جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه اصفهان

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس

دکتری مهندسی برق–مخابرات سیستم

(Electrical Engineering-Communication Systems)

دانشکده فنی و مهندسی

مصوب نوزدهمین جلسه شورای دانشگاه

مورخ ۱۴۰۲/۶/۱۱

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

مشخصات کلی برنامه و سرفصل دروس

دکتری مهندسی برق–مخابرات سیستم

(Electrical Engineering-Communication Systems)

فهرست شماره صفحه

دانشگاه اصفهان
دفتر برنامه‌ریزی آموزشی

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی دکتری مهندسی برق–مخابرات سیستم

۱- مقدمه:

در راستای تحقق اهداف کلی برگزاری دوره‌ی دکتری مهندسی برق–مخابرات سیستم و نظر به تجارب حاصله در دوره‌های پیشین، لزوم بازنگری در برنامه‌ریزی دروس این دوره احساس می‌گردید. بنابراین مجموعه‌ی حاضر با هدف ایجاد منبعی مناسب برای برنامه‌های آموزشی و پژوهشی دوره‌ی دکتری مهندسی برق ـ مخابرات سیستم تهیه شده است. امید است تهیه‌ی این مجموعه گامی مؤثر در دست‌یابی بهتر و کامل‌تر دانش‌آموختگان این دوره به اهداف تعیین شده باشد تا بتوانند قابلیت‌های خود را در مراکز و صنایع مختلف از جمله مراکز آموزشی و پژوهشی، شرکت‌های مخابرات در حوزه‌های زیرساخت، داده و اپراتورها، صدا و سیما، صنایع نظامی، مراکز مخابراتی و غیره به کار برند.

۲- اهداف:

به طور کلی دوره‌ی دکتری مهندسی برق ـ مخابرات سیستم به تکمیل دروس نظری و امور پژوهشی در زمینه‌ی مخابرات سیستم (پردازش اطلاعات، انتقال داده‌های مخابراتی، شبکه‌های مخابراتی، انتقال امن و معتبر و ...) می‌پردازد. دروس پیش‌بینی شده به همراه تعداد واحدی که برای تحقیقات و پژوهش در نظر گرفته می‌شود به گونه‌ای است که دانش‌آموختگان این دوره هم قابلیت فعالیت در مراکز صنعتی درگیر با مسائل مخابرات مانند شرکت‌های مخابراتی، صدا و سیما، نیروهای نظامی و ... را داشته و هم می‌توانند در مراکز آکادمیک به امور آموزشی و پژوهشی بپردازند.

۳- اهمیت و ضرورت:

اهمیت دوره‌ی دکتری مهندسی برق- مخابرات سیستم، ضرورت ارائه و ضرورت بازنگری در آن امروزه از هر زمان دیگری بیشتر احساس می‌شود. در واقع با توجه به گسترش روزافزون فناوری‌های پردازشی، الگوریتم‌ها و نوآوری‌های صورت گرفته در فرآیندهای تولید، ارسال و دریافت داده، شیوه‌های بهره‌گیری از فناوریِ به‌روز و تغییر و تحولات اجتماعی، سیاسی و فرهنگی در حال وقوع، همگی از جمله عواملی هستند که فناوری ارتباطات و اطلاعات و پردازش‌های مربوطه را در صدر موضوعات جهانی قرار داده‌اند. تحصیل و تحقیق در چنین موضوع پرکشش و پرجاذبه، سیری از ضرورتی تاریخی به ضرورتی آنی است.

٤- نقش و توانایی و شایستگی دانش‌آموختگان:

با توجه به توضیحات مطرح شده در بخش‌های قبلی، دانش‌آموختگان این رشته در ارکان و جایگاه‌های مهم اجتماع نقش‌آفرین خواهند بود. با توجه به دروس انتخابی و زمینه‌ی پژوهشی که هر دانشجوی مخابرات در طول تحصیل خواهد داشت، قابلیت‌های خود در زمینه‌ی پردازش سیگنال، داده، تصویر یا صدا، تخمین و آشکارسازی، نور و مخابرات نوری، کدینگ، رمزنگاری و یا شبکه را تقویت نموده و در یکی از این زمینه‌ها، روال‌های نظریه‌پردازی، کاری یا آموزشی خود را به پیش خواهد برد.

۵- تعداد و نوع واحدهای درسی:

کلیه دانشجویان مقطع دکتری مخابرات (شیوه آموزشی-پژوهشی و شیوه پژوهشی)، ملزم به به گذراندن ۳۶ واحد درسی مقطع تحصیلات تکمیلی و در صورت نیاز با نظر استاد راهنما (یا زیرگروه مخابرات در صورت عدم تعیین استاد راهنما) حداکثر ۹ واحد درسی جبرانی با واحد معادل صفرند (جدول شماره ۳).

دانشجویان مقطع دکتری شیوه آموزشی-پژوهشی باید ۱۸ واحد درسی الزامی تحصیلات تکمیلی خود را با نظر استاد راهنما از میان دروس اختیاری (جدول شماره ۲) و واحد رساله (معادل ۱۸ واحد، جدول شماره ۱) اخذ کنند.

دانشجویان مقطع دکتری شیوه پژوهشی باید ۶ واحد درسی الزامی تحصیلات تکمیلی خود را با نظر استاد راهنما از میان دروس اختیاری (جدول شماره ۲) و واحد رساله (معادل ۳۰ واحد، جدول شماره ۱) اخذ کنند.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول ۱: جدول نوع دروس

ردیف	نوع واحد درسی (آموزشی-پژوهشی)	تعداد واحد
۱	اختیاری	۱۸
۲	رساله	۱۸
	جمع	۳۶
ردیف	نوع واحد درسی (پژوهشی)	تعداد واحد
۱	اختیاری	۶
۲	رساله	۳۰
	جمع	۳۶

دانشگاه اصفهان
دانشگاه اصفهان
مدیریت برنامه‌ریزی درسی

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

جدول ۲: دروس اختیاری

ردیف	نام درس	تعداد واحد		تعداد ساعات		پیش‌نیاز یا هم‌نیاز
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	تئوری اطلاعات	۳		۴۸		
۲	تئوری پیشرفته مخابرات	۳		۴۸		
۳	فرایندهای تصادفی	۳		۴۸		
۴	مخابرات بی‌سیم	۳		۴۸		
۵	بازشناسایی الگو	۳		۴۸		
۶	پردازش پیشرفته تصاویر دیجیتال	۳		۴۸		پردازش تصویر
۷	پردازش تصویر	۳		۴۸		
۸	پردازش زمان – فرکانس سیگنال‌ها	۳		۴۸		
۹	پردازش گفتار	۳		۴۸		
۱۰	تئوری پیشرفته کدگذاری	۳		۴۸		
۱۱	تئوری تخمین و آشکارسازی	۳		۴۸		فرایندهای تصادفی (هم‌نیاز)
۱۲	ریاضیات پیشرفته در مخابرات	۳		۴۸		
۱۳	رمزنگاری	۳		۴۸		
۱۴	رمزنگاری پیشرفته	۳		۴۸		رمزنگاری
۱۵	سیستم‌های رادار	۳		۴۸		
۱۶	سیستم‌های رادار پیشرفته	۳		۴۸		سیستم‌های رادار
۱۷	سیستم‌های رادیو نرم افزاری	۳		۴۸		تئوری پیشرفته مخابرات
۱۸	سیستم‌های مخابرات نوری	۳		۴۸		
۱۹	شبکه‌های ارتباطی	۳		۴۸		
۲۰	شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	۳		۴۸		شبکه‌های ارتباطی
۲۱	ریاضیات کاربردی در سیستم‌های مخابراتی	۳		۴۸		
۲۲	شبکه‌های نوری	۳		۴۸		
۲۳	فیلترهای وفقی	۳		۴۸		فرایندهای تصادفی (هم‌نیاز)
۲۴	کدگذاری کانال	۳		۴۸		
۲۵	مباحث پیشرفته در پردازش سیگنال	۳		۴۸		
۲۶	مباحث پیشرفته در شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین	۳		۴۸		
۲۷	مباحث ویژه در مخابرات ۱	۳		۴۸		
۲۸	مباحث ویژه در مخابرات ۲	۳		۴۸		

۲۹	مخابرات باند وسیع	۳		۴۸		تئوری پیشرفته مخابرات (همنیاز)
۳۰	مخابرات دیجیتال پیشرفته	۳		۴۸		تئوری پیشرفته مخابرات
۳۱	مخابرات ماهواره‌ای	۳		۴۸		
۳۲	مخابرات نوری پیشرفته	۳		۴۸		
۳۳	نورشناسی فوریه	۳		۴۸		
۳۴	اخذ حداکثر دو درس از دوره‌های تحصیلات تکمیلی دیگر (کارشناسی ارشد و دکتری)	۶		۹۶		
	جمع کل	۱۰۵ واحد		۱۶۸۰		

جدول ۳: دروس جبرانی

ردیف	نام درس	تعداد واحد		میزان ساعات		گروه ارائه دهنده
		نظری	عملی	نظری	عملی	
۱	پردازش سیگنال‌های دیجیتال	۳*		۴۸		مهندسی برق
۲	مخابرات دیجیتال	۳*		۴۸		مهندسی برق
۳	بهینه سازی ترکیبیاتی	۳*		۴۸		ریاضی کاربردی و علوم کامپیوتر
۴	بهینه سازی غیر خطی	۳*		۴۸		ریاضی کاربردی و علوم کامپیوتر
۵	مکانیک کوانتمی ۱	۳*		۴۸		فیزیک

* تعداد واحد مربوط به ارائه‌ی درس در مقطع کارشناسی است.

شرایط اخذ دروس جبرانی:

- در صورت عدم اخذ در مقاطع قبلی به پیشنهاد استاد راهنما (یا زیرگروه مخابرات در صورت عدم تعیین استاد راهنما) و تصویب گروه، حداکثر ۹ واحد درس از دروس جبرانی باید توسط دانشجویان مقطع دکتری مخابرات سیستم اخذ گردد. رعایت پیش‌نیاز (یا هم‌نیاز) برای این دروس الزامی نیست.

