جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

مهندسی کامپیوتر

Computer Engineering

مقطع تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری پیوسته)

گرایش ها

Computer Systems Architecture	معماری سیستم های کامپیوتری
Software	نرم افزار
Computer Networks	شبکه های کامپیوتری
Cybersecurity	امنیت سایبری
Artificial Intelligence and Robotics	هوش مصنوعی و رباتیک

گروه فنی و مهندسی

پیشنهادی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

باسمه تعالی

نام رشته: مهندسی کامپیوتر

عنوان گرایش ها: ۱)معماری سیستم های کامپیوتری، ۲)نرم افزار، ۳)شبکه های کامپیوتری، ۴)امنیت سایبری، ۵) هوش مصنوعی و رباتیک

گروه تحصیلی: فنی و مهندسی

دوره تحصیلی: تحصیلات تکمیلی

زیرگروه تحصیلی: مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

نوع مصوبه: بازنگری

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸

برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد ناپیوسته و دکتری تخصصی) رشته مهندسی کامپیوتر گرایش های ۱) معماری سیستم های کامپیوتری، ۲) نرم افزار، ۳) شبکه های کامپیوتری، ۴) امنیت سایبری، ۵) هوش مصنوعی و رباتیک، در جلسه شماره ۱۶۴ تاریخ ۱۴۰۰/۱۲/۰۸ کمیسیون برنامه ریزی 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 کامپیوتر گرایش های ۱) معماری سیستم های کامپیوتری، ۲) نرم افزار، ۳) شبکه های کامپیوتری، ۴) رایانش امن، ۵) هوش مصنوعی و رباتیکز مصوب جلسه ۸۳۶ تاریخ ۱۳۹۲/۰۴/۱۶ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

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 ۱۴۰۱-۱۴۰۲ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن، در صورت تشخیص کارگروه تخصصی مربوطه، نیاز به بازنگری دارد.

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

دکتر قاسم عموعابدینی
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون

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

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی گسترش و برنامه‌ریزی آموزش عالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی کامپیوتر

برنامه درسی رشته

مهندسی کامپیوتر

COMPUTER ENGINEERING

تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

مشتمل بر گرایش‌های:

1. **معماری سیستم‌های کامپیوتری** | Computer Systems Architecture
2. **نرم افزار** | Software
3. **شبکه‌های کامپیوتری** | Computer Networks
4. **امنیت سایبری** | Cybersecurity
5. **هوش مصنوعی و رباتیک** | Artificial Intelligence and Robotics

تهیه‌کنندگان:

اعضای هیات علمی دانشکده مهندسی کامپیوتر- دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

مقدمه

در دهه‌های اخیر، جهان با پیشرفت‌های علمی شگرفی روبرو بوده است. بی‌گمان، یکی از پایه‌های اصلی همه این پیشرفت‌ها توسعه چشم‌گیر سیستم‌های کامپیوتری است. این موضوع خود به پیشرفت‌های متوالی در دانش و فنون مربوط به طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کامپیوتری و نیز حل مسئله‌های نوظهور در این حوزه منجر شده است. به این ترتیب، موضوعات و روش‌های علمی رشته مهندسی کامپیوتر به صورت پیوسته در تغییر بوده، و در نتیجه، ارائه برنامه آموزشی بِروز و انعطاف‌پذیر برای این رشته ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

آخرین برنامه دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی کامپیوتر در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱، با تلاش کمیته کامپیوتر شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تدوین گردیده و در سال ۱۳۹۲ به تصویب رسیده است. بنابراین، از تدوین آخرین برنامه تحصیلات تکمیلی در رشته مهندسی کامپیوتر حدود یک دهه می‌گذرد. با توجه به اینکه در دهه گذشته تغییراتی کلان و عمیق در این حوزه رخ داده است، در حال حاضر ارائه برنامه‌ای جدید برای تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی کامپیوتر یک ضرورت و نیز یکی از نیازهای اصلی دانشکده‌های مهندسی کامپیوتر است. از این روی، برنامه پیش رو با هدف بِروزرسانی و هماهنگ‌سازی برنامه آموزشی تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی کامپیوتر با تحولات اخیر این حوزه تهیه و تدوین شده است.

در تهیه این برنامه، از تجربه‌ها و برنامه‌های موجود در داخل و خارج از کشور استفاده شده است. همچنین، با بررسی‌های دقیق در گروه‌های تخصصی و کمیته‌های برنامه‌ریزی، تلاش شده است برنامه‌ای ارائه گردد که بِروز و جامع بوده و قابلیت تطبیق با تغییرات سال‌های آینده در حوزه مهندسی کامپیوتر را داشته باشد. در این برنامه، ساختار و اصول در نظر گرفته شده در برنامه‌های قبلی مورد نظر بوده‌اند. بنابراین، اصلاحات صورت گرفته بیشتر در گروه‌بندی مجموعه درس‌ها و عنوان‌ها و محتواهای جدید درسی و نیز اصلاح عنوان، محتوا، و مراجع درس‌های موجود بوده‌اند.

دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی کامپیوتر شامل دو مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری است. در برنامه حاضر، پنج گرایش در کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر در نظر گرفته شده است. برنامه هر یک از این گرایش‌ها از یک بخش آموزشی و یک بخش پژوهشی تشکیل شده است. بخش آموزشی هر گرایش از تعدادی درس تشکیل شده و هدف آن افزایش دانش دانشجویان و آشنا نمودن آنان با آخرین دستاوردهای نظری و عملی در حوزه‌های مربوط به آن گرایش است. بخش پژوهشی نیز دربرگیرنده سمینار و پایان‌نامه بوده و هدف آن ایجاد توانایی در دانش‌آموختگان برای حل مسئله‌های صنعتی یا پژوهشی با رویکرد علمی است.

در برنامه حاضر، همچنین، اهداف دوره دکتری مهندسی کامپیوتر و برنامه آن آورده شده است. هدف دوره دکتری مهندسی کامپیوتر تربیت دانش‌آموختگانی است که بر آخرین یافته‌های علمی در زمینه تخصصی خود اشراف داشته و توانایی آن را داشته باشند که در مواردی که از قبل راه‌حلی برای طراحی یا پیاده‌سازی یک سیستم کامپیوتری وجود ندارد، راه‌حل‌های نوآورانه با قابلیت ارزیابی علمی ارائه دهند. برنامه دوره دکتری نیز مانند دوره کارشناسی ارشد از یک بخش آموزشی و یک بخش پژوهشی تشکیل شده است. در بخش آموزشی، دانشجویان دوره دکتری تعدادی درس می‌گذرانند. در بخش پژوهشی نیز، ارائه راه‌حل‌های نوآورانه علمی و پژوهش مستقل را با انجام رساله دکتری فرامی-گیرند. مجموعه درس‌های ارائه شده در این برنامه برای دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری یکسان است و به عبارت دیگر مجموعه درس‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی مهندسی کامپیوتر است. با وجود این، ضوابط اخذ درس‌ها در کارشناسی ارشد و دکتری و نیز گرایش‌های کارشناسی ارشد متفاوتند.

مقطع کارشناسی ارشد

الف) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر دارای پنج گرایش است. در زیر، عنوان گرایش‌ها و نیز خلاصه‌ای از اهداف هر یک از گرایش‌ها آمده است:

- **گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری**

این گرایش دربرگیرنده علم و فناوری طراحی و پیاده‌سازی اجزا و ارتباطات بین آنها در سیستم‌های کامپیوتری مدرن و تجهیزات تحت کنترل کامپیوتر است. بدین منظور، این گونه از سیستم‌ها در سطوح مختلف تجرید از سطح افزاره تا سطح سیستم مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- **گرایش نرم‌افزار**

این گرایش با هدف ایجاد دانش و توانایی عملی و پژوهشی در دانشجویان در زمینه‌های مختلف حوزه نرم‌افزار شامل سیستم‌های پایه نرم‌افزاری، مدیریت داده‌ها، مهندسی نرم‌افزار، و طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها طراحی شده است. در این گرایش، دانشجویان با مبانی نظری این زمینه‌ها آشنا شده و امکان مشارکت آنان در تیم‌های حرفه‌ای برای ارائه راه‌حل‌های فنی فراهم می‌شود.

- **گرایش شبکه‌های کامپیوتری**

هدف این گرایش تربیت دانش‌آموختگانی است که از دانش و مهارت لازم در زمینه تحلیل، طراحی، پیاده‌سازی، بهره‌برداری، مدیریت، و توسعه فناوری‌های پایه و نوظهور در حوزه شبکه‌های کامپیوتری برخوردار باشند. این برنامه ابعاد کارکردی، مدیریت‌پذیری، عملکردی، و امنیتی شبکه‌ها را در بر می‌گیرد و دانشجویان را با آخرین موضوع‌های علمی و پژوهشی در این زمینه آشنا می‌سازد.

- **گرایش امنیت سایبری**

این گرایش با هدف ایجاد دانش و توانایی عملی در دانشجویان در جنبه‌های مختلف امنیت سایبری از منظر علوم و مهندسی کامپیوتر طراحی شده است. این برنامه علاوه بر اینکه دانشجویان را با مبانی نظری امنیت سایبری آشنا می‌سازد، امکان مشارکت آنان را در تیم‌های حرفه‌ای برای ارائه راه‌حل‌های فنی به منظور تضمین امنیت در محیط‌های محاسباتی فراهم می‌آورد.

- **گرایش هوش مصنوعی و رباتیک**

هدف این گرایش آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های طراحی سیستم‌هایی است که بتوانند توانایی‌های انسان را مدل‌سازی و تقلید نمایند. این توانایی‌ها شامل بینایی، زبان طبیعی، گفتار، ادراک محیط، یادگیری، و استدلال و استنتاج است. این گرایش، همچنین، این امکان را فراهم می‌آورد که دانشجویان با موضوع‌های مورد نیاز از علوم دیگر، مانند ریاضی، زیست‌شناسی، و علوم انسانی، آشنا شده و پایان‌نامه خود را در ارتباط با زمینه‌های بین‌رشته‌ای، مانند علم داده، بیوانفورماتیک، و علم اعصاب، انجام دهند.

برنامه هر یک از این گرایش‌ها شامل بخش آموزشی و بخش پژوهشی است. در بخش آموزشی هر یک از گرایش‌ها، سه گروه درسی در نظر گرفته شده است. دانشجویان می‌توانند با توجه به موضوع‌های علمی و پژوهشی مورد علاقه خود درس‌های خود را از گروه‌های درسی، با رعایت ضوابط این برنامه، انتخاب کنند. بخش پژوهشی برنامه کارشناسی ارشد نیز شامل سمینار و پایان‌نامه است. جزئیات مربوط به گروه‌های درسی، ریز مواد هر یک از درس‌ها، و نیز اهداف سمینار و پایان‌نامه در این سند آورده شده‌اند.

ب) ضرورت و اهمیت

با گسترش روزافزون به‌کارگیری سیستم‌های کامپیوتری و فناوری‌های مبتنی بر آن در همه ابعاد زندگی بشر، دانش طراحی، توسعه، و تحلیل سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری و نیز شبکه نمودن این سیستم‌ها به زمینه‌ای مهم در علوم و مهندسی تبدیل شده است. همچنین، با گسترش روزافزون دانش و فناوری به‌کارگیری سیستم‌های کامپیوتری در پردازش، ذخیره‌سازی، انتقال داده‌ها و اطلاعات، و نیز ارائه خدمات از طریق شبکه‌ها و برنامه‌های کاربردی، موضوع محافظت از این سیستم‌ها در مقابل حمله‌کنندگان، که از بیرون یا درون سیستم قصد دستیابی و تغییر اطلاعات و داده‌ها و یا تخریب و از کار انداختن خدمات را دارند، به زمینه‌ای علمی تبدیل شده و تربیت متخصصانی که قابلیت‌های لازم را برای ارائه راه‌حل‌های نوآورانه و کاربردی در زمینه امنیت سایبری داشته باشند به یکی از نیازهای حیاتی سیستم‌های مورد استفاده در جوامع امروزی تبدیل شده است. به علاوه، پیشرفت‌های خیره‌کننده‌ای که با استفاده از روش‌های هوشمند و علم هوش مصنوعی و رباتیک در دهه اخیر در حوزه‌های مختلف صنعت ایجاد شده است ضرورت توجه ویژه به زمینه هوش مصنوعی و رباتیک را به‌خوبی آشکار می‌کند. تحولات شگرف ایجاد شده در همه زمینه‌های رشته مهندسی کامپیوتر نیاز به تربیت متخصصان کارآمد و متبحر را در حوزه‌های مختلف این رشته با برنامه‌های آموزشی به‌روز، جامع، و انعطاف‌پذیر به یک موضوع ضروری تبدیل کرده است.

پ) تعداد و نوع واحدهای درسی

برنامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر در قالب نظام آموزشی واحدی طراحی شده و مرکب از ۳۲ واحد است. این برنامه دارای دو بخش آموزشی و پژوهشی است. بخش آموزشی برنامه از ۲۴ واحد درس و بخش پژوهشی آن از ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان‌نامه تشکیل شده است. مدت معمول برای دانش‌آموختگی در این دوره ۲ سال در نظر گرفته شده است. با وجود این، کمینه و بیشینه مدت مجاز برای دانش‌آموختگی در این دوره مطابق آیین‌نامه‌های عمومی دوره کارشناسی ارشد است. برنامه به گونه‌ای است که دانشجویان به‌طور معمول می‌توانند در ۴ نیم‌سال کلیه درس‌ها، سمینار، و پایان‌نامه خود را به پایان برسانند. طول هر نیم‌سال ۱۶ هفته و مدت تدریس هر واحد نظری ۱۶ ساعت است.

❖ بخش آموزشی

دانشجویان در بخش آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر ۸ درس ۳ واحدی می‌گذرانند. در هر یک از گرایش‌ها، بخش آموزشی در قالب ۳ گروه درسی (گروه‌های ۱، ۲، و ۳) برنامه‌ریزی شده است. دانشجویان هر گرایش همه ۸ درس خود را با تأیید استاد راهنمای خود از ۳ گروه درسی آن گرایش انتخاب می‌کنند. رعایت ضوابط زیر در انتخاب درس‌ها، به تفکیک هر یک از گرایش‌ها، لازم است:

- **گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری**
  - گذراندن حداقل ۴ درس (۱۲ واحد) از درس‌های گروه ۱
  - گذراندن حداقل ۲ درس (۶ واحد) از درس‌های گروه ۲
  - گذراندن حداقل ۱ درس (۳ واحد) از درس‌های گروه ۳
- **گرایش نرم‌افزار**
  - گذراندن حداقل ۳ درس (۹ واحد) از درس‌های گروه ۱

- گذراندن حداقل ۱ درس (۳ واحد) از درس‌های گروه ۲
- گذراندن حداکثر ۲ درس (۶ واحد) از درس‌های گروه ۳

- **گرایش شبکه‌های کامپیوتری**
  - گذراندن حداقل ۳ درس (۹ واحد) از درس‌های گروه ۱
  - گذراندن حداقل ۲ درس (۶ واحد) از درس‌های گروه ۲
  - گذراندن حداقل ۱ درس (۳ واحد) از درس‌های گروه ۳

- **گرایش امنیت سایبری**
  - گذراندن حداقل ۳ درس (۹ واحد) از درس‌های گروه ۱
  - گذراندن حداکثر ۲ درس (۶ واحد) از درس‌های گروه ۳

- **گرایش هوش مصنوعی و رباتیک**
  - گذراندن حداقل ۳ درس (۹ واحد) از درس‌های گروه ۱
  - گذراندن حداقل ۱ درس (۳ واحد) از درس‌های گروه ۲
  - گذراندن حداقل ۱ درس (۳ واحد) از درس‌های گروه ۳

در گروه ۳ از درس‌های برنامه هر یک از گرایش‌ها، امکان اخذ درس یا درس‌هایی از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها در نظر گرفته شده است. اخذ این درس(ها) با تأیید استاد راهنما و تصویب گروه امکان‌پذیر بوده و باید مطابق با ضوابط مندرج در زیر جدول درس‌های گروه ۳ آن گرایش باشد.

به منظور پوشش تحولات سریع علم و فناوری در حوزه‌های مختلف مهندسی کامپیوتر، درس‌هایی با عنوان مباحث ویژه در برنامه قرار داده شده است. در صورتی که ارائه چنین درسی لازم باشد، سرفصل درس متناسب با آخرین تحولات علمی این حوزه تهیه شده و به تصویب مؤسسه آموزشی می‌رسد.

دانستن موضوع‌های مطرح‌شده در بعضی از درس‌های دوره کارشناسی مهندسی کامپیوتر برای فراگیری درس‌های دوره کارشناسی ارشد این رشته ضروری است. بنابراین، چنانچه دانشجویی قبلاً این درس‌ها را نگذرانده باشد، لازم است آن‌ها را در دوره کارشناسی ارشد بگذراند. به این نوع از درس‌ها درس جبرانی گفته می‌شود و دانشجو باید آن‌ها را حداکثر در دو نیم‌سال اول تحصیل خود در دوره کارشناسی ارشد بگذراند. درس‌های جبرانی در هر یک از گرایش‌های مهندسی کامپیوتر به صورت زیر در نظر گرفته شده‌اند. حداکثر تعداد واحدهای جبرانی در نظر گرفته شده برای دانشجویان ۱۲ واحد (۴ درس) است. در صورتی که دانشجویی بیش از ۴ درس از درس‌های جبرانی گرایش خود را در دوره کارشناسی نگذرانده باشد، مؤسسه آموزشی ۴ درس جبرانی را برای دانشجو مشخص می‌نماید.

- **گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری**
  - معماری کامپیوتر
  - سیستم‌های عامل
  - الکترونیک دیجیتال

- **گرایش نرم‌افزار**
  - ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌ها
  - مهندسی نرم‌افزار ۱
  - زبان‌های برنامه‌نویسی

- اصول طراحی پایگاه‌داده‌ها
- سیستم‌های عامل

- **گرایش شبکه‌های کامپیوتری**
  - شبکه‌های کامپیوتری
  - ساختمان داده‌ها و الگوریتم‌ها
  - سیستم‌های عامل
  - برنامه نویسی پیشرفته
  - آمار و احتمال مهندسی

- **گرایش امنیت سایبری**
  - ریاضیات گسسته
  - مهندسی نرم‌افزار ۱
  - شبکه‌های کامپیوتری
  - سیستم‌های عامل
  - اصول طراحی پایگاه داده‌ها

- **گرایش هوش مصنوعی و رباتیک**
  - جبر خطی کاربردی
  - آمار و احتمال مهندسی
  - طراحی الگوریتم‌ها
  - اصول علم ربات (فقط برای دانشجویانی لازم است که پایان‌نامه کارشناسی ارشد آنان در حوزه‌های مرتبط با رباتیک تعریف می‌شود.)

❖ بخش پژوهشی

بخش پژوهشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر از ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان‌نامه تشکیل شده است. هدف سمینار آشنا نمودن دانشجویان با روش پژوهش و ارائه است به طوری که دانشجو بتواند پایان‌نامه خود را بر اساس روش‌های علمی انجام داده و نتایج کار خود را به طور مؤثر ارائه دهد. جزئیات محتوای سمینار و شیوه ارائه آن بر اساس آیین‌نامه‌های مؤسسه آموزشی و آیین‌نامه‌های عمومی دوره کارشناسی ارشد تعیین می‌شود.

دانشجویان، همچنین، ملزم به انجام پایان‌نامه هستند که در آن، دانشجو در یکی از موضوع‌های گرایش خود به حل یک مسئله پژوهشی پرداخته و در حضور داوران از پایان‌نامه خود دفاع می‌کند. پایان‌نامه به طور معمول ۶ واحد است.

