion Systems, Introduction to Modeling and Optimization, 3rd ed., Springer, 2015.
4. A. Emadi, M. Ehsani, J. M. Miller, Vehicular Electric Power Systems, Land, Sea, Air, and Space Vehicles, CRC Press, 2003.
5. R. M. Dell, D. A. J. Rand, P. با, Royal Society of Chemistry, 2001.

کنترل غیرخطی
Nonlinear Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هــدف : آشنایی با سیستم‌های غیرخطی و روش‌های خطی‌سازی و کنترل آنها

شــرح درس :

مقدمه : آشنایی با انواع توابع غیرخطی و کاربرد آنهادر حلقه‌های کنترل

بررسی نقاط تعادل و سیکل‌های حدی : استفاده از تکنیک تبدیل نقطه (Point transformationTechnique) جهت تعیین سیکل حدی، جذب کننده‌ها

بررسی و آنالیز تابع توصیفی، بررسی سیستم‌های آشوبناک

اصول نظریه لیاپانوف، روش خطی کردن معادلات غیرخطی، روش مستقیم لیاپانوف

بررسی نظریه پیشرفته پایداری، بررسی پایداری سیستم‌های خود گردان و غیر خودگردان

اصول طراحی سیستم‌های کنترل غیرخطی

خطی نمودن با فیدبک

روش کنترل توان

مراجــع :

1. J. J. Slotine, W. Li, Applied Nonlinear Control, Prentice- Hall, 1991.
2. M. Vidyasagar, Nonlinear System Analysis, Prentice- Hall, 1993.
3. P. A Cook, Nonliear dynamical Systems, 2nded., Prentice- Hall, 1994.
4. H. K. Khalil, Nonlinear Control, Pearson, 2014.

کنترل چند متغیره
Multivariable Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هــدف : تحلیل روش‌های تحلیل و طراحی فرآیندهای چند ورودی- چند خروجی (MIMO)

شــرح درس :

مرور : تعاریف و قضایای جبر ماتریس، چند جمله‌ای‌ها، ماریس‌های چند جمله‌ای و تحقق سیستم‌های چند متغیره

طراحی فیدبک تک حلقه : مسئله استاندارد، روابط بنیادی و محدودیت‌های عملکرد

قطب‌ها و صفرهای سیستم‌های چند متغیره : بررسی پایداری، فرم اسمیت مک میلان(SMM)، توصیف کسری ماتریسی(MFD)

تقلیل مرتبه مدل با استفاده از مقادیر منفرد (S.V.D)

پایداری و عملکرد مقاوم سیستم‌های چند متغیره : بهره‌های اصلی، نرم‌های اپراتوری $\|G\|_\infty$ و $\|G\|_2$

طراحی کنترل‌گر : بستن ترتیبی حلقه‌ها، روش آرایه‌های نایکوئیست، غلبه قطری

طراحی کنترل‌گر به روش LQG و LQG/ LTR، فرآیند نا کمینه فاز (NMP)

مراجــع :

1. S. P. Bhattachryya, L. H. Keel, Linear Multivariable Control Systems,Cambridge University Press, 2022.
2. R. V. Patel, N. Munro, Multivariable System Theory and Design, Pergamon Press,1982.
3. A. I. G. Vardulakis, Linear Multivariable Control, Wiley, 1991.
4. S. Skogestad, I. Postlethwaite, Multivariable Feedback Control, Wiley, 2005.
5. A. Khaki-Sedigh, B. Moaveni, Control Configuration Selection in Multivariable Plants, Springer, 2009.

کنترل بهینه
Optimal Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هــدف : آشنایی با روش‌های طراحی کنترل بهینه بدون قید، با قید برای سیستم‌های زمان پیوسته و زمان گسسته

شــرح درس :

کنترل بهینه سیستم‌های زمان پیوسته : حل کنترل بهینه بدون قید با استفاده از حساب تغییرات، تنظیم کننده و تعقیب کننده‌ی LQ

کنترل بهینه سیستم‌های زمان پیوسته با قید : اصل پونتریگن، کنترل با حداقل زمان، کنترل با حداقل تلاش، کنترل با حداقل انرژی و زمان، حل بهینه در حالت‌های تکین

کنترل بهینه سیستم‌های زمان گسسته : تنظیم کننده و تعقیب کننده DLQ، گسسته‌سازی معادلات سیستم و تابع هزینه

حل عددی کنترل بهینه : روش شدیدترین فرود برای حل TPBVP

کنترل بهینه با برنامه‌ریزی پویا : سیستم‌های زمان گسسته و زمان پیوسته، معادله HJB، کنترل با قید

مراجــع :

1. F. L. Lewis, D. Vrabie, V. L. Syrmos, Optimal Control, 3rd ed., Wiley, 2012.
2. D. E. Kirk, Optimal Control Theory: An Introduction, Prentice- Hall, 2004.
3. H. Kwakernaak, R. Sivan, Linear Optimal Control Systems, Wiley, 1972.
4. B. D. O. Anderson, J. B. Moore Optimal Control: Linear Quadratic Methods, Dover Publications, 2007.
5. Optimization Toolbox for Use with MATLAB, The Math Work Inc., 2002.

اتوماسیون صنعتی
Industrial Automation

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با سیستم‌ها، ابزارها و روش‌های اتوماسیون صنعتی

شــرح درس :

ساختار سیستم‌های اتوماسیون صنعتی

کنترل متمرکز، ساختارهای سلسله مراتبی اتوماسیون

سیستمهای کنترل توزیع شده (DCS)

سیستمهای اتوماسیون مبتنی بر کامپیوترهای شخصی (PC-Based)

جمع‌آوری داده‌ها (Data Acquisition)

پردازش سیگنالهای ابزاردقیق

سیستم‌های کنترل بلادرنگ (Real-time)

نیازها و الزامات سیستم عامل‌های بلادرنگ در کاربردهای صنعتی

مفاهیم جدید نرم‌افزارهای کاربردی در اتوماسیون صنعتی

شبکه‌های صنعتی فیلدباس و پوروفی باس

واسطه‌های انسان و ماشین (HMI)

فناوری اطلاعات در اتوماسیون صنعتی

معرفی کاربرد های نمونه

مراجــع :

1. J. Stenerson, Industrial Automation and Process Control, 2003.
2. S. Mackay, E. Wright, D. Reynders, J. Park, Practical Industrial Data Networks: Design, Installation and Troubleshooting, Elsevier, 2004.
3. J. Berge, Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance, ISA, 2002.
4. R. L Shell, E. L. Hall(eds.), Handbook of Industrial Automation, CRC Press, 2000.
5. R. Filer, G. Leinonen, Programmable Controllers Using Allen-Bradley SLC 500 and ControlLogic, 2002.
6. P. M. Swamidass(ed.), Encyclopedia of Production and Manufacturing Management, Kluwer Academic Publishers, 2000.

ابزار دقیق پیشرفته
Advanced Instrumentation

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنا نمودن دانشجویان با ساختار سیستم‌های ابزار دقیق- روش‌های جدید اندازه‌گیری و تحولات جدید فناوری در زمینه ادوات سیستم‌های کنترل

شــرح درس :

مقدمه : تحولات سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق

مشخصه‌های ادوات ابزار دقیق

تحلیل حساسیت به عوامل ایجاد خطا

مبدل‌های ثانویه

پردازش سیگنال‌های خطی

فیلترها

پردازش سیگنال‌های غیر خطی

نویز و عملکرد سیستم

مبدل‌های A/D

پردازش سیگنال‌های دیجیتال

اندازه‌گیری تغییر مکان، نیرو، دما، فشار، دبی، سطح

اندازه‌گیری سایر کمیت‌ها

حسگرهای نوری

حسگرهای هوشمند

استانداردها

مراجــع :

1. T. R. Padmanabhan, Industrial Instrumentation: Principles and Design, Springer 2013.
2. S. C. Mukhopadhyay, Intelligent Sensing, Instrumentation and Measurements, Springer, 2015.
3. A.S. Marfunin(ed.), Methods and Instrumentations: Results and Recent Developments, Springer, 1995.

شناسائی سیستم
System Identification

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با روش‌های، پارامتری یا غیر پارامتری، تعیین مدل ریاضی یک سیستم با استفاده از اطلاعات ورودی و خروجی آن

شــرح درس :

مقدمه: بیان لزوم مدل‌سازی ، انواع مدل‌ها و فرایند شناسائی سیستم‌ها

مروری بر روش‌های کلاسیک شناسائی سیستم

روش‌های شناسائی سیستم‌های خطی

شناسائی حداقل مربعات و خواص آن

تخمین بهینه و تخمین حداکثر درست‌نمائی

الگوریتم‌های محاسباتی

ارزیابی مدل شناسائی

شناسائی سیستم‌های متغیر با زمان

شناسائی سیستم‌های غیر خطی

روش‌های دیگر شناسائی سیستم‌ها

مراجــع :

1. L. Ljung, System Identification: Theory for The User, Prentice- Hall, 1999.
2. J. P. Norton, An Introduction to Identification, Dover, 2009.
3. T. Soderstrom, P. Stoica, System Identification, Prentice Hall, 1989.

کنترل زمان حقیقی
Real Time Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با اصول سیستم‌های کنترل زمان حقیقی از جنبه‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و طراحی

شرح درس:

مقدمه: مفاهیم بنیادی، مدل کلی سیستم کنترل رایانه‌ای

واسطه‌گری با محیط، مشخصات سیگنال‌ها

سیستم‌های کنترل رایانه‌ای

نیازمندی‌های محاسباتی رایانه کنترل کننده

سیستم‌های عامل بلادرنگ

روش‌های مشخص‌سازی عملیاتی

شبکه‌های پتری

روش‌های مشخص‌سازی توصیفی و اثبات صوری درستی

زمان‌بندی، ساعت‌ها و هماهنگ‌سازی آن‌ها

تحمل خرابی، قابلیت اطمینان

تخمین زمان اجرا

طراحی سیستم‌های بلادرنگ

مراجــع:

1. A. C. Shaw, Real- Time Systems and Software, Wiley, 2001.
2. S. Bennet, Real- Time Computer Control: An Introduction, Prentice- Hall, 1994.
3. J. E. Cooling, Software Engineering for Real- Time Systems: Foundations, 2nded., Lindentree Associates., 2019.
4. W. A. Halang, K. M. Sacha, Real- Time Systems: Implementation of Industrial Computerized Process Automation, World Scientific, 1992.
5. P. A. Laplante, S. J. Ovaska, Real- Time Systems Design and Analysis, 4th ed., Wiley- IEEE Press, 2011.

سیستم‌های ترکیبی
Hybrid Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هـــدف : آشنایی با نحوه مدل‌سازی، تحلیل و کنترل سیستم‌های ترکیبی با بر هم کنش متغیرهای گسسته و متغیرهای پیوسته

شرح درس :

معرفی سیستم‌های ترکیبی : چند مثال، مدل‌سازی، اتوماتون، پاسخ سیستم (لرزش، مسیرهای زنو، ...)، قابلیت دسترسی، وجود و یکتایی پاسخ، نامعینی در مدل‌ها، اتصال بین سیستم‌ها، روش لیاپانوف

سیستم‌های کلید زنی، کنترل بهینه سیستم‌های کلید زنی

مدل‌های زمان گسسته : اتوماتون، سیستم‌های متناسب تکه‌ای، سیستم‌های دینامیکی منطقی، ارتباط بین مدل‌ها، کنترل پیش بین و کاربرد آن، مثال کنترل سیستم ترکیبی زمان گسسته

سیستم‌های گذار و قابلیت‌ها : رفتار، ترکیب سیستم‌ها، روابط بین سیستم‌ها، رابطه شباهت، درست آزمایی، سیستم ترکیبی به عنوان سیستم گذار، اتوماتون زمان‌دار، خواص دنباله‌ای، کنترل سیستم‌های گذار (با اهداف دستیابی، ایمنی، و غیره)

تجرید سیستم ترکیبی : امکان پذیری تجرید، گروه‌های شناخته شده از سیستم‌های تجرید پذیر

تقریب سیستم‌های ترکیبی با سیستم‌های گذار حالت محدود، کنترل بهینه، نظریه بازی‌ها و سیستم‌های ترکیبی، تشخیص خرابی در سیستم‌های ترکیبی، مطالعه موردی

مراجـــع :

1. P. Tabuada,Verification and Control of Hybrid Systems: A Symbolic Approach, Springer, 2009.
2. J. Lygeros, S. Sastry, C. Tomlin, Hybrid Systems: Foundations, Advanced Topics and Applications, To be published by Springer, currently available for download: http://control.ee.ethz.ch/~ifaatic/book.pdf, 2010.
3. D. Liberzon, Switching in Systems & Control, Birkhauser, 2003.
4. A. Platzer, Logical Analysis of Hybrid Systems: Proving Theorems for Complex Dynamics, Springer, 2010.

سیستم‌های خبره و هوش مصنوعی
Artificial Intelligence and Expert Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با اصول و روش‌های حل مسائل ساده و پیچیده، دانش و چگونگی نمایش آن و متدهای کلی استدلال در سیستم‌های خبره

شرح درس :

مقدمه : تعاریف و مفاهیم اولیه، کاربردها

آشنایی با برنامه‌ریزی در زبان LISP : گراف‌ها، توابع قابل تعریف، توابع بازگشتی

روش‌های حل مسائل : جلو سو، پشت سو، درخت و گراف مسائل، نمایش دانش و مسئله قالب، مقایسه و مطابقت، توابع شهودی

روش‌های ضعیف : راهبرد تپه نوردی، جستجوی BFS و DFS، تحلیل الگوریتم‌های جستجو و ...

ارائه دانش با استفاده از منطق مسند : بیان حقایق، افزون توابع و مسندهای قابل محاسبه، اثبات، استنتاج طبیعی

ارائه دانش به کمک سایر منطق‌ها : استدلال‌های غیر یکنواخت، استدلال‌های آماری و احتمالی، بررسی مسائل اتفاقی، شبکه‌های معنایی (Semantic)، چیدمان‌ها، روش‌های نمایش معلومات

ارائه ساختار دانش

استدلال : احتمالی، احتمالی در دامنه زمان، تصمیم‌گیری ساده، تصمیم‌گیری پیچیده

یادگیری : یادگیری از طریق مشاهدات، دانش در یادگیری، متدهای یادگیری آماری، یادگیری بازتثبیتی (ReinforcementLearning)

مراجــع :

1. S. Russell, P. Norving, Artifical Intelligence: A Modern Approach, 4th ed., Pearson India, 2022.
2. I. Gupta, G. Nagpal, Artificial Intelligence and Expert Systems, Mrcury Learning and Information, 2020.

سیستم‌های عیب‌یاب و کنترل تحمل‌پذیر خطا
Fault Diagnosis Systems and Fault Tolerant Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : سیستم‌های کنترل خطی **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با روش‌های کشف و جداسازی خطا در سیستم‌های صنعتی و طراحی کنترل مقاوم در برابر خطا

شرح درس :

آشکارسازی خطا (FD) و جداسازی خطا (FI)

روش‌های عیب‌یابی بر اساس داده : پایش آماری، آنالیز PSA، آنالیز تفکیک کننده فیشر

روش‌های عیب‌یابی بر اساس مدل : تخمین پارامترها، روش‌های بر اساس روئیتگر

روش‌های عیب‌یابی هوشمند : آنالیز اتفاقی، سیستم‌های خبره، تشخیص الگو

کنترل با تحمل خطا FTC، کنترل ایمن در برابر خطا FSS، روش‌های کنترلی فعال و غیر فعال، سیستم‌های افزونه، سیستم‌های نظارتی سوئیچ کننده، طراحی مجدد کنترلگر بصورت خودکار

بررسی راه حل‌های صنعتی جدید عرضه شده به بازار

مراجـــع :

1. R. Isermann, Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance, Springer, 2006.
2. M. Blanke, M. Kinnaert, J. Lunze, M. Staroswiecki, Diagnosis and Fault- Tolerant Control, 3rd ed., Springer, 2015.
3. M. Mahmoud, J. Jiang, Y. Zhang, Active Fault Tolerant Control Systems: Stochastic Analysis and Synthesis, Springer, 2003.
4. L. H. Chiang, E. L. Russell, R. D. Braatz, Fault Detection and Diagnosis in Industrial Systems, Springer, 2013.
5. S. X. Ding, Model-based Fault Diagnosis Techniques Design Schemes, Algorithms, and Tools, 2nded., Springer, 2013.

رباتیک
Robotics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** اصول کنترل مدرن

هـــدف: آشنایی با اصول مدل‌سازی و کنترل بازوهای مکانیکی به عنوان مهم‌ترین سیستم‌های رباتیک صنعتی وهمچنین سینماتیک و دینامیک مستقیم و معکوس بازوهای مکانیکی و طراحی کنترل خطی و غیرخطی ربات‌ها

شرح درس:

مقدمه: معرفی بازوها و سیستم‌های رباتیک، و مقدمات ریاضی برای بررسی دینامیک و کنترل بازوهای مکانیکی

تبدیل‌های ریاضی: تعریف موقعیت، سرعت و جهت‌گیری، ماتریس دوران، ماتریس تبدیل و زوایای اویلر

سینماتیک مستقیم و معکوس: پارامترهای دناویت هارتنبرگ، فضای مفصلی و کارتزین، روش هندسی، روش‌های بازگشتی، قضیهٔ پفایفر، زیرفضاهای سینماتیکی

تحلیل ژاکوبین: سرعت زاویه‌ای، تعیین سرعت مفاصل، روش بازگشتی، تعریف ژاکوبین، تکینگی، رابطهٔ نیرو و گشتاور

دینامیک: شتاب خطی و زاویه‌ای، روش نیوتن- اویلر، روش‌های بازگشتی، روش لاگرانژ، روش بازگشتی لاگرانژ

تولید مسیر: روش‌های فضای مفصلی و کارتزین، منحنی‌های درجهٔ سه و منحنی‌های سهموی-خطی، روش‌های بهینهٔ زمانی

طراحی کنترل‌کننده خطی: سیستم‌های رستهٔ دو،مدل‌سازی و شناسایی خطی بازوهای مکانیکی با جعبه دنده، طراحی کنترل خطی بر اساس مدل شناسایی شده

طراحی کنترل‌کننده غیرخطی: روش‌های خطی‌سازی با فیدبک، روش گشتاور محاسبه شده، روش‌های چند متغیره براساس ژاکوبین

کنترل‌های نیرو، امپدانس و هیبرید: معرفی روش‌های ترکیبی کنترل نیرو و موقعیت به صورت هم‌زمان

مراجـع:

1. M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, 2nded., Wiley, 2020.
2. J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 4th ed., Pearson, 2017.
3. L. W. Tsai, Robot Analysis: the Mechanics of Serial and Parallel Manipulators, Wiley, 2008.
4. H. Asada, J-J. E. Slotine, Robot Analysis and Control, Wiley, 1991.

کنترل فرآیند پیشرفته
Advanced Process Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هــدف : آشنایی با چند نمونه از کاربردهای سیستم‌های کنترلی در فرآیندهای صنعتی

شرح درس :

معرفی سیستم‌های فرآیندی : آشنایی با ویژگی‌های چند نمونه فرآیند صنعتی از جمله راکتور CSTR، ستون تقطیر، مدل تنسی ایستمن، بانک مدل‌های پیشنهادی در تحقیقات کنترل فرآیند

مباحث پیشرفته در فیدبک رله‌ای : تخمین مدل، طراحی کنترل‌کننده برای سیستم‌های غیر مینیمم فاز و سیستم‌های چند متغیره

جبران‌سازها : تاثیر تاخیر در حلقه کنترل، تخمین تاخیر، کنترل‌کننده Smith، کنترل پیش‌بین Moore، کنترل PIP، معرفی کنترل پیش‌بین GPC و نحوه در نظر گرفتن قیود فرآیند در مسأله GPC

پایش عملکرد : کنترل مینیمم واریانس و اندیس هریس، اندیس تعمیم‌یافته هریس، اندیس هریس در سیستم‌های چند متغیره

ارزیابی حلقه کنترل با معیارهای تولید : مصرف انرژی و کیفیت تولید، بهینه‌سازی زمان حقیقی (RTO) در فرآیندهای غیرخطی، انتخاب بهینه نقطه کار با محدودیت‌های فنی و اقتصادی بر اساس مدل استاتیکی، مسأله کنترل جستجوی نقطه کار بهینه و ملاحظات حفظ پایداری دینامیکی در RTO

سنسور نرم : روش‌های مبتنیبر شناسایی سیستم خطی و غیر خطی، روش‌های آماری مبتنی بر تئوری بیز، طراحی سنسور نرم جهت افزایش زمان نمونه‌برداری، طراحی سنسور نرم به عنوان جایگزین سنسور خراب، ترکیب اطلاعات سنسورهای سریع و کند، مشکلات و راه‌کارهای کاربرد سنسور نرم در حلقه کنترل

مراجــع :

1. W. L. Luyben, Process Modeling Simulation and Control for Chemical Engineers, 2nd ed., McGraw-Hill, 2014.
2. E. F. Camacho, C. B. Alba, Model Predictive Control, 2nd ed., Springer, 2007.
3. A. Ordys, D. Uduehi, M. A. Johnson(eds.), Process Control Performance Assessment: From Theory to Implementation, Springer, 2010.
4. L. Fortuna, S. Graziani, A. Rizzo, M. G. Xibilia, Soft Sensors for Monitoring and Control of Industrial Processes, Springer, 2010.

کنترل هوشمند
Intelligent Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : سیستم‌های کنترل خطی **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با روش‌های شناسایی، تخمین و کنترل هوشمند و کاربرد آن در اتوماسیون صنعتی

شرح درس :

شناسایی و کنترل هوشمند با استفاده از منطق فازی : مجموعه‌های فازی، منطق فازی، سیستم‌های فازی، شناسایی فازی و کنترل فرآیندهای دینامیکی غیر خطی، طراحی کنترلرهای فازی PD و PI و PID، بهبود مدل و کنترلر فازی بر اساس الگوریتم‌های آموزشی، کنترل فازی مدل

شناسایی و کنترل هوشمند با استفاده از شبکه‌های عصبی : مروری بر پرسپترون یک لایه و چند لایه، شبکه‌های توابع بنیادی شعاعی، شبکه‌های عصبی فازی، شبکه‌های بازگشتی، پس انتشار خطای گسترش یافته

شناسایی عصبی فرآیندهای دینامیکی غیر خطی مدل NARMAX- کنترل بر اساس مدل پیشگو (APC, NPC, MPC)، کنترل مدل داخلی (IMC)

کاربردهای شناسایی و کنترل عصبی و فازی در اتوماسیون صنعتی، تخمین فرآیندهای غیر خطی صنعتی، کنترل‌گرهای خود تنظیم

مراجـع :

1. Y. Z. Lu(ed.), Industrial Intelligent Control: Fundamentals and Applications, Wiley, 1996.
2. P. M. Mills, A. Y. Zomaya, M. O. Tade, Neuro Adaptive Process Control, Wiley, 1996.
3. J. R. Jang, C. T. Sun, E. Mizutani, Neuro- Fuzzy and Soft Computing, Prentice- Hall, 1997.

مکاترونیک
Mechatronics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** کنترل خطی

هــدف : آشنایی با مبانی نرم‌افزاری و چالش‌های سخت‌افزاری در طراحی و تولید محصولات از طریق بکارگیری هم افزایانه چند حوزه‌ای نظیر مکانیک، الکترونیک، کامپیوتر و کنترل

شرح درس :

مقدمه : ماهیت، تعریف، شیوه طراحی، اجزاء کنترلی، ریز الکترونیک و ریز مکانیک، نانو الکترونیک

مدل‌سازی سیستم‌های فیزیکی : الکترومکانیکی، مکانیکی، الکتریکی، ترمودینامیکی، توان سیّالی، مواد و ساختارها، MEMS

حسگرها و عملگرها : معرفی، تحلیل حوزه زمان و فرکانس، مشخصه‌های کارکردی، معرفی انواع حسگرها و عملگرها

سیستم‌ها و کنترل : نقش کنترل در مکاترونیک، سیگنال‌ها و سیستم‌ها، تحلیل فضای حالت، پاسخ پویای سیستم‌ها، پاسخ مکان ریشه‌ها، روش‌های پاسخ فرکانسی، رویتگرهای حالت و فیلتر کالمن، کنترل مقاوم، کنترل تطبیقی و غیرخطی، کنترل هوشمند، کنترل بهینه، کنترل نهفته

رایانه و منطق : مفهوم و طراحی سیستم‌های منطقی، سیستم‌های واسط، شبکه‌های رایانه‌ای و ارتباطی، تحلیل عیب در سیستم‌های مکاترونیک، سیستم‌های دنباله‌ای همزمان و ناهمزمان، کنترل با ریز رایانه و PLC

نرم‌افزار : روش‌های اندازه‌گیری، مبدل‌های A/D و D/A، پردازش سیگنال‌های اندازه‌گیری، ابزار دقیق مبنی بر رایانه، ثبت داده و گزارش گیری

مراجــع :

1. R. H. Bishop(ed.), Mechatornic Systems, Sensors, and Actuators: Fundamental and Modeling, 2nded., CRC Press, 2017.
2. W. Bolton, Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, 7thed., Pearson, 2019.
3. S. B. Singh, R. Ranjan, A. K. Haghi(eds.), Applied Mechatronics: System Integration and Design, Apple Academic Press, 2020.
4. G. Onwubolu, Mechatronics: Principles and Applecations, Butter Worth- Heinemann, 2005.

طراحی سیستم‌های اتوماسیون صنعتی
Design of Industrial Automation Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : ارائه اصول طراحی یک سیستم اتوماسیون صنعتی، مهندسی، تدارکات و پشتیبانی EPC همراه با ذکر مثال‌های عملی

شرح درس :

مفاهیم پروژه : قابلیت پیش‌بینی، ساختار، جریان و تحویل

تیم مدیریت پروژه : مشتری، طراح، سازنده

مدیریت پروژه : محدوده کار، برآورد، برنامه زمانبندی، گزارش وضعیت

مقیاس‌بندی : دقت، اثرات تفکیک‌پذیری روی دقت، محدوده تجهیز در مقابل مقیاس، کالیبراسیون تجهیز، خطی‌سازی و تبدیل واحد

سیستم کنترل : مبانی، کنترل فرآیند، کنترل کننده منطقی برنامه‌پذیر، شبکه کردن، یکپارچه‌ساز سیستم‌ها، تعیین یک سیستم PLC/ HMI

دیاگرام لوله‌کشی و ابزار دقیق P & ID

نقشه آرایش تجهیزات (عمران و مکانیک)، نقشه لوله‌کشی (مکانیک)، مشخصات پمپ و تجهیزات (مکانیک)

یکپارچه‌سازی سیستم کنترل : توسعه مشخصات منطق کنترل، توسعه مشخصه واسط عملگر، ایجاد نمودارتک خط شبکه، وظایف سیستم‌های دیگر متصل به سیستم کنترل

بانک اطلاعات پروژه : جدول کنترل سند و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط، جدول لیست I/O و تجهیزات و اطلاعات و گزارش‌های مرتبط، مشخصات تجهیزات

طراحی فیزیکی : اتاق کنترل، اتاق پایان بخشی (Termination)، منطقه فرآیند طرح مکان تجهیزات، اطلاعات نصب و راه‌اندازی تجهیزات، سیم‌کشی تجهیزات و سیستم کنترل

تدارکات : چرخه خرید، طبقه‌بندی مواد، لیست تجهیزات الکتریکی، لیست تجهیزات مکانیکی

کنترل کیفیت- روش‌های بررسی طراحی مجتمع صورت گرفته

پشتیبانی ساخت و اجرا

تمرین طراحی : آشنایی با مدیریت اطلاعات، انواع اطلاعات، سیم‌کشی پایه، سیم‌کشی ایمن، طبقه‌بندی منطقه خطرناک و اثر آن در طراحی، سیم‌کشی به سیستم کنترل

مراجـع :

1. M. D. Whitt, Successful Instrumentation and Control Systems Design, 2nd ed., International Society of Automation, 2015.
2. G. W. Cokrell, Practical Project Management: Learning to Manage the Professional, 2nd ed., International Society of Automation, 2012.
3. ANSI/NFPA 496-1998 Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment, National Fire Protectin Association [NFPA], 2013.