فصل سوم

ویژگی‌های هریک از دروس (هدف و سرفصل دروس)

دروس اختیاری

تئوری اطلاعات

(Information Theory)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس پایه و ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: –

هدف درس:

هدف از این درس، معرفی تئوری اطلاعات و کدگذاری منابع اطلاعاتی می‌باشد. در این درس ضمن بررسی دقیق مفهوم اطلاعات تولید شده توسط منابع، انواع روش‌های فشرده‌سازی اطلاعات و مسائل مربوط به انتقال اطلاعات از کانال‌های مخابراتی مورد بحث قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- منابع اطلاعات
- مفهوم اطلاعات، آنتروپی و اطلاعات متقابل
- قضیه‌ی AEP، معرفی منبع اطلاعات ایستان و ارگادیک، آنتروپی منابع مارکوف
- قضیه‌ی اول شانون و فشرده‌سازی داده‌ها
- کدهای قابل کدگشایی به صورت یکتا، کدهای آنی، کدهای بهینه (هافمن)، کدهای شبه بهینه
- بررسی کانال‌های گسسته و بدون حافظه، تعریف ظرفیت کانال، دنباله‌های نوعی، نرخ‌های قابل حصول، نامساوی فانو و قضیه‌ی اصلی
- ظرفیت کانال با فیدبک
- کانال‌های گوسی.
- نظریه‌ی نرخ–اعوجاج، کوانتیزه کردن منابع، تابع نرخ–اعوجاج
- مقدمه‌ای بر تئوری اطلاعات در شبکه‌ها.
- کانال‌های با دسترسی چندگانه (MAC)
- کد کردن منابع وابسته
- بررسی کانال‌های پخشی (Broadcast)، کانال‌ها و شبکه‌های رله

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- M. Cover, J. A. Thomas, “Elements of Information Theory”, Wiley-Interscience, 2^{nd} edition, 2006.
2- R. W. Yeung, “A First Course in Information Theory”, Springer, 2002.
3- D. J. MacKay, “Information Theory, Inference, and Learning Algorithms”, Cambridge University Press, 2003.
4- I. Csiszar, J. Korner, “Information Theory Coding Theorems for Discrete Memoryless Systems”, Cambridge University Press, 2011.
5- A. El-Gamal, Y. H. Kim, “Network Information Theory”, Cambridge University Press, 2013.

منابع فرعی:

1- F. M. Reza, “An Introduction to Information Theory”, Dover Publications, 2010.
2- R. B. Ash, “Information Theory, Dover Publications, 1990.
3- Claude E. Shannon, W. Weaver, “The Mathematical Theory of Communication”, University of Illinois Press, 1998.

تئوری پیشرفته مخابرات

(Advanced Communication Theory)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس پایه است و نیاز به وقت کافی برای طرح مسائل متعدد دارد که در ساعت مرسوم درس امکان‌پذیر نیست.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز : –

هدف درس:

هدف این درس بیان دقیق تئوری سیستم‌های مخابراتی پیشرفته، شامل نمایش ریاضی سیگنال‌ها، مدل کردن کانال و طراحی گیرنده‌ی بهینه است. به این منظور قسمت‌های مختلف یک سیستم مخابراتی به ویژه مدولاتور، دی مدولاتور و کانال مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- نمایش سیگنال‌های قطعی و تصادفی و همچنین سیستم‌های خطی در باند میانی و باند پایه
- نمایش برداری سیگنال‌ها و مروری بر انواع مدولاتورهای دیجیتال
- محاسبه‌ی چگالی طیفی خروجی مدولاتورهای دیجیتال
- گیرنده‌ی بهینه در کانال ایده‌آل با نویز سفید گوسی و تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد آن
- گیرنده‌ی بهینه برای کانال با فاز تصادفی و نویز گوسی (گیرنده‌ی غیر همدوس) و تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد آن
- بررسی کانال با پهنای باند محدود شامل حداکثر نرخ ارسال با ISI کنترل شده و ساختار گیرنده‌ی بهینه در حضور ISI
- معرفی کانال‌های چند مسیره و متغیر با زمان و بررسی پدیده محو شدگی در این کانال‌ها
- مدل‌سازی ریاضی و آماری انواع کانال‌های محوشدگی
- سیگنالینگ مناسب برای مقابله با محوشدگی و ساختار گیرنده‌ی بهینه و تحلیل و شبیه‌سازی عملکرد آن
- معرفی اجمالی کانال MIMO و روش مخابره روی این کانال‌ها

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- J. Proakis, M. Salehi, “Digital Communications”, McGraw-Hill, 5th Ed., 2007
2- B. Sklar, “Digital Communications: Fundamentals and Applications”, Prentice Hall; 2nd edition, 2017.
3- J. R. Barry, E. A. Lee, and D. G. Messerschmitt, “Digital Communications”, Springer; 3rd edition, 2003.
4- A. Goldsmith, “Wireless Communications”, Cambridge University Press, 2005.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

فرایندهای تصادفی
(Stochastic Processes)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس پایه و ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: –

هدف درس:

هدف این درس ارائه‌ی پایه‌های تئوریک برای بیان آماری فرایندهای تصادفی و تبیین ابزارهای ریاضی لازم برای تجزیه و تحلیل و پردازش‌های مربوط به فرایندهای تصادفی می‌باشد. همچنین معرفی فرایندهای تصادفی گسسته و پیوسته‌ی مختلف و کاربرد آنها در مخابرات و پردازش سیگنال انجام می‌شود.

رئوس مطالب:

- مرور تئوری احتمالات و متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته
- بیان متغیرهای تصادفی برداری، بردارهای تصادفی توامان گوسی، تولید متغیرهای تصادفی برداری همبسته
- تعریف و بیان آماری فرایندهای تصادفی، معرفی میانگین‌های زمانی و آماری
- توابع همبستگی و چگالی طیف توان
- مفاهیم ایستانی به معنای دقیق، ایستانی با تسامح، ایستانی گردشی
- پیوستگی، مشتق و انتگرال فرایندهای تصادفی
- بسط‌های فرایندهای تصادفی بر حسب سیگنال‌های پایه
- معرفی رده‌های خاص از فرایندهای تصادفی شامل فرایندهای گوسی، پواسون، مارکف و مارتینگل
- بیان آماری نویز و معرفی انواع آن، انواع روش‌های فیلتر کردن آماری
- روش‌های مختلف تخمین
- معرفی زنجیره‌های مارکف

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

بازدید: –

منابع اصلی:

1- A. L. Garcia, “Probability and Random Processes for Electrical Engineering”, Prentice Hall, 3rd edition, 2008.
2- A. Papoulis, S. U. Pillai, “Probability, Random Variables and Stochastic Processes”, 4th edition, McGraw-Hill, 2002.
3- G. R. Grimmett, D. R. Stirzaker, “Probability and Random Processes”, 4th edition, Oxford University Press, 2020.
4- H. Stark, J. W. Woods, “Probability, Random Processes and Estimation Theory for Engineers”, 4th edition, Prentice Hall, 2012.
5- W. A. Gardner, “Introduction to Random Processes”, 2nd edition, McGraw-Hill, 1990.

مخابرات بی‌سیم

(Wireless Communications)

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

هدف درس:

روش‌های تحلیل و طراحی سیستم‌های مخابراتی بیسیم با معماری سلولی در این درس ارائه می‌گردد. بدین منظور مدل‌سازی کانال‌های رادیویی و انواع محوشدگی‌های سیگنال‌ها بررسی و روش‌های مقابله با آنها نیز بیان می‌شود. برخی از استانداردهای پرکاربرد نیز در این درس بیان می‌شود.

رئوس مطالب:

- بیان تاریخچه‌ی مخابرات بی‌سیم و سلولی
- بررسی محیط انتشاری در مخابرات بی‌سیم و مدل‌های مختلف برای محاسبه‌ی افت مسیر مقیاس بزرگ، بررسی پدیده‌های انعکاس، تفرق و پراکندگی و افت ناشی از آنها
- طراحی شبکه‌های سلولی و استفاده‌ی مجدد از فرکانس، روش‌های افزایش پوشش و ظرفیت شبکه‌ی سلولی
- مهندسی ترافیک و به‌دست آوردن فرمول ارلنگ B و استفاده از آن
- محوشدگی مقیاس کوچک و چندمسیرگی، محوشدگی رایلی و رایسین
- محوشدگی تخت، محوشدگی فرکانس‌گزین، محوشدگی سریع وکند، پهنای باند و زمان همدوسی کانال
- روش‌های دسترسی چندگانه‌ی FDMA، TDMA و محاسبه‌ی ظرفیت بر مبنای این روش‌ها، معرفی روش‌های طیف گسترده و ویژگی‌های آنها، معرفی سیستم CDMA
- همسانسازهای تطبیقی، روش عمیق‌ترین شیب، الگوریتم LMS، به‌دست آوردن شرط همگرایی این روش‌ها
- معرفی سیستم‌های چند حاملی و OFDM
- بررسی سیستم نسل دوم مخابرات سیار GSM و معرفی سیستم‌های نسل سوم و چهارم مخابرات سیار و نگاهی به روند پیشرفت نسل‌های آینده

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

بازدید: -

منابع اصلی:

1- T. S. Rappaport, “Wireless Communications: Principles and Practice”, Prentice Hall, 2nd edition, 2002.
2- G. L. Stuber, “Principles of Mobile Communication”, Springer International Publishing, 4th edition, 2017.
3- A. Goldsmith, “Wireless Communications”, Cambridge University Press, 2005.
4- D. Tse, P. Viswanath, “Fundamentals of Wireless Communication”, Cambridge University Press, 2005.
5- Y. Yang, J. Xu, G. Shi, and C.-X. Wang, “5G Wireless Systems”, Springer International Publishing, 2018.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

بازشناسایی الگو

(Pattern Recognition)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: محتوای گسترده‌ی درس.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: –

هدف درس:

هدف تبیین روش‌های بازشناسی الگو است که آمارگان ویژگی‌ها در آن اهمیت دارند. مفاهیم ریاضی بازشناسی و خوشه‌بندی الگو با کمک تحلیل آماری ویژگی‌ها، در این درس مطرح می‌شود.

رئوس مطالب:

- معرفی سامانه‌های شناسایی الگو و مفاهیم ریاضی مورد نیاز
- دسته‌بندی‌کننده‌ها و توابع تصمیم
- روش‌های مختلف استخراج و کاهش بعد
- روش‌های مختلف تخمین تابع توزیع آماری (پارامتری و غیرپارامتری)
- الگوریتم‌های مختلف خوشه‌بندی
- موضوعات پیشرفته‌ی دیگر مرتبط

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

منابع اصلی:

1- S. Theodoridis, K. Koutroumbas, “Pattern Recognition, 4th Edition” Academic Press, 2008.
2- R.J. Schalkoff, “Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches”, Wiley India Pvt. Ltd., 2007.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

پردازش تصویر

(Image Processing)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: با توجه به محتوای درس، زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: -

هدف درس:

تبیین و تحلیل مفاهیم تئوری موضوع پردازش تصاویر دیجیتال و پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم‌های آن در یک محیط برنامه‌نویسی مناسب، هدف اصلی این درس می‌باشد.