ت) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

انتظار می‌رود دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، به تفکیک در هریک از گرایش‌ها، قابلیت‌ها و توانایی‌های زیر را داشته باشند:

- **گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری**

۱) تحلیل و طراحی سیستم‌های دیجیتال
۲) استفاده از ابزارها و گزینه‌های طراحی، ساخت و اجرا در پروژه‌ها
۳) گردآوری، دسته‌بندی و ارائه مطالب به‌صورت علمی جهت مستندسازی دانش
۴) کسب دانش نوین در زمینه‌های علمی مرتبط با معماری سیستم‌های کامپیوتری
۵) ورود به بازار کار و ادامه تحصیل در مقطع دکتری
۶) رعایت اخلاق حرفه‌ای و رفتار مسئولانه

- **گرایش نرم‌افزار**

۱) تحلیل، طراحی، پیاده‌سازی و آزمون سیستم‌های نرم‌افزاری
۲) طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها برای حل مسائل
۳) انجام پژوهش و کسب دانش نوین در زمینه‌های مختلف نرم‌افزار
۴) ورود به بازار کار و ادامه تحصیل در مقطع دکتری
۵) رعایت اخلاق حرفه‌ای و رفتار مسئولانه

- **گرایش شبکه‌های کامپیوتری**

۱) تحلیل و طراحی شبکه‌های کامپیوتری و ارتباطی
۲) شناخت تهدیدها و روش‌های امن‌سازی شبکه‌های کامپیوتری
۳) انجام پژوهش‌های بنیادین و کاربردی در حوزه شبکه‌های کامپیوتری
۴) ورود به بازار کار و ادامه تحصیل در دوره دکتری
۵) رعایت اخلاق حرفه‌ای و رفتار مسئولانه

- **گرایش امنیت سایبری**

۱) ارائه راه‌حل‌های نوآورانه به منظور تضمین امنیت در کاربردها و محیط‌های محاسباتی نوین
۲) مشارکت در تیم‌های پژوهشی در صنایع مربوط به امنیت سایبری
۳) انجام پژوهش‌های بنیادین و کاربردی در حوزه امنیت سایبری
۴) ورود به بازار کار به عنوان مشاور یا متخصص فنی حوزه امنیت سایبری
۵) رعایت اخلاق حرفه‌ای و رفتار مسئولانه

- **گرایش هوش مصنوعی و رباتیک**

۱) شناخت حوزه‌ها و موضوع‌های مربوط به هوش مصنوعی
۲) تحلیل و حل مسائل پیچیده با استفاده از فنون و روش‌های هوش مصنوعی
۳) انجام پروژه‌های پژوهشی بنیادین و کاربردی در حوزه هوش مصنوعی
۴) طراحی و توسعه سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی
۵) استفاده از آخرین ابزارهای مورد استفاده در هوش مصنوعی
۶) ورود به بازار کار و ادامه تحصیل در مقطع دکتری
۷) رعایت اخلاق حرفه‌ای و رفتار مسئولانه

ث) شرایط و ضوابط ورود به دوره

برنامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر برای دانش‌آموختگان کارشناسی مهندسی یا علوم کامپیوتر طراحی شده است. دانش‌آموختگان سایر رشته‌های مرتبط مانند مهندسی برق، مهندسی پزشکی، و ریاضی، در صورت پذیرفته شدن در این دوره، ملزم به گذراندن درس‌های جبرانی خواهند بود. پذیرش دانشجو در این گرایش مطابق ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری انجام می‌شود.

مقطع دکتری

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی

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

الف) تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی کامپیوتر بالاترین مقطع تحصیلی در این رشته است که منجر به اعطای درجه دانشگاهی می‌شود. هدف دوره دکتری مهندسی کامپیوتر تربیت دانش‌آموختگانی است که ضمن داشتن دانش جامع در یکی از موضوعات مهندسی کامپیوتر، توانایی پژوهش مستقل در مرزهای دانش آن موضوع را داشته باشند. بنابراین، دوره دکتری مهندسی کامپیوتر دربرگیرنده مجموعه‌ای از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی است و انتظار می‌رود دانش‌آموختگان این دوره توانایی‌ها و قابلیت‌های زیر را کسب نمایند.

۱) آشنایی با آخرین دستاوردهای علمی در یکی از موضوعات مهندسی کامپیوتر
۲) پژوهش در یکی از زمینه‌های مهندسی کامپیوتر با به‌کارگیری روش مناسب پژوهش
۳) نوآوری و کمک به گسترش مرزهای دانش در مهندسی کامپیوتر
۴) حل مسئله‌های علمی و عملی مورد نیاز جامعه جهانی در موضوعات مهندسی کامپیوتر
۵) فعالیت در دانشگاه‌ها به منظور تربیت کارشناسان و پژوهشگران حوزه مهندسی کامپیوتر

ب) نقش و توانایی

انتظار می‌رود دانش‌آموختگان دوره دکتری مهندسی کامپیوتر بر آخرین یافته‌های علمی در زمینه تخصصی خود اشراف داشته و در مواردی که از قبل راه‌حلی برای طراحی یا پیاده‌سازی یک پروژه مهندسی کامپیوتر وجود ندارد، توانایی آن را داشته باشند که از آنچه در دوران تحصیل خود آموخته‌اند استفاده کرده و راه‌حلی نوآورانه برای حل مسئله ارائه نمایند. آن‌ها همچنین باید بتوانند راه‌حل پیشنهادی خود را به شیوه‌های علمی ارزیابی نمایند. یکی دیگر از توانایی‌های مورد انتظار از دانش‌آموختگان دوره دکتری مهندسی کامپیوتر فعالیت در دانشگاه‌ها با هدف تربیت نیروی کار متخصص و نیز تربیت پژوهشگران در زمینه‌های مربوط به مهندسی کامپیوتر است.

انتظار می‌رود دانش‌آموختگان دوره دکتری در تولید علم و تبدیل آن به ثروت نیز نقش مؤثری داشته باشند. دانش آموختگان دوره دکتری مهندسی کامپیوتر باید در پروژه‌های پژوهشی و صنعتی مورد نیاز جامعه جهانی فعال باشند. آن‌ها باید بتوانند با هدایت و راهبری کارآمد پروژه‌های پژوهشی و نیز نوآوری مستمر، قابلیت رقابت‌پذیری بین‌المللی را در ارائه سیستم‌های کامپیوتری مورد استفاده در صنایع، سازمان‌های دولتی و خصوصی، و زیر ساخت‌های محاسباتی و ارتباطی فراهم آورند.

پ) شرایط پذیرش دانشجو

داوطلبان پذیرش در دوره دکتری مهندسی کامپیوتر باید در رشته مهندسی کامپیوتر، یا سایر رشته‌های مرتبط با زمینه پژوهشی که انتخاب می‌نمایند، مدرک کارشناسی ارشد داشته باشند. با توجه به اینکه پذیرفته‌شدگان دوره دکتری مهندسی کامپیوتر نمی‌توانند بیش از دو درس جبرانی اخذ نمایند، رشته‌های مرتبط برای هر یک از زمینه‌های پژوهشی در مهندسی کامپیوتر به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند:

- **معماری سیستم‌های کامپیوتری:** کلیه گرایش‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر و مهندسی برق
- **نرم‌افزار:** کلیه گرایش‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر، علوم کامپیوتر، ریاضی، و مهندسی برق
- **شبکه‌های کامپیوتری:** کلیه گرایش‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر و مهندسی برق
- **امنیت سایبری:** کلیه گرایش‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر، علوم کامپیوتر، ریاضی، و مهندسی برق

- **هوش مصنوعی و رباتیک:** کلیه گرایش‌های رشته‌های مهندسی کامپیوتر، علوم کامپیوتر، ریاضی، مهندسی پزشکی، و مهندسی برق

داوطلبان پذیرش در دوره دکتری مهندسی کامپیوتر باید در آزمون ورودی و نیز مصاحبه اختصاصی شرکت نمایند. به همه دانش‌آموختگانی که دوره دکتری مهندسی کامپیوتر را با موفقیت بگذرانند درجه دکتری در مهندسی کامپیوتر (بدون گرایش) اعطا می‌شود. با وجود این، از آنجایی که دانشجویان موضوع پژوهشی خود را به‌صورت تخصصی در یکی از زمینه‌های مهندسی کامپیوتر انتخاب می‌نمایند، آزمون ورودی این دوره، بر اساس آیین‌نامه‌ها و نیز بر اساس گرایش انتخابی داوطلب، از برخی از مواد درسی گرایش‌های کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر به‌عمل می‌آید.

علاوه بر شرکت و قبولی در آزمون ورودی، لازم است داوطلبان در مصاحبه اختصاصی نیز شرکت نمایند. تشخیص صلاحیت علمی داوطلبان دوره دکتری و پذیرش نهایی ایشان بر عهده مؤسسه پذیرنده دانشجو و مطابق با مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری است.

ت) طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی کامپیوتر دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی است. شیوه ورود و به پایان رساندن هر مرحله و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتری وزارت علوم و نیز آیین‌نامه‌های اجرایی مؤسسه پذیرنده دانشجو است.

ث) مرحله آموزشی

در آغاز دوره دکتری، استاد راهنمای دانشجو تعیین می‌گردد. در همین زمان، زمینه پژوهشی دانشجو توسط استاد راهنمای دانشجو مشخص می‌شود. آنگاه، استاد راهنمای دانشجو لیست درس‌هایی را که دانشجو باید در مرحله آموزشی بگذراند جهت تصویب در اختیار گروه آموزشی مربوط به زمینه پژوهشی دانشجو قرار می‌دهد. در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی کامپیوتر، گذراندن ۱۲ تا ۱۸ واحد درس از درس‌های دوره‌های تحصیلات تکمیلی (علاوه بر درس‌هایی که دانشجو قبلاً در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است) اجباری است. همچنین، امکان اخذ درس یا درس‌هایی خارج از گرایش مربوط به زمینه پژوهشی دانشجو یا حتی خارج از رشته مهندسی کامپیوتر وجود دارد. بنابراین، دانشجویان دوره دکتری مهندسی کامپیوتر باید ۱۲ تا ۱۸ واحد درسی را از درس‌های سه گروه درسی گرایش مربوط به زمینه پژوهشی خود، از درس‌های سایر گرایش‌ها، یا از درس‌های سایر رشته‌ها بر اساس پیشنهاد استاد راهنما، تصویب گروه آموزشی دانشجو، و تصویب دانشکده بگذرانند.

ج) امتحان جامع

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد درسی را در مرحله آموزشی دوره دکتری خود با موفقیت گذرانده باشند لازم است در آزمون جامع شرکت نمایند. این آزمون براساس آئین نامه مؤسسه پذیرنده دانشجو برگزار می‌گردد و دانشجو حداکثر دوبار می‌تواند در آن شرکت نماید.

چ) مرحله پژوهشی

دانشجویانی که در امتحان جامع پذیرفته می‌شوند، به مرحله پژوهشی وارد می‌شوند. این مرحله شامل تصویب پیشنهاد رساله دکتری، ارائه گزارش‌های پیشرفت پژوهشی، و دفاع از رساله است. مجموع واحدهای درسی و رساله دانشجو ۳۶ واحد است. تعداد واحدهای رساله برابر با اختلاف تعداد واحدهای درسی گذرانده شده و تعداد کل واحدهای دوره دکتری (۳۶ واحد) است. در مرحله پژوهشی، دانشجو در هر نیمسال تعدادی از واحدهای رساله را اخذ می‌نماید. ثبت نام و اخذ واحدهای رساله به معنی تصویب و قبول رساله نیست و ارزیابی رساله مطابق با آئین نامه دوره دکتری در قالب دفاع از رساله انجام می‌شود. شیوه تصویب پیشنهاد رساله دکتری، تمدید مراحل آموزشی و پژوهشی با توجه به سنوات دانشجو، و نیز مجوز و شیوه برگزاری دفاع از رساله مطابق آئین نامه دوره دکتری و آئین‌نامه‌های مؤسسه آموزشی پذیرنده دانشجو است.

دانشجوی دوره دکتری موظف است پس از قبولی در آزمون جامع تا پایان نیمسال چهارم پیشنهاد نهایی رساله خود را با راهنمایی و همکاری استاد(ان) راهنما و استاد(ان) مشاور تهیه نموده و جهت تصویب به گروه آموزشی خود تحویل دهد. پس از تصویب پیشنهاد رساله، دانشجو موظف است به شکل منظم گزارش پیشرفت پژوهشی خود را تهیه و بر اساس آئین‌نامه‌های مؤسسه پذیرنده دانشجو ارائه نماید.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

معماری سیستم‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۱

درس‌های گروه ۱				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5401	طراحی مدارهای مجتمع پرتراکم پیشرفته (Advanced VLSI Circuit Design)	۳	نظری
۲	CE5402	معماری کامپیوتر پیشرفته (Advanced Computer Architecture)	۳	نظری
۳	CE5403	سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی (Reconfigurable Systems)	۳	نظری
۴	CE5404	سنتز سیستم‌های دیجیتال (Digital Systems Synthesis)	۳	نظری
۵	CE5405	طراحی سیستم‌های دیجیتال کم‌مصرف (Low-Power Digital Systems Design)	۳	نظری
۶	CE5406	سیستم‌های توزیع‌شده (Distributed Systems)	۳	نظری
۷	CE5407	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر (Dependable Systems Design)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۳۷ تا ۱۱۱ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری باید حداقل ۴ درس از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

معماری سیستم‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۲

درس‌های گروه ۲				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5430	الگوریتم‌های طراحی مدارهای مجتمع پرتراکم (VLSI Design Algorithms)	۳	نظری
۲	CE5431	فناوری‌های حافظه (Memory Technologies)	۳	نظری
۳	CE5432	طراحی مدارهای مجتمع دیجیتال پرسرعت (High-Speed Digital Integrated Circuits Design)	۳	نظری
۴	CE5433	محاسبات کوانتومی (Quantum Computing)	۳	نظری
۵	CE5434	معماری پردازنده‌های شبکه (Network Processor Architecture)	۳	نظری
۶	CE5435	معماری پردازنده‌های سیگنال دیجیتال (Digital Signal Processors Architecture)	۳	نظری
۷	CE5436	حساب کامپیوتری (Computer Arithmetic)	۳	نظری
۸	CE5437	سیستم‌های روی تراشه (System on Chip)	۳	نظری
۹	CE5438	سیستم‌های ذخیره‌سازی داده (Data Storage Systems)	۳	نظری
۱۰	CE5439	طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های نهفته (Embedded Systems Modeling and Design)	۳	نظری
۱۱	CE5440	سیستم‌های سایبرفیزیکی (Cyber-Physical Systems)	۳	نظری
۱۲	CE5441	رایانش ابری (Cloud Computing)	۳	نظری
۱۳	CE5442	پردازش موازی (Parallel Processing)	۳	نظری

۱۴	CE5443	سیستم عامل پیشرفته (Advanced Operating Systems)	۳	نظری
۱۵	CE5444	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر پیشرفته (Advanced Dependable Systems Design)	۳	نظری
۱۶	CE5445	درستی‌سنجی سخت‌افزار (Hardware Verification)	۳	نظری
۱۷	CE5446	آزمون و طراحی سیستم‌های آزمون‌پذیر (Testing and Testable System Design)	۳	نظری
۱۸	CE5447	امنیت و اعتماد سخت‌افزار (Hardware Security and Trust)	۳	نظری
۱۹	CE5201	امنیت کامپیوتر (Computer Security)	۳	نظری
۲۰	CE5601	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (Advanced Computer Networks)	۳	نظری
۲۱	CE5622	ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری (Performance Evaluation of Computer Systems and Networks)	۳	نظری
۲۲	CE5604	معماری افزاره‌های شبکه (Architecture of Network Devices)	۳	نظری
۲۳	CE5448	مباحث ویژه در معماری سیستم‌های کامپیوتری ۱ (Special Topics in Computer Systems Architecture 1)	۳	نظری
۲۴	CE5449	مباحث ویژه در معماری سیستم‌های کامپیوتری ۲ (Special Topics in Computer Systems Architecture 2)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۳۷ تا ۱۱۱ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری باید حداقل ۲ درس از درس‌های گروه ۲ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

معماری سیستم‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۳

درس‌های گروه ۳				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5653	فرآیندهای تصادفی (Stochastic Process)	۳	نظری
۲	CE5572	پردازش سیگنال‌های رقمی (Digital Signal Processing)	۳	نظری
۳	CE5506	رایانش تکاملی (Evolutionary Computing)	۳	نظری
۴	CE5550	یادگیری ماشین کاربردی (Applied Machine Learning)	۳	نظری
۵	CE5504	شناسایی الگو (Pattern Recognition)	۳	نظری
۶	CE5651 یا CE5570	نظریه بهینه‌سازی و کاربردهای آن در شبکه (Optimization Theory with Applications to Networks) یا بهینه‌سازی محدب (Convex Optimization)	۳	نظری
۷	CE5331	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (Game Theory)	۳	نظری
۸	CE5652	نظریه اطلاعات و کدینگ (Coding and Information Theory)	۳	نظری
۹	CE5308	الگوریتم‌های موازی (Parallel Algorithms)	۳	نظری
۱۰	-	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۳۷ تا ۱۱۱ آمده است.)

توضیح ۱: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری باید حداقل ۱ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

توضیح ۲: آن دسته از دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری که می‌خواهند ۲ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کنند لازم است مجوز اخذ درس دوم را از گروه دریافت نمایند.

توضیح ۳: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری، اخذ یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها (ردیف ۱۰ در جدول درس‌های گروه ۳ این گرایش) صرفا با اجازه گروه امکان‌پذیر است.

نرم‌افزار – درس‌های گروه ۱

درس‌های گروه ۱				
ردیف	**کد درس**	**عنوان**	**تعداد واحد**	**نوع واحد**
۱	CE5301	تحلیل شبکه‌های پیچیده (Complex Networks Analysis)	۳	نظری
۲	CE5406	سیستم‌های توزیع شده (Distributed Systems)	۳	نظری
۳	CE5302	مهندسی نیازمندی‌ها (Requirements Engineering)	۳	نظری
۴	CE5543	تحلیل کلان‌داده‌ها (Big Data Analytics)	۳	نظری
۵	CE5303	مهندسی نرم‌افزار پیشرفته (Advanced Software Engineering)	۳	نظری
۶	CE5304	پایگاه‌داده پیشرفته (Advanced Database)	۳	نظری
۷	CE5305	هندسه محاسباتی (Computational Geometry)	۳	نظری
۸	CE5306	الگوریتم‌های موازی (Parallel Algorithms)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش نرم‌افزار در صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۷۶ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار باید حداقل ۳ درس از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

نرم‌افزار – درس‌های گروه ۲

درس‌های گروه ۲				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5441	رایانش ابری (Cloud Computing)	۳	نظری
۲	CE5321	سیستم‌های عامل پیشرفته (Advanced Operating Systems)	۳	نظری
۳	CE5322	کامپایلر پیشرفته (Advanced Compiler)	۳	نظری
۴	CE5323	وارسی مدل (Model Checking)	۳	نظری
۵	CE5528	جستجو و بازیابی اطلاعات در وب (Web Search and Information Retrieval)	۳	نظری
۶	CE5622	ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری (Performance Evaluation of Computer Systems)	۳	نظری
۷	CE5324	معماری سیستم‌های مقیاس بزرگ (Large Scale Systems Architecture)	۳	نظری
۸	CE5325	زبان‌های برنامه‌نویسی پیشرفته (Advanced Programming Languages)	۳	نظری
۹	CE5326	هندسه محاسباتی پیشرفته (Advanced Computational Geometry)	۳	نظری
۱۰	CE5327	ساختمان‌داده‌های پیشرفته (Advanced Data Structures)	۳	نظری
۱۱	CE5328	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (Algorithmic Game Theory)	۳	نظری
۱۲	CE5329	نظریه پیچیدگی (Complexity Theory)	۳	نظری
۱۳	CE5330	متدولوژی‌های تولید نرم‌افزار (Software Development Methodologies)	۳	نظری
۱۴	CE5331	توسعه نرم‌افزار از روی مدل	۳	نظری

		(Model-Driven Software Development)		
۱۵	CE5332	الگوریتم‌های گراف (Graph Algorithms)	۳	نظری
۱۶	CE5333	مهندسی نرم‌افزار عامل‌گرا (Agent Oriented Software Engineering)	۳	نظری
۱۷	CE5204	سیستم‌های نرم‌افزاری امن (Secure Software Systems)	۳	نظری
۱۸	CE5334	واسط کاربری هوشمند (Intelligent User Interface)	۳	نظری
۱۹	CE5335	الگوریتم‌های تصادفی (Randomized Algorithms)	۳	نظری
۲۰	CE5336	الگوها در مهندسی نرم‌افزار (Software Engineering Patterns)	۳	نظری
۲۱	CE5337	آزمون نرم‌افزار پیشرفته (Advanced Software Testing)	۳	نظری
۲۲	CE5338	تحلیل برنامه (Program Analysis)	۳	نظری
۲۳	CE5339	توصیف و وارسی برنامه‌ها (Program Specification and Verification)	۳	نظری
۲۴	CE5340	الگوریتم‌های پیشرفته (Advanced Algorithms)	۳	نظری
۲۵	CE5341	الگوریتم‌های تقریبی (Approximation Algorithms)	۳	نظری
۲۶	CE5342	سیستم‌های خودتطبیق و خودسازمانده (Self-Adaptive and Self-Organizing Systems)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش نرم‌افزار در صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۷۶ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار باید حداقل ۱ درس از درس‌های گروه ۲ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

نرم‌افزار – درس‌های گروه ۳

درس‌های گروه ۳				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5383	مباحث ویژه در مهندسی نرم‌افزار (Special Topics in Software Engineering)	۳	نظری
۲	CE5384	مباحث ویژه در الگوریتم‌ها (Special Topics in Algorithms)	۳	نظری
۳	---	یک درس از سایر گرایش‌ها	۳	نظری
۴	---	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش نرم‌افزار در صفحه‌های ۱۱۲ تا ۱۷۶ آمده است.)

