



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- افزاره های میکرو و نانو الکترونیک، ۳- سیستم های الکترونیک دیجیتال، ۴- سیستم قدرت، ۵- الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی، ۶- برنامه ریزی و مدیریت سیستم های 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- شبکه های مخابراتی

#### گرایش های دکتری تخصصی

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

گروه فنی و مهندسی

پیشهادی کارگروه تخصصی مهندسی برق



پایه

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 و ماشین‌های  
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)

نوع مصوبه: بازنگری

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

زیر گروه تحصیلی: مهندسی برق

پیشنهادی: کار گروه تخصصی مهندسی برق



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 و ماشین‌های 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 مهندسی برق گرایش های ۱- مدارهای مجتمع الکترونیک، ۲-  
افزاره‌های میکرو و نانو الکترونیک، ۳- سیستم‌های الکترونیک دیجیتال، ۴- سیستم‌های قدرت، ۵- الکترونیک قدرت و ماشین‌های  
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 قاسم عموعابدینی  
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

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

دوره تحصیلی: تحصیلات تکمیلی  
( کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی )

نام رشته: مهندسی برق

نوع مصوبه: بازنگري

گروه: فنی و مهندسی

کارگروه تخصصی: مهندسی برق

برنامه درسی بازنگري شده دوره تحصیلات تکمیلی مهندسی برق ( کارشناسی ارشد ناپیوسته در گرایش های ۱- مدارهای مجتمع الکترونیک ۲- افزاره های میکرو و نانو الکترونیک ۳- سیستم های الکترونیک دیجیتال ۴- سیستم قدرت ۵- الکترونیک قدرت و ماشین های الکتریکی ۶- برنامه ریزی و مدیریت سیستم های 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- شبکه های مخابراتی و دکتری تخصصی در گرایش / تخصص های ۱- الکترونیک ۲- قدرت ۳- کنترل ۴- مخابرات سیستم ۵- مخابرات میدان و موج ) در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی 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 می شوند قابل اجراء است.

**ماده دو-** این برنامه درسی جایگزین برنامه درسی تحصیلات تکمیلی مهندسی برق مصوب جلسه ۸۳۶

تاریخ ۱۳۹۲/۴/۱۶ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی می شود.

**ماده سه-** این برنامه درسی در سه فصل مشخصات کلی، جدول های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم

شده است و برای اجراء در دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می شود.

**ماده چهار-** این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجراء است و پس از

آن در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه نیاز به بازنگري دارد.



## فهرست

### عنوان

### صفحه

۱۰	مشخصات کلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی برق
	مشخصات کلی دوره کارشناسی ارشد
۱۲	تعریف و هدف
۱۲	نقش و توانایی
۱۲	طول دوره و شکل نظام
۱۲	تعداد واحدهای درسی و پژوهشی
۱۳	شرایط پذیرش
۱۴	برنامه دوره کارشناسی ارشد
۱۵	گرایش مدارهای مجتمع الکترونیک
۱۶	گرایش افزارهای میکرو و نانو الکترونیک
۱۸	گرایش سیستم‌های الکترونیک دیجیتال
۱۹	گرایش سیستم‌های قدرت
۲۱	گرایش الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی
۲۲	گرایش برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی
۲۳	گرایش سامانه‌های برقی حمل و نقل
۲۴	گرایش کنترل
۲۷	گرایش مخابرات میدان و موج
۲۸	گرایش مخابرات نوری
۳۰	گرایش مخابرات سیستم
۳۲	گرایش مخابرات امن و رمزنگاری
۳۳	گرایش شبکه‌های مخابراتی
۳۵	سمینار
۳۵	پایان‌نامه
	مشخصات کلی دوره دکتری
۳۷	تعریف و هدف
۳۷	نقش و توانایی
۳۸	شرایط پذیرش دانشجو
۳۸	طول دوره و شکل نظام
۳۸	مرحله آموزشی
۳۹	ارزیابی جامع آموزشی و پژوهشی
۳۹	مرحله تدوین رساله
۴۱	گرایش الکترونیک
۴۲	گرایش قدرت
۴۴	گرایش کنترل
۴۵	گرایش مخابرات (سیستم و میدان و موج)

دروس مرحله آموزشی دوره دکتری



## سرفصل دروس

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



۹۰	حفاظت پیشرفته سیستم‌های قدرت
۹۱	شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی
۹۲	کنترل توان راکتیو
۹۳	بررسی حالات گذرا در سیستم‌های قدرت
۹۴	بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت
۹۵	کیفیت توان
۹۶	سیستم‌های انتقال جریان متناوب انعطاف‌پذیر
۹۷	دینامیک سیستم‌های قدرت ۲
۹۸	اصول کنترل مدرن
۹۹	حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت
۱۰۰	فناوری عایق‌ها و فشارقوی
۱۰۱	تجدید ساختار در سیستم‌های قدرت
۱۰۲	تحلیل و محاسبه تلفات شبکه‌های برق
۱۰۳	الکترونیک قدرت ۱
۱۰۴	طراحی ماشین‌های الکتریکی
۱۰۵	الکترونیک قدرت ۲
۱۰۶	روش اجزاء محدود
۱۰۷	کنترل محرکه‌های الکتریکی
۱۰۸	ماشین‌های الکتریکی مدرن
۱۰۹	کنترل ماشین‌های الکتریکی
۱۱۰	طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت
۱۱۱	روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت
۱۱۲	طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی
۱۱۳	برنامه‌ریزی سیستم قدرت
۱۱۴	قابلیت اطمینان سیستم‌های انرژی الکتریکی
۱۱۵	انرژی‌های تجدیدپذیر
۱۱۶	مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی
۱۱۷	بهینه‌سازی سیستم‌های قدرت الکتریکی
۱۱۸	بازار برق
۱۱۹	تولید پراکنده
۱۲۰	مدیریت انرژی
۱۲۱	طراحی سیستم‌های برق خورشیدی
۱۲۲	طراحی سیستم‌های سلولی خورشیدی
۱۲۳	زیر ساخت‌های حمل و نقل برقی
۱۲۴	طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی
۱۲۵	سیستم‌های ذخیره‌کننده انرژی
۱۲۶	منابع تجدیدپذیر و شارژرها
۱۲۷	طراحی و کنترل محرکه‌های رانش
۱۲۸	دینامیک حرکت پیشرفته
۱۲۹	طراحی کنترل پیل‌های سوختی
۱۳۰	الکترونیک پاور در سیستم‌های شبکه‌سازی در حمل و نقل



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





۱۷۵	..... آنتن ۲
۱۷۶	..... روش‌های عددی در الکترومغناطیس
۱۷۷	..... مدارهای فعال ریزموج
۱۷۸	..... سازگاری الکترومغناطیسی
۱۷۹	..... پراکندگی امواج
۱۸۰	..... دایدهای گرین در الکترومغناطیس
۱۸۱	..... جنگ الکترونیک
۱۸۲	..... سنجش از دور
۱۸۳	..... فناوری ترانزیتور
۱۸۴	..... آنتن آرایه‌ای ریزنواری
۱۸۵	..... روش‌های مجانبی در الکترومغناطیس
۱۸۶	..... فرامواد
۱۸۷	..... آنتن‌های مدار چاپی
۱۸۸	..... فوتونیک
۱۸۹	..... موجبرهای نوری
۱۹۰	..... سیستم‌های مخابرات نوری
۱۹۱	..... لیزر
۱۹۲	..... نور فوریه
۱۹۳	..... نور غیرخطی
۱۹۴	..... ریزموج فوتونیک
۱۹۵	..... نورکوانتومی
۱۹۶	..... مکانیک کوانتومی
۱۹۷	..... فیبر نوری غیرخطی
۱۹۸	..... مدولاسیون نوری
۱۹۹	..... پردازشگرهای نوری
۲۰۰	..... مخابرات کوانتومی
۲۰۱	..... نانو فوتونیک
۲۰۲	..... نور آماری
۲۰۳	..... فوتونیک مجتمع
۲۰۴	..... فوتونیک محاسباتی
۲۰۵	..... مخابرات نوری ماهواره‌ای
۲۰۶	..... فرآیندهای تصادفی
۲۰۷	..... تئوری پیشرفته مخابرات
۲۰۸	..... پردازش سیگنال دیجیتال پیشرفته
۲۰۹	..... سیستم‌های مخابرات بی‌سیم
۲۱۰	..... شبکه‌های مخابراتی
۲۱۱	..... کد گذاری کانال
۲۱۲	..... کد گذاری کانال پیشرفته
۲۱۳	..... تئوری اطلاعات
۲۱۴	..... تئوری اطلاعات پیشرفته
۲۱۵	..... پردازش کفیلر
۲۱۶	..... پردازش تصویر



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



# مشخصات کلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی



## مشخصات کلی دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی برق

### مقدمه:

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 می‌تواند 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 و استفاده از فناوری پیشرفته را ایجاب می‌نماید. در این راستا، اجرای هر پروژه، در مراحل مختلف مطالعات اولیه، طرح، اجرا و کنترل پیشرفت، نیازمند برنامه‌ریزی 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 جذب 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.

نظر بر اینکه برنامه تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی برق بادر نظر گرفتن آئین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی تدوین و بازنگری شده است، از ذکر مواد و تبصره‌های مندرج در آن آئین‌نامه خودداری شده است. تأکید می‌نماید که دروس تخصصی تحصیلات تکمیلی با عناوین و محتوای یکسان در دوره‌های 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 ارشد





## دوره کارشناسی ارشد

### 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 برنامه ریزی، مدیریت، طرح و پیاده کردن سیستم‌ها و طرح و ساخت افزارها 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 در ۳ 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



#### ۴-۱- 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:

۵-۱- 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.

۵-۲- 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.

۵-۳- زبان خارجی:

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

۵-۴- سوابق تحصیلی و علمی:

دانشکده/گروه آموزشی، در چارچوب ضوابط، امتیاز سوابق تحصیلی و علمی واجدین حد 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 ارشد



# ۱) گرایش مدارهای مجتمع الکترونیک

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فیزیک الکترونیک	۳
۲	الکترونیک ۳	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
۱-۳	آزمایشگاه تخصصی	۳
۳	مباحث ویژه	۳
۳	مباحث ویژه	۳
۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۶	دروس تخصصی 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	الکترونیک ۳	۳

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	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	ابرسانایی	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



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



### ۳) گرایش سیستم‌های الکترونیک دیجیتال

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سیستم‌های دیجیتال ۲ (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 تخصصی	۱-۳
۱۰	مباحث ویژه	۳
۱۱	مباحث ویژه	۳
۱۲	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۳	دروس تخصصی تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶



#### ۴) گرایش سیستم‌های قدرت

الف) دروس جبرانی: ۲ درس از ۳ درس

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

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت ۱	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 قدرت ۲	۳
۷	اصول کنترل مدرن	۳
۸	حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت	۳
۹	فناوری عایق‌ها و فشارقوی	۳
۱۰	جدید ساختار در سیستم‌های قدرت	۳
۱۱	تحلیل و محاسبه تلفات شبکه‌های برق	۳
۱۲	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۳	آزمایشگاه تخصصی	۱-۳
۱۴	مباحث ویژه	۳

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



## ۵) گرایش الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی

الف) دروس جبرانی: ۲ درس از ۳ درس

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

ب) دروس تخصصی الزامی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	الکترونیک قدرت ۱	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 قدرت ۲	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 تخصصی	۱-۳
۸	مباحث ویژه	۳
۹	مباحث ویژه	۳
۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۶	دو دوازدهم تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶





## ۶) گرایش برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های انرژی الکتریکی

الف) دروس جبرانی: ۲ درس از ۳ درس

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	ماشین‌های الکتریکی ۳	۳
۲	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲	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 تخصصی	۱-۳
۹	مباحث ویژه	۳
۱۰	مباحث ویژه	۳
۱۱	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۱۲	دو درس تخصصی 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 الکتریکی ۳	۳
۳	تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲	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 قدرت ۱	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 برگزینی 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 کنترل

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 غیر خطی	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 تخصصی

### 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 پذیر خطا	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

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

### 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 تخصصی	۱-۳
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
۳	معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی	۳
۳	برنامه‌ریزی خطی و غیر خطی	۳
۳	دینامیک سیستم‌ها	۳
۳	نظریه بازی‌ها	۳
۳	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 تخصصی	۱-۳
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	ریز موج و آنتن (ریز موج ۱)	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	ریز موج ۲	۳
۲	آنتن ۲	۳
۳	روش های عددی در الکترومغناطیس	۳
۴	مدارهای فعال ریز موج	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	پراکنندگی 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	روش های مجانبی در الکترومغناطیس	۳
۹	فرا مواد	۳
۱۰	آنتن های مدار چاپی	۳
۱۱	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱۱-۳	آزمایشگاه تخصصی	۱-۳
۳	مباحث ویژه	۳
۳	مباحث ویژه	۳
۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۶	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کمیته برنامه‌ریزی عتف	۶



## ۱۰) گرایش مخابرات نوری

الف) دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	میدان و امواج	۳
۲	ریزموج و آنتن (ریزموج ۱)	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	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 کوآتومی	۳
۶	مکانیک کوآتومی	۳
۷	فیبر نوری غیرخطی	۳
۸	مدولاسیون نوری	۳
۹	پردازش گرهای نوری	۳
۱۰	مخابرات کوآتومی	۳
۱۱	نانو فوتونیک	۳
۱۲	نور آماری	۳
۱۳	فوتونیک مجتمع	۳

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





## ۱۱) گرایش مخابرات سیستم

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	کد گذاری 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	فیترهای وقتی	۳

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



## ۱۲) گرایش مخابرات امن 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 تخصصی	۱-۳
۷	مباحث ویژه	۳
۸	مباحث ویژه	۳
۹	دروس تخصصی کارشناسی یا تحصیلات تکمیلی سایر رشته‌ها و گرایش‌ها	۶
۶	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	نظر به صف	۳
۹	مخاسبات ابری	۳
۱۰	شبکه‌های مخابرات نوری	
۱۱	دروس تخصصی انتخابی باقیمانده	۶
۱-۳	زمانی‌گاه تخصصی	

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



## سمینار:

- 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

## پایان‌نامه:

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 کمی 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 دکتری

### ۱. تعریف و هدف

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

۱. الکترونیک

۲. قدرت

۳. کنترل

۴. مخابرات سیستم

۵. مخابرات میدان و موج

محور اصلی فعالیت‌های 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 روش‌های 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 حوزه در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه، راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشد 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 مهندسين 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 در این 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 بگذارند. 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 و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی برق دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می‌باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آئین‌نامه 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.

تبصره:

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 آئین نامه مؤسسه برگزار می گردد شرکت نمایند. ارزیابی مرحله آموزشی بصورت کتبی و یا شفاهی برگزار شده و دانشجو حداکثر دو بار می تواند در ارزیابی جامع آموزشی و پژوهشی شرکت نماید.

## ۷. مرحله تدوین رساله

دانشجویان بعد از تصویب زمینه کلی تحقیقاتی خود می توانند فعالیت های پژوهشی خود را آغاز نمایند. دانشجویانی که در ارزیابی جامع پذیرفته می شوند، در مرحله تدوین رساله ثبت نام می کنند. سقف تعداد کل واحدهای پژوهشی که دانشجو در مرحله تدوین رساله اخذ می کند ۲۱ می باشد بنحوی که مجموع واحدهای درسی و پژوهشی از ۳۶ کمتر نباشد. تمدید مراحل آموزشی و پژوهشی با توجه به سنوات دانشجو و مطابق آئین نامه دکتری خواهد بود. ثبت نام و اخذ واحدهای پژوهشی لزوماً به معنی تصویب و قبول رساله نیست و ارزیابی رساله مطابق با ضوابط آئین نامه دوره دکتری انجام می شود.

### تبصره ۱

دانشجو موظف 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.

### تبصره ۲

- ا. پس از تأیید پیشنهاد رساله در کمیته مربوطه، دانشجو موظف 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 همه) از اساتید داخل و خارج از مؤسسه که توسط گروه تخصصی و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین شده است، ارائه می نماید.
- ج. توصیه می شود اعضاء حاضر در کمیته تخصصی بررسی و هدایت هر رساله از هیأت داوران آن رساله باشند.

تبصره ۳. تغییر استاد راهنما و یا موضوع رساله، تنها یک بار و با تصویب کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده امکان پذیر می باشد. بدیهی است سنوات تحصیلی دانشجو نباید از حداکثر مدت مجاز تجاوز کند.



#### تبصره ۴

پس از تکمیل و تدوین رساله در موعد تعیین شده و تأیید کیفیت علمی و صحت مطالب آن از طرف استاد راهنما، دانشجو موظف 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 می باشد که به تفکیک گرایش در جداول دروس آمده است. اخذ مجدد دروسی که دانشجو در یکی از مقاطع تحصیلی قبلی گذرانده است مجاز نیست و جزء واحدهای دوره محسوب نمی شود.



## 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	شبه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها	۳
۱۹	الکترونیک کوآنتومی	۳
۲۰	الکترونیک نوری	۳
۲۱	بلورهای فوتونی	۳
۲۲	ابرسانایی	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	ریزپردازنده پیشرفته	۳
۲۹	مدارهای واسط	۳
۳۰	شبکه‌های انتقال داده	۳
۳۱	مدارهای ASIC/FPGA	۳



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

## (۲) گرایش قدرت

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک سیستم‌های قدرت ۱	۳
۲	بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت	۳
۳	تنوری 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 قدرت ۲	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 قدرت ۱	۳
۱۸	طراحی ماشین‌های الکتریکی	۳
۱۹	الکترونیک قدرت ۲	۳
۲۰	روش اجزاء محدود	۳
۲۱	کنترل محرکه‌های الکتریکی	۳

۳	ماشین های الکتریکی مدرن	۲۲
۳	کنترل ماشین های الکتریکی	۲۳
۳	طراحی مبدل های الکترونیک قدرت	۲۴
۳	روش های نوین کنترل مبدل های الکترونیک قدرت	۲۵
۳	طراحی ماشین های الکتریکی خطی	۲۶
۳	برنامه ریزی سیستم قدرت	۲۷
۳	قابلیت اطمینان سیستم های انرژی الکتریکی	۲۸
۳	انرژی های تجدید پذیر	۲۹
۳	شبکه های هوشمند انرژی الکتریکی	۳۰
۳	مدیریت ساختاری و اقتصادی انرژی الکتریکی	۳۱
۳	بهینه سازی سیستم های انرژی الکتریکی	۳۲
۳	بازار برق	۳۳
۳	تولید پراکنده	۳۴
۳	تجدید ساختار در سیستم های قدرت	۳۵
۳	مدیریت انرژی	۳۶
۳	طراحی سیستم های برق خورشیدی	۳۷
۳	طراحی سیستم های سلولی خورشیدی	۳۸
۳	زیرساخت های حمل و نقل برقی	۳۹
۳	طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی	۴۰
۳	سیستم های ذخیره کننده انرژی	۴۱
۳	منابع تغذیه و شارژرها	۴۲
۳	طراحی و کنترل محرکه های رانش	۴۳
۳	دینامیک حرکت پیشرفته	۴۴
۳	طراحی و کنترل پیل های سوختی	۴۵
۳	الکترونیک خودرو و شبکه سازی در حمل و نقل برقی	۴۶
۳	مبدل های الکتریکی توان بالا	۴۷
۳	بهره برداری و مدیریت سامانه های برقی حمل و نقل	۴۸
۳	مدیریت توان در وسائط نقلیه برقی	۴۹
۳	مباحث ویژه	۵۰
	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته ها و گرایش ها با تأیید گروه آموزشی	۵۱
	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه ریزی عتف	۵۲



### ۳) گرایش کنترل

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 پذیر خطا	۳
۱۱	ریاتیک	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	پژوهانه‌ریزی خطی و غیر خطی	۳
۲۹	بویایی سیستم‌ها	۳
۳۰	نظریه بازی	۳
۳۱	مهندسی تحلیل ریسک و عدم قطعیت	۳



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

#### 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	ریزموج ۲	۳
۴	آنتن ۲	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	آنتن آرایه‌ای 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	نور فواریه	۳
۲۳	نور غیرخطی	۳





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



۳	پیچیدگی محاسبات	۵۹
۳	پروتکل های امن در شبکه	۶۰
۳	سیستم های تشخیص نفوذ	۶۱
۳	شبکه های کامپیوتری پیشرفته	۶۲
۳	مدیریت شبکه	۶۳
۳	سوئیچ و مسیریاب در شبکه	۶۴
۳	شبکه های مخابرات بی سیم	۶۵
۳	کنترل ترافیک در شبکه های مخابراتی	۶۶
۳	مهندسی ترافیک در شبکه های مخابراتی	۶۷
۳	ارتباطات چند رسانه ای	۶۸
۳	الگوریتم های شبکه	۶۹
۳	طراحی شبکه های مخابراتی	۷۰
۳	برنامه نویسی شبکه	۷۱
۳	مدل سازی و ارزیابی عملکرد شبکه	۷۲
۳	نظریه صف	۷۳
۳	محاسبات ابری	۷۴
۳	شبکه های مخابرات نوری	۷۵
۳	مباحث ویژه	۷۶
	دروس تحصیلات تکمیلی سایر رشته ها و گرایش ها با تأیید گروه آموزشی	۷۷
	دروس تحصیلات تکمیلی مصوب دانشگاه با اطلاع کارگروه برنامه ریزی عتف	۷۸



# سر فصل دروس



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

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** ارائه اصول طراحی مدارهای مجتمع خطی آنالوگ در فناوری CMOS

**شرح درس:**

مقدمه: آشنایی با فناوری CMOS

طراحی مدارهای پایه

آشنایی با ابزارهای طراحی مدار

باسخ 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

**مراجع:**

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



# تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم رسانا

## Theory and Manufacturing Technology of Semiconductor Devices

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

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

**شرح 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 تمیز کاری قطعه) برای تولید افزاره‌های نیم رسانا

لیتوگرافی

رشد اکسید حرارتی و خواص و مشخصه‌یابی آن

نفوذ آلاینده‌ها

کاشت یونی

پلازما 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 کرین مانند گرافن و غیره

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2011.
3. S. A. Campbell, Fabrication Engineering at the Micro and Nanoscale, 4<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2012.
4. R. C. Jaeger, Introduction to Microelectronic Fabrication, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2013.