رئوس مطالب:

- مقدمه، پردازش تصاویر دیجیتال، تاریخچه و حوزه‌های مختلف به‌کارگیری آن با توجه به طیف الکترومغناطیسی
- اصول تصاویر دیجیتال، اجزا درک بصری، انواع تصویر بردارها، نمونه‌برداری و کوانتیزه کردن تصاویر، تقسیم‌بندی عملگرهای پردازش تصاویر
- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه‌ی مکان، تبدیلات سطوح خاکستری، پردازش بر مبنای هیستوگرام، عملگرهای ریاضی و منطقی، اصول فیلترهای مکانی، فیلترهای مکانی هموارساز (smoothing) و برجسته ساز (sharpening)
- بهبود کیفیت تصاویر دیجیتال در حوزه‌ی فرکانس، تبدیل فوریه‌ی گسسته‌ی دو بعدی، پیاده سازی فیلتر در فضای فرکانس، فیلترهای هموارسازی و برجسته‌سازی در فضای فرکانس، فیتلر هم‌ریختی، پیاده‌سازی تبدیل فوریه‌ی دو بعدی
- بازیابی تصویر، مدلی برای فرایند بازیابی، مدل‌های نویز در پردازش تصاویر، بازیابی تصویر در حضور نویز، بازیابی تصویر با تخمین توابع تخریب‌کننده، تبدیلات هندسی
- پردازش تصاویر مبتنی بر ریخت‌شناسی، اصول عملگرهای ریخت‌شناسی، فرسایش و اتساع، عملگرهای باز و بسته کردن، بعضی از الگوریتم‌های اصلی مبتنی بر ریخت‌شناسی
- تقطیع تصویر، آشکارسازی انواع ناپیوستگی‌ها، انواع لبه‌یاب‌ها، پیوند لبه‌ها، تقطیع بر مبنای آستانه‌گذاری، تقطیع بر مبنای نواحی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	–	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, “Digital Image Processing using MATLAB”, 3rd edition, Gatesmark Publishing, 2020.
2- R.C. Gonzalez, R.E. Woods, “Digital Image Processing”, 4th edition, Pearson, 2018.
3- G. Gimel'farb, P. Delmas و “Image Processing and Analysis: A Primer (Primers in Electronics and Computer Science)”, WSPC (Europe), 2018.
4- R. Szeliski, “Computer Vision, Algorithms and Applications”, 2nd edition, Springer, 2022.
5- W.K. Pratt, “Digital Image Processing”, 4th edition, Wiley-Interscience, 2007.
6- R. Jain, K. Katsuri, B.G. Schunk, “Machine Vision”, McGraw Hill, 1995.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

پردازش پیشرفته تصاویر دیجیتال

(Advanced Digital Image Processing)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: پردازش تصویر

هدف درس:

تبیین مفاهیم پیشرفته در موضوع پردازش تصاویر دیجیتال و پیاده سازی و ارزیابی الگوریتم‌های آن هدف این درس می‌باشد.

رئوس مطالب:

- مروری بر پردازش تصاویر دیجیتال
- معیار های ارزیابی کمی و کیفی تصویر (Quality Assessment): SNR، MES، PSNR و SSIM
- بازیابی تصـــاویر در حضـــور نویز (Restoration): فیلتر وینر، فیلتر حداقل خطای مربعی مقید، فیلترهای تطبیقی برای کاهش اثر تداخل تناوبی
- تصاویر چند طیفی (Multi Spectrum) و رنگی (Color): اصول تصاویر چند طیفی، پردازش‌های گوناگون تصاویر چند طیفی، اصول رنگ و بازسازی آن، مدل‌های رنگ، پردازش تصاویر رنگی
- پردازش تصویر مبتنی بر تفکیک پذیری چندگانه (Multi Resolution): لزوم به‌کارگیری، هرم تصویر مبتنی بر تبدیلات گوسی و هار، توسعه به تفکیک‌پذیری چندگانه، تبدیلات موجک یک بعدی و دو بعدی، موجک بسته‌ای
- فشرده سازی تصویر (Compression): اصول فشرده‌سازی، مدل‌های فشرده‌سازی تصویر، تئوری اطلاعات، فشرده‌سازی بدون اتلاف، فشرده‌سازی با اتلاف، معرفی استاندارد JPEG و JPEG2000
- پنهان‌نگاری داده در ت صویر و ویدئو (Watermarking): ا ستگانوگرافی، واترمارکینگ و پنهان‌نگاری داده و تق سیم‌بندی روش‌های آن، کاربردهای مربوطه، انواع حملات، مقاومت و کیفیت تصویری، معرفی چند نمونه الگوریتم
- تطابق تصاویر (Matching): تطابق تصاویر و مقاومت نسبت به تغییرات، استخراج ویژگی‌های مقاوم به تغییرات، استخراج توصیف‌گرهای مقاوم، تطابق توصیف‌گرها، مثال‌ها و کاربردها
- تثبیت تصـــاویر (Registration): تعریف تثبیت تصـــاویر و کاربردها، روش‌های مختلف، تبدیلات هندســـی متداول و الگوریتم‌های محاسبه‌ی پارامترهای آن

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	–	+	+

بازدید : ـ

منابع اصلی:

1- R.C. Gonzalez, R.E. Woods, “Digital Image Processing”, 4th edition, Pearson, 2018.
2- R.C. Gonzalez, R.E. Woods, S.L. Eddins, “Digital Image Processing using MATLAB”, 3rd edition, Gatesmark Publishing, 2020.
3- R. Szeliski, “Computer Vision, Algorithms and Applications”, 2nd edition, Springer, 2022.
4- W.K. Pratt, “Digital Image Processing”, 4th edition, Wiley-Interscience, 2007.
5- M. Barni, F. Bartolini, “Watermarking Systems Engineering: Enabling Digital Assets Security and Other Applications”, CRC Press, 1st edition, 2004.
6- M. Nixon, A. Aguado, “Feature Extraction and Image Processing”, Academic Press, 2008.
7- W.E. Synder, H. Qi, “Machine Vision”, Cambridge University Press, 2004.
8- R. Jain, K. Katsuri, B.G. Schunk, “Machine Vision”, McGraw Hill, 1995.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

پردازش زمان– فرکانس سیگنال‌ها

(Time-Frequency Signal Processing)

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

هدف درس:

در این درس تبدیل موجک و کاربرد آن در پردازش زمان– فرکانس مورد بررسی قرار می‌گیرد. تحلیل فرکانسی در بازه‌های زمانی کوتاه، تحلیل سیگنال‌های غیر ایستان و روش‌های آنالیز چنددقتی توسط تبدیل موجک به‌طور کامل بیان می‌شود. روندهای معکوس دقت–سرعت در این درس جایگاه ویژه دارند.

رئوس مطالب:

- تاریخچه، مقدمه، بیان جایگاه و اهمیت درس با مرور مصداق‌های کاربردی
- مروری بر آنالیز فوریه، خواص و محدودیت‌های آن
- معرفی آنالیز زمان فرکانس، تبدیل فوریه‌ی زمان کوتاه، تبدیل فوریه‌ی زمان کوتاه گسسته، نمایش Gabor گسسته، تبدیل موجک پیوسته، سری‌های موجک، تفسیر نمایش‌های زمان–فرکانس، توزیع Wigner-Ville، خواص آن و پیاده‌سازی‌های نرم‌افزاری
- فضاهای چنددقتی، تجزیه‌های متعامد و شبه متعامد، توابع Spline و پیاده‌سازی‌های نرم‌افزاری
- ساخت موجک‌ها، اجزای لازم برای ساخت موجک‌ها، ساخت موجک‌های شبه متعامد Spline، ساخت موجک‌های متعامد، توابع مقیاس متعامد، نمایش گرافیکی موجک‌ها و پیاده‌سازی‌های نرم‌افزاری
- تبدیل فوریه‌ی گسسته و الگوریتم‌های بانک فیلتر، افزایش و کاهش نرخ نمونه‌برداری، نمایش سیگنال‌ها در زیر فضای تقریبی، الگوریتم تجزیه با موجک، الگوریتم بازسازی، تغییر پایه‌ها، بازسازی سیگنال‌ها در زیرفضاهای شبه متعامد، نمایش چندفازی بانک فیلترها
- تبدیل انتگرالی سریع، دقت زمانی زیاد، دقت فرکانسی زیاد و مثال‌های کاربردی
- کاربردها در پردازش سیگنال، بسته‌های موجک، آستانه‌گذاری، حذف تداخل، بازشناسی الگو، موجک‌های دو بعدی، فشرده‌سازی تصویر، سیستم‌های مخابرات چندحاملی، تصاویر پزشکی سه بعدی و بررسی دیگر موارد کاربردی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- C. M. Akujuobi, ‘‘Wavelets and Wavelet Transform Systems and Their Applications: A Digital Signal Processing Approach”, Springer, 2022.
2- J. C. Goswami, A. K. Chan, ‘‘Fundamental of Wavelets: Theory, Algorithms, and Applications”, John Wiley & Sons, 2nd edition, 2011.
3- D. Baleanu, **‘‘**Wavelet Transform and Some of its Real-World Applications”, InTech 2015.
4- K. P. Soman, K. I. Ramachandran, and N. G. Resmi, ‘‘Insight into Wavelets: From Theory to Practice”, Prentice Hall, 3rd edition, 2010.
5- S. Mallat, “A Wavelet Tour of Signal Processing”, Academic Press, 3rd edition, 2008.

منابع فرعی:

1- M. Mehra, ‘‘Wavelets Theory and its Applications: A First Course”, Springer, 2018.
2- I. Daubechies, “Ten Lectures on Wavelets”, SIAM, 1992.
3- E. Hernandez, G. Weiss, “A First Course on Wavelets”, CRC Press, 1996.

پردازش گفتار

(Speech Processing)

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

هدف درس

بیان مفاهیم تئوری پردازش گفتار و پیاده سازی و ارزیابی الگوریتم‌های مرتبط با آن و همچنین معرفی کاربردهای پردازش گفتار در حوزه های مختلف علوم از اهداف این درس ا ست. بدین منظور نحوه‌ی تولید و ادراک گفتار در نظر گرفته شده و سپس روش‌های آنالیز، کدگذاری و در نهایت بازشناسی گفتار و گوینده بررسی می‌شوند.

رئوس مطالب

- معرفی مفهوم گفتار (Speech)، شاخه های مختلف پردازش گفتار (بازشناسی گفتار، گوینده، زبان و احساسات)، سنتز گفتار، کدگذاری گفتار و ارتقاء کیفیت.
- نحوه‌ی تولید گفتار در انسان، آناتومی سیستم تولید گفتار در انسان، مدل تولید گفتار
- نحوه‌ی ادراک گفتار در انسان: معیار اندازه‌گیری توان صوت، محدوده‌ی فرکانس صوت قابل ادراک گوش، محدوده‌ی توان صوتی قابل ادراک گوش، میزان تمایز فرکانسی در گوش.
- آنالیز گفتار شامل تبدیل صوت آنالوگ به دیجیتال، فریم کردن گفتار، تبدیل فوریه‌ی گفتار، پارامترهای مهم حوزه‌ی زمان گفتار، استخراج پریود گام گفتار، مدل فیلتر لوله‌ی صوتی، معرفی دسته‌های واج‌های فارسی
- کدینگ گفتار، معیارهای مقایسه‌ی کدکننده‌های گفتار، کیفیت کدینگ (MOS)، کوانتیزاسیون خطی و غیر خطی گفتار.
- کدکننده های شکل موج گفتار (PCM، Adaptive PCM، Delta Modulation، MPEG)، استانداردهای کدینگ گفتار، کدینگ صوت.
- بازشناسی گفتار شامل معماری کلی سیستم‌های بازشناسی گفتار، پیش تاکید سیگنال گفتار، استخراج ویژگی از گفتار، مدل‌های بازشناسی گفتار، تکنیک‌های بازشناسی مقاوم گفتار
- بازشناسی گوینده

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- L. R. Rabiner, R. W. Schafer "Introduction to Digital Speech Processing (Foundations and Trends in Signal Process,ing)", Now Publishers Inc , 2007.
2- L. Rabiner, B. H. Juang, "Fundamentals of Speech Recognition ", Prentice Hall, 1993.
3- I. McLoughlin , "Applied Speech and Audio Processing", Cambridge University Press, 2009.
4- A. M. Kondoz , "Digital Speech: Coding for Low Bit Rate Communication Systems", 2nd edition, Wiley, 2008.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

تئوری پیشرفته کدگذاری

(Advanced Coding Theory)

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

هدف درس:

هدف این درس ارائه‌ی به روز تحولات علمی صورت گرفته، نظریه‌ها و مدل‌های نوین و تثبیت شده در حوزه‌ی کدگذاری و تحلیل آن‌ها می‌با شد. بدین منظور ضمن معرفی کدبرداری لیستی، با بیان کدهای مبتنی بر گراف، د سته‌ی مهم کدهای توربو و کدهای LDPC معرفی می‌شوند و در نهایت به کدهای دوقطبی که به ظرفیت می‌رسند، پرداخته خواهد شد.