توضیح ۱: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار می‌توانند حداکثر ۲ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کنند.

توضیح ۲: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار، اخذ درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها (ردیف ۳ و ۴ در جدول درس‌های گروه ۳ این گرایش) صرفا با اجازه گروه امکان‌پذیر است.

•

شبکه‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۱

درس‌های گروه ۱				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5601	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (Advanced Computer Networks)	۳	نظری
۲	CE5602	شبکه‌های بی‌سیم (Wireless Networks)	۳	نظری
۳	CE5603	امنیت شبکه (Network Security)	۳	نظری
۴	CE5604	معماری افزاره‌های شبکه (Architecture of Network Devices)	۳	نظری
۵	CE5406	سیستم‌های توزیع‌شده (Distributed Systems)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش شبکه‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۱۷۷ تا ۲۱۶ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری باید حداقل ۳ درس از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

شبکه‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۲

درس‌های گروه ۲			
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5621	مدیریت شبکه (Network Management)	۳	نظری
۲	CE5622	ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری (Performance Evaluation of Computer Systems)	۳	نظری
۳	CE5623	مدل‌سازی و طراحی شبکه‌های کامپیوتری (Modeling and Design of Computer Networks)	۳	نظری
۴	CE5624	شبکه‌های بی‌سیم پیشرفته (Advanced Wireless Networks)	۳	نظری
۵	CE5625	شبکه‌های چندرسانه‌ای (Multimedia Networks)	۳	نظری
۶	CE5407	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر (Reliable Systems Design)	۳	نظری
۷	CE5441	رایانش ابری (Cloud Computing)	۳	نظری
۸	CE5440	سیستم‌های سایبرفیزیکی (Cyber-Physical Systems)	۳	نظری
۹	CE5629	مباحث ویژه در شبکه‌های کامپیوتری ۱ (Special Topics in Computer Networks 1)	۳	نظری
۱۰	CE5630	مباحث ویژه در شبکه‌های کامپیوتری ۲ (Special Topics in Computer Networks 2)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش شبکه‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۱۷۷ تا ۲۱۶ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری باید حداقل ۲ درس از درس‌های گروه ۲ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

شبکه‌های کامپیوتری – درس‌های گروه ۳

درس‌های گروه ۳				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5651	نظریه بهینه‌سازی و کاربردهای آن در شبکه (Optimization Theory with Network Applications)	۳	نظری
۲	CE5652	نظریه اطلاعات و کدینگ (Coding and Information Theory)	۳	نظری
۳	CE5653	فرآیندهای تصادفی (Stochastic Processes)	۳	نظری
۴	CE5550	یادگیری ماشین کاربردی (Applied Machine Learning)	۳	نظری
۵	CE5301	تحلیل شبکه‌های پیچیده (Complex Networks Analysis)	۳	نظری
۶	CE5331	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (Algorithmic Game Theory)	۳	نظری
۷	CE5345	الگوریتم‌های پیشرفته (Advanced Algorithms)	۳	نظری
۸	---	یک درس از سایر رشته‌ها	۳	نظری
۹	---	یک درس از سایر گرایش‌ها	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش شبکه‌های کامپیوتری در صفحه‌های ۱۷۷ تا ۲۱۶ آمده است.)

توضیح ۱: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری باید حداقل ۱ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

توضیح ۲: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری، اخذ درس از سایر رشته‌ها یا گرایش‌ها (ردیف ۸ و ۹ در جدول درس‌های گروه ۳ این گرایش) صرفا با اجازه گروه امکان‌پذیر است.

امنیت سایبری – درس‌های گروه ۱

درس‌های گروه ۱				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5201	امنیت کامپیوتر* (Computer Security)	۳	نظری
۲	CE5202	رمزنگاری کاربردی* (Applied Cryptography)	۳	نظری
۳	CE5603	امنیت شبکه (Network Security)	۳	نظری
۴	CE5203	امنیت و حریم خصوصی داده (Data Security and Privacy)	۳	نظری
۵	CE5204	سیستم‌های نرم‌افزاری امن (Secure Software Systems)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش امنیت سایبری در صفحه‌های ۲۱۷ تا ۲۶۵ آمده است.)

توضیح ۱: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری، اخذ و گذراندن درس‌های «امنیت کامپیوتر» و «رمزنگاری کاربردی» از درس‌های گروه ۱ این گرایش (که با ستاره مشخص شده‌اند) الزامی است.

توضیح ۲: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری باید حداقل ۳ درس از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند. بنابراین، به جز دو درسی که با علامت ستاره مشخص شده‌اند، گذراندن حداقل یک درس دیگر از درس‌های این گروه الزامی است.

امنیت سایبری – درس‌های گروه ۲

درس‌های گروه ۲				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5211	پروتکل‌های امنیتی (Security Protocols)	۳	نظری
۲	CE5212	روش‌های صوری برای امنیت اطلاعات (Formal Methods for Information Security)	۳	نظری
۳	CE5213	فورنسیک کامپیوتری (Computer Forensics)	۳	نظری
۴	CE5214	رمزنگاری کاربردی پیشرفته (Advanced Applied Cryptography)	۳	نظری
۵	CE5215	امنیت تجارت الکترونیکی (Electronic Commerce Security)	۳	نظری
۶	CE5216	سیستم‌های مدیریت امنیت (Security Management Systems)	۳	نظری
۷	CE5523	پنهان‌سازی اطلاعات (Information Hiding)	۳	نظری
۸	CE5217	تشخیص نفوذ (Intrusion Detection)	۳	نظری
۹	CE5447	امنیت و اعتماد سخت افزار (Hardware Security and Trust)	۳	نظری
۱۰	CE5218	امنیت سیستم‌های سایبرفیزیکی (Cyberphysical Systems Security)	۳	نظری
۱۱	CE5219	مباحث ویژه در امنیت سایبری (Special Topics in Cyberecurity)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش امنیت سایبری در صفحه‌های ۲۱۷ تا ۲۶۵ آمده است.)

امنیت سایبری – درس‌های گروه ۳

درس‌های گروه ۳				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5601	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (Advanced Computer Networks)	۳	نظری
۲	CE5337	آزمون نرم‌افزار پیشرفته (Advanced Software Testing)	۳	نظری
۳	CE5343	تحلیل برنامه (Program Analysis)	۳	نظری
۴	CE5550	یادگیری ماشین کاربردی (Applied Machine Learning)	۳	نظری
۵	CE5653	فرایندهای تصادفی (Stochastic Processes)	۳	نظری
۶	CE5331	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (Algorithmic Game Theory)	۳	نظری
۷	CE5332	نظریه پیچیدگی (Complexity Theory)	۳	نظری
۸	CE5652	نظریه اطلاعات و کدینگ (Coding and Information Theory)	۳	نظری
۹	CE5440	سیستم‌های سایبرفیزیکی (Cyberphysical Systems)	۳	نظری
۱۰	---	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش امنیت سایبری در صفحه‌های ۲۱۷ تا ۲۶۵ آمده است.)

توضیح ۱: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری می‌توانند حداکثر ۲ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کنند.

توضیح ۲: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری، اخذ یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها (ردیف ۱۰ در جدول درس‌های گروه ۳ این گرایش) صرفا با اجازه گروه امکان‌پذیر است.

هوش مصنوعی و رباتیک – درس‌های گروه ۱

درس‌های گروه ۱				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5501	یادگیری ماشین (Machine Learning)	۳	نظری
۲	CE5502	رایانش عصبی و یادگیری عمیق (Neural Computing and Deep Learning)	۳	نظری
۳	CE5503	شناسایی الگو (Pattern Recognition)	۳	نظری
۴	CE5504	رایانش تکاملی (Evolutionary Computing)	۳	نظری
۵	CE5505	مبانی یادگیری آماری (Foundations of Statistical Learning)	۳	نظری
۶	CE5506	بازنمایی دانش و استدلال (Knowledge Representation and Reasoning)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش هوش مصنوعی و رباتیک در صفحه‌های ۲۶۶ تا ۳۱۸ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک باید حداقل ۳ درس از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

هوش مصنوعی و رباتیک – درس‌های گروه ۲

درس‌های گروه ۲				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5521	بینایی کامپیوتر (Computer Vision)	۳	نظری
۲	CE5522	تصویرپردازی رقمی (Digital Image Processing)	۳	نظری
۳	CE5523	پنهان‌سازی اطلاعات (Information Hiding)	۳	نظری
۴	CE5524	پردازش زبان طبیعی (Natural Language Processing)	۳	نظری
۵	CE5525	گفتارپردازی رقمی (Digital Speech Processing)	۳	نظری
۶	CE5526	شناسایی گفتار و گوینده (Speaker and Speech Recognition)	۳	نظری
۷	CE5527	تبدیل متن به گفتار (Text-to-Speech Conversion)	۳	نظری
۸	CE5528	جستجو و بازیابی اطلاعات در وب (Web Search and Information Retrieval)	۳	نظری
۹	CE5529	ربات‌های متحرک خودگردان (Autonomous Mobile Robots)	۳	نظری
۱۰	CE5530	فهم زبان (Language Understanding)	۳	نظری
۱۱	CE5540	مباحث ویژه در هوش مصنوعی و رباتیک ۱ (Special Topics in Artificial Intelligence and Robotics 1)	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش هوش مصنوعی و رباتیک در صفحه‌های ۲۶۶ تا ۳۱۸ آمده است.)

توضیح: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک باید حداقل ۱ درس از درس‌های گروه ۲ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

هوش مصنوعی و رباتیک – درس‌های گروه ۳

درس‌های گروه ۳				
ردیف	کد درس	عنوان	تعداد واحد	نوع واحد
۱	CE5541	یادگیری ماشین آماری (Statistical Machine Learning)	۳	نظری
۲	CE5542	مدل‌های گرافی احتمالاتی (Probabilistic Graphical Models)	۳	نظری
۳	CE5301	تحلیل شبکه‌های پیچیده (Complex Networks Analysis)	۳	نظری
۴	CE5543	تحلیل کلان‌داده‌ها (Big Data Analytics)	۳	نظری
۵	CE5544	نظریه یادگیری ماشین (Machine Learning Theory)	۳	نظری
۶	CE5545	بهینه‌سازی محدب (Convex Optimization)	۳	نظری
۷	CE5546	پردازش سیگنال‌های رقمی (Digital Signal Processing)	۳	نظری
۸	CE5547	یادگیری تقویتی عمیق (Deep Reinforcement Learning)	۳	نظری
۹	CE5548	بینائی کامپیوتر سه‌بعدی (3D Computer Vision)	۳	نظری
۱۰	CE5549	مکان‌یابی و نقشه‌برداری ربات (Robot Localization and Mapping)	۳	نظری
۱۱	CE5550	یادگیری ماشین کاربردی* (Applied Machine Learning)	۳	نظری
۱۲	CE5560	مباحث ویژه در هوش مصنوعی و رباتیک ۲ (Special Topics in Artificial Intelligence and Robotics 2)	۳	نظری
۱۳	---	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری

۱۴	---	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری
۱۵	---	یک درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها	۳	نظری

(ریز محتوای درس‌های گرایش هوش مصنوعی و رباتیک در صفحه‌های ۲۶۶ تا ۳۱۸ آمده است.)

توضیح ۱: دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک باید حداقل ۱ درس از درس‌های گروه ۳ این گرایش را اخذ کرده و بگذرانند.

توضیح ۲: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک، اخذ درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها (ردیف‌های ۱۳ تا ۱۵ در جدول درس‌های گروه ۳ این گرایش) صرفا با اجازه و تصویب گروه امکان‌پذیر است.

توضیح ۳: برای دانشجویان کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک، اخذ بیش از یک درس از سایر گرایش‌ها و رشته‌ها صرفا در موارد استثنایی که در توضیح ۴ آمده است با اجازه و تصویب گروه امکان‌پذیر خواهد بود.

توضیح ۴: با توجه به استفاده گسترده از روش‌های هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف و نیاز کشور به انجام پروژه‌های مرتبط با هوش مصنوعی و با ماهیت بین رشته‌ای، درصورتی که دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک برای انجام پایان‌نامه خود نیازمند اخذ درس یا درس‌هایی از گرایش‌ها یا رشته‌های دیگر باشد، می‌تواند حداکثر ۳ درس از سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها مطابق ردیف‌های ۱۳ تا ۱۵ جدول گروه ۳ اخذ نماید. مجوز اخذ این درس‌ها با معرفی درس‌های پیشنهادی به همراه توجیهات لازم توسط استاد راهنما و تصویب گروه به دانشجو اعطا می‌شود. به‌عنوان نمونه، دانشجو می‌تواند با اخذ درس‌هایی از علوم زیستی پایان‌نامه خود را در زمینه «بیوانفورماتیک» یا «علم اعصاب» و با اخذ درس‌هایی از رشته ریاضی پایان‌نامه خود را در زمینه «علم داده» انجام دهد.

توضیح ۵: اخذ درس «یادگیری ماشین کاربردی» (که با ستاره مشخص شده است) تنها برای سایر گرایش‌ها یا رشته‌ها مجاز است و دانشجویان گرایش هوش مصنوعی و رباتیک مجاز به اخذ این درس نیستند. دانشجویان گرایش هوش مصنوعی به جای این درس، می‌توانند درس «یادگیری ماشین» از درس‌های گروه ۱ این گرایش را اخذ کنند.

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

معماری سیستم‌های کامپیوتری

عنوان درس به فارسی:	طراحی مدارهای مجتمع پرتراکم پیشرفته (CE5401)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced VLSI Circuit Design		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

این درس به روش‌های طراحی و تحلیل تراشه‌های دیجیتال پیشرفته مبتنی بر فناوری **VLSI** می‌پردازد. هدف اصلی این درس ایجاد درکی عمیق در زمینه رفتار غیرخطی و غیرایده‌آل ترانزیستورها و تأثیرات بیرونی این رفتار بر عملکرد درازمدت و کوتاه‌مدت سیستم‌های دیجیتال است. علاوه بر این، یکی دیگر از اهداف این درس پرداختن عمیق به مباحث مهمی در طراحی مدارهای پیچیده **CMOS** است که یک متخصص معماری سیستم‌های کامپیوتری باید آنها را بداند ولی معمولاً در دوره کارشناسی به آنها پرداخته نمی‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر سیلابس درس، مروری بر فرایند ساخت تراشه‌های دیجیتال با تمرکز بر CMOS
- رفتارهای غیرایده‌آل ترانزیستورهای MOSFET
- تغییرات فرایند ساخت تراشه و تأثیرات آن بر قابلیت اطمینان
- سالخوردگی تراشه‌های دیجیتال
- مقیاس‌بندی (scaling)
- تلاش منطقی (logical effort)
- طراحی مدارهای ترکیبی CMOS
- طراحی مدارهای پیشرفته CMOS و ایرادهای احتمالی در طراحی
- طراحی مدارهای ترتیبی
- طراحی مدارهای حسابی
- طراحی حافظه‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] N. Weste and D. Harris, *CMOS VLSI Design, a Circuit and System Perspective*, 4th Edition, Addison-Wesley Press, 2011.

[2] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	معماری کامپیوتر پیشرفته (CE5402)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computer Architecture	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس، آشنایی با ساختارهای پیشرفته و معماری سیستم‌های کامپیوتری است. در این درس، دانشجو راهکارهای بهبود قابلیت‌های پردازشی سیستم‌های کامپیوتری و اصول طراحی پردازنده‌های پرسرعت را فرا می‌گیرد. در این راستا، مباحث مربوط به طراحی با قابلیت موازی‌سازی در سطوح دستورات، داده‌ها، نخ و برنامه، چالش‌ها، مخاطرات و موانع بهبود کارایی و روند مقابله با آن‌ها در فرایند طراحی سیستم و همچنین معماری سطوح حافظه مورد بحث قرار می‌گیرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تعاریف و کلیات
  - تسریع، مزایا و موانع موازی‌سازی
  - کاربردهای پردازش سریع و موازی
- سیستم‌های سریع حافظه
  - حافظه‌های برگ‌برگ‌شده (interleaved)
  - چنددرگاهه
  - بانک ثبات
  - حافظه‌های نهان
  - الگوریتم‌های جایابی و جایگزینی، پیش‌واکشی
- موازات در سطح دستورالعمل‌ها
  - خط‌لوله
  - انواع وابستگی‌ها
  - مخاطرات و راهکارهای سنتی مقابله با آن‌ها
- افزایش موازات در سطح دستورالعمل‌ها
  - اجرای خارج از ترتیب و روش‌های اسکوربردینگ (Scoreboarding) و توماسولو (Tomasulo)
  - اجرای حدس‌وگمانی و پیش‌بینی مقدار
  - محاسبات تخمینی
  - روش‌های پیش‌بینی انشعاب

- پیش‌بینی‌های ایستا
- پیش‌بینی‌های پویا

– موازات در سطح داده

- پردازنده‌های برداری
- قابلیت‌های پردازنده‌های نوین برای اجرای SIMD
- معماری پردازنده‌های گرافیکی

– موازات در سطح ریسمان‌ها

- ساختار پردازنده‌های چندهسته‌ای
- مدل حافظه
- پروتکل‌های همگام‌سازی حافظه‌ی نهان

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. L. Hennessy and D. A. Patterson, *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, 6th Edition, Morgan Kaufmann, 2017.
[2] S. G. Shiva, *Advanced Computer Architectures*, CRC Press, 2006.
[3] J. Silc, B. Robic, and T. Ungerer, *Processor Architecture: From Dataflow to Superscalar and Beyond*, Springer, 1999.
[4] H. S. Stone, *High-Performance Computer Architecture*, Addison-Wesley, 1993.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی (CE5403)		
عنوان درس به انگلیسی:	Reconfigurable Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا کردن دانشجویان با مفهوم بازپیکربندی و استفاده از آن در طراحی سیستم‌های دیجیتال است. دانشجویان پس از گذراندن این درس، از یک سو با معماری سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی و افزاره‌هایی که این سیستم‌ها روی آنها پیاده‌سازی می‌شود آشنا می‌شوند و از سوی دیگر، جریان طراحی و الگوریتم‌های طراحی را فرامی‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- افزاره‌های قابل‌پیکربندی (FPGA و CPLD)
  - معماری و فناوری برنامه‌پذیری
- مبانی محاسبات قابل‌بازپیکربندی
- دسته‌بندی‌های مختلف سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی
- بازپیکربندی جزئی و افزاره‌های چندمتنی
- قابلیت بازپیکربندی ایستا و پویا
- جریان طراحی سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی: مرحلهٔ پیشین (front-end)
  - سنتز سطح بالا
  - سنتز سطح منطقی و نگاشت فناوری
- جریان طراحی سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی: مرحلهٔ پسین (back-end)
  - افراز و افراز زمانی (temporal partitioning)
  - جایابی و جایابی زمانی (temporal placement)
- روش‌های کاهش زمان بازپیکربندی
  - کاربردهای سیستم‌های قابل‌بازپیکربندی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Christophe Bobda, *Introduction to Reconfigurable Computing: Architectures, Algorithms and Applications*, Springer, 2007.
[2] I. Kuon, R. Tessier, *FPGA Architecture: Survey and Challenges*, Foundations and Trends in Electronic Design Automation, Vol. 2, No. 2 (2007) 135–253.
[3] D. Chen, J. Cong and P. Pan, *FPGA Design Automation: A Survey*, Foundations and Trends in Electronic Design Automation, Vol. 1, No. 3 (2006) 195–330.
[5] Selected papers

عنوان درس به فارسی:	سنتز سیستم‌های دیجیتال (CE5404)		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Systems Synthesis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

اهداف این درس عبارت‌اند از آشنایی عمیق دانشجویان تحصیلات تکمیلی با سطوح مختلف تجرید، مفهوم سنتز در دو سطح معماری و گیت، الگوریتم‌ها و روش‌های سنتز و چالش‌های هر یک از آن‌ها و مراحل مختلف فرایند سنتز.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - آشنایی با سطوح مختلف تجرید
  - تعریف و اهمیت سنتز سیستم‌های دیجیتال
- مدل‌سازی سیستم‌های دیجیتال
- سنتز سطح بالا
  - سنتز در سطح معماری
  - الگوریتم‌های زمان‌بندی
- تخصیص منابع و به‌اشتراک‌گذاری آن‌ها
- سنتز سطح منطقی
  - مقایسه زمان‌بندی و تخصیص منابع در سنتز سطح بالا و سنتز سطح منطقی
  - بهینه‌سازی مدارهای ترکیبی
  - بهینه‌سازی مدارهای ترتیبی
- طراحی عناصر کتابخانه و نگاشت آن‌ها به فناوری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] G. De Micheli, *Synthesis and Optimization of Digital Circuits*, McGraw Hill, 1994.
[2] G. D. Hachtel and F. Somenzi, *Logic Synthesis and Verification Algorithms*, Springer-Verlag, 2006.