4. ISA-5-5-1985 Graphic Symbols for Process Displays, The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 1986.
5. ANSI/ISA-5.1-1984 R1992 Instrumentation Symbols and Identification, Instrumentation, Systems, and Automation Society, 1984.
6. ANSI/ISA-5.3-1983 Graphic Symbols for Distributed Control/ Shared Display, The Instrumentation, Systems, and Automatin Society, 1983.
7. H. D. Baumann, Control Valve Primer: A User's Guide , The Instrumetntation , Systems, and Automation Society, 1998.
8. ISA-75.01-1985 Flow Equations for Sizing Control Valves, The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 1985.

کنترل فرآیندهای تصادفی
Control of Stochastic Processes

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : فرآیندهای تصادفی **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مدل‌ها و کنترل فرآیندهای تصادفی

شرح درس :

of مقدمه و تاریخچه

نظریه سیستم

مدل‌های ریاضی فرآیندهای تصادفی

تجزیه و تحلیل سیستم‌های خطی

برآورد در سیستم‌های خطی : ایستا، زمان گسسته پویا، زمان پیوسته پویا

کاربردهای برآورد مدل خطی

برآورد سیستم‌های غیرخطی پویا

کارآیی برآوردگرهای سیستم‌های غیرخطی ایستا

برآورد سیستم‌های غیرخطی زمان گسسته پویا

انواع مسائل کنترل تصادفی

روش‌های کنترل : حلقه باز، حلقه بسته، قضیه جداسازی، دوگان، تطبیقی، مدل‌های ناشناخته کراندار

مراجــع :

1. F. Schweppe, Uncertain Dynamic Systems, Prentice- Hall, 1973.
2. T. Soderstrom, Discrete- Time Stochastic Systems, 2nd ed., Springer, 2013.
3. J. I. Aunon, V. Chandrasekar, Introduction to Probability and Random Processes, McGraw-Hill, 1998.
4. J. M. Mendel, Lessons In Estimation Theory for Signal Processing, Communications and Control, 2nd ed., Pearson, 2008.

کنترل تطبیقی
Adaptive Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با روش‌های کنترل فرآیندهای دارای تغییرات دینامیکی و اغتشاش

شرح درس:

مقدمه

روش‌های برآورد زمان حقیقی پارامتر

تنظیم کننده‌های خود کوک (STR)

سیستم‌های تطبیقی مدل مرجع (MRAS)

طراحی بر اساس پایداری لیاپانوف و نا فعالی(Passivity)

خود کوک‌سازی (Autotunning)

پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل تطبیقی و نکات کاربردی

مراجـع:

1. K. J. Astrom, B. Wittenmark, Adaptive Control, 2nd ed., Dover Pub. 2008.
2. G. C. Goodwin, K. S. Sin, Adaptive Filtering, Prediction and Control, Dover Pub. 2009.
3. I. D. Landau, R. Lozano, M. M'saad, A. R. Karimi, Adaptive Control, 2nd ed., Springer, 2011.

هدایت و ناوبری
Guidance and Navingation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: سیستم‌های کنترل خطی　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با سیستم‌های مسیریابی و روش‌های هدایت اجسام پرنده در فضا و اصول طراحی سیستم خود راهبر

شرح درس:

مقدمه: جایگاه هدایت و ناوبری

دستگاه‌های مختصات، زوایای اویلر

بردار دوران، کواترنیسن‌ها و قضیه کوریولیس

معادلات دیفرانسیل زوایای اویلر، بردار دوران و کواترنیسن‌ها

ادوات اندازه‌گیری ژیروسکوپ و شتاب سنج

ناوبری در دستگاه مختصات اینرسی و جغرافیایی

ناوبری با دستگاه GPS

روش هدایتی PN

روش الحاقی، قوانین هدایت پیشرفته

هدایت بهینه و هدایت BeamRider

سایر روش‌های هدایتی

مراجــع:

1. J. H. Blakelock, Automatic Control of Aircraft and Missiles, 2nd ed., Wiley, 1991.
2. D. Mclean, Automatic Flight Control Systems, Prentice Hall, 1969.
3. C. T. Leondes, Guidance and Control of Aerospace Vehicles, Literary Licensing, 2013.
4. P. Zarchan, Tactical and Strategic Missle Guidance(Tow Volume Set), 7th ed., AIAA, 2019.

سیستم‌های وقایع گسسته
Discrete Event Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با تحلیل، مدل‌سازی و کنترل سیستم‌های وقایع گسسته و کاربرد آن در اتوماسیون و کنترل نظارتی

شرح درس :

ابزار مدل‌سازی سیستم‌های وقایع گسسته : اتوماتا، زبان‌های معمول، شبکه پتری

همزمان سازی، درون نهی، اولویت‌بندی

قالب‌بندی، Deadlock و ایمنی

کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری

بازخورد حالت، بازخورد واقعه

سنتز

مدولار بودن سیستم

موارد کاربردی

مراجـع :

1. C. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, 2nd ed., Springer, 2010.
2. N. Viswanadham, Y. Narahari, Performance Modeling of Automated Manufacturing Systems, Prentice- Hall, 1992.
3. M. Wonham, K. Cai, Supervisory Control of Discrete-Event Systems, Springer, 2019.

کنترل مقاوم
Robust Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با روش‌های کنترلی تضمین کننده پایداری و کارآیی سیستم حلقه بسته با وجود عدم قطعیت‌ها

شرح درس:

نرم سیگنال‌ها و سیستم‌ها

پایداری داخلی، ردگیری مجانبی و کارآیی

پایداری مقاوم و کارآیی مقاوم

پایدارسازی

محدودیت‌های طراحی

شکل دادن حلقه

طراحی برای پایداری و کارآیی مقاوم

نامساوی‌های ماتریسی خطی در کنترل مقاوم

آشنایی با H_∞، سنتز μ و QFT

مراجــع:

1. K-Z Liu, Y. Yao, Robust Control: Theory and Applications, Wiley, 2017.
2. J. C. Doyle, B. A. Francis, A. R. Tannenbaum, Feedback Control Theory, Dover Pub., 2009.
3. K. Zhou, J. C Doyle, Essentials of Robust Control, Prentice- Hall, 1997.
4. S. Boyd, L. El Ghaoui, E. Freon, Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory, SIAM, 1997.
5. G. E. Dullerud, F. Paganini, A Course in Robust Control Theory: A Convex Approach, Springer, 2010.

کنترل فازی
Fuzzy Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با نظریه مجموعه‌ها و سیستم‌های فازی به منظور شناسایی و طراحی کنترل فازی برای سیستم‌های غیرخطی پویا

شرح درس :

نظریه مجموعه‌های فازی : مجموعه‌های فازی، عملگرهای فازی، اصل گسترش

منطق فازی : قواعد فازی، توابع برداشت فازی، استدلال تقریبی

سیستم‌های فازی : اجزای سیستم‌های فازی، مدل‌های ممدانی، سی- او- جی، تی- اس- ک، سوکاموتو

شناسائی فازی فرآیندهای غیرخطی پویا بر اساس تجره و یاداده

طراحی کنترلگر فازی : بر اساس تجربه و یاداده‌های ورودی و خروجی فرآیند، PID, PD, PI

بهبود مدل و کنترل فازی : بر اساس الگوریتم‌های آموزشی با سرپرست، پس خور حالت با آموزش وارون و آموزش تخصصی، مدل مرجع، بهینه

طراحی کنترلر فازی : بر اساس مدل ریاضی، با خطی‌سازی فازی

مراجــع :

.

1. L. X. Wang, A Course in Fuzzy Systems and Control. Prentice- Hall, 1996.
2. K.Tanaka, H. O. Wang, Fuzzy Control Systems Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach, Wiley-Interscience, 2008.
3. J. R. Jang, C. T. Sun, E. Mizutani, Neuro- Fuzzy and Soft Computing, Prentice- Hall, 1997.
4. N. Gulley, Fuzzy Logic Toolbox for use with MATLAB, The Math Works Inc., 1996.

کنترل عصبی
Neural Control

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با شبکه‌های عصبی و روش‌های آموزشی به منظور شناسائی سیستم‌های پویای غیرخطی و طراحی کنترل غیرخطی

شرح درس :

شبکه‌های عصبی تطبیقی : سپترون یک لایه و چند لایه، شبکه‌های توابع بنیادی شعاعی، شبکه‌های عصبی فازی، آموزش با سرپرست و بدون سرپرست، شبکه‌های بازگشتی، پس انتشار خطای گسترش یافته

شناسائی عصبی فرآیندهای دینامیکی غیرخطی، رویت‌گر عصبی

کنترل عصبی : آموزش وارون، آموزش تخصصی، مدل مرجع، بهینه، بر اساس مدل پیشگو (MPS, APS, NPC)، تقریب عصبی بهینه‌ساز

کنترل مدل داخلی (IMC)، کنترل با خطی‌سازی عصبی

کنترل عصبی با آموزش تقویتی/ تحکیمی (RL)، نقاد تطبیقی، آموزش Q

مراجــع :

1. M. Norgaard, O. Ravn, N. K. Poulsen, L. K. Hansen, Neural Network for Modeling and Control of Dynamic Systems, Springer, 2003.
2. S. Haykin, Neural Networks and Learning Machine, 3rd ed., Pearson, 2008.
3. J. R. Jang, C. T. Sun, E. Mizutani, Neuro- Fuzzy and Soft Computing, Pearson, 1997.
4. M. Norgaard, Neural Network Based Control System Design Toolkit, DTU, 2001.
5. H. Demuth, Neural Network Toolbox for use with MATLAB: User's Guide, The Math Work Inc., 1992.

بهینه‌سازی محدب
Convex Optimization

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با نظریه و روش‌های تحلیلی و عددی حل مسئله بهینه‌سازی در سیستم‌های محدب

شرح درس :

مقدمه : بهینه‌سازی ریاضی، روش‌های کمترین مربعات خطا و برنامه‌ریزی خطی، بهینه‌سازی محدب، بهینه‌سازی غیرخطی

مجموعه‌ها و توابع محدب : مجموعه‌هایشبه‌خطی و محدب، توابع محدب، خواص کلی توابع محدب، مثال‌های کاربردی، عملیات حافظ محدبیت، توابع مزدوج محدب، توابع شبهمحدب، نامعادلات تعمیم‌یافته، ابر صفحه‌های جداساز، مخروط‌های دوگان و نامعادلات تعمیم‌یافته، محدب بودن و نامعادلات تعمیم‌یافته

بهینه‌سازی محدب : تشریح مسائل بهینه‌سازی و بهینه‌سازی محدب، بهینه‌سازی خطی، بهینه‌سازی مربعی، برنامه‌سازی هندسی، بهینه‌سازی مقید با نامعادلات تعمیم‌یافته، بهینه‌سازی برداری

دوگانی : تابع دوگان لاگرانژ، مسائل دوگان لاگرانژ، بیان هندسی دوگانی، معرفی نقطه زینی، قضایای شرایط بهینگی، تحلیل اغتشاشات و حساسیت، مسائل کاربردی، سایر قضایای بهینگی مقید با نامعادلات تعمیم‌یافته

کاربردهای بهینه‌سازی محدب : برخی مسائل بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی محدب شدنی، تخمین و فیلترسازی– تخمین پارامتریک و غیر پارامتریک، مسائل بهینه‌سازی هندسی– تصویرسازی بر روییک مجموعه، فاصله دو مجموعه، فاصله اقلیدسی و زاویه، ابر بیضی‌گون‌ها، دسته‌بندی و مکان‌یابی

الگوریتم‌های حل مسئله بهینه‌سازی محدب : شامل روش‌های عددی GDM، SDM، NM، روش‌های عددی بهینه‌سازی مقید با معادلات غیرخطی شامل روش‌های Newton، ISNM، روش‌های عددی نقطه داخلی، بهینه‌سازی مقید با نامعادلات تعمیم‌یافته، روش‌های دوگان

مراجــع :

1. S. Boyd, L. Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.
2. J. M. Borwein, A. S. Lewis, Convex Analysis and Nonlinear Optimization: Theory and Examples, 2nd ed., Springer, 2010.
3. J. Renegar, A Mathematical View of Interior Point Methods in Convex Optimization, SIAM, 2.

کنترل سیستم‌های مقیاس بزرگ
Control of Large Scale Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با سیستم‌های مقیاس بزرگ، مدل‌های سیستم‌های مقیاس بزرگ و کنترل آن‌ها

شرح درس :

مقدمه : تعریف، مثال‌هایی از سیستم‌های مقیاس بزرگ

ارتباط متقابل، عدم تمرکز، سیستم‌های سلسله مراتبی، مدل‌سازی با استفاده از گراف

تحلیل پایداری سیستم‌های بزرگ

سیستم‌های غیر متمرکز، مدل‌های ثابت و جبران‌سازهای غیر متمرکز

تنظیم کننده‌های مجذوری غیر متمرکز

سیستم‌هایی با دو مقیاس زمانی، مقیاس زمانی سلسله مراتبی

عملیات سلسله مراتبی

نمایش سیستم با مدل‌های ابعاد محدود، اتوماتا، سیستم‌های ترکیبی

مرجــع :

1. J. Mohammadpour, K. M. Grigoridis, Efficient Modeling and Control of Large- Scale Systems, Springer, 2010.
2. J. Lunze, Feedback Control of Large Scale Systems, Bookmundo Direct, 2020.
3. E. J. Davison, A. G. Aghdam, D. E. Miller, Decentralized Control of Large- Scale Systems, Springer, 2020.
4. A. C. Antoulas, Approximation of Large- Scale Dynamical Systems, SIAM, 2005.

کنترل پیش‌بین
Predictive Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: معرفی روش‌ها و الگوریتم‌های کنترل پیش‌بین و تشریح پیاده‌سازی و محدودیت‌های اجرایی

شرح درس:

مقدمه: راهبرد کنترل پیش‌بین، نگاه تاریخی، فناوری‌ها و کاربردهای صنعتی

اجزا و الگوریتم‌های کنترل پیش‌بین: مدل پیش‌بینی، شیوه بهینه‌سازی، قانون کنترل، الگوریتم‌های MPC، فرمول‌بندی فضای حالت

کنترل کننده‌های پیش‌بین تجاری: الگوریتم DMC، الگوریتم MAC، الگوریتم PFC، نمونه‌های عملی

کنترل کننده پیش‌بین تعمیم یافته (GPC): معرفی، فرمول‌بندی در حضور اغتشاش رنگی، روابط حلقه بسته، تأثیر انتخاب چند جمله‌ای‌های T و P، اغتشاش‌های قابل اندازه‌گیری، پیش‌بینی کننده‌های مختلف، پایداری، کنترل کننده CRHPC

پیاده‌سازی GPC در فرآیندهای صنعتی: مدل‌سازی فرآیندهای صنعتی به روش منحنی واکنش (Reaction Curve)، طراحی در تأخیر زمانی مضرب صحیح و غیر صحیح، فرآیندهای انتگرالی، مقایسه باGPC استاندارد، تعقیب ورودی شیب، تحلیل پایداری مقاوم

کنترل پیش‌بین چند متغیره: فرمول‌بندی، استخراج روابط ماتریسی، استخراج روابط فضای حالت، فرمول‌بندی مدل کانولوشن، مسئله تأخیر زمانی، صفرهای انتقال در حضور کنترل MPC

کنترل پیش‌بین مقیّد: معرفی قیود در MPC، بهینه‌سازی، برنامه‌ریزی پویا QP، نمایش در قالب MPC، قیود نرم یک، مدیریت قیود، اثر قیود در پایداری، کنترل MPC چند هدفه

کنترل پیش‌بین مقاوم: مدل فرآیند و عدم قطعیت‌ها، توابع هدف، قوام در حضور عدم قطعیت‌ها، مدیریت عدم قطعیت‌ها، MPC مقاوم و نامساوی‌های ماتریس خطی، پیش‌بینی حلقه بسته

کنترل پیش‌بین غیر خطی: مقایسه کنترل پیش‌بین خطی و غیر خطی، مدل‌های غیر خطی، حل مسئله و پیاده‌سازی‌های NMPC، پایداری کنترل پیش‌بین غیر خطی

کنترل پیش‌بین در سیستم‌های ترکیبی: مدل‌سازی، سیستم‌های MLD، سیستم‌های تکه‌ای پیوسته مستوی (Piecewise Affine Systems)

روش‌های سریع در کنترل پیش‌بین: سیستم‌های تکه‌ای پیوسته مستوی، MPC و برنامه‌ریزی چند پارامتری، پیاده‌سازی تکه‌ای، سیستم‌های فاقد قطعیت، پیاده‌سازی تقریبی MPC، پیاده‌سازی با ملاحظات زمان تأخیر

معرفی چند کاربرد صنعتی: نیروگاه خورشیدی، فرآیندهای پیلوت، پالایش شکر، آسیاب‌های صنعتی، ربات‌های متحرک

مراجـع:

1. E. F. Camacho, C. Bordons, Model Predictive Control, 2nd ed., Springer, 2007.
2. J. M. Maciejowski, Predictive Control with Constraints, Pearson, 2000.
3. J. A. Rossiter, Model Based Predictive Control: A Practical Approach, CRC Press, 2003.
4. C. Jessel, M. Cannon, B. Kouvaritakis Non-Linear Predictive Control: Theory and Practice, IET, 2001.
5. Q.Yu, T. Lei, F. Tian, Z. Hou, X. Bu, Predictive Learning Control for Nonaffine Nonlinear Systems, Springer, 2023.

تشخیص و شناسایی خطا
Fault Detection and Identification

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** اصول کنترل مدرن

هـــدف : آشنایی با روش‌های تشخیص، شناسایی، جداسازی و آشکارسازی خطا در بخش‌های مختلف یک سیستم تحت کنترل شامل عملگر، سیستم و حسگر

شرح درس :

مقدمه: تعاریف اولیه، شناسایی اصول تشخیص و شناسایی خطا، خطای حسگر/ عملگر/ سیستم، اهداف خطایابی، اغتشاش و عدم قطعیت، تشخیص خطای مقاوم، معرفی انواع روش‌های تشخیص و شناسایی خطا، افزونگی سخت افزاری، روش‌های مبتنی بر سیگنال و مدل

روش‌های مبتنی بر سیگنال : شناخت الگوی خطا، مسائل دسته‌بندی خطا و خوشه‌یابی، برخورد آماری با مسائل دسته‌بندی و خوشه‌یابی، روش‌های آماری، دسته بندی بیزی، تخمین تابع چگالی احتمال به روش‌های پارامتری و غیرپارامتری، دسته بندی خطا بر اساس روش‌های طبقه بندی خطی، دسته بندی خطا بر اساس روش‌های طبقه‌بندی غیرخطی همانند شبکه‌های عصبی

تحلیل کاهش بعد و انتخاب ویژگی : تحلیل مولفه اصلی، تحلیل تفکیک فیشر، کمترین مربعات جزیی، معرفی چند ویژگی پر کاربرد در استخراج ویژگی

تشخیص و آشکارسازی خطا بر اساس مدل : شناسایی سیستم و چگونگی بکارگیری آن در تشخیص و شناسایی خطا، روش‌های خطی و غیرخطی پویا و ایستا

روش‌های تقریب پارامتر : کمترین مربعات بازگشتی، پریتی، رویتگر، عامل بندی H_∞ و H_2. تولید و ارزیابی مانده : آستانه‌گذاری مانده به صورت ثابت و تطبیقی و روش‌های متداول آن، بررسی اثرات عدم قطعیت، اغتشاش و کنترل‌کننده در روش‌های بیان شده بر اساس مدل

مراجـع :

1. S. Theodoridi, K. Koutroumbas, Pattern Recognition, 4th ed., Academic Press, 2008.
2. R. Isermann, Fault-Diagnosis Systems: An Introduction from Fault Detection to Fault Tolerance, Springer, 2006.
3. R. Isermann, Fault-Diagnosis Applications: Model-Based Condition Monitoring, Springer, 2011.
4. J. Chen and R. J. Patton, Robust Model-based Fault Diagnosis for Dynamic Systems, Springer, 1999.
5. S. Simani, Model-based Fault Diagnosis in Dynamic Systems using Identification Techniques, Springer, 2003.
6. S. Ding, Model-based Fault Diagnosis Techniques: Design Schemes, Algorithms, and Tools, 2nd ed., Springer, 2012.

معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی
Systems Architecture & Engineering Design

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آموزش اصول و روش‌های معماری سیستم‌ها در مراحل هدف گذاری، تعیین مرزها وشناخت ساختار محیط در شرایط پیچیده برای طراحی مهندسی

شرح درس:

مفاهیم پایه، سیستم، مدل، تفکر سیستمی، پیچیدگی، عدم قطعیت، تنوع، محیط سیستم‌ها، طراحی، فضای طراحی، شبکه سیستم، بهینه‌سازی و نظریه سیستم‌هادرک جامع یک نیازمندی و روش‌های فرمول‌سازی نیازمندی‌ها با توجه به ابعاد و مولفه‌های آن، بررسی روندهای میان مدت و بلند مدت و آنالیز رفتار عناصر موجود در شبکه سیستم، برنامه‌ریزی شطرنجی برای سازماندهی اطلاعات نسبت به زمان، بررسی دیدگاه‌های مربوط به ساختار محیط‌های تولیدی آتی، روش‌های پیکربندی گزینه‌های واقعی در شرایط غیرقطعی و پیچیده، مبانی علوم سیستم‌ها و ساختارهای سلسله مراتبی در اهداف، وظایف، فرآیند وساختار سیستم‌ها، فرآیندهای سلسله مراتبی درتصمیم‌گیری،روش‌های تصمیم‌گیری مارکوف، روش‌های جستجوی سیاست (Cost-to-Go Function) در طراحی سیستم‌ها، فرآیند هدف‌گذاری در طراحی سیستم‌ها، فرآیندحل مسأله، فرآیند مهندسی سیستم‌های محصول محور، فرآیند محور و ساختار محور شامل معماری سیستم، طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌ها، تجزیه و تحلیل ریسک و عدم قطعیت، شناخت منابع ریسک و عدم قطعیت و معیارهای ارزیابی آنها،آنالیز گزینه‌های واقعی، انطعاف‌پذیری و درجه آزادی در طراحی سیستم‌ها، روش‌های مطالعه جریان مالی (Cash Flow) در عملیات سیستم‌ها، مدل نمودن توابع تولید و هزینه در سیستم‌ها، اندازه اقتصادی در طراحی سیستم‌ها، آنالیز شبکه‌های پیچیده و تصمیم‌گیری، بهینه‌سازی شبکه‌ها. دینامیک سیستم‌های باز و مدل نمودن پیچیدگی با روش Dynamo, System StructureFlow Diagram، آشنایی با اصول و فرآیندهای طراحی (محصول، سیستم‌های عملکردی و کنترلی). آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری کارایی سیستم‌ها و طراحی به منظور بهبود

مراجـع:

1. M. W. Maier,The Art of Systems Architecting, 3rd ed., CRC Press, 2009.
2. K. Ulrich, S. Eppinger, Product Design and Development, 7th ed., McGraw-Hill, 2020.
3. C. W. Kirkwood, System Dynamics Methods: A Quick Introduction, Arizona State University, 1998.
4. R. de Neufville, Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Tehchnology Managment, McGraw-Hill, 1990.
5. H. Brian, Graph Theory in Practice: Part I & Part II, American Scientist, 2000.

برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی
Linear and Non- Linear Programming

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی دانشجویان با مفاهیم و روش‌های بهینه‌سازی در مسائل خطی و غیرخطی

شرح درس :

مبانی ریاضی

آشنایی با مدل‌سازی

برنامه‌ریزی خطی : ویژگی‌های اساسی، روش سیمپلکس، مفهوم دوگانی، الگوریتم‌های نقطه درونی (Interior Point)، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح

برنامه‌ریزی غیرخطی : ویژگی‌های اساسی، روش‌های گرادیان، روش‌های نیوتنی، الگوریتم‌های مبتنی بر مفهوم دوگانی

روش‌های نوین جستجو

مراجــع :

1. D. G. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, 5th ed., Springer, 2022.
2. S. Boyd, L. Vandenberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.
3. K. Burke, G. Kendall, Search Methodologies, 2nd ed., Springer, 2013.
4. F. Hillier, G. Lieberman, Introduction to Operations Research, 11th ed., McGraw-Hill, 2020.

پویایی سیستم‌ها
System Dynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** -

هــدف: طرح روش‌شناسی درک و حل مسائل پیچیده در مهندسی و مدیریت از طریق افزایش توانایی‌ها و مهارت‌های مدل‌سازی و تحلیل بر پایه روش سیستمیِ مبتنی بر قانون علیت

شرح درس:

مقدمه: معرفی درس و چارچوب کلی آن شامل دیدگاه‌ها، روش‌ها و کاربردهای حرفه‌ای پویایی سیستم‌ها

مفاهیم پایه: سیستم، طراحی مدل، بهینه‌سازی، تفکر سیستمی، نظریه سیستم‌ها، الگوی رفتاری رشد، الگوهای رفتاری هدف‌جو، الگوهای رفتاری S شکل، الگوهای رفتاری متناوب، حلقه‌های علی (Causal Loop)، حلقه‌های مثبت، حلقه‌های منفی، حلقه‌های ترکیبی، تأخیر زمانی در حلقه‌ها، دیاگرام جریان (Flow Diagram)

روش‌های تحلیل پویایی سیستم‌ها: پیکربندی سیستم (System Structure) برای بررسی پدیده‌های پویا، آشنایی با Dynamo و استفاده از آنها در مدل‌های پویایی، سیستم حلقه بسته، بازخورد، متغیرهای حالت، متغیرهای نرخ، مدل‌سازی در S.D، معادلات مدل و شبیه‌سازی کامپیوتری برای تصمیم‌گیری مبتنی بر مدل‌های پویایی

بررسی پویایی در یک سیستم خاص: فرآیند مدل‌سازی، تعریف مسأله رفتار مرجع، ساختمان مدل، معادلات مدل، آزمایش مدل، طراحی سیاست و تصمیم با استفاده از مدل

مراجـع:

1. G. P. Richardson, A.L. Puch, Introduction to System Dynamics Modeling with Dynamo, MIT Press 1981.
2. C. W. Kirkwood, System Dynamics Methods: A Quick Introduction, Arizona State University, 1998.
3. W. J. Palm III, ISE System Dynamics, 4th ed., McGraw-Hill, 2020.
7. A. Kossiakoff, S. M. Biemer, S. Seymour, D. A. Flanigan, Systems Engineering: Principles and Practice, 3rd ed., Wiley, 2020.
4. J. W. Forrester, Industrial Dynamics, Martino Fine Books, 2014.

نظریه بازی
Game Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با روش‌های تصمیم‌گیری در سیستم‌های چند عاملی و بیشینه‌سازی کارآیی در فضاهای رقابتی از طریق طراحی‌های بهینه

شرح درس :

مفاهیم کلی و مبانی تصمیم‌گیری : سیستم و روش‌های سیستمی در حل مسائل، فرآیند حل مسأله و مدل‌سازی، شبکه یک سیستم، محیط یک سیستم، انواع مدل‌سازی سیستم‌ها، تصمیم‌گیری، مدل‌های تصمیم‌گیری و ارزش اطلاعات در تصمیم‌گیری، تابع ارزش و تابع مطلوبیت، اندازه‌گیری مطلوبیت (یک بعدی وچند بعدی)، تصمیم‌گیری گروهی

مبانی نظری و مدل‌سازی بازی‌ها :آشنایی با شرائط محیطی، مفاهیم و روش‌ها در فرم راهبردی، بازی‌های ماتریسی و پیوسته، راهبردی غلبه، منطق‌گرایی، تعادل نش (وجود و یکتایی، تعادل مخلوط و هم‌بسته)، بازی‌های مدولار و ابرمدولار، بازی‌های نیرومند و انبوه

بازی‌های گسترده با اطلاعات کامل : بازگشت استقرایی، تعادل کامل زیربازی، کاربرد در بازی با معاملات سودمند، راه حل معامله سودمندنش

بازی‌های تکراری : بازی با تکرار محدود و نامحدود، راهبردی واکنش برانگیز، نظریه‌های دسته جمعی، تعادل عمومی رقابتی، موقعیت غیر رقابتی

بازی در شرایط کمبود اطلاعات : راهبردی رفتاری و مخلوط، تعادل نش بیزین، کاربرد در حراج، فرمت‌های متفاوت حراج ، بازده و اثربخشی دارایی‌های حراج‌های متفاوت

یادگیری در بازی‌ها : یادگیری مایوپیک، اجرای تخیلی، یادگیری بیزین، راهبردی تحول پایدار، محاسبات تعادل نش در بازهای ماتریسی

طراحی مکانیزم : حراج بهینه، نظریه بازده همسنگ، دیدگاهای اجتماعی، نتایج غیر ممکن، اصول آشکارسازی، سازش انگیزشی، مکانیزم‌هایVCG، مکانیزم‌ها در شبکه‌سازی، مکانیزم‌های غیر متمرکز

اثر بازی روی شبکه‌ها : تخصیص منابع مبتنی بر مطلوبیت، برون داد منفی و مثبت، مسیریابی خودخواهانه، تعادل نش و واردراپ، مسیریابی بهینه جزئی، قیمت‌گذاری شبکه‌ای، رقابت و درگیری روی عملیات شبکه‌ای

مراجــع :

1. E. Rasmusen,Games and Information: An Introduction to Game Theory, 4th ed., Wiley, 2006.
2. E. Mendelson, Introducing Game Theory and Its Applications, Chapman and Hall/CRC Press, 2016.
3. H. S. Bierman, L. Fernandez, Game Theory with Economic Applications, 2nd ed., Pearson, 1997.
4. C. D. Aliprantis, S.K. Chakrabarti, Games and Decision Making, 2nded., Oxford University Press, 2010.
5. R. D. Luce, H. Raiffa, Games and Decisions, Dover Pub., 1989.
6. D. Fudenberg, J. Tirole, Game Theory, MIT Press, 1991.
7. N. Nisan, T. Roughgarden, E. Tardos, V. V. Vazirani(eds.), Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2007.
8. M. Dresher, Game of Strategy: Theory and Application, RAND Corporation, 2007.
9. R. de Neufville, Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Technology Management, McGraw-Hill, 1990.