رئوس مطالب:

- کدبرداری لیستی کدهای جبری
- کدگذاری مبتنی بر گراف
- کدهای کانولوشنی
- کدهای ترلیس
- کدهای توربو
- کدهای LDPC.
- الگوریتم‌های کدبرداری بر روی گراف
- کدهای قطبی
- کدهای فضا–زمان

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- T. Richardson, R. Urbanke, “Modern Coding Theory”, Cambridge University Press, 2009.
2- S. Lin, D. J. Costello, “Error Control Coding”, 2nd edition, Prentice Hall, 2004.
3- T. K. Moon, “Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms”, Wiley, 2020.
4- S. Lin, W. E. Ryan, “Channel Codes: Classical and Modern”, Cambridge University Press, 2009.
5- M. Mezard, A. Montanari, “Information, Physics and Computation”, OUP Oxford, 2009.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

تئوری تخمین و آشکارسازی

(Detection and Estimation Theory)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس دارای مفاهیم عمیق ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	همنیاز: فرایندهای تصادفی

هدف درس:

چگونگی مدل‌سازی مسائل در حوزه‌ی تخمین و آشکارسازی، تبدیل این دو به یکدیگر، کاربردها، بیان شیوه‌های متنوع تخمین سیگنال‌های مطلوب از سیگنال‌های دریافتی در یک سیستم مخابراتی و روش‌های ساختار یافته‌ی تصمیم‌گیری در مورد حضور یا عدم حضور سیگنال‌ها از اهداف اصلی این درس می باشد.

رئوس مطالب:

- تاریخچه، مقدمه، بیان جایگاه و اهمیت درس با مرور مصداق‌های کاربردی
- مفهوم مدل‌سازی در تخمین، مدل‌سازی خطی و ارائه‌ی مصداق‌های منطبق با آن
- معیارهای گوناگون تخمین و دسته‌بندی تخمین‌زن‌ها بر مبنای آنها (حداکثر درست‌نمایی، میانگین مربعات خطا، بهینگی در بدترین حالت،...)
- فیلتر وینر
- فیلتر کالمن
- مسائل کلاسیک و شیوه‌های آشکارسازی (معیار نیمن–پیرسون، آشکارساز انرژی، حداکثر درست‌نمایی، فیلتر منطبق، ایستان گردشی،...)
- مفهوم مدل‌سازی در آشکارسازی و ارائه‌ی مصداق‌های کاربردی
- تئوری‌های تصمیم‌گیری و کاربردهای آنها
- نوع و جایگاه سیگنال‌های تصادفی و غیر تصادفی و میزان آگاهی از پارامترهای آماری و غیر آماری مربوطه در چگونگی آشکارسازی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- H. L. Van Trees, K. L. Bell with Z. Tian, "Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I: Detection, Estimation, and Filtering Theory", Wiley, 2nd edition, 2013.
2- D. Simon, "Optimal State Estimation: Kalman, H Infinity, and Nonlinear Approaches", Wiely, 2006.
3- K. Yao, F. Lorenzelli, and C. E. Chen, "Detection and Estimation for Communication and Radar Systems", Cambridge University Press, 2013.
4- T. Schonhoff and A. Giardano, "Detection and Estimation Theory and its Applications", Prentice Hall, 2006.
5- S. M. Kay, "Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory", Prentice Hall, 1998.
6- S. M. Kay, "Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory", Prentice Hall, 1998.

منبع فرعی:

7- T. Kailath, A. H. Sayed, and B. Hassibi, "Linear Estimation", Prentice Hall, 2000.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

ریاضیات پیشرفته در مخابرات

(Advanced Mathematics in Communications)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس دارای مفاهیم عمیق ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

هدف از ارائه‌ی این درس تقویت تفکر و استدلال و تواناسازی دانشجویان در به‌کارگیری مفاهیم پیشرفته‌ی جبر در حوزه‌ی مخابرات سیستم و توانمندسازی آنها در به‌کارگیری صحیح دانش ریاضیات است. مدرس درس با تمرکز بر این موضوع به صورت ساختاریافته چند موضوع جبری انتخابی را در ذهن دانشجو نهادینه می‌سازد. ارائه‌ی مصداق‌های کاربردی ذهن دانشجو را در به‌کارگیری مفاهیم تقویت می‌کند.

رئوس مطالب:

- جایگاه و ویژگی‌های فضای هیلبرت در مخابرات سیستم
- جایگاه و ویژگی‌های فضای Krein در مخابرات سیستم
- جایگاه و ویژگی‌های خم‌های بیضوی در مخابرات سیستم
- نظریه‌ی اعداد، محاسبات کوانتومی و جایگاه آن در مخابرات سیستم
- یک موضوع انتخابی از سوی مدرس (با در نظر داشتن کامل هدف مطرح شده برای درس)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید:–

منابع اصلی:

1- B. Hassibi, A. H. Sayed, and T. Kailath, “Indefinite-Quadratic Estimation and Control: A Unified Approach to H2 and H-infinity Theories contents”, SIAM, 1987.
2- S. Kundu, and S. Mazumder, “Number Theory and its Applications”, CRC Press, 2022.
3- R. A. Kennedy, P. Sadeghi, “Hilbert Space Methods in Signal Processing”, Cambridge University Press, 2013.

منابع فرعی:

1- S. Y. Yan, “Quantum Computational Number Theory”, Springer, 2016.
2- R. A. Mollin, “Advanced Number Theory with Applications”, CRC Press, 2017.
3- D. R. Stinson, M. B. Paterson, “Cryptography: Theory and Practice’’, CRC Press, 4th edition, 2018.

رمزنگاری

(Cryptography)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس دارای مفاهیم عمیق ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: –

هدف درس:

هدف از این درس ارائه‌ی اصول، مبانی و شیوه‌های گوناگون رمزنگاری اطلاعات است. پایه‌های ریاضیاتی لازم برای رسیدن به این هدف شامل شیوه‌های ایجاد امنیت و اعتبار در ارسال و دریافت داده‌ها با بیان ریاضیات لازم در حوزه‌ی جبر مورد بررسی دقیق قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- تاریخچه، اصول، پایه‌ها و مفاهیم اصلی یک سیستم رمزنگاری مطمئن
- مروری بر سیستم‌های رمزنگاری کلاسیک و شیوه‌های شکستن آنها شامل سیستم‌های جانشینی و جابجایی
- تئوری شانون
- تئوری پیچیدگی و جایگاه آن در رمزنگاری
- آشنایی با سیستم های رمزنگاری کلید متقارن شامل DES و AES
- سیستم‌های رمزنگاری پی در پی، سیستم‌های متکی بر LSFR
- سیستم‌های غیر خطی شامل ساختار، انواع حمله‌ها و شیوه‌های شکستن آنها
- آشنایی با توابع درهم‌ساز و جایگاه آنها در سیستم‌های رمزنگاری
- تاریخچه، جایگاه و انواع سیستم‌های رمزنگاری کلید عمومی
- اعتبارسنجی و شیوه‌های تشخیص هویت و متن
- رمزنگاری کوانتومی و پساکوانتمی
- کاربردهای سیستم‌های رمزنگاری در ساختارهای متنوع ارتباطی کنونی (شبکه‌های اجتماعی، سیستم‌های بانکی، اینترنت اشیاء و...)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- D. R. Stinson, M. B. Paterson, “Cryptography: Theory and Practice”, CRC Press, 4th edition, 2018.
2- W. Stallings, “Cryptography and Network Security: Principles and Practice”, Prentice Hall, 8th edition, 2020.
3- J. Katz, Y. Lindell, “Introduction to Modern Cryptography”, CRC Press, 3rd edition, 2020.
4- A. S. Tanenbaum, N. Feamster, and D. J. Wetherall, “Computer Networks”, Pearson, 6th edition, 2021.
5- R. Blahut, “Cryptography and Secure Communication”, Cambridge University Press, 2014.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

رمزنگاری پیشرفته

(Advanced Cryptography)

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

هدف درس:

هدف این درس ارائه‌ی به‌روز تحولات علمی صورت گرفته، نظریه‌ها و مدل‌های نوین در حوزه‌ی رمزنگاری است. مدرس این درس با رویکرد پژوهش‌محوری، دانشجویان را در مسیر ارتقای علمی در این زمینه راهنمایی می‌کند. در پایان درس دانشجویان دارای توان مناسب فکری در تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم‌های رمزنگاری و امکان‌سنجی حمله به آنها خواهند بود.

رئوس مطالب:

- مروری بر مفاهیم اصلی رمزنگاری
- سیر تحول در ارائه و حمله به سیستم‌های رمزنگاری
- نگرشی تحلیلی به کاربردهای کنونی سیستم‌های گوناگون رمزنگاری (با توجه به حوزه‌های متنوعی نظیر شبکه‌های اجتماعی، اینترنت اشیا، ساختارهای مالی، ارزهای دیجیتال و...)
- قضایای اصلی و شیوه‌های سنجش امنیت و اعتبار یک سیستم طراحی شده
- تحلیل شیوه‌های رمزنگاری کوانتومی و پساکوانتومی
- پیش‌بینی مبتنی بر تحلیل آینده‌ی سیستم‌های رمزنگاری و تبعات آن

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- D. R. Stinson, M. B. Paterson, “Cryptography: Theory and Practice”, CRC Press, 4th edition, 2018.
2- W. Stallings, “Cryptography and Network Security: Principles and Practice”, Prentice Hall, 5th edition, 2010.
3- H. Knospe, “A Course in Cryptography”, AMS Press, 2019.
4- P. Franco, “Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics”, Wiley, 2014.
5- R. Oppliger, “Contemporary Cryptography”, Artech House, 2nd edition, 2011.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

سیستم‌های رادار

(Radar Systems)

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

هدف درس:

هدف از این درس، بیان دقیق اصول حاکم بر سیستم‌های راداری، ساختار رادارهای مختلف، روش‌های آشکارسازی و پردازش در رادارها، مدل‌سازی سیگنال‌های راداری و کلاتر می‌باشد.

رئوس مطالب:

- مفاهیم اولیه‌ی رادار و معادله‌ی رادار (رادار پالسی ساده)
- ساختار رادارهای پالسی
- مدل‌سازی اهداف و کلاترها
- سطح مقطع راداری
- حذف کلاتر و پردازش‌های MTI
- رادار CW
- رادار ردیاب (tracking)
- فیلتر منطبق و تابع ابهام و آشکارسازی
- فشرده‌سازی پالس

روش ارزشیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1. M. Skolnik, “Introduction to radar”, 3rd Ed., MC Graw Hill, 2002.
2. H. Rahman, “Fundamental principals of Radar”,1st Ed., CRC Press, 2019.
3. M. Jankiraman, “FMCW Radar Design”, Artech House, 2018
4. F.E. Nathanson “Radar Design Principles: signal processing and environment”, 2nd Ed., Scitech, 1999.