عنوان درس به فارسی:	طراحی سیستم‌های دیجیتال کم مصرف (CE5405)		
عنوان درس به انگلیسی:	Low Power Digital Systems Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس بیان ضرورت کاهش توان مصرفی در سیستم‌های دیجیتال امروزی و معرفی روش‌های کاهش توان مصرفی است. همچنین دانشجویان با مفاهیم اصلی توان، انرژی و دما در مدارها و سیستم‌های دیجیتال آشنا می‌شوند و نحوه مدل‌سازی و تخمین آنها را فرا می‌گیرند. دانشجویان همچنین روش‌های کاهش و مدیریت توان مصرفی در سطوح مختلف تجرید و نحوه به‌کارگیری آن‌ها را می‌آموزند و با چالش‌های آنها آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - ضرورت کاهش توان مصرفی
  - مؤلفه‌های اصلی توان و مدل‌سازی آنها
- کاهش توان مصرفی در سطح ترانزیستور
  - مروری بر فناوری‌های ساخت ترانزیستور و توان مصرفی در آنها
  - تغییرات فرایند و اثر آن بر توان مصرفی و دما
  - کاهش خازن ترانزیستورها
- کاهش توان مصرفی در سطح مدار و گیت
  - معرفی منحنی پارتو-بهینه (Pareto-optimal) و معیار حساسیت
  - ولتاژ دوگانه و ولتاژ آستانه دوگانه
  - انتشار ضریب فعالیت
  - تبدیل جبری
  - ترتیب‌دهی مجدد ورودی‌ها
  - قطع توان، قطع پالس ساعت
  - اثر پشته
  - تغییر بایاس بدنه، تغییر دامنه ولتاژ

- ایزوله‌کردن عملوند
- کاهش توان مصرفی در سطح انتقال ثبات
  - پیش‌محاسبه
  - کدگذاری حالت
  - بخش‌بندی ماشین حالت
- کاهش توان مصرفی در سطح ریزمعماری، معماری و سیستم
  - همروندی و افزونگی
  - تبدیل جبری و بهینه‌سازی توان در سنتز سطح بالا
  - کدگذاری و فشرده‌سازی داده در شبکه میان‌ارتباطی
  - کاهش دامنه سیگنال و استفاده از ولتاژ دوگانه در شبکه میان‌ارتباطی
  - سلول‌های حافظه کم‌مصرف
- کاهش توان مصرفی در سطح نرم‌افزار و کامپایلر
  - تکنیک‌های بهینه‌سازی کد در جهت کاهش توان مصرفی
- جریان طراحی کم‌مصرف با استفاده از ابزار CAD
- روش‌های مدیریت دما
  - معرفی روش‌های تخمین و شبیه‌سازی توزیع دما
  - روش‌های کاهش دما در سطح سیستم
- مدارهای زیرآستانه و نزدیک‌آستانه (SubVT و NVT)
- بررسی مقالات اخیر در این حوزه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Rabaey, *Low Power Design Essentials*, Springer, 2009.
[2] C. Piguet, *Low-Power Electronics Design*, CRC Press, 2004.
[3] A. Pal, *Low Power VLSI Circuits and Systems*, Springer, 2015.
[4] M. Keating, *Low Power Methodology Manual for System-on-Chip Design*, Springer, 2008.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های توزیع شده (CE5406)		
عنوان درس به انگلیسی:	Distributed Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

سیستم‌های توزیع‌شده از مباحث مهم در مهندسی کامپیوتر است. سیستم‌های توزیع‌شده می‌توانند بعضی از نیازمندی‌های غیرعملکردی از جمله مقیاس‌پذیری، کارایی و قابل‌اتکاء بودن را برآورده نمایند که این بر اهمیت آنها افزوده است. این درس دانشجویان را با مفاهیم، تئوری‌ها، چالش‌ها، راه‌حل‌های کلی و ابزارهای لازم در این حوزه آشنا می‌کند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف سیستم‌های توزیع‌شده، اهداف و مشخصات سیستم‌های توزیع‌شده، انواع سیستم‌های توزیع‌شده
- معماری‌های سیستم‌های توزیع‌شده
  - متمرکز (centralized) و غیر متمرکز (decentralized)
- فرایندها
  - ریسمان، خادم، مخدوم
- شبکه و ارتباطات
  - RPC، ارتباط مبتنی بر پیام
  - الگوی اشتراک نشر (publish-subscribe) و نمونه عملیاتی از یک کتابخانه انتقال پیام (به‌عنوان مثال ZeroMQ)
- نام‌گذاری
  - مسطح و ساخت یافته
- زمان و هماهنگ‌سازی
  - مرتب‌سازی رویدادها
  - ساعت منطقی
  - ساعت برداری
  - انحصار متقابل در سیستم‌های توزیع‌شده
  - الگوریتم‌های انتخابات

- تاثیرات مکان و سیستم‌های مکانی
- سازگاری و تکثیر (نسخه‌های چندگانه)
  - مدل‌های سازگاری
  - پروتکل‌های سازگاری
- تحمل خرابی
  - انواع شکست
  - ارتباط مطمئن خادم و مخدوم و ارتباط مطمئن گروهی
  - بازگشت از خرابی
- امنیت
- سیستم‌های فایلی توزیع‌شده
- شبکه‌های توزیع محتوا
- محاسبات داده‌محور و Map-Reduce
- سرویس‌های وب
- معماری سرویس‌گرا (Service Oriented Architecture)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. V. Steen and A. S. Tanenbaum, *Distributed Systems*, 3nd Edition, Maarten van Steen, 2018.
[2] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg and G. Blair, *Distributed Systems: Concepts and Design*, 5th Edition, Pearson, 2012.

عنوان درس به فارسی:	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر (CE5407)		
عنوان درس به انگلیسی:	Dependable Systems Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مفاهیم اتکاپذیری و تحمل‌پذیری اشکال در سیستم‌های کامپیوتری است. در این درس تعاریف دقیقی برای هر یک از آنها و پارامترهای اتکاپذیری همچون قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری و ایمنی ارائه می‌گردد. شیوه‌های افزایش قابلیت اطمینان، اتکاپذیری و تحمل‌پذیری اشکال در این درس معرفی می‌گردد و درنهایت به شیوه‌های ارزیابی تحلیلی و آزمایشگاهی برای سیستم‌های مورد نظر پرداخته خواهد شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم و تعاریف پارامترهای اتکاپذیری
  - اشکال، خطا و خرابی
  - تحمل‌پذیری اشکال و اتکاپذیری
  - قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری، ایمنی، قابلیت کارایی، امنیت و محرمانگی
  - قابلیت مراقبت و نگهداری کاربردهای اتکاپذیری
- انواع افزونگی و مراحل دستیابی به تحمل‌پذیری اشکال
  - افزونگی سخت‌افزاری
  - افزونگی اطلاعاتی
  - افزونگی زمانی
  - افزونگی نرم‌افزاری
- روش تحلیل قابلیت اطمینان
  - نمودار بلوکی قابلیت اطمینان RBD
  - تحلیل با روش مدل مارکوف
  - محاسبه دسترس‌پذیری، ایمنی و قابلیت مراقبت و نگهداری با استفاده از مدل مارکوف
  - گراف قابلیت اطمینان
- سیستم‌های RAID
  - افزونگی در سیستم‌های RAID

- معرفی و تحلیل قابلیت اطمینان انواع RAID
- تحمل‌پذیری اشکال در سیستم‌های توزیع‌شده
  - نقطه وارسی
  - سازگاری در سیستم‌های توزیع‌شده
  - اثر دومینو
- آشنایی با نرم‌افزارهای کاربردی مثل SHARPE یا Relex

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] E. Dubrova, *Fault-Tolerant Design*, Springer, 2013.
[2] I. Koren and C. M. Krishna, *Fault-Tolerant Systems*, Morgan-Kaufmann Publisher, 2007.
[3] B. Parhami, *Dependable Computing: A Multilevel Approach*, Text parts in PDF, available at: www.ece.ucsb.edu/~parhami/text_dep_comp.htm
[4] B. W. Johnson, *Design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems*, Addison-Wesley, 1989.
[5] D. K. Pradhan, *Fault-Tolerant Computer System Design*, Prentice-Hall, 1996.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های طراحی مدارهای مجتمع پرتراکم (CE5430)		
عنوان درس به انگلیسی:	VLSI Design Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا کردن دانشجویان با روش‌های مطرح در طراحی الگوریتم‌ها و ساختمان داده‌ها و روش‌های بهینه‌سازی در ابزارهای طراحی خودکار سطح فیزیکی تراشه‌های با کاربرد ویژه **(ASIC)** و تراشه‌های برنامه‌پذیر **(FPGA)** است. در این درس، دانشجویان با پارامترها، توابع هدف و قیدهای مسائل بهینه‌سازی در طراحی فیزیکی مدارهای مجتمع پرتراکم نیز آشنا خواهند شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- سطوح تجرید طراحی مدارهای مجتمع و جایگاه طراحی فیزیکی، سبک‌های طراحی
  - تمام‌سفارشی (Full-Custom)
  - نیمه‌سفارشی (Semi-Custom)
  - برنامه‌پذیر (Programmable)
- ساختمان داده‌های طراحی مدارهای مجتمع پرتراکم و الگوریتم‌های پایه
  - درخت استاینر، درخت پوشای مینیمم، ...
- افراز (Partitioning)
  - مفاهیم اصلی
  - الگوریتم‌های افراز و مقایسه آنها
- جاسازی (Floorplanning)
  - مفاهیم اصلی
  - الگوریتم‌های جاسازی و مقایسه آنها
- جایابی (Placement)
  - مفاهیم اصلی
  - الگوریتم‌های جایابی و مقایسه آنها
- مسیریابی کلی (Global Routing)
  - مفاهیم اصلی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

- الگوریتم‌های مسیریابی کلی و مقایسه آنها
- مسیریابی جزئی (Detailed Routing)
  - مفاهیم اصلی
  - الگوریتم‌های مسیریابی جزئی و مقایسه آنها
- ملاحظات طراحی الگوریتم‌ها برای طراحی مدارهای پرسرعت و کم‌مصرف
- تغییرپذیری ساخت و اثرات آن در الگوریتم‌های طراحی و تحلیل مدارهای مجتمع
- طراحی برای قابلیت ساخت (Design for Manufacturability)
- سنتز فیزیکی: درج بافر، تغییر اندازهٔ گیت.

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. B. Kahng, J. Lienig, I. Markov and J. Hu, *VLSI Physical Design: From Graph Partitioning to Timing Closure*, Springer, 2011.
[2] S. K. Lim, *Practical Problems in VLSI Physical Design Automation*, Springer, 2008.
[3] Technical papers in conferences (DAC, ICCAD, ISPD) and journals (IEEE Transactions on CAD, ACM Transactions on design automation of electronic systems).
[4] T. Cormen, C. Leiserson and R. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, 3rd edition, McGraw-Hill, 2009.

عنوان درس به فارسی:	فناوری‌های حافظه (CE5431)		
عنوان درس به انگلیسی:	Memory Technologies	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

اهداف این درس عبارت‌اند از آشنایی دانشجویان با مباحث پایه‌ای انواع حافظه‌های کامپیوتری، فناوری‌های مختلف حافظه‌های کنونی و حافظه‌های نوظهور، مشخصه‌ها و کاربردهای انواع حافظه‌ها، اشراف بر روند و جهت‌گیری پژوهش‌های دانشگاهی و صنعتی و آخرین دستاوردها در حوزه حافظه‌ها و تسلط بر چالش‌های موجود در انواع حافظه‌ها و راهکارهای مقابله با آن‌ها در سطوح تجرید مختلف.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تاریخچه حافظه‌ها
- پارامترهای تأثیرگذار در حافظه‌ها و ساختار سلسله‌مراتب حافظه
- ساختار سلول‌های حافظه‌ها
  - حافظه‌های نیمه‌هادی شامل SRAM، DRAM و فلش
  - حافظه‌های نوظهور شامل PCM و MRAM و RRAM
- ساختار حافظه‌های درون-تراشه و برون-تراشه
  - مبتنی بر فناوری‌های فعلی و نوظهور
  - سلول‌های فرار و غیرفرار
- ساختار حافظه‌های جانبی
  - دیسک سخت
  - دیسک حالت جامد
- مدارهای جانبی و کنترل‌کننده‌های حافظه
- پروتکل‌های تبادل اطلاعات در انواع حافظه
- مدیریت و بهینه‌سازی دیسک حالت جامد
  - لایه‌ی FTL
  - الگوریتم‌های هم‌سطح‌سازی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Gastaldi and G. Campardo, *In Search of the Next Memory: Inside the Circuitry from the Oldest to the Emerging Non-Volatile Memories*, Springer, 2017.
[2] Y. Xie, *Emerging Memory Technologies: Design, Architecture, and Applications*, Springer, 2014.
[3] Micheloni, A. Marelli, K. Eshghi, *Inside Solid State Drives (SSDs)*, Springer, 2012.
[4] H. Li and Y. Chen, *Nonvolatile Memory Design: Magnetic, Resistive, and Phase Change*, CRC Press, 2011.

عنوان درس به فارسی:	طراحی مدارهای مجتمع دیجیتال پرسرعت (CE5432)		
عنوان درس به انگلیسی:	High-Speed Digital Integrated Circuits Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، در مورد مشکلاتی که در طراحی و تحلیل مدارات **VLSI** در سرعت‌های بالا به وجود می‌آید بحث می‌شود. هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با ملاحظات و مسائل طراحی و تحلیل و شبیه‌سازی مدارهای مجتمع دیجیتال فرکانس بالا (مدارهای دیجیتالی که در نرخ‌های ساعت بالاتر از ۲۰۰ مگاهرتز کار می‌کنند) است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف مسئله
  - چالش‌های پیش رو و ضرورت رفع آنها
- مدل‌سازی الکترومغناطیسی
  - اصول انتشار موج
  - مدل‌های میکرواستریپ
  - اثرات آنتنی
  - معادلات ماکسول
- رفتار ترانزیستورها در فرکانس‌های بالا
  - عملکرد غیرخطی وابسته به فرکانس
- انتشارات پرتوی
  - جنبه‌های عملی در اندازه‌گیری‌های دقیق در سیستم‌های دیجیتال پرسرعت
- نظریه خط انتقال پایه
  - اصول و اصطلاحات با تمرکز ویژه بر فضای دیجیتال
- اثرات القای متقابل
  - ارتباط با زمان‌بندی سیگنال‌های دیجیتال و طراحی مسیرها
- اثرات مخرب
  - نویز سوییچینگ همزمان

- اعوجاج مسیر بازگشت غیرایده‌آل جریان
- زمان‌بندی
  - روش‌های مختلف زمان‌بندی سیستم‌های دیجیتال
- روش‌های طراحی
  - تعدد پارامترهای مؤثر در طراحی
  - تبدیل مسئله بهینه‌سازی چندهدفه به تک‌هدفه
- فناوری‌های پیشرفته در ادوات و ترانزیستورهای مقیاس نانو
  - SoI، FinFET، SiGe، Si BJT، InGaP، GaAs، ...

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. H. Hall, G. W. Hall and J. A. McCall, *High-speed digital design: a handbook of interconnect theory and design practices*, John Wiley & Sons, 2000.
[2] H.W. Johnson and M. Graham, *High-speed Digital Design*, PTR Prentice-Hall, New Jersey, 1993.
[3] Taur and Ning, *Fundamentals of Modern VLSI Devices*, Cambridge Univ. Press, 2nd edition, 2009.
[4] J. M. Rabaey, A. Chandrakasan and B. Nikolic, *Digital Integratd Circuits: A Design Perspective*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2003.

عنوان درس به فارسی:	محاسبات کوانتومی (CE5433)		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

محاسبات کوانتومی از سه زمینهٔ فیزیک، ریاضی و کامپیوتر بهره می‌برد. هدف اصلی این درس آشنایی با مفاهیم بنیادی مکانیک کوانتوم، محاسبات کوانتومی، مدارهای کوانتومی و الگوریتم‌های طراحی مدارهای کوانتومی است. دانشجویان پس از گذراندن این درس، دانش لازم برای درک انجام عملیات محاسبات با استفاده از سیستم‌های کوانتومی را کسب می‌کنند و با روش‌های حل مسئله با این فناوری آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم پایه در محاسبات کوانتومی
  - مکانیک کوانتوم
  - کاربرد جبر خطی و احتمالات در محاسبات کوانتومی
- فضای هیلبرت، مفهوم اندازه‌گیری، مفهوم انتقال از راه دور
- محاسبات برگشت‌پذیر و کوانتومی
- مدارهای کوانتومی
  - دروازه‌های برگشت‌پذیر و کوانتومی
  - تحلیل مدارهای کوانتومی
  - توازی
- الگوریتم‌های محاسبات کوانتومی
  - مانند تبدیل فوریهٔ کوانتومی، جستجوی گرور
- الگوریتم‌های طراحی مدارهای کوانتومی
  - سنتز و طراحی فیزیکی مدارهای کوانتومی
- معرفی فناوری‌های ساخت مدارها و کامپیوترهای کوانتومی
- تحمل‌پذیری اشکال و روش‌های تصحیح خطا در مدارها و کامپیوترهای کوانتومی
- مقدمه‌ای بر نظریهٔ اطلاعات کوانتومی
  - رمزگشایی اطلاعات با محاسبات کوانتومی

- اصول رمزنگاری کوانتومی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Nielsen and I. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition*, Cambridge University Press, 2010.
[2] N. Mermin, *Quantum Computer Science: An Introduction*, Cambridge University Press, 2007.

عنوان درس به فارسی:	معماری پردازنده‌های شبکه (CE5434)		
عنوان درس به انگلیسی:	Network Processor Architecture	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با اصول و مبانی طراحی و پیاده‌سازی پردازنده‌های شبکه و بررسی و ارائه راهکار برای چالش‌های موجود در پردازنده‌های شبکه امروزی و ایجاد زمینه پژوهشی در این حوزه است. همچنین، ابزارهای مهم کار با پردازنده‌های شبکه مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد که با توجه به نیازهای کشور در این زمینه، تدریس این درس را ضروری می‌نماید.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تعاریف اولیه
  - دنیای پردازنده‌های شبکه
  - عناصر شبکه و ویژگی‌های خاص یک پردازنده شبکه
- مروری بر شبکه‌ها
  - شبکه‌های هسته، دسترسی و شبکه‌های خانگی
  - ارتباط آنها با پردازنده‌های شبکه
- پردازش بسته
  - پردازش، تجزیه و تحلیل و دسته‌بندی بسته‌ها
  - الگوریتم‌ها و ساختمان داده‌های پردازش بسته
- نرم‌افزار پروتکل بر روی یک پردازنده سنتی
  - پیاده‌سازی پردازش بسته بر روی یک برنامه کاربردی
- دسته‌بندی و پیشرانی
  - پیاده‌سازی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری دسته‌بندی
  - تراشه‌های دسته‌بندی و پیشرانی
- بافت ارتباطی (Switching Fabric)
  - مفهوم
  - همگام و ناهمگام
  - معماری‌های مختلف

- آینده پردازنده‌های شبکه
  - معماری نسل دوم
  - معماری نسل سوم
  - پردازنده‌های نهفته
  - تعریف NP، هزینه‌ها و مزایای NP، اقتصاد NP و وضعیت کنونی و آینده NP
- معماری‌های پردازنده شبکه
  - تنوع معماری
  - معماری موازی و توزیع‌شده
  - ویژگی‌های متنوع در معماری‌ها
- حافظه در پردازنده شبکه
  - سلسله مراتب
  - پهنای باند
  - انواع حافظه
- معرفی پردازنده‌های تجاری
  - معرفی Agere، Alchemy، AMCC، Cognigine، EZchip، ...
- مصالحه در طراحی
  - تحلیل انواع مصالحه‌های صورت‌گرفته در طراحی‌های صنعتی
- معماری پردازنده شبکه اینتل
  - معماری IXA و ویژگی‌های سخت‌افزاری آن
- معماری پردازنده شبکه EZchip

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. E. Comer, *Network Systems Design Using Network Processors*, Prentice Hall, 2005.
[2] R. Giladi, *Network Processors: Architecture, Programming, Implementation, Morgan Kaufman* Publishers, 2008.
[3] P. C. Lekkas, *Network Processors Architectures, Protocols, and Platforms*, McGraw-Hill, 2003.