## مدارهای مجتمع فرکانس رادیویی Radio Frequency Integrated Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: مدارهای مجتمع خطی

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

**شرح درس:**

مقدمه: مبانی مخابرات بی‌سیم و طراحی سیستم RF

معماری‌های گیرنده/فرستنده

مبانی طراحی مدار RF

تقویت‌کننده‌های فرکانس بالا و میکسرها

نوسانگرها

سنتز کننده‌های فرکانس و مدارهای دیجیتال فرکانس بالا

تقویت کننده‌های توان

**مراجع:**

1. T. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge, 2003.
2. B. Razavi, RF Microelectronics, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson, 2011.
3. D. Pozar, Microwave, RF Design of Wireless Systems, Wiley, 2000.
4. M. Steer, Microwave and RF Design: Radio Systems, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Artech, 2010.



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

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: مدارهای مجتمع خطی

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

شرح 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

مراجع:

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



## مبدل های داده مجتمع (A/D، D/A) Integrated Data Converters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** بررسی اصول، ساختارها و محدودیت های مبدل های A/D، D/A مجتمع بعنوان واحدهای واسط های مابین سیستم های آنالوگ و دیجیتال

**شرح درس:**

مقدمه: کاربردها، معیارهای ارزیابی (پویا و ایستادن)

مدارهای نمونه بردار و نگهدارنده (Sample & Hold) و پارامترهای ارزیابی آنها

ساختارهای مختلف مبدل های D/A: استفاده از مراجع ولتاژ، جریان، بار الکتریکی، تأثیر عملکرد عناصر سوئیچ، بررسی حالت های غیر ایده ال

ساختارهای مختلف مدارهای A/D: Flash، Two-Step، Pipeline، Interleaved، ...، بررسی حالت های غیر ایده ال (تأثیر مقادیر غیر خطی خازن ها، Kickback Noise، Clock Jitter، ...)

مبدل های بیش نمونه بردار: مدولاسیون سیگما-دلتا، شکل دهی نویز، خطای چندی سازی، فیلترهای درون یابی و چند-یکی (Decimation)

افزایش دقت مدارهای مبدل، حذف افسست، کالیبراسیون

**مراجع:**

1. B. Razavi, Principles of Data Conversion System Design, Wiley- IEEE Press, 1995.
2. R. J. Baker, CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, 4<sup>th</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2019.
3. R. J. Baker, CMOS: Mixed- Signal Circuit Design, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2018.
7. G. Manganaro, Advanced Data Converters, Cambridge University Press, 2012.





## مدارهای مجتمع در کاربردهای نوری Integrated Circuits for Optical Applications

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: مدارهای مجتمع خطی

همین‌ا‌ز: -

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

**شرح درس:**

مقدمه: آشنایی با سیستم‌های گیرنده فرستنده نوری

افزاده‌های 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

**مراجع:**

1. B. Razavi, Design of Integrated Circuits for Optical Communications, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2010.
5. E. Sackinger, Broadband Circuits for Optical Fiber Communication, Wiley, 2005.



## VHDL

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی با توصیف‌های الگوریتمی، ساختاری و فیزیکی و سطوح سیستم، رجیستر، گیت، ترانزیستور و لی اوت در طراحی مدارهای الکترونیک دیجیتال

**شرح درس:**

آشنایی با زبان VHDL: معرفی کلی و ویژگی‌ها، ساختار کلی، مدل‌سازی عناصر الکترونیکی با استفاده از VHDL

طراحی در سطح الگوریتمیک: بررسی مسائل، استفاده از PMG، منطق چند حالتی، 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، ...

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

آشنایی با VHDL-AMS: دستورات VHDL-AMS و چگونگی مدل‌سازی مدارهای آنالوگ-دیجیتال

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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

روش شناسی طراحی برای هسته‌های منطقی: روند طراحی SoC، اصول کلی طراحی قابل استفاده، روند طراحی برای هسته‌های نرم،

روند طراحی برای هسته‌های سخت

روش شناسی 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

**مراجع:**

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 ریز موج Monolithic Microwave Integrated Circuits (MMIC)

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: مدارهای مجتمع خطی

همین‌ا‌ز: -

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

**شرح درس:**

مقدمه: آشنایی با MMIC

مرور مبحث میدان‌ها و امواج و خطوط انتقال

افزاده‌های فعال در فناوری MMIC

افزاده‌های غیر فعال ریز موج

ابزارهای طراحی

تقویت‌کننده‌ها

نوسانگرها

میکسرها

ضرب‌کننده‌ها و تقسیم‌کننده‌های فرکانس

سوئیچ‌ها، تضعیف‌کننده‌ها و تغییر دهنده‌های فاز

**مراجع:**

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



# الکترونیک لیزر

## Laser Electronics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: الکترونیک کوانتومی

**هدف:** آشنایی با نظریه لیزر 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 پرئودیک

تقویت کننده‌های نوری

نظریه نویز در سیستم‌های لیزری

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

**مراجع:**

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

پیشینـاز: مدارهای مجتمع خطی CMOS

همینـاز: -

**هدف:** 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، آبخاری تلسکوپی (Telescopic Cascode)، آبخاری 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

**مراجع:**

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



## مدارهای زیست الکترونیک Bioelectronic Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** 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 الکتربسته شیمیایی

**مراجع:**

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 Bioelectronics, Cambridge University Press, 2010.



## مدارهای مجتمع توان پایین Low Power Integrated Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. Wang, B. H. Calhoun, 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. Baschiroto, 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)

پیشنیاز: مدارهای مجتمع خطی

همنیاز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. M. Ghauri, 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)

پیشینـاز: مدارهای مجتمع خطی

همنیـاز: -

**هدف:** آشنایی با طراحی مدارهای تقویت کننده، نوسان ساز و ... مورد استفاده در سیستم‌های مخابراتی باند وسیع

**شرح درس:**

معرفی سیستم‌های پهن باند بی سیم

معرفی سیستم‌های پهن باند مخابرات نوری

روش‌های افزایش پهنای باند مدارها

طراحی تقویت کننده‌های پهن باند

طراحی نوسان‌سازهای پهن باند

مدارهای موج میلی متری

**مراجع:**

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)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** کسب شناخت عمیق از ساختار و رفتار افزاره‌های نیم‌رسانا

**شرح درسی:**

مرور فیزیک نیم‌رساناها

پیوندهای p-n دگر ساختاری

پیوندهای تونلی و مکانیسم تونل‌زنی

پیوندهای شاکلی 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 کوانتومی

افزاره‌های FinFET و چندگیتی

افزاره‌های نوری

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 2009.
6. S. M. Sze and M. K. Lee, Semiconductor Devices: Physics and Technology, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: فیزیک مدرن

همنیاز: -

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

نوری

**شرح درس:**

مقدمه: پیدایش الگوهای کوآنتومی

معادله‌ی موج شرودینگر

انتشار الکترون در ساختارهای چاه-کوآنتومی

حالت‌های ویژه، عمل‌گرها

نوسان‌گرهای هماهنگ

فرمیون‌ها و بوزن‌ها

اختلال مستقل از زمان

اختلال وابسته به زمان

تکانه‌ی زاویه‌ای و اتم هیدروژن

**مراجع:**

1. A. F. J. Levi, Applied Quantum Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 2006
2. D. K. Ferry, Quantum Mechanics: An Introduction for Device Physicists and Electrical Engineers, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2020.
3. D. J. Griffiths, D. F. Schroeter, Introduction to Quantum Mechanics 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: الکترومغناطیس

همنیاز: -

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

**شرح 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 نیم‌رساناها

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

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

آشکارسازهای نوری: جذب نور، فیزیک عملکرد، ساختار، مشخصات

سلول‌های خورشیدی: سازوکار، انواع ساختار، بازده و مشخصات

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson, 2013.
3. B. Pallab, Semiconductor Optoelectronic Devices, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice- Hall, 1998.
11. G. P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2010.



## بلورهای فوتونی Photonic Crystals

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: مکانیک کوانتومی

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

**شرح درس:**

انتشار امواج الکترومغناطیسی در محیط‌های ناهمگن

نظریه نواری 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 الکترونیک چند لایه

موجبرهای مسطح مبتنی بر بلورهای فوتونی

فیبرهای مبتنی بر بلورهای فوتونی

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

روش‌های عددی در تحلیل بلورها فوتونی نظیر FEM و FDTD

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

**مراجع:**

1. K. Sakoda, Optical Properties of Photonic Crystals, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2004.
2. J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, Photonic crystals: Molding the flow of light, 2<sup>nd</sup> 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, 8<sup>th</sup> ed., Wiley, 2018.
5. A. Yariv and P. Yeh, Optical Waves in Crystals, Wiley, 2002.



# ابر رسانایی Superconductivity

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترومغناطیس و مدارهای الکتریکی ۲

همین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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 و انواع ابررسانا

الکترومغناطیس ابررساناها و اثر مایزنر

پیوند جوزفسون و ساختارهای مبتنی بر SQUID

ساختارهای میکروویو ابررسانا

ساختارهای مغناطیسی مبتنی بر کابل‌های ابررسانا

تابش سنج‌ها و آشکارسازهای ابررسانا

محاسبات کوانتومی بر مبنای ابررسانایی

**مراجع:**

1. T. Van Duzer, C. W. Turner, Principles of Superconductive Devices and Circuits, Elsevier, 1981.
2. W. Buckel, R. Kleiner, Superconductivity: Fundamentals and Applications, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: الکترونیک کوآنتومی

همینااز: -

**هدف:** 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 میکروسکوپی

**مروری بر کوآنتوم الکترونیک و فزاتر 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 بس‌ذره‌ای و تقریب‌های تک‌ذره‌ای

**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 کربنی CNTs

**سیستم‌های کوآنتومی 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 ATK و Transiesta، چند شبیه‌سازی، لوله‌های نانو، نانو نوار گرافین و نانو مسفت

**مراجع:**

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, 8<sup>th</sup> 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)

پیشیناز: -

همینااز: -

**هدف:** 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 منبع نوز احتمالی (الکترونیک و بیولوژیک)

نانوبیوالکترونیک بر پایه پروتئین: قطعات شناسایی پروتئین، مروری بر تئوری و مکانیزم‌های انتقال بار در پروتئین‌ها، حسگری

الکتروشیمیایی آنزیم‌ها و پروتئین‌های احیا کننده، حسگرهای بیوالکتریکی بر پایه نانو ساختارها جهت تشخیص بیماری‌های پایه

پروتئینی، منابع نوز (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 غشای سلول

حسگر امپدانس سلولی ECIS: رفتار الکتریکی غشای 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 نوز 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 آنها در حسگری سلول و پروتئین

**مراجع:**

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, 8<sup>th</sup> ed., Freeman, 2021.



# مشخصه‌یابی مواد و افزاره‌های نیم‌رسانا Semiconductor Material and Device Characterization

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا

**هدف:** 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 (STM, AFM, SPM)

مشخصه‌یابی مبتنی بر تکنیک‌های نوری: میکروسکوپ‌های نوری، الیسومتری، طیف‌نگاری رامان، فوتولومینسانس

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

آنالیز قابلیت اطمینان و خرابی

**مراجع:**

1. D. K. Schroder, Semiconductor Material and Device Characterization, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2013.



# الکترونیک نوری پیشرفته Advanced Optoelectronics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترونیک نوری

همنیاز: -

**هدف:** 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 وینر، جذب و گسیل اکسایتونی

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

خواص الکترواپتیکی در نیم‌رساناها: اثر فرانز-کلدیش، اثر کوانتومی اشتراک

لیزرهای مخابراتی پیشرفته: تئوری بهره در لیزرهای نقطه و چاه کوانتومی، تئوری ترویج 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، آکوستوایپتیک، مگنتوایپتیک، مبتنی بر کاپلر

مدولاتورهای الکترواجذبی: مبتنی بر اثر فرانز-کلدیش، اثر کوانتومی اشتراک

آشکارسازهای نوری: فتوکنداکتور، فتودیود  $\text{pn}$ ،  $\text{pin}$ ،  $\text{APD}$ ،  $\text{MSM}$ ،  $\text{SAM-APD}$ ، مادون قرمز برد بلند، متوسط و نزدیک، مبتنی بر

نقطه کوانتومی QDIP و چاه کوانتومی QWIP، 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،  $\text{COMSOL}$ ،  $\text{PICS3D}$ ،  $\text{Rsoft}$ ،  $\text{Optiwave}$ ،  $\text{Silvaco}$

**مراجع:**

1. S. L. Chuang, Physics of Photonic Devices, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2009.
2. L. Coldren, C. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2012.
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6<sup>th</sup> ed., Oxford series, 2006.
4. P. Bhattacharya, Semiconductor Optoelectronic Devices, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: مکانیک کوآنتومی

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

جامدات

**شرح درس:**

نظریه درود درباره فلزات

نظریه زومفلد 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

فراوانی از تقریب زمان واهلش

**مراجع:**

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



## شبیه‌سازی خواص الکترونیکی نیم‌رساناها Simulation of Semiconductors Electronic Properties

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترونیک کوآنتومی

همین‌ااز: -

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

**شرح 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, Carlo)، محاسبه نیروهای بین اتمی و پیدا کردن ساختار اتمی با مینیمم انرژی، ماهیت پیوندهای شیمیایی بین اتم‌های همسان و غیر همسان

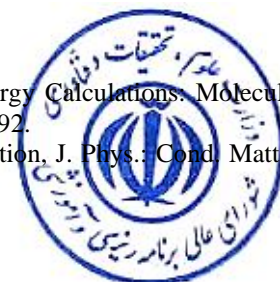
روش‌های حل معادله شرودینگر در سیستم‌های بس ذره‌ای: الکترون‌ها بعنوان ذرات همسان، تقارن تابع موج سیستم‌های بس ذره‌ای، اصل انحصار پائولی، نوارهای انرژی، تقریب Hartree- Fock، بررسی اتم هلیم، بسط تابع موج روی توابع پایه متفاوت، تابع موج تخت، مدارهای اسلاتر، توابع گوسی، اربیتال‌های عددی

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

پایاده‌سازی‌های مختلف DFT، نرم‌افزارهای کاربردی و کاربدها: پایاده‌سازی بر اساس موج‌های تخت (ABINIT, Quantum-Espresso)، پایاده‌سازی 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 مولکول-های  $C_nH_{2n+2}$ ,  $C_nH_{2n}$ ,  $C_nH_n$ )، سیستم‌های پایه کربنی (بررسی ساختارها و خواص الکترونیکی نانو لوله‌های کربنی، گرافین)

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 2002.
3. C. Kittel, Kittel's Introduction to Solid State Physics, 8<sup>th</sup> 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)

همینا: -

پیشینا: -

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

**شرح 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 توان 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

**مراجع:**

1. D. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective, 4<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice- Hall, 2004.



## ریز پردازنده پیشرفته Advanced Microprocessors

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: سیستم‌های دیجیتال ۲

همنیاز: -

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

**شرح درس:**

مقدمه

ساختار CPU در دهه ۹۰: Cache، ILP، روش‌های آدرس دهی، از Pentium تا سری PIII، پردازش آرایه‌ای، پردازش برداری، SIMD/MIMD، SSE، اتصال چندین CPU

ساختار CPU از سال ۲۰۰۰ به بعد: فناوری‌های Netburst، Multi-Core، Nehalem، از سری P4 تا سری i7، ریزپردازنده‌های Sandy Bridge (2011)، Ivy Bridge (2012)، Haswell (2013)

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

مفاهیم اساسی در طراحی سیستم‌های پیشرفته سخت افزاری: مقیاس پذیری، دسترسی پذیری، خوشه‌بندی (Clustering) و معرفی چندین نمونه Server

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

ساختار مراکز داده (Data Center)

رایانش ابری (Cloud Computing)

**مراجع:**

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



## مدارهای واسط Interface Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی و بررسی انواع باس های PC مانند PCI, AGP, USB و Firewire، اجزای جانبی کامپیوتر مانند هاردیسک، DC، DVD، ...

**شرح درس:**

انواع باس ها از قبیل PCI، PCI-X و AGP: سطوح مختلف، مقایسه از لحاظ پهنا و سرعت، پل ها، یک یا دو مثال واقعی، ویژگی ها، نحوه کارکرد، سیگنال ها و کاربردشان، مدهای انتقال، دستورات جدید، کاربردهای واقعی  
انواع ادوات ذخیره سازی اطلاعات شامل انواع Hard Disk، CD و DVD: ساختار، محاسبات زمان دسترسی، فرمت های کدگذاری، فرمت های فیزیکی و منطقی، اتصالات در انواع ادوات ذخیره سازی، ساختار داخلی در سطح واسط (واسط، ATA، SATA، در دیسک سخت)، مقدمه ای بر فناوری ساخت، فشرده سازی اطلاعات

USB: اهداف، ویژگی ها، واسط فیزیکی USB و سیگنال ها، پروتکل، انجام و کنترل انتقالات، کدگذاری داده  
Fire Wire: مقدمه ای از استاندارد IEEE 1394، معرفی سیگنال های واسطه ای مربوط به اطلاعات و کنترل، معرفی پروتکل و نحوه کار، پل، فرم بی سیم، مقایسه با USB

واسط های کاربری شامل نمایشگرهای LCD، صفحه ی کلید، چاپگر، موس: (در صورت امکان در سطح فناوری)، خواندن یا نوشتن اطلاعات و همچنین سیگنال های کنترلی، نحوه راه اندازی، امکانات سخت افزاری و نرم افزاری به منظور راه اندازی آسانتر

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> ed., 2019.