مهندسی تحلیل ریسک و عدم قطعیت
Risk & Uncertainty Analysis Engineering

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ماهیت غیر قطعی منابع، ارزیابی و کارکرد ریسک‌ها در محیط‌های مهندسی و متدلوژهای تصمیم‌گیری در محیط‌های پر ریسک

شرح درس :

مقدمه : مفاهیم اساسی محیط‌های پر ریسک

منابع ریسک و قواعد مهندسی سیستم‌ها : تاریخچه تحول مهندسی سیستم‌ها در توسعه روش‌های طراحی، اصول تصمیم‌گیری تحت شرایط ریسک، دسته‌بندی ریسک‌های داخلی و محیطی سیستم‌ها، مفاهیم سیستم‌های پیچیده (Complex) و درهم تنیده (Complicated) و چگونگی کنترل ریسک در سیستم‌های با مقیاس بزرگ

طبیعت سیستم‌های پیچیده و مدیریت غیر منتظره : مثال‌هایی از کارکرد ریسک در حوزه های متفاوت علوم، علوم اجتماعی، مهندسی و زیست محیطی

مدل‌سازی ریسک و عدم قطعیت : ریسک و تصمیم‌گیری، مدل‌های تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای، ارزش اطلاعات رقابتی، اصول رفتار منطقی، ریسک گریزی، مقدمه‌ای بر مطلوبیت، نظریه مطلوبیت چند مشخصه‌ای، مقایسه گزینه‌های ممکن و ارزش زمانی پول، مدل‌سازی ریسک و عدم قطعیت در پروژه‌ها، شبیه سازی مونت کارلو

ریسک در طراحی سیستم‌ها : منحنی‌های ریسک و تعیین سناریوهای حادثه، مدل‌سازی وابستگی در طراحی بر اساس قابلیت اطمینان، مدل‌سازی بر اساس انعطاف‌پذیری، مدل‌سازی بر اساس تغییر شکل‌پذیری، مدل‌سازی مدولار بر اساس رفتار کوانتومی

مراجــع :

1. R. de Neufville, Applied Systems Analysis: Engineering Planning and Technology Management, McGraw-Hill, 1990.
2. D. Kurowicka, R. Cooke, Uncertainty Analysis with High Dimensional Dependence Modeling, Wiley, 2006.
3. A. H. Ang, W.H. Tang, Probability Concepts in Engineering Planning and Design,Vol. 2: Decision, Risk and Reliability,Wiley, 1984.
4. R. R. McDaniel, J. D. Driebe,Uncertainty and Surprise in Complex Systems, Springer, 2005.

نظریه گراف
Graph Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هـــدف : تلفیق پایه‌های ریاضی و روش‌های تحلیلی برای مدل‌سازی شبکه‌ها به منظور طراحی و کنترل سیستم‌ها با کارکرد شبکه‌ای

شرح درس :

مفاهیم اولیه : گراف، زیر گراف، گراف‌های پیوسته و نا پیوسته، مجموعه برش، فضاهای برداری وابسته به یک گراف

گراف صفحه‌ای (Planar)، گراف ایزومورفیسم، گروه اتومورفیسم‌های یک گراف و کاربرد آن‌ها در شمارش

مدارهای اویلری و هامیلتونی ، طیف یک گراف، مسأله رنگ در گراف

نظریه شبکه‌ها، مدل‌های جریان شبکه‌ای، درخت ریشه‌ای، الگوریتم‌های کوتاه‌ترین مسیر، حداقل مسافت و حداکثر جریان در شبکه، مسأله جریان شبکه با حداقل هزینه، شبکه با پایانه‌های چندگانه ، شبکه با چند جریان

تحلیل یک مورد شبکه عملیاتی (CaseReview)، شبیه‌سازی شبکه‌ها، کاربرد نظریه گراف در تحلیل شبکه‌ها در حوزه‌های متفاوت مهندسی

مراجـع :

1. J. A. Bondy, U. S. R. Murty, Graph Theory, 2nd ed., Springer, 2022.
2. R. Grimaldi, Discrete and Combinatorial Mathematics, 5th ed., Pearson, 2003.
3. D. West, Introduction to Graph Theory, 2nd ed., Pearson, 2017.
4. R. K. Ahuja, J. B. Orlin, T.L. Magnanti, Network Flows, Legare Street Press, 2022.

شبکه‌های عصبی
Neural Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با خاستگاه، مبانی، مفاهیم، روش‌ها و برخی کاربردهای شبکه‌های عصبی

شرح درس :

انگیزه : یافته‌های زیست‌شناسی ، ساختار سلول‌های عصبی و ساختارهای ارتباطی آن‌ها، پردازش توزیع شده

پیاده‌سازی رفتارهای منطقی با مدل‌هایی از یافته‌های زیست‌شناسانه : شبکه‌های مک-لوچ-پیتز، ساختار ترکیبی و ترتیبی

یادگیری در شبکه‌های توزیع شده : قانون هب، شبکه‌ی هب (توانایی‌ها و معایب)، تعمیم قانون هب به حالات منطقی

شبکه پرسپترون : ساختار نورون، ساختار شبکه و قانون یادگیری، اثبات همگرایی روش یادگیری پرسپترون

شبکهADALINE : پیش‌بینی خطی و روش‌های محاسباتی آن (روش ویدراو- وینر- هاف)، تعمیم ساختار محاسباتی توزیع شده، قانون یادگیری، روش بیشترین شیب، روش گرادیان مزدوج

شبکه MADALINE

انواع یادگیری : با سرپرست، بدون سرپرست، امکان یادگیری بدون سرپرست با تعریف قانون برازش برای یک الگوریتم با سرپرست، مفهوم رقابت در یادگیری

شبکه کوهونن : SOM، LVQ، شبکه‌های الاستیک، حل مسائل بهینه‌سازی با شبکه‌های الاستیک

مفهوم حافظه : دقت و صحت، مصونیت در قبال نویز، ظرفیت و قابلیت بازیافت، ساختارهای شرکت‌پذیر

شبکه‌های شرکت‌پذیر: با غیر، با خود، انتشار مخالف، ظرفیت و هم‌گویی

مفهوم دور (Iteration) : شبکه‌های هاپفیلد گسسته، استفاده از همگرایی معادلات دیفرانسیل درجه‌ی اول در یادگیری شبکه، شبکه-های هاپفیلد پیوسته، حل مسائل بهینه‌سازی

خوشه‌بندی نمونه‌های جدید : نظریه تشدید وفقی، شبکه‌های ART و انواع آن

تعمیم یادگیری به بیش از یک لایه : پس انتشار خطا، روش‌های گرادیان، گشتاور، لونبرک مارک

شبکه‌های با ساختار متغیر : همبستگی متوالی، GSOM، گاز

برخی کاربردها

مراجــع :

1. L. V. Fausett, Fundamentals of Neural Networks: Architectures and Applications, Prentice Hall, 1994.
2. D. Graupe, Principles of Artificial Neural Networks, 4th ed., World Scientific Pub., 2019.
3. S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3rd ed., Prentice Hall, 2008.
4. C. C. Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning, Springer, 2019.

سیستم‌های فازی
Fuzzy Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفهوم، مجموعه‌ها، منطق و سیستم‌های فازی

شرح درس :

بررسی تاریخی : دوران پیش از تاریخ، دوران تاریخی، ابزارها، روش‌های استدلال، محاسبه و تجمع تاریخی

انتزاع : تجرید و بازنمایی آن، تجرید ایجاد مفاهیم، برقراری ارتباط بین مفاهیم انتزاعی

استدلال : بررسی ساختار زبان برای درک فرآیند ذهنی استدلال، انتزاع عملکردهای منطقی، مفاهیم سنجش شباهت و برهم نهی، منطق صوری (توانایی‌ها و کاستی‌ها)، منطق چند وضعیتی

مجموعه‌ها : نظریه مجموعه‌های CRISP، درهم رفتگی مفاهیم، مجموعه‌های فازی مرتبه اول عملگرهای مجموعه‌های فازی، اصل تمامیت منطقی و تمامیت محاسباتی، قضیه دمورگان، مجموعه‌های فازی مرتبه‌های بالاتر

منطق فازی : استدلال تعمیم یافته، استنتاج‌های تعمیم یافته gmt و gmp، رابطه فازی، مفهوم اعتقاد و چگونگی آن، سطوح استنتاج، استنتاج‌های ساده شده (ممدانی، لارسن، زاده)

پایگاه قوانین فازی : فازی‌سازی، روش‌های استنتاج مبتنی بر برهم نهی قوانین و انتشار اعتقاد، قوانین ترکیب برای استنتاج، غیرفازی-سازی

شکل‌گیری مفاهیم و افزارها : کلاس‌بندی و خوشه‌بندی، خوشه‌بندی فازی، خوشه‌بندی احتمالاتی و خوشه‌بندی امکانی، درخت‌های تصمیم

اندازه و مفاهیم‌سازی : اندازه فازی بودن، اندازه‌های فازی، انتگرال‌های فازی، برهم نهی دانش در سیستم‌های تجمعی، غیر فازی‌سازی

روش‌های کنترل فازی : تحلیل و کاستی‌ها، مکاشفه‌ای، قطعی (بررسی منطقی، مدل‌سازی)، خود سازمان‌ده، وفقی

مدل‌سازی تعاملات انسانی : تشخیص- قضاوت- تصمیم- عمل، پایگاه معرفت، حس قضاوت صحیح- تجربه- محدودیت‌ها، استنتاج قصد

مدل‌سازی فازی : روش تاکاگی- سوگنو، روش سوگنو- یاسوکاوا، روش ALM

محاسبات فازی : اعداد فازی و انواع آن، عدم قطعیت و تصادفی بودن، مفهوم فاصله، کانولوشن اعداد فازی، چهار عمل اصلی و خواص آن، فاکتوریل- سری و اعداد فازی

ریزدانگی دانش : افزایش دقت، خواص نرم‌های S و T دراین حیطه

مقایسه نظریه‌های استنتاج : تئوری احتمال، تئوری امکان، تئوری دمپستر- شافر

پیاده‌سازی سیستم‌های فازی : روش‌های نورو فازی (ANFIS)، روش‌های سخت‌افزاری، پیاده‌سازی فازی‌ساز و غیر فازی‌ساز (سطح ترانزیستور، بر پایهٔ پردازنده)

مثال‌های کاربردی : پردازش تصویر، پردازش صوت، فیلترکردن، زمان‌بندی، تخصیص منابع، مسیریابی، یادگیری، کنترل، عواطف و ...

مراجـع :

1. G. J. Klir, B. Youn, Fuzzy set and Fuzzy logic: Theory and application, Prentice Hall, 2011.
2. L. A. Zadeh, R. R. Yager, S. N. Shahbazova, M. Z. Reformat, V. Kreinovich(eds.), Recent Developments and the New Direction in Soft Computing Foundatuions and Applications, Springer, 2018.
3. H. J. Zimmerman, Fuzzy Set Theory and its Applications, 4th ed., Springer, 2001.
4. J. Yan, M. Ryan, J. Power, Using Fuzzy Logic, Prentice Hall, 1994.
5. G. Chen, T. T. Pham, Introduction To Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems, CRC Press, 2019.
6. G. Shafer, A Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press, 2020.

مدل‌سازی و شبیه‌سازی
Modeling and Simulation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** اصول کنترل مدرن

هـــدف: آشنایی با روش‌های نظام‌مند ساخت مدل‌های ریاضی در سیستم‌های دینامیکی بر اساس قوانین فیزیکی حاکم و اندازه‌گیری‌هاو ابزارهای شبیه‌سازی مربوطه

شرح درس:

مقدمه‌ای بر مدل‌سازی و شبیه‌سازی: تعاریف و انواع، کاربرد در مهندسی کنترل و سایر زمینه‌های مهندسی

اصـــول پایه مدل‌ســـازی فیزیکی: ســـیســـتم‌های الکتریکی/ مکانیکی/ هیدرولیکی، یک روش ابتدایی مدل‌ســـازی ســـیســـتم‌های چندحوزه‌ای، مکاترونیکی، اعتبارسنجی مدل‌سازی، ساده‌سازی مدل

مدل‌سازی و شـبیه‌سـازی شـی‌گرا: تعاریف مقدماتی، مدل‌سـازی بر اسـاس دیاگرام بلوکی، حلقه جبری و مشـکلات آن، سـاخت کتابخانه مدل، مدل‌سازی بر اساس معادلات، مدل‌سازی سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی، بکارگیری Modelica

مدل‌سـازی و شـبیه‌سـازی باند گراف: تعاریف اجزای بکاررفته، منابع، انواع باندها، اتصـالات سـری و موازی، علیت، تقابل علیت، استخراج معادلات فضای حالت، آشنایی با 20sim. معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره‌ای، ارتباط با مدل‌سازی

شبیه‌سازی بر اساس مدل‌سازی فیزیکی: روش‌های حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره‌ای، سیستم‌های گسسته، شبیه‌سازی در Matlab و جعبه‌ابزارهای شبیه‌سازی آن در حوزه‌های الکترونیک/ مکانیک/ هیدرولیک

آشنایی با نرم‌افزارهای شبیه‌ساز متداول

مدل‌سازی بر اساس داده، شناسایی پارامتریک بر اساس مدل‌های خطی و غیر خطی به صورت جعبه خاکستری، تخمین پارامترها، شناسایی غیرپارامتریک، تحلیل گذرا، تحلیل وابستگی و تحلیل طیف و فوریه

شناسایی بر اساس جعبه سیاه مدل‌های دینامیکی و استاتیکی، آشنایی با جعبه افزارهای شناسایی خطی در MATLAB و مقدماتی از شناسایی غیرخطی

مراجـــع:

1. L. Ljung, T. Glad, Modeling of Dynamic Systems, Prentice- Hall, 1994.
2. F. L. Severance, System Modeling and Simulation: An Introduction, Wiley, 2001.
3. D. C. Karnopp, D.L. Margolis, R.C. Rosenberg, System Dynamics: Modeling and Simulation, and Control of Mechatronic Systems, 5th ed., Wiley, 2012.
4. O. Nelles, Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, 2nd ed., Springer, 2022.

سیستم‌های پیچیده
Complex Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: معرفی مبانی نظری پیچیدگی مانند ریاضیات، محاسبات و نظریه اطلاعات و آشنایی با روش‌های مدل‌سازی دینامیک غیر خطی سیستم‌ها و شرح برخی از مدل‌های شناخته شده سیستم‌های پیچیده

شرح درس:

مقدمه: تعریف سیستم‌های پیچیده، مدل، سیستم‌های دینامیکی، نمونه‌هایی از سیستم‌های پیچیده مانند شبکه‌های عصبی، جریان ترافیک، بازارهای مالی و جوامع بشری

مفاهیم اساسی نظریه اطلاعات، پیچیدگی محاسباتی، پیچیدگی کولموگروف

سیستم‌های دینامیکی گسسته: نقشه‌های تکرار شونده، مدار، نقاط ثابت و تناوبی، تجزیه و تحلیل گرافیکی، صفحه فاز، دوشاخگی، نظریه آشوب

فرکتال

شبکه‌های پیچیده: گراف، شبکه‌های تصادفی، خوشه‌بندی

شبکه‌های بولی، شبکه کافمن و مدل‌های جهش ژنتیکی و تکامل

مدل هاپ فیلد

نظریه بازی‌ها و کاربردها

مراجــع:

1. Y. Bar-Yam, Dynamics of Complex Systems, CRC Press, 2020.
2. N. Boccara, Modeling Complex Systems, 2nd ed., Springer, 2010.
3. R. Rojas, J. Feldman, Neural Networks: A Systematic Introduction, Springer, 1996.
4. R. Devaney, An Introduction to Chaotic Dynamical Systems, 3rd ed., Chapman and Hall/CRC, 2021.
5. G. W. Flake, The Computational Beauty of Nature: Computer Exploration of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation, A Bradford Book, 2000.
6. P. Morris, Introduction to Game Theory, Springer, 1994.
7. S. Wolfram, A New Kind of Science, Wolfram Media, 2022.
8. C. Gros, Complex and Adaptive Dynamical Systems, 4th ed., Springer, 2015.
9. J. H. Miller, S. E. Page, Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life, Princeton University Press, 2007.

الکترومغناطیس پیشرفته
Advanced Electromagnetics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : شرح دقیق بسیاری از قضایای بنیادی الکترومغناطیس، روش‌های تولید حل‌های معادلات ماکسول و حل مسائل کانونیک الکترومغناطیس، موجبری و پراکندگی در دستگاه‌های مختصات مختلف

شرح درس :

قضایای بنیادی الکترومغناطیس : یکتایی، تقابل، اصل هم ارزی، القاء

توابع موج صفحه‌ای برای حل مسائل کانونیک الکترومغناطیس در دستگاه مختصات راستگوشه

توابع موج استوانه‌ای برای حل مسائل کانونیک الکترومغناطیس در دستگاه مختصات استوانه‌ای

توابع موج کروی برای حل مسائل کانونیک الکترومغناطیس در دستگاه مختصات کروی

مراجــع :

1. R. F. Harrington, Time- Harmonic Electromagnetic Fields, McGraw- Hill, 1961.
2. R. E. Collin, Field Theory of Guided Waves, IEEE Press, 1991.
3. C. A. Balanis, Advanced Engineering Electromagnetics, Wiley, 2012.
4. A. Ishimaru, Electromagnetic Wave Propagation, Radiations, and Scattering, 2nded., Wiley- IEEE Press, 2017.
5. E. I. Rothwell, M. I. Cloud, Electromagnetics, 3rded., CRC Press. 2022.
6. J. A. Strratton, Electromagnetic Theory, McGraw- Hill, 2008. Theory for Microwavs
7. K. Zhang, D. Li, Electromagnetic Theory for Microwavs and Optoelectronics, 2nded., Springer, 2007.
8. G. Tyras, Radiation and Propagation of Electromagnetic Waves, Academic Press, 2013.
9. J. A. Kong, Electromagnetic Wave Theory, 2nded., Wiley, 1990.

ریاضیات مهندسی پیشرفته
Advanced Engineering Mathematics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : ایجاد دانش قوی و روش‌های فیزیکی در مباحث ریاضیات تحلیلی و کاربردی در زمینه‌های مهندسی

شرح درس : بر اساس گرایش دانشجویان توسط کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده از مباحث زیر تعیین می‌شود.

آنالیز مختلط : توابع تحلیلی، سری‌های توانی لوران و تیلور، قضیه مانده‌ها، فرمول انتگرال کوشی و کاربردهای آن، نقاط تکین و طبقه‌بندی آن‌ها، اصل آرگومان، قضیه روشه و عدد پیچش منحنی، توابع چند مقداری، سطوح ریمانی، روش‌های محاسبه انتگرال‌های ناسره، قضیه ادامه تحلیلی و اصل انعکاس شوراتز

حساب تغییرات : روش ریلی- ریتز، اکسترمم توابع چند متغیره، کاربرد حساب تغییرات در حل عددی معادلات دیفرانسیل، مسائل اشتورم- لیوویل، مسائل مقادیر مرزی

توابع تعمیم یافته (نظریه توزیع) : تابع دلتای دیراک، توابع گرین در یک، دو، یا سه بعد، حوزه طیفی، توابع دایادی گرین، مدل‌سازی منابع الکترومغناطیسی در دستگاه‌های مختصات مختلف

نگاشت هم دیس : کاربرد در تعیین توابع گرین و خطوط انتقال، تبدیل شوارتزکریستوفل، حل مسائل دیریکه و نیومان با توابع مختلط، عبارت تغییراتی (Variational) برای امپدانس مشخصه خطوط انتقال، نظریه پتانسیل، توابع گرین برای عملگرهای ریاضی فیزیک

معادلات انتگرالی : معادلات فردهولم و ولترا، کرنل جدایی پذیر، نظریه هیلبرت- اشمیت، تکنیک وینر- هوف (Wiener- Hopf)، معادلات انتگرالی تکین

تبدیل‌های انتگرالی و کاربردها : روش تبدیل فوریه، روش تبدیل لاپلاس، روش تبدیل فوریه- بسل، تبدیل هیلبرت، روش وینر- هوف (Wiener- Hopf) در معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزیی و معادلات انتگرالی

فضاهای خطی : عملگرها، معادلات عملگری (ماتریسی، انتگرالی، دیفرانسیلی)، حل تقریبی معادلات عملگری، توابع خاص، مباحث ویژه

مراجــع :

1. H. T. Weber, G. Arfken, Mathematical Methods for Physicists, 7th ed., Academic Press, 2012.
2. D. G. Dudley, Mathematical Foundations for EM Theory, IEEE Press, 1994.
3. I. Stakgold and M. Holst, Green's Functions and Boundary Value Problems, 3rd ed., Wiley, Inc., 2011.
4. M. Masujima, Applied Mathematical Methods in Theoretical Physics, 2nd ed., Wiley, Weinheim, 2009.
5. S. I. Hayek, Advanced Mathematics in Science and Engineering, Marcel Dekker, 2001.
6. J. W. Dettman, Mathematical Methods in Physics and Engineering, Dover Pub., 1988.
7. M. Ya. Antimirov, A. Kolyshkin, R. Vaillancourt, Complex Variables, 3rded., Academic Press, 1998.
8. F. B. Hilebrand, Methods of Applied Mathematics, 2nd ed., Prentice- Hall, 1965.
9. B. Davies, Integral Transforms and Their Applications, 3rd ed., Springer, 2002.
10. I. M. Gelfand, and S. V. Fomin, Calculus of Variations, Prentice- Hall, 1963.
11. J. W. Brown and R. V. Churchill, Complex Variables and Applications, 8th ed., McGraw- Hill, 2008.
12. G. W. Hanson, and A. B. Yakovlev, Operator Theory for Electromagnetics- An Introduction, Springer, 2002.
13. D. C. Lay, Linear Algebra & Its Applications, 4th ed., pearson, 2011.
14. M. D. Greenbery, Foundation of Applied Mathematics, Dover Pub., 2013.
15. M. Kopchenova, Computational Mathematics, Mir Pub., 1975.

ریزموج۲
Microwaves II

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** ریزموج۱ و آنتن

هـــدف: معرفی انواع موجبرهای مسطح و روش‌های تعیین مشخصات و بکارگیری در تحقق فیلترها و همچین موجبرهای مسطح تزویج شده و چگونگی بکارگیری آنها در تزویج کننده‌های جهتی

شرح درس:

تحلیل انواع موجبرهای مسطح ریزموج

موجبرهای مسطح و تزویج شده و تزویج کننده‌های جهتی

فیلترهای مسطح ریزموج

مقدمه‌ای بر روش‌های اندازه‌گیری ریزموج

مراجـــع:

1. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4th ed., Wiley, 2012.
2. R. E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2001.
3. R. K. Hoffman, Handbook of Microwave Integrated Circuits, Artech, 1985.

آنتن ۲
Antennas 2

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: - **همنیاز:** ریزموج ۱ (و آنتن)

هدف: ایجاد دانش و روش‌های قوی برای تحلیل و طراحی آنتن‌های پیشرفته و آرایه‌ها

شرح درس:

یادآوری پارامترهای آنتن: الگوی تابشی، بردار تابش، بردار طول مؤثر، میدان‌های نزدیک و دور، قطبی شدگی، ...

مرور قضایا: هم پاسخی، هم ارزی، دوگانی، القا (Induction)، حل معادلات ماکسول، نمایش میدان، نمایش استراتون- چو، شرط تابش سامرفلد، تقریب راه دور

آنتن‌های سیمی: معادلات انتگرالی هلن و پوکلینگتون، معادله انتگرالی با هر دو پتانسیل (MPIE)، روش گشتاور (MOM)،توابع پایه، توابع وزنی، امپدانس ورودی آنتن‌های استوانه‌ای، روش وردشی (Variational) برای Z_{in}، روش EMF، تقریب سیم نازک، تکینی در مسائل تابش، امپدانس خودی و متقابل، آنتن حلقه‌ای، آنتن مارپیچی، آنتن دو مخروطی، آنتن‌های خود مکمل، آنتن‌های دوره‌ای لگاریتمی (LPDA)، آنتن‌های پهن باند

آرایه‌ها: آرایه‌های خطی و صفحه‌ای، تحلیل آرایه‌ای، طراحی آرایه‌ای، طراحی تیلور، مسئله نیم فضای سامرفلد

آنتن‌های روزنه‌ای: تابش از روزنه‌ها درصفحه زمین، آنتن‌های شیپوری، مرز فاز، تابش از موجبرهای شیاردار، آنتن‌های بازتابی، آنتن‌های سهمی گونه، تغذیه کاسگرین و گریگوریان، آنتن‌های ریز نواری (Microstrip)، روش‌های نور هندسی و نور فیزیکی، آنتن‌های عدسی (لنز)، آنتن‌های مخابرات بی‌سیم

مباحث ویژه: آنتن‌های فرکتالی، آنتن‌های وفقی (Adaptive)، آنتن‌ها برای کاربردهای خاص

مراجع:

1. C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 4th ed., Wiley, 2016.
2. R. S. Elliott, Anenna Theory and Design, 2nd ed., Prentice- Hall, 1981.
3. R. E. Collin and F. J. Zucker, (eds): Antenna Theory, McGraw- Hill, 1969.
4. W. L. Stutzman, G. A. Thiele, Antenna Theory and Design, 3rd ed.,Wiley, 2012.
5. R. E. Collin, Antennas and Radiowave Propagation, McGraw- Hill, 1985.

روش‌های عددی در الکترومغناطیس
Numerical Techniques in Electromagnetics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** میدان و امواج

هــدف : آشنایی با روش‌های عددی در حل مسائل میدان‌های الکترومغناطیسی براساس معادلات دیفرانسیل ماکسول حوزه زمان و فرکانس یا معادلات انتگرال

شرح درس :

روش‌های تفاضل محدود (FD) : فرمول‌های تفاضل محدودمختلف وپیاده‌سازی آنها برای حل معادلات دیفرانسیل مشتقات جزئی سهموی، هذلولوی و بیضوی، دقت و پایداری حل‌های تفاضل محدود (روش فون‌نیومن)، پیاده‌سازی روش تفاضل محدود در حل مسائل عملی: ساختارهای موجبری، مسائل پراکندگی، روش تفاضل محدود حوزه زمان FDTD، شرایط مرزی جاذب و PML، روش‌های انتگرال‌گیری عددی

روش‌های وردشی : فرم‌های ضعیف، فانکشنال معادل،روش ریلی- ریتز، روش‌های باقیمانده‌های وزن‌دار

روش‌های گشتاور (MoM) : زمینه‌های ریاضی،کاربرد درحل مسائل الکترو استاتیک،اعمال به معادلات انتگرالی (IE)، میدان‌های **متغیر با زمان :** آنتن‌های سیمی، ...