سیستم‌های رادار پیشرفته

(Advanced Radar Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: سیستم‌های رادار

هدف درس:

هدف این درس، تحلیل عملکرد و بیان شیوه‌ی طراحی رادارهای پیشرفته، شامل تحلیل شیوه‌های نوین پردازش راداری و بررسی ساختار گیرنده و آنتن در رادارهای جدید و بررسی عناصر اصلی سامانه‌های راداری مدرن است. به این منظور ساختار برخی از انواع رادارهای پیشرفته و روش‌های پردازشی جدید و همچنین روش‌های جنگ الکترونیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

با توجه به سرعت پیشرفت در این زمینه، بسته به نیاز می‌توان مباحث مختلفی را پوشش داد. مراجع و تمرین‌های درس بنا به سرفصل‌های در نظر گرفته شده انتخاب خواهد شد. بعضی سرفصل‌های پیشنهادی عبارتند از:

- تابع ابهام شکل موج‌های راداری و ویژگی‌های آن
- روش‌های فشرده‌سازی پالس
- معرفی و تحلیل انواع شکل موج‌های راداری مدوله شده فاز و فرکانس
- پردازش در گیرنده راداری بر مبنای فیلتر منطبق
- مبانی جنگ الکترونیک در رادار
- بررسی انواع اختلال شامل اختلال نویزی (Noise jamming) و انواع اختلال فریب (Decoy jamming)
- رادارهای غیرفعال (Passive radars) شامل: اصول کار، ساختار، پردازش سیگنال و مهم‌ترین مسائل آن
- مبانی رادارهای با احتمال شنود کم (LPI) و ساختار آنها

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- N. Levanon, E.Mozeson, “Radar Signals”, Wiley-IEEE Press, 2004
2- M. Cherniakov, “Bistatic Radars: Emerging Technology”, Wiley, 2008
3- M.A. Richards, G.A. Scheer, W.A. Holm, “Principles of Modern Radar”, IET, 2010
4- M.V. Maksimov, et al, “Radar Anti-Jamming Techniques”, Artech House, 1980
5- P. J. Hannen, “Radar and electronic warfare principles for the Non-specialist", 4th edition, Scitech, 2013
6- D. L. Adamy, “EW 101: A First Course in Electronic Warfare”, Artech House, 2001
7- P. Pace, “Detecting and classifying low probability of intercept Radar”, Artech House, 2003
۸- د. آدامی، "جنگ الکترونیک“ ، مترجم م. م. نایبی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۷

سیستم‌های رادیو نرم‌افزاری

(Software Radio System)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین : –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: تئوری پیشرفته مخابرات

هدف درس:

هدف این درس بررسی چگونگی پیاده‌سازی کاملا نرم‌افزاری قسمت‌های مختلف سیستم‌های مخابراتی و همچنین نحوه‌ی پردازش مناسب سیگنال‌ها در نقاط مختلف یک سیستم مخابراتی دیجیتال است. انواع پلتفرم‌های موجود برای پیاده‌سازی سیستم‌های رادیو نرم‌افزاری نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- مقدمه‌ای بر رادیو نرم‌افزاری و مروری بر مخابرات دیجیتال
- نمونه‌برداری باند میانی (Bandpass sampling)
- پردازش چند نرخی سیگنال (Multirate signal processing)
- پیاده‌سازی دیجیتال مدولاتور
- روش‌های نرم‌افزاری همگام‌سازی زمان، حامل و فریم
- پیاده سازی دیجیتال دمدولاتور
- پیاده‌سازی وفقی همسان‌ساز
- بلوک‌های قابل کنترل با نرم‌افزار (فیلترها، اسیلاتورها، تقویت کننده‌ها و ...)
- معرفی سیستم‌های مخابراتی شناختگر (Cognitive radio)
- سخت‌افزارهای مناسب برای رادیو نرم‌افزار

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	–	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1. T. F. Collins, R. Getz, D. Pu, and A. M. Wyglinski, “Software-Defined Radio for Engineers”, Artech House, 2018
2. B. Farhang-Boroujeny, “Signal Processing Techniques for Software Radios”, 2008.
3. R. W. Stewart, K. W. Barlee, and D. S. W. Atkinson, “Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR”, Strathclyde Academic Media, 2015.
4. J. Proakis, M. Salehi, “Digital Communications”, McGraw-Hill, 5th edition, 2007.

سیستم‌های مخابرات نوری

(Optical Communication Systems)

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

هدف درس:

هدف این درس بررسی و تحلیل سیستم‌های معمول مخابرات تار (فیبر) نوری شامل فرستنده، تار نوری، و گیرنده، به‌کارگیری روش‌های تجزیه و تحلیل عملکرد سیستم‌های مخابرات تار نوری و نیز روش‌های مقدماتی طراحی سیستم‌های مخابرات فیبر نوری آنالوگ و دیجیتال است.

رئوس مطالب:

- تاریخچه‌ی انتشار از طریق نور و تارهای نوری
- مقدمه‌ای بر ساختار و انواع تارهای نوری
- اصول و مبانی انتشار در تارهای نوری
- نور هندسی و قواعد آن، تئوری الکترومغناطیس و چگونگی استفاده از آن در بررسی عملکرد تارهای نوری تک مد و چند مد
- مفهوم پاشندگی و علل به وجود آمدن آن
- نویز و تداخل در سیستم‌های انتقال نوری
- ساختار فرستنده‌ها و آشکارسازهای نوری و انواع آن
- ساختار و انواع تقویت‌کننده‌های نوری
- زیر ساخت‌های گوناگون نوری به منظور انتقال اطلاعات
- شبکه‌های نوری
- WDM و DWDM
- مقدمه‌ای بر طراحی لینک‌های تار نوری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید:-

منابع اصلی:

1. J. C. Palais, “Fiber Optic Communications”, Englewood Cliffs: Prentice Hall, 5th edition, 2005.
2. G. P. Agrawal, ‘‘Fiber-Optic Communications Systems”, John Wiley & Sons, Inc., 5th edition, 2021.
3. G. Keiser, “Fiber Optic Communications”, 1st edition, McGraw Hill, 2021.
4. S. Hranilovic, “Wireless Optical Communication Systems”, Springer Science & Business Media, 2006.
5. J. W. Goodman, “Introduction to Fourier Optics”, 4th edition, McGraw-Hill, 2017.
6. J. M. Senior, “Optical Fiber Communications, Principles and Practice”, Prentice-Hall, 3rd edition, 2008.

شبکه‌های ارتباطی

(Communication Networks)

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

هدف درس:

هدف این درس بازسازی فکری دانشجویان در درک عمیق مفهوم شبکه است. آنها با گذراندن این درس با مفهوم لایه در شبکه‌ها و وظایف پروتکل‌های هر لایه آشـــنا می‌شـــوند و درمی‌یابند که مفاهیم مخابراتیِ از قبل فراگرفته در فرایندهای تولید، ارســال و دریافت داده، هر یک متعلق به چه لایه‌ی شبکه است.

رئوس مطالب:

- مفهوم مدل لایه‌ای در شبکه‌ها و روال‌ها و پروتکل‌های لایه‌های مختلف شبکه
- ساختار ریاضیاتی شبکه‌ها (مورد خاص: اینترنت)
- تئوری صف و جایگاه آن در شبکه
- ترافیک سنگین و راه‌های مقابله با آن
- تئوری گراف‌های تصادفی و نقش آن در ساختار شبکه‌های بی‌سیم
- تجزیه و تحلیل نقش مفاهیم پایه‌ی مخابراتی (ارســال پاره‌ای اطلاعات، رمزنگاری، کدینگ، و...) در ســاختار یک شبکه‌ی کاربردی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- O. C. Ibe, “Fundamentals of Data Communication Networks’’, Wiley, 2017.
2- R. Srikant, Lei Ying, “Communication Networks: An Optimization, Control, and Stochastic Networks Perspective’’ Cambridge University Press, 1st edition, 2013.
3- A. L. Garcia, I. Widjaja, “Communication Networks’’, 2nd edition, McGraw – Hill, 2003.
4- W. Stallings, “Data and Computer Communication”, 10th edition, Prentice Hall, 2014.

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

شبکه‌های ارتباطی پیشرفته

(Advanced Communication Networks)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: شبکه‌های ارتباطی

هدف درس:

در این درس مشخصه‌های عملکرد شبکه‌های نوین مخابراتی و کامپیوتری تحلیل و بررسی می‌شود. رویکرد درس ارائه‌ی ساختار لایه‌ای هر شبکه‌ی چند لایه‌ای و تجزیه و تحلیل عملکرد هر لایه از شبکه‌ی انتخاب شده خواهد بود. از جمله اهداف درس همچنین توانا‌سازی دانشجویان در درک روندهای سیاست‌گذاری اشخاص حقیقی و حقوقی در زمینه‌ی شبکه‌ها است.

سرفصل مطالب:

- بررسی تحلیلی و کلی گذشته، حال و آینده‌ی قابل پیش‌بینی شبکه‌ها در لایه‌های گوناگون
- تجزیه و تحلیل و بررسی شبکه‌ی ATM و جایگاه کنونی آن
- تجزیه و تحلیل و بررسی شبکه‌های مبتنی بر رادیو شناختگر
- تجزیه و تحلیل ساختارهای ارتباطی مبتنی بر مخابرات رله
- بررسی تحلیلی عملکرد شبکه‌های نسل پنجم و ششم موبایل
- یک موضوع انتخابی از سوی مدرس (با در نظر داشتن کامل هدف مطرح شده برای درس)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- J. F. Kurose, K. W. Ross, “Computer Networking: A Top-Down Approach”, 5th edition, Addison-Wesley, 2010.
2- A. S. Tanenbaum, “Computer Networks”, 5th edition, Prentice-Hall, 2010.
3- A. Leon-Garcia, “Communication Networks”, 2nd edition, McGraw-Hill, 2003.
4- W. Stalling, “Data and Computer Communications”, 9th edition, Prentice-Hall, 2010.
5- E. Hossain, V. K. Bhargava, “Cognitive Wireless Communication Networks”, Springer, 2010.

ریاضیات کاربردی در سیستم‌های مخابراتی

(Applied Mathematics in Communication Systems)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: - حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس پایه و ریاضیاتی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: -

هدف درس:

در این درس به ارائه‌ی روش‌های ریاضی مورد نیاز برای مهندسی و تحلیل سیستم‌های مخابراتی و بهینه‌سازی آنها از جمله مباحث لازم برای بخش‌های مختلف سیستم‌های مخابراتی نوین از جمله تئوری کدگذاری، تئوری رمز، سیستم‌های چندورودی-چندخروجی پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب:

- آنالیز خطی شامل فضاهای خطی، فضاهای ضرب داخلی و هیلبرت و عملگرهای آن، ارائه روش ممان
- مقدمه‌ای بر جبر خطی مدرن
- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه و تجزیه به بردارهای ویژه، تحلیل مقادیر ویژه و نمایش طیفی
- تجزیه‌ی ماتریس به مقدار تکین
- سیستم معادلات خطی و حل آنها، شبه معکوس
- بهینه‌سازی در سیستم‌های مخابراتی
- تخمین و برازش
- میدان‌های گالوا

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	-

بازدید: -

منابع اصلی:

1- G. Williams, ‘‘Linear Algebra with Applications’’, Jones & Bartlett Learning, 2017.
2- S. Leon, ‘‘Linear Algebra with Applications’’, Prentice Hall; 8th edition, 2009.