## شبکه‌های انتقال داده Data Transmission Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همین‌ا‌ز: مخابرات دیجیتال

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

**شرح 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 گینگایت)، 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 Diffserv، RSVP و MPLS، مبانی IP، ATM، QoS در ATM  
**لایه انتقال:** سرویس، اجزاء پروتکل‌ها، TCP، UDP، RTP/RTCP

**مراجع:**

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



## مدارهای ASIC/FPGA ASIC/FPGA Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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

**شرح درس:**

فناوری و طراحی مدارهای مجتمع دیجیتال و ویژه (ASIC)

راهبردهای پیاده‌سازی: ابزارهای طراحی، فرم‌های کاملاً ویژه و نیمه ویژه (Full Custom/Semi Custom)، پلتفرم‌های 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، جریان داده، 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 (Unfolding)، کمینه کردن تعداد ثبات‌ها، سیستم‌لیک

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

معماری‌های محاسباتی در سطح بیت: مدارها، سیستم نمایش اعداد و اثر آنها بر پیاده‌سازی، نمایش و محاسبات ممیز شناور، محاسبات زاید، جمع کننده‌ها، شیفت دهنده‌ها و مقایسه‌گرها، ضرب کننده‌های در سطح بیت و موازی محاسبات زاید

اثرات محدودیت پهنای بیت در سیستم

تکنیک‌های تبدیل الگوریتم‌های ممیز شناور به ممیز ثابت

طراحی فیلترهای دیجیتال خط لوله‌ای، موازی

طراحی توان پایین

پروژه

**مراجع:**

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)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** 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 کارایی 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 نظم OOE، پیش‌بینی پویای پرش‌ها، ارزشیابی ILP و OOE

تسلسل حافظه‌ها

تکنولوژی حافظه‌ها: سازمان حافظه Cache، سازمان حافظه مجازی

سیستم‌های چند پردازنده، موازی سازی

طرح‌های چند پردازنده‌ای: Multi-Threading, Hyper-Threading، حافظه مشترک و همگام کردن، شبکه کردن پرسورها

پردازنده و مدارهای میانجی

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

**مراجع:**

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



# پردازش گره‌های سیگنال‌های دیجیتال DSP Processors

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همین‌ا‌ز: ریزپردازنده

**هدف:** آشنایی با ساختارهای و توانایی‌های پردازش گره‌های دیجیتال مدرن

**شرح درس:**

مقدمه و تعاریف، طبقه‌بندی پردازش گره‌ها، جایگاه پردازش گره‌های سیگنال تاریخیچه و تکامل پردازش گره‌های سیگنال، معرفی و بررسی پردازش گره‌های سیگنال اولیه بررسی ساختار و اجزاء پردازش گره‌های 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 نکات آن‌ها روی ساختارهای پردازش گره‌های سیگنال مدرن با تاکید بر پردازش گره‌های ممیز ثابت و ممیز شناور خانواده‌ی C6000: فیلترهای FIR و IIR، Goertzel، FFT، 2DDCT، LPC، حذف نویز به روش LMS و ... بهینه‌سازی کد C، Assembly و Linear assembly برای پردازش گره‌های سیگنال مدرن با تاکید بر پردازش گره‌های ممیز ثابت و ممیز شناور خانواده‌ی C6000 طراحی سیستمی پردازش گره‌های خاص و تک منظوره (dedicated) برای مدارهای مجتمع طراحی سخت‌افزار سیستم‌های نهفته بر مبنای پردازش گره‌های سیگنال، مسائل طراحی سرعت بالا و mixed signal در سطح pcb ...

**مراجع:**

1. D. Liu, Embedded DSP Processor Design: Application Specific Instruction Set Processors, Morgan Kaufmann, 2008.
2. S. M. Kuo, B. H. Lee, W. Tian, Real-Time Digital Signal Processing: Fundamentals, Implementations and Applications, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed, 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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)

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 Tiler

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

کاربردهای واقعی: عددی، غیر عددی، چند رسانه‌ای

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 مسیرهاده

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 دینامیکی

DVSF، مدیریت حافظه، مدل حافظه

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

الگوریتم‌های طراحی و بهینه‌سازی: 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

**مراجع:**

1. E. A. Lee, S. A. Seshia, Introduction to Embedded Systems- A Cyber-Physical Systems Approach, 2<sup>nd</sup> ed., The MIT Press, 2017.
2. T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. E. Rivest, Introduction to Algorithms, 4<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Morgan Kaufmann Publishers, 2014.



# فناوری ساخت مدارهای دیجیتال

## Fabrication Technology of Digital Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. D. E. Thomas, P. R. Moorby, The Verilog Hardware Description Language, 5<sup>th</sup> ed., Springer, 2008.
2. A. Rabaey, A. Chandrakasan, B. Nikolic, Digital Integrated Circuits, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall, 2004.
3. N. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design A Circuits and Systems Perspective, 4<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Addison Wesley, 1994.
7. W. Wolf, Modern VLSI Design: A System Approach, Prentice Hall, 1994.
8. K. Eshraghian, Basic VLSI Design, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: ماشین‌های الکتریکی ۳

همنیاز: -

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

**شرح درس:**

تعاریف پایه پایداری

معرفی انواع پایداری در سیستم‌های قدرت

تقسیم بندی پایداری سیستم‌های 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 کنترل‌کننده‌های مرتبط

مدل‌سازی انواع گاورنر

مدل‌سازی مقدماتی توربین‌های بخار و آبی

نوسانات فرکانس پایین و طراحی پایدارساز سیستم قدرت

مقدمه‌ای بر پایداری ولتاژ

**مراجع:**

1. P. S. Kundur, O. P. Malik, Power System Stability and Control, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: سیستم‌های انرژی الکتریکی ۱

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با اصول بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت به‌ویژه از دیدگاه اقتصادی

**شرح 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

**مراجع:**

1. A.J. Wood, B. F. Wollenberg, G. B. Sheblé, Power Generation, Operation, and Control, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: ماشین‌های الکتریکی ۳

همین‌ا: -

**هدف:** آشنایی با عملکرد و تحلیل رفتار غیرماندگار ماشین‌های الکتریکی

**شرح 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 جریان مستقیم

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

**مراجع:**

1. P. Krause, O. Wasynczuk, S. Sudhoff, and S. Pekarek, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 3<sup>rd</sup> ed., IEEE Press, 2013.
2. P.S. Bimbhra, Generalized Theory of Electrical Machines, Khanna Pub., Delhi, India, 1989.
3. P. Krause, O. Wasynczuk, S. Pekarek, Electromechanical Motion Devices, 2<sup>nd</sup> ed., IEEE Press, 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 of Electric Machinery- Using MATLAB SIMULINK, Prentice Hall, 1998.



# توزیع انرژی الکتریکی

## Electric Energy Distribution

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

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

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

**شرح درس:**

ساختار شبکه‌های توزیع

مشخصه‌های بار

پیش‌بینی بار

برنامه‌ریزی و جابجایی پست‌های فوق توزیع

جابجایی پست‌های توزیع

خازن‌گذاری در شبکه‌های توزیع

حضور و جابجایی تولیدات پراکنده در شبکه توزیع

قابلیت اطمینان در سیستم‌های توزیع

بهره‌برداری شبکه‌های توزیع و مسائلی نظیر بازآرایی شبکه، بازیابی بار، جابجایی 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

**مراجع:**

1. A. A. Sallam, O. P. Malik, Electric Distribution Systems, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2018.
2. T. Gonen, Electric Power Distribution Systems, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2014.
3. A. S. Pabla, Electric Power Distribution, McGraw-Hill, 2005.
4. T. Gonen, Electric Power Distribution System Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., 2007.
5. J. M. Gers, E. J. Holmes, Protection of Electricity Distribution Networks, 3<sup>rd</sup> ed., IET, 2011.

۶. آنگلکو، 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)

پیشین‌از: حفاظت ورله

همین‌از: -

**هدف:** 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 و تنظیم 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

### مراجع:

1. W. A. Elmore, Protective Relaying: Theory and Application, 2<sup>nd</sup>ed., CRC Press, 2004.
2. S. H. Horowitz, and A. G. Phadke, Power System Relaying, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2014.
3. G. Ziegler, Numerical Distance Protection: Principles and Applications, 4<sup>th</sup> ed., Publicis, 2011.
4. J. M. Gers, E. J. Holmes, Protection of Electricity Distribution Networks, 4<sup>th</sup> 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)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با اهمیت، مبانی و روند هوشمندسازی شبکه‌های انرژی

### شرح درس:

مفاهیم اولیه و سیر تکاملی 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 کارایی 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

### مراجع:

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.
۵. شبکه‌های هوشمند و ریز شبکه‌ها، گ. قره‌پتیان، م. شاهیده‌پور، ب. ذاکر، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ سوم، ۱۴۰۰.



# کنترل توان راکتیو

## Reactive Power Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

پیشینااز: -

**هدف:** 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

جبران‌کننده‌های توان راکتیو

سرویس توان راکتیو به عنوان خدمات جانبی در بازار برق

جبران‌سازی در سیستم‌های انتقال در شرایط دینامیکی

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

پیشین‌ا‌ز: -

هدف: آشنایی با منابع ایجاد حالت‌های گذرا و روش‌های کنترلی انواع مبدل‌های  $ac/ac$ ,  $ac/dc$ ,  $dc/ac$ ,  $dc/dc$

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)

مراجع:

۱. ح. محسنی، مبانی مهندسی فشار قوی الکتریکی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۱.
۲. گ. قره پتیان، ه. علی‌پور، بررسی حالات گذرا توسط نرم‌افزار EMTP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۸.
3. J. P. Bickford, N. Millieux, J. R. Reed, Computation of Power System Transients, Inspec/ lee, 1980.
4. A. Greenwood, Electrical Transients in Power Systems, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., IET Press, 2019.





# بررسی احتمالی سیستم‌های قدرت Probabilistic Analysis of Power Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. G. J. Anders, Probability Concepts in Electric Power Systems, Wiley, 1990.
2. A. J. Conejo, M. Carri on, 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 15<sup>th</sup> Conference on System Modeling and Optimization, pp 963-969, Springer, 1992.



## کیفیت توان Power Quality

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترونیک قدرت ۱

همنیاز: -

**هدف:** 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 و لتاژ: منشاء، اثرات و تجهیزات بهبود دهنده

فلیکر و لتاژ: منشاء، اثرات و روش‌های جبران

نامتعادلی و لتاژ و جریان: منشاء آثار و راه حل‌های کاهش

اعوجاج و لتاژ و جریان (هارمونیک‌ها و میان هارمونیک‌ها): منشاء، آثار، شناسایی 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

**مراجع:**

۱. س.ح. حسینی، ت. نوری، م. فرهادی کنگرلو، کیفیت توان در شبکه‌های توزیع نیروی برق، نشر دانشجو، ۱۳۹۱.
2. H. W. Beaty, R. C. Dugan, S. Santoso and M. F. McGranaghan, Electrical Power Systems Quality, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: الکترونیک صنعتی

**هدف:** 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)

تنظیم‌کننده‌های زاویه فاز و ولتاژ استاتیک (شامل TCVR و TCPAR)

**مراجع:**

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, Springer, 2004.
4. E. Acha, C.R. Fuerte-Esquivel, FACTS Modelling and Simulation in Power Networks, Wiley, 2021.
5. X. P. Zhang, C. Rehtanz, B. Pal, Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2012.
6. B. R. Andersen, S. Nisson, Flexible AC Transmission Systems (FACTS), Springer, 2020.



## دینامیک سیستم‌های قدرت ۲ Power System Dynamics 2

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا‌ز: -

پیشنیاز: دینامیک سیستم‌های قدرت ۱

هدف: 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 زیرسکرون

بررسی مقدماتی پایداری میان‌مدت و بلندمدت

معرفی برخی از روش‌های بهبود انواع پایداری

مراجع:

1. P. S. Kundur, O. Malik, Power System Stability and Control, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley – IEEE Press, 2017.



## اصول کنترل مدرن Principles of Modern Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی با مفاهیم و روش های طراحی کنترل کننده در فضای حالت

**شرح درس:**

مقدمه: آشنایی با نمایش های خارجی و داخلی سیستم ها و مزایای نمایش فضای حالت، چند مثال عملی، تعاریف اولیه  
مروری بر مفاهیم جبر خطی و مدل سازی سیستم ها، خطی سازی ریاضی، عدم قطعیت در مدل سازی  
نمایش سیستم های خطی، جواب معادلات دیفرانسیل سیستم های خطی  
نمایش فضای حالت: انتخاب متغیرها، حل معادلات، روش های بدست آوردن ماتریس انتقال حالت، لاپلاس، حالت دینامیکی، روش  
هامیلتون، روش سیلوستر، تبدیل همانندی، قطری سازی، فرم کانونیکال جردن  
کنترل پذیری و رویت پذیری: تعاریف و شرایط کنترل پذیری و رویت پذیری، دوگانگی سیستم های خطی، کنترل پذیری خروجی و  
تابعی، ترکیب کانونیکال کالمن  
نظریه تحقق و پایداری: تحقق کاهش ناپذیر، تحقق سیستم های SISO، MISO، SIMO، تعاریف پایداری، پایداری درونی، پایداری  
BIBO، معادله ماتریسی لیاپانوف  
سیستم های کنترل فیدبک حالت: محاسبه بهره فیدبک حالت، سیستم های چند ورودی، اثرات فیدبک حالت، طراحی سیستم های  
ردیاب، روش های جایابی قطب، جایابی قطب برای سیستم های MIMO، رفع اغتشاش، فیدبک حالت با کنترل انتگرالی  
رویت گرهای حالت: ساختار و خواص رویت گرهای مرتبه کامل و مرتبه کاهش یافته، سیستم های کنترل فیدبک حالت با  
رویت گر، طراحی جایابی قطب با فیدبک خروجی، فیدبک حالت با رویت گر، قضیه جداسازی، فیدبک حالت با تخمین اغتشاش،  
عملکرد حلقه بسته  
آشنایی با کنترل بهینه: فیدبک حالت بهینه LQR، انتخاب بهره اعمالی، رویت گر حالت بهینه LQE، فیلتر کالمن

**مراجع:**

۱. ع. خاکی صدیق، اصول کنترل مدرن، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
۲. ح. ر. تقی راد، مقدمه ای بر کنترل مدرن، ویراست چهارم، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۹.
3. C. T. Chen, Linear System Theory and Design, 4<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2012.
4. W. L. Brogan, Modern Control Theory, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice-Hall, 1990.



## حفاظت دیجیتال سیستم‌های قدرت Digital Protection of Power Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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 دیجیتال، 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) در حفاظت

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

**مراجع:**

1. A. G. Phadke, J. S. Thorp, Computer Relaying for Power Systems, 2<sup>nd</sup> 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, 4<sup>th</sup> ed., Publicis, 2011.
4. A. G. Phadke, J. S. Thorp, Synchronized Phasor Measurements and Their Applications, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. H. M. Ryan, High Voltage Engineering and Testing, 3<sup>rd</sup>ed., IET, 2013.
2. J. Kuffel, E. Kuffel, W. S. Zaengl, High Voltage Engineering Fundamentals, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley-IEEE Press, 2014.
5. H. J. Koch, Gas Insulated Substations, 2<sup>nd</sup>ed., 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)

همین‌ااز: -

پیشین‌ااز: -

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

**شرح درس:**

آشنایی با ضرورت خصوصی سازی در صنعت برق، مبانی بازار برق و مدل‌های بازار  
مبانی اقتصاد انرژی، انواع قراردادهای انرژی  
روش‌های مختلف قیمت گذاری در شبکه‌های انتقال  
روش‌های مختلف قیمت گذاری در شبکه‌های توزیع و بازارهای محلی انرژی  
مدل سازی عرضه و تقاضا، الاستیسیته، پاسخگویی بار  
آشنایی با روشهای پیش بینی کوتاه مدت و بلند مدت تقاضا و قیمت انرژی در بازار برق  
عدم قطعیت در میزان تولید انرژی نیروگاه‌های بادی، خورشیدی و تقاضای انرژی و روش‌های مدل سازی آن  
مدل سازی ریسک در بازار  
روش‌های تسویه بازار  
آشنایی با قوانین، نظامنامه بازار برق ایران و نحوه اجرای بازار انرژی و رزرو  
برنامه ریزی توسعه تولید و انتقال در فضای تجدید ساختار یافته.

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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

پیش‌بینی 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

تأثیر تلفات در برنامه‌ریزی و بهره‌برداری شبکه برق

ارزش اقتصادی تلفات

**مراجع:**

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



# الکترونیک قدرت ۱

## Power Electronics I

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترونیک صنعتی

همین‌ااز: -

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

**شرح درس:**

مقدمه‌ی بر ادوات الکترونیک قدرت

مروری بر کلیدهای 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 بکارگیری فیلترهای مناسب و نحوه طراحی آنها

مبدل‌های AC/AC: شامل برشگرهای جریان متناوب و سیکلکانورترهای 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 و خروجی اینورتر به همراه کاربردهای صنعتی

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

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2010.
5. I. Boldea, S. A. Nasar The Induction Machines Design Handbook, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2010.
6. J. Pyrhonen, T. Jokinen, V. Hrabovcova, Design of Rotating Electrical Machines, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2017.
7. K. Hameyer, R. Belmans, Numerical Modelling and Design of Electrical Machines and Devices, WIT Press, 1999.



## الکترونیک قدرت ۲ Power Electronics II

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: الکترونیک قدرت ۱

**هدف:** مباحث تکمیلی در مبدل‌های الکترونیک قدرت به همراه کاربردهای صنعتی آنها و آمادگی برای انجام یک پروژه درسی مرتبط برای یک کاربرد مشخص

### شرح درس:

**مبدل‌های تشدید:** کلیدزنی نرم در ادوات نیمه هادی، کلیدزنی در صفر جریان، 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 تشدید:** 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 تشدید ZVS، کلیدهای تشدید با موج شبه مربعی،...)

ساختارهای متعارف اینورترهای چند سطحی و سایر ساختارهای کاهش سوئیچ یافته

مبدل های منبع امپدانس و شبه امپدانس

مبدل های ماتریسی کلید زنی، کنترل و مدل سازی

کاربرد مبدل های الکترونیک قدرت در شبکه های قدرت و ماشین های الکتریکی

مدل سازی مبدل های الکترونیک قدرت در فضای حالت و طراحی آنها

### مراجع:

1. B. Wu, M. Narimani, High-Power Converters and AC Drives, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley-IEEE Press, 2017.
2. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power Electronics, Converters, Applications and Design, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2002.
3. B. K. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Pearson India, 2015.
4. R. W. Erickson, D. Maximovic, Fundamentals of Power Electronics, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2011.