روش‌های اجزاء محدود (FEM) : معرفی اصول کلی، کاربرد درحل مسائل الکترو استاتیک و ...

روش‌های حوزه طیف برای بیان‌های توابع گرین : سری تصاویرحقیقی، حل مودال، سری تصاویر مختلط، روش پرونی

روش‌های تسریع همگرایی سری‌ها : تبدیل پواسان، تبدیل کامر، تبدیل شنکس، روش بسط به توابع نمایی

مراجــع :

1. M. N. O. Sadiku, Numerical Techniques in Electromagnetics, 3rded., CRC Press, 2015.
2. J. N. Reddy, An Introduction to Finite Element Method, 4thed., McGraw Hill, 2019.
3. R. F. Harrington, Field Computation by Moment Methods, IEEE Press, 1993.
4. T. Itoh, Numerical Techniques for Microwave and Millimeter Wave Passive Structures, Wiley, 1989.
5. A. Elsherbeni, V. Demir,The FDTD Method for Electromagnetics with MATLAB Simulations, Sci Tech Pub Inc., 2009.
6. A. Taflove, Computational Electrodynamics, The FDTD Method, 2nded., Artech, 2000.
7. D. S. Jones, Methods in Electromagnetic Wave Propagation, IEEE Press, 1995.
8. S.N. Makarov, Antenna and EM Modeling with MATLAB, Wiley-Interscience, 2002.
9. W.C. Gibson, The Method of Moments in Electromagnetics, W.C. Gibson, 2008, Chapman & Hall/CRC
10. D.B. Davidson, Computational Electromagnetics for RF and Microwave Engineering, 2nd Ed., Cambridge University Press, 2005.

مدارهای فعال ریزموج
Active Microwave Circuits

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** ریزموج و آنتن

هــدف : معرفی روش‌های مختلف تحلیل و طراحی مدارهای فعال

شرح درس :

پارامترهای پراکندگی و پارامترهای پراکندگی تعمیم یافته

نویز در مدارهای دو دروازه

تحلیل و طراحی انواع تقویت کننده‌های سیگنال کوچک ریزموج

تحلیل و طراحی انواع تقویت کننده‌های توان ریزموج

تحلیل و طراحی نوسان‌سازهای ریزموج

تحلیل و طراحی میکسرهای ریزموج

مراجــع :

1. G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design, 2nd ed., Pearson Education, 1996.
2. G. D. Vendelin, A. M. Pavio, U. L. Rohde, M. Rdulph, Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques, 3rd ed., Wiley, 2021.
3. S. A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits. 2nd ed., Artech, 2003.
4. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4th ed., wiley, 2012.
5. R. E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2001.

سازگاری الکترومغناطیسی
Electromagnetic Compatibility (EMC)

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : ایجاد دانش شناخت واستاندردهای طراحی سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی سازگار از نظر الکترومغناطیسی

شرح درس :

مقدمه : سازوکار تابش، تعریف عناصر مداری، KVL و KCL از دیدگاه میدان، خطوط انتقال، تحلیل حالت گذرا در خطوط، پاسخ پله، تأخیر در خطوط، اثر پوستی در خطوط انتقال، برگشت سنجی در حوزه زمان (TDR)، Signal Integrity

طیف الکترومغناطیسی : طیف سیگنال، شکل موج ذوذنقه‌ای، زمان فراز و فرود، تأثیر نرخ تکرار و Duty Cycle، سیگنال‌های غیر متناوب

محدودیت قوانین کیرشف : مدارهای تزویج شده، رفتار غیر ایده‌آلی اجزای مدار، امپدانس داخلی در فرکانس‌های کم و زیاد، اندوکتانس خودی و متقابل دو مدار، مقاومت تابشی یک مدار تخت، مواد فرومغناطیس، افزاره‌های الکترومکانیکی و قوس‌زنی کلیدها

آنتن‌های و سازوکار تابش : دو قطبی هرتز، میدان ناحیه دور و نزدیک، تابش از یک حلقه، آنتن‌های پهن باند، آنتن‌های روزنه‌ای، گیرندگی/ فرستندگی

الزامات EMC : گسیل تابش، افزاره‌های دیجیتالی طبقه A و B، جریان مدهای مشترک و تفاضلی، کاوشگرهای (Probes) جریان

مصونیت تابشی : کابل‌های حفاظ شده، گسیل هدایتی و حساسیت، صافی‌های منابع تغذیه، مصونیت رسانشی

تحلیل شبه‌های : طیف سنج‌ها، کابل‌بندی، ترویج خازنی و سلفی، تزویج تابشی، تداخل صحبت، حفاظ‌سازی در مقابل تابش امواج الکترومغناطیسی، ضریب تأثیر حفاظ‌سازی (SE)، بازتابش و عبور از رساناها، روزنه‌ها و تأثیر آن‌ها

طراحی سیستم برای EMC : صفحات مدار چاپی، مدارهای منطقی، منابع نویز داخلی، تابش

تخلیه الکترواستاتیکی : شکست عایق‌ها، ایجاد بار استاتیکی، مدل‌های بدن انسان، تخلیه استاتیکی

استانداردهای EMC: آشنایی با استانداردهای تجاری نظیر سری IEC-61000-X-X ، پزشکی، نظامی نظیر MIL-STD-461 و فضایی نظیر سری ECSS

مراجــع :

1. C. R. Paul, R. C. Scully, M. A. Steffka, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 3rd ed., Wiley, 2022.
2. D. L. Sengupta, V. V. Liepa, Applied Electromagnetics and Electromagnetic Compatibility, Wiley, 2005.
3. T. Williams, EMC for Product Designers, 5th ed., Newnes, 2016.

پراکندگی امواج
Scattering of Waves

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترومغناطیس پیشرفته　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با روش‌های تحلیلی محاسبه پراکندگی از اجسام ساده و محیط‌های تصادفی و کاربردهای آن‌ها

شرح درس :

توابع گرین دایادی محیط‌های چند لایه

شرط مرزی تعمیم یافته (Ewald- Oseen Extinction Theorem/ Extended Boundary Condition)

پراکندگی از صفحات متناوب (تئوری فلوکه)

پراکندگی از صفحات ناهموار (روش انحراف جزیی و روش‌های نور هندسی و فیزیکی)

تقریب بورن (Born)

تقریب پراکندگی همدوس (Coherent Single Scattering Theory)

آشنایی با رادار دهانه ترکیبی

مراجــع :

1. J. A. Kong, Electromagnetic Wave Theory, EMW, 2000.
2. L. Tsang, J. A. Kong , K-H Ding, Scattering of Electromagnetic Waves: Theories and Applications, Wiley, 2001.
3. A. Ishimaru, Wave Propagation and Scattering in Random Media, Academic Press, 2003.

دایادهای گرین در الکترومغناطیس
Dyadic Green Functions in EM Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترومغناطیس پیشرفته **همنیـــــاز :** -

هـــدف : ایجاد دانشی قوی در نظریه و مسائل مختلف الکترومغناطیس و آنتن‌ها به شکل دادیای

شرح درس :

یادآوری قضایا و روابط الکترومغناطیس : تحلیل دایادی، تبدیل فوریه و هنکل، توابع عددی گرین در یک، دو، و سه بعد، روش‌های متعارف و روش ریله-ریتس

توابع دایادی گرین : معادلات ماکسول به شکل دایادی، دایاد گرین فضای آزاد، گروه‌بندی توابع دایادی گرین، هم پاسخی، دایاد گرین برای مساله نیم فضا

موجبرهای مستطیلی : توابع موج‌برداری مستطیلی، روش‌هایGm، Ge وGA، موجبرها با دو عایق، موجبر با صفحات موازی، تکینی Ge، تکینی در ناحیه منبع

موجبرها و ساختارهای استوانه‌ای : توابع موج‌برداری استوانه‌ای، بسط توابع گرین بر حسب توابع ویژه، استوانه رسانا، استوانه عایقی و با پوشش، عبارات مجانبی، گوه رسانا ونیم صفحه، تابش از دو قطبی الکتریکی ومغناطیسی در حضور نیم صفحه

موجبرها و ساختارهای کروی : کره و مخروط رسانا، کره رسانا و عایق، حفره کروی

محیط تخت لایه‌بندی شده : دایادهای گرین برای محیط چند لایه، هم پاسخی در محیط‌های چند لایه

محیط‌های ناهمگن : توابع موج‌برداری برای محیط‌های چند لایه، توابع موج‌برداری برای محیط‌های چند لایه کروی، لنزهای کروی ناهمگن

مباحث ویژه : مباحث ویژه در موضوع‌های روز مرتبط با توابع دایادی گرین

مراجـع :

1. C. T. Tai; Dyadic Green Functions in Electromagnetic Theory, 2nd ed., IEEE Press, 1994.
2. R. E. Collin, Field Theory of Guided Waves, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 1991.
3. C. T. Tai, Generalized Vector and Dyadic Analysis, Oxford University Press, 1996.
4. J. A. Kong, Electromagnetic Wave Theory, EMW Pub., 2000.
5. A. Ishimaru, Electromagnetic Wave Propagation, Radiations, and Scattering, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2017.

جنگ الکترونیک
Electronic Warfare

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** مخابرات دیجیتال

هــدف: آشنایی با مفهوم، ابزارها و سیستم‌ها در جنگ الکترونیک

شرح درس:

مقدمه‌ای بر جنگ الکترونیک (EW) : تعریف جنگ الکترونیک، تقسیم بندی متعارف، تقسیم‌بندی امروزی – جایگاه، ساختار سیستم‌های دفاعی، سیستم‌های موشکی، سیستم‌های رادار، آرایه فازی

سیستم‌های پشتیبانی جنگ الکترونیک (ES) : مقدمه، آنتن، گیرنده‌های ES، گیرنده کریستال ویدئو، گیرنده IFM، گیرنده TRF، گیرنده سوپرهترودواین، گیرنده کانالیزه، گیرنده فشرده‌ساز، گیرنده صوتی نوری، گیرنده دیجیتال، جستجو، محاسبات POI، پردازش‌های ES، اندازه‌گیری پارامترها،Deinter Leaving، اندازه‌گیری مشخصات مرور آنتن، شناسایی تهدید، روش‌های اندازه‌گیری زاویه ورود، آنتن جهتی،Wattsin & Watt، مقایسه دامنه، تداخل سنجی، اندازه‌گیری بر مبنای داپلر، اندازه‌گیری بر مبنای زمان، روش‌های محل‌یابی گسیل‌گر، صحت محل‌یابی، FDOA، TDOA

سیستم‌های حمله الکترونیکی on-board و محافظت الکترونیکی (EP) در مقابل آن‌ها : انواع مأموریت‌ها در حمله الکترونیکی (EA)، اختلال، معادلات اختلال، نویز نقطه‌ای و نویز رگ‌باری، ملاحظات عملی تولید اختلال، EPLook through در مقابل تکنیک‌های نویز،CFAR، ULSA، Strobing،SLB و SLC،TOJ، پوشاندن گلبرگ جانبی، بهره زیاد آنتن (پهنای پرتو کم)، آنتن‌های چند پرتوی، AFS، چابکی فرکانسی، جلوگیری از اشباع گیرنده، STC، Burn through، پردازش همدوس و پردازش داپلر، فشرده‌سازی پالس، دروازه گذاری، رادارهای متعدد، TV یا لیزر، رادار LPI، اختلال با استفاده از CW باند باریک قوی، EP در مقابل اختلال CW، گیرنده FTC، PWD، اختلال با استفاده از نویز یا CW جاروب شده و نویز ضربه‌ای، EP در مقابل نویز یا CW جاروب شده و نویز ضربه‌ای،برد پویایی بالا، Hard Limiter، Dicke Fix، نویز گیت شده یا نویز زیرک، EP در مقابل نویز گیت شده، اختلال فریب، ملاحظات عملی تولید اختلال فریب، VCD، DDS، DRFM، معادلات اختلال فریب،اختلال فریب علیه رادار جستجو (تولید اهداف دروغین)، تکنیک‌های EP در مقابل اهداف دروغین،اختلال فریب علیه رادار ردگیری، RGPO، تکنیک‌های EP در مقابل RGPO،ARGPO،RGPI، تکنیک‌های EP در مقابل RGPI، مدر دوگان، فریب سرعت یا VGPO،EP در مقابل VGPO، AVGPO، فریب AGC یا شمارش وارون و روش‌های مقابله، روش‌های فریب زاویه، تکنیک بهره وارون و روش مقابله،اختلال قطبش وارون و روش مقابله،اختلال کناره و روش مقابله،اختلال باند تصویر و روش مقابله، اختلال زاویه‌ای ناهمدوس،اختلال شکل دهی،اختلال چشمک زنی، اختلال زاویه‌ای همدوس،اختلال چشم وارون، پس زدن از زمین

سیستم‌های حمله الکترونیکی و محافظت الکترونیکی در مقابل آن‌ها : چف، مشخصات و انواع آنها، تکنیک‌های مقابله با چف، دام (decoy) و انواع آن، تکنیک‌های مقابله با دام

مراجـع:

1. D. C. Schieher, Electronic Warfare in the Information Age, Artech, 1999.
2. D. L. Adamy, EW101: A First Course in Electronic Warfare, Artech, 2001.
3. F. Neri, Introduction to Electronic Defense Systems, 3rd ed., Artech, 2018.

سنجش از دور
Remote Sensing

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : الکترومغناطیس پیشرفته **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با رادار تصویربرداری پلاریمتری و کاربردهای آن

شرح درس :

قطبش موج

ماتریس پراکندگی

پاسخ/ امضاء قطبش (Polarization Signature)

مدل پراکندگی برای هدف‌های نقطه‌ای (PointTargets) و گسترده (Distributed Targets)

رادار دهانه ترکیبی

مراجـع :

1. J. A. Richard, Remote Sensing with Imaging Radar (Signals and Communication Technology), Springer, 2009.
2. F. T. Ulaby, C. Elachi, Radar Polarimetry for Geoscience Applications, Artech, 1990.
3. M. Soumekh, Synthetic Aperture Radar Signal Processing with MATLAB Algorithms, Wiley, 1999.

فناوری تراهرتز
Terahertz Technology

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** ریزموج ۱

هـــدف: آشنایی با خصوصیات و رفتار فرکانسی منحصر بفرد، انواع روش‌های تولید و آشکارسازی، خصوصیات انتشاری، همچنین بر هم کنش ماده و موج در باند تراهرتز

شرح درس:

معرفی: توصیف، کاربردهای اصلی

مولدهای تراهرتز: تکنیک‌های اپتیکی، تکنیک‌های الکترونیکی

آشکارسازهای تراهرتز: بر پایه تکنیک‌های اپتیکی، برپایه تکنیک‌های الکترونیکی

بر همکنش موج تراهرتز و ماده: جذب امواج، اثرات تشدیدی

مدل‌های حاکم بر تابع دی الکتریک

عناصر غیر فعال: آنتن، موجبر، فیلتر، ...

تکنیک‌های اندازه‌گیری: طیف سنجی در حوزه زمان و فرکانس

کاربردها: طیف سنجی، تصویربرداری، حسگرهای بیولوژی، ...

مراجـــع:

1. Y. S. Lee, Principles of Terahertz, Science and Technology, Springer, 2009.
2. E. Brundermann, H.W. Hubers, M. F Kimmitt, Terahertz Techniques, Springer, 2012.
3. K. Sakai(ed.), Terahertz Optoelectronics, Springer, 2006.
4. X.-C. Zhang , J. Xu, Introduction to THz Wave Photonics, Springer, 2010.
5. D. L. Woolard, W. R. Loerop, and M. S. Shur (eds), Terahertz Sensing TechnologyWorld Scientific, 2004.

آنتن آرایه‌ای ریزنواری
Microstrip Array Antenna

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** آنتن۲

هــدف : آشنایی با طراحی و تحلیل آنتن آرایه و آرایه فازی ریزنواری خطی و صفحه‌ای

شرح درس :

یادآوری آرایه خطی و صفحه‌ای و روش‌های سنتز (Synthesis) آرایه

یادآوری معادلات خطوط و آنتن ریزنواری

طراحی آرایه آنتن ریزنواری مستطیلی تغذیه شده بصورت سازمانی، سری و گوشه

اثرات خطوط انتقال و امواج سطحی در تشعشع آنتن

بررسی قطبش متعامد و سطح گلبرک کناری

آرایه فازی خطی و صفحه‌ای آنتن ریزنواری مستطیلی شامل پهن شدگی پرتو، تزویج متقابل و انحراف پرتو

دیاگرام grating lobe

امپدانس و الگوی عنصر فعال و رابطه بین این دو بر حسب پارامترهای پراکندگی

مفهوم مد فلوکه و تحلیل مد فلوکه آرایه بی نهایت

دیاگرام دایره‌های مد فلوکه در چیدمان مستطیلی و مثلثی

اثر کوری روبش (Scan blindness) و دیاگرام دایره امواج سطحی

روش تحلیل حوزه طیفی و طراحی آرایه فازی آنتن ریزنواری مستطیلی نا محدود و محدود

شبیه‌ساز موجبری

تغییر دهنده‌های فاز

آرایه با چندپرتو، شبکه‌های شکل‌دهی پرتو (BFN)، ماتریس باتلر، ماتریس بلاس، لنز راتمن و شبکه‌های دیجیتالی شکل‌دهی پرتو

طراحی آرایه انعکاسی آنتن ریزنوار

مراجــع :

1. R. C. Hansen, Phased Array Antennas, 2nded., Wiley, 2009.
2. H. J. Visser, Array and Phased Array Antenna Basics, Wiley, 2008.
3. R J. Mailloux, Phased Array Antenna Handbook, 3rd ed., Artech, 2022.
4. A. K. Bhattacharyya, Phased Array Antennas, Wiley, 2008
5. D. M. Pozar, D. H. Schaubert, Microstrip Antennas, The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, Wiley India, 2016.
6. J.R. James, P.S. Hall, Hand book of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus, 1989.
7. R. B. Waterhouse, Microstrip Patch Antennas: A Designer's Guide, Springer, 2013.
8. P. Nayeri, F. Yang, A. Z. Elsherbeni, Reflectarray Antennas: Theory, Design, and Applications, Wiley-IEEE Press, 2018.

روش‌های مجانبی در الکترومغناطیس
Asymptotic Techniques in Electromagnetics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: الکترو مغناطیس پیشرفته **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با روش فاز مانا و مسیر بیشترین شیب برای تحلیل مسائل الکترومغناطیسی شامل انتگرال توابع نوسانی

شرح درس:

امواج در محیط‌های چند لایه

نمایش طیفی منابع

روش فاز مانا (Stationary Phase) و مسیر بیشترین شیب (Steepest Descent Path)

گشتاور دوقطبی بالای نیم فضا

روش WKB

تئوری نور فیزیکی و هندسی

حل دقیق و مجانبی پراکندگی از گوه

مراجــع:

1. W. C. Chew, Waves and Fields in Inhomogeneous Media, Wiley-IEEE Press, 1999.
2. D. A. McNamara, C. W. I. Pistotius, J. A. G. Malherbe, Introduction to the Uniform Geometrical Theory of Diffraction, Artech, 1990.
3. P. Y. Ufimtsev, Fundamentals of the Physical Theory of Diffraction, 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2014.

فرا مواد
Metamaterials

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** ریزموج ۱

هــدف: آشنایی با کاربرد فرا مواد در طراحی افزاره‌ها و سیستم‌های ریزموج

شرح درس:

مقدمه: تعریف فرا ماده، انواع مختلف فرا ماده، مدل‌های لرنتز و درود برای تحلیل فرا مواد

مفاهیم بنیادی فرا ماده: انتشار امواج، قانون علیت و شرط برقراری، پراکندگی امواج از یک اسلب، ضریب شکست منفی، جبران‌سازی فاز، لنزهای مسطح با استفاده از فرا مواد، ضریب شکست صفر

طراحی و تحلیل فرا مواد: تحقق با گذردهی منفی، تحقق با نفوذپذیری منفی، مدل مداری انواع مختلف فرا مواد

استخراج مشخصات الکترومغناطیس فرا مواد: روش عددی، روش اندازه‌گیری فضای آزاد، روش موجبری، روش اندازه‌گیری استریپ لاین

کاربردها: تحقق موجبرها و نوسان کننده‌های کسر طول موج، کاربرد فرا ماده در آنتن‌ها، سنسورهای حساس میدان نزدیک، نامریی‌سازی

فرا مواد پیشرفته: فرا ماده نوری، تحقق فرا مواد در باند تراهرتز، فرا مواد فعال

مراجـع:

1. N. Engheta, R. W. Ziolkowski, Electromagnetic Metamaterials: Physics and Engineering Aspects, Wiley, 2006.
2. T. J. Cui, D. R. Smith, R. Liu(eds.), Metamaterials: Theory, Design, and Applications, 2nd ed., Springer, 2010.
3. C. Caloz, T. Itoh, Electromagnetic Metamaterials : Transmission Line Theory and Microwave Applications, Wiley-IEEE Press, 2008.
4. Recent Papers in the Area.

آنتن‌های مدار چاپی
Printed Circuit Antennas

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** آنتن۲

هــدف: آشنایی، تحلیل و طراحی انواع آنتن‌های مدار چاپی

شرح درس:

مقدمه‌ای بر آنتن‌های مدار چاپی

تحلیل آنتن قطعه ریزنواری مستطیلی تغذیه شده با کابل هم محور یا خط میکرواستریپ توسط روش مدل خط انتقال

تحلیل آنتن قطعه ریزنواری مستطیلی و دایروی توسط روش مدل محفظه

بررسی تشعشع از مدل‌های مختلف

روش‌های مختلف تغذیه : کابل هم محور، پروب L ، پروب خازنی، خط ریزنوار، درون نهاد (Inset Fed)، تزویج نزدیک (Proximity Coupled)، تزویج روزنه

روش‌های افزایش پهنای باند آنتن ریزنواری

امواج سطحی (ایجاد شده در سطح دی الکتریک زمین شده) و اثرات آن در آنتن ریزنواری

معرفی فرامواد -DGS-EBG- سطوح امپدانس بالا و کاربردهای آن (حذف امواج سطحی، افزایش بهره، ...)

آنتن‌های مدار چاپی مختلف : روزنه، موجبر هم صفحه، تک قطبی

آنتن‌های مدار چاپی فراپهن باند (UWB) : اهمیت آنتن‌های UWB، اصول طراحی آنتن جهت پوشش UWB، تاخیر گروهی، ضریب باز تولید (Fidelity Factor)

روش‌های ایجاد باند اضافه یا حذف باند

روش‌های ایجاد قطبی شدگی دو گانه و دایروی در آنتن‌های مدار چاپی

آنتن‌های مدار چاپی با قابلیت باز پیکربندی (فرکانس، باند، قطبی شدگی، پرتو)

آرایه آنتن مدار چاپی

مراجــع:

1. D. M. Pozar, D. H. Schaubert, Microstrip Antennas, the Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays, Wiley India, 2016.
2. J. R. James, P. S. Hall, Handbook of Microstrip Antennas, Peter Peregrinus, 1989.
3. R. B. Waterhouse, Microstrip Patch Antennas: A Designer's Guide, Springer, 2013.
4. G. Kumar, K. P. Ray, Broadband Microstrip Antennas, Artech, 2003.
5. P. Bhartia, K.V.S. Rao, R. S. Tomar, Millimeter-Wave Microstrip and Printed Circuit Antennas, Artech, 1991.

فوتونیک
Photonics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: الکترومغناطیس **همنیـــــاز:** مکانیک کوانتومی

هــدف: آشنایی با فناوری تولید و بهره‌برداری از نور شامل انتشار نور، انتقال، تقویت و آشکارسازی توسط اجرای نوری، لیزر و دیگر منابع نوری، فیبر نوری

شــرح درس:

مقدمه

نظریه اشعه‌ای نور، موجی نور، الکترومغناطیسی نور و کوانتومی نور

پلاریزاسیون نور و پذیرفتاری غیر خطی

مشددهای نوری و آینه‌های مسطح و کروی

اثر متقابل تابش و سیستم‌های اتمی

نوسان لیزری، سیستم‌های لیزری خاص، و معادلات نرخ حامل و فوتون

روش‌های ایجاد پالس لیزر

اثرات الکترو اپتیک و ادوات الکترو اپتکی

آکوستو اپتیکی

اپتیک غیر خطی و ادوات مربوطه

مخابرات فیبر نوری

منابع و تقویت کننده‌های نوری نیمه‌هادی

آشکارسازهای نوری

موجبرهای نوری

مدها و پاشش در فیبرهای نوری

مراجــع:

1. C. C. Davis, Lasers and Electro- Optics: Fundamentals and Engineering, 2nd ed., Cambridge University Press, 2014.
2. J. T. Verdeyen, Laser Electronics, 3rd ed., Prentice Hall, 1995.
3. H. A. Haus, Waves and Fields in Optoelectronics, Prentice Hall, 1983.
4. E. Hecht, Optics, 5th ed., Pearson, 2015.
5. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2007.
6. B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3rd ed., Wiley, 2019.
7. K. Lizuka, Elements of Photonics Vol. II, Wiley, 2002.
8. J- M Liu, Photonics, Cambridge University Press, 2016.

موجبرهای نوری
Optical Waveguides

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** میدان و امواج

هــدف : ارائه مفاهیم پایه در خصوص ساختار و تحلیل هدایت امواج از طریق موجبرهای نوری وآشنایی با کاربرد ها در صنعت اپتیک و فوتونیک

شــرح درس :

مقدمه: مروری بر نظریه‌های مختلف نورشناسی با تأکید بر اصول نظریهٔ نور موجی الکترومغناطیسی

تئوری موجی موجبرهای نوری: ساختار کلی موجبرهای نوری، تشکیل مودهای هدایت‌شونده، معادلات ماکسول، توان انتشاری و بردار پوینتینگ

موجبرهای نوری صفحه‌ای: موجبرهای نوری تیغه‌ای (معادلات اساسی، معادلات پاشیدگی برای مودهای TE و TM، ثابت انتشار، توزیع میدان الکتریکی، موجبرهای نوری مستطیلی (معادلات اساسی، معادلات پاشیدگی، روش Kumar، روش ضریب شکست مؤثر)، میدان‌های تابشی از موجبرها، موجبرهای تداخلی چندمودی (MMI)

فیبرهای نوری: ساختار کلی و معرفی انواع فیبرهای نوری، معادلات اساسی، تئوری موجی فیبرهای SIN، معادلات پاشیدگی و مودهای هدایت‌شونده در فیبرهای SIN، تئوری موجی فیبرهای GIN، رابطهٔ پاشیدگی و ظرفیت انتقال در فیبرهای نوری، فیبرهای نوری با جبران پاشیدگی (DCF)، فیبرهای بلور فوتونیکی (PCF)

تئوری **مودهای تزویج‌شده (CM):** استخراج معادلات تزویج مود، تزویج‌گرهای هم‌راستا و غیرهم‌راستا، افزاره‌های موجبر نوری مبتنی بر تزویج‌گرها، توری براگ فیبری (FBG)

اثرات غیرخطی در فیبرهای نوری: اثر نوری کِر (Kerr)، مدولاسیون فاز خودی (SPM)، معادلهٔ غیرخطی شرودینگر، سالیتون‌های نوری، پالس‌های نوری فشرده‌شده و فوق سریع، پراکندگی رامان، پراکندگی بریلوئین، تقویت‌کننده‌های EDFA، پدیدهٔ اختلاط چهار موج (FWM)

مروری بر مباحث تکمیلی: تحلیل موجبرها به روش اجزاء محدود (FEM)، تحلیل موجبرها به روش انتشار باریکه (BPM)، تحلیل موجبرها به روش توالی پلکانی (SCM)

مراجــع :

1. K. Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, 3rd ed., Academic Press, 2021.
2. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3rd ed., Wiley, 2019.
3. L. Ibbotson, The Fundamentals of Signal Transmission, In Line, Waveguide, Fiber and Free Space, Elsevier, 1999
4. M. Bass et al., OSA-Handbook of Optics Vol. I-V, 3rd Ed., McGraw Hill, 2009.
5. K. Lizuka, Elements of Photonics Vol. II (For Fiber and Integrated Optics), Wiley, 2002.
6. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light, 2nd ed., Princeton University Press, 2008.