عنوان درس به فارسی:	معماری پردازنده‌های سیگنال دیجیتال (CE5435)		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Signal Processor Architecture		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف این درس مطرح کردن روش‌های بهینه طراحی سیستم‌های پردازش دیجیتال با ملاحظات هزینه، مساحت، توان، اتکاپذیری و کارآیی، امکان طراحی سیستم‌های با حداقل مصرف یا حداکثر سرعت با مشخصات داده‌شده، بهینه‌سازی عرض بیت‌های درون و بیرون یک سیستم پردازش، محاسبه نویز کوانیزه کردن و طراحی سیستم با این ملاحظه، تهیه گراف‌های مناسب زمان‌بندی و فهرست‌بندی عملیات، انتخاب کتابخانه و معماری مناسب در تحقق سیستم پردازشی است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - سیستم‌های مجتمع پردازش
  - مرور و معرفی نمایش اعداد
  - الگوریتم‌های معروف پردازش دیجیتال
- ساختارهای تحقق فیلترهای دیجیتال و تبدیل فوریه سریع
- تأثیر محدودیت طول کلمه بر دقت و نویز در سیستم‌های دیجیتال
- طراحی و بهینه‌سازی فیلترهای دیجیتال (نرم‌افزاری و سخت‌افزاری)
- طراحی، شبیه‌سازی و توسعه مدل با زبان‌های توصیف سخت‌افزار، نوشتن برنامه خودکار آزمون
- افراز و تخصیص منابع در پیاده‌سازی با مصالحه مساحت-سرعت-مصرف توان
- سنتز معماری‌های پردازشی به‌همراه مثال‌های نمونه
- مرور معماری‌های پردازنده‌های دیجیتال، ملاحظات برنامه‌نویسی در حالت‌های ممیز ثابت و ممیز شناور و صحیح
- بررسی سیستم‌های مخابراتی دیجیتال پرسرعت باسیم و بی‌سیم (مانند xDSL، وای‌فای، وایمکس و LTE)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. Markovic and R. W. Brodersen, *DSP Architecture Design Essentials*, Springer, 2012.
[2] U. Meyer-Bese, *Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Arrays*, 3rd Edition, Springer-Verlag, 2007.
[3] G. A. Constrantinides, P. Y. K. Chueng and W. Luk, *Syntehsis and Optimization of DSP Algorithms*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004.
[4] B. Parhami, *Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs*, Oxford University Press, 2nd Edition, 2010.

عنوان درس به فارسی:	حساب کامپیوتری (CE5436)		
عنوان درس به انگلیسی:	Computer Arithmetic	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس به مفاهیم بنیادی الگوریتم‌های حسابی برای انجام عملیات حساب در کامپیوترها می‌پردازد. این موارد شامل عملیات پایه حساب مثل جمع، تفریق، ضرب و تقسیم ممیز ثابت و ممیز شناور، عملیات پیچیده مثل ریشه‌گیری، توان‌رسانی، لگاریتم‌گیری و عملیات مثلثاتی می‌شود. پیاده‌سازی‌های مختلف سخت‌افزاری الگوریتم‌های معرفی‌شده نیز در درس مورد توجه و بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- سیستم‌های اعداد مبنا و علامت‌دار و الگوریتم‌های حسابی
  - عمل جمع
  - عمل ضرب
  - عمل تقسیم
  - نمایش اعداد ممیز شناور
- محاسبه توابع مهم
  - جذر و مربع‌گیری
  - توابع مثلثاتی
  - توابع نمایی و لگاریتمی و هذلولی
- مباحث پیشرفته در حساب کامپیوتری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. D. Ercegovac and T. Lang, *Digital Arithmetic*, Morgan Kaufmann Publisher, 2004.
[2] R. P. Brent and P. Zimmermann, *Modern Computer Arithmetic*, Cambridge Monographs on Applied and Computational Mathematics, 2012.
[3] M. Lu, *Arithmetic and Logic in Computer Systems*, John Wiley & Sons, 2004.
[4] J. Deschamps, G. J. A. Bioul and G. D. Sutter, *Synthesis of Arithmetic Circuits FPGA, ASIC, and Embedded Systems*, John Wiley & Sons, 2006.
[5] J. Cavanagh, *Computer Arithmetic and Verilog HDL fundamentals*, CRC Press, 2010.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های روی تراشه (CE5437)		
عنوان درس به انگلیسی:	System on Chip	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس، آشنایی با اصول و چالش‌های طراحی سیستم‌های روی تراشه در سطوح مختلف تجرید و تفاوت آن با طراحی پردازنده‌ها است. در این درس، دانشجو با اجزای مختلف یک سیستم روی تراشه آشنا می‌شود و روشگان طراحی، چیدمان، ارتباطات، تقسیم وظایف و آزمون سیستم‌های روی تراشه را فرا می‌گیرد. همچنین، مباحث مرتبط با طراحی سطح سیستمی و طراحی توأم سخت‌افزار-نرم‌افزار و همچنین مفاهیم مرتبط با سنتز سطح بالا مطرح می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معماری سیستم‌های روی تراشه امروزی
  - چالش‌های طراحی و چرخه طراحی
  - بلوک‌های مالکیت معنوی
- معماری سیستم‌های روی تراشه
  - معماری شبکه‌های میان‌ارتباطی روی تراشه
  - سیستم‌های روی تراشه چندپردازنده‌ای
- روشگان طراحی سیستم‌های روی تراشه
  - طراحی سطح سیستم
  - معرفی ابزارهای طراحی
  - معرفی یکی از زبان‌های طراحی سیستم (به عنوان مثال SystemC یا Xilinx HLS)
  - مدل‌سازی سطح سیستمی با زبان طراحی سیستمی انتخاب‌شده
- طراحی توأم سخت‌افزار-نرم‌افزار
  - تحلیل، افراز، زمان‌بندی بی‌درنگ، تسریع سخت‌افزاری
  - طراحی واسط سخت‌افزار-نرم‌افزار
- سنتز سطح بالا
  - تخصیص منابع، زمان‌بندی، اشتراک منابع، ایجاد خط‌لوله
- شبیه‌سازی توأم سخت‌افزار-نرم‌افزار و پیاده‌سازی طرح نمونه با FPGA
  - معرفی تراشه Zynq و ابزارهای مرتبط طراحی و شبیه‌سازی
- آزمون سیستم‌های روی تراشه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] G. De Micheli, R. Ernst, and W. Wolf, eds., *Readings in Hardware/Software Co-Design*, Morgan Kaufmann, 2001.
[2] A. Jerraya and W. Wolf, eds., *Multiprocessor Systems-on-Chips*, Morgan Kaufmann, 2004.
[3] L-T Wang, C. E. Stroud and N. A. Touba, *System-on-Chip Test Architectures: Nanometer Design for Testability*, Morgan Kaufmann, 2008.
[4] G. De Micheli, *Synthesis and Optimization of Digital Circuits*, McGraw-Hill Higher Education, 1994.
[5] S. Liao, G. Martin and S. Swan, *System Design with SystemC*, T. Groetker, Kluwer Academic Publishers, 2002.
[6] P. Schaumont, *A Practical Introduction to Hardware/Software Codesign,* Springer, 2013.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های ذخیره‌سازی داده (CE5438)		
عنوان درس به انگلیسی:	Data Storage Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با سیر تحول سیستم‌های ذخیره‌سازی داده، اشراف بر آخرین تحولات در این حوزه و تسلط بر مباحث مربوط به طراحی سیستم‌های ذخیره‌سازی داده و چالش‌های آن است. دانشجو در این درس ساختار زیرسیستم‌های پیشین، پسین و حافظه را فرا می‌گیرد و نحوه‌ی ذخیره‌سازی، دسترسی، محافظت و بازیابی داده‌ها را می‌آموزد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر سیستم‌های ذخیره‌سازی داده
  - روند تولید داده‌ها
  - ضرورت سیستم‌های ذخیره‌سازی و بررسی سیر تحول
- معیارهای کمی و کیفی سیستم‌های ذخیره‌سازی داده
  - پهنای باند، توسعه‌پذیری و انعطاف‌پذیری، دسترس‌پذیری و قابلیت‌اطمینان
- ساختار کلان سیستم ذخیره‌سازی داده
  - زیرسیستم‌های پیشین، حافظه و پسین
- معماری زیرسیستم پسین
  - چیدمان و ارتباطات داخلی دیسک‌ها
  - معماری RAID و ارزیابی کمی و کیفی آن
- ساختار واحد ورودی/خروجی در زیرسیستم دیسک
- حافظه نهان در سیستم‌های ذخیره‌سازی داده
  - ساختار، فناوری و الگوریتم‌های مدیریت
- مخاطرات و راهکارهای پیشگیری، مدیریت و غلبه بر آن‌ها
  - رونوشت‌گیری، یکسان‌سازی، مهاجرت و نهان‌سازی داده
- دیسک نیمه‌هادی ماندگار
  - معماری‌های مبتنی بر NAND و NOR
  - مدیریت دسترسی‌ها
- راهکارهای افزایش طول عمر

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Micheloni, A. Marelli and K. Eshghi, *Inside Solid State Drives (SSDs)*, Springer, 2013.
[2] L. Freeman and M. Hope, *Evolution of the Storage Brain: A history of transformative events, with a glimpse into the future of data storage*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2010.
[3] U. Troppens, W. Muller-Friedt, R. Wolafka and N. Haustein, *Storage Networks Explained Basics and Application of Fibre Channel SAN, NAS, iSCSI, InfiniBand and FCoE*, Second Edition, J. Wiley & Sons Inc, 2009.
[4] Storage Basics - *An introduction to the fundamentals of storage technology*, Fujitsu Siemens Computers, 2009.

عنوان درس به فارسی:	طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های نهفته (CE5439)		
عنوان درس به انگلیسی:	Embedded Systems Modeling and Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی عمیق دانشجویان با مفاهیم نظری طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های نهفته است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات و تعاریف اولیه
- معرفی مدل محاسباتی Model of Computation (MoC)
- مدل‌سازی رفتار دینامیکی سیستم‌های نهفته
  - سیستم‌های با دینامیک پیوسته
  - سیستم‌های با دینامیک گسسته
- مدل‌های ترکیبی و ترکیب مدل‌ها
- مدل‌های همروند (concurrent) و چندوظیفه‌ای (multitask)
- زمان‌بندی و ملاحظات آن در سیستم‌های نهفته
- تحلیل مدل‌ها و سیستم‌های نهفته:
  - هم‌ارزی و پالایش (Equivalence and Refinement)
  - تحلیل کمّی (Quantitative Analysis)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] E. Lee, S. Seshia, *Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach*, Second Edition, available at: LeeSeshia.org, 2015.
[2] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های سایبرفیزیکی (CE5440)		
عنوان درس به انگلیسی:	Cyber-Physical Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با مفهوم سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا به‌عنوان سیستمی متشکل از سه بخش محاسباتی، ارتباطات و فیزیکی است و در طول درس چالش‌های مربوط به پویایی، گستردگی، پراکندگی و تنوع اجزای سیستم و نیازمندی‌های ارتباطی و محاسباتی معرفی می‌شود و دانشجو ویژگی‌ها و مسائل مربوط به اجزای سیستم در سطوح تجرید مختلف، نحوه اطمینان از صحت عملکرد سیستم، انواع مدل‌ها و پروتکل‌های ارتباطی و مشخصه‌ها و رویکردهای تأمین نیازمندی‌های آن را فرا می‌گیرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
  - سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - حوزه‌های کاربردی
  - اشتراکات و تمایزات با سیستم‌های نهفته
  - ویژگی‌ها، فرصت‌ها، چالش‌ها و محدودیت‌ها
- مشخصه‌ها و نیازمندی‌های سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - بی‌درنگی، قابلیت اطمینان، ایمنی، دسترس‌پذیری، امنیت و مصرف انرژی
  - رویکردهای تأمین و تضمین آن‌ها
- بی‌درنگی، زمان‌بندی و تخصیص منابع
  - انواع سیستم‌های بی‌درنگ
  - الگوریتم‌های زمان‌بندی و تخصیص منابع در سیستم‌های بی‌درنگ توزیع‌شده
- ارتباطات در سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ارتباطات درون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
  - ارتباطات برون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
- بسترهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ساختار گره‌های پردازشی، حسگرها، عملگرها
  - لایه‌های پردازشی، سیستم عامل و برنامه‌های کاربردی
- امنیت در تعامل با لایه بن‌سازه (Platform)
- فناوری‌های نوین مبتنی بر سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - معرفی چند مثال واقعی و تشریح و تحلیل ساختار و رفتار یک نمونه عملی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Alur, *Principles of Cyber-Physical Systems*, MIT Press, 2015.
[2] A. Platzer, *Foundations of Cyber-Physical Systems*, Lecture Notes, Computer Science Department, Carnegie Mellon University. 2016.
[3] E. A. Lee and S. A. Seshia, *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*, The MIT Press; 2nd edition, December 2016.
[4] P. Marwedel, *Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems*, *and the Internet of Things*, Springer, 2017

عنوان درس به فارسی:	رایانش ابری (CE5441)		
عنوان درس به انگلیسی:	Cloud Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس ایجاد درک عمیق مفاهیم و بخش‌های تشکیل‌دهنده یک سیستم رایانش ابری است. در این درس زیرساخت‌های سیستم‌های ابری و به‌کارگیری آنها مورد توجه قرار می‌گیرد و به معرفی پیشرفت‌های اخیر در سخت‌افزار و نرم‌افزار، معماری سیستم، ابزارها و مکانیزم‌ها و مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در سیستم‌های ابری پرداخته می‌شود. همچنین چگونگی ساخت کلاسترهای کارا، شبکه‌های مقیاس‌پذیر و مراکز داده خودکار در محیط ابری بررسی می‌شوند.

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند بینش مناسبی در موارد زیر خواهند داشت:

- کسب دیدگاه مهندسی در شناخت ویژگی‌های سیستم رایانش ابری برای کاربردهای مختلف
- چگونگی انتقال چند پردازنده‌ای‌ها و کامپیوترهای خوشه‌ای برای استفاده‌های فراگیر به ابرها
- سطوح مختلف سرویس‌های ابر و موازنه مزیت‌های آنها
- مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در رایانش ابری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
- مقدمه‌ای بر رایانش ابری
- رایانش مقیاس‌پذیر در سطح اینترنت
- مدل‌های خدمت در رایانش ابری (SaaS, PaaS, and IaaS)
- ماشین مجازی و مجازی‌سازی در ابر
- مدل‌های سیستمی برای رایانش توزیعی و ابری
- محیط‌های نرم‌افزاری برای سیستم‌های توزیعی و ابری
- مکانیزم‌ها در سیستم‌های ابری
- کارایی، امنیت و بهره‌وری انرژی
- طراحی معماری ابرهای رایانش و ذخیره‌سازی
- زمانبندی در مقیاس بالا (job scheduling at scale)

- مدیریت منابع مراکز داده در مقیاس بالا و شرح نمونه‌های عملیاتی آن (مانند Borg and Kubernetes)
- ابر تجاری و مدل اقتصادی فروش خدمات
- مقدمه‌ای بر مباحث محاسبات در لبه (edge computing) و محاسبات بدون خدمتگزار (server-less computing)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Buyya et. al., *Mastering Cloud Computing, Foundations and Applications Programming*, Elsevier Science, 2013.
[2] D.C. Marinescu, *Cloud Computing, Theory and Practice*, Morgan Kaufmann, 2013.
[3] K. Chandrasekaran, *Essentials of Cloud Computing*, CRC Press, 2014.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	پردازش موازی (CE5442)		
عنوان درس به انگلیسی:	Parallel Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی اولیه با انواع معماری‌های سیستم‌های موازی و توپولوژی شبکه میان‌ارتباطی آنها است. همچنین دانشجویان با نحوه مدل‌سازی سیستم‌های موازی، معیارهای سنجش کیفیت پردازش موازی و روش‌های تجزیه مسائل به اجزاء کوچک‌تر و نگاشت آنها به واحدهای پردازشی آشنا خواهند شد. دانشجویان همچنین نحوه پیاده‌سازی الگوریتم‌های موازی پرکاربرد را با برنامه‌ریزی سیستم‌های حافظه مشترک و تبادل پیام می‌آموزند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر پردازش موازی و معماری سیستم‌های موازی
  - معماری‌های حافظه مشترک و حافظه توزیع‌شده
  - پردازنده‌های آرایه‌ای و برداری
  - آرایه تپنده و جریان داده
  - پردازنده‌های گرافیکی
- شبکه‌های میان ارتباطی در سیستم‌های موازی
  - توپولوژی‌های متداول
  - ارزیابی کارایی آنها
- قالب‌های برنامه‌نویسی موازی
  - انشعاب-پیوند
  - ارباب-برده
  - تولیدکننده-مصرف‌کننده
  - خط لوله
- طراحی الگوریتم‌های موازی
  - آشنایی با روش‌های تجزیه و نگاشت

عملیات ارتباطی موازی پایه

مدل‌سازی تحلیلی برنامه‌های موازی

- معیارهای سنجش کیفیت برنامه موازی و تحلیل پیچیدگی
- برنامه‌نویسی با روش حافظه مشترک (OpenMP)
- برنامه‌نویسی در ساختارهای تبادل پیام (MPI)
- برنامه‌نویسی پردازنده‌های گرافیکی
- الگوریتم‌های عددی پرکاربرد
  - محاسبات ماتریسی موازی
  - پردازش تصویر
  - تبدیل فوریه سریع
- الگوریتم‌های غیرعددی نمونه
  - مرتب سازی
  - عملیات گراف‌ها
  - جستجو
  - برنامه‌نویسی دینامیکی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Grama, A. Gupta, G. Karypis, and V. Kumar, *Introduction to Parallel Computing*, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003.
[2] T. Rauber and G. Runger, *Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems*, 3rd Edition, Springer, 2013.
[3] B. Parhami, *Introduction to Parallel Processing: Algorithms and Architectures*, Kluwer Academic Publisher, 2003.

عنوان درس به فارسی:	سیستم عامل پیشرفته (CE5443)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Operating Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس تکمیل مباحث مطرح‌شده در درس «سیستم عامل» است و طیف گسترده‌ای از موضوعات سیستم‌های عامل مدرن، از جمله سیستم‌های عامل توزیع‌شده، شبکه‌سازی، مجازی‌سازی، قابلیت اتکا، حفاظت و سیستم‌های عامل نهفته مورد بحث قرار می‌گیرد. در این درس، چالش‌های مطرح در هر یک از این حوزه‌ها بحث شده و راهکارهای ارائه‌شده برای آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد تا دانشجویان با پیشرفت‌های پژوهشی در حوزه نیازمندی‌های سیستم‌های عامل مدرن و نیز پیاده‌سازی عملی آنها در سیستم‌های عامل امروزی آشنا شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- چالش‌ها در پژوهش سیستم‌های عامل
  - اتکاپذیری
  - امنیت
  - بازپیکربندی
  - بسط و چندپردازنده‌ها
- طراحی سیستم عامل برای معماری‌های جدید کامپیوتر
  - چندهسته‌ای همچون شبکه‌ای از سیستم‌های توزیعی
- معماری سیستم عامل برای قابلیت اطمینان و امنیت
- مجازی‌سازی
  - تفکیک
  - مشکلات امنیتی مبتنی بر سخت‌افزار
  - مجازی‌سازی تودرتو
- بهبود کارآیی سیستم عامل
  - ریزهسته/چندهسته/لینوکس برای بساهسته‌ای‌ها
- معماری برای دستیابی به داده‌های موازی انبوه
- مدیریت GPU در سطح سیستم عامل برای تسریع محاسبات
- تسهیم‌سازی منابع در ابرها/خوشه‌های بزرگ/مراکز داده

- سیستم‌های عامل شبکه
- سیستم‌های فایل بسیار بزرگ
- طراحی سیستم عامل منبع-کارا
  - مدیریت انرژی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Proceedings of related conferences and ACM/IEEE journals.