3- A. J. Menezes, et al., ‘‘Applications of Finite Fields’’, vol. 199. Springer Science & Business Media, 2013.
4- R. Lidl, H. Niederreiter, ‘‘Introduction to Finite Fields and Their Applications’’, Cambridge University Press, 1994.
5- M. Diehl, ‘‘Lecture Notes on Numerical Optimization’’, IMTEK, Faculty of Engineering, University of Freiburg, 2016.
6- M. Chiang, ‘‘Nonconvex Optimization for Communication Networks’’, Advances in Applied Mathematics and Global Optimization. Springer, Boston, MA, 2009. 137-196.
7- M. X. Cheng, et al., ‘‘Combinatorial Optimization in Communication Networks’’, Boston, MA: Springer US, 2006.

شبکه‌های نوری

(Optical Networks)

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

هدف درس:

هدف این درس بررسی و تحلیل انواع شبکه‌های تار نوری و شبکه‌های بی‌سیم نوری و کاربرد روش‌های مالتی‌پلکسینگ در مخابرات نوری، تجهیزات و ادوات سوئیچینگ نوری، سیستم‌های انتقال نوری مربوطه و تجهیزات ترکیبی (الکترونیکی و نوری) مورد استفاده است.

رئوس مطالب:

- فرآیند طراحی، لایه‌بندی و تحلیل شبکه‌های نوری
- مدل شبکه‌های نوری (ساختار پایه‌ی شبکه، توپولوژی‌ها، عناصر شبکه و وظایف آن‌ها).
- تجهیزات اصلی شبکه‌های نوری
- فیبر نوری
- بازدهی طیفی و مالتی‌پلکس‌های نوری
- شبکه‌های مبتنی بر مالتی‌پلکس تقسیم زمانی
- سیستم‌های مالتی‌پلکس تقسیم طول موج متراکم
- شبکه‌های نوری چند سرویسی
- شبکه‌های دسترسی نوری
- مدیریت و حفاظت در شبکه‌های نوری
- سوئیچینگ نوری و شبکه‌های تمام نوری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- P. Sahu, “Fundamentals of Optical Networks and Components”, Boca Raton: CRC Press, 2020.
2- R. Ramaswami, K. N. Sivarjan, “Optical Networks, A Practical Perspective”, 3^{rd} edition, Morgan Kaufmann Publisher, 2009.
3- J. M. Simmons, “Optical Network Design and Planning”, Springer, 2010.
4- B. Mukherjee, “Optical Communication Networks”, McGraw-Hill, 1997.

فیلترهای وفقی

(Adaptive Filters)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	هم‌نیاز: فرایندهای تصادفی

هدف درس:

هدف این درس ارائه‌ی اصول طراحی فیلترهای آماری بهینه‌ی سیگنال‌ها بر مبنای معیارهای مختلف و معرفی الگوریتم‌های تخمین گام به گام سیگنال‌ها، با دریافت تدریجی اطلاعـات، مـی‌باشـد. همچنین به تحلیل ریاضی همگرایی الگوریتم‌های ارائه شده و نیز کاربردهای مختلف آنها در مخابرات پرداخته می‌شود.

رئوس مطالب:

- ارائه مفهوم فیلترهای وفقی و معرفی کاربردهای آن
- مرور سیگنال‌ها و سیستم‌های زمان گسسته
- معیار میانگین مربعات خطا، اصل تعامد و فیلتر وینر
- خواص مقادیر و بردارهای ویژه ماتریس‌ها
- روش عمیق‌ترین شیب و تحلیل همگرایی آن، منحنی‌های یادگیری و روش نیوتن
- به‌دست آوردن الگوریتم LMS، تحلیل همگرایی الگوریتم LMS و بررسی تحلیلی رفتار منحنی یادگیری
- فیلترهای وفقی حوزه‌ی تبدیل و الگوریتم LMS نرمالیزه شده
- فیلترهای وفقی برای ساختار IIR
- روش کمترین مربعات و به دست آوردن الگوریتم RLS، بررسی همگرایی الگوریتم RLS
- نظریه‌ی عضویت–مجموعه در الگوریتم‌های وفقی
- ساختارهای وفقی تغییرپذیر با زمان
- بررسی کاربردهای مختلف فیلترهای وفقی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- B. Farhang-Boroujeny, “Adaptive Filters: Theory and Applications”, John Wiley, 2nd edition, 2013.
2- P. S. R. Diniz, “Adaptive Filtering: Algorithms and Practical Implementation”, Springer, 5th edition, 2021.
3- S. Haykin, ‘‘Adaptive Filter Theory’’, Pearson Education, 5th edition, 2014.
4- A. H. Sayed, ‘‘Adaptive Filters’’, Wiley-IEEE Press, 2nd edition, 2008.

کدگذاری کانال

(Channel Coding)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: دارد توجیه در صورت نیاز به حل تمرین: درس دارای مفاهیم عمیق تخصصی است و زمان بیشتر برای تمرین لازم است.
نوع درس: اختیاری	پیشنیاز: –

هدف درس:

هدف از این درس، معرفی روش‌های متنوع کدگذاری کانال به منظور مقابله با خطای کانال‌های مخابراتی است. بدین منظور، با بیان اصول ریاضی حاکم بر نظریه‌ی کدگذاری، انواع مختلف روش‌های کدگذاری وکدبرداری معرفی و مقایسه‌ی آن‌ها با هم انجام می‌شود.

رئوس مطالب:

- مقدمه‌ای در مورد جایگاه کدگذاری
- مقدمه‌ای از جبر مدرن و میدان‌های متناهی
- کدهای بلوکی خطی و کدهای خطی مهم
- کران‌های بالا و پایین روی اندازه‌ی کدها
- معرفی کدهای دوری
- کدهای BCH باینری و غیر باینری
- کدهای رید–سلومون
- کدهای Concatenated
- الگوریتم‌های کدبرداری برای کدهای بلوکی خطی
- معرفی کدهای کانولوشنی، کدبرداری بهینه‌ی کدهای کانولوشنی (الگوریتم ویتربی)، کدبرداری شبه‌بهینه‌ی کدهای کانولوشنی (ZJ و فانو)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- S. Lin, D. J. Costello, “Error Control Coding”, 2^{nd} edition, Prentice Hall, 2004.
2- T. K. Moon, “Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms”, Wiley, 2020.
3- S. Lin, W. E. Ryan, “Channel Codes: Classical and Modern”, Cambridge University Press, 2009.
4- R. Blahut, “Theory and practice of error control codes”, Addison-Wesley Publishing Company, 1983.
5- F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane, “The Theory of Error-correcting Codes”, North-Holland Publishing Company, 1977.
6- W. C. Huffman, V. Pless, “Fundamentals of Error-Correcting Codes”, Cambridge University Press, 2010.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

مباحث پیشرفته در پردازش سیگنال‌ها

(Advanced Topics in Signal Processing)

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

هدف درس:

هدف این درس تحلیل مسائل پیشرفته‌ی پردازش سیگنال و ارائه‌ی تحولات علمی صورت گرفته در این حوزه است. تحلیل روش‌های نمونه‌برداری با کمترین نرخ، الگوریتم‌های پردازشی سریع، الگوریتم‌های پردازش سیگنال‌های تصادفی، تحلیل و بررسی روش‌های جهت‌یابی و معرفی نرم‌افزارهای کاربردی در این درس صورت می‌گیرد.

رئوس مطالب:

- تاریخچه، مقدمه، بیان جایگاه و اهمیت درس با مرور مصداق‌های کاربردی
- پردازش ترکیبی آنالوگ – دیجیتال (Mixed Analog-Digital Signal Processing)
- حسگری فشرده (Compressive Sensing)
- پردازش چند نرخی سیگنال (Multirate Signal Processing)
- نمونه‌برداری غیریکنواخت و روش بازسازی
- معرفی روش‌های پردازش سیگنال‌های آماری
- روش‌های تخمین طیف فرکانسی
- روش‌های نوین جهت‌یابی
- روش‌های پردازش داده‌های با ابعاد بالا، بیان الگوریتم‌ها و معرفی نرم‌افزارهای کاربردی
- کاربردهای متنوع موارد مطرح شده

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- J. L. Starck, “Sparse Image and Signal Processing”, Cambridge University Press, 2nd edition, 2015.
2- M. S. Alencar, F. B. S. de Carvalho, et al., “Spectrum Sensing Techniques and Applications”, Momentum Press, 2018.
3- J. G. Proakis, C. M. Rader, F. Ling and M. Moonen, “Algorithms for Statistical Signal Processing”, Prentice Hall, 2002.
4- O. S. Jahromi, “Multirate Statistical Signal Processing”, Springer, 2010.
5- W. Kester, “Mixed-signal and DSP Design Techniques”, Newnes, 2003.

مباحث پیشرفته در شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین

(Advanced Topics in Neural Networks and Machine Learning)

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

هدف درس:

بررسی انواع شبکه‌های عصبی پیشرفته و مباحث مربوطه در حوزه یادگیری ماشین و کاربردهای هر یک به همراه توانایی‌ها و محدودیت آن‌ها هدف اصلی این درس می‌باشد. بر این اساس، ابتدا شبکه‌های عصبی پرسپترون معرفی می‌شوند و در ادامه شبکه‌های عصبی تئوری تشدید، آماری، بازگشتی و عمیق مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بخش یادگیری ماشین نیز برخی مباحث منتخب در این حوزه مورد بحث قرار خواهند گرفت.

رئوس مطالب:

بخش شبکه‌های عصبی

- شبکه‌های عصبی پرسپترون تک لایه و چند لایه، انتشار خطا و الگوریتم‌های یادگیری مرتبه اول و دوم
- شبکه‌های عصبی توابع پایه شعاعی (RBF)
- شبکه‌های Counter Propagation، لایه‌ی Kohonen Self-Organizing Map و Grossberg
- شبکه‌های عصبی تئوری تشدید (ART)، تنظیم پارامترها، عملکرد شبکه
- شبکه‌های عصبی آماری، شبیه‌سازی پخت تدریجی، هاپفیلد آماری
- شبکه‌های عصبی بازگشتی، شبکه‌های گسسته و پیوسته، شبکه‌های مبتنی بر MLP
- شبکه‌های عصبی عمیق، شبکه‌های عصبی عمیق پیچشی، بازگشتی و تکراری، شبکه خودکدگذار

بخش یادگیری ماشین

- یادگیری بیزین
- یادگیری تقویتی
- استفاده از کدگذاری تنک در بازشناسی و طبقه بندی
- تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل مولفه‌های مستقل در مساله کاهش ابعاد

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی:

1- D. Graupe, “Principles of Artificial Neural Networks, Advanced Series in Circuits and Systems”, vol. 6, World Scientific, 2019.
2- K. Murphy, “Probabilistic Machine Learning: An Introduction”, MIT Press, 2022.
3- S. Haykin, “Neural Networks: A Comprehensive Foundation”, 3rd edition, Pearson Education, 2009.
4- J.-S.R. Jang, C.-T. Sun, E. Mizutani, “Neuro-Fuzzy and Soft Computing”, PHI Learning Private Limited, 2008.
5- S. Samarasinghe, “Neural Networks for Applied Sciences and Engineering: From Fundamentals to Complex Pattern Recognition”, 1st edition, Auerbach, 2016.
6- R.J. Schalkoff, “Artificial Neural Networks’’, McGraw Hill, 1997.
7- C.M. Bishop, “Neural Networks for Pattern Recognition”, Clarendon Press, 1995.