سیستم‌های مخابرات نوری
Optical Communication systems

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز : ریزموج و آنتن**

هدف: آشنایی با مبانی و فناوری فیبر نوری در سیستم‌های مخابراتی مدرن و پیوندها و شبکه‌های نوری

شرح درس :

بررسی سیستم‌های مخابراتی : انواع سیستم‌های مخابراتی، سیستم‌های مخابراتی نوری WDM/DWDM

فیبر نوری : بررسی موجی و هندسی فیبرهای نوری ضریب پله ای و تدریجی و تک مودی، فیبرهای نوری بلور فوتونی، روش‌های تهیه فیبر نوری و کابل کردن آنها

مشدد ها و فیلتر های نوری: فابری-پرو، حلقه ای (Ring Resonators)، توری براگ

موجبرهای نوری: موجبر نواری Rib/Ridge، مدهای TE/TM، ضریب شکست موثر مد، Index/Gain Guiding، ضریب تحدید نوری، موجبرهای نوری مجتمع مبتنی بر فناوری SOI

منابع نور : دیود نورگسیل (LED)، دیود لیزری (LD)، ساختارهای همگون تکی (Homo structure)، ساختار ناهمگون دوتائی (Hetro structure)، لیزر نوری تک مد DBR/DFB، لیزر نیم‌رسانای تک مد با طول موج قابل تنظیم

مدولاتورهای نوری : الکتروجذبی، الکترو اپتیکی، آکوستو اپتیکی، ماخ-زندر

تقویت کننده‌های نوری : نیمه‌هادی(SOA)، رامان و فیبری ناخالص شده با عناصر نادر خاکی (Erbium)

تحریک و اتصال فیبرها : تلفات و راندمان کوپلاژ نور منابع نیم‌رسانا به فیبرهای با ضریب شکست پله‌ای و تدریجی، انواع اتصالات دو فیبر، تلفات و راندمان کوپلاژ فیبر به فیبر ناشی از اتصال ناهم‌راستا یا تفاوت فیبرها

آشکارسازهای نوری : آشکارسازهای PN، PIN، و APD نوری، عرض باند و سرعت پاسخ دهی آشکارسازهای نوری، مشخصات گیرنده‌های آنالوگ و دیجیتال نوری، رابطه‌ی BER و S/N در گیرنده‌های نوری، حساسیت گیرنده

مدارهای مجتمع نوری: فوتونیک(PIC/OEIC) مبتنی بر فناوری SOI، فوتونیک مبتنی بر فناوریHeterogeneous III-V/Si

طراحی یک پیونده‌ی نوری (Optical Link) : طراحی پیونده نوری در حالت غلبه‌ی تلفات، بودجه قدرت پیونده، طراحی پیونده نوری در حالت غلبه پاشندگی، بودجه زمان صعود پیونده

آشنائی با سیستم‌های مخابرات نوری : مروری کوتاه بر سیستم‌های PDH ، SDHSonet، WDM، DWDM ، CWDM، SDM

سیستمهای مخابرات نوری ماهواره ای: مقدمه ای بر سیستمهای مخابرات نوری FSO و ارتباطات نوری بی سیم فضایی، چالش های پیوندهای نوری فضایی، انتشار نور با در نظر گرفتن اغتشاشات جوی، پیوندهای نوری بین ماهواره ای (LEO-GEO)

مراجـــع :

1. G. Keiser, Optical Fiber Communications, 3rd ed., McGraw Hill, 2000.
2. M. Cvijetic, I. B. Djordjevic, Advanced Optical Communication Systems and Networks, Artech, 2012.
3. J. M. Senior, Optical Fiber Communications, 2nd ed., Prentice Hall, 1992.
4. G. P. Agrawal, Fiber Optics Communication Systems, 2nd ed., Wiley, 2021.
5. I. Kaminow, T. Li, A. E. Willner(eds.), Optical Fiber Telecommunications: Components and Subsystems, 5th ed., Academic Press, 2008.
6. G. P. Agrawal, Lightwave Technology: Components and Devices, Wiley, 2004.
7. L. Chrostowski, M. Hochberg, Silicon Photonics Design: From Devices to Systems, Cambridge University Press, 2015.

لیـــزر
Laser

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : معرفی اصول اساسی ایجاد نور لیزر آشنایی انواع مختلف لیزرها و کاربردهای آن

شرح درس :

مفاهیم اولیه: فرآیند جذب و گسیل نور در محیط لیزر و مدهای نوری، خواص و مشخصات نور لیزر، تأثیر متقابل نور و ماده، پمپ کردن نور، تشدید کننده‌های نوری (Optical Resonators)، نظریه کوانتومی سیستم اتمی، رفتار موج پیوسته پالسی لیزر

انواع لیزرها: گازی، حالت جامد و رنگی، پالسی، با قفل مد، توان بالا، آرایه ای، نیم‌رسانای مخابراتی تک مود مبتنی بر توری براگ (DFB/DBR)، مخابراتی کوک پذیر چند قسمتی، VCSEL، VECSEL، نانو، فیبری

انتشار پالس‌های لیزری در محیط‌های مختلف: تقویت، تبدیل فرکانس و تراکم پالس

مدولاسیون الکترو اپتیکی، الکترو جذبی و اکوستو اپتیکی

تحلیل نویزفاز و جیتر در لیزرها

لیزرهای توان بالا جهت کاربردهای دمش، طیف سنجی و دفاعی

مراجـع :

1. J. T. Verdeyen, Laser Electronics, 3rded, Prentice-Hall, 1995.
2. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006.
3. J. Wilson and J. F. B. Hawkes, Lasers: Principles and Application, Prentice Hall, 1987.
4. B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3rd ed., Wiley, 2019.
5. L. A. Coldren, S. W. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2nd ed., Wiley, 2012.
6. W. T. Silfvast, Laser Fundamentals, 2nd ed., Cambridge University Press, 2008.

نور فوریه
Fourier Optics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هـــدف : آشنایی با سیستم‌های نوری برای پردازش سیگنال‌های زمانی و تصاویر. تحلیل فوریه در یک و دو بعد جهت درک رفتار سیستم‌های نوری

شرح درس :

تحلیل سیستم‌های خطی دو بعدی، تبدیل فوریه دو بعدی، پاسخ فرکانسی سیستم‌های دو بعدی، نمونه‌برداری دو بعدی

مروری بر تئوری اسکالر پخش نور

تقریب‌های فرنل و فرانهافر در پخش نور

عدسی‌ها، استفاده از عدسی در گرفتن فوریه، استفاده از عدسی در تشکیل تصویر

تحلیل سیستم‌های تشکیل تصویر در میدان فرکانس، سیستم تصویری منسجم، سیستم تصویری نامنسجم، اثر Aberration در پاسخ فرکانسی سیستم تصویری، اثر Speckle در سیستم‌های تصویری منسجم

پردازش اطلاعات و فیلتر کردن، مروری بر خواص فیلم عکاسی، فیلتر منطبق، فیلتر Vander Lugt، شناسایی حروف، معرفی تصویربرداری با روش رادار روزنه ساختگی (SAR)

بازسازی جبهه موج (هوگرافی)، معرفی هولوگراف‌های اولیه، اثرات فیلم عکاسی در هولوگرافی، معرفی انواع هولوگرافی، موارد استفاده هولوگرافی، Interferometry

مراجـع :

1. J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, 4th ed., W. H. Freeman, 2017.
2. E. G. Steward, Fourier Optics, an Introduction, 2nd ed., Dover Publications, 2011.
3. F. T. S. Yu, Optical Information Processing, Krieger Pub Co, 1990.
4. G. Fowles, Introduction to Modern Optics, 2nd ed., Dover, 2012.
5. G. O. Reynolds, J. P. De Velis, G. B. Parrent, The New Physical Optics Notebook: Tutorials in Fourier Optics, American Inst. of Physics, 2000.

نور غیرخطی
Nonlinear Optics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مکانیک کوانتومی **همنیـــــاز :** -

هــدف : درک کلی ازمنشاء و اهمیت اثرات غیر خطی نوری،آشنایی با اصول نور غیرخطی جهت طراحی وشبیه‌ساز ی ادوات سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری

شرح درس :

معادله موج در محیطهای نوری غیرخطی، فرآیندهای نوری غیر خطی، پذیرفتاری نوری غیرخطی، اثرهای الکترواپتیک، و مگنتواپتیک و آکوستواپتیک

یکسوسازی نوری و مغناطیس‌سازی با میدان‌های نوری، مبدل‌های طول موج، تولید مجموع دو فرکانس، تولید هارمونیک‌ها، تولید تفاضل دو فرکانس، تقویت و نوسان‌ساز پارامتریک (OPO)، دوپایداری نوری، اثرات غیر خطی XGM، XPM و SPM

ضریب شکست وابسته به شدت و اثر کر نوری، کاربرد مکانیک کوانتوم و ماتریس چگالی در محاسبه پذیرفتاری غیر خطی، پاشندگی سرعت گروه، رابطه Kramers-Kronig

پراکندگی رامان القایی، پراکندگی بریلوئن القایی، پراکندگی رایلی القایی، جذب دو فوتونی، اسپکتروسکوپی نور غیرخطی، ترکیب چهار موجی و اسپکتروسکوپی ترکیب چهار موجی، اسپکتروسکوپی چند فوتونی

نور غیرخطی سطحی، نور غیرخطی در موجبرهای نوری، آثار نور غیرخطی در پلاسما

بررسی آثار غیرخطی تولید و انتشار پالس‌های فوق باریک (فمتو ثانیه‌ای)

سالیتونهای نوری، معادله شرودینگر غیر خطی(NLS) ، کاربرد روش عددی Split Step Fourier Transform در شبیه سازی انتشارپالس های نوری فوق باریک

مراجـع :

1. Y.R. Shen, The principles of Nonlinear Optics, Wiley Interscience, 2002.
2. G.C. Baldwin, An Introduction to Nonlinear Optics, Springer, 2013.
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006.
4. G. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 6th ed., Academic Press, 2019.
5. R. W. Boyd, Nonlinear Optics, 4th ed., Academic Press, 2020.

ریز موج فوتونیک
Microwave Photonics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** ریز موج و آنتن

هــدف : آشنایی با فن‌آوری ریز موج فوتونیک به عنوان ترکیبی منسجم از مهندسی ریزموج و فوتونیک

شرح درس :

اجزای اصلی : منابع نوری و لیزر، مدولاتورهای نوری، آشکارسازهای نوری

مشخصه اجزای ریزموج فوتونیک

تجزیه و تحلیل و طراحی لینک فیبر نوری

شیوه و اهمیت کلیدزنی نوری مدارات ریز موج

کنترل نوری نوسان‌سازهای ریزموج

نوسان‌سازهای الکترونیک نوری

گیرنده‌های ریزموج محدوده پویایی بسیار بالا بر اساس نور

روش جدیدی برای پیاده‌سازی خطی گیرنده ریزموج با محدوده پویایی فوق‌العاده بالا با استفاده از تکنیک‌های نوری

ادغام یکپارچه ریزموج و اپتیک بر روی یک لایه نیم‌رسانا : مدارات مجتمع ریزموج فوتونیک

مراجـع :

1. S. Iezekiel, Microwave Photonics: Devices and Applications, Wiley-IEEE Press, 2009.
2. R. N. Simons, Optical Control of Microwave Devices, Artech, 1990.
3. C.H. Lee, (ed.), Microwave Photonics, 2nd ed., CRC Press, 2017.
4. A. Vilcot, B. Cabon, J. Chazelas(eds.), Microwave Photonics: From Components to Applications and Systems, Springer, 2013.

نورکوانتومی
Quantum Optics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مکانیک کوانتومی

هــدف : توصیف علم نور واثرمتقابل آن با ماده با استفاده از مکانیک کوانتومی

شرح درس :

مروری بر کوانتوم مکانیک : فضای هیلبرت، اپراتورها، حالت ها، تکامل زمان

اپتیک خطی کلاسیک : معادلات ماکسول، اتم لورنتس، تئوری کلاسیک جذب، قطبش پیچیده و شاخص انکسار

اتم دو سطح و میدان الکتریکی کلاسیک، راه حل‌های Rabi، مقایسه به اتم لورنتس

اتم‌های چند سطح، تزویج Raman در سیستم‌های ۳ سطح

فرمول‌بندی ماتریس چگالی، معادلات نرخ جمعیت، معادلات نوری Bloch

چندی‌سازی میدان در Coulomb gauge : نوسانات خلاء، چگالی حالت های شماره، انسجام، فشرده، بسته‌های موج، **Beam splitter** کوانتومی

تعامل اتم و میداندرتقریبدوقطبی : مدل Jaynes-Cummings، حالت های Dressed، تئوری Weisskopf-Wigner

نظریه کوانتومی Photodetection

نظریه اتلاف در مکانیک کوانتومی

مراجــع :

1. M. O. Scully, M. S. Zubairy, Quantum Optics, Cambridge University Press, 1997.
2. C. Gerry, P. Knight, Introductory Quantum Optics, Cambridge University Press, 2004.
3. W. P. Schleich, Quantum Optics in Phase Space, Wiley, 2015.
4. V. Vedral, Modern Foundation of Quantum Optics, World Scientific Pub l. Shing Co, 2005.
5. L. Mandel, E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press, 2008.
6. D. F. Walls, G. J. Milburn, Quantum Optics, 2nd ed., Springer, 2008.

مکانیک کوانتومی
Quantum Mechanics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفاهیم اصلی مکانیک کوانتومی، تکنیک‌ها، و ارائه مثال‌های ساده

شرح درس :

مقدمه : لزوم بکارگیری مکانیک کوانتومی بجای فیزیک کلاسیک، مکانیک نیوتونی و الکترومغناطیس کلاسیکی، طول موج دوبروی ذره، معادله شرودینگر، انرژی حالت‌های ویژه، نماد دیراک، تابش جسم سیاه، جنبه‌های موجی ذرات، اندازه حرکت فوتون و پراکندگی کامپتون، ریاضیات مرتبط

اصول موضوعه‌های اساسی مکانیک کوانتومی

عملگرها و حالت‌های ویژه

نوسان‌گر هارمونیک

حرکت زاویه‌ای در مکانیک کوانتومی

سیستم‌های دو سطحی

ذرات در میدان‌های پتاسیم متقارن کروی و اتم هیدروژن

نظریه‌ی اختلال مستقل و وابسته به زمان

فرمیون‌ها و بوزون‌ها

کاربردهای مکانیک کوانتومی

برهمکنش تابش الکترومغناطیسی با سیستم‌های اتمی

جذب و پاشندگی تابش در سیستم‌های اتمی

نوسان لیزر

آمار کوانتومی

نظریه نواری الکترون‌ها در بلورها

حل عددی معادله شرودینگر: روش عددی تفاضل محدود(FD)، روش ماتریس پراکندگی(PMM)

مراجـع :

1. A. F. J. Levi, Applied Quantum Mechanics, 2nd ed., Cambridge university Press, 2012.
2. J. J. Napolitano, J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, 2nd ed., Addison Wesley, 2010.
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006.
4. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, 2nd ed., Plenum Press, 2011.
5. C. Cohen- Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Quantum Mechanics, Vol. 1 & 2, Wiley, 1992.

فیبر نوری غیرخطی
Nonlinear Fiber Optics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** نور غیرخطی

هــدف : ارائه مبانی و اثرات غیرخطی در فیبرهای نوری

شرح درس :

مقدمه : مروری بر فیبر نوری

انتشار پالس در فیبر نوری : انتشار انواع پالس‌های نوری از قبیل گاوسی و سکانت هایپر بولیک، اثر پاشندگی در پهن شدن پالس، اثر پاشندگی مرتبه‌ی سوم، مدیریت پاشندگی

مدولاسیون خود فازی : معادله غیرخطی شرودینگر، پهن شدن طیف بر اثر SPM، اثر GVD روی پالس، اثرات غیرخطی مرتبه‌ی بالاتر

سالیتون‌های نوری : اصول و انتشار پالس‌های سالیتون با مرتبه‌های مختلف، انواع سالیتون، اثرات مرتبه بالاتر

اثرات قطبش : دو شکستی غیرخطی، سیر تغییر قطبش، ناپایداری مدولاسیونی دو شکستی و سالیتون

مدولاسیون فاز متقابل : تزویج غیرخطی ناشی از XPM، معادله‌ی NLSE تزویج شده، ناپایداری مدولاسیونی ناشی از XPM، سایتون‌های زوج، کاربردهای XPM

پراکندگی تحریک شده‌ی رامان : اصول و قدرت آستانه، SRS شبه پیوسته، تقویت کننده و لیزر فیبری رامان، SRS با پالس‌های تاه، سالیتون‌های رامان، لیزر سالیتون رامان، اثر اختلاط چهار موج

پراکندگی تحریک شده‌ی بریلوین : اصول و قدرت آستانه، SBS شبه پیوست، ناپایداری مدولاسیونی، لیزر پالسی و پیوسته فیبری بریلوین، کاربرد SBS

اثرات پارامتریک : اختلاط چهار موج، تئوری FWM، روش‌های تطبیق فاز، بهره و باند تقویت کننده پارامتریک، کاربردهای FWM، تولید هارمونیک دوم

مراجــع :

1. G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 6th ed., Academic Press, 2019.
2. G. P. Agrawal, Application of Nonlinear Fiber Optics, 3rd ed., Academic Press, 2020.
3. Y. R. Shen, The Principles of Nonlinear Optics, Wiley, 2002.
4. G. C. Baldwin, An Introduction to Nonlinear Optics, Springer, 2013.
5. A. Yariv, Quantum Electronics, 3rd ed., Wiley, 2013.
6. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006

مدولاسیون نوری
Optical Modulation

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** الکترونیک نوری

هــدف : اصول انواع مدولاسیون‌های نوری شامل الکترواپتیکی، الکتروجذبی، اکوستواپتیک و مگنتواپتیکی

شرح درس :

انتشار امواج الکترومغناطیسی در بلورهای birefringent، وسایل birefringent

تداخل امواج الکترومغناطیسی و هولوگرافی

اثر الکترواپتیک، مدولاسیون الکترواپتیک : مدولاسیون دامنه، مدولاسیون قطبش، مدولاسیون فاز، دیگر مدولاسیون‌های نوری

اثرات الکتروجذبی، مدولاتورهای مبتنی بر اثرات الکتروجذبی، اثر کوانتومی اشتارک (QCSE)، اثر Franz- Keldish

تحلیل تفرق شبکه، اثر فوتوریفرکتیو، مدولاسیون فوتوریفرکتیو، اثر اکوستواپتیک، مدولاسیون اکوستواپتیک، مدولاسیون مگنتواپتیک

مدولاتورهای نوری ماخ-زندر

مراجــع :

1. A. Yariv and P. Yeh, Optical Waves in Crystals, Wiley, 2002.
2. A Yariv, Introduction to Optical Electronics, 4th ed., Oxford University Press, 1990.
3. M. Cvijetic and I. B. Djordjevic, Advanced Optical Communication Systems and Networks, Artech, 2013.
4. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6th ed., Oxford University Press, 2006.
5. R. W. Boyd, Nonlinear Optics, 4th ed., Academic Press, 2020.

پردازشگرهای نوری
Optical Processors

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : پردازش نوری اطلاعات　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با اجزاء و ساختارهای پردازش نوری آنالوگ و دیجیتال

شرح درس :

محاسبات اصلی رایانه‌های نوری : جمع، تفریق و ضرب

اجزای رایانه‌های نوری : حافظه‌های نوری، آرایه‌های منطقی، وسائل ورودی و خروجی اطلاعات، اتصالات

پردازشگرهای آنالوگ : پردازشگرهای تبدیل فوریه، همبسته‌گیرها، فیلترهای فضائی، پردازشگرهای تصویری، پردازشگرهای غیر خطی

پردازشگرهای دیجیتال : سیستم‌های اعداد، روش‌های محاسبات عددی، ساختمان‌ها و فناوری رایانه‌های نوری

پردازشگرهای دو رگه

رایانه‌های عصبی نوری

مراجــع :

1. K. Preston, Coherent Optical Computers, McGraw Hill, 1972.
2. D. A. de Arruda Mello, F. Aparecido Barbosa, Digital Coherent Optical Systems: Architecture and Algorithms, Springer, 2021.
3. J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, , 4th ed., W. H. Freeman, 2017.

مخابرات کوانتومی
Quantum Communication

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مکانیک کوانتومی

هــدف : آشنایی با اجزاء سیستم‌های مخابرات کوانتومی

شرح درس :

مفاهیم و نتایج بنیادی نظریه‌ی اطلاعات کوانتومی

قضیه‌ی ممنوعیت کپی‌سازی کوانتومی

درهم تنیدگی کوانتومی

پروتکل‌های اساسی نظریه‌ی اطلاعات کوانتومی

کانال‌های کوانتومی

مخابرات کوانتومی در مسافت‌های طولانی

مراجــع :

1. M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information, Cambridge University Press, 2011.
2. G. Alber, T. Beth, M. Horodecki, Quantum Information: an Introduction to Basic Theoretical Concepts and Experiments, Springer, 2001.
3. D. Bouwmeester, A Ekert, A. Zeilinger, The Physics of Quantum Information: Quantum Cryptography, Quantum Teleoportation, Quantum Computation, Springer, 2000.
4. A. Peres, Quantum Theory: Concepts and Methods, Kulwer Academics, 2002.
5. M. Brooks, Quantum Computing and Communications, Springer, 1999.
6. S. Imre, F. Balazs, Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach, Wiley, 2013.

نانو فوتونیک
Nanophotonics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : مکانیک کوانتومی **همنیـــــاز :** -

هــدف : بررسی ساختارهای نانوفوتونیکی با تمرکز بر نانو ساختارهای پلاسمونیک، فراماد و بلورهای فوتونی

شرح درس :

مقدمه : اندرکنش امواج الکترومغناطیسی با نانو ذرات، اپتیک نیمه‌هادی نانو ساختار

انتشار در موجبرهای با ابعاد کوچکتر از طول موج (نانو موجبرها)

اندرکنش نور با نانو ذرات فلزی و نیمه‌هادی صفر، یک و دو بعدی

پلاسمونیک (اپتیک فلزات)، نانو پلاسمونیک، پاشندگی پلاسمون‌های سطحی، پاشندگی پلاسمون- پلاریتون، پاشندگی فونون- پلاریتون، کاربرد پلاسمونیک درادوات الکترونیک نوری، پلاسمونیک در نانوفوتوولتاییک

بلورهای فوتونی، نور کند، انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های متناوب یک، دو و سه بعدی، کاواک‌ها و موجبرهای مبتنی بر بلورهای فوتونی، فیبرهای مبتنی بر بلورهای فوتونی

فرا مواد، ضریب شکست منفی، سوپر لنز، پلاسمون‌های فرکانس پایین، Transformation Optics

گرافن فوتونیک: مدولاتورهای نوری گرافنی، آشکارسازهای نوری گرافنی، حسگرهای نوری گرافنی

روش‌های عددی در نانو فوتونیک

مراجـع :

1. P. N. Prasad, Nanophotonics, Wiley, 2004.
2. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light, 2nd ed., Princeton University Press, 2011.
3. S. A. Maier, Plasmonics: Fundamentals and Applications, Springer, 2010.
4. L. Novotny, B. Hecht, Principles of Nano- Optics, 2nd ed., Cambridge, 2012.
5. W. Cai, V. Shalaev, Optical Metamaterials: Fundamentals and Applications, Springer, 2009.
6. C. F. Bohren, D. R. Huffman, Absorption and Scattering of Light by Small Particles, Wiley, 1998.
7. H. C. Van de Hulst, Light Scattering by Small Particles, Dover Publications, 1981.
8. J. Liu, I. Lin, Graphene Photonics, Cambridge University Press, 2019.

نور آماری
Statistical Optics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با ماهیت آماری میدان نوری از طریق مفاهیم انسجام مکانی و زمانی، استفاده از فرآیندهای تصادفی جهت نمایش میدان نوری و بکار بردن نظریه انسجام مرتبه دوم از میدان نوری

شرح درس :

مروری بر سیگنال‌های تصادفی یک و دو بعدی : ایستان بودن، ارگادیک بودن، همبستگی، طیف توان، سیگنال تصادفی مختلط

پخش نور: قطبیت، ناقطبیت و قطبیت جزئی، روشنایی گرمایی، ماتریس انسجام (Coherency)، مرتبه قطبیت، نور لیزر

نظریه انسجام مرتبه دوم : انسجام فضائی، انسجام زمانی، انتشار انسجام متقابل، تئوری Van Cittert- Zernike

کاربردهای نظریه انسجام مرتبه دوم : Laser Apeckle، Stellar Interferometry، انسجام جزئی در سیستم‌های تصویربرداری، انتشار در رسانه تصادفی غیر یکنواخت

بررسی آماری فرآیند آشکارسازی

مراجــع :

1. J. W. Goodman, Statistical Optics, 2nded., Wiley, 2015.
2. L. Mandel, E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics, Cambridge University Press, 2008.
3. E. Wolf, Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light, Cambridge University Press, 2007.
4. O. Korotkova, Theoretical Statistical Optics, World Scientific, 2021.

فوتونیک مجتمع
Integrated Photonics

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : فوتونیک **همنیـــــاز :** -

هــدف : تحلیل و طراحی افزاره ها و مدارهای مجتمع فوتونیک(PIC)، آشنایی با فناوری سیلیکون فوتونیک، طراحی IC های فوتونیک با فناوری FPPGA

شرح درس:

مقدمه: فیزیک نیم رسانای افزاره های فوتونیکی، ساختار نوار انرژی، معادلات پیوستگی، نظریه الکترومغناطیسی نور و معادلات ماکسول، محاسبه ضریب شکست با مدل لورنتز/درود، دو ضریب شکستی، بیضوی ضریب شکست(Index Ellipsoid)، اثرات الکترو اپتیکی (کر و پاکلز) و الکترو جذبی (فرانتس-کلدیش، اشتارک، QCSE)، پلاسمونیک

موجبرهای نوری: موجبرهای نوری تیغه ای (rib/ridge)، محاسبه مدهای نوری تحدید شده (TE/TM)، محاسبه ضریب تحدید، موجبرهای نوری مبتنی بر مواد مختلف (Si, GaAs, GaN, LiNbO3) و فناوری ساخت آنها، موجبرهای پلاسمونیک

افزاره های نوری مبتنی بر موجبر: موجبرهای آرایه ای مبتنی بر گریتینگ (AWG)، اتصال Y جهت ترکیب/ جداسازی مدهای نوری، جفت کننده های جهتی(DC)، جفت کننده های جهتی مبتنی بر گریتینگ، تداخل سنج ماخ-زندر، مالتی/دی مالتی پلکسرهای نوری مبتنی بر گریتینگ، ریز مشدد حلقه (Microring Resonator)، فیلترهای نوری حذف-اضافه، مدولاتورهای نوری، لیزرهای مخابراتی، لیزر های مخابراتی کوک پذیر چند قسمتی DFB/DBR، لیزرهای مخابراتی مبتنی برگریتینگ نمونه برداری شده (Sampled Grating) ، فیلتر های نوری مبتنی بر اثر ورنیه، جفت کننده های مبتنی بر گریتینگ جهت تزویج نور به داخل (خارج) آی سی های فوتونیک، مبدلهای طول موج مبتنی بر SOA

سیلیکون فوتونیک: طراحی افزاره های نوری فعال و غیر فعال مبتنی بر فناوری SOI

مدلسازی و شبیه سازی PIC ها: استفاده از روشهای عددی نظیر FDTD، BPM، FEM، SSF

های جدید در طراحی PIC ها: آرایه های منطقی فوتونیکی قابل برنامه ریزی میدانی (FPPGA)، نورو مورفیک فوتونیک (Neuromorphic Photonics)، گرافن فوتونیک (Graphene Photonics) فناوری

مراجــع :

1. K. Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, 3rd ed., Academic Press, 2021.
2. S. Chang, Fundamentals of Guided-Wave Optoelectronic Devices, Cambridge University Press, 2010.
3. L. Chuang, Physics of Photonic Devices, 2nd ed., Wiley, 2009.
4. G. Hunsperger, Integrated Optics: Theory and Applications, 5th ed, Springer, 2002.
5. M. Liu, Photonic Devices, Cambridge, 2005.
6. L. A. Coldren, S. W. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2nd ed., Wiley, 2012.
7. P. R. Prucnal, B. J. Shastri, Neuromorphic Photonics, CRC Press, 2017.
8. J. Liu an I. Lin, Graphene Photonics, Cambridge University Press, 2019.