عنوان درس به فارسی:	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر پیشرفته (CE5444)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Dependable Systems Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس تکنیک‌های متنوع و کارا برای افزایش اتکاپذیری ارائه می‌گردد که می‌توان به مباحثی همچون روش‌های ارزیابی مبتنی بر آزمایش، روش‌های ارزیابی مبتنی بر تحلیل، بررسی روند اجرای برنامه‌های داخل پردازنده، استفاده از پردازنده‌های مراقب، بررسی اشکال‌های نرم، تخمین نرخ اشکال‌های نرم و محدودسازی آنها، روش‌های افزایش اتکاپذیری در سیستم‌های برنامه‌پذیر، سیستم‌های نهفته، شبکه‌های کامپیوتری، سیستم‌های توزیع‌شده و همچنین روش‌های افزایش اتکاپذیری در نرم‌افزار اشاره نمود. در پایان دانشجویان درس با آخرین پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه آشنا خواهند شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مرور مفاهیم مهم اتکاپذیری، قابلیت اطمینان و تحمل‌پذیری اشکال
- روش‌های ارزیابی
  - روش شمارش قطعه (Parts Count)، DFM، PHA، FMCA و FMEA
  - تحلیل درخت اشکال، روش تحلیل مونت کارلو، تحلیل درخت زمان-تا-خرابی، تحلیل مدهای خرابی و تاثیرات آنها
- روشهای وارسی روند اجرای برنامه‌ها
  - نظارت امضا، وارسی جریان کنترل خاص-مدل، شمارش دستورالعمل‌های قطعی شده (Committed Instructions Counting)، ردیابی اجرا (Execution Tracing)، زمان‌بند مراقب (Watchdog Timer)، نظارت امضای زمانی (Time Signature Monitoring)، دستورالعمل‌های ضبط خطا (Error Capturing Instruction)
- خطاهای نرم و انواع آنها
  - افزاره‌های مبتنی بر SRAM و آسیب‌شناسی آنها
  - شیوه‌های تخمین نرخ خطای نرم و کاهش اثرات
  - تحمل‌پذیری حافظه اصلی و نهان در مقابل خطاهای نرم
- تحمل‌پذیری خطاهای نرم در افزاره‌های بازپیکربند
- تحمل‌پذیری اشکال در ریزپردازنده‌ها
- ارزیابی تحمل‌پذیری اشکال و قابلیت اطمینان

- تزریق اشکال و شیوه‌های آن
- معرفی ابزارهای موجود تزریق اشکال و مقایسه آنها

– تحمل‌پذیری اشکال در شبکه‌های کامپیوتری و سیستم‌های توزیعی

– تحمل‌پذیری اشکال در سیستم‌های بی‌درنگ و نهفته

- CAN ، TTA و TTP، FlexRay، سیستم‌های ایکس توسط مدار (پرواز توسط مدار، راهبری توسط مدار، ترمز توسط مدار)، مکانیزم‌های بازیابی خطا

– تحمل‌پذیری اشکال با روشگان‌های نرم‌افزاری

- برنامه‌نویسی چند نسخه‌ای، برنامه‌نویسی چندبخش خودآزمون، بلوک‌های بازیابی، بلوک‌های بازیابی توزیع‌شده، برنامه‌نویسی چند نسخه‌ای (n,t-1)

– ملاحظات ایمنی در تولید سخت‌افزار و نرم‌افزارهای سیستم‌های حمل و نقل نظیر خودرو

- استاندارد ISO 26262، معرفی، تعاریف، نکات طراحی ایمن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] F. L. Kastensmidt, L. Carro and R. Reis, *Fault-Tolerance Techniques for SRAM-Based FPGAs*, Springer, 1st Edition, 2006.
[2] S. Mukherjee, *Architecture Design for Soft Errors*, Morgan Kaufmann, 2008.
[3] Papers of IEEE Transactions and Conferences, Springer/Elsevier publishers, ACM Transactions and Conferences.
[4] K.S. Trivedi, *Probability and Statistics with Reliability, Queuing and Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, 2nd edition, 2002.
[5] ISO 26262 standard, https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26262

عنوان درس به فارسی:	درستی‌سنجی سخت افزار (CE5445)		
عنوان درس به انگلیسی:	Hardware Verification		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با مبانی و روش‌های درستی‌سنجی سخت‌افزار، زبان‌های درستی‌سنجی سخت‌افزار (زبان **e**)، روش‌های درستی‌سنجی بر پایه شبیه‌سازی و روش‌های صوری درستی‌سنجی سخت‌افزار می‌باشد. در انتها توقع می‌رود دانشجویان بتوانند با استفاده از ابزارهای طراحی موجود، صحت کارکردی سخت‌افزارهای دیجیتال را تصدیق نمایند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات
  - آشنایی با روند طراحی و درستی‌سنجی سخت‌افزار
  - مرور بر روش‌های مختلف درستی‌سنجی سخت‌افزار
- توصیف سخت‌افزار
  - مدل‌سازی سیستم و BDD
  - مدلسازی با منطق پیش‌نگر (Predictive logic)
- روش‌های درستی‌سنجی سخت‌افزار
  - روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی
  - روش‌های صوری
- درستی‌سنجی سخت‌افزار با شبیه‌سازی
  - روش‌های مختلف شبیه‌سازی
  - ایجاد محیط آزمون
- درستی‌سنجی صوری سخت‌افزار
  - وارسی هم‌ارزی (Equivalence checking)
  - توصیف ویژگی‌ها و منطق زمانی
  - وارسی مدل (Model checking)
  - درستی‌سنجی با اثبات قضیه (Theorem proving)
- ابزارهای درستی‌سنجی صوری
  - سیستم‌های درستی‌سنجی صوری (VIS، SMV، HOL، PVS، FormalCheck، Formality، Conformal، زبان e

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. K. Lam, *Hardware Design Verification: Simulation and Formal Method-Based Approaches*, Prentice Hall. 2005
[2] J. Bergeron, *Writing Testbenches: Functional Verification of HDL Models*, Springer, 2003
[3] C. Baier and J.-P. Katoen, *Principles of Model Checking*, MIT Press, 2008.
[4] S. Palnitkar, *Design Verification with 'e'*. Pearson Education, 2004.

عنوان درس به فارسی:	آزمون و طراحی سیستم‌های آزمون‌پذیر (CE5446)		
عنوان درس به انگلیسی:	Testing and Testable System Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس مفاهیم آزمون‌پذیری و اهمیت آن در طراحی سیستم‌های دیجیتال و شیوه‌های انجام آزمون‌پذیری و نکات لازم برای طراحی‌های سریع و به‌روز آن معرفی می‌گردد. انواع مختلف روش‌های آزمون خودکار معرفی و دانشجویان با عملکرد هر یک آشنا می‌شوند. در این زمینه برخی ملاحظات همچون استفاده از بردارهای آزمون کمینه، حذف افزونگی در مدارات، چگونگی کاهش فضای اشکالات در مدارات توضیح داده می‌شود و در نهایت دانشجویان با شیوه‌های استفاده از طراحی‌های آزمون‌کننده آشنا خواهند شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با مفاهیم آزمون‌پذیری
  - نقش آزمون در طراحی و ساخت سیستم‌های دیجیتال
  - انواع آزمون
- مباحث اقتصادی در آزمون
  - هزینه آزمون و نقطه برد
  - ابزارهای آزمون خودکار
  - بارآوری ساخت (Yield) و کیفیت آزمون و نقش آزمون در آن
- مدل‌سازی اشکال در آزمون سیستم‌های دیجیتال
- شبیه‌سازی اشکال
  - شبیه‌سازی منطقی و روش‌های آن
  - الگوریتم‌های شبیه‌سازی اشکال سری، موازی و استنتاجی
  - الگوریتم شبیه‌سازی اشکال همروند
  - نمونه‌برداری از اشکال
- اندازه‌گیری آزمون‌پذیری برای
  - مدارهای ترکیبی
  - مدارهای ترتیبی و پیچیده

- تولید خودکار بردار آزمون
  - آزمون عملکردی در مقابل آزمون ساختاری
  - الگوریتم‌های تولید بردار آزمون برای مدارهای ترکیبی
  - روش‌های موردی و ساخت‌یافته تولید بردار آزمون
  - حذف افزونگی با استفاده از تولید بردار آزمون
  - الگوریتم‌های تولید بردار آزمون برای مدارهای ترتیبی
- روش‌های ساخت‌یافته در طراحی آزمون‌پذیر
  - طراحی زنجیره پویش کامل
  - طراحی زنجیره پویش جزئی و چندزنجیره‌ای
- طراحی واحدهای خودآزمون توکار (BIST)
  - تولید بردار تصادفی
  - فشرده‌سازی پاسخ به بردارهای آزمون
- استاندارد زنجیره پویش مرزی (Boundary Scan chain)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Bushnell and Agrawal, *Essentials of Electronic Testing: Digital, Analog, and Mixed Signal*, Springer, Boston, 2005.
[2] Abramovici and Breuer, *Digital Systems Testing and Testable Design*, IEEE Press, 1994.

عنوان درس به فارسی:	امنیت و اعتماد سخت‌افزار (CE5447)		
عنوان درس به انگلیسی:	Hardware Security and Trust	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، به معرفی پیشرفت‌های اخیر در طراحی و ارزیابی امنیت سخت‌افزار و قابل اعتماد بودن آن پرداخته می‌شود. در چرخه عمر سخت‌افزار، از طراحی تا تولید و در طول استفاده از آن، لازم است تا امنیت سخت‌افزار و اعتماد به آن حفظ شود. در مرحله طراحی، نیازمندی‌هایی همچون غیرقابل‌دستکاری بودن عدم نشت اطلاعات مطرح و در مرحله تولید، باید تطابق سخت‌افزار با طراحی بررسی شود تا تغییری در آن منجر به یک اسب تروآ یا یک در پشتی انجام نشود. در ضمن ترفندهایی برای کشف چنین تهدیداتی لازم است. به علاوه، برای تامین امنیت و اعتماد در سیستم‌های کامپیوتری، نیاز به پشتیبانی توسط سخت‌افزار است. در برخی از کاربردها، نیاز به تولید کلید خصوصی در سخت‌افزار اختصاصی می‌باشد. تأمین اعتماد برای برخی کاربردها نیازمند سخت‌افزارهای وارسی‌کننده است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر رمزنگاری و طراحی/آزمون مدارهای مجتمع
- پردازنده‌های رمزنگاری
- محاسبات مورداعتماد (Trusted Computing) و TPM (Trusted Platform Module)
- حملات فیزیکی و مقاومت در برابر دست‌کاری
- حمله کانال جانبی و حمله تزریق اشکال
- توابع غیر قابل‌همانندسازی فیزیکی (PUFs)
- مولدهای عدد تصادفی مبتنی بر سخت‌افزار
- ته‌نقش‌گذاری (Watermarking) بلوک‌های IP (Intellectual Property)
- طراحی مورداعتماد در FPGAها
- امنیت سیستم‌های نهفته
- امنیت برچسب‌های Radio frequency identification (RFID)
- کنترل دسترسی و حفظ مالکیت معنوی برنامه با استفاده از سخت‌افزار (به طور منفعل و فعال)
- کشف و مجزا کردن تروآهای سخت‌افزاری در بلوک‌های IP و مدارهای مجتمع
- FIPS 140-2: استاندارد ماژول‌های رمزنگاری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Tehranipoor and C. Wang, *Introduction to Hardware Security and Trust*, Springer, 2011.

عنوان درس به فارسی:	امنیت کامپیوتر (CE5201)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Computer Security	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد امنیت سایبری می‌باشد.

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم اصلی امنیت کامپیوتر و روش‌های طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کامپیوتری امن است. انواع خط‌مشی‌ها و مدل‌های امنیتی معرفی شده و روش‌های اِعمال آن‌ها ارائه می‌گردد. همچنین، فنون مختلف کنترل دسترسی و تصدیق اصالت در سیستم‌های کامپیوتری بررسی می‌شود. تضمین امنیت سیستم و نیز استانداردهای موجود در این حوزه از دیگر موضوعات این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم پایه
  - امنیت کامپیوتر، محرمانگی، صحت، دسترس‌پذیری، تهدید، آسیب‌پذیری، حمله
  - خط‌مشی و مدل امنیتی، مکانیزم امنیتی
  - دسته‌بندی تهدیدها و حمله‌های امنیتی
  - نرم‌افزار بدخواه: اسب تِروا، ویروس، کِرم
- خط‌مشی‌ها و مدل‌های امنیتی
  - انواع خط مشی‌های امنیتی
  - مدل محرمانگی بل-لاپاجولا
  - امنیت جریان اطلاعات، عدم تداخل
  - مدل صحت بیبا، مدل کِلارک- ویلسون
  - مدل دیوار چینی
- هویت دیجیتال و نظام‌های هویت
  - هویت دیجیتالی، هویت اشیا، کاربران، گروه‌ها، و نقش‌ها
  - هویت در وب و اینترنت
  - روش‌های تصدیق اصالت کاربر: گذرواژه، توکن، زیست‌سنجی

- حمله به سیستم‌های تصدیق اصالت

- مکانیزم‌های کنترل دسترسی
  - لیست‌های کنترل دسترسی و لیست‌های شایستگی، پیاده سازی در سیستم‌های عامل یونیکس و ویندوز
  - کنترل دسترسی مبتنی بر نقش (RBAC)
  - کنترل دسترسی قفل و کلید، کنترل دسترسی مبتنی بر حلقه
- محاسبات قابل اعتماد
  - اصول طراحی سیستم‌های امن
  - مفهوم سیستم‌های قابل اعتماد
  - مدول سکّوی قابل اعتماد
  - معماری امنیتی FLASK
  - سیستم عامل لینوکس با امنیت بهبود یافته (SELinux)
- هسته‌های امنیتی
  - مفاهیم پایه
  - انواع سیستم‌های عامل قابل اعتماد
  - بررسی هسته امنیتی سیستم عامل مالتیکس
- کانال‌های نهان و تحلیل آن‌ها
  - جداسازی
  - ماشین‌های مجازی و جعبه شنی
  - تشخیص و تحلیل کانال‌های نهان
  - حذف کانال‌های نهان
- تضمین و ارزیابی امنیت سیستم‌ها
  - اصول طراحی سیستم‌های امن
  - مفاهیم مرتبط با تضمین امنیت
  - استانداردهای TCSEC و CC
  - معرفی چند پروفایل حفاظتی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Bishop, *Computer Security, Art and Science*, 2nd Edition, Addison-Wesley, 2019.

[2] W. Stallings, and L. Brown, *Computer Security: Principles and Practice,* 4th Edition, Pearson Education, 2017.

وان درس به فارسی:	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (CE5601)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computer Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

این درس در جهت تعمیق یادگیری نحوه عملکرد شبکه‌های کامپیوتری نسل جدید با محوریت اینترنت و شبکه‌های سازمانی تعریف شده است. به دست آوردن دانش نظری، به دست آوردن مهارت کاربردی و آشنایی روندهای تحقیقاتی روز از اهداف اصلی این درس است. معماری شبکه‌های کامپیوتری شامل مجازی سازی عملکرد شبکه، مدل سرویس در اینترنت، مدیریت و مهندسی ترافیک و مکانیزم‌های آن با تأکید بر تضمین کیفیت سرویس، عملکرد لایه کنترل شامل پارادایم SDN، و پروتکل‌های طرف میزبان ابعاد اصلی مورد توجه در این درس را تشکیل می‌دهند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- تبیین معماری لایه‌ای شبکه‌های کامپیوتری در ابعاد سازمانی و جهانی از جنبه فیزیکی و منطقی
- شناخت روندهای صنعتی و پژوهشی نو در شبکه‌سازی و توانایی تشریح انگیزه‌ها و کاربردهای آن‌ها
- مهارت در به کارگیری نمونه‌هایی از ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موردنیاز و مطرح در شبکه‌سازی
- ارزیابی مکانیزم‌های مهندسی ترافیک در صفحه داده، کنترل و مدیریت و به کارگیری آنها در شبکه
- شناخت و استفاده از سرویس‌های پیشرفته قابل ارائه و کاربرد آن‌ها و پروتکل‌های صفحه داده و کنترل مربوط به آن

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معماری شبکه‌های کامپیوتری
  - انواع مدل‌های لایه‌ای در شبکه‌های کامپیوتری
  - معماری اینترنت و شبکه‌های سازمانی
  - معماری شبکه‌های نسل جدید
  - معماری شبکه‌های شهری
  - معماری شبکه‌های دسترسی و بی‌سیم
- مدل سرویس در اینترنت
  - مدل سرویس اینترنت اولیه و اینترنت نسل جدید

- معماری‌های تضمین کیفیت سرویس
- فناوری MPLS و سرویس‌های مبتنی بر آن
- سرویس‌های چندرسانه‌ای

– معماری و پروتکل‌های صفحه کنترل
- مسیریابی درون‌دامنه‌ای و برون‌دامنه‌ای
- مسیریابی حساس به کیفیت سرویس
- فناوری SDN و پروتکل‌های مربوط به آن

– مدیریت و مهندسی ترافیک
- دسته بندی انواع مکانیزم‌های مهندسی ترافیک
- مدل‌سازی ترافیک و کنترل دسترسی
- روش‌های کنترل ازدحام
- نوبت‌دهی عادلانه و مدیریت فعال صف

– پروتکل‌های طرف میزبان
- پروتکل‌های لایه حمل
- سیستم‌های نظیر به نظیر
- خدمات OTT

– مباحث تکمیلی
- روندهای نو در شبکه‌سازی
- شبکه‌های رادیو شناختی
- شبکه‌های ICN، NDN، DTN

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Foundations of Modern Networking, SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Pearson Education, 2016.

[2] W. Stallings, *Data and Computer Communications,* Pearson Education, 2013.

[3] I. Marsic, *Computer Networks, Performance and Quality Service*, Rutgers University Press, 2013.

[4] P. A. Morale and J. M. Anderson, *Software Defined Networking: Design and Deployment*, CRC Press, 2015.

[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری (CE5622)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Performance Evaluation of Computer Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری، علاوه بر نیازمندی‌های کارکردی، نیازمندی‌های کارایی و تأمین کیفیت سرویس نیز باید در نظر گرفته شود. تضمین زمان پاسخ، توان عملیاتی، گذردهی، و دیگر پارامترهای کیفیت سرویس‌دهی درگیر مصالحه بین کیفیت و هزینه است و با انجام انتخاب‌های مناسب امکان‌پذیر است؛ انتخاب حافظه زیاد یا پردازنده سریع، استفاده از یک دستگاه ذخیره‌ساز سریع یا چند دستگاه ذخیره‌ساز کندتر و انتخاب‌های متعدد دیگر در استفاده از الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها در بخش‌های مختلف یک سیستم و یا یک شبکه کامپیوتری وجود دارد. بهترین انتخاب‌ها اغلب با یک نگاه و بررسی سطحی قابل شناسایی نیستند. بنابر این، لازم است با به‌کارگیری روش‌های تحلیلی به ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پرداخته و از آن در بررسی نیازمندی‌های کارایی استفاده شود. به این ترتیب، می‌توان به سوالات مطرح شده در زمان طراحی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پاسخ داد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- شناخت فرآیندهای تصادفی مارکف و سیستم‌های صف
- مدل‌سازی سیستم‌های کامپیوتری در قالب فرآیندهای مارکف و سیستم‌های صف
- حل مدل‌های تحلیلی به منظور ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری
- آشنایی با ابزارهای شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مبانی مدل‌سازی و ارزیابی
  - تعریف معیارهای ارزیابی
- مفاهیم پایه آمار و احتمال
  - متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته
  - متغیرهای تصادفی دنباله بلند
  - فرآیند پوآسون

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- تبدیل لاپلاس و تبدیل Z
- تابع مولد احتمال
- روش‌های تخمین پارامتر

– زنجیره مارکف
- زنجیره مارکف زمان گسسته
- زنجیره مارکف زمان پیوسته
- تحلیل حالت پایدار و گذرای زنجیره‌های مارکف

– تحلیل سیستم‌های صف
- تعریف معیارهای ارزیابی
- صف‌های M/M/1، M/M/K، M/M/K/C، M/G/1
- صف‌های با اولویت

– تحلیل شبکه‌های صف
- شبکه‌های صف باز و بسته
- موازنه محلی
- فرم حاصل ضرب
- شبکه‌های صف جکسون
- شبکه‌های صف گوردن-نیوول

– اصول و روش‌های شبیه‌سازی
- راستی‌آزمایی
- اعتبارسنجی
- تحلیل خروجی

– آشنایی با ابزارهای اندازه‌گیری، شبیه‌سازی، و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Harchol-Balter, *Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action*, Cambridge University Press, 2013.
[2] G. Bolch, et al., *Queueing Networks and Markov Chains Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, 2006.
[3] R. Jain, *The Art of Computer Systems Performance Analysis*, John Wiley & Sons, 1991.