## روش اجزاء محدود Finite Elements Method

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی با مبانی ریاضی و روش اجزاء محدود در حل معادلات دیفرانسیل مشتق جزئی و تبیین اهمیت آن در مهندسی برق، مدل سازی و تحلیل موتورهای الکتریکی و مقوله ها

### شرح درس:

مبانی ریاضی روش اجزاء محدود  
معادلات مشتق جزئی حاکم بر پدیده های فیزیکی - معادلات ماکسول  
روش حل معادلات دیفرانسیل به فرم انتگرال (Variational Formulation)  
توابع پایه جهت تقریب توابع  
روش مستقیم مینیمم کردن یک تابعی انتگرالی (Functional)  
روش های مختلف تشکیل فرم انتگرالی  
معادله اولر - لاگرانژ  
تشکیل و بررسی فرم ضعیف Weak form: فرم ضعیف، فرم انرژی، فرم باقیمانده های وزن دار و مشارکت  
روش اجزاء محدود برای مسائل یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی و متغیر با زمان  
اجزاء یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی و مدل سازی یک موتور الکتریکی DC چهار قطب با استفاده از روش اجزاء محدود  
دوبعدی  
فرم بتانسلی معادلات میدان الکتریکی و مغناطیسی  
تشکیل معادلات برای هر جزء  
تشکیل معادلات کلی  
اعمال شرایط مرزی  
روش های حل معادلات کلی  
روش های محاسبات عددی برای به دست آوردن نتایج نهایی

### مراجع:

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, 3<sup>rd</sup>ed., 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, 4<sup>th</sup>ed., McGraw-Hill, 2018.
6. J-M Jin, Finite Element Method in Electromagnetics, 3<sup>rd</sup>ed., 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)

پیشنیاز: تئوری جامع ماشین‌های الکتریکی، الکترونیک قدرت ۱

همین‌ا‌ز: -

**هدف:** تحلیل ساختارهای مختلف محرکه‌های الکتریکی و مزایای 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 محدوده عملکرد محرکه‌ها، مشخصات بارهای مکانیکی (حرکتی)، مشخصات خروجی موتورها

مرور کوتاه مدارهای الکترونیک قدرت در کاربرد محرکه: مقایسه انواع مختلف در بازه‌های مختلف کاری (چهار ناحیه 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 پر کاربرد 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 روینگ‌های شار و سرعت

### مراجع:

1. I. Boldea, S.A. Nasar, Electric Drives, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2016.
2. P. Vas, Sensorless Vector and Direct Torque Control, Oxford University Press, 1998.
3. R. De Doncker, D. W.J. Pulte, A. Veltman, Advanced Electrical Drives, Analysis, Modeling, Control, 2<sup>nd</sup>ed., Springer, 2020.
4. N. P. Quang, and J. A. Dittrich, Vector Control of Three-Phase AC Machines, System Development in the Practice, 2<sup>nd</sup>ed., Springer, 2016.
5. S. N. Vukosavić, Digital Control of Electrical Drives, Springer, 2007.
6. S. Wiak, M. Dems, K. Komez (eds.), Recent Developments of Electrical Drives, Springer, 2006.
7. A. Hughes, B. Drury, Electric Motors and Drives, Fundamentals, Types and Applications, 5<sup>th</sup>ed., Newnes, 2019.
8. A. Veltman, D. W.J. Pulte, R. W. De Doncker, Fundamentals of Electrical Drives, 2<sup>nd</sup>ed., 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)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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

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

ماشین‌های الکتریکی ورنیر: ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد

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

ماشین‌های 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

ماشین‌های الکتریکی با ویژگی خاص؛ ساختمان، انواع، کنترل، کاربرد: سرعت بالا، چگالی توان بالا، ابرسانا

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>ed., 2020.



# کنترل ماشین‌های الکتریکی

## Control of Electric Machines

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: الکترونیک صنعتی

**هدف:** 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) مختلف و 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، رویت گرهای فلو و سرعت

**مراجع:**

1. I. Boldea, S.A. Nasar, Electric Drives, 3<sup>rd</sup> 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. Pulte, A. Veltman, Advanced Electrical Drives Analysis, Modeling, Control, Springer, 2<sup>nd</sup>ed., 2020.
4. S. N. Vukosavić, Digital Control of Electrical Drives, Springer, 2007.
5. S. Wiak, M. Dems, K. Komez (eds.), Recent Developments of Electrical Drives, Springer, 2006.





## طراحی مبدل‌های الکترونیک قدرت Power Electronic Converters Design

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا‌ز: الکترونیک صنعتی

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با طراحی انواع مبدل‌های  $ac/ac$  و  $ac/dc$ ،  $dc/ac$ ،  $dc/dc$

**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  $ac/ac$  و  $ac/dc$ ،  $dc/ac$ ،  $dc/dc$

نحوه محاسبه تلفات در مبدل‌های الکترونیک قدرت

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2002.
3. F. L. Luo, H. Ye, Advanced DC- DC Converters, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 2015.
6. W. Shepherd, L. Zhang, Power Converter Circuits, CRC Press. 2004.
7. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5<sup>th</sup>ed., Butterworth- Heinemann, 2023.



# روش‌های نوین کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت

## Novel Control Methods of Power Electronic Converters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ااز: الکترونیک صنعتی

پیشین‌ااز: -

**هدف:** آشنایی با انواع روش‌های کنترلی انواع مبدل‌های  $ac/ac$  و  $ac/dc$ ،  $dc/ac$ ،  $dc/dc$

**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  
هیستریزیس 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

**مراجع:**

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, 5<sup>th</sup>ed., Butterworth- Heinemann, 2023
5. M. K. Kazmierczuk, Pulse- width Modulated DC- DC Power Converters, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2002.



# طراحی ماشین‌های الکتریکی خطی

## Design of Linear Electric Machines

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ااز: -

پیشین‌ااز: -

**هدف:** 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 تاثیر 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 ...

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup>ed., 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)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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 الگوریتم‌ها 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

**مراجع:**

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)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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 ساده و پیچیده مهندسی  
ارزیابی قابلیت 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

### مراجع:

1. R. Billinton, R. N. Allan, Reliability Evaluation of Engineering Systems: Concepts and Techniques, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2013.
2. R. Billinton, R. N. Allan, Reliability Evaluation of Power Systems, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2008.



## انرژی‌های تجدیدپذیر Renewable Energies

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

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)

همینا از: -

پیشینا از: -

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

**شرح درس:**

مقدمه و تعاریف اساسی: تجدیدساختار، مقررات زدایی، خصوصی سازی، 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، مدل سازی و بهینه سازی توابع هدف بنگاههای اقتصادی با استفاده از برنامه ریزی خطی و درجه ۲

آشنایی با تئوری بازی ها: مدل های برترند، کارنو، SFE و کاربرد آنها در مدل سازی بازار رقابتی انرژی الکتریکی

بازارهای انرژی الکتریکی

شرکت در بازارهای انرژی الکتریکی

بهره برداری از سیستم قدرت در فضای رقابتی

اثرات شبکه انتقال در فضای رقابتی بازار انرژی الکتریکی

**مراجع:**

1. H. R. Varian, Microeconomic Analysis, 3<sup>rd</sup> 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 هدف:** 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 دوگانگی در بهینه‌سازی، روش‌های سیمپلکس و دوگان در بهینه‌سازی خطی  
**برنامه‌ریزی 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 مکمل بودن، 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 عدم قطعیت 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

### مراجع:

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, 5<sup>th</sup> 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)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** آشنایی با خصوصی سازی و ایجاد بازارهای برق و روند اجرای آن از جنبه های فنی و اقتصادی، برنامه ها و تصمیم گیری ها در تولید، انتقال و توزیع شبکه های انرژی الکتریکی

**شرح درس:**

مقدمه ای بر تجدید ساختار در صنعت برق  
آشنایی با مفاهیم پایه اقتصادی و بازار برق  
انواع مدل های رقابت در بازار  
مقایسه اقتصادی بازار برق با برنامه ریزی بهینه متمرکز و اطمینان از کارکرد اقتصادی بلندمدت بازار  
تنظیم گری در بازار برق در کوتاه مدت و بلندمدت  
ریسک و شاخص های آن  
مدل سازی و پیش بینی قیمت در بازار  
راهبردهای مشارکت خریداران، فروشندگان در بازار  
راهبردهای مدیریت بهره بردار سیستم قدرت و تنظیم گر بازار

**مراجع:**

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)

پیشینـاز: بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، الکترونیک قدرت ۱

همینـاز: -

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

**شرح درس:**

**مقدمه:** تعاریف، واژه‌گان، 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 و اقتصادی، تاثیر تولید پراکنده بر ساختار سیستم 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)، ریز توربین (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 فاز و 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 (dispatchable, non-dispatchable)، شرایط استفاده تولید پراکنده در مقادیر انبوه

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

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

پروژه درسی

**مراجع:**

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، گک. قره‌پتیان، م. علومی بایگی، م. م. عربشاهی، ا. نیکوفور، م. خاتمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ دوم، ۱۳۹۹.



# مدیریت انرژی Energy Management

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز:-

همینااز: تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. S. Doty, W. C. Turner, S. A. Roosa, Energy Management Handbook, 9<sup>th</sup> ed., River Publishers, 2018.
2. B. L. Capehart, W. C. Turner, W. J. Kennedy, Guide to Energy Management, 8<sup>th</sup> 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)

پیشیناز: -

همین‌ااز: الکترونیک صنعتی

**هدف:** 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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** آشنایی با ساختار، مبانی و کاربردهای سلول‌های خورشیدی

**شرح درس:**

مقدمه

سلول‌های کریستال سیلیکونی

فناوری لایه نازک

سلول‌های خورشیدی فضایی

سلول‌های ارگانیک حساس به تغییر رنگ

الکترونیک قدرت و ذخیره‌کننده‌های سلولی خورشیدی

سلول‌های خورشیدی متصل به شبکه

طراحی مکانیکی سلول‌های خورشیدی

طراحی الکتریکی سلول‌های خورشیدی

عملکرد سلول‌های خورشیدی و سیستم‌های تمرکز تابش در فضا

اقتصاد، محیط زیست و تجارت

**مراجع:**

1. McEvoy, T. Markvart, L. Castaner (eds), Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌از: ماشین‌های الکتریکی ۳، تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

پیشین‌از: -

**هدف:** 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 در سامانه‌های حمل و نقل برقی  
تحلیل شبکه و پست‌های انرژی الکتریکی در سامانه‌های برقی حمل و نقل برقی  
محاسبات افت ولتاژ، توان و توزیع انرژی در سامانه‌های حمل و نقل برقی  
محاسبه هارمونیک، عدم تعادل، جریان برگشتی و خطا در سامانه‌های حمل و نقل برقی  
محاسبه مقاومت شتاب‌گیری و ترمزی  
محاسبه نیروی کشش و توان در سامانه‌های حمل و نقل برقی  
مدل‌سازی و تحلیل ماشین‌های کششی و رانشی برقی DC در سیستم‌های کششی  
مدل‌سازی و تحلیل ماشین‌های کششی و رانشی برقی AC 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)

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همینااز: -

**هدف:** آشنایی با مبانی و ورش‌های طراحی وسائط نقلیه برقی و ترکیبی

**شرح درس:**

مسائل زیست محیطی و تاریخچه 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 وسائط نقلیه برقی و ترکیبی

**مراجع:**

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



## سیستم‌های ذخیره‌کننده انرژی Energy Storage Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ااز: -

پیشین‌ااز: -

**هدف:** 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 ذخیره‌کننده انرژی: سیستم چرخ‌گردان (Fly Wheel)، سیستم‌های پنوماتیک (Pneumatic)

انواع حالت‌های ترکیبی سیستم‌های ذخیره‌ساز انرژی در بخش رانشی خودرو

**مراجع:**

1. T. R. Crompton, Battery Reference Book, 3<sup>rd</sup>ed., Elsevier, 2000.
2. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2018.
3. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2<sup>nd</sup> 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)

همینااز: ماشین‌های الکتریکی ۳، تحلیل سیستم‌های انرژی الکتریکی ۲

پیشینااز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> ed., Elsevier, 2000.
4. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5<sup>th</sup>ed., Butterworth- Heinemann, 2023.
5. SAE and IEC Standards.



## طراحی و کنترل محرکه‌های رانش Design and Control of Propulsion Drives

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا‌ز: -

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با ساختارهای مختلف، اساس کار و اصول اولیه طراحی و کنترل محرکه‌های رانش

**شرح درس:**

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

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

سیستم‌های محرکه برقی: انواع و مزایا و معایب 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 و قطارهای برقی: کاهش مصرف

بهینه‌سازی طراحی و محرکه‌های رانش با منابع سلول سوختی

**مراجع:**

1. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. Ebrahimi, Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2010.
4. J. Larminie, J. Lowry, Electric Vehicle Technology Explained; 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 2012.
5. S. Leitman, B. Brant, Build Your Own Electric Vehicle, , 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., IET, 2010.



# دینامیک حرکت پیشرفته Advanced Vehicle Dynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

شرح درس:

اصول تبدیل انرژی الکترومکانیکی  
مدل سازی و دینامیک ماشین های جریان مستقیم  
مدل سازی و دینامیک ماشین های آسنکرون  
مدل سازی و دینامیک ماشین های سنکرون  
مدل سازی و دینامیک ماشین های سوئیچ رلوکتانس و BLDC  
مقدمه ای بر مدل سازی، کنترل و دینامیک وسایط نقلیه

مراجع:

1. P. C. Krause, O. Wasynczuk, Sudhoff, Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2013.
2. R. Rajamani, Vehicle Dynamics and Control, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>.ed., CRC Press, 2012.
11. S. Iwnicki, Handbook of Railway Vehicle Dynamics, CRC Press, 2006.



# طراحی و کنترل پیل های سوختی

## Design and Control of Fuel Cells

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** آشنایی با طراحی، کنترل و فناوری های پیل های سوختی

**شرح درس:**

مقدمه ای بر سیستم های پیل سوختی

اصول سیستم های پیل سوختی: اصول عملکرد پیل سوختی، منحنی های ولتاژ جریانی پیل های سوختی، مشخصات سیستم های پیل

سوختی

بررسی فناوری های مختلف پیل سوختی

روش های تأمین هیدروژن در سیستم های پیل سوختی

روش های مدل سازی خطی و غیرخطی پیل سوختی

روش های 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

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2018.
5. J. Miller, Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: الکترونیک قدرت ۱

همینااز: -

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

**شرح درس:**

مقدمه: انواع سیستم‌های الکترونیکی 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 الکترونیکی  
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

**مراجع:**

1. Emadi (ed), Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives, CRC Press, 2005.
2. M. H. Rashid (ed.), Power Electronics Handbook, 5<sup>th</sup>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, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2018.
5. I. Husain, Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals, , 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2010.
6. N. Mohan, T. M. Undeland, W. P. Robbins, Power Electronics: Converters, Applications, and Design, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2002.
7. SAE and IEC Standards.



# مبدل‌های الکتریکی توان بالا High Power Electric Converters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: الکترونیک قدرت ۲

**هدف:** بررسی و حل مشکلات محرکه‌ها و موتورهای الکتریکی توان بالا از 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

**مراجع:**

1. D. O. Neacsu, Switching Power Converters: Medium and High Power, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2013.
2. R. D. Doncker, D. W.J. Pulle and A. Veltman, Advanced Electrical Drives: Analysis, Modeling, Control, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشیناز: -

همینااز: -

**هدف:** 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 تجمیع‌کننده خودروهای برقی

برنامه‌ریزی بهینه تجمیع‌کننده خودروهای برقی

موضوعات روز در مدیریت و کنترل حمل و نقل برقی

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 2017.
5. A. Steimel, Electric Traction- Motive Power and Energy Supply: Basics and Practical Experience, 2<sup>nd</sup>ed., Deutscher Industrieverlag GmbH, 2014.



## مدیریت توان در وسایط نقلیه برقی Power Management in Electrical Vehicles

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** 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، ابرخازن‌ها، 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 ...

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> 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 غیر خطی Nonlinear Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: اصول کنترل مدرن

**هدف:** آشنایی با سیستم‌های غیر خطی و روش‌های خطی‌سازی و کنترل آنها

**شرح درس:**

مقدمه: آشنایی با انواع توابع غیر خطی و کاربرد آنها در حلقه‌های کنترل

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

بررسی و آنالیز تابع توصیفی، بررسی سیستم‌های آشوبناک

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

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

اصول طراحی سیستم‌های کنترل غیر خطی

خطی نمودن با فیدبک

روش کنترل توان

**مراجع:**

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, Nonlinear dynamical Systems, 2<sup>nd</sup>ed., Prentice- Hall, 1994.
4. H. K. Khalil, Nonlinear Control, Pearson, 2014.



## کنترل چند متغیره Multivariable Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: اصول کنترل مدرن

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

**شرح 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  $\|G\|_2$  و  $\|G\|_\infty$

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

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

**مراجع:**

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)

پیشنیاز: -

همنیاز: اصول کنترل مدرن

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

**شرح 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 پونترینگن، 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

**مراجع:**

1. F. L. Lewis, D. Vrabie, V. L. Syrmos, Optimal Control, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** آشنایی با سیستم‌ها، ابزارها و روش‌های اتوماسیون صنعتی

**شرح درس:**

ساختار سیستم‌های اتوماسیون صنعتی  
کنترل متمرکز، ساختارهای سلسله‌مراتبی اتوماسیون  
سیستمهای کنترل توزیع شده (DCS)  
سیستمهای اتوماسیون مبتنی بر کامپیوترهای شخصی (PC-Based)  
جمع‌آوری داده‌ها (Data Acquisition)  
پردازش سیگنالهای ابزار دقیق  
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 کاربردهای نمونه

**مراجع:**

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)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنا نمودن دانشجویان با ساختار سیستم‌های ابزار دقیق- روش‌های جدید اندازه‌گیری و تحولات جدید فناوری در زمینه

ادوات سیستم‌های کنترل

**شرح 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

نويز 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

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همیناز: -

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

**شرح 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 درست‌نمایی

الگوریتم‌های محاسباتی

ارزیابی مدل شناسائی

شناسائی سیستم‌های متغیر با زمان

شناسائی سیستم‌های غیر خطی

روش‌های دیگر شناسائی سیستم‌ها

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 بتری

روش‌های مشخص‌سازی توصیفی و اثبات صوری درستی

زمان‌بندی، ساعت‌ها و هماهنگ‌سازی آن‌ها

تحمل خرابی، قابلیت اطمینان

تخمین زمان اجرا

طراحی سیستم‌های بلادرنگ

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 4<sup>th</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2011.



## سیستم‌های ترکیبی Hybrid Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: اصول کنترل مدرن

**هدف:** آشنایی با نحوه مدل‌سازی، تحلیل و کنترل سیستم‌های ترکیبی با برهم کنش متغیرهای گسسته و متغیرهای پیوسته

**شرح درس:**

معرفی سیستم‌های ترکیبی: چند مثال، مدل‌سازی، اتوماتون، پاسخ سیستم (لرزش، مسیرهای زنون، ...)، 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)

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

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

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 اتفافی، 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

(Reinforcement Learning)

**مراجع:**

1. S. Russell, P. Norving, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4<sup>th</sup> 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)

پیشین‌از: سیستم‌های کنترل خطی

همین‌از: -

**هدف:** 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 رویتگر

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 راه‌حل‌های صنعتی جدید عرضه شده به بازار

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup>ed., Springer, 2013.