فوتونیک محاسباتی
Computational Photonics

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : فوتونیک **همنیـــــاز :** روشهای عددی در الکترومغناطیس

هــدف : آشنایی با روشهای عددی نظیر FDTD، FEM، BPM، SSF در تحلیل ساختارهای فوتونیکی موجبری، تناوبی، مجتمع، پلاسمونیکی، گرافنی و فراماده

شرح درس:

مقدمه: مروری بر نظریه الکترومغناطیسی نور، معادلات ماکسول، معادله موج هلمهولتز، قطبش نور، شرایط مرزی، محاسبه ضریب شکست با مدل لورنتز/درود، پلاسمونیک

تئوری موجبرهای نوری: موجبرهای تیغه ای، موجبرهای تیغه ای چند لایه، فیبر نوری، محاسبه مدهای ویژه و توزیع میدان، محاسبه ضریب شکست موثر، جفت کننده های نوری

تئوری ساختارهای تناوبی: گریتینگ، بلورهای فوتونی، فیبرهای نوری بلور فوتونی، تقارن، روش وردشی، روشهای ماتریس پراکندگی و انتقال، روش تزوج مد (CMT)

تئوری کاواکهای نوری: کاواک فابری-پرو، حلقوی، نانو کاواک بلور فوتونی، ضریب کیفیت و ضریب ظرافت کاواک

تئوری ساختارهای فوتونیکی مبتنی بر فراماواد نوری

روش عددی تفاضل محدود: گسسته سازی میدانهای الکترو مغناطیسی با تقریب تفاضل محدود، محاسبه مدهای ویژه و پروفایل توزیع میدان

روش عددی Split Step Fourier Transform: شبیه سازی انتشار نور در ساختارهای فوتونیکی موجبری طویل با نسبت طول به سطح مقطع زیاد نظیر فیبرهای نوری و لیزرهای فیبری

روش عددی انتشار اشعه (BPM): ، شرایط مرزی PML و ABC و TBC، اقتباس معادله انتشار نور با تقریب پیرا محوری، FFT-BPM، FD-BPM، شبیه سازی انتشار نور در ساختارهای فوتونیکی موجبری طویل نظیر روش SSF

روش عددی تفاضل محدود حوزه زمان FDTD : گسسته سازی با الگوریتم YEE، شبیه سازی انتشار نور در ریز افزاره های نوری تزویج شده، ریز مشدد حلقه، سوییچ های نوری، فیلترهای نوری، ساختارهای مبتنی بر ایده ماخ-زندر، ریز ساختارهای مبتنی بر بلور فوتونی، فراماواد نوری

روش عددی المان محدود(FEM): تولید مش، شبیه سازی ریز افزاره های نوری

مراجـع :

1. S. Obayya, Computational Photonics, Wiley, 2013.
2. K. Kawano, T. Kitoh, Optical Waveguide Analysis, Wiley, 2001.
3. A. Taflove, S. C. Hagness, Computational Electrodynamics, Artech, 2005.
4. A. Taflov, A. Oskooi, S. J. Johnson, Advances in FDTD Computational Electrodynamics: Photonics and Nanotechnology, Artech, 2013.
5. J. Liu, I. Lin, Graphene Photonics, Cambridge University Press, 2019.

مخابرات نوری ماهواره ای
Satellite Optical Communications

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : سیستمهای مخابرات نوری **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با طراحی پیوندهای نوری بی سیم ماهواره ای، مبانی انتقال نور لیزر در فضا با در نظر گرفتن اغتشاشات فضایی

شرح درس:

مقدمه ای بر سیستمهای مخابرات نوری FSO و پیوندهای نوری فضایی

چالش های لینکهای نوری فضایی: انتشار نور با در نظر گرفتن اغتشاشات (Turbulence) و نویزهای فضایی، لیزرهای سریع با توان بالا (با کاربرد دوگانه نظامی) ، ظرفیت ترابرد اطلاعات پیوندهایFSO

پیوندهای نوری بین ماهواره ایی (LEO-GEO)

پیوندهای نوری بین ایستگاههای زمینی و فضایی

معماری سیستمهای مخابرات نوری ماهواره ای

LIDAR

مراجـع :

1. B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. WinzerY. Zhao, Handbook of Optical Networks, Springer, 2020.
2. Z. Ghassemlooy, W. Popoola and S. Rajbhandi, Optical Wireless Communications: Systems and Channel Modelling with MATLAB, CRC Press, 2013.
3. C. Andrews, R. L. Philips, Laser Beam Propagation Through Random Media, 2nded. SPIE Press, Bellingham, Washington, USA, 2005.
4. I. B. Djordjevic, Advanced Optical and Wireless Communications Systems, Springer, 2018.

فرآیندهای تصادفی
Stochastic Processes

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : فراگیری مفهوم، توصیف، گونه‌ها و پردازش سیگنال‌های تصادفی

شــرح درس :

تئوری احتمال : اصول موضوعه، فضای احتمال، متغیرهای تصادفی یگانه، دوگانه و چندگانه، توابع توزیع، جرم و چگالی احتمال مشترک، نمونه‌هایی از توابع جرم/ چگالی احتمال متغیرهای گسسته/ پیوسته و ذکر مواردی از کاربردها

مبانی فرآیندهای تصادفی : تعریف، توصیف و مشخص‌سازی، معرفی فرآیندهای تصادفی شاخص شامل فرآیندهای مجموع، دو جمله‌ای، پوآسن، مارکف، گام زدن تصادفی، گوسی، تحرک براونی

ایستانی و ارگادیسیتی : تعریف و انواع

مشتق و انتگرال : پیوستگی، مشتق پذیری، انتگرال پذیری

بررسی سیستم های با ورودی تصادفی: بررسی روابط آمارگان ورودی-خروجی در سیستم های LTI

نمایش : بسط سری فوریه، بسط کارهونن- لائیو

تحلیل و پردازش فرآیندهای تصادفی : همبستگی و چگالی طیف توان، باند فرکانسی، فرآیندهای سفید، فیلتر نمودن و روابط چگالی طیف توان ورودی/خروجی

مقدماتی از تخمین، و خلاصه ای از مباحث فیلتر وینر وفیلتر کالمن

فرآیندهای مارکف : تعریف، فرم‌های زمان گسسته و زمان پیوسته، زنجیره‌های مارکف

مقدمه‌ای بر تئوری صف (اختیاری)

مراجــع :

1. A. Papoulis, S. U. Pillai, Probability, Random Variables and Stochastic Processes, 4th ed., McGraw- Hill, 2002.
2. A. Leon- Garcia, Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3rd ed., Prentice Hall, 2008.
3. S. M. Ross, Stochastic Processes, 2nd ed., Wiley, 1996.
4. S. M. Ross, Introduction to Probability Models, 10th ed., Academic Press, 2009.
5. M. Tummala, C. Therrin, Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineers, 2nd ed., CRC Press, 2018.

تئوری پیشرفته مخابرات
Advanced Communication Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** فرآیندهای تصادفی

هــدف: فراگیری اصول پایه تحلیل و طراحی سیستم‌های مخابرات دیجیتال

شــرح درس:

مقدمه: روند تاریخی شکل‌گیری و توسعه سیستم‌های مخابرات دیجیتال و ساختار کلی آن‌ها

مرور تحلیلی سیگنال‌های تصادفی: بردارهای تصادفی حقیقی و مختلط، بردارهای گوسی، قطری‌سازی ماتریس کواریانس یک بردار تصادفی (بسط کارهونن- لائیو)، نمایش‌های سیگنال‌های تصادفی باند پایه و باند میانی، نمایش فضای برداری سیگنال‌های تصادفی

مدولاسیون‌ها و سیگنال‌های مدوله شده دیجیتالی: مدولاسیون‌های بدون حافظه (PAM، PSK، QAM، FSK)، مدولاسیون‌های حافظه‌دار (CPFSK، CPM، DPSK)، طیف توان سیگنال‌های مدوله شده

قواعد، ساختارها و عملکرد گیرنده بهینه در کانال AWGN: معیارهای بهینگی، حالت کانال برداری، حالت کانال شکل موج، کران اجتماع احتمال خطا، احتمال خطا در تشکل‌های ASK، PSK، QAM، FSK، DPSK

آشکارسازی بهینه در کانال AWGN در حضور عدم قطعیت: آشکارسازی ناهمساز، عملکرد آشکارساز پوش، آشکارسازی در مدولاسیون‌های حافظه‌دار (مرور)

کانال‌های محوشدگی: توصیف و مدل‌سازی آماری کانال‌های محوشدگی چند مسیری، ارتباط مدل کانال با سیگنال مدوله شده، خاصیت چند گانگی کانال‌های محوشدگی، آشکارساز Rake، مدولاسیون چند حاملی

مراجــع:

1. J. G. Proakis and M. Salehi: Digital Communications, 5th ed., McGraw- Hill, 2008.
2. R. G. Gallager: Principles of Digital Communication, Cambridge University Press, 2008.
3. S. Benedetto, E. Biglieri Principles of Digital Transmission: With Wireless Applications, Springer, 2006.
4. J. M. Wozencraft, I. M. Jacobs: Principles of Communication Engineering, Waveland, 1990.
5. B. Rimoldi, Principles of Digital Communication: A Top-Down Approach, Cambridge University Press, 2016.

پردازش سیگنال دیجیتال پیشرفته
Advanced Digital Signal Processing

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** پردازش سیگنال دیجیتال

هــدف : کسب دانش و تبحر در کاربرد پردازش پیشرفته سیگنال‌های دیجیتال در یک یا چند زمینه

شــرح درس :

تبدیل فوریه سریع و الگوریتم‌های پیاده‌سازی

پردازش سیگنال چند نرخی

تبدیل فوریه زمان کوتاه

انتخاب یکی از موارد زیر (یا موارد مشابه) حسب صلاحدید کمیته تحصیلات تکمیلی گروه/ دانشکده با عمق کافی (نظری و کاربردی) :

پردازش زمان- فرکانس

پردازش سیگنال‌های راداری

پردازش سیگنال‌های زیستی

پردازش سیگنال‌های آرایه‌ای

پردازش سیگنال‌های لرزه‌نگاری

نمونه برداری پیشرفته

مراجــع :

1. A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, Discrete- Time Signal Processing, 3rd ed., Prentice Hall, 2009.
2. J. S. Lim, A. V. Oppenheim, Advanced Topics in Signal Processing, Prentice Hall, 1988.
3. P. P. Vaidyanathan, Multirate Systems and Filter Banks, Prentice Hall, 1992.
4. V. Madisetti(editor-in-chief), The Digital Signal Processing Handbook – 3 Volume Set, 2nd ed., CRC Press, 2018.

سیستم‌های مخابرات بی‌سیم
Wireless Communication Systems

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز : مخابرات دیجیتال**

هــدف : توصیف و تحلیل اجزاء اصلی در سیستم‌های مخابرات بی‌سیم

شرح درس :

مقدمه : اصول مخابرات دیجیتال، مدولاسیون دامنه پالس، پدیده تداخل بین سمبلی، ضرورت متعادل‌سازی

کانال بی‌سیم : مدل‌های فیزیکی و تجربی، گسترش داپلر و تأخیر، ، پدیده سایه، محو شدگی چندمسیرگی، توابع همبستگی کانال، پهنای باند همبستگی، زمان همبستگی، مدل خط تاخیر، مدل فضای حالت، تخمین کانال

سیستم های مخابرات سلولی: ساختار سلولار، ظرفیت سیستم، تداخل بین سلولی، سکتوربندی، روشهای تخصیص کانال، تعریف شدت ترافیک، احتمال سد شدن مکالمه، ببرخی ویژگی های سیستمهای مخابرات نسل دوم تا پنجم

مقابله با پدیده محوشدگی : متعادل سازی، کدگذاری کانولوشن، الگوریتم ویتربی، گیرنده چندگانگی

چندتابی تسهیم فرکانس متعامد (OFDM) : مبانی نظری مدولاسیون چند حاملی ، ساختارهای متداول، تداخل‌های بین حاملی و بین سمبلی، مولفه‌های فرکانسی خارج باند، توان ماکزیمم به توان متوسط، همزمان سازی، متعادل سازی، تخصیص توان، دسترسی چندگانه

مخابرات طیف گسترده: دسترسی چندگانه تسهیم کد(CDMA) ، کدهای متعامد و شبه متعامد، مدولاسیون، دمودولاسیون، رویکردهای حذف تداخل، گیرنده RAKE، بررسی استاندارد GPS، روشهای پرش فرکانس، بررسی استاندارد بلوتوث

سیستم‌های مخابرات چندورودی- چندخروجی (MIMO) : فلسفه، مدولاسیون، آشکارسازی، عملکرد، فرمانبوه و شکل‌دهی پرتو

بررسی چند مورد عملی و استانداردهای مربوطه

مراجــع :

1. J. Proakis, M. Salehi, Digital Communications, 5thed, Prentice- Hall, 2007.
2. M. K. Simon, M. S. Alouini, Digital Communication over Fading Channels, 2nd ed., Wiley, 2004.
3. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
4. T. S. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice, 2nd ed., Pearson, 2010.

شبکه‌های مخابراتی
Communication Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مخابرات دیجیتال

هـــدف : درک عمیق مفاهیم، معماری‌ها و پروتکل‌های شبکه‌های مخابراتی

شـــرح درس :

مقدمه : معماری شبکه مخابراتی، سوئیچینگ مدار وبسته‌ای، معماری نرم‌افزار شبکه و مدل OSI، نگرشی تاریخی

پروتکل‌های IP : مسیریابی در اینترنت، مسیریابی کوتاهترین راه، پروتکل‌های IGP، EGP، پروتکل‌های چند پخشی، سیار و تونل‌زنی

پروتکل‌های TCP و UDP : کنترل خطا و ازدحام در TCP

کاربردهای زمان حقیقی و داده‌ای : صدا و ودیو، الزاماتQoS، پروتکل RTP، پروتکل SIP، شبکه‌سازی نسل آتی (NGN)

پیش‌رانی بسته : نسبت مسیریابی با پیش‌رانی با سوئیچینگ، روش‌های پیش‌رانی، پیش‌رانی مدار مجازی، ATM

تمهید QoS و زمان‌بندی بسته : الگوریتم‌های صف‌بندی عادلانه

شبیه‌سازی Overlay : الگوریتم‌های مسیریابی

مراجـــع :

1. A. Leon- Garcia, I. Widjaja, Communication Networks: Fundamentals, Concepts and Key Architectures, 2nded., McGraw-Hill, 2003.
2. Kumar, D. Manjunath, J. Kuri, Wireless Networking, Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
3. C.M. Cordeiro, D.P. Agrawal, Ad Hoc and Sensor Networks: Theory and Applications, 2nded., World Scientific, 2011.
4. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
5. W. Stallings, Wireless Communications and Networks, 2nd ed., Pearson Education, Inc., 2005.
6. J. He, S. Ji, Y. Pan, Y. Li, Wireless Ad Hoc and Sensor Networks: Management, Performance, and Applications, CRC Press, 2013.

کد گذاری کانال
Channel Coding

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با مبانی و روش‌های کد گذاری کانال

شــرح درس:

تاریخچه و جایگاه کد گذاری کانال

مقدمه ای بر جبر میدانهای محدود و فضای برداری

کدهای قالبی خطی وکدهای قالبی مهم

کدهای گردشی

کدهای BCH دوتایی و چندتایی

کد Reed- Solomon

کدهای Concatenated

کدهای کانولوشن

کدگشایی کدهای کانولوشن (الگوریتم ویتربی)

کدهای LDPC

کدهای TURBO

روش TCM

مراجــع:

1. S. Lin and D. J. Costello: Error Control Coding, 2nd ed., Prentice- Hall, 2004.
2. S. B. Wicker, Error Control Systems for Digital Communication and Storage, Prentice Hall, 1994.
3. T. Richardson and R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008.
4. S. Lin, W. E. Ryan, Channel Codes: Classical and Modern, Cambridge University Press, 2009.

کدگذاری کانال پیشرفته
Advanced Channel Coding

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : کدگذاری کانال　　**همنیـــــاز :** -

هـــدف : معرفی روش‌های پیشرفته و جدید کد گذاری و کد برداری کانال

شرح درس :

کدبرداری لیستی کدهای جبری

سیستم‌های مدولاسیون کد شده : TCM انگربوک، TCM مبتنی بر میدان گالوا، RI-TCM، کدهای BCM

کدهای توربو : سری، موازی، کدبرداری، Turbo-TCM، توربو غیر دوتایی

کدهای LDCP : گالاگر، مک‌کی، منظم و نامنظم، غیر باینری، کدبرداری

کدهای مبتنی بر نظریه گراف، کدبرداری

کدهای قطبی: کدگذاری، کدبرداری، کدبرداری لیستی

کدهای فضا- زمان : قالبی، داربستی، لایه‌ای، کدبرداری

کاربردهای کدگذاری

مراجـع :

1. C. B. Schlegel and L. C. Perez, Trellis and Turbo Coding, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 2015.
2. T. Richardson, and R. Urbanke, Modern Coding Theory, Cambridge University Press, 2008.
3. H. Jafarkhani, Space- Time Coding: Theory and Practice, Cambridge University Press, 2005.
4. S. Noor and I. Ullah, LDPC Codes Construction and Performance Evaluation, LAP LAMBERT Academic Pub., 2011.
5. T. K. Moon, Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms, Wiley, 2020.
6. M. Mezard, A. Montanari, Information, Physics and Computation, OUP Oxford, 2009.
7. J. Li, S. Lin, K. Abdel-Ghaffar, D. J. Costello Jr, W. E. Ryan, LDPC Code Designs, Constructions, and Unification, Cambridge University Press, 2016.

تئوری اطلاعات
Information Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : بیان و اثبات محدودیت‌های بنیادین در زمینه کدگذاری منبع و کدگذاری کانال در قالب دو قضیه اصلی شانون در مورد حداقل نرخ فشرده‌سازی یک منبع و حداکثر نرخ ارسال از طریق یک کانال

شرح درس :

کمیت‌های اصلی : آنتروپی، اطلاعات متقابل، ...

قضیه **AEP**

فشرده‌سازی اطلاعات، الگوریتم هافمن و قضیه اول شانون

مفهوم ظرفیت کانال و قضیه دوم شانون

کانال‌های گوسی

نظریه اعوجاج نرخ

انتخاب (هائی) از موضوعاتی مانند:

پیچیدگی کلموگروف

تئوری اطلاعات شبکه

تئوری اطلاعات، یادگیری و یادگیری عمیق

تئوری اطلاعات و شبکه های عصبی

تئوری اطلاعات کوانتومی

مراجــع :

1. T. M. Cover, J.A. Thomas, Elements of Information Theory, 2nd ed., Wiley, 2006.
2. R. G. Gallager, Information Theory and Reliable Communication, Wiley, 1991.
3. R. W. Yeung, A First Course in Information Theory, Springer, 2006.
4. D. J.C. MacKay, Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, 2003.
5. J. V. Stone, Information Theory: A Tutorial Introduction, 2018.
6. R. Yeung, A First Course in Information Theory, 2002.
7. R. Yeung, Information Theory and Network Coding, 2008 [Available Online]
8. A. El Gamal, Y. Han Kim, Network Information Theory, 2011.
9. T. Sun Han, Information-Spectrum Methods in Information Theory, 2003.

تئوری اطلاعات پیشرفته
Advanced Information Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : تئوری اطلاعات　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : بررسی مباحث پیشرفته تئوری اطلاعات، به‌ویژه در شبکه‌های شامل چند گیرنده/چند فرستنده

شرح درس :

بررسی انواع کانال‌ها : رله، دو راهه، تداخل، پخش، دسترسی چندگانه

فشرده‌سازی توزیع شده و قضیه Slepian-Wolf

توصیف چندگانه

کدگذاری شبکه

کدگذاری توام منبع-کانال

کشینگ

مراجــع :

1. T. M. Cover, J.A. Thomas, Elements of Information Theory, 2nd ed., Wiley, 2006.
2. A. El Gamal, Y. H. Kim Network Information Theory, Cambridge University Press, 2012.
3. T. Ho, D. Lun, Network Coding: An Introduction, Cambridge University Press, 2008.
4. M. J. Franklin, Client Data Cashing: A Foundation for High Performance Object Data Systems, Springer,1996.

پردازش گفتار
Speech Processing

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با دانش پردازش سیگنال گفتار شامل ویژگی‌ها، نحوه تولید، روش‌ها و الگوریتم‌های پردازش، مدل‌سازی، کد کردن، تحلیل کیفیت، بازشناسی محتوای فونتیکی، تشخیص گوینده، بازشناسی به کمک تطبیق زمانی پارامتریک و بازشناسی با استفاده از مدل مخفی مارکوف

شرح درس :

مبانی پردازش سیگنال گفتار
نحوه تولید سیگنال گفتار
روش‌های تولید سیگنال گفتار
مدل‌سازی سیگنال گفتار
کد کردن گفتار بر اساس پیشگوئی خطی
مدل‌سازی سیگنال گفتار در حوزه کپسترال
کد کردن و فشرده‌سازی سیگنال گفتار
ارزیابی کیفیت سیگنال گفتار
بازشناسی محتوای فونتیکی و تشخیص گوینده
تطبیق زمانی پارامتر یک به کمک DTW
مدل مخفی مارکوف (HMM)

مراجــع :

1. J. R. Deller, J. H. L. Hansen, J. G. Proakis, Discrete- Time Processing of Speech Signals, Wiley- IEEE Press, 1999.
2. T. Quatieri, Discrete Time Speech Signal Proc.- Principles and Practice, Prentice Hall, 2001.
3. D. O'Shaugnessy, Speech Communication, Human and Machine, 2nd ed., Wiley- IEEE Press, 1999.
4. L. R. Rabiner, R. W. Schafer, Theory and Applications of Digital Speech Processing, Pearson 2011.
5. J. Holmes, W. Holmes, Speech Synthesis and Recognition, 2nd ed., CRC Press, 2002.

پردازش تصویر
Image Processing

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مبانی و روش‌های پردازش تصویر

شــرح درس :

مقدمه : تعریف تصویر، ساختمان چشم، تشکیل تصویر در انواع سنسورها و قوانین تشکیل تصویر، نمایش تصویر

تبدیل تصویر به تصاویر دیگر (باینری،Halftone)

ارتقاء (Enhancement) تصاویر در حوزه‌ی مکان : فیلترهای خطی، غیر خطی، جهت‌دار، پردازش روی هیستوگرام

ارتقاء تصاویر درحوزه‌ی فرکانس : DFT، فیلترهای حوزه‌ی فرکانس همه جهته و جهت‌دار (گابور و Quincunx)

بازیابی (Restoration) و بازسازی(Reconstruction) تصاویر : فیلترهای Wiener، CLS، تبدیل رادون

تصاویر رنگی : دستگاه‌های رنگ و تبدیل‌های آن‌ها، تبدیل تصاویر خاکستری به رنگی، پردازش تصاویر رنگی، جداسازی رنگ

بخش‌بندی و جداسازی تصاویر : آشکارسازهای لبه، آستانه گذاری، کانتورهای فعال (Levelset و Snake)، رشد ناحیه، جداسازی و ترکیب ناحیه، تبدیل‌های هاف و آبریز (Water Shed)

استفاده از تبدیل‌های Walsh Hadamard و PCA در شناسائی و جداسازی

کاربرد مورفولوژی در پردازش تصاویر

فشرده سازی تصویر ، استگانوگرافی (Steganography)، **واترمارکینگ**، نهان‌نگاری

بازنمایی و توصیف تصویر: توصیف مرز، کدهای زنجیره‌ای،امضا، PCA

مراجــع :

1. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, Image Processing Analysis and Machine Vision, 4th ed., Cengage Learning, 2014.
2. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 4th ed., Pearson, 2018.
3. A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice- Hall, 1988.
4. W. K. Pratt, Digital Image Processing, 4th ed., Wiley, 2007.

تئوری آشکارسازی
Detection Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** فرآیندهای تصادفی

هــدف : آشنایی با نظریه و آشکارسازی و جایگاه آن در پردازش آماری سیگنال

شــرح درس :

مقدمه : مروری بر مبانی و کاربردهای نظریه آشکارسازی

آزمون- فرضیه‌های سازده : معیار بیزی، نیمن- پیرسون، حداکثر درست‌نمایی، حداکثر احتمال پسین و Minimax، معیار نیمن- پیرسون

آزمون فرضیه‌های مرکب : دیدگاه بیزی،ALR، UMP/ UMPI، GLR، آشکارسازهای مجانبی

آشکارسازی سیگنال‌های یقینی : فیلتر منطبق، فیلتر منطبق تعمیم یافته، حالت Mتایی، سیگنال‌های یقینی با پارامتر مجهول

آشکارسازی سیگنال‌های تصادفی : آشکارساز تخمین گر-همبسته یاب، آشکارسازی سیگنال‌های تصادفی با پارامتر مجهول

بررسی کارآیی آشکارسازها: روش تحلیلی، یافتن باندهای مناسب، شبیه سازی

آشکارسازی در نویز گوسی با پارامترهای نامعلوم و نویزهای غیر گوسی

مراجـع :

1. S. Kay, Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume II: Detection Theory, Prentice- Hall, 1998.
2. B. C. Levy, Principles of Signal Detection and Parameter Estimation, Springer, 2008.
3. H. V. Poor, An Introduction to Signal Detection and Estimation, 2nd ed., Springer, 1998.
4. M. Barkat, Signal Detection and Estimation, Artech- House, 2nd ed., 2005.
5. H. L. Van Trees, K. L. Bell with Z. Tian: Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I- Detection, Estimation, and Filtering Theory, 2nd ed., Wiley, 2013.
6. R.M.Gray, L.D. Davisson, An Introduction to Statistical Signal Processing, Cambridge University Press, 2004.

فیلترهای وفقی
Adaptive Filters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : فراگیری مفهوم، مبانی، روش‌ها و کاربردهای فیلترهای وفقی

شــرح درس :

مقدمه : معرفی مفهوم، رویکردها و مثال‌هایی از سیستم‌های وفق‌پذیر

فیلترهای وینر : معیار میانگین مجذور خطا، اصل تعامد، تابع عملکرد

روش‌های جستجو : سطح عملکرد، روش بیشترین شیب (منحنی یادگیری، اثر پراکندگی مقادیر ویژه)، روش نیوتن

روش LMS : رفتار میانگین مربع خطا، میانگین مربع خطای اضافی، پایداری، اثر انتخاب مقادیر اولیه، LMS ساده سازی شده، LMS تراز شده (NLMS)، LMS با گام‌های متغیر، LMS با قید خطی

فیلترهای وفقی در میدان تبدیل یافته : جزء بندی باند فرکانسی، متعامدسازی توسط تبدیل، انتخاب تبدیل، LMS با روش‌های مختلف تبدیل

فیلترهای وفقی با ورودی قالبی : مقدمات ریاضی، الگوریتم LMS قالبی، ساختار و خواص الگوریتم LMS با قالب ثابت

فیلترهای وفقی زیر باندی : ساختار، انتخاب فیلترهای تجزیه و ترکیب

ساختارهای وفقی تغییرپذیر با زمان: مدل‌های دینامیکی، فیلتر کالمن، فیلترهای مقاوم (مبتنی بر نرم H^{∞} و...)

ساختارهای غیر خطی

روش کمترین مربع‌ها : اصل تعامد، عملگر تصویر، ساختار و رفتار فرم‌های مستقیم ورودی، روش‌های دوری سریع

کاربردها : همسان‌ساز وفقی، حذف کننده پژواک، ...

مراجــع :

1. B. Farhang- Boroujeny, Adaptive Filters: Theory and Applications, 2nd ed., Wiley, 2013.
2. S. O. Haykin, Adaptive Filter Theory, 5th ed., Prentice- Hall, 2013.
3. A. H. Sayed, Adaptive Filters, Wiley- IEEE Press, 2008.
4. P. S. R. Diniz, Adaptive Filtering: Algorithms and Practical Implementation, 5th ed., Springer, 2020.