عنوان درس به فارسی:	معماری افزاره‌های شبکه (CE5604)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Architecture of Network Devices	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با اصول طراحی، پیاده‌سازی، و ارزیابی افزاره‌های شبکه‌های کامپیوتری آشنا می‌شوند. در حالت عمومی، وظایف یک افزاره به دو بخش مسیر داده و کنترل تقسیم می‌شود. معماری یک افزاره در بخش مسیر داده شامل واحد ورودی/خروجی، با وظایف اصلی مدیریت ترافیک و جلورانی بسته‌ها، و واحد سوئیچینگ، با وظیفه اصلی سوئیچینگ بسته‌ها، است. در این درس، دانشجویان ضمن فراگیری وظایف این واحدها با فنون مورد نیاز برای داشتن یک افزاره با کارایی بالا نیز آشنا می‌شوند. از آنجایی که مهم‌ترین افزاره شبکه مسیریاب است، تکنیک‌های مورد نیاز برای رسیدن به کارایی بالای یک مسیریاب مورد بررسی قرار می‌گیرند. خلاصه اهداف این درس عبارتند از:

- آشنایی با مراحل طراحی و ساخت یک افزاره شبکه
- آشنایی با الگوریتم‌های به کار گرفته شده در بخش‌های مختلف یک افزاره
- ارزیابی، نقد، و بهبود الگوریتم‌های موجود

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تاریخچه تحولات شبکه‌های اینترنت
  - دسته‌بندی سرویس‌دهنده‌های اینترنت و معماری شبکه‌های آن‌ها
- معماری مسیریاب‌های IP با کارایی بالا
  - معماری‌های متمرکز و توزیع‌شده
  - اهداف طراحی و چالش‌های پیاده‌سازی
- جستجو در جدول مسیریابی IP
  - آدرس‌های طبقه‌بندی شده و مسیریابی بدون طبقه‌بندی
  - معیارهای الگوریتم مسیریابی مناسب

- الگوریتم‌ها مبتنی بر Trie
- روش‌های سخت‌افزاری
- مسیریابی IPv6

– طبقه‌بندی بسته‌ها
- روش‌های مبتنی بر Trie
- الگوریتم‌های هندسی (Geometric)
- الگوریتم‌های اکتشافی (Heuristic)
- الگوریتم‌های مبتنی بر TCAM

– مدیریت ترافیک
- مدیریت ترافیک در سطح بسته
- مدیریت ترافیک در سطح جریان (کنترل ازدحام)
- مدیریت ترافیک در سطح تجمیع جریان‌ها (مهندسی ترافیک)

– اصول سوئیچینگ بسته‌ای
- مفاهیم پایه و دسته‌بندی قسمت اصلی سوئیچ (Switch Fabric)
- استراتژی‌های صف‌بندی در واحد سوئیچینگ
- بررسی کارایی سوئیچ‌های پایه

– سوئیچ‌های با حافظه مشترک
- روش‌های لیست پیوندی و CAM
- تکنیک‌های چندپخشی

– سوئیچ‌های با صف ورودی
- زمان‌بندی در سوئیچ‌های مبتنی بر VOQ
- الگوریتم‌های Maximum Matching، Maximal Matching و Randomized Matching

– سوئیچ‌های مبتنی بر شبکه Banyan
- سوئیچ Batcher Banyan
- سوئیچ Tandem Banyan
- سوئیچ Shuffle exchange
- سوئیچ چندپخشی

– مباحث تکمیلی در معماری افزاره‌های شبکه‌های کامپیوتری
- شبکه‌سازی نرم‌افزارمحور
- مجازی‌سازی وظایف شبکه
- موارد دیگر

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Chao, and B. Liu, *High Performance Switches and Routers,* Wiley, 2007.
[2] A. Leon-Garcia and I. Widjaja, *Communication Networks,* McGraw-Hill, 2003.
[3] I. Elhanany and M. Hamdi, *High Performance Packet Switching Architectures,* Springer, 2007.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	فرایندهای تصادفی (CE5653)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Stochastic Processes	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

با توجه به ماهیت تصادفی دنیای واقعی، بحث فرایندهای تصادفی در بسیاری از مسائل مهندسی کامپیوتر و از جمله مسائل شبکه‌های کامپیوتری مطرح است. هدف این درس بررسی اصولی و مبنایی فرایندهای تصادفی و کاربرد آن در شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس پس از معرفی فرایندهای تصادفی به ویژگی‌های آنها پرداخته شده و سپس کاربردهای آن در حوزه شبکه‌های کامپیوتری مورد مطالعه قرار می‌گیرند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول فرایندهای تصادفی و ویژگی‌های آن‌ها
- شناخت انواع کاربردهای فرایند تصادفی در سیستم‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه احتمال و متغیرهای تصادفی
- دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی
- ایستایی در فرایندهای تصادفی
- سیستم‌های خطی تصادفی
- چگالی طیف توان
- ارگادیک بودن یک فرایندهای تصادفی
- فرایندهای تصادفی خاص (فرایند پوآسون، فرایند حرکت براونی و مانند آن)
- نظریه تخمین
- آزمون فرضیه
- فرایندهای مارکوف
- نظریه صف

- مدل‌های مارکوف پنهان

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Papoulis and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw Hill, 2002.
[2] S. Ross, *Probability Models for Computer Science*, Harcourt Academic Press, 2002.

عنوان درس به فارسی:	پردازش سیگنال‌های رقمی (CE5572)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Signal Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد.

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با اصول و تکنیک‌های پایه ریاضی و الگوریتمی برای پردازش داده‌های مختلف اعم از داده‌های صوتی، تصویری، بیوالکتریک، و مانند آن است. در این درس، دانشجویان تکنیک‌های پردازش سیگنال‌های رقمی، تبدیل-های مختلف روی این سیگنال‌ها، پردازش آن‌ها در حوزه‌های زمان و فرکانس، و تحلیل سیگنالهای رقمی را فرا گرفته و می‌توانند از این روش‌ها در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های رقمی بهره گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - نمونه‌برداری، سیگنال‌های پایه، تناوبی بودن، سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان، معادله تفاضلی، علّی بودن، پایداری، حافظه‌دار بودن
- روش‌های تحلیل حوزه زمان
  - پیچش خطی و حلقوی، پاسخ ضربه و پله، پاسخ‌های گذرا، همگن و ویژه
- روش‌های تحلیل حوزه فرکانس (DFS, FT, ZT, DFT) و خواص آن‌ها و بررسی پایداری در سیستم‌های رقمی
- الگوریتم‌های FFT، الگوریتم گورتزل، تبدیل Z چِرپ (CZT) ، تبدیل DCT
- طراحی فیلترهای دیجیتال غیر بازگشتی
  - فیلترهای FIR متقارن و غیرمتقارن با فاز صفر و فاز خطی، طراحی پنجره، فیلتر با میانگین متحرک، مفهوم فیلترهای با ریپل یکسان، مشتق‌گیری رقمی
- طراحی فیلترهای دیجیتال بازگشتی
  - طراحی ساده مبتنی بر صفرها و قطب‌ها در صفحه z، فیلترهای باتروورث و چبی‌شف آنالوگ و دیجیتال، روش تبدیل دوخطی، روش تغییرناپذیر ضربه، روش نمونه‌برداری فرکانسی، انتگرال‌گیری رقمی
- تحلیل طیف و تبدیل ویولت
- فیلتر کردن به روش کانولوشن سریع
- مفاهیم تکمیلی در پردازش سیگنال‌های رقمی (اختیاری)

- سیگنال‌های تصادفی گسسته، آنالیز هوموفیک، واریانس، کوواریانس، چگالی طیف توان، پریودوگرام، اساس پردازش سیگنال‌های رقمی چند نرخی، برازش و انتخاب یک از چند

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. A. Lynn and W. Fuerst, *Digital Signal Processing with Computer Applications*, Wiley, 2002.
[2] A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, and J. R. Buck, *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, 2009.
[3] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall, 1996.
[4] S. K. Mitra, *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*, McGraw-Hill, 2001.
[5] A. Papoulis and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw-Hill, 2002.
[6] M. Vetterli, J. Kovacevic*, Wavelets and Subband Coding*, Prentice Hall, 1995.
[7] S. Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, 1998.

عنوان درس به فارسی:	رایانش تکاملی (CE5506)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Evolutionary Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد.

هدف کلی:

رایانش تکاملی یکی از روش‌های بهینه‌سازی غیرخطی است و می‌تواند مسائلی را حل کند که توسط روشهای سنتی بهینه‌سازی قابل حل نیستند. بنابراین، هدف اصلی این درس حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده‌ای است که با دیگر روش‌ها قابل حل نیستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با علم ژنتیک و نظریه تکامل
  - اصول اولیه علم ژنتیک
  - تکامل از دیدگاه میکروسکوپی
  - تکامل از دیدگاه ماکروسکوپی
- چارچوب الگوریتم‌های تکاملی
  - عملگرهای ژنتیکی (جهش و بازترکیبی)
  - عملگرهای انتخاب و ویژگی‌های آن‌ها
  - تولید نسل ابتدایی
  - روشهای خاتمه الگوریتم‌های تکاملی
- انواع الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم ژنتیک
  - استراتژی تکامل
  - برنامه‌نویسی تکاملی
  - برنامه‌نویسی ژنتیک
  - الگوریتم تخمین توزیع
  - الگوریتم تکامل تفاضلی
- روش‌های تعیین پارامترها

- اهمیت پارامترها در الگوریتم‌های تکاملی
- روشهای تحلیلی در تعیین پارامترها
- روشهای تطبیقی در تعیین پارامترها
- روشهای خود تطبیقی در تعیین پارامترها

– حل مسائل بهینه‌سازی با ویژگی‌های خاص با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی
- حل مسائل بهینه‌سازی مقید
- حل مسائل بهینه‌سازی پویا
- حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفی

– سایر الگوریتم‌های الهام گرفته شده از طبیعت
- سیستم ایمنی مصنوعی
- الگوریتم کلونی مورچه‌ها
- الگوریتم ازدحام ذرات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. Baeck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz*, Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*, CRC Press, 2000.
[2] T. Baeck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz, *Evolutionary Computation 2: Advanced Algorithms and Operators*, CRC Press, 2000.

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین کاربردی (CE5550)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Machine Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد.

هدف کلی:

امروزه یادگیری ماشین در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی کاربرد فراوان یافته است. هدف این درس آشنایی دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی با یادگیری ماشین به‌صورت کاربردی است. در این درس الگوریتم‌های مختلفی که قادر به یادگیری از داده‌ها و تجربیات هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، مثال‌ها و پروژه‌های کاربردی در هر زمینه مطرح می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مروری بر انواع روش های یادگیری ماشین و کاربردها)
- آشنایی با داده (پیش پردازش، مصور سازی، معیارهای شباهت و فاصله)
- یادگیری تحت نظارت
- رگرسیون
  - خطی- غیرخطی-چندمتغیره
  - روش‌های بهینه سازی
  - مصالحه بایاس و واریانس
  - منظم‌سازی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- دسته‌بندی
  - K نزدیک‌ترین همسایه
  - درخت تصمیم
  - دسته‌بندهای بیزین
  - رگرسیون لجستیک
  - شبکه‌های عصبی
  - ماشین بردار پشتیبان- شگرد هسته
  - روش‌های تجمعی
  - معیارهای ارزیابی

- آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- یادگیری بدون نظارت
- خوشه‌بندی
  - مبتنی بر تقسیم‌بندی فضا (K-means, k-medoids, kernel k-means)
  - سلسله مراتبی
  - مبتنی بر چگالی (DBSCAN)
  - فازی
  - مبتنی بر مدل‌های آماری ترکیبی
  - معیارهای ارزیابی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- کاهش ابعاد
  - تحلیل مولفه‌های اساسی PCA
  - تحلیل نهان دیریکله LDA
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم‌های ژنتیک
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Tom Mitchell, Machine Learning, McGraw Hill, 1997

عنوان درس به فارسی:	شناسایی الگو (CE5504)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Pattern Recognition	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس ارائه مفاهیم مرتبط با دسته‌بندی اشیاء فیزیکی و انتزاعی است. این اشیاء ویژگی‌های استخراج شده حاصل از اندازه‌گیری و یا داده‌هایی با الگوهای خاص هستند. در این درس، موضوع‌های مرتبط با دسته‌بندی با دو رویکرد با نظارت و بدون نظارت ارائه می‌گردد. همچنین، دانشجویان با مفاهیمی متنوع شامل آمارگان چند متغیره، کاهش بعد، تخمین پارامتر توزیع‌های آماری، و نیز روش‌های مختلف دسته‌بندی و خوشه‌بندی آشنا می‌گردند. مطالب ارائه شده در این درس در داده کاوی، پردازش و تحلیل متن و گفتار، تحلیل و پردازش تصاویر ثابت و ویدئویی، شناسایی اهداف، و تعیین و تأیید هویت افراد کاربرد دارد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و معرفی سیستم‌های شناسایی الگو و کاربردها
- معرفی و مرور مفاهیم ریاضی مورد نیاز
- دسته بندی کننده‌ها و توابع تصمیم
  - دسته بندی کننده‌های آماری
  - توابع جدا کننده خطی
  - ماشین بردار پشتیبان
- معرفی روش‌های مختلف استخراج و کاهش بعد
  - معضل بعد بالا
  - معرفی تحلیل مولفه‌های اصلی
  - روش تابع تمایز فیشر
  - فاکتور کردن ماتریس
- خوشه‌بندی و معرفی الگوریتم‌های مختلف
  - خوشه‌بندی سلسله مراتبی، خوشه‌بندی مسطح
  - معرفی مسئله تخمین پارامتر و روشهای مختلف
  - بیشینه‌سازی تابع درستنمایی، روش بیزی

- معرفی روش‌های مختلف تخمین تابع توزیع آماری
  - روش پارزان، روش K نزدیکترین همسایه
- موضوع‌های مرتبط دیگر شامل: ترکیب دسته بندها، معیارهای ارزیابی، روشهای مختلف اعتبار سنجی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Thodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Academic Press, 2008.
[2] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification*, Wiley, 2001.
[3] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2007.
[4] K. Fukunaga, *Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, 1990.

عنوان درس به فارسی:	نظریه بهینه‌سازی و کاربردهای آن در شبکه (CE5651)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Optimization Theory with Network Applications	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

نظریه بهینه‌سازی جایگاه مهمی در مسائل کاربردی و پژوهشی شبکه‌های کامپیوتری دارد. این درس به معرفی نظریه، روش‌های حل، و الگوریتم‌های انواعی از مسائل بهینه‌سازی از جمله مسائل مقید، بهینه‌سازی محدب، برنامه‌ریزی خطی، و برنامه‌ریزی خطی صحیح می‌پردازد. علاوه بر آن، نحوه مدل‌سازی مسائل مختلف شبکه‌های کامپیوتری در قالب یک مسئله بهینه‌سازی مورد بحث قرار گرفته و ابزارهای حل این مسائل معرفی می‌گردد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- تشخیص دسته‌های مختلف مسائل بهینه‌سازی، ویژگی‌ها و شرایط بهینگی، پیچیدگی و الگوریتم‌های حل مسئله
- استفاده از زبان‌های مدل‌سازی مسائل بهینه‌سازی
- به‌کارگیری ابزارهای حل مسائل بهینه‌سازی
- مدل‌سازی مسائل شبکه در قالب مسائل بهینه‌سازی

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مرور پیش‌زمینه ریاضی
  - مرور مباحث مورد نیاز از جبر خطی
  - مرور مباحث مورد نیاز از حسابان
- مقدمه نظریه بهینه‌سازی
  - ساختار کلی مسائل بهینه‌سازی
  - مفاهیم مرتبط با حل مسئله
  - معرفی انواع مسائل بهینه‌سازی
- بهینه‌سازی بدون قید
  - معرفی مسائل بهینه‌سازی بدون قید، ویژگی‌های مسائل بدون قید و شرایط بهینگی آن‌ها
  - الگوریتم‌های حل شامل جستجوی خط و ناحیه اطمینان
- شکل کلی بهینه‌سازی مقید

- معرفی مسائل بهینه‌سازی مقید، ویژگی‌های مسائل مقید و شرایط بهینگی KKT
- الگوریتم‌های حل شامل روش‌های جداساز (barrier) و جریمه
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل بهینه‌سازی مقید

– بهینه‌سازی محدب

- مجموعه و توابع محدب
- معرفی مسائل بهینه‌سازی محدب
- ویژگی‌های مسائل محدب و شرایط بهینگی آن‌ها
- قضیه دوگان و کاربردهای آن
- الگوریتم‌های و ابزارهای حل
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل بهینه‌سازی محدب

– برنامه‌ریزی خطی

- معرفی مسائل برنامه‌ریزی خطی و ویژگی‌های آن‌ها
- الگوریتم سیمپلکس (simplex) و حالت‌های خاص آن
- دوگان در برنامه‌ریزی خطی و تحلیل حساسیت
- ابزارهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به فرم مسائل برنامه‌ریزی خطی

– برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح

- معرفی مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح و ویژگی‌های آن‌ها
- مروری بر نظریه پیچیدگی و بررسی پیچیدگی مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح
- دوگان در برنامه‌ریزی خطی و تحلیل حساسیت
- روشهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح، حالت خاص کاملاً تک‌پیمانه‌ای (totally uni-modular)، روش صفحه برشی (cutting plane)، و روش شاخه‌گزینی و کران‌گذاری (branch and bound)
- ابزارهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی صحیح
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح
- مروری بر روش‌های آزادسازی و تجزیه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Nocedal and S. Wright, *Numerical Optimization,* Springer, 2006.
[2] S. Boyd and V. Lieven, *Convex Optimization*, Cambridge University Press, 2004.
[3] R. Vanderbei, *Linear Programming: Foundations and Extensions,* Springer, 2001.
[4] W. L. Winston and J. B. Goldberg, *Operations Research: Applications and Algorithms*, Thomson Brooks/Cole, 2004.
[5] M. Pióro and M. Deep, *Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks*, Elsevier, 2004.
[6] D. S. Chen, R. G. Batson, and Y. Dang, *Applied Integer Programming: Modeling and Solution*, John Wiley & Sons, 2011.

عنوان درس به فارسی:	بهینه‌سازی محدب (CE5570)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Convex Optimization	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد.

هدف کلی:

بهینه‌سازی در بسیاری از مسائل مهندسی کامپیوتر و به‌ویژه در هوش مصنوعی مطرح است. هدف اصلی این درس بررسی منسجم الگوریتم‌های بهینه‌سازی و آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های مختلف بهینه‌سازی و شرایط به‌کارگیری آن‌ها است. تقویت دانش ریاضی دانشجویان و آشنایی با مسائل کاربردی بهینه‌سازی در هوش مصنوعی از دیگر اهداف این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی بهینه‌سازی
- مقدمات ریاضی
  - فضای برداری
  - آنالیز توابع چند متغیره
  - تجزیه طیفی و مقدار منفرد
- مجموعه‌های محدب
- توابع محدب
- مسائل بهینه‌سازی محدب
  - شرایط بهینگی
  - بازنویسی مسائل غیرمحدب به شکل محدب
  - مسائل شبه محدب
  - مسائل بهینه‌سازی چندهدفه
- تئوری دوگانی و شرایط بهینگی
  - مسئله دوگان
  - شروط KKT
- کاربرد بهینه‌سازی در مسائل تقریب

- کاربرد بهینه‌سازی در تخمین و آشکارسازی
- کاربرد بهینه‌سازی در دسته‌بندی
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی نامقید
  - رویکردهای جستجوی خط و ناحیه اطمینان، روش سریع‌ترین کاهش، روش نیوتن، روش‌های شبه نیوتن
  - روش گرادیان مزدوج خطی و غیرخطی
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی با قیود تساوی
  - رویکرد بازنویسی
  - رویکرد حل مسئله دوگان
  - روش نیوتن تعمیم یافته
  - روش پرایمال- دوئال
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی مقید
  - روش‌های نقطه داخلی
  - روش پرایمال- دوئال

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Boyed, L. Vandenberg, *Convex optimization*, Cambridge, 2004.
[2] J. Nocedal, S. J. Wright, *Numerical Optimization,* Springer, 1999.
[3] D. G. Luenberger, Y. Ye, *Linear and Nonlinear Programming,* Springer, 2008.