## رباتیک Robotics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: اصول کنترل مدرن

**هدف:** آشنایی با اصول مدل‌سازی و کنترل بازوهای مکانیکی به عنوان مهم‌ترین سیستم‌های رباتیک صنعتی و همچنین 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 کارتیزین، روش هندسی، روش‌های بازگشتی، قضیه پفایفر، زیرفضاهای سینماتیکی

**تحلیل ژاکوبین:** سرعت زاویه‌ای، تعیین سرعت مفاصل، روش بازگشتی، تعریف ژاکوبین، تکنیکی، رابطه نیرو و گشتاور

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

**تولید مسیر:** روش‌های فضای مفصلی و کارتیزین، منحنی‌های درجه سه و منحنی‌های سهموی-خطی، روش‌های بهینه‌زمانی

**طراحی کنترل‌کننده خطی:** سیستم‌های رسته 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

**مراجع:**

1. M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, Robot Modeling and Control, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 2020.
2. J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 4<sup>th</sup> 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)

همینا از: اصول کنترل مدرن

پیشینا از: -

**هدف:** 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 قيود 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 مبتنی بر 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 راه کارهای کاربرد سنسور نرم در حلقه کنترل

**مراجع:**

1. W. L. Luyben, Process Modeling Simulation and Control for Chemical Engineers, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, 2014.
2. E. F. Camacho, C. B. Alba, Model Predictive Control, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: سیستم‌های کنترل خطی

همینااز: -

**هدف:** 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 (MPC, NPC, APC)، کنترل مدل داخلی (IMC)

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

**مراجع:**

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)

همینااز: کنترل خطی

پیشینااز: -

**هدف:** 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 سیالی، 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 گزارش‌گیری

**مراجع:**

1. R. H. Bishop(ed.), Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators: Fundamental and Modeling, 2<sup>nd</sup>ed., CRC Press, 2017.
2. W. Bolton, Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, 7<sup>th</sup>ed., 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 Applications, Butter Worth- Heinemann, 2005.



## طراحی سیستم‌های اتوماسیون صنعتی Design of Industrial Automation Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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، یکپارچه‌سازی 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 واسطه عملگر، ایجاد نمودار تک 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

**مراجع:**

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

پیشنیاز: فرآیندهای تصادفی

همنیاز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. F. Schewpe, Uncertain Dynamic Systems, Prentice- Hall, 1973.
2. T. Soderstrom, Discrete- Time Stochastic Systems, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson, 2008.



## کنترل تطبیقی Adaptive Control

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 (Autotuning)

پیاده‌سازی سیستم‌های کنترل تطبیقی و نکات کاربردی

**مراجع:**

1. K. J. Astrom, B. Wittenmark, Adaptive Control, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2011.



## هدایت و ناوبری Guidance and Navigation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: سیستم‌های کنترل خطی

همنیاز: -

**هدف:** 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 اوپلر

بردار دوران، کواترنیسن‌ها و قضیه کوریولیس

معادلات دیفرانسیل زوایای اوپلر، بردار دوران و کواترنیسن‌ها

ادوات اندازه‌گیری ژيروسکوپ 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

**مراجع:**

1. J. H. Blakelock, Automatic Control of Aircraft and Missiles, 2<sup>nd</sup> 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 Missile Guidance(Tow Volume Set), 7<sup>th</sup> ed., AIAA, 2019.



## سیستم‌های وقایع گسسته Discrete Event Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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، اولویت بندی

قالب بندی، Deadlock و ایمنی

کنترل پذیری و رویت پذیری

بازخورد حالت، بازخورد واقعه

سنتز

مدولار بودن سیستم

موارد کاربردی

**مراجع:**

1. C. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to Discrete Event Systems, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با روش‌های کنترلی تضمین‌کننده پایداری و کارایی سیستم حلقه بسته با وجود عدم قطعیت‌ها

**شرح درس:**

نرم سیگنال‌ها و سیستم‌ها

پایداری داخلی، ردگیری مجانبی و کارایی

پایداری مقاوم و کارایی مقاوم

پایدارسازی

محدودیت‌های طراحی

شکل دادن حلقه

طراحی برای پایداری و کارایی مقاوم

نامساوی‌های ماتریسی خطی در کنترل مقاوم

آشنایی با  $H^\infty$ ، سنتز  $\mu$  و QFT

**مراجع:**

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. Feron, 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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

شناسایی فازی فرآیندهای غیرخطی پویا بر اساس تجربه 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

**مراجع:**

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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** آشنایی با شبکه‌های عصبی و روش‌های آموزشی به منظور شناسایی 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

شناسایی عصبی فرآیندهای دینامیکی غیرخطی، رویت گر 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

**مراجع:**

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, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشیناز: -

همینااز: -

**هدف:** 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:** مجموعه‌های شبه‌خطی 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  
**دوگانگی:** تابع دوگان لاگرانژ، مسائل دوگان لاگرانژ، بیان هندسی دوگانگی، 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 روی یک 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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشین‌از: -

همین‌از: -

**هدف:** 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

تنظیم‌کننده‌های مجذوری غیر متمرکز

سیستم‌هایی با دو مقیاس زمانی، مقیاس زمانی سلسله مراتبی

عملیات سلسله مراتبی

نمایش سیستم با مدل‌های ابعاد محدود، اتوماتا، سیستم‌های ترکیبی

**مرجع:**

1. J. Mohammadpour, K. M. Grigoriadis, 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)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** 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 P و T، 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 با GPC 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 مقید: 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

**مراجع:**

1. E. F. Camacho, C. Bordons, Model Predictive Control, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: اصول کنترل مدرن

**هدف:** 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، دسته‌بندی بیزی، تخمین تابع چگالی احتمال به روش‌های پارامتری و غیرپارامتری، دسته‌بندی خطا بر اساس روش‌های طبقه‌بندی خطی، دسته‌بندی خطا بر اساس روش‌های طبقه‌بندی غیرخطی همانند شبکه‌های عصبی

**تحلیل کاهش بعد و انتخاب ویژگی:** تحلیل مولفه اصلی، تحلیل تفکیک فیشر، کمترین مربعات جزئی، 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، پرتی، رویتگر، عامل بندی  $H_\infty$  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

### مراجع:

1. S. Theodoridi, K. Koutroumbas, Pattern Recognition, 4<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2012.



# معماری سیستم‌ها و طراحی مهندسی

## Systems Architecture & Engineering Design

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** آموزش اصول و روش‌های معماری سیستم‌ها در مراحل هدف گذاری، تعیین مرزها و شناخت 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 سیستم‌ها درک 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 و ساختار سیستم‌ها، فرآیندهای سلسله مراتبی در تصمیم‌گیری، روش‌های تصمیم‌گیری مارکوف، روش‌های جستجوی سیاست (Cost-to-Go Function) در طراحی سیستم‌ها، فرآیند هدف گذاری در طراحی سیستم‌ها، فرآیند حل مسئله، 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، انعطاف‌پذیری 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

### مراجع:

1. M. W. Maier, The Art of Systems Architecting, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, 2009.
2. K. Ulrich, S. Eppinger, Product Design and Development, 7<sup>th</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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 دوگانگی، الگوریتم‌های نقطه درونی (Interior Point)، برنامه‌ریزی

خطی عدد صحیح

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

روش‌های نوین جستجو

**مراجع:**

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



## پویایی سیستم‌ها System Dynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** طرح روش‌شناسی درک و حل مسائل پیچیده در مهندسی و مدیریت از طریق افزایش توانایی‌ها و مهارت‌های مدل‌سازی و تحلیل بر پایه روش سیستمی 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

**مراجع:**

1. G. P. Richardson, A.L. Pugh, 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, 4<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, 2020.
7. A. Kossiakoff, S. M. Biemer, S. Seymour, D. A. Flanagan, Systems Engineering: Principles and Practice, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2020.
4. J. W. Forrester, Industrial Dynamics, Martino Fine Books, 2014.



## نظریه بازی Game Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** آشنایی با روش‌های تصمیم‌گیری در سیستم‌های چند عاملی و بیشینه‌سازی کارآیی در فضاهاى رقابتی از طریق طراحی‌های بهینه

**شرح درس:**

**مفاهیم کلی و مبانی تصمیم‌گیری:** سیستم و روش‌های سیستمی در حل مسائل، فرآیند حل مسئله 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 و چند بعدی)، تصمیم‌گیری گروهی

**مبانی نظری و مدل‌سازی بازی‌ها:** آشنایی با شرایط 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

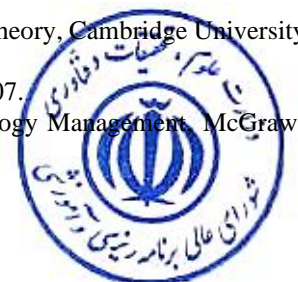
**یادگیری در بازی‌ها:** یادگیری مایوپیک، اجرای تخیلی، یادگیری بیزین، راهبردی تحول پایدار، محاسبات تعادل نش در بازی‌های ماتریسی

**طراحی مکانیزم:** حراج بهینه، نظریه بازده همسنگ، دیدگاه‌های اجتماعی، نتایج غیر ممکن، اصول آشکارسازی، سازش انگیزشی، مکانیزم‌های VCG، 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

**مراجع:**

1. E. Rasmusen, Games and Information: An Introduction to Game Theory, 4<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson, 1997.
4. C. D. Aliprantis, S.K. Chakrabarti, Games and Decision Making, 2<sup>nd</sup> ed., 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. Dresner, 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 درهم‌تنیده (Complicated) و چگونگی کنترل ریسک در سیستم‌های با مقیاس بزرگ

**طبیعت سیستم‌های پیچیده و مدیریت غیر منتظره:** مثال‌هایی از کارکرد ریسک در حوزه‌های 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، ریسک‌گریزی، مقدمه‌ای بر مطلوبیت، نظریه مطلوبیت چند مشخصه‌ای، مقایسه گزینه‌های ممکن و ارزش زمانی پول، مدل‌سازی ریسک و عدم قطعیت در پروژه‌ها، شبیه‌سازی 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

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 ناپیوسته، مجموعه برش، فضاهای برداری وابسته به یک گراف  
گراف صفحه‌ای (Planar)، گراف ایزومورفیسم، گروه اتومورفیسم‌های یک گراف و کاربرد آن‌ها در شمارش مدارهای اولیه 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

**مراجع:**

1. J. A. Bondy, U. S. R. Murty, Graph Theory, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2022.
2. R. Grimaldi, Discrete and Combinatorial Mathematics, 5<sup>th</sup> ed., Pearson, 2003.
3. D. West, Introduction to Graph Theory, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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  
پایه‌سازی 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  
شبکه ADALINE: 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 و فقی، شبکه‌های ART و انواع آن

**تعمیم یادگیری به بیش از یک لایه:** پس انتشار خطا، روش‌های گرادیان، گشتاور، لوبنرک مارک

**شبکه‌های با ساختار متغیر:** همبستگی متوالی، GSOM، گاز

برخی کاربردها

**مراجع:**

1. L. V. Fausett, Fundamentals of Neural Networks: Architectures and Applications, Prentice Hall, 1994.
2. D. Graupe, Principles of Artificial Neural Networks, 4<sup>th</sup> ed., World Scientific Pub., 2019.
3. S. Haykin, Neural Networks and Learning Machines, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice Hall, 2008.
4. C. C. Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning, Springer, 2019.



## سیستم‌های فازی Fuzzy Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا: -

پیشین‌ا: -

**هدف:** 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 وضعیتیتی

**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 gmp و gmt، 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، غیرفازی‌سازی

روش‌های کنترل فازی: تحلیل و کاستی‌ها، مکاشفه‌ای، قطعی (بررسی منطقی، مدل‌سازی)، خود سازمان‌دهی، 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 در این حیطة

**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 پایه پردازنده)

**مثال‌های کاربردی:** پردازش تصویر، پردازش صوت، فیلتر کردن، زمان‌بندی، تخصیص منابع، مسیریابی، یادگیری، کنترل، عواطف

و ...



## مراجع:

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, 4<sup>th</sup> 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.



## مدل سازی و شبیه سازی Modeling and Simulation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: اصول کنترل مدرن

**هدف:** آشنایی با روش های نظام مند ساخت مدل های ریاضی در سیستم های دینامیکی بر اساس قوانین فیزیکی حاکم و اندازه گیری ها و ابزارهای شبیه سازی مربوطه

**شرح درس:**

مقدمه ای بر مدل سازی و شبیه سازی: تعاریف و انواع، کاربرد در مهندسی کنترل و سایر زمینه های مهندسی  
اصول پایه مدل سازی فیزیکی: سیستم های الکتریکی / مکانیکی / هیدرولیکی، یک روش ابتدایی مدل سازی سیستم های چندحوزه ای، مکاترونیک، اعتبارسنجی مدل سازی، ساده سازی مدل  
مدل سازی و شبیه سازی شی گرا: تعاریف مقدماتی، مدل سازی بر اساس دیاگرام بلوکی، حلقه جبری و مشکلات آن، ساخت کتابخانه مدل، مدل سازی بر اساس معادلات، مدل سازی سلسله مراتبی و غیر سلسله مراتبی، بکارگیری Modelica  
مدل سازی و شبیه سازی باند گراف: تعاریف اجزای بکاررفته، منابع، انواع باندها، اتصالات سری و موازی، علیت، تقابل علیت، استخراج معادلات فضای حالت، آشنایی با 20sim. معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره ای، ارتباط با مدل سازی  
شبیه سازی بر اساس مدل سازی فیزیکی: روش های حل عددی معادلات دیفرانسیل معمولی، جبری و پاره ای، سیستم های گسسته، شبیه سازی در Matlab و جعبه ابزارهای شبیه سازی آن در حوزه های الکترونیک / مکانیک / هیدرولیک  
آشنایی با نرم افزارهای شبیه ساز متداول  
مدل سازی بر اساس داده، شناسایی پارامتریک بر اساس مدل های خطی و غیر خطی به صورت جعبه خاکستری، تخمین پارامترها، شناسایی غیر پارامتریک، تحلیل گذرا، تحلیل وابستگی و تحلیل طیف و فوریه  
شناسایی بر اساس جعبه سیاه مدل های دینامیکی و استاتیکی، آشنایی با جعبه ابزارهای شناسایی خطی در MATLAB و مقدماتی از شناسایی غیر خطی

**مراجع:**

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, 5<sup>th</sup> ed., Wiley, 2012.
4. O. Nelles, Nonlinear System Identification: From Classical Approaches to Neural Networks and Fuzzy Models, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2022.



# سیستم‌های پیچیده Complex Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. Y. Bar-Yam, Dynamics of Complex Systems, CRC Press, 2020.
2. N. Boccara, Modeling Complex Systems, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2010.
3. R. Rojas, J. Feldman, Neural Networks: A Systematic Introduction, Springer, 1996.
4. R. Devaney, An Introduction to Chaotic Dynamical Systems, 3<sup>rd</sup> 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, 4<sup>th</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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 هم‌ارزی، 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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley- IEEE Press, 2017.
5. E. I. Rothwell, M. I. Cloud, Electromagnetics, 3<sup>rd</sup>ed., CRC Press. 2022.
6. J. A. Stratton, Electromagnetic Theory, McGraw- Hill, 2008. Theory for Microwaves
7. K. Zhang, D. Li, Electromagnetic Theory for Microwaves and Optoelectronics, 2<sup>nd</sup>ed., Springer, 2007.
8. G. Tyras, Radiation and Propagation of Electromagnetic Waves, Academic Press, 2013.
9. J. A. Kong, Electromagnetic Wave Theory, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 1990.



# ریاضیات مهندسی پیشرفته

## Advanced Engineering Mathematics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** 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 چندمقداری، 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 شوارتز کریستوفل، حل مسائل دیریکه و نیومان با توابع مختلط،

عبارت تغییراتی (Variational) برای امیدانسن مشخصه خطوط انتقال، نظریه پتانسیل، توابع گرین برای عملگرهای ریاضی فیزیک

**معادلات انتگرالی:** معادلات فرد هولم 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 جزئی و معادلات انتگرالی

**فضاهای خطی:** عملگرها، معادلات عملگری (ماتریسی، انتگرالی، دیفرانسیلی)، حل تقریبی معادلات عملگری، توابع خاص، مباحث

ویژه

**مراجع:**

1. H. T. Weber, G. Arfken, Mathematical Methods for Physicists, 7<sup>th</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, Inc., 2011.
4. M. Masujima, Applied Mathematical Methods in Theoretical Physics, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Academic Press, 1998.
8. F. B. Hilebrand, Methods of Applied Mathematics, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice- Hall, 1965.
9. B. Davies, Integral Transforms and Their Applications, 3<sup>rd</sup> 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, 8<sup>th</sup> 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, 4<sup>th</sup> ed., Pearson, 2011.
14. M. D. Greenbery, Foundation of Applied Mathematics, Dover Pub., 2013.
15. M. Kopchenova, Computational Mathematics, Mir Pub., 1975.





## ریزموج ۲ Microwaves II

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: ریزموج ۱ و آنتن

**هدف:** معرفی انواع موجبرهای مسطح و روش‌های تعیین مشخصات و بکارگیری در تحقق فیلترها و همچنین 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

**مراجع:**

1. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2012.
2. R. E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2001.
3. R. K. Hoffman, Handbook of Microwave Integrated Circuits, Artech, 1985.



## آنتن ۲ Antennas 2

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: 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 هلم 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، تکیه 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 در صفحه 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 مخبرات بی سیم  
مباحث ویژه: آنتن‌های فرکتالی، آنتن‌های وفقی (Adaptive)، آنتن‌ها برای کاربردهای خاص

**مراجع:**

1. C. A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2016.
2. R. S. Elliott, Antenna Theory and Design, 2<sup>nd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: میدان و امواج

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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 محدود مختلف و پیاده‌سازی 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 در حل مسائل الکترو استاتیک، اعمال به معادلات انتگرالی (IE)، میدان‌های متغیر با زمان: آنتن‌های سیمی، ...

روش‌های اجزاء محدود (FEM): معرفی اصول کلی، کاربرد در حل مسائل الکترو استاتیک و ...  
روش‌های حوزه طیف برای بیان‌های توابع گرین: سری تصاویر حقیقی، حل مودال، سری تصاویر مختلط، روش پرونی  
روش‌های تسریع همگرایی سری‌ها: تبدیل پواسان، تبدیل کامر، تبدیل شنکس، روش بسط به توابع نمایی

**مراجع:**

1. M. N. O. Sadiku, Numerical Techniques in Electromagnetics, 3<sup>rd</sup>ed., CRC Press, 2015.
2. J. N. Reddy, An Introduction to Finite Element Method, 4<sup>th</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup> Ed., Cambridge University Press, 2005.



## مدارهای فعال ریزموج Active Microwave Circuits

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: ریزموج و آنتن

**هدف:** 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

**مراجع:**

1. G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers: Analysis and Design, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson Education, 1996.
2. G. D. Vendelin, A. M. Pavio, U. L. Rohde, M. Rdulph, Microwave Circuit Design Using Linear and Nonlinear Techniques, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2021.
3. S. A. Maas, Nonlinear Microwave and RF Circuits. 2<sup>nd</sup> ed., Artech, 2003.
4. D. M. Pozar, Microwave Engineering, 4<sup>th</sup> ed., wiley, 2012.
5. R. E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2001.



## سازگاری الکترومغناطیسی Electromagnetic Compatibility (EMC)

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا: -

پیشینا: -

**هدف:** ایجاد دانش شناخت و استانداردهای 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 دوزنقه‌ای، 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 هرتر، میدان ناحیه دور و نزدیک، تابش از یک حلقه، آنتن‌های پهن باند، آنتن‌های روزنه‌ای، گیرندگی / فرستندگی

الزامات EMC: گسیل تابش، افزاره‌های دیجیتال 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

**مراجع:**

1. C. R. Paul, R. C. Scully, M. A. Steffka, Introduction to Electromagnetic Compatibility, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2022.
2. D. L. Sengupta, V. V. Liepa, Applied Electromagnetics and Electromagnetic Compatibility, Wiley, 2005.
3. T. Williams, EMC for Product Designers, 5<sup>th</sup> ed., Newnes, 2016.