مخابرات طیف گسترده
Spread- Spectrum Communications

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با اصول، امتیازات و کاربردهای مخابرات طیف گسترده

شــرح درس :

مقدمه : مرور کلی کاربردها در مقابله با اختلال، کاهش احتمال رهگیری و دسترسی چندگانه به کانال

بررسی روش‌های گسترش طیف : چند حاملی، پرش زمانی، پرش فرکانسی، دنباله مستقیم، سیستم‌های ترکیبی

روش‌های تولید دنباله‌های تصادفی : آشنایی مقدماتی با میدان‌های گالوا و LFSR، دنباله‌های ماکزیمال، کدهای گلد

سنکرون‌سازی در سیستم‌های طیف گسترده : بررسی اجمالی تکنیک‌های ایجاد همزمانی دست‌یابی (Aquistion) و دنبال‌سازی (Tracking) همزمانی

عملکرد در حضور اختلال : روش‌های مختل‌سازی، عملکرد در محیط اختلال

عملکرد در محیط دسترسی چند گانه

استانداردهای موجود مخابراتی در زمینه طیف گسترده

مراجــع :

1. R. E. Ziemer, R. L. Peterson, E. Borth, Introduction to Spread Spectrum Communications, Prentice- Hall, 1995.
2. D. Torieri, Principles of Spread- Spectrum Communication Systems, 5th ed., Springer, 2022.
3. R. C. Dixon, Spread Spectrum Systems with Commercial Applications, 3rd ed., Wiley, 2008.

تئوری تخمین
Estimation Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : فراگیری مبانی، روش‌ها و کاربردهای تخمین

شــرح درس :

مقدمه : تعریف، کاربردهای نمونه، معیارهای ارزیابی

تخمین حداقل مربع‌ها : پردازش دفعی (حافظه‌های ثابت و گسترش پذیر، تغییر مقیاس داده، حالت مقیّد، کاربرد تجزیه مقادیر منفرد)، پردازش دوری (فرم کواریانس، فرم اطلاعات، داده‌های برداری)

تخمین نا اریب بهینه : فرم‌های دفعی و دوری، برخی خواص

تخمین حداکثر درست‌نمایی : نسبت درست‌نمایی، خواص تخمین، تابع درست‌نمایی لگاریتمی

تخمین حداقل میانگین مربع‌ها : بیان مسأله و فرم تخمین‌زن، خواص در حالت مشاهده گوسی، مدل خطی، کران کرامر- رائو

تخمین حداکثر احتمال پسین :تعریف، فرم، خواص

فیلتر وینر : حل معادله وینر هوف، فیلتر وینر به فرم FIR برای فرایندهای گسسته زمان

فیلتر کالمن : مدل فضای حالت، پیشگویی، فیلتر کردن، هموارسازی، حالت دائم

فیلترینگ غیرخطی : فیلتر کالمن توسعه یافته(EKF)، فیلتر H^{∞}، فیلتر مبتنی بر شبیه‌سازی، فیلتر کالمن بی‌بو (UKF)، فیلتر ذره‌ای

مسائل عملی در فیلترکردن بهینه: معیارهای ارزیابی و مقایسه، امکان تغییرناپذیر با زمان شدن فیلتر، همگرایی و پایداری، پیاده‌سازی وفقی

مراجــع :

1. S. Kay: Fundamentals of Statistical Signal Processing, Volume I: Estimation Theory, Prentice Hall, 1993.
2. H. L. Van Trees, K. L. Bell with Z. Tian, Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I- Detection, Estimation, and Filtering Theory, 2nd ed., Wiley, 2013.
3. B. D. O. Anderson and J. B. Moore, Optimal Filtering, Dover Publications, 2005.
4. D. Simon, Optimal State Estimation: Kalman, H^{∞}, and Nonlinear Approaches, Wiley, 2006.
5. J. M. Mendel: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications, and Control, 2nded, Prentice- Hall, 1995.

مخابرات سلولی
Cellular Communications

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: - **همنیـــــاز:** -

هــدف: آشنایی با جنبه‌های مختلف سیستم‌های مخابرات سلولی

شرح درس:

مدل کانال و انتشار در سیستم‌های بی‌سیم

اثرات محو شدگی آماری (مقیاس‌های بزرگ و کوچک)

سیستم‌های دسترسی چندگانه

مبانی سیستم‌های سلولی و مهندسی ترافیک در این شبکه‌ها

مبانی مدولاسیون OFDM

روش‌های دستیابی به Diversity

تحلیل ظرفیت در شبکه‌های بی‌سیم

مبانی سیستم‌های چند ورودی چند خروجی (MIMO)

مراجــع:

1. T. S. Rappaport, Wireless Communications, Principles and Practice, 2nd ed., Prentice Hall, 2002.
2. D. Tse, P. Viswanath, Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge University Press, 2005.
3. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
4. G. L. Stüber, Principles of Mobile Communication, 4th ed., Springer, 2017.

اصول و سیستم‌های راداری
Radar Prnciples and Systems

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با اصول و عملکرد سیستم‌های رادار و پردازش سیگنال‌در رادار

شــرح درس :

مقدمه : اصول اساسی و مفاهیم اولیه رادار

معادله رادار: بررسی رادار پالسی ساده و معادله برد آن

رادار موج پیوسته

رادار MTI: اهداف متحرک، پدیده داپلر، تشخیص اهداف متحرک در رادار پالسی، فیلتر MTI و انواع آن

پردازش سیگنال‌در رادار: مرور روشهای آشکارسازی در رادار

پردازش داده در رادار: مرور روش های استخراج اطلاعات (فاصله، سرعت و...)

اصول کلی و مفاهیم رادارهای تصویر برداری(SAR)

جنگ الکترونیک در رادار

مراجــع :

1. M. Skolnik, Introduction to Radar Systems, 3rd ed., McGraw- Hill, 2002.
2. M. A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing, 3rd ed., McGraw- Hill, 2022.
3. M. Skolnik, Radar Handbook, 3rd ed., McGraw- Hill, 2008,
4. M. A. Richards, Principles of Modern Radar, SciTech Pub., 2010.
5. D.K.Barton, Radar System Analysis and Modeling, Artech, 2005.

مخابرات ماهواره‌ای
Satellite Communications

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** مخابرات دیجیتال

هـــدف : ایجاد توانایی تحلیل و طراحی ارتباط رادیویی ماهواره‌ای بمنظور تأمین نسبت سیگنال به نویز و نرخ خطای بیت درایستگاه مقصد و شبکه مخابراتی پخش رادیو- تلویزیونی به کمک ماهواره

شـــرح درس :

آشنایی با سیستم مخابرات ماهواره ای، بخش فضایی، بخش زمینی و ارتباط رادیویی

مدارهای گردش ماهواره بدور زمین

قوانین کپلر، محاسبه مدار ماهواره با قانون جاذبه نیوتن، مختصات نجومی ماهواره، مدارهای مهم گردش ماهواره بدور زمین، مدارهای کم ارتفاع، مدار زمین آهنگ،مدارهای بیضوی مولنیا و توندرا

نحوه محاسبه فاصله، زاویه سمت و زاویه فراز ماهواره نسبت به ایستگاه زمینی

سیگنال‌های باند پایه در مخابرات ماهواره‌ای

مشخصات سیگنال تلفنی، سیگنال تلویزیون، سیگنال‌های صوتی، داده‌های دیجیتال و مولتی مدیا

تکنیک‌های انتقال در مخابرات ماهواره‌ای

انتقال آنالوگ سیگنال تلفن و تلویزیون : SCPC/FM, FDM/FM

انتقال دیجیتال سیگنال تلفن و تلویزیون : SCPC/PSK, TDM/PSK

روش‌های رمزنگاری، کدگذاری کانال، درهم سازی و مدولاسیون در مخابرات ماهواره‌ای

مقایسه سیستم‌های انتقال آنالوگ و دیجیتال

انتشار امواج رادیویی در مخابرات ماهواره‌ای

تلفات آتمسفری، اثرات یونوسفری، تضعیف بارندگی، تاخیر انتشار در مخابرات ماهواره‌ای

محاسبه ارتباط رادیویی در مخابرات ماهواره ای

عوامل اصلی در ارتباط رادیویی : EIRP, G/T, PATH LOSS

محاسبه دمای نویز ایستگاه زمینی و ماهواره

احتساب آثار آتمسفری

محاسبه نسبت حامل(سیگنال) به نویز در ارتباط فراسو، ارتباط فروسو و ارتباط کل

محاسبه نسبت حامل(سیگنال) به نویز در ارتباط میان ماهواره‌ای

تکنیک‌های دسترسی چندگانه در مخابرات ماهواره‌ای

طرح مسئله دسترسی چندگانه، شدت ترافیک و فرمول‌های ارلانگ

روش‌های دسترسی چندگانه در مخابرات ماهواره‌ای : FDMA, TDMA, CDMA

دسترسی ثابت و دسترسی بر حسب تقاضا، دسترسی تصادفی

آشنایی با شبکه‌های مخابرات ماهواره‌ای

مراجـــع :

1. G. Maral, M. Bousquet, Z. Sun, Satellite Communication Systems,6th ed., Wiley, 2020.
2. D. Roddy, Satellite Communications, 4th ed., McGraw- Hill, 2006.
3. T. Pratt, J. E. Allnut, Satellite Communications, 3rd ed., Wiley, 2020.
4. M. Richharia, Mobile Satellite Communications, Principles and Trends, 2nd ed., Wiley, 2014.

رمزنگاری
Cryptography

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفاهیم و معرفی ابزارهای کاربردی در رمزنگاری

شرح درس :

مرور کلی اصول و تاریخچه رمزنگاری از رمزهای کلاسیک تا رمزهای مدرن

نظریه اعداد ، نظریه اطلاعات و نظریه پیچیدگی

تعریف دنباله‌ها، دنباله‌های مولدهای شبه تصادفی و معرفی آزمون‌های آماری

شیفت رجیسترهای فیدبک خطی (LFSR)

معرفی برخی رمزهای دنباله‌ای (نظیر A5/1, A5/2 , Trivium)

ساختار رمز های قالبی و معرفی تعدادی رمز قالبی شامل DES و ASE

معرفی رمزهای کلید همگانی از جمله دیفی- هلمن، RSA **، الجمال و مک الیس**

معرفی خمهای بیضوی و کاربرد آن در رمزنگاری

ت**وابع چکیده‌ساز(HASH) و احراز اصالت پیام(MAC)**

مروری بر مدیریت کلید در سیستم‌های رمزنگاری

مراجــع :

1. C. Paar, J. Pelzl, Understanding Cryptography, Springer, 2010.
2. A .J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1997.
3. W. Stalling, Cryptography and Network Security: Principles and Practice, 7th ed., Pearson, 2016.
4. J. Pieprzyk, T. Hardjono, J. Seberry, Fundamentals of Computer Security, Springer, 2003.
5. N. Ferguson, B. Schneier, Practical Cryptography, Wiley, 2003.
6. A. Klein, Stream Ciphers,Springer,2013.
7. L. R. Knudsen, M. J. B. Robshaw,The Block Cipher Companion, Springer , 2013
8. J. Seberry, J. Pieprzyk, Cryptography: An Introduction to Computer Security, Prentice- Hall. 1989.
9. N. Koblitz, Algebraic Aspect of Cryptography, Springer, 1998.
10. J. Katz, Y. Lindell, Introduction to Modern Cryptography, 3rd ed., Chapman and Hall/CRC, 2021.

ریاضیات رمزنگاری
Cryptography Mathematics

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : ارائه ریاضیات ضروری برای درک مطالب و مفاهیم کاربردی در طراحی و تحلیل سیستم‌ها و پروتکل‌های رمزنگاری

شرح درس :

مروری بر نظریه‌ی پیچیدگی محاسبات و کاربرد آن در رمزنگاری

نظریه اعداد : دستگاه معادلات همنهشتی، قضایای فرما، اویلر، باقیمانده چینی، اعداد اول (روش‌های تولید و آزمون اعداد اول)، معرفی و بررسی روش‌های مختلف تجزیه اعداد، ریشه‌های اولیه، نمادهای لژاندر و ژاکوبی، مسئله لگاریتم گسسته و مفاهیم مرتبط

نظریه گروه‌ها : هم مجموعه‌ها و روابط هم ارزی در گروه‌ها، زیر گروه‌های نرمال و گروه‌های خارج قسمتی

معرفی و تحلیل الگوریتم‌های رمز مرکل- هلمن، RSA و الجمال

رمزگذاری همریخت

نظریه حلقه‌ها و میدان‌ها : حلقه چند جمله‌ای‌ها- حلقه‌های خارج قسمتی- میدان‌های متناهی (خواص و روش‌های تولید)- توسیع میدان‌ها

منحنی‌های بیضوی و کاربرد آنها در رمزنگاری

توابع بولی : ویژگی‌های مطلوب توابع بولی در رمزنگاری، معرفی و بررسی برخی از روش‌های تولید توابع مناسب

کاربرد مشبکه‌ها در رمزنگاری، مربع‌های لاتین، هندسه‌ی تصویری، طرح‌های تسهیم راز، نظریه صفر دانایی

مراجــع :

1. J. A. Anderson, J. M. Bell, Number Theory with Applications, Prentice Hall, 1997.
2. N. Koblitz, A Course in Number Theory and Cryptography, 2nd ed., Springer, 1994.
3. A .J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1997.
4. N. Koblitiz, Algebraic Aspects of Cryptography, Springer, 1999.
5. R. Lidl, Introduction of Finite Fields and Their Applications, 2nd ed., Cambridge/University Press, 1994.
6. D. M. Bressoud, Factorizaton and Primality Testing, Springer, 1989.
7. S. S. Wagstaff, Jr., Cryptanalysis of Number Theoretic Ciphers, Chapman and Hall,/ CRC Press, 2019.
8. L. C. Washington, Elliptic Curves Number Theory and Cryptography, 2nd ed., Chapman and Hall,/ CRC Press, 2008.
9. D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3rd ed., Chapman and Hall,/ CRC Press, 2022.
10. J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silverman, An Introduction to Mathematical Cryptography, 2nd ed., Springer, 2014.

امنیت شبکه
Network Security

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : معرفی و تحلیل انواع پروتکل‌های رمزنگاری مورد استفاده در شبکه‌های کامپیوتری

شرح درس :

مقدمه‌ای برشبکه : مفاهیم اولیه- مدل‌های مرجع OSI، TCP/IP، اهداف امنیت، انواع و ماهیت حملات، سرویس‌های امنیتی، تحلیل امنیت، مدل‌های امنیت شبکه

مقدمه‌ای بر رمزنگاری : آشنایی با رمزنگاری متقارن، سبک‌های کاری رمزهای قطعه‌ای، آشنایی با مفاهیم و کاربردهای رمزنگاری نا متقارن (کلید عمومی)، توابع چکیده‌ساز

پروتکل‌های مدیریت کلید : آشنایی با اهداف پروتکل‌های توزیع کلید، معرفی انواع حملات، آشنایی با روند طراحی پروتکل‌های توزیع کلید، معرفی و تحلیل تعدادی از پروتکل‌های توزیع کلید شامل پروتکل‌های Otway Res، Needham Schroeder و ...

پروتکل‌های احراز اصالت : تعریف احراز اصالت و معرفی انواع آن، MAC، توابع HMAC، معرفی و تحلیل انواع پروتکل‌های احراز اصالت مبتنی بر گذر واژه، پروتکل Kerberos، تحلیل صوری پروتکل‌های احراز اصالت

زیر ساخت کلید عمومی (PKI) : امضای دیجیتال، معرفی کارکرد PKI، اجزا تشکیل دهنده یک زیر ساخت کلید عمومی، رمزنگاری مبتنی بر شناسه (Identity Base Cryptography)

امنیت پست الکترونیک : معرفی و تحلیل پروتکل‌های PGP، S/MIMEو ...

شبکه‌های مخلوط

پرداخت الکترونیکی : معرفی مفاهیم و ویژگی‌ها، معرفی انواع روش‌های پرداخت، امضای کور، شمای امضای فیات شامیر، گواهی کلید خصوصی، معرفی و بررسی چند سیستم پرداخت الکترونیکی از جمله سیستم Brands

رأی گیری الکترونیکی : معرفی مفاهیم و ویژگی‌ها، معرفی و بررسی چند روش رأی گیری الکترونیکی

رمزنگاری مبتنی بر شناسه : معرفی و بررسی انواع پروتکل‌های احراز اصالت، توزیع کلید، امضای دیجیتال مبتنی بر شناسه و توابع دو خطی

مقدمه‌ای بر امنیت اثبات پذیر

۱. مراجـع :

2. W. Stallings, Cryptography and Network Security, Principles and Practice, 6th ed., Printice- Hall, 2013.
3. C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, Security in Computing, 5th ed., Pearson India, 2018.
4. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6th ed., Pearson, 2020.
5. M. Bishop, Computer Security: Art and Science, 2nd ed., Addison- Wiley, 2018.
6. W. Mao, Modern Cryptography, Theory and Practice, Prentice- Hall, 2004.
7. D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3rd ed., Chapman and Hall,/ CRC Press, 2022.
8. G. Bella, Formal Correctness of Security Protocols, Springer, 2007.
9. C. Kaufman, R. Perlman, M. Speciner, R. Perlman, Network Security: Private Communication in a Public World, 3rd ed., Prentice- Hall, 2022.
10. D. Chaum, M. Jakobson, R. L. Rivest, P. Ryan, Towards Trustworthy Elections, Springer, 2010.
11. W. Stallings, Network Security Essentials, 6th ed., Pearson, 2016.
12. J. M. Kizza, A Guide to Computer Network Security, 2nd ed., Springer, 2013.

نهان‌نگاری اطلاعات
Information Steganography

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با تحلیل ساختاری سیگنال‌های چند رسانه‌ای به عنوان کانال انتقال پیام

شرح درس :

مبانی نهان‌سازی اطلاعات و کاربردهای اصلی آن

بررسی ساختاری اطلاعات چند رسانه‌ای (ویدیو، تصویر، صوت باند پهن و صحبت) به منظور نهان‌سازی

تحلیل سیگنال‌ها پوشش (Cover) و بررسی الگوریتمیک آنها در محیط فشرده به منظور اختفای پیام (Covert)

مطالعه تحلیلی روش‌های نهان‌سازی شامل نهان‌نگاری و نشان‌گذاری (مقاوم، شکننده و نیمه شکننده)

شناسائی و تحلیل حملات عمدی و غیر عمدی در نشان‌گذاری

نهان‌کاوی (Steganalysis) به کمک ماشین‌های فراگیری و تحلیل‌های آماری

آشکارسازی و استخراج پیام در نشان‌گذاری و نهان‌نگاری

مطالعه اثر ویژگی‌های ادراکی انسان در نهان‌سازی اطلاعات

مراجــع :

1. S. Katzenbeisser, F. Petitcolas (eds.), Information Hiding. Artech, 2016.
2. I. Cox, M. Miller, J. Bloom, Digital Watermarking and Steganography, 2nd ed., Morgan Kaufmann, 2007.
3. N. F. Johnson, Z. Duric, S. Jajodia, Information Hiding: Steganography and Watermarking- Attacks and Countermeasures, Kluwer Acodemic Publishers, 2001.
4. P. Wayner, Disappearing Cryptography: Information Hiding: Steganography and Watermarking, 3rd ed,. Morgan Kaufmann, 2009.

رمزنگاری پیشرفته
Advanced Cryptography

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : رمزنگاری **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی کامل با مبانی طراحی و تحلیل رمزهای قطعه‌ای و متوالی، انواع روش‌ها و تحلیل متعارف رمزنگاری کلید همگانی، مدیریت کلید، پروتکل‌های پیشرفته و ...

شرح درس :

آزمون‌های آماری و اعمال آن‌ها با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری

ساختار رمزهای قطعه‌ای

الگوریتم‌های DES و AES

تحلیل رمزهای قطعه‌ای منجمله تحلیل تفاضلی و خطی

رمزهای متوالی حافظه‌دار و بی حافظه، با پالس‌های ساعت مرتب و غیر مرتب

روش‌های تحلیل رمزهای متوالی از قبیل حملات همبستگی مشروط و غیر مشروط

بررسی و تحلیل رمزهای کلید همگانی از قبیل RSA، لگاریتم گسسته

پروتکل‌های صفر دانائی، پروتکل‌های شناسائی و امضاء دیجیتال فیات شامیر

حملات کانال جانبی و سایر مباحث تکمیلی

مراجــع :

1. B. Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C, 20th Anniversary ed., Wiley, 2015.
2. J. Pieprzyk, T. Hardjono, J. Sberry, Fundamentals of Computer Security, Springer, 2013.
3. A. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3rd ed., Chapman and Hall,/ CRC Press, 2022.
4. A .J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1997.
5. J. Katz, Y. Lindell, Introduction to Modern Cryptography, 3rd ed.,Chapman and Hall/CRC, 2021.

پیچیدگی محاسبات
Computational Complexity

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مدل‌های پایه در تحلیل پیچیدگی محاسبات و بکارگیری در زمینه‌های محاسبات موازی، تصادفی، رمزنگاری، ...

شرح درس :

نظریه ماشین‌های تورینگ : چند نواری و غیر قطعی، طرح تورینگ- چرچ، زمان اجراء و فضای مورد نیاز یک الگوریتم

کلاس‌های پیچیدگی زمانی و فضایی : قضایای اساسی، کلاس‌های زمانی P، NP، EXP و NEXP، کلاس‌های فضایی L، NL، PSPACE، NPSPACE، ارتباط کلاس‌های زمانی و فضایی

مسایل P تمام و NP تمام و ارتباط با کلاس های P و NP

برخی مسائل معروف NP تمام

کلاس PSPACE تمام

کلاس‌های پیچیدگی : الگوریتم‌های تصادفی، موازی، تقریبی

رابطه پیچیدگی محاسبات و رمزنگاری

مراجـع :

1. C. H. Papadimitriou, Computational Complexity. Addison-Wesley, 1994.
2. S. Arora, B. Barak, Computational Complexity: A Modern Approach, Cambridge University Press, 2009.
3. D- Z. Du, K-I. Ko, Theory of Computational Complexity, 2nd ed., Wiley, 2014.
4. S. Homer, A. L. Selman. Computability and Complexity Theory, 2nd ed., Springer, 2011.
5. M. R. Garey, D. S. Johnson, Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness, Freeman, 2022.

پروتکل‌های امن در شبکه
Secure Network Protocoles

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: رمزنگاری **همنیـــــاز:** شبکه‌های کامپیوتری

هــدف: معرفی، تحلیل و ارزیابی انواع پروتکل‌های رمزنگاری مورد استفاده در شبکه‌های کامپیوتری و روش‌های مقابله با حملات مختلف

شرح درس:

مقدمه: مفاهیم اولیه، مدل‌های مرجع OSI، TCP/IP، اهداف امنیت، انواع و ماهیت حملات، سرویس‌های امنیتی، تحلیل امنیت، مدل‌های امنیت شبکه

مفاهیم پایه رمزنگاری: رمزنگاری متقارن، رمزهای قالبی، رمزنگاری نامتقارن (کلید عمومی)، توابع چکیده‌ساز

پروتکل‌های مدیریت کلید: اهداف توزیع کلید، انواع حملات، طراحی پروتکل‌های توزیع کلید، تحلیل پروتکل‌های توزیع کلیدشامل Needham Schroeder ،Otway Rees

پروتکل‌های احراز اصالت: تعریف احراز اصالت و معرفی انواع آن، MAC، توابع HMAC، احراز اصالت مبتنی بر گذر واژه، Kerberos، تحلیل صوری

زیر ساخت کلید عمومی (PKI): اجزا تشکیل دهنده، کارکرد، امضای دیجیتال، رمزنگاری مبتنی بر شناسه

امنیت پست الکترونیکی: معرفی و تحلیل پروتکل‌های PGP، S/MIME و ...

طرح‌های امضاء

شبکه‌های مخلوط

طرح‌های تسهیم راز و رمزنگاری آستانه‌ای

پرداخت الکترونیکی: مفاهیم و ویژگی‌ها، روش‌های پرداخت، امضای کور، شمای فیات شامیر، گواهی کلید خصوصی، چند سیستم پرداخت الکترونیکی از جمله Brands

رای‌گیری الکترونیکی: مفاهیم و ویژگی‌ها، چند روش رای‌گیری الکترونیکی

رمزنگاری شناسه بنیاد: پروتکل‌های احراز اصالت، توزیع کلید، امضای دیجیتال شناسه بنیاد و توابع دو خطی

مقدمه‌ای بر امنیت اثبات‌پذیر

مراجـع:

1. W. Stallings, Cryptography and Network Security, Principles and Practice, 6th ed., Printice- Hall, 2013.
2. C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, Security in Computing, 5th ed., Pearson India, 2018.
3. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6th ed., Pearson, 2020.
4. M. Bishop, Computer Security: Art and Science, 2nd ed., Addison- Wiley, 2018.
5. W. Mao, Modern Cryptography, Theory and Practice, Prentice- Hall, 2004.
6. D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3rd ed., Chapman and Hall,/ CRC Press, 2022.
7. G. Bella, Formal Correctness of Security Protocols, Springer, 2007.
8. C. Kaufman, R. Perlman, M. Speciner, R. Perlman, Network Security: Private Communication in a Public World, 3rd ed., Prentice- Hall, 2022.
9. D. Chaum, M. Jakobson, R. L. Rivest, P. Ryan, Towards Trustworthy Elections, Springer, 2010.
10. W. Stallings, Network Security Essentials, 6th ed., Pearson, 2016.
11. J. M. Kizza, A Guide to Computer Network Security, 2nd ed., Springer, 2013.
12. B. Schoenmakers, Cryptographic Protocols, Lecture Notes Version 1.7, 2022.

سیستم‌های تشخیص نفوذ
Intrusion Detection Systems

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : فراگیری نحوه، زمان و چگونگی استفاده از سیستم‌ها و تحلیل و مقایسه رویکردهای تشخیص نفوذ در محیط‌های شبکه با توجه به اهداف و مشخصه‌های امنیتی

شرح درس :

سیستم‌های تشخیص نفوذ : مبتنی بر میزبان، مبتنی بر شبکه، مبتنی بر امضاء، مبتنی بر معین‌سازی (Specification)

امضاء بنیاد : کاربرد درخت تصمیم

ناهنجاری بنیاد : مدل دنینگ، سیستم خبره IDES، تشخیص نفوذ آماری، بر مبنای سیستم ایمنی

قانون بنیاد : انواع، خانواده STAT، تحلیل‌گذار رویکرد قانون بنیاد (USTAT)، شبکه بنیاد (NETSTAT)

مبتنی بر معین‌سازی : SHIM

معیارهای ارزیابی : مثبت نادرست و منفی نادرست، Precision، Recall، F-Measure، منحنی ROC، تنظیم IDS، داده‌کاوی برای تشخیص نفوذ شبکه، مدل‌سازی COST، استفاده از عامل مجعول، پایدار پذیر

مجموعه‌های داده‌ای : DARPA، KDDCUP 99، انتخاب ویژگی‌ها، نقد ارزیابی با داده‌های DARPA 98,99، DARPA با استفاده از snort

همبسته‌سازی هشدارهای تشخیص نفوذ : ماهیت، خوشه‌بندی، پیش نیاز/ نتیجه، رویکرد جامع

پاسخ‌گویی به حمله : یک طبقه‌بندی از سیستم‌های پاسخ به نفوذ، پاسخ به نفوذ انطباقی

کرم‌واره‌های اینترنتی و راه‌های مقابله با آن‌ها : مفاهیم و ویژگی‌ها، چند روش رای‌گیری الکترونیکی

مراجــع :

1. A. K. Pathan (ed), The State of Art in Intrusion Prevention and Detection, CRC Press, 2016.
2. R. Bejtlich, The Practice of Network Security Monitoring, Starch Press, 2013.
3. C. Sanders, J. Smith, Applied Network Security Monitoring, Syngress, 2013.
4. E. Carter, Cisco Secure Intrusion Detection System, Cisco Press, 2021.
5. K. Kim, M. E. Aminato, H. C. Tanuwidaja, Network Intrusion Detection using Deep Learning, Springer, 2018.

شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته
Advanced Computer Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** شبکه‌های کامپیوتری

هــدف : آشنایی با مباحث پیشرفته و جدید در زمینه شبکه‌های کامپیوتری

شرح درس :

انتقال اطلاعات در شبکه ها: کلیدزنی بسته (Packet Switching) بر اساس TCP/IP ، کلیدزنی مدار (Circuit Switching) بر اساس SDH و SONET و کلیدزنی مدارمجازی (Virtual Circuit Switching) براساس ATM و MPLS

مسیریابی در شبکه: روش های انتخاب و تعیین مسیر و مدیریت ترافیک در کلیدزنی‌های سه‌گانه

معماری سویچ و مسیریاب: سطح داده و سطح کنترل در یک مسیریاب، ساختار داخلی مسیریاب، وظایف هر یک از اجزا داخلی مسیریاب، روش های کلیدزنی بسته ها بین درگاه های ورودی و خروجی، نحوه ذخیره سازی بسته ها و مدیریت بافر و صف و مسائل ناشی از آن.