منابع فرعی:

1- L. Fausett, “Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications”, Prentice Hall, 2006.
2- I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, “Deep Learning”, MIT Press, 2016.
3- C. M. Bishop, “Pattern Recognition and Machine Learning”, Springer, 2006.

مباحث ویژه در مخابرات ۱

(Special Topics in Communication I)

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

هدف درس:

با توجه به اهمیت و گ ستردگی ر شته‌ی مهند سی برق– مخابرات، پیـ شرفت‌های روزافزون علمی و فنی در آن و تحولات گوناگون ناشی ازآن، در صورت نیاز در این درس مباحث جدید ارائه خواهد شد.

رئوس مطالب:

با توجه به هدف مطرح شـــده برای این درس، مدرس مربوطه، رئوس مطالب را آماده کرده و با در نظر گرفتن زمان‌بندی دقیق، مراجع مورد اســـتفاده و تکالیف در نظر گرفته برای درس، برنامه‌ی خود را به گروه ارائه می‌کند. در برنامه‌ی پیشـــنهادی موارد زیر بایستی لحاظ شود:

- مقدمه‌ای بر موضوع انتخاب شده و هدف از ارائه‌ی آن
- مرور مطالب اساسی مطرح شده
- نتایج و توان‌مندی‌های حاصل از گذراندن این درس
- تحلیل دقیق و یا شهودی مطالب در نظر گرفته شده
- در صورت لزوم شبیه‌سازی و مشاهده‌ی نتایج حاصل در محیط‌های نرم‌افزاری مناسب

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی: –

مباحث ویژه در مخابرات ۲

(Special Topics in Communication II)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: ۰ حل تمرین: -
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: -

هدف درس:

با توجه به اهمیت و گستردگی رشته‌ی مهندسی برق- مخابرات، پیشرفت‌های روزافزون علمی و فنی در آن و تحولات گوناگون ناشی ازآن، در صورت نیاز در این درس مباحث جدید ارائه خواهد شد.

رئوس مطالب:

با توجه به هدف مطرح شده برای این درس، مدرس مربوطه، رئوس مطالب را آماده کرده و با در نظر گرفتن زمان‌بندی دقیق، مراجع مورد استفاده و تکالیف در نظر گرفته برای درس، برنامه‌ی خود را به گروه ارائه می‌کند. در برنامه‌ی پیشنهادی موارد زیر بایستی لحاظ شود:

- مقدمه‌ای بر موضوع انتخاب شده و هدف از ارائه‌ی آن
- مرور مطالب اساسی مطرح شده
- نتایج و توان‌مندی‌های حاصل از گذراندن این درس
- تحلیل دقیق و یا شهودی مطالب در نظر گرفته شده
- در صورت لزوم شبیه‌سازی و مشاهده‌ی نتایج حاصل در محیط‌های نرم‌افزاری مناسب

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: -

منابع اصلی: -

مخابرات باند وسیع

(Wideband Communications)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: تئوری پیشرفته مخابرات (هم‌نیاز)

هدف درس:

هدف این درس برر سی و تحلیل کاربردها و شیوه‌های معمول مخابرات باند و سیع، از جمله سی ستم‌های طیف گ سترده‌ی دنباله مســتقیم، پرش فرکانســی یا زمانی، و ســیســتم‌های فراپهن و همچنین اصــول مخابرات امن، روش‌های مقابله با اخلاگر (جمر) و مخابرات دسترسی چندگانه بر اساس مخابرات طیف گسترده است.

رئوس مطالب:

- مخابرات امن از دیدگاه نظریه‌ی اطلاعات
- سیستم‌های طیف گسترده‌ی دنباله مستقیم
- سیستم‌های طیف گسترده‌ی پرش فرکانسی
- سیستم‌های طیف گسترده‌ی پرش زمانی
- جمر و چگونگی مقابله با آن در سیستم‌های طیف گسترده
- ره‌گیری و ردگیری سیستم‌های طیف گسترده
- دسترسی چندگانه‌ی تقسیم کد (CDMA)
- آشنایی با سیستم‌های فراپهن‌باند (UWB)
- CDMA در مخابرات نوری
- سیستم‌های عملی مبتنی بر طیف گسترده

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- D. Torrieri, “Principles of Spread-Spectrum Communication Systems”, Heidelberg: Springer, 5th edition, 2022.
2- R. L. Peterson, R. E. Zeimer, and D. E. Borth, “Introduction to Spread Spectrum Communications”, Prentice-Hall, 1995.
3- M. Bloch, J. Barros, “Physical-Layer Security: From Information Theory to Security Engineering”, Cambridge University Press, 2011.
4- H. Nikookar, R. Prasad, “Introduction to Ultra Wideband for Wireless Communications”, Springer Science & Business Media, 2008.
5- H. Schulze, C. Luders, “Theory and Applications of OFDM and CDMA”, Wiley, 2005.
6- P. R. Prucnal, (Ed.), “Optical Code Division Multiple Access: Fundamentals and Applications”, CRC press, 2018.

مخابرات دیجیتال پیشرفته

(Advanced Digital Communication)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: – حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: تئوری پیشرفته مخابرات

هدف درس:

هدف این درس بررسی قسمت‌های مختلف یگ گیرنده‌ی دیجیتال و بررسی و تحلیل مسائلی است که در انتقال اطلاعات با نرخ بالا (نظیر همسان‌سازی کانال، همزمان‌سازی، روش‌های نوین مدولاسیون و ...) مطرح است. پیاده‌سازی کاملا دیجیتال گیرنده‌ی مخابراتی نیز در درس بررسی می‌شود.

رئوس مطالب:

با توجه به سرعت پیشرفت در این زمینه، بسته به نیاز می‌توان مباحث مختلفی را پوشش داد. مراجع و تمرین‌های درس بنا به سرفصل‌های در نظر گرفته شده انتخاب خواهند شد. بعضی سرفصل‌های پیشنهادی عبارتند از:

- انواع روش‌های همسان‌سازی (ZF، MMSE، DFE، MLSE)
- همزمان‌سازی پالس ساعت و فاز در گیرنده‌های مخابراتی دیجیتال
- نمونه‌برداری باند میانی
- پردازش چند نرخی سیگنال (Multirate signal processing)
- پیاده‌سازی کاملا دیجیتال سیستم‌های مخابراتی
- مدولاسیون چند حاملی و OFDM
- مخابرات در کانال‌های MIMO (Multi Input Multi Output)
- بررسی سیستم‌های MIMO انبوه

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
–	–	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1. J. Proakis, M. Salehi, “Digital Communications”, McGraw-Hill, 5th edition, 2007.
2. R. W. Heath Jr., A. Lozano, “Foundations of MIMO Communication”, Cambridge University Press, 2019
3. A. F. Molisch, “Wireless Communications”, Wiley-IEEE Press, 2nd edition, 2010.
4. B .Farhang-Boroujeny, “Signal Processing Techniques for Software Radios”, 2008.

مخابرات ماهواره‌ای

(Satellite Communications)

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

هدف درس:

معرفی ماهواره‌های مخابراتی، تقسیم‌بندی ماهواره‌ها بر اساس نوع مدارهای چرخش، بررسی قوانین مکانیکی حاکم بر عملکرد ماهواره‌ها، زیرسیستم‌های ماهواره، معرفی کاربردهای مختلف ماهواره‌ها، و مزیت‌ها و محدودیت‌های آنها هدف این درس می‌باشد. همچنین بررسی انواع اتلاف برای انتشار امواج در فضا و طراحی لینک ماهواره در این درس انجام می‌شود.

رئوس مطالب

- مروری بر سیستم‌های ماهواره و تاریخچه آن
- معرفی سرویس‌های مختلف مبتنی بر ماهواره‌ها
- روش‌های ارسال ماهواره‌ها و مدارهای مختلف گردش ماهواره‌ها و قوانین کپلر
- ماهواره‌های با مدار همزمان با زمین، ویژگی‌ها و کابردهای آن
- انتشار امواج رادیویی و انواع تلفات و تضعیف سیگنال در کانال‌های ماهواره‌ای
- قسمت فضایی ماهواره شامل واحد تولید توان الکتریکی، کنترل وضعیت، کنترل درجه حرارت و ترانسپوندرها
- ایستگاه زمینی ماهواره، محاسبات نویز، درجه حرارت معادل نویز، عدد نویز، محاسبات نویز سیستم‌های متوالی و طراحی مناسب گیرنده
- لینک فضایی و محاسبه‌ی توان مورد نیاز فرستنده با توجه به تلفات مسیر
- روش‌های دسترسی چندگانه در ماهواره‌ها

روش ارزیابی

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	–

بازدید: –

منابع اصلی:

1- D. Roddy, “Satellite Communications”, McGraw-Hill, 4th edition, 2006.
2- L. J. Ippolito, “Satellite Communications Systems Engineering”, John Wiley & Sons, 2017.
3- G. D. Gordon, W. L. Morgan, “Principles of Communications Satellites”, Wiley-Interscience, 1993.
4- G. Maral, M. Bousquet, and Z. Sun, “Satellite Communications Systems”, John Wiley & Sons, 6th edition, 2020.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

مخابرات نوری پیشرفته

(Advanced Optical Communications)

تعداد واحد نظری: ۳	تعداد واحد عملی: ۰ حل تمرین: –
نوع درس: اختیاری	پیش‌نیاز: -

هدف درس:

هدف این درس بررسی روش‌های مخابرات نوری همدوس پر سرعت بر بستر تار نوری و کاربرد روش‌های پردازش سیگنال جهت جبران سازی تداخلات خطی و غیرخطی در این سیستم‌ها، روش‌های تجزیه و تحلیل عملکرد این سیستم‌ها، و بررسی آخرین زمینه‌های تحقیقاتی در این زمینه است.