## پراکندگی امواج Scattering of Waves

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترومغناطیس پیشرفته

همنیاز: -

**هدف:** آشنایی با روش‌های تحلیلی محاسبه پراکندگی از اجسام ساده و محیط‌های تصادفی و کاربردهای آنها

**شرح درس:**

توابع گرین دایمادی 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 جزئی و روش‌های نور هندسی و فیزیکی)

تقریب بورن (Born)

تقریب پراکندگی هم‌دوس (Coherent Single Scattering Theory)

آشنایی با رادار دهانه ترکیبی

**مراجع:**

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)

پیشنیاز: الکترومغناطیس پیشرفته

همینااز: -

**هدف:** ایجاد دانشی قوی در نظریه و مسائل مختلف الکترومغناطیس و آنتن‌ها به شکل دادبای

**شرح درس:**

یادآوری قضایا و روابط الکترومغناطیس: تحلیل دادبای، تبدیل فوریه و هنکل، توابع عددی گرین در یک، دو، و سه بعد، روش‌های متعارف و روش ریله-ریتس

توابع دادبای گرین: معادلات ماکسول به شکل دادبای، دایاد گرین فضای آزاد، گروه‌بندی توابع دادبای گرین، هم پاسخی، دایاد گرین برای مساله نیم فضا

موجبرهای مستطیلی: توابع موج‌برداری مستطیلی، روش‌های  $G_m$ ،  $G_e$  و  $G_A$ ، موجبرها با دو عایق، موجبر با صفحات موازی، تکینگی  $G_e$ ، تکینگی 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 و نیم صفحه، تابش از دو قطبی الکتریکی و مغناطیسی 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 دادبای گرین

**مراجع:**

1. C. T. Tai; Dyadic Green Functions in Electromagnetic Theory, 2<sup>nd</sup> ed., IEEE Press, 1994.
2. R. E. Collin, Field Theory of Guided Waves, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley- IEEE Press, 2017.



## جنگ الکترونیک Electronic Warfare

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: مخابرات دیجیتال

**هدف:** آشنایی با مفهوم، ابزارها و سیستم‌ها در جنگ الکترونیک

**شرح درس:**

مقدمه‌ای بر جنگ الکترونیک (EW): تعریف جنگ الکترونیک، تقسیم بندی متعارف، تقسیم بندی 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 سوپرهتروداین، گیرنده کانالیزه، گیرنده فشرده‌ساز، گیرنده صوتی نوری، گیرنده دیجیتال، جستجو، محاسبات POI، پردازش - های ES، اندازه گیری پارامترها، Deinter Leaving، اندازه گیری مشخصات مرور آنتن، شناسایی تهدید، روش‌های اندازه گیری زاویه ورود، آنتن جهتی، Wattsin & Watt، مقایسه دامنه، تداخل سنجی، اندازه گیری بر مبنای داپلر، اندازه گیری بر مبنای زمان، روش‌های محل یابی گسیل گر، صحت محل یابی، TDOA، FDOA

سیستم‌های حمله الکترونیک on-board و محافظت الکترونیک (EP) در مقابل آن‌ها: انواع مأموریت‌ها در حمله الکترونیک (EA)، اختلال، معادلات اختلال، نویز نقطه‌ای و نویز رگ‌باری، ملاحظات عملی تولید اختلال، EP، Look through در مقابل تکنیک‌های نویز، CFAR، ULSA، SLB، Strobming و SLB، TOJ، SLC، 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، فشرده - سازی 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 RGPI، ARGPO، RGPI، تکنیک‌های EP در مقابل VGPO، فریب سرعت یا VGPO، فریب سرعت یا VGPO، 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 الکترونیک و محافظت الکترونیک در مقابل آن‌ها: چف، مشخصات و انواع آنها، تکنیک‌های مقابله با چف، دام (decoy) و انواع آن، تکنیک‌های مقابله با دام

مراجع:

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, 3<sup>rd</sup> ed., Artech, 2018.





## سنجش از دور Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: الکترومغناطیس پیشرفته

همنیاز: -

**هدف:** آشنایی با رادار تصویربرداری پلاریمتری و کاربردهای آن

**شرح درس:**

قطبش موج

ماتریس پراکندگی

پاسخ/امضاء قطبش (Polarization Signature)

مدل پراکندگی برای هدف‌های نقطه‌ای (Point Targets) و گسترده (Distributed Targets)

رادار دهانه ترکیبی

**مراجع:**

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)

پیشیناز: -

همینااز: ریزموج ۱

**هدف:** آشنایی با خصوصیات و رفتار فرکانسی منحصر بفرد، انواع روش های تولید و آشکارسازی، خصوصیات انتشاری، همچنین

بر هم کنش ماده و موج در باند تراهرتز

**شرح درس:**

معرفی: توصیف، کاربردهای اصلی

مولدهای تراهرتز: تکنیک های اپتیکی، تکنیک های الکترونیکی

آشکارسازهای تراهرتز: بر پایه تکنیک های اپتیکی، بر پایه تکنیک های الکترونیکی

بر همکنش موج تراهرتز و ماده: جذب امواج، اثرات تشدید

مدل های حاکم بر تابع دی الکترونیک

عناصر غیر فعال: آنتن، موجبر، فیلتر، ...

تکنیک های اندازه گیری: طیف سنجی در حوزه زمان و فرکانس

کاربردها: طیف سنجی، تصویربرداری، حسگرهای بیولوژی، ...

**مراجع:**

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)

پیشین‌ساز: -

همین‌ساز: آنتن ۲

**هدف:** 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 گلبرگ 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 پراکنندگی

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 ریزنواری

**مراجع:**

1. R. C. Hansen, Phased Array Antennas, 2<sup>nd</sup>ed., Wiley, 2009.
2. H. J. Visser, Array and Phased Array Antenna Basics, Wiley, 2008.
3. R. J. Mailloux, Phased Array Antenna Handbook, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشنیاز: الکترومغناطیس پیشرفته

همین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley-IEEE Press, 2014.



## فرا مواد Metamaterials

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: ریزموج ۱

پیشینااز: -

**هدف:** 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، جبران-سازي فاز، لتهای 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 موجرها و نوسان‌کننده‌های کسر طول موج، کاربرد فرا ماده در آنتن‌ها، سنسورهای حساس میدان نزدیک، نامریی-سازی

فرا مواد پیشرفته: فرا ماده نوری، تحقق فرا مواد در باند تراهرتز، فرا مواد فعال

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: آنتن ۲

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** 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 ریزنواری، 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 فراباند (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

**مراجع:**

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)

پیشنیاز: الکترومغناطیس

همنیاز: مکانیک کوانتومی

**هدف:** 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

**شرح درس:**

مقدمه

نظریه اشعه‌های نور، موجی نور، الکترومغناطیسی نور و کوانتومی نور  
پلاریزاسیون نور و پذیرفتاری غیر خطی  
مشدهای 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 اپتیکی و ادوات الکترو اپتیکی  
آکوستو اپتیکی  
اپتیکی غیر خطی و ادوات مربوطه  
مخابرات فیبر نوری  
منابع و تقویت کننده‌های نوری نیمه‌هادی  
آشکارسازهای نوری  
موجبرهای نوری  
مدها و پاشش در فیبرهای نوری

**مراجع:**

1. C. C. Davis, Lasers and Electro- Optics: Fundamentals and Engineering, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 2014.
2. J. T. Verdeyen, Laser Electronics, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice Hall, 1995.
3. H. A. Haus, Waves and Fields in Optoelectronics, Prentice Hall, 1983.
4. E. Hecht, Optics, 5<sup>th</sup> ed., Pearson, 2015.
5. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2007.
6. B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3<sup>rd</sup> 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)

همینا از: میدان و امواج

پیشینا از: -

**هدف:** ارائه مفاهیم پایه در خصوص ساختار و تحلیل هدایت امواج از طریق موجبرهای نوری و آشنایی با کاربرد ها در صنعت اپتیک و فوتونیک

**شرح درس:**

**مقدمه:** مروری بر نظریه‌های مختلف نورشناسی با تأکید بر اصول نظریه 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 موجرها، 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، رابطه پاشیدگی و ظرفیت انتقال در فیبرهای نوری، فیبرهای نوری با جبران پاشیدگی (DCF)، فیبرهای بلور فوتونیک (PCF)

**تئوری مودهای تزویج‌شده (CM):** استخراج معادلات تزویج مود، تزویج گرهای هم‌راستا و غیرهم‌راستا، افزاره‌های موجبر نوری مبتنی بر تزویج گرهای توری براگ فیبری (FBG)

**اثرات غیرخطی در فیبرهای نوری:** اثر نوری کر (Kerr)، مدولاسیون فاز خودی (SPM)، معادله غیرخطی شرودینگر، سالیتون‌های نوری، پالس‌های نوری فشرده‌شده و فوق سریع، پراکندگی رامان، پراکندگی بریلوئین، تقویت‌کننده‌های EDFA، پدیده اختلاط چهار موج (FWM)

**مروری بر مباحث تکمیلی:** تحلیل موجرها به روش اجزاء محدود (FEM)، تحلیل موجرها به روش انتشار باریکه (BPM)، تحلیل موجرها به روش توالی پلکانی (SCM)

**مراجع:**

1. K. Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, 3<sup>rd</sup> ed., Academic Press, 2021.
2. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Princeton University Press, 2008.





## سیستم‌های مخابرات نوری Optical Communication systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همین‌ا‌ز: ریزموج و آنتن

پیشین‌ا‌ز: -

**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 پله‌ای و تدریجی و تک مودی، فیبرهای نوری بلور فوتونی، روش‌های تهیه فیبر نوری و کابل کردن آنها

مشدها و فیلترهای نوری: فابری-پرو، حلقه‌ای (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 دوتایی

(Hetro structure)، لیزر نوری تک مد DBR/DFB، لیزر نیم‌رسانای تک مد با طول موج قابل تنظیم

مدولاتورهای نوری: الکتروجدبی، الکترواپتیکی، آکوستواپتیکی، 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 فناوری Heterogeneous III-V/Si

طراحی یک پیوندهای نوری (Optical Link): طراحی پیوندهای نوری در حالت غلبه‌ی تلفات، بودجه قدرت پیوندهای، طراحی پیوندهای نوری در حالت غلبه‌ی پاشندگی، بودجه زمان صعود پیوندهای

آشنایی با سیستم‌های مخابرات نوری: مروری کوتاه بر سیستم‌های PDH، SDH، Sonet، WDM، DWDM، CWDM، SDM

سیستم‌های مخابرات نوری ماهواره‌ای: مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابرات نوری FSO و ارتباطات نوری بی سیم فضایی، چالش‌های پیوندهای نوری فضایی، انتشار نور با در نظر گرفتن اغتشاشات جوی، پیوندهای نوری بین ماهواره‌ای (LEO-GEO)

**مراجع:**

1. G. Keiser, Optical Fiber Communications, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall, 1992.
4. G. P. Agrawal, Fiber Optics Communication Systems, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2021.
5. I. Kaminow, T. Li, A. E. Willner (eds.), Optical Fiber Telecommunications: Components and Subsystems, 5<sup>th</sup> 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.



# لیزر Laser

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 تک‌مود 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 الکترواپتیکی، الکترو جذبی و اکوستو اپتیکی

تحلیل نویزفاز و جیتر در لیزرها

لیزرهای توان بالا جهت کاربردهای دمش، طیف‌سنجی و دفاعی

**مراجع:**

1. J. T. Verdeyen, Laser Electronics, 3<sup>rd</sup>ed, Prentice-Hall, 1995.
2. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6<sup>th</sup> 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, 3<sup>rd</sup>ed., Wiley, 2019.
5. L. A. Coldren, S. W. Corzine, M. L. Mashanovitch, Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2012.
6. W. T. Silvast, Laser Fundamentals, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge University Press, 2008.



## نور فوریه Fourier Optics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** 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 (هولوگرافی)، معرفی هولوگراف‌های اولیه، اثرات فیلم عکاسی در هولوگرافی، معرفی انواع هولوگرافی، موارد استفاده هولوگرافی، Interferometry

**مراجع:**

1. J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, 4<sup>th</sup> ed., W. H. Freeman, 2017.
2. E. G. Steward, Fourier Optics, an Introduction, 2<sup>nd</sup> ed., Dover Publications, 2011.
3. F. T. S. Yu, Optical Information Processing, Krieger Pub Co, 1990.
4. G. Fowles, Introduction to Modern Optics, 2<sup>nd</sup> 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 غیر خطی Nonlinear Optics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: مکانیک کوانتومی

همین‌ااز: -

**هدف:** درک کلی از منشاء و اهمیت اثرات غیر خطی نوری، آشنایی با اصول نور غیر خطی جهت طراحی و شبیه‌سازی ادوات سیستم‌های ارتباطی فیبر نوری

**شرح درس:**

معادله موج در محیطهای نوری غیر خطی، فرآیندهای نوری غیر خطی، پذیرفتاری نوری غیر خطی، اثرهای الکترواپتیک، و مگنتو اپتیک و آکوستو اپتیک

یکسوسازی نوری و مغناطیس‌سازی با میدان‌های نوری، مبدل‌های طول موج، تولید مجموع دو فرکانس، تولید هارمونیک‌ها، تولید تقاضل دو فرکانس، تقویت و نوسان‌ساز پارامتریک (OPO)، دو پایداری 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 غیر خطی، ترکیب چهار موجی و اسپکتروسکوپی ترکیب چهار موجی، اسپکتروسکوپی چند فوتونی

نور غیر خطی سطحی، نور غیر خطی در موجبرهای نوری، آثار نور غیر خطی در پلاسما  
بررسی آثار غیر خطی تولید و انتشار پالس‌های فوق باریک (فمتو ثانیه‌ای)

سالیتهای نوری، معادله شرو دینگر غیر خطی (NLS)، کاربرد روش عددی Split Step Fourier Transform در شبیه‌سازی انتشار پالس‌های نوری فوق باریک

**مراجع:**

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, 6<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2006.
4. G. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 6<sup>th</sup> ed., Academic Press, 2019.
5. R. W. Boyd, Nonlinear Optics, 4<sup>th</sup> ed., Academic Press, 2020.



## ریز موج فوتونیک Microwave Photonics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همین‌ا‌ز: ریز موج و آنتن

**هدف:** آشنایی با فن آوری ریز موج فوتونیک به عنوان ترکیبی منسجم از مهندسی ریز موج و فوتونیک

**شرح درس:**

اجزای اصلی: منابع نوری و لیزر، مدولاتورهای نوری، آشکارسازهای نوری

مشخصه اجزای ریز موج فوتونیک

تجزیه و تحلیل و طراحی لینک فیبر نوری

شبهه و اهمیت کلیدزنی نوری مدارات ریز موج

کنترل نوری نوسان‌سازهای ریز موج

نوسان‌سازهای الکترونیک نوری

گیرنده‌های ریز موج محدوده پویایی بسیار بالا بر اساس نور

روش جدیدی برای پیاده‌سازی خطی گیرنده ریز موج با محدوده پویایی فوق‌العاده بالا با استفاده از تکنیک‌های نوری

ادغام یکپارچه ریز موج و اپتیک بر روی یک لایه نیم‌رسانا: مدارات مجتمع ریز موج فوتونیک

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2017.
4. A. Vilcot, B. Cabon, J. Chazelas(eds.), Microwave Photonics: From Components to Applications and Systems, Springer, 2013.



## نور کوانتومی Quantum Optics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: مکانیک کوانتومی

**هدف:** توصیف علم نور و اثر متقابل 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 حل های Rabi، مقایسه به اتم لورنتس

اتم های چند سطح، تزویج Raman در سیستم های ۳ سطح

فرمول بندی ماتریس چگالی، معادلات نرخ جمعیت، معادلات نوری Bloch

چند سازی میدان در Coulomb gauge: نوسانات خلاء، چگالی حالت های شماره، انسجام، فشرده، بسته های موج، Beam

splitter کوانتومی

تعامل اتم و میدان در تقریب دو قطبی: مدل Jaynes-Cummings، حالت های Dressed، تئوری Weisskopf-Wigner

نظریه کوانتومی Photodetection

نظریه اتلاف در مکانیک کوانتومی

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2008.



# مکانیک کوانتومی

## Quantum Mechanics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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

نوسان گرهارمونیک

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)

**مراجع:**

1. A. F. J. Levi, Applied Quantum Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge university Press, 2012.
2. J. J. Napolitano, J. J. Sakurai, Modern Quantum Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed., Addison Wesley, 2010.
3. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2006.
4. R. Shankar, Principles of Quantum Mechanics, 2<sup>nd</sup> ed., Plenum Press, 2011.
5. C. Cohen-Tannoudji, B. Diu, F. Laloë, Quantum Mechanics, Vol. 1 & 2, Wiley, 1992.



# فیبر نوری غیر خطی

## Nonlinear Fiber Optics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: نور غیر خطی

**هدف:** ارائه مبانی و اثرات غیر خطی 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 غیر خطی شرودینگر، پهن شدن طیف بر اثر SPM، اثر GVD روی پالس، اثرات غیر خطی مرتبه‌ی بالاتر

سالیتون‌های نوری: اصول و انتشار پالس‌های سالیتون با مرتبه‌های مختلف، انواع سالیتون، اثرات مرتبه بالاتر

اثرات قطبش: دو شکستی غیر خطی، سیر تغییر قطبش، ناپایداری مدولاسیونی دو شکستی و سالیتون

مدولاسیون فاز متقابل: تزویج غیر خطی ناشی از XPM، معادله‌ی NLSE تزویج شده، ناپایداری مدولاسیونی ناشی از XPM، سالیتون-های 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 پیوسته، 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

**مراجع:**

1. G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 6<sup>th</sup> ed., Academic Press, 2019.
2. G. P. Agrawal, Application of Nonlinear Fiber Optics, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2013.
6. A. Yariv, P. Yeh, Photonics: Optical Electronics in Modern Communications, 6<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2006





# مدولاسیون نوری

## Optical Modulation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: الکترونیک نوری

**هدف:** اصول انواع مدولاسیون‌های نوری شامل الکترواپتیکی، الکترومغناطیسی، اکوستواپتیکی و مگنتواپتیکی

**شرح درس:**

انتشار امواج الکترومغناطیسی در بلورهای birefringent، وسایل birefringent

تداخل امواج الکترومغناطیسی و هولوگرافی

اثر الکترواپتیکی، مدولاسیون الکترواپتیکی: مدولاسیون دامنه، مدولاسیون قطبش، مدولاسیون فاز، دیگر مدولاسیون‌های نوری

اثرات الکترومغناطیسی، مدولاتورهای مبتنی بر اثرات الکترومغناطیسی، اثر کوانتومی اشتراک (QCSE)، اثر Franz-Keldish

تحلیل تفرق شبکه، اثر فوتوریفرکتیو، مدولاسیون فوتوریفرکتیو، اثر اکوستواپتیکی، مدولاسیون اکوستواپتیکی، مدولاسیون مگنتواپتیکی  
مدولاتورهای نوری ماخ-زندر

**مراجع:**

1. A. Yariv and P. Yeh, Optical Waves in Crystals, Wiley, 2002.
2. A. Yariv, Introduction to Optical Electronics, 4<sup>th</sup> 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, 6<sup>th</sup> ed., Oxford University Press, 2006.
5. R. W. Boyd, Nonlinear Optics, 4<sup>th</sup> ed., Academic Press, 2020.



# پردازشگرهای نوری Optical Processors

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: پردازش نوری اطلاعات

همین‌ا: -

**هدف:** 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، وسایل 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

**مراجع:**

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, , 4<sup>th</sup> ed., W. H. Freeman, 2017.