معماری شبکه های مبتنی بر نرم افزار (SDN): معماری SDN، پروتکل Open Flow،کنترل گرهای شبکه، شبکه های مجازی براساس معماری SDN ، NFV

معماری شبکه مبتنی بر سرویس (SOA) : سرویس های چند رسانه ای، پروتکل های چند رسانه ای

کیفیت سرویس و مکانیزم های کنترل آن در شبکه: روش های زمان بندی (Scheduling)، شکل‌دهی (Shaping) ، پایش(Policing)، پذیرش فراخوان(Call Admission)و چارچوب خدمت‌های مجزا شده (Differentiated Services)

معماری شبکه های مراکز داده (Data Centers)

انتخاب از:

اینترنت اشیا (IoT)، محاسبات ابری، لبه و مه(Cloud, Edge and Fog Computing)

شبکه های موبایل (5G)

امنیت شبکه

مراجــع :

1. J. F. Kurose, K. W. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach, 8th ed., Pearson, 2020.
2. B. Forouzan, Data Communications and Networking, 6th ed., McGraw-Hill, 2021.
3. L. L. Peterson, B. S. Davie, Computer Networks: A Systems Approach, 6th ed., Morgan Kaufmann, 2021.
4. W. Stallings, Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson, 2013.
5. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6th ed., Pearson, 2021.
6. L. L. Peterson, C. Cascone, B. O'Conner, Software-Defined Networks: A Systems Approach, LLC, 2021.
7. W. Stallings, Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Addison- Wesley, 2015.
8. R. Chayapathi, S. F. Hassan, P. Shah, Network Functions Virtualization (NFV) with a Touch of SDN, 2016.
9. W. Stallings, 5G Wireless: A Comprehensive Introduction, Addison- Wesley, 2021.
10. I. Marsic, Computer Networks, Performance and Quality of Service, Rutgers University, 2013

مدیریت شبکه
Network Management

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** **شبکه‌های کامپیوتری**

هـــدف : آشنایی با مفاهیم، روش‌ها و پروتکل‌های مورد استفاده در مدل‌سازی، تحلیل و مدیریت شبکه

شرح درس :

مقدمه : اهداف، جایگاه، معماری سیستم‌ها، استانداردها و مدل‌های عملکرد مدیریت شبکه، مفاهیم طراحی شبکه

مرور طراحی شبکه : فرآیند طراحی، شبکه دسترسی و شبکه کالبدی، آدرس دهی و مسیریابی

استانداردها، مدل‌ها و زبان : استانداردها، مدل‌های مدیریت، سازمان، اطلاعات، مخابرات و عملکردی شبکه

مدیریت SNMPv1 : تاریخچه SNMP، مدل SNMP، مدل سازمانی، سیستم کلی، مدل‌های اطلاعات، مخابرات و عملکردی

مدیریت‌های SNMPv2 و SNMPv3 : معماری، ساختار مدیریت اطلاعاتSNMPv2، SNMPv2MIB، پروتکل ۳۶ در SNMPv2، SNMPv3، سازگاری باSNMPv1

نظاره از دور (RMON) : RMON SMI و RMONMIB، RMON1، RMNO2، از طریق ATM، از طریق اینترنت

کاربردهای مدیریت شبکه : شکل‌بندی، مدیریت خطا، عملکرد، امنیت و هزینه، حسابداری، سیاستگذاری

ابزارهای طراحی و مدیریت : کلاس‌های مختلف

مراجـــع :

1. A. Clemm, Network Management Fundamentals, Cisco Press, 2007.
2. D. C. Verma, Principles of Computer Systems and Network Management, Springer, 2009.
3. M. Subramanian, Network Management: Principles and Practice, 2nd ed., Prentce Hall, 2012.
4. J. Ding, Advances in Network Management, CRC Press, 2016.
5. B. Shin, A Practical Introduction to Enterprise Network and SecurityManagement, 2nd ed., CRC Press, 2021.

سوئیچ و مسیریاب در شبکه
Network Switch and Router

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** شبکه‌های کامپیوتری

هــدف : بررسی مبانی سوئیچینگ مداری و بسته‌ای و طراحی مسیر و راهکارها و معماری‌های سوئیچ و مسیر

شرح درس :

مقدمه : پارامترهای زمان، مکان، زمان- مکان در سوئیچینگ مداری و مفاهیم مسیریابی، پیش رانش و کلیدزنی در سوئیچینگ بسته‌ای

SONET/S DH : قالب‌بندی با مولتیپکس کردن، ADM، اتصال متقاطع، سیگنال‌دهی

معماری تار و پودی کلیدزنی : شبکه‌های اتصالی، کلیدهای یک و چند مرحله، شبکه‌های خود ترتیب و مسیریاب، مقیاس پذیری

سوئیچینگ بسته‌ای : لایه۳ (IP)، لایه۲ (MPLS, ATM)، لایه‌های۴-۷

مباحث عملکردی : بافر کردن و اتصال، صف‌بندی ورودی، خروجی، ورودی- خروجی با تسریع، زمانبندی تار و پودی، مدیریت بافر، صف، شکل‌دهی و سیاستگذاری

معماری مسیر سوئیچ : معماری‌های نمونه سوئیچ و مسیر، مدیریت سوئیچ، مباحث طراحی

چند بخشی : مباحث چند بخشی در شبکه‌های چند مرحله‌ای

سوئیچینگ نوری : مداری، بسته‌ای و طول موج

سیستم‌های سوئیچ مداری : سوئیچینگ در سیار، MSC، سیگنالینگSs7

مباحث ویژه

مراجــع :

1. A. Pattavina, Switching Theory: Architecture and Performance in Broadband ATM Networks, Wiley, 2021.
2. H. J. Chao, C. H. Lam, E. Oki, Broadband Packet Switching Technologies: A Practical Guide to ATM Switches and IP Routers, Wiley, 2008.
3. H. J. Chao, B. Liu, High Performance Switching and Routers, Wiley-IEEE Press, 2010.
4. G. Varghese, Network Algorithmics: An Interdisciplinary Approach to Designing Fast Networked Devices, 2nd ed., Morgan Kaufmann.2022.
5. R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, G.H. Sasaki, Optical Networks: A Practical Perspective 3rd ed., Elsevier, 2010.
6. M. Maier, Optical Switching Networks, Cambridge University Press, 2008.
7. D. Nandi, S. Nandi, A. Sarcar (eds.), Optical Switching: Device Technology and Applications in Networks, Wiley, 2022.

شبکه‌های مخابرات بی سیم
Wireless Communication Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** **شبکه‌های کامپیوتری**

هـــدف : آشنایی با اصول عملکرد، فناوری ها، مکانیزم ها و پروتکل هادر ساختار لایه‌ای شبکه‌های مخابرات بی سیم

شرح درس :

لایه فیزیکی: شامل مروری بر مدولاسیون های دیجیتال، روشهای مدل کردن کانالهای بی سیم، OFDM، DSSS ، روشهای MIMO و Beam-forming

لایه پیوند: شامل روشهای پخش شده و متمرکز برای مدیریت کانال بین کاربران شامل روش های Aloha، CSMA/CA، TDMA، FDMA، OFDMA، CDMA، NOMA، روش های سلول بندی و تخصیص منابع رادیویی (scheduling) در نسلهای مختلف شبکه های سلولار، روش های کنترل کانال در IEEE 802.11 (wifi)

لایه شبکه و حمل و نقل: شامل مروری بر TCP/IP، روشهای مسیریابی در شبکه های Ad hoc ، بحث Mobile IP و شبکه های هسته در مخابرات سلولار، ملاحظات شبکه های بی سیم در مکانیزم های کنترل ازدحام

شبکه های نوین: اینترنت اشیا، محاسبات مه، شبکه های 5G و ....

مراجـع :

1. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
2. A. F. Molisch, Wireless Communications, 3rd ed., Wiley-IEEE Press, 2023.
3. M. Schwartz, Mobile Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
4. J. Kurose, K. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach, Pearson, 2022.
5. IEEE/ACM Journals and Conference Proceedings

کنترل ترافیک در شبکه‌های مخابراتی
Traffic Control in Communication Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: -　　**همنیـــــاز:** شبکه‌های کامپیوتری

هــدف: دست‌یابی به ابزارهای تحلیلی برای کنترل ترافیک در شبکه‌ها

شرح درس:

مروری بر نظریه صف: رابطه Little، برخی انواع صف، اولویت در صف‌بندی

شبکه‌های با دسترسی چندگانه و لایه MAC1: معرفی و پایدارسازی سیستم Aloha، الگوریتم‌های شاخه‌ای کردن، حس کردن حامل، رزرو در دسترسی چندگانه، آشکارسازی تصادم، مروری سری‌های استاندارد IEEE802

بهینه‌سازی مسیردهی: مسیردهی QoS، روش‌های جریان، الگوریتم‌های حداقل تأخیر مسیردهی، پیاده‌سازی توزیع شده

کنترل ازدحام: مقایسه روش‌های انتها- به- انتها و پرش- به- پرش، جریان پنجره، چارچوب یکپارچه مسیردهی و کنترل جریان، کنترل جریان MinMax، تأثیر انصاف و اولویت

زمان‌بندی و شکل‌دهی ترافیک: مقایسه رویکردهای بدترین حالت و مشخصه عملکرد آماری، الگوریتم‌های صف‌بندی عادلانه، شکل‌دهی ترافیک با دو/ چند پارامتر، حداکثر تأخیر انتها- به- انتها، الگوریتم‌های زمان‌بندی توزیع شده

مراجــع:

1. D. P. Bertsekas, R. G. Gallaghe, Data Networks, 2nd ed., Pearson India, 2015.
2. R. Kumar, S. Shanmugavel, P. Indumathi, Studies on Traffic Control Mechanisms in ATM Networks, Scholars' Press, 2020.
3. X. Wang, Scheduling and Congestion Control for Wireless Internet, Springer, 2014.
4. C. N. Houmkozlis, G. A. Rovithakis, End-to-End Adaptive Congestion Control in TCP/IP Networks, CRC Press, 2017.

مهندسی ترافیک در شبکه‌های مخابراتی
Traffic Engineering in Communication Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** شبکه‌های کامپیوتری

هـــدف : دست‌یابی به ابزارهای لازم برای تحلیل ترافیکی شبکه‌ها

شرح درس :

مقدمه ای بر مهندسی ترافیک: مفهوم ارلانگ، ساعات شلوغی، شدت ترافیک و حجم ترافیک

طراحی آزمایش و آنالیز داده: تخمین نقطه ای، تخمین بازه اطمینان، تکنیک های کاهش واریانس

تحلیل کلاسیک: مدلهای صف پیشرفته، فرایندهای QBD، روش تحلیلی ماتریس هندسی

آلگوریتم های محاسباتی وکاربرد آنها: روش‌های EPA و MVA و کاربرد آنها در تحلیل روشهای دسترسی تصادفی، روش آنتروپی

روش های مدلسازی منابع ترافیکی: روش جریان داده، روش های MMPP، برهم نهی چند MMPP، MMBP، MAP، D-BMAP و کاربرد آنها در مدلسازی صوت، ویدئو و سایر ترافیک های داده

مقدمه ای بر تحلیل کنترل دسترسی و پذیرش: تحلیل کنترل دسترسی منابع ON-OFF براساس تحلیل جریان داده، تحلیل MMPP، تحلیل تقریبی

مقدمه ای بر نظریه حساب شبکه

مقدمه ای بر روش محاسبه پهنای باند موثر شبکه

مقدمه ای بر مهندسی ترافیک در MPLS

مراجـع :

1. K. Kant, Introduction to Computer System Performance Evaluation, McGraw-Hill. 1992
2. W. J. Stewart, Probability, Markov Chains, Queues and Simulation: the Mathematical Basis of Modeling, Princeton Univ. Press, 2009.
3. M. Schwartz, Broadband Integrated Networks, Pearson, 2008.
4. G. Latouche, V. Ramaswami, Introduction to Matrix Analytic Methods in Stochastic Modelling, SIAM, 1991
5. R. Jain, The Art of Computer System Performance Analysis, Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling", Wiley 1991

ارتباطات چند رسانه‌ای
Multimedia Communications

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با مفاهیم اصلی، انواع روشهای فشرده سازی، استانداردهای بین‌المللی و همچنین بسترهای ارتباطی در سیستم های چندرسانه‌ای می باشد.

شرح درس :

- مفاهیم پایه
- ضرورت فشرده سازی داده های چند رسانه ای
- تاریخچهٔ فشرده‌سازی داده
- دسته بندی روشهای فشرده سازی
- معیارهای ارزیابی کارایی روشهای فشرده سازی
- انواع افزونگی و روشهای کاهش آنها
- چندی سازی برداری، فشرده سازی در حوزه تبدیل
- کدک‌های استاندارد فشرده سازی تصویر شامل JPEG، JPEG-LS، JPEG2000
- بررسی انواع فریم های ویدیو، انواع ماکرو بلاک‌ها و الگوریتم های تخمین و جبران حرکت
- کدک‌های استاندارد فشرده سازی ویدیو شامل MPEG، MPEG-2/H.262 ، H.264/MPEG-4، H.265/HEVC
- سرویس ها و پروتکل های شبکه چند رسانه ای
- توزیع محتوای چندرسانه ای در اینترنت
- چند رسانه‌ای در شبکه های موبایل و بی‌سیم
- بازیابی و اشتراک گذاری اطلاعات چند رسانه ای

مراجــع :

1. K. Sayood, Introduction to Data Compression, 5th ed., Morgan Kaufmann ,2017.
2. Z-N. Li, M. S. Drew, J. Liu, Fundamentals of Multimedia, 3rd ed., Springer, 2021.

R. Steinmetz, Multimedia: Computing Communications & Applications, Pearson, 2012

الگوریتم‌های شبکه
Network Algorinthms

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته **همنیـــــاز:** -

هــدف: توصیف و تحلیل اصول و الگوریتم‌های مطرح در مسیردهی و سوئیچینگ بسته‌ای شبکه‌ها

شرح درس:

اصول و مدل‌ها

پیش رانش (Forwarding): انطباق دقیق، جستجوی IP، طبقه‌بندی

سوئیچ کردن: IQ،CIOQ، DSM، ساخت سوئیچ

کیفیت سرویس: Token bucket، WFQ، DRR، Choke، AFD

کنترل ازدحام: TCP-RED، QCN، DCTCP

اندازه‌گیری و امنیت: شمارش گره‌های آمارگان، نمونه‌برداری و نگهداری، تله‌فیل، آشکارسازی کرم

مراجــع:

1. G. Varghese, J. Xu, Network Algorithmics: An Interdisciplinary Approach to Designing Fast Networked Devices, 2nd ed., Morgan Kaufmann, 2022.
2. K. Erciyes, Complex Networks: An Algorithmic Perspective, CRC Press, 2014.
3. D. Medhi, K. Ramasamy, Network Routing: Algorithms, Protocols, and Architectures, 2nd ed., Morgan Kaufmann, 2017.

طراحی شبکه‌های مخابراتی
Design of Communication Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز: شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته **همنیـــــاز:** -

هـــدف: آشنایی با اهداف، چالش‌ها و راه‌کارهای طراحی شبکه‌های مخابراتی بهنیه

شرح درس:

مقدمه: انگیزه‌های طراحی، فرآیند طراحی، مدل‌ها و الگوریتم‌ها

شبکه‌ها و شارش‌ها: مفاهیم پایه، نمایش‌های شبکه، پیوستگی گراف، کوتاه‌ترین مسیرها، بیشترین شارش‌ها

نظریه پیشرفته شارش: چند پایانه‌ای، کمترین هزینه، چند کالایی

طراحی توپولوژیکی: توابع هزینه و مسیردهی، توپولوژی‌های حلقه، توپولوژی‌های تصادفی شده، تخصیص منابع

فرآیند تصادفی و صف‌ها: ترافیک و انسداد، تحلیل زنجیره مارکف، رابطه ارلانگ و تعمیم بخشی‌ها، نظریه سرریز

شبکه‌های با بسته ساده: مسیردهی، تخصیص منابع، بهینه‌سازی شارش، شبیه‌سازی با بسته‌های عام

شبکه‌های بسته‌ای با کنترل شارش: کنترل شارش و کنترل ازدحام، صف مسدود شده، TCP

پهنای باند موثر: سرویس‌های باند وسیع، صف‌ها در شبکه‌های چند خدمتی

سیستم‌های چند خدمتی: انواع، تحلیل

شبکه‌های ماندگاری پذیر

مراجـع:

1. C. Larsson, Design of Modern Communication Networks: Methods and Applications, Academic Press, 2014.
2. P. Oppenheimer, Top- Down Network Design, 3rd ed., Cisco Press, 2010.
3. M. Thomatis, Network Design Cookbook, **2nd ed.,** lulu.com, 2019.

برنامه نویسی شبکه
Network Programming

تعداد واحد :۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

شرح درس :

مقدمه‌ای بر شبکه‌ها : مدل TCP/IP، برنامه‌های کاربردی شبکه

برنامه نویسی Sokcket : برنامه‌نویسی TCP و UDP، معماری و برنامه‌نویسی خدمت‌جو/خدمت‌رسان، برنامه‌نویسی پیشرفته، Chat Client & Server (Example)

مباحث سرور مشتری

کاربردهای عمومی : Telent، FTP، Email، WWW

پروتکل HTTP : GET- POST- PUT- HEAD

پروتکل‌های برنامه نویسی شبکه: مدل‌های پیشبرد در برنامه‌نویسی Web، واسط دروازه مشترک (Common Gateway Interface (CGI))، مدل سازی و برنامه‌نویسی J2EE، برنامه‌نویسی Net

کار با یک سرور وب به عنوان یک مرورگر

کار با یک مرورگر استاندارد وب به عنوان یک سرور وب

مبانی HTML : فرمت پایه، بر چسب‌های مهم، صفحه رو

پردازش فرم : معرفی CGI (C &perl)، پروتکل خروجی، پردازش ورودی، بکارگیری متغیرهای محیطی

برنامه‌های سمت کاربر: Javascript، VBScript، Document Elements، DHTML

برنامه‌های سمت سرور : ASP (Built-in Objects، پاسخ، تقاضا، سرور، نشست، کاربرد)، اتصال به پایگاه‌های داده، اجزاء قابل نصب برای ASP (AdRotator، تقویم، دسترسی پوشه)، کار با Interdev (ASPX، رفع عیب، ...)، PHP (مرجع زبان، ابژه‌های پایه)

موارد امنیتی در برنامه‌نویسی شبکه: نفوذ،تایید، امنیت وب

معرفی CMS ها مهم و استفاده از آنها در توسعه وب سایتهای سازمانی

معرفی فناوری های جدید برنامه نویسی وب در هر دو سمت Djungo ، react ، AJAX و ...

معرفی وب سرویس و نحوه استفاده از آنها

معرفی مولفه‌های کار با پایگاه داده

معرفی ابزارهای تولید برنامه وب در تلفن های همراه

مراجـع :

1. I. S. Graham, HTML 4.0 Sourcebook, Wiley, 1998.
2. E. E. Kim, CGI Developer's Guide, Sams Publishing, 1996.
3. R. McDaniel, CGI Manual of Style, Ziff- Davis Press, 1996.
4. M. Reynolds, J. Honeycutt, Special Edition Using Jscript, Que Pub., 1996.
5. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6th ed., Pearson, 2020.

مدل‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه
Network Modeling and Performance Evaluation

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : -　　**همنیـــــاز :** **شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته**

هــدف : آشنایی با مفاهیم و موضوع‌های کلیدی تکنیک‌های شبیه‌سازی و مدل‌سازی سیستم‌های وقایع گسسته برای ارزیابی عملکرد شبکه‌ها

شرح درس :

مقدمه : شبیه‌سازی (مزایا و معایب)، حوزه‌های تحقیق، سیستم‌های پیوسته و گسسته، مدل سیستم، شبیه‌سازی سیستم‌های صف، مفاهیم شبیه‌سازی وقایع گسسته، الگوریتم شبیه‌سازی زمانبندی وقایع، روش‌های پردازش لیست

نرم افزارهای شبیه‌سازی : تاریخچه، آشنایی با شبیه ساز OPNET، NS2، ....

مدل‌های ریاضی و آماری : مدل‌های آماری، فرآیندهای پواسون غیر ایستان و توزیع‌های تجربی، مدل‌های صف، شبکه‌های صف، اندازه‌گیری حالت دائمی عملکرد سیستم‌های صف، روش‌های اندازه‌گیری داده

تولید اعداد تصادفی : خواص اعداد تصادفی، تکنیک‌های تولید اعداد شبه تصادفی شامل روش LCG و Tausworthe و ... ، آزمون‌های بررسی مولدهای اعداد شبه تصادفی شامل آزمون بررسی یکنواخت بودن اعداد، همبستگی اعداد

تولید اعداد تصادفی با توزیع دلخواه : روش معکوس_تبدیل، تولید اعداد تصادفی با توزیع های نمایی/ویبول/... و توزیع‌های پیوسته بدون فرم بسته معکوس تابع توزیع، تولید اعداد تصادفی با توزیع‌های گسسته، روش پذیرش_مردود، تبدیل مستقیم برای تولید اعداد تصادفی با توزیع نرمال و لاگ نرمال، و...

تحلیل داده‌های شبیه‌سازی : مدل‌سازی ورودی، بررسی مدل‌های ترافیک داده‌های شبکه (متن، صوت و ویدیو)، جمع آوری داده، تخمین پارامتر، آزمون مطلوبیت پردازش(Goodness-of-Fit)، مدل سری زمانی، روش NORTA

تحلیل داده خروجی شبیه‌سازی : ممیزی مدل شبیه‌سازی، بررسی اعتبار مدل شبیه‌سازی، تخمین بازه اطمینان، تخمین بازه ریسک، تحلیل خروجی برای پایان دادن شبیه‌سازی، بررسی تعداد اجراء مورد نیاز شبیه‌سازی، تکنیک‌های کاهش واریانس و مقایسه مدل دو سیستم و ...

موضوع‌های انتخابی پیشرفته : شبیه‌سازی وقایع نادر، مدل‌سازی عملکرد براساس شبکه پتری، مدل‌سازی بر اساس شبکه‌های صف فرم حاصل‌ضربی، بهینه‌سازی از طریق شبیه سازی، شبیه‌سازی پروتکل‌های TCP، لایه MAC و ...

مراجــع :

1. J. Banks, J. Carson, B. Nelson, Discrete-Event System Simulation, 5th ed., Prentice- Hall, 2009.
2. R. Jain, The Art of Computer System Performance Analysis, Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling, Wiley, 1992.
3. K. Kant, M. M. Srinivasan, Introduction to Computer System Performance Evaluation, McGraw-Hill, 1992.
4. P. J. Fortier, H. E. Michel, Computer Systems Performance Evaluation and Prediction, Elsevier, 2003.
5. L. Eeckhout, Computer Architecture Performance Evaluation Methods, Morgan & Claypool Publishers, 2010.

نظریه صف
Queueing Theory

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : فرآیندهای تصادفی　　**همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنایی با نظریه‌های کلاسیک و پیشرفته صف

شرح درس :

مرور فرآیندهای تصادفی : فرآیند پوآسن، زنجیره‌های مارکوف زمان گسسته و زمان پیوسته، فرآیند تولد و مرگ

نظریه کلاسیک صف : مدل‌ها و نامگذاری‌ها، قانون Little، صف M/M/1، مدل‌های صف مارکوفی، وارون پذیری در شبکه‌های صف، رویکردهای کلی مسیردهی، تحلیل صف M/G/1

شبکه‌های چند طبقه : مدل های صف شبکه جکسون و Kelly، مدل‌های پویایی شبکه صف چند طبقه باز، ضوابط خدمت، معادلات ترافیک، نظم FIFO، اولویت و شبکه‌های اشتراک پردازنده، شبکه‌های سیال (معادلات مدل سیال، تقریب‌ها، محدودیت‌ها، پایداری)، تحلیل پایداری، تحلیل ظرفیت، شبکه‌های پایدار ساز، شبکه‌های با زمان برقراری (Setup Time)، شبکه‌های سیال تخلیه بهینه

مراجــع :

1. J. Medhi, Stochastic Models in Queuing Theory, 2nd ed., Academic Press, 2002.
2. R. W. Wolff, Stochastic Modeling and the Theory of Queues, Pearson,1989.

J. G. Dai, M. Harrison, Processing Networks: Fluid Models and Stability, Cambridge University Press, 2020

محاسبات ابری
Cloud Computing

تعداد واحد :3 (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** -

هــدف : آشنا ئی تخصصی با مفاهیم، نحوه شکل‌گیری، سازمان‌دهی لایه‌های فیزیکی، انواع سرویس‌های قابل ارائه روی ابرها ، بویژه در پردازش توزیع‌شده داده‌های حجیم، و چالش‌های مربوطه

شرح درس :

- **بسترهای ابری و ویژگی‌ها و چالش‌ها**: انواع سرویس‌دهی ابری و معرفی ارائه‌دهندگان شاخص خدمات ابری
- **الگوریتم‌های زیرساختی**: همزمانی، انتخاب و توافق همراه با بررسی مثالهایی از ابزارهای مربوطه مانند Chubby و Zookeeper
- **ساختار و شبکه زیرساخت مراکز داده**: ساختار فیزیکی ،ترافیک، مسیریابی و کنترل ازدحام، مجازی‌سازی شبکه و استفاده از SDN در مدیریت
- **مجازی‌سازی**: انواع مجازی‌سازی و نحوه پیاده‌سازی آنها، ابزارها (مانند Xen،LXC، Docker و Kubernetes)
- **ذخیره‌سازهای بسترهای ابری**: فایل سیستم‌ها (مانند NAS،SAN، GPFS، GFS و NFS)، پایگاه‌داده های NoSQL و ویژگی‌های آنها، OLTP،BigTable، MegaStore
- **کاربردهای کلاد**: مفاهیم Workflow، بررسی معماری Hadoop، MapReduce ، برنامه نویسی MapReduce، معرفی اکوسیستم هدوپ، مفاهیم جریان داده، برنامه‌نویسی storm، برنامه‌نویسی Spark Streaming، معرفی و معماری اسپارک

مراجــع :

1. D. C. Marinescu, Cloud Computing: Theory and Practice, 3rd ed., Morgan Kaufmann, 2022.
2. A. Holmes, Hadoop in Practice, 2nd ed., Manning, 2014.
3. Basic or Recent Scientific Publications

شبکه‌های مخابرات نوری
Optical Communication Networks

تعداد واحد : ۳ (نظری)

پیشنیـــــاز : - **همنیـــــاز :** شبکه‌های کامپیوتری

هـــدف : آشنایی با مفاهیم، موضوعات، مدل، اجزاء و معماری شبکه‌های مخابرات نوری

شرح درس :ب

مقدمه : مرور مبانی، چشم اندازها و چالش‌های شبکه‌های نوری

مرور فناوری نوری : اصول فیبر نوری، مخابرات فیبر نوری و فضای آزاد

دسترسی چندگانه : TDMA، WDMA، SCMA، CDMA، SONET/SDH، CWDM/DWDM، WDMA/TDMA ترکیبی

فناوری‌ها/ افزاره‌ها : افزاره‌های نوری، مالتی‌پلکسرهای اضافه/ حذف، اتصال‌های متقابل، کلیدها، ...

مهندسی سیستم‌های انتقال : مدل‌سازی، جریمه توان، اتلاف، پخش، اثرات غیرخطی فیبر نوری، همگویی، اغتشاش پایداری طول موج

انتقال بسته (IP) در شبکه نوری : SONET/SDH، ATM، DWDM، MPLS، QMOLS

کلیدزنی نوری : معماری، فوجی، بسته‌ای فوتونیک

معماری‌های شبکه‌های نوری : غیرفعال، محوطه محلی، دسترسی و حمل، فراگیر (All)

مدیریت، کنترل و بقاء : مباحث اصلی، محافظت و بازگشت به حالت اول

مراجـع :

1. B. Mukherjee, Optical DWM Networks, Springer, 2006.
2. R. Ramaswami, K. Sivarajan, G. Sasaki, Optical Networks: A Practical Perspective, 3rd ed., Morgan Kaufmann, 2009.
3. L. Ruan, D- Z Du(eds), Optical Networks- Recent Advances, Springer, 2011.