رئوس مطالب:

- مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابرات فیبر نوری همدوس و تاریخچه‌ی آن
- اصول آشکارسازی همدوس، ساختار گیرنده‌ی همدوس
- آشکارسازی هتروداین، آشکارسازی هوموداین
- قالب‌های مدولاسیون چند سطحی، مدولاتور IQ نوری و مدولاسیون چند سطحی
- پردازش سیگنال الکتریکی در گیرنده‌های همدوس
- همسان‌سازی دیجیتال
- مخابرات فیبر نوری چند مده
- روش‌های جبران‌سازی اثرات غیر خطی
- کاربرد شکل‌دهی دامنه‌ی پالس در مخابرات نوری

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید:–

منابع اصلی:

1. K. Kikuchi, “Fundamentals of Coherent Optical Fiber Communications”, Journal of Lightwave Technology, pp. 157-179, vol. 34, no. 1, 2016.
2. Arık, Sercan Ö., Keang-Po Ho, and Joseph M. Kahn, “Group Delay Management and Multiinput Multioutput Signal Processing in Mode-Division Multiplexing Systems”, Journal of Lightwave Technology, vol. 34, no. 11, pp. 2867-2880, 2016.
3. S. K. O. Soman, “A Tutorial on Fiber Kerr Nonlinearity Effect and Its Compensation in Optical Communication Systems”, Journal of Optics, vol. 23. no. 12, 2021.
4. G. Böcherer, P. Schulte, and F. Steiner, “Probabilistic Shaping and Forward Error Correction for Fiber-Optic Communication Systems”, Journal of Lightwave Technology, 37(2), pp.230-244, 2019.
5. G. P. Agrawal, “Fiber-Optic Communications Systems”, John Wiley & Sons, Inc., 4th edition, 2010.

منابع فرعی:

1. E. Ip, J. M. Kahn, “Digital Equalization of Chromatic Dispersion and Polarization Mode Dispersion”, Journal of Lightwave Technology, pp. 2033-2043, vol. 25, no. 8, August 2007.
2. Essiambre, René-Jean, et al. “Capacity Limits of Optical Fiber Networks”, Journal of Lightwave Technology, vol. 28, no. 4, 2010, pp. 662-701.
3. E. Ip, J. M. Kahn. “Feedforward Carrier Recovery for Coherent Optical Communications”, Journal of Lightwave Technology, vol. 25, no. 9, 2007, pp. 2675-2692.

دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

نورشناسی فوریه

(Fourier Optics)

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

هدف درس:

هدف این درس برر سی کاربردهای آنالیز فوریه در شناخت نور، تجهیزات نوری، و مخابرات نور بی سیم شامل مباحث پراکندگی، تصویر برداری، پردازش داده‌های نوری، سیستم‌های آشکارسازی همدوس و ناهمدوس، و هلوگرافی (بازسازی جبهه موج) است.

رئوس مطالب:

- آنالیز سیگنال‌ها و سیستم‌های دو بعدی، تبدیل فوریه‌ی دو بعدی، فرکانس مکانی و قضیه‌ی نمونه برداری دو بعدی
- مبانی تئوری پراکندگی نور ا ســــکالر، فرمول‌بندی پراکندگی کر شهف، فرمول‌بندی پراکندگی رایلی– سامرفلد، ا صل هویگنس– فرنل، تعمیم برای نور غیر تک رنگ، پراکندگی در نواحی مرزی و طیف زاویه‌ای موج صـفحه‌ای
- تقریب‌های فرنل و فرانهافر در پراکندگی نور و مثال‌های مربوطه
- عدسی‌ها و استفاده از آنها در ایجاد تبدیل فوریه
- آنالیز فرکانـسی سیـستم‌های تـصویربرداری نوری، پا سخ فرکانـسی برای سیـستم تـصویربرداری همدوس و ناهمدوس با پراکندگی محدود
- مدولاسیون جبهه موج، مدولاسیون های نور مکانی و المان های نوری پراکنده کننده
- پردازش اطلاعات نوری آنالوگ، سیستم‌های پردازش تصویر غیر همدوس، سیستم‌های پردازش اطلاعات نوری همدوس و کاربردهای آنها
- هولوگرافی، مسئله‌ی بازسازی جبهه‌ی موج و معرفی هلوگرام‌های مختلف

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون نهایی	پروژه
+	+	+	+

بازدید: –

منابع اصلی:

1- R. M. Bunch, “Optical Systems Design Detection Essentials”, IOP Publishing, 2021.
2- J. W. Goodman, “Introduction to Fourier Optics”, McGraw-Hill, 3rd edition, 2005.
3- E. G. Steward, “Fourier Optics, an Introduction”, Dover Publications, 2nd edition, 2011.
4- M. Testorf, B. Hennelly, J. Ojeda-Castaneda, “Phase-Space Optics: Fundamentals and Applications”, McGraw-Hill, 2009.

پیوست

علت بازنگری برنامه درسی:

دلائل اصلی در بازنگری دوره‌ی دکتری مهندسی برق–مخابرات سیستم (نسبت به برنامه‌ی مصوب بهار ۱۳۹۳) به‌طور خلاصه عبارتند از:

۱) ماهیت فرایندهای تولید، ارسال و دریافت داده با سرعت بسیار زیادی در حال تغییر و تحول است. توجه به این تغییرات و لحاظ کردن آن در محتوای دروس بسیار ضروری است.

۲) با توجه به متمایز بودن ساختاری دوره‌های دکتری مهندسی برق–مخابرات میدان و سیستم، و پذیرش دانشجو در رشته‌ی مخابرات میدان، تغییر از ساختار قبلی که در آن هر دوی این رشته‌ها در قالب یک دوره‌ی تحصیلات تکمیلی قرار داشتند، لازم است.

۳) تجربه‌ی تدریس بر مبنای برنامه‌ی درسی قبلی نشانگر کاستی‌هایی در برخی دروس و لزوم بازنگری در فرم و تعداد واحد آنها است.

با در نظر داشتن موارد فوق و با لحاظ داشتن سه ویژگی کلیدی زیر بازنگری این دوره صورت گرفته است:

۱) نوآوری در بیان محتوی با درک صحیح از شرایط فکری کنونی دانشجویان، انتخاب یک روش بینابین در بیدارسازی تفکر در ایشان و نشان دادن چشم‌اندازی از آنچه در درس در حال یادگیری آن هستند،

۲) توجه به نرم‌افزارها و بسته‌های آموزشی مرتبط با درس و لحاظ کردن مواردی که فرم آکادمیک مناسب دارند، در محتوای درس و یا توصیه به فراگیری آنها و یا اعلام الزام به آشنا بودن با آنها در صورت تمایل به گرفتن درس،

۳) جامع‌نگری و توجه به موارد جنبی مرتبط با درس (پوشش منطقی و معقول مطالب و در صورت امکان بیان استفاده‌های غیر مخابراتی از درس).

۱- جدول تطبیقی دروس اختیاری

دروس قدیم			دروس جدید			استاد بازنگری کننده درس	توضیحات
نام درس	تعداد واحد		نام درس	تعداد واحد			
	نظری	عملی		نظری	عملی		
تئوری اطلاعات	۳	۰	تئوری اطلاعات	۳	۰	دکتر پرورش	به‌روز کردن محتوا و مراجع
تئوری پیشرفته مخابرات	۳	۰	تئوری پیشرفته مخابرات	۳	۰	دکتر صباحی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
ریاضی مهندسی پیشرفته	۳	۰	ریاضیات کاربردی در سیستم‌های مخابراتی	۳	۰	دکتر فروزان	انطباق با مباحث مخابرات سیستم، به‌روز کردن محتوا و مراجع، تغییر عنوان
فرایندهای تصادفی	۳	۰	فرایندهای تصادفی	۳	۰	دکتر صابرعلی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مخابرات بی‌سیم	۳	۰	مخابرات بی‌سیم	۳	۰	دکتر صابرعلی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
			بازشناسایی الگو	۳	۰	دکتر معلم	اضافه شدن درس
پردازش پیشرفته تصاویر دیجیتال	۳	۰	پردازش پیشرفته تصاویر دیجیتال	۳	۰	دکتر معلم	اصلاح سرفصل، به‌روز شدن مراجع
پردازش تصاویر دیجیتال	۳	۰	پردازش تصاویر دیجیتال	۳	۰	دکتر معلم	اصلاح سرفصل، به‌روز شدن مراجع
پردازش زمان – فرکانس سیگنال‌ها	۳	۰	پردازش زمان – فرکانس سیگنال‌ها	۳	۰	دکتر شاه‌طالبی	به‌روز کردن مراجع
پردازش گفتار	۳	۰	پردازش گفتار	۳	۰	دکتر پرورش	به‌روز کردن محتوا و مراجع
تئوری پیشرفته کدینگ	۳	۰	تئوری پیشرفته کدگذاری	۳	۰	دکتر پرورش	به‌روز کردن محتوا و مراجع
تئوری تخمین و آشکارسازی	۳	۰	تئوری تخمین و آشکارسازی	۳	۰	دکتر شاه‌طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
جبر خطی پیشرفته	۳	۰	ریاضیات پیشرفته در مخابرات	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع، تغییر عنوان

رمزنگاری	۳	۰	رمزنگاری	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
رمزنگاری پیشرفته	۳	۰	رمزنگاری پیشرفته	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
سیستم‌های رادار	۳	۰	سیستم‌های رادار	۳	۰	دکتر میوه‌چی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
سیستم‌های رادار پیشرفته	۳	۰	سیستم‌های رادار پیشرفته	۳	۰	دکتر صباحی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
سیستم‌های رادیو نرم افزاری	۳	۰	سیستم‌های رادیو نرم افزاری	۳	۰	دکتر صباحی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
سیستم‌های مخابرات نوری	۳	۰	سیستم‌های مخابرات نوری	۳	۰	دکتر فروزان	به‌روز کردن محتوا و مراجع
شبکه‌های ارتباطی	۳	۰	شبکه‌های ارتباطی	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	۳	۰	شبکه‌های ارتباطی پیشرفته	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
شبکه‌های عصبی	۳	۰	شبکه‌های عصبی	۳	۰	دکتر معلم	اصلاح سرفصل، به‌روز شدن مراجع
شبکه‌های نوری	۳	۰	شبکه‌های نوری	۳	۰	دکتر فروزان	به‌روز کردن محتوا و مراجع
فیلترهای وفقی	۳	۰	فیلترهای وفقی	۳	۰	دکتر صابرعلی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
کدگذاری کانال	۳	۰	کدگذاری کانال	۳	۰	دکتر پرورش	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مباحث پیشرفته در پردازش سیگنال	۳	۰	مباحث پیشرفته در پردازش سیگنال	۳	۰	دکتر شاه طالبی	به‌روز کردن مراجع
مباحث پیشرفته در شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین	۳	۰	مباحث پیشرفته در شبکه‌های عصبی و یادگیری ماشین	۳	۰	دکتر پرورش	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مباحث پیشرفته در مخابرات ۱	۳	۰	مباحث ویژه در مخابرات ۱	۳	۰		تغییر عنوان

مباحث پیشرفته در مخابرات ۲	۳	۰	مباحث ویژه در مخابرات ۲	۳	۰		تغییر عنوان
مخابرات باند وسیع	۳	۰	مخابرات باند وسیع	۳	۰	دکتر فروزان	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مخابرات دیجیتال پیشرفته	۳	۰	مخابرات دیجیتال پیشرفته	۳	۰	دکتر صباحی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مخابرات ماهواره‌ای	۳	۰	مخابرات ماهواره‌ای	۳	۰	دکتر صابرعلی	به‌روز کردن محتوا و مراجع
مخابرات نوری پیشرفته	۳	۰	مخابرات نوری پیشرفته	۳	۰	دکتر فروزان	تغییر محتوا و مراجع
نور فوریه	۳	۰	نورشناسی فوریه	۳	۰	دکتر فروزان	به‌روز کردن محتوا و مراجع، تغییر عنوان