# مخابرات کوانتومی Quantum Communication

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: مکانیک کوانتومی

**هدف:** آشنایی با اجزاء سیستم‌های مخابرات کوانتومی

**شرح درس:**

مفاهیم و نتایج بنیادی نظریه‌ی اطلاعات کوانتومی

قضیه‌ی ممنوعیت کپی‌سازی کوانتومی

درهم‌تنیدگی کوانتومی

پروتکل‌های اساسی نظریه‌ی اطلاعات کوانتومی

کانال‌های کوانتومی

مخابرات کوانتومی در مسافت‌های طولانی

**مراجع:**

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 Teleportation, 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)

پیشنیاز: مکانیک کوانتومی

همنیاز: -

**هدف:** بررسی ساختارهای نانوفوتونیک با تمرکز بر نانو ساختارهای پلاسمونیک، فرامواد 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 در ادوات الکترونیک نوری، پلاسمونیک در نانوفوتولتایک

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

فرامواد، 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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Princeton University Press, 2011.
3. S. A. Maier, Plasmonics: Fundamentals and Applications, Springer, 2010.
4. L. Novotny, B. Hecht, Principles of Nano- Optics, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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: ایستادن 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 Speckle، Stellar Interferometry، انسجام جزئی در سیستم‌های تصویربرداری، انتشار

در رسانه تصادفی غیر یکنواخت

بررسی آماری فرآیند آشکارسازی

**مراجع:**

1. J. W. Goodman, Statistical Optics, 2<sup>nd</sup>ed., 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)

پیشیناز: فوتونیک

همیناز: -

**هدف:** 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 فوتونیک، 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 گریٹینگ (AWG)، اتصال Y جهت ترکیب/جداسازی مدهای نوری، جفت کننده های جهتی (DC)، جفت کننده های جهتی مبتنی بر گریٹینگ، تداخل سنج ماخ-زندر، مالتی/دی مالتی پلکسهای نوری مبتنی بر گریٹینگ، ریز مشدد حلقه (Microring Resonator)، فیلترهای نوری حذف-اضافه، مدولاتورهای نوری، لیزرهای مخابراتی، لیزرهای مخابراتی کوک پذیر چند قسمتی DFB/DBR، لیزرهای مخابراتی مبتنی بر گریٹینگ نمونه برداری شده (Sampled Grating)، فیلترهای نوری مبتنی بر اثر ورنیه، جفت کننده های مبتنی بر گریٹینگ جهت تزویج نور به داخل (خارج) آئی 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

**فناوری های جدید در طراحی PIC ها:** آرایه های منطقی فوتونیک قابل برنامه ریزی میدانی (FPPGA)، نورو مورفیک فوتونیک (Neuromorphic Photonics)، گرافن فوتونیک (Graphene Photonics)

### مراجع:

1. K. Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides, 3<sup>rd</sup> ed., Academic Press, 2021.
2. S. Chang, Fundamentals of Guided-Wave Optoelectronic Devices, Cambridge University Press, 2010.
3. L. Chuang, Physics of Photonic Devices, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2009.
4. G. Hunsperger, Integrated Optics: Theory and Applications, 5<sup>th</sup> 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, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: فوتونیک

همین‌ااز: روشهای عددی در الکترومغناطیس

**هدف:** آشنایی با روشهای عددی نظیر FDTD, FEM, BPM, SSF در تحلیل ساختارهای فوتونیک موجبری، تناوبی، مجتمع، پلاسمونیک، گرافنی و فرامواد

### شرح درس:

**مقدمه:** مروری بر نظریه الکترومغناطیسی نور، معادلات ماکسول، معادله موج هلمهولتز، قطبش نور، شرایط مرزی، محاسبه ضریب شکست با مدل لورنتز/دردو، 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:** گریٹینگ، بلورهای فوتونی، فیبرهای نوری بلور فوتونی، تقارن، روش وردشی، روشهای ماتریس پراکنندگی 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 فوتونیک مبتنی بر فرامواد نوری

**روش عددی تفاضل محدود:** گسسته سازی میدانهای الکترومغناطیسی با تقریب تفاضل محدود، محاسبه مدهای ویژه و پروفایل توزیع میدان

**روش عددی Split Step Fourier Transform:** شبیه سازی انتشار نور در ساختارهای فوتونیک 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 فوتونیک 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، سویچ های نوری، فیلترهای نوری، ساختارهای مبتنی بر ایده ماخ-زندر، ریز ساختارهای مبتنی بر بلور فوتونی، فرامواد نوری

**روش عددی المان محدود (FEM):** تولید مش، شبیه سازی ریز افزاره های نوری

### مراجع:

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)

پیشیناز: سیستمهای مخابرات نوری

همیناز: -

**هدف:** 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 تراپرد اطلاعات پیوندهای FSO

پیوندهای نوری بین ماهواره ایی (LEO-GEO)

پیوندهای نوری بین ایستگاههای زمینی و فضایی

معماری سیستمهای مخابرات نوری ماهواره ای

LIDAR

**مراجع:**

1. B. Mukherjee, I. Tomkos, M. Tornatore, P. Winzer, Y. 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, 2<sup>nd</sup>ed. 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)

پیشیناز: -

همینااز: -

**هدف:** فراگیری مفهوم، توصیف، گونه‌ها و پردازش سیگنال‌های تصادفی

**شرح درس:**

**تنوری احتمال:** اصول موضوعه، فضای احتمال، متغیرهای تصادفی یگانه، دو گانه 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، پواسن، مارکف، گام زدن تصادفی، گوسی، تحرک براونی

**ایستانی و ارگادیسیتی:** تعریف و انواع

**مشتق و انتگرال:** پیوستگی، مشتق پذیری، انتگرال پذیری

**بررسی سیستم‌های با ورودی تصادفی:** بررسی روابط آمارگان ورودی-خروجی در سیستم‌های 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 خلاصه‌ای از مباحث فیلتر وینر و فیلتر کالمن**

**فرآیندهای مارکف:** تعریف، فرم‌های زمان گسسته و زمان پیوسته، زنجیره‌های مارکف

**مقدمه‌ای بر تنوری صف (اختیاری)**

**مراجع:**

1. A. Papoulis, S. U. Pillai, Probability, Random Variables and Stochastic Processes, 4<sup>th</sup> ed., McGraw- Hill, 2002.
2. A. Leon- Garcia, Probability, Statistics, and Random Processes for Electrical Engineering, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice Hall, 2008.
3. S. M. Ross, Stochastic Processes, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 1996.
4. S. M. Ross, Introduction to Probability Models, 10<sup>th</sup> ed., Academic Press, 2009.
5. M. Tummala, C. Therrin, Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineers, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2018.



# تئوری پیشرفته مخابرات Advanced Communication Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: فرآیندهای تصادفی

پیشینا از: -

**هدف:** فراگیری اصول پایه تحلیل و طراحی سیستم‌های مخابرات دیجیتال

**شرح 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، فطری‌سازی ماتریس کواریانس یک بردار تصادفی (بسط کارهونن- لاتیو)، نمایش‌های سیگنال‌های تصادفی باند پایه و باند میانی، نمایش فضای برداری سیگنال‌های تصادفی  
مدولاسیون‌ها و سیگنال‌های مدوله شده دیجیتالی: مدولاسیون‌های بدون حافظه (FSK, QAM, PSK, PAM)، مدولاسیون‌های حافظه‌دار (DPSK, CPM, CPFSK)، 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 چندگانگی کانال‌های محوشدگی، آشکارساز Rake، مدولاسیون چند حاملی

**مراجع:**

1. J. G. Proakis and M. Salehi: Digital Communications, 5<sup>th</sup> 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)

همینا از: پردازش سیگنال دیجیتال

پیشینا از: -

**هدف:** کسب دانش و تبحر در کاربرد پردازش پیشرفته سیگنال‌های دیجیتال در یک یا چند زمینه

**شرح 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 لوزه‌نگاری

نمونه برداری پیشرفته

**مراجع:**

1. A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, Discrete- Time Signal Processing, 3<sup>rd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2018.



## سیستم‌های مخابرات بی‌سیم Wireless Communication Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: مخابرات دیجیتال

**هدف:** 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 شدن چندمسیرگی، توابع همبستگی کانال، پهنای باند همبستگی، زمان همبستگی، مدل خط تأخیر، مدل فضای حالت، تخمین کانال سیستم‌های مخابرات سلولی: ساختار سلولار، ظرفیت سیستم، تداخل بین سلولی، سکتوربندی، روشهای تخصیص کانال، تعریف شدت ترافیک، احتمال سد شدن مکالمه، برخی ویژگی‌های 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 چندرودی - چندخروجی (MIMO): فلسفه، مدولاسیون، آشکارسازی، عملکرد، فرمانبوه و شکل دهی پرتو بررسی چند مورد عملی و استانداردهای مربوطه

**مراجع:**

1. J. Proakis, M. Salehi, Digital Communications, 5<sup>th</sup>ed, Prentice- Hall, 2007.
2. M. K. Simon, M. S. Alouini, Digital Communication over Fading Channels, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2004.
3. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
4. T. S. Rappaport, Wireless Communications: Principles and Practice, 2<sup>nd</sup> ed., Pearson, 2010.



# شبکه‌های مخابراتی

## Communication Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: مخابرات دیجیتال

**هدف:** درک عمیق مفاهیم، معماری‌ها و پروتکل‌های شبکه‌های مخابراتی

**شرح درس:**

مقدمه: معماری شبکه مخابراتی، سوئیچینگ مدار بسته‌ای، معماری نرم‌افزار شبکه و مدل OSI، نگرشی تاریخی  
پروتکل‌های IP: مسیریابی در اینترنت، مسیریابی کوتاهترین راه، پروتکل‌های EGP، IGP، پروتکل‌های چند پخش، سیار و  
تونل‌زنی

پروتکل‌های TCP و UDP: کنترل خطا و ازدحام در TCP

کاربردهای زمان حقیقی و داده‌ای: صدا و ویدیو، الزامات QoS، 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

**مراجع:**

1. A. Leon- Garcia, I. Widjaja, Communication Networks: Fundamentals, Concepts and Key Architectures, 2<sup>nd</sup>ed., 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, 2<sup>nd</sup>ed., World Scientific, 2011.
4. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
5. W. Stallings, Wireless Communications and Networks, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همینااز: -

**هدف:** آشنایی با مبانی و روش های کد گذاری کانال

**شرح درس:**

تاریخچه و جایگاه کد گذاری کانال

مقدمه ای بر جبر میدانهای محدود و فضای برداری

کدهای قالبی خطی و کدهای قالبی مهم

کدهای گردشی

کدهای BCH دو تایی و چند تایی

کد Reed-Solomon

کدهای Concatenated

کدهای کانولوشن

کدگشایی کدهای کانولوشن (الگوریتم ویتربی)

کدهای LDPC

کدهای TURBO

روش TCM

**مراجع:**

1. S. Lin and D. J. Costello: Error Control Coding, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: کدگذاری کانال

همیناز: -

**هدف:** معرفی روش‌های پیشرفته و جدید کدگذاری و کد برداری کانال

**شرح درس:**

کد برداری لیستی کدهای جبری

سیستم‌های مدولاسیون کد شده: TCM انگریو، TCM مبتنی بر میدان گالوا، RI-TCM، کدهای BCM

کدهای توربو: سری، موازی، کد برداری، Turbo-TCM، توربو غیر دوتایی

کدهای LDPC: گالاگر، مک کی، منظم و نامنظم، غیر باینری، کد برداری

کدهای مبتنی بر نظریه گراف، کد برداری

کدهای قطبی: کدگذاری، کد برداری، کد برداری لیستی

کدهای فضا-زمان: قالبی، داربستی، لایه‌ای، کد برداری

کاربردهای کدگذاری

**مراجع:**

1. C. B. Schlegel and L. C. Perez, Trellis and Turbo Coding, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 شبکه‌های عصبی

تئوری اطلاعات کوانتومی

**مراجع:**

1. T. M. Cover, J.A. Thomas, Elements of Information Theory, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشیناز: تئوری اطلاعات

همیناز: -

**هدف:** بررسی مباحث پیشرفته تئوری اطلاعات، به ویژه 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

**مراجع:**

1. T. M. Cover, J.A. Thomas, Elements of Information Theory, 2<sup>nd</sup> 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 Caching: A Foundation for High Performance Object Data Systems, Springer, 1996.



## پردازش گفتار Speech Processing

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همین‌ا: -

**هدف:** 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 پیشگویی 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 پارامتریک به کمک DTW

مدل مخفی مارکوف (HMM)

**مراجع:**

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'Shaughnessy, Speech Communication, Human and Machine, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2002.



## پردازش تصویر Image Processing

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی با مبانی و روش‌های پردازش تصویر

**شرح 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 در حوزه‌ی فرکانس: DFT، فیلترهای حوزه‌ی فرکانس همه‌جهته و جهت‌دار (گابور و Quincunx)  
بازایی (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، آستانه‌گذاری، کانتورهای فعال (Snake و Levelset)، رشد ناحیه، جداسازی  
و ترکیب ناحیه، تبدیل‌های هاف و آبریز (Water Shed)  
استفاده از تبدیل‌های Walsh Hadamard و PCA در شناسایی و جداسازی  
کاربرد مورفولوژی در پردازش تصاویر  
فشرده‌سازی تصویر، استگانوگرافی (Steganography)، واترمارکینگ، نهان‌نگاری  
بازنمایی و توصیف تصویر: توصیف مرز، کدهای زنجیره‌ای، امضا، PCA

**مراجع:**

1. M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, Image Processing Analysis and Machine Vision, 4<sup>th</sup> ed., Cengage Learning, 2014.
2. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 4<sup>th</sup> ed., Pearson, 2018.
3. A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice- Hall, 1988.
4. W. K. Pratt, Digital Image Processing, 4<sup>th</sup> ed., Wiley, 2007.



# تئوری آشکارسازی Detection Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همینااز: فرآیندهای تصادفی

**هدف:** آشنایی با نظریه و آشکارسازی و جایگاه آن در پردازش آماری سیگنال

**شرح درس:**

مقدمه: مروری بر مبانی و کاربردهای نظریه آشکارسازی

آزمون- فرضیه‌های ساخته: 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 M تایی، سیگنال‌های یقینی با پارامتر مجهول

آشکارسازی سیگنال‌های تصادفی: آشکارساز تخمین‌گر-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

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 1998.
4. M. Barkat, Signal Detection and Estimation, Artech- House, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2013.
6. R.M.Gray, L.D. Davisson, An Introduction to Statistical Signal Processing, Cambridge University Press, 2004.



## فیلترهای وقتی Adaptive Filters

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا: -

پیشینا: -

**هدف:** فراگیری مفهوم، مبانی، روش‌ها و کاربردهای فیلترهای وقتی

**شرح درس:**

مقدمه: معرفی مفهوم، رویکردها و مثال‌هایی از سیستم‌های وقتی‌پذیر

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 وقتی در میدان تبدیل یافته: جزء بندی باند فرکانسی، متعامدسازی توسط تبدیل، انتخاب تبدیل، LMS با روش‌های مختلف

تبدیل

فیلترهای وقتی با ورودی قالبی: مقدمات ریاضی، الگوریتم LMS قالبی، ساختار و خواص الگوریتم LMS با قالب ثابت

فیلترهای وقتی زیر بانندی: ساختار، انتخاب فیلترهای تجزیه و ترکیب

ساختارهای وقتی تغییرپذیر با زمان: مدل‌های دینامیکی، فیلتر کالمن، فیلترهای مقاوم (مبتنی بر نرم  $H^\infty$  و...)

ساختارهای غیر خطی

روش کمترین مربع‌ها: اصل تعامد، عملگر تصویر، ساختار و رفتار فرم‌های مستقیم ورودی، روش‌های دوری سریع

کاربردها: همسان‌ساز وقتی، حذف کننده پژواک، ...

**مراجع:**

1. B. Farhang- Boroujeny, Adaptive Filters: Theory and Applications, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2013.
2. S. O. Haykin, Adaptive Filter Theory, 5<sup>th</sup> 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, 5<sup>th</sup> ed., Springer, 2020.



## مخابرات طیف گسترده Spread- Spectrum Communications

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا: -

پیشینا: -

**هدف:** آشنایی با اصول، امتیازات و کاربردهای مخابرات طیف گسترده

**شرح 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 اجزای تکنیک‌های ایجاد همزمانی دستیابی (Acquisition) و دنبال‌سازی  
(Tracking) همزمانی

عملکرد در حضور اختلال: روش‌های مختل‌سازی، عملکرد در محیط اختلال

عملکرد در محیط دسترسی چندگانه

استانداردهای موجود مخابراتی در زمینه طیف گسترده

**مراجع:**

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, 5<sup>th</sup> ed., Springer, 2022.
3. R. C. Dixon, Spread Spectrum Systems with Commercial Applications, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2008.



# تئوری تخمین

## Estimation Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** فراگیری مبانی، روش‌ها و کاربردهای تخمین

**شرح درس:**

مقدمه: تعریف، کاربردهای نمونه، معیارهای ارزیابی

تخمین حداقل مربع‌ها: پردازش دفعی (حافظه‌های ثابت و گسترش پذیر، تغییر مقیاس داده، حالت مقید، 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

فیلتر بنگ غیرخطی: فیلتر کالمن توسعه یافته (EKF)، فیلتر  $H^\infty$ ، فیلتر مبتنی بر شبیه‌سازی، فیلتر کالمن بی‌بو (UKF)، فیلتر ذره‌ای

مسائل عملی در فیلتر کردن بهینه: معیارهای ارزیابی و مقایسه، امکان تغییرناپذیر با زمان شدن فیلتر، همگرایی و پایداری، پیاده‌سازی

وفقی

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2013.
3. B. D. O. Anderson and J. B. Moore, Optimal Filtering, Dover Publications, 2005.
4. D. Simon, Optimal State Estimation: Kalman,  $H^\infty$ , and Nonlinear Approaches, Wiley, 2006.
5. J. M. Mendel: Lessons in Estimation Theory for Signal Processing, Communications, and Control, 2<sup>nd</sup>ed, Prentice- Hall, 1995.



# مخابرات سلولی Cellular Communications

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** آشنایی با جنبه‌های مختلف سیستم‌های مخابرات سلولی

**شرح درس:**

مدل کانال و انتشار در سیستم‌های بی‌سیم

اثرات محوشدگی 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)

**مراجع:**

1. T. S. Rappaport, Wireless Communications, Principles and Practice, 2<sup>nd</sup> 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, 4<sup>th</sup> ed., Springer, 2017.





## اصول و سیستم‌های راداری Radar Principles and Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** آشنایی با اصول و عملکرد سیستم‌های رادار و پردازش سیگنال در رادار

**شرح 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 سیگنال در 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

**مراجع:**

1. M. Skolnik, Introduction to Radar Systems, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw- Hill, 2002.
2. M. A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing, 3<sup>rd</sup> ed., McGraw- Hill, 2022.
3. M. Skolnik, Radar Handbook, 3<sup>rd</sup> 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)

پیشیناز: -

همینااز: مخابرات دیجیتال

**هدف:** ایجاد توانایی تحلیل و طراحی ارتباط رادیویی ماهواره‌ای بمنظور تأمین نسبت سیگنال به نویز و نرخ خطای بیت در ایستگاه مقصد و شبکه مخابراتی پخش رادیو-تلویزیونی به کمک ماهواره

**شرح 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 توندر  
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 مدبا  
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 فرسوسو 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 اراتنگ  
روش‌های دسترسی چندگانه در مخابرات ماهواره‌ای : FDMA, TDMA, CDMA  
دسترسی ثابت و دسترسی بر حسب تقاضا، دسترسی تصادفی  
آشنایی با شبکه‌های مخابرات ماهواره‌ای

مراجع:

1. G. Maral, M. Bousquet, Z. Sun, Satellite Communication Systems, 6<sup>th</sup> ed., Wiley, 2020.
2. D. Roddy, Satellite Communications, 4<sup>th</sup> ed., McGraw- Hill, 2006.
3. T. Pratt, J. E. Allnut, Satellite Communications, 3<sup>rd</sup> ed., Wiley, 2020.
4. M. Richharia, Mobile Satellite Communications, Principles and Trends, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2014.



# رمزنگاری Cryptography

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** 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 رمزهای قالبی و معرفی تعدادی رمز قالبی شامل DES و ASE  
معرفی رمزهای کلید همگانی از جمله دیفی-هلمن، RSA، الجمال و مک الیس  
معرفی خیمهای بیضوی و کاربرد آن در رمزنگاری  
توابع چکیده‌ساز (HASH) و احراز اصالت پیام (MAC)  
مروری بر مدیریت کلید در سیستم‌های رمزنگاری

**مراجع:**

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. Stallings, Cryptography and Network Security: Principles and Practice, 7<sup>th</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Chapman and Hall/CRC, 2021.



# ریاضیات رمزنگاری

## Cryptography Mathematics

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینااز: -

پیشینااز: -

**هدف:** 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 منتهای (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 شبکه‌ها در رمزنگاری، مربع‌های لاتین، هندسه‌ی تصویری، طرح‌های تسهیم راز، نظریه صفر دانایی

### مراجع:

1. J. A. Anderson, J. M. Bell, Number Theory with Applications, Prentice Hall, 1997.
2. N. Koblitz, A Course in Number Theory and Cryptography, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 1994.
3. A. J. Menezes, P. C. van Oorschot, S. A. Vanstone, Handbook of Applied Cryptography. CRC Press, 1997.
4. N. Koblitz, Algebraic Aspects of Cryptography, Springer, 1999.
5. R. Lidl, Introduction of Finite Fields and Their Applications, 2<sup>nd</sup> ed., Cambridge/University Press, 1994.
6. D. M. Bressoud, Factorization 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, 2<sup>nd</sup> ed., Chapman and Hall, / CRC Press, 2008.
9. D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3<sup>rd</sup> ed., Chapman and Hall, / CRC Press, 2022.
10. J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silverman, An Introduction to Mathematical Cryptography, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2014.



## امنیت شبکه Network Security

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** معرفی و تحلیل انواع پروتکل‌های رمزنگاری مورد استفاده در شبکه‌های کامپیوتری

### شرح درس:

مقدمه‌ای بر شبکه: 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 نامتقارن (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 S/MIME، PGP و ...

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. مراجع:

- W. Stallings, Cryptography and Network Security, Principles and Practice, 6<sup>th</sup> ed., Printice- Hall, 2013.
- C. P. Pfleeger, S. L. Pfleeger, Security in Computing, 5<sup>th</sup> ed., Pearson India, 2018.
- A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6<sup>th</sup> ed., Pearson, 2020.
- M. Bishop, Computer Security: Art and Science, 2<sup>nd</sup> ed., Addison- Wiley, 2018.
- W. Mao, Modern Cryptography, Theory and Practice, Prentice- Hall, 2004.
- D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3<sup>rd</sup> ed., Chapman and Hall/ CRC Press, 2022.
- G. Bella, Formal Correctness of Security Protocols, Springer, 2007.
- C. Kaufman, R. Perlman, M. Speciner, R. Perlman, Network Security: Private Communication in a-Public World, 3<sup>rd</sup> ed., Prentice- Hall, 2022.
- D. Chaum, M. Jakobson, R. L. Rivest, P. Ryan, Towards Trustworthy Elections, Springer, 2010.
- W. Stallings, Network Security Essentials, 6<sup>th</sup> ed., Pearson, 2016.
- J. M. Kizza, A Guide to Computer Network Security, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2013.



## نهان نگاری اطلاعات Information Steganography

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

**هدف:** آشنایی با تحلیل ساختاری سیگنال‌های چند رسانه‌ای به عنوان کانال انتقال پیام

### شرح درس:

مبانی نهان سازی اطلاعات و کاربردهای اصلی آن  
بررسی ساختاری اطلاعات چند رسانه‌ای (ویدیو، تصویر، صوت باند پهن و صحبت) به منظور نهان سازی  
تحلیل سیگنال‌ها پوشش (Cover) و بررسی الگوریتمیک آنها در محیط فشرده به منظور اختفای پیام (Covert)  
مطالعه تحلیلی روش‌های نهان سازی شامل نهان نگاری و نشان گذاری (مقاوم، شکننده و نیمه شکننده)  
شناسایی و تحلیل حملات عمدی و غیر عمدی در نشان گذاری  
نهان کاوی (Steganalysis) به کمک ماشین‌های فراگیری و تحلیل‌های آماری  
آشکار سازی و استخراج پیام در نشان گذاری و نهان نگاری  
مطالعه اثر ویژگی‌های ادراکی انسان در نهان سازی اطلاعات

### مراجع:

1. S. Katzenbeisser, F. Petitcolas (eds.), Information Hiding. Artech, 2016.
2. I. Cox, M. Miller, J. Bloom, Digital Watermarking and Steganography, 2<sup>nd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2007.
3. N. F. Johnson, Z. Duric, S. Jajodia, Information Hiding: Steganography and Watermarking- Attacks and Countermeasures, Kluwer Academic Publishers, 2001.
4. P. Wayner, Disappearing Cryptography: Information Hiding: Steganography and Watermarking, 3<sup>rd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2009.



## رمزنگاری پیشرفته Advanced Cryptography

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشینماز: رمزنگاری

همینماز: -

**هدف:** 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 AES و DES

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

**مراجع:**

1. B. Schneier, Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C, 20<sup>th</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> ed., Chapman and Hall/CRC, 2021.



# پیچیدگی محاسبات Computational Complexity

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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  
مسائل  $P$  تمام و  $NP$  تمام و ارتباط با کلاس‌های  $P$  و  $NP$   
برخی مسائل معروف  $NP$  تمام  
کلاس  $PSPACE$  تمام  
کلاس‌های پیچیدگی: الگوریتم‌های تصادفی، موازی، تقریبی  
رابطه پیچیدگی محاسبات و رمزنگاری

**مراجع:**

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, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley, 2014.
4. S. Homer, A. L. Selman. Computability and Complexity Theory, 2<sup>nd</sup> 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 Protocols

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: رمزنگاری

همینااز: شبکه‌های کامپیوتری

**هدف:** 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 کلید شامل 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

رای گیری الکترونیکی: مفاهیم و ویژگی‌ها، چند روش رای گیری الکترونیکی

رمزنگاری شناسه بنیاد: پروتکل‌های احراز اصالت، توزیع کلید، امضای دیجیتال شناسه بنیاد و توابع دو خطی

مقدمه‌ای بر امنیت اثبات پذیر

### مراجع:

1. W. Stallings, Cryptography and Network Security, Principles and Practice, 6<sup>th</sup> ed., Printice- Hall, 2013.
2. C. P. Pflieger, S. L. Pflieger, Security in Computing, 5<sup>th</sup> ed., Pearson India, 2018.
3. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Watherall, Computer Networks, 6<sup>th</sup> ed., Pearson, 2020.
4. M. Bishop, Computer Security: Art and Science, 2<sup>nd</sup> ed., Addison- Wiley, 2018.
5. W. Mao, Modern Cryptography, Theory and Practice, Prentice- Hall, 2004.
6. D. R. Stinson, Cryptography Theory and Practice, 3<sup>rd</sup> 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, 3<sup>rd</sup> 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, 6<sup>th</sup> ed., Pearson, 2016.
11. J. M. Kizza, A Guide to Computer Network Security, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2013.
12. B. Schoenmakers, Cryptographic Protocols, Lecture Notes Version 1.7, 2022.



# سیستم‌های تشخیص نفوذ Intrusion Detection Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: -

**هدف:** 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 میزان، مبتنی بر شبکه، مبتنی بر امضاء، مبتنی بر معین‌سازی (Specification)

امضاء بنیاد: کاربرد درخت تصمیم

ناهنجاری بنیاد: مدل دیننگ، سیستم خبره IDES، تشخیص نفوذ آماری، بر مبنای سیستم ایمنی

قانون بنیاد: انواع، خانواده STAT، تحلیل گذار 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، داده‌کاو 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، استفاده

از snort

همبسته‌سازی هشدارهای تشخیص نفوذ: ماهیت، خوشه‌بندی، پیش‌نیاز/نتیجه، رویکرد جامع

پاسخ‌گویی به حمله: یک طبقه‌بندی از سیستم‌های پاسخ به نفوذ، پاسخ به نفوذ انطباقی

گرم‌واره‌های اینترنتی و راه‌های مقابله با آن‌ها: مفاهیم و ویژگی‌ها، چند روش رای‌گیری الکترونیکی

## مراجع:

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)

همین‌از: شبکه‌های کامپیوتری

پیشین‌از: -

**هدف:** آشنایی با مباحث پیشرفته و جدید در زمینه شبکه‌های کامپیوتری

**شرح درس:**

انتقال اطلاعات در شبکه‌ها: کلیدزنی بسته (Packet Switching) بر اساس TCP/IP، کلیدزنی مدار (Circuit Switching) بر اساس SDH و SONET و کلیدزنی مدار مجازی (Virtual Circuit Switching) بر اساس ATM و MPLS و

مسیریابی در شبکه: روش‌های انتخاب و تعیین مسیر و مدیریت ترافیک در کلیدزنی‌های سه‌گانه معماری سوئیچ و مسیریاب: سطح داده و سطح کنترل در یک مسیریاب، ساختار داخلی مسیریاب، وظایف هر یک از اجزا داخلی مسیریاب، روش‌های کلیدزنی بسته‌ها بین درگاه‌های ورودی و خروجی، نحوه ذخیره‌سازی بسته‌ها و مدیریت بافر و صف و مسائل ناشی از آن.

معماری شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار (SDN): معماری SDN، پروتکل Open Flow، کنترل‌گرهای شبکه، شبکه‌های مجازی بر اساس معماری SDN، NFV

معماری شبکه مبتنی بر سرویس (SOA): سرویس‌های چند رسانه‌ای، پروتکل‌های چند رسانه‌ای کیفیت سرویس و مکانیزم‌های کنترل آن در شبکه: روش‌های زمان‌بندی (Scheduling)، شکل‌دهی (Shaping)، پایش (Policing)، پذیرش فراخوان (Call Admission) و چارچوب خدمات‌های مجزا شده (Differentiated Services) معماری شبکه‌های مراکز داده (Data Centers) انتخاب از:

اینترنت اشیا (IoT)، محاسبات ابری، لبه و مه (Cloud, Edge and Fog Computing) شبکه‌های موبایل (5G) امنیت شبکه

**مراجع:**

1. J. F. Kurose, K. W. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach, 8<sup>th</sup> ed., Pearson, 2020.
2. B. Forouzan, Data Communications and Networking, 6<sup>th</sup> ed., McGraw-Hill, 2021.
3. L. L. Peterson, B. S. Davie, Computer Networks: A Systems Approach, 6<sup>th</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2021.
4. W. Stallings, Data and Computer Communications, 10<sup>th</sup> ed., Pearson, 2013.
5. A. S. Tanenbaum, N. Feamster, D. J. Wetherall, Computer Networks, 6<sup>th</sup> 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)

پیشیناز: -

همینااز: شبکه‌های کامپیوتری

**هدف:** 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 اطلاعات **SNMPv2**، **SNMPv2MIB**، پروتکل ۳۶ در  
**SNMPv2**، **SNMPv3**، سازگاری با **SNMPv1**  
نظاره از دور (**RMON**): **RMON SMI** و **RMONMIB**، **RMNO2**، **RMON1**، از طریق **ATM**، از طریق اینترنت  
کاربردهای مدیریت شبکه: شکل‌بندی، مدیریت خطا، عملکرد، امنیت و هزینه، حسابداری، سیاستگذاری  
ابزارهای طراحی و مدیریت: کلاس‌های مختلف

### مراجع:

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, 2<sup>nd</sup> ed., Prentice Hall, 2012.
4. J. Ding, Advances in Network Management, CRC Press, 2016.
5. B. Shin, A Practical Introduction to Enterprise Network and Security Management, 2<sup>nd</sup> ed., CRC Press, 2021.



## سوئیچ و مسیریاب در شبکه Network Switch and Router

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشیناز: -

همیناز: شبکه‌های کامپیوتری

**هدف:** 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: لایه ۳ (IP)، لایه ۲ (MPLS, ATM)، لایه‌های ۴-۷

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، سیگنالینگ Ss7

مباحث ویژه

### مراجع:

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, 2<sup>nd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2022.
5. R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, G.H. Sasaki, Optical Networks: A Practical Perspective 3<sup>rd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: شبکه‌های کامپیوتری

پیشین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با اصول عملکرد، فناوری‌ها، مکانیزم‌ها و پروتکل‌ها در ساختار لایه‌ای شبکه‌های مخابرات بی سیم

### شرح درس:

لایه فیزیکی: شامل مروری بر مدولاسیون‌های دیجیتال، روش‌های مدل‌کردن کانال‌های بی سیم، OFDM، DSSS، روش‌های MIMO و Beam-forming

لایه پیوند: شامل روش‌های پخش شده و متمرکز برای مدیریت کانال بین کاربران شامل روش‌های Aloha، CSMA/CA، TDMA، FDMA، OFDMA، CDMA، NOMA، روش‌های سلول بندی و تخصیص منابع رادیویی (scheduling) در نسل‌های مختلف شبکه‌های سلولار، روش‌های کنترل کانال در (wifi) IEEE 802.11

لایه شبکه و حمل و نقل: شامل مروری بر TCP/IP، روش‌های مسیریابی در شبکه‌های Ad hoc، بحث Mobile IP و شبکه‌های هسته در مخابرات سلولار، ملاحظات شبکه‌های بی سیم در مکانیزم‌های کنترل ازدحام شبکه‌های نوین: اینترنت اشیا، محاسبات مه، شبکه‌های 5G و ....

### مراجع:

1. A. Goldsmith, Wireless Communications, Cambridge University Press, 2005.
2. A. F. Molisch, Wireless Communications, 3<sup>rd</sup> 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)

همین‌ا‌ز: شبکه‌های کامپیوتری

پیشنیاز: -

**هدف:** 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 MAC: معرفی و پایدارسازی سیستم Aloha، الگوریتم‌های شاخه‌ای کردن، حس کردن حامل، رزرو در دسترسی چندگانه، آشکارسازی تصادم، مروری سری‌های استاندارد IEEE802

بهینه‌سازی مسیریابی: مسیریابی QoS، روش‌های جریان، الگوریتم‌های حداقل تأخیر مسیریابی، پیاده‌سازی توزیع شده کنترل ازدحام: مقایسه روش‌های انتها-به-انتها و پرش-به-پرش، جریان پنجره، چارچوب یکپارچه مسیریابی 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

**مراجع:**

1. D. P. Bertsekas, R. G. Gallaghe, Data Networks, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: شبکه‌های کامپیوتری

پیشنیاز: -

**هدف:** 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 و کاربرد آنها: روش های 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

**مراجع:**

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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** 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
- تاریخچه فشرده سازی داده
- دسته بندی روشهای فشرده سازی
- معیارهای ارزیابی کارایی روشهای فشرده سازی
- انواع افزودنی و روشهای کاهش آنها
- چندی سازی برداری، فشرده سازی در حوزه تبدیل
- کدک های استاندارد فشرده سازی تصویر شامل JPEG، JPEG-LS، JPEG2000
- بررسی انواع فریم های ویدیو، انواع ماکرو بلاک ها و الگوریتم های تخمین و جبران حرکت
- کدک های 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 رسانه ای در شبکه های موبایل و بی سیم
- بازیابی و اشتراک گذاری اطلاعات چند رسانه ای

### مراجع:

1. K. Sayood, Introduction to Data Compression, 5<sup>th</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2017.
  2. Z-N. Li, M. S. Drew, J. Liu, Fundamentals of Multimedia, 3<sup>rd</sup> ed., Springer, 2021.
- R. Steinmetz, Multimedia: Computing Communications & Applications, Pearson, 2012



## الگوریتم‌های شبکه Network Algorithms

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته

همنیاز: -

**هدف:** توصیف و تحلیل اصول و الگوریتم‌های مطرح در مسيردهی 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، تلفیل، آشکارسازی کرم

**مراجع:**

1. G. Varghese, J. Xu, Network Algorithmics: An Interdisciplinary Approach to Designing Fast Networked Devices, 2<sup>nd</sup> 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, 2<sup>nd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2017.



## طراحی شبکه‌های مخابراتی Design of Communication Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته

همین‌ااز: -

**هدف:** 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 مسیره‌ی، 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: مسیره‌ی، 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

**مراجع:**

1. C. Larsson, Design of Modern Communication Networks: Methods and Applications, Academic Press, 2014.
2. P. Oppenheimer, Top-Down Network Design, 3<sup>rd</sup> ed., Cisco Press, 2010.
3. M. Thomatis, Network Design Cookbook, 2<sup>nd</sup> ed., lulu.com, 2019.



## برنامه نویسی شبکه Network Programming

تعداد واحد: ۳ (نظری)

همینا از: -

پیشینا از: -

### 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: WWW، Email، FTP، Telnet

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، برچسب‌های 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 فناوری‌های جدید برنامه نویسی وب در هر دو سمت Django، react، AJAX و ...

معرفی وب سرویس و نحوه استفاده از آنها

معرفی مولفه‌های کار با پایگاه داده

معرفی ابزارهای تولید برنامه وب در تلفن‌های همراه

### مراجع:

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, 6<sup>th</sup> ed., Pearson, 2020.



## مدل سازی و ارزیابی عملکرد شبکه Network Modeling and Performance Evaluation

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته

**هدف:** 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 ایستادن 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 ...، آزمون-های 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 توزیع‌های 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، بهیته‌سازی از طریق شبیه‌سازی، شبیه‌سازی پروتکل‌های TCP، لایه MAC و ...

**مراجع:**

1. J. Banks, J. Carson, B. Nelson, Discrete-Event System Simulation, 5<sup>th</sup> 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)

پیشنیاز: فرآیندهای تصادفی

همین‌ا‌ز: -

**هدف:** آشنایی با نظریه‌های کلاسیک و پیشرفته صف

**شرح درس:**

مرور فرآیندهای تصادفی: فرآیند پواسن، 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 مسیره‌ی، تحلیل صف M/G/1 شبکه‌های چند طبقه: مدل‌های 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

**مراجع:**

1. J. Medhi, Stochastic Models in Queueing Theory, 2<sup>nd</sup> 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)

پیشنیاز: -

همنیاز: -

**هدف:** آشنائی 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)، پایگاه‌داده‌های NoSQL و ویژگی‌های آنها، MegaStore، BigTable، OLTP
- کاربردهای کلاد: مفاهیم Workflow، بررسی معماری Hadoop، MapReduce، برنامه‌نویسی MapReduce، معرفی اکوسیستم هدوپ، مفاهیم جریان داده، برنامه‌نویسی storm، برنامه‌نویسی Spark Streaming، معرفی و معماری اسپارک

### مراجع:

1. D. C. Marinescu, Cloud Computing: Theory and Practice, 3<sup>rd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2022.
2. A. Holmes, Hadoop in Practice, 2<sup>nd</sup> ed., Manning, 2014.
3. Basic or Recent Scientific Publications



## شبکه‌های مخابرات نوری Optical Communication Networks

تعداد واحد: ۳ (نظری)

پیشنیاز: -

همنیاز: شبکه‌های کامپیوتری

**هدف:** 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، WDM، SCMA، CDMA، SONET/SDH، CWDM/DWDM، WDM/TDMA ترکیبی

فناوری‌ها/ افزاره‌ها: افزاره‌های نوری، مالتی پلکسرهای 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: 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

**مراجع:**

1. B. Mukherjee, Optical DWM Networks, Springer, 2006.
2. R. Ramaswami, K. Sivarajan, G. Sasaki, Optical Networks: A Practical Perspective, 3<sup>rd</sup> ed., Morgan Kaufmann, 2009.
3. L. Ruan, D- Z Du(eds), Optical Networks- Recent Advances, Springer, 2011.