عنوان درس به فارسی:	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (CE5331)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Algorithmic Game Theory		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

این درس به بررسی نظریه بازی‌ها و سیستم‌های چندعاملی و معرفی ابزارهای لازم برای تحلیل آنها می‌پردازد. همچنین مبحث طراحی مکانیزم و راهکارهای طراحی بهینه آن در این درس بررسی خواهد می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- بازی‌ها
  - مقدمات و تعاریف
  - نقطه تعادل نش و مباحث مربوط به محاسبه‌ی آن در حالت‌های مختلف
  - هزینه آشوب
- طراحی مکانیزم
  - مقدمه، قضایای انکارناپذیری، مکانیزم VCG و مثال‌ها
  - مکانیزم‌های صادق و طراحی با پرداخت
  - طراحی مکانیزم‌های بدون پرداخت
  - مزایده‌های ترکیبیاتی
  - شبکه‌های اجتماعی و مسائل مربوط به آن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] N. Nisan, T. Rougharden, E, Tardos, and V. Vaziran, *Algorithmic Came Theory*, Cambridge University Press, 2007.
[2] Y. Shoham, and K L. Brown, *Multiagents Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2008.

عنوان درس به فارسی:	نظریه اطلاعات و کدینگ (CE5652)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Coding and Information Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی در این درس آشنایی دانشجویان با جنبه‌های مخابراتی شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس مبانی نظریه اطلاعات برای اندازه‌گیری اطلاعات و میزان انتقال اطلاعات ارسال شده در یک سیستم مخابراتی و همچنین روش‌های کدینگ منبع و کانال ارائه می‌شود. درس در سه بخش کلی تنظیم شده است. در بخش یکم، ابتدا مفاهیم آنتروپی نسبی و اطلاعات متقابل معرفی می‌شود و با استفاده از آن، نرخ اطلاعات یک منبع و نرخ اطلاعات ارسال شده از طریق یک کانال و ظرفیت کانال تعریف می‌گردد. سپس با مدل‌سازی منابع و کانال‌های بدون حافظه و با حافظه با استفاده از روشهای مبتنی بر احتمال، آنتروپی منابع و ظرفیت کانال محاسبه می‌گردد. در بخش دوم، به کدگذاری منبع و روش‌های مختلف کدگذاری یک منبع اطلاعات با هدف کاهش افزونگی اطلاعات موجود در نمادهای خروجی آن پرداخته می‌شود. مفاهیمی مانند کدهای لحظه‌ای و یکتا و طول متوسط کد نیز به عنوان ملاک مقایسه روش‌ها معرفی شده و به‌صورت نظری کران پایین برای طول متوسط کد به‌دست می‌آید. برخی از روشهای مشهور کدگذاری منبع مانند کد هافمن، شانون-فانو-الیاس نیز معرفی می‌گردد. در بخش سوم، کد کردن کانال با هدف ایجاد امکان تشخیص و تصحیح خطا در کانال مورد بحث قرار می‌گیرند. دو دسته کلی این کدگذارها یعنی نوع بلوکی و پیچشی توضیح داده شده و معمول‌ترین روش‌های کدگشایی برای هر یک معرفی می‌گردد. مروری بر نقش نظریه اطلاعات در برخی از کاربردها مانند داده‌کاوی، تشخیص الگو، و امنیت اطلاعات از دیگر اهداف این درس است. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول نظریه اطلاعات و کدینگ
- شناخت انواع کاربردهای نظریه اطلاعات و کدینگ

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معرفی بلوک دیاگرام سیستم‌های مخابراتی
  - سوالات اساسی در نظریه اطلاعات
- اندازه‌گیری اطلاعات

- آنتروپی، آنتروپی مشترک، آنتروپی مشروط، آنتروپی نسبی، اطلاعات متقابل
- نرخ آنتروپی منابع بدون حافظه
- نرخ آنتروپی منابع با حافظه، زنجیره مارکوف

– خاصیت مجانبی افراز متعادل (Asymptotic Equipartition Property)

– ظرفیت کانال‌های گسسته
- تعاریف کانال گسسته و ظرفیت کانال
- محاسبه ظرفیت کانال‌های گسسته بدون حافظه
- قضایای شانون (حد نهایی نرخ منبع، رابطه ظرفیت کانال و نرخ کدگذاری کانال)

– ظرفیت کانال‌های گوسی
- آنتروپی پیوسته
- ظرفیت کانال گاوسی پیوسته

– کدگذاری منبع و فشرده‌سازی اطلاعات
- تعاریف: طول متوسط کد، کدهای لحظه‌ایی، کدهای یکتا، نامساوی Kraft، کران پایین طول متوسط کدهای بهینه
- کدهای هافمن، کدهای شانون-فانو-الیاس
- اعوجاج نرخ (rate distortion)، فشرده‌سازی با اتلاف، فشرده‌سازی بدون اتلاف

– کدگذاری کانال
- مفهوم کدگذاری کانال
- کدهای خطی بلوکی
- کدهای پیچشی

– کاربردهای نظریه اطلاعات
- کاربرد نظریه اطلاعات در داده‌کاوی
- کاربرد نظریه اطلاعات در بازشناسی الگو
- سایر کاربردهای نظریه اطلاعات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. M. Cover and J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, Wiley, 2006.
[2] R. Ash, *Information Theory,* Wiley, 1965.
[3] C. Shuli, *Error Control Coding*, Prentice-Hall, 2004.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های موازی (CE5308)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Parallel Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

هدف از این درس آشنا نمودن دانشجویان با چگونگی طراحی الگوریتم برای اجرا در کامپیوترهای موازی است. در این درس مباحث مربوط به مدل‌های محاسبات موازی و همچنین طراحی الگوریتم‌های موازی برای کاربردهای متعددی از جمله ادغام و مرتب‌سازی، ضرب ماتریس‌ها، حل مسائل عددی و همچنین مسائل گراف پوشش داده می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های موازی
  - یک مدل ساده برای محاسبات موازی
  - معیارهای پیچیدگی برای الگوریتم‌های موازی
  - قضایای پایه برای محاسبات موازی
  - عملیات ارتباطی پایه برای کامپیوترهای موازی
- مدل‌های محاسبات موازی
  - طبقه‌بندی فلاین برای کامپیوترهای موازی
  - طبقه‌بندی کامپیوترهای موازی SIMD
  - طبقه‌بندی کامپیوترهای موازی MIMD
  - توپولوژی‌های اتصال پردازنده‌ها از جمله Mesh و Shuffle-Exchange و Hypercube و Butterfly
  - پیاده‌سازی عملگرهای ارتباطی پایه در کامپیوترهای موازی
- طراحی الگوریتم‌های موازی ساده
  - جمع
  - ارزیابی چند جمله‌ای‌ها
  - محاسبه ترانهاده یک ماتریس
  - محاسبه توان یک ماتریس

- روشهای تکراری
- الگوریتم‌های موازی برای ادغام و مرتب‌سازی
  - شبکه‌های مرتب کننده
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD
- الگوریتم‌های موازی برای ضرب ماتریس‌ها
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD
- الگوریتم‌های موازی برای مسائل عددی
  - حل معادلات بازگشتی، حل معادلات دیفرانسیل، و حذف گوسی
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD
- الگوریتم‌های موازی برای مسائل گراف
  - جستجوی عمق اول، جستجوی سطح اول، و درخت پوشای کمینه
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
  - طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. J.Quinn, *Designing Efficient Algorithms for Parallel Computers*, McGraw-Hill, 1994.
[2] D. P. Bertsekas, and J. N. Tsitsiklis, *Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods*, Athena Scientific, 1997.
[3] S. G. Akel, *The Design and Analysis of Parallel Algorithms*, PKI, 1989.
[4] S. Ibrahim, *Algorithms and Architecture for Parallel Processing*, Springer, 2017.

نرم‌افزار

عنوان درس به فارسی:	تحلیل شبکه‌های پیچیده (CE5301)		
عنوان درس به انگلیسی:	Complex Networks Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا نمودن دانشجویان با فنون تحلیل و پردازش داده‌های شبکه‌ای پیچیده است. در این درس، شبکه‌های پیچیده و انواع آنها به صورت نظری و تجربی تحلیل می‌گردند. همچنین مسئله‌هایی مانند مدل‌های تصادفی، بیشینه‌سازی تاثیر، بهینه‌سازی انتشار، فرایندهای شکل‌گیری، تحلیل پیوندها، ساختار جوامع و خوشه‌بندی، پیش‌بینی پیوندها، یادگیری بازنمایی، و مرکزیت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی شبکه‌های پیچیده
  - مثال‌ها و کاربردها
- مدل گراف تصادفی
  - تجزیه و تحلیل نظری و تجربی
  - معیارهای شبکه (توزیع درجه، ضریب خوشه بندی، قطر)
- پدیده دنیای کوچک
  - مدل‌ها
  - تجزیه و تحلیل نظری و عملی طول مسیر متوسط و ضریب خوشه‌بندی
- بیشینه کردن تاثیر در شبکه‌های پیچیده
  - رفتار آبشاری اطلاعات در شبکه‌های پیچیده و مدل آبشاری مستقل
  - بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و کاربرد آن در بیشینه سازی انتشار اطلاعات
- بهینه‌سازی انتشار در شبکه‌های پیچیده
  - کشف انتشار
  - الگوریتم‌های مختلف کشف انتشار (الگوریتم مبتنی بر بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و الگوریتم CELF)
- فرایندهای تشکیل شبکه
  - توزیع درجه قانون توان، شبکه‌های فارغ از مقیاس، و پایداری آنها
  - روش‌های شکل‌گیری شبکه‌های پیچیده (اتصال ترجیحی و شبکه‌های کرونِکر

- تجزیه و تحلیل پیوند
  - الگوریتم HITTS
  - الگوریتم PageRank و الگوریتم PageRank شخصی شده
  - قدم‌زدن تصادفی
- ساختار انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
  - روابط (یال‌های) ضعیف و قوی و قدرت روابط ضعیف
  - الگوریتم گیروان‌نیومن برای استخراج انجمن‌ها
  - استفاده از پیمآنهای بودن برای تعیین تعداد انجمن‌ها و استخراج آن‌ها
- الگوریتم‌های طیفی برای خوشه‌بندی شبکه‌های پیچیده
  - برش گراف و ضریب هدایت
  - الگوریتم‌های طیفی و تحلیل نظری دقت آن‌ها
- تجزیه و تحلیل همپوشانی انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
  - همپوشانی انجمن‌ها و مدل‌سازی شبکه‌های پیچیده برای آن‌ها
  - الگوریتم CPM برای پیدا کردن انجمن‌های همپوشان
- پیش‌بینی پیوند در شبکه‌های پیچیده
  - روش‌های مبتنی بر نمایه‌ها
  - روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین
- استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده
  - ساختن کارای گراف k نزدیک‌ترین همسایه و الگوریتم KNN-Descent
  - استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده با استفاده از روابط مستقیم و غیرمستقیم
- یادگیری بازنمایی در شبکه‌های پیچیده
  - روشهای مبتنی بر قدم‌زدن تصادفی
  - الگوریتم node2vec
- مرکزیت‌ها در شبکه‌های پیچیده
  - بینابینی، بردار ویژه، نزدیکی، و Katz

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Kleinberg, *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly* Easley,.D *Connected World*, Cambridge University Press, 2010.
[2] T. C. Silva, L. Zhao, *Machine Learning in Complex Networks*, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های توزیع شده (CE5406)*			
عنوان درس به انگلیسی:	Distributed Systems		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد معماری سیستم‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

سیستم‌های توزیع‌شده از مباحث مهم در مهندسی کامپیوتر است. سیستم‌های توزیع‌شده می‌توانند بعضی از نیازمندی‌های غیرعملکردی از جمله مقیاس‌پذیری، کارایی و قابل‌اتکاء بودن را برآورده نمایند که این بر اهمیت آنها افزوده است. این درس دانشجویان را با مفاهیم، تئوری‌ها، چالش‌ها، راه‌حل‌های کلی و ابزارهای لازم در این حوزه آشنا می‌کند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف سیستم‌های توزیع‌شده، اهداف و مشخصات سیستم‌های توزیع‌شده، انواع سیستم‌های توزیع‌شده
- معماری‌های سیستم‌های توزیع‌شده
  - متمرکز (centralized) و غیر متمرکز (decentralized)
- فرایندها
  - ریسمان، خادم، مخدوم
- شبکه و ارتباطات
  - RPC، ارتباط مبتنی بر پیام
  - الگوی اشتراک نشر (publish-subscribe) و نمونه عملیاتی از یک کتابخانه انتقال پیام (به‌عنوان مثال ZeroMQ)
- نام‌گذاری
  - مسطح و ساخت یافته
- زمان و هماهنگ‌سازی
  - مرتب‌سازی رویدادها
  - ساعت منطقی
  - ساعت برداری

- انحصار متقابل در سیستم‌های توزیع‌شده
- الگوریتم‌های انتخابات
- تاثیرات مکان و سیستم‌های مکانی

– سازگاری و تکثیر (نسخه‌های چندگانه)
- مدل‌های سازگاری
- پروتکل‌های سازگاری

– تحمل خرابی
- انواع شکست
- ارتباط مطمئن خادم و مخدوم و ارتباط مطمئن گروهی
- بازگشت از خرابی

– امنیت
– سیستم‌های فایلی توزیع‌شده
– شبکه‌های توزیع محتوا
– محاسبات داده‌محور و Map-Reduce
– سرویس‌های وب
– معماری سرویس‌گرا (Service Oriented Architecture)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. V. Steen and A. S. Tanenbaum, *Distributed Systems*, 3nd Edition, Maarten van Steen, 2018.
[2] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg and G. Blair, *Distributed Systems: Concepts and Design*, 5th Edition, Pearson, 2012.

عنوان درس به فارسی:	مهندسی نیازمندی‌ها (CE5302)		
عنوان درس به انگلیسی:	Requirements Engineering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

پیاده‌سازی یک سیستم کامپیوتری با شکست مواجه خواهد شد اگر به نیازمندی‌های آن سیستم به درستی پاسخ داده نشود. همراه با گسترش و افزایش پیچیدگی سیستم‌های کامپیوتری، شناسایی دقیق نیازمندی‌های آن‌ها نیز به فرایندی پیچیده تبدیل گردیده است. بنابراین، لازم است تا از روش‌ها و فنون شناسایی، توصیف و مستندسازی، مدل‌سازی، و اعتبارسنجی نیازمندی‌های سیستم‌های کامپیوتری استفاده شود. هدف از این درس، آشناسازی دانشجویان با این روش‌ها و فنون است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مبانی مهندسی نیازمندی‌ها
- درک دامنه مسئله و استخراج نیازمندی‌ها
- ارزیابی نیازمندی‌ها
- توصیف و مستندسازی نیازمندی‌ها
- تضمین کیفی نیازمندی‌ها
- تکامل نیازمندی‌ها و ردیابی
- مقصودگرایی در مهندسی نیازمندی‌ها
- مدل‌سازی اهداف سیستم با استفاده از مدل‌های مقصود
- تحلیل خطر با استفاده از مدل‌های مقصود
- مدل‌سازی نیازمندی‌ها با استفاده از نمودارهای سناریوگرا
- مدل‌سازی نیازمندی‌ها با استفاده از نمودارهای UML
- مدل‌سازی عملیات سیستم
- مدل‌سازی رفتار سیستم
- وارسی و اعتبارسنجی نیازمندی‌ها
- مدیریت نیازمندی‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. van Lamsweerde, *Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to Software Specifications*, Wiley, 2009.
[2] K. Pohl, *Requirements Engineering: Fundamentals, Principles, and Techniques*, Springer, 2010.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل کلان داده‌ها (CE5543)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Big Data Analytics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک است.

هدف کلی:

برای داده‌هایی که با حجم و سرعت بالا تولید می‌شوند، روشهای سنتی تحلیل و دستکاری داده‌ها قابل استفاده نیستند. هدف اصلی این درس معرفی تئوری‌ها و الگوریتم‌های پیشرفته‌ای است که در سال‌های اخیر در زمینه کلان داده‌ها ارائه شده‌اند و تحلیل، دستکاری و استخراج دانش از حجم انبوهی از داده ها را امکانپذیر نموده‌اند. در این راستا، در این درس مسایلی مانند یافتن داده‌های مشابه، کاهش و استخراج ویژگی برای داده‌های بزرگ، جریان داده‌ها، و رگرسیون برای داده‌های بزرگ با استفاده از sketching مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر کلان داده‌ها
  - ویژگی‌های کلان داده‌ها
  - روش‌های ذخیره‌سازی کلان داده‌ها
- سبک برنامه‌نویسی کاهش نگاشت
  - فایل سیستم توزیع شده
  - الگوریتم‌های نگاشت کاهش
- اجمال‌سازی (sketching)
  - اجمال‌سازی برای رگرسیون حداقل مربعات
  - تعبیه زیر فضا (مبدل subsampled randomized Hadamard، تعبیهCountSketch، تعبیه Affine)
- مقدمه‌ای بر تئوری اطلاعات
- یافتن داده‌های (اقلام) مشابه در ابعاد بالا
  - معرفی معیارهای فاصله
  - پیدا کردن داده‌های مشابه با ابعاد بالا
  - تحلیل درهم‌سازی حساس به موضوع (LSH)
- الگوریتم‌های پردازش جریان داده‌ها
  - نمونه‌برداری از یک جریان داده‌ها با نسبت ثابت

- نمونه‌برداری از یک جریان داده‌ها با اندازه ثابت
- شمارش تعداد بیتهای ۱ در یک جریان داده‌ها
- فیلتر کردن یک جریان داده‌ها
- شمارش تعداد عناصر متمایز یک جریان داده‌ها
- تخمین انحراف از معیار عناصر اخیر جریان داده‌ها

– الگوریتم‌های کاهش بعد و تجزیه ماتریسی برای کلان داده‌ها
- معضل ابعاد بالا
- تجزیه مقدارهای منفرد - SVD
- تجزیه CUR برای کلان داده‌ها

– خوشه‌بندی داده‌های حجیم
- معضل ابعاد بالا در خوشه‌بندی
- خوشه‌بندی سلسله مراتبی برای داده‌های حجیم
- الگوریتم BFR برای خوشه‌بندی داده‌های حجیم
- الگوریتم CURE برای خوشه‌بندی داده‌های حجیم

– الگوریتمهای پیدا کردن اقلام (داده‌های) پرتکرار و استخراج الگوها

– دسته‌بندی داده‌های حجیم و برون خط و جریانی
- درخت هافدینگ
- تغییر مفهوم (concept drift) و روش‌های تشخیص آن
- دسته‌بندی داده‌های جریانی در حضور تغییر مفهوم

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Leskovec, A. Rajaraman, J. D. Ullman, *Mining of Massive Datasets*, 2nd Ed., Cambridge University Press, 2014.

[2] D. P. Woodruff, *Sketching as a Tool for Numerical Linear Algebra,* Foundations and Trends in Theoretical Computer Science 10, no. 1–2 (2014): 1-157

[3] K. L. Clarkson, D. P. Woodruff, *Low-rank approximation and regression in input sparsity time,* Journal of the ACM (JACM) 63, no. 6 (2017): 54.

عنوان درس به فارسی:	مهندسی نرم‌افزار پیشرفته (CE5303)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Software Engineering	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس پرداختن به مباحث پیشرفته در ارتباط با مهندسی نرم‌افزار است. در این درس روش‌های جدید در مورد هر یک از مراحل چرخه حیات نرم‌افزار مورد بحث قرار می‌گیرند که از آن جمله می‌توان به استفاده از روشهای صوری (جبری) در ثبت نیازها، روش خط محصول در تجزیه و تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی، مهندسی امنیت، روش جنبه گرا، تولید مبتنی بر آزمون، و روش سرویس‌گرا اشاره کرد. ابزارهای لازم برای به‌کارگیری این روش‌ها به اختصار و در حد امکان معرفی می‌گردند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- یادآوری: مروری بر متدولوژی‌های چرخه حیات، مدیریت پروژه، برآورد، مدیریت ریسک، اندازه‌گیری و آزمون
- روشهای صوری ثبت نیازها
- متدولوژی خط محصول
- روش جنبه گرا
- تولید مبتنی بر آزمون
- روش سرویس گرا

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. S. Pressman, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, McGraw-Hill, 2010.
[2] I. Sommerville, *Software Engineering,* Addison Wesley, 2004.
[3] D. M. Weiss, C. T. R. Lai. *Software Product-Line Engineering: A Family-Based Software Development Process,* Addison-Wesley, 1999.
[4] K. Pohl, G. Böckle, FJ. van Der Linden, *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques*, Springer, 2005.

عنوان درس به فارسی:	پایگاه‌داده پیشرفته (CE5304)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Database	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با مفاهیم پیشرفته در طراحی سیستم‌های مدیریت پایگاه‌داده مانند مدیریت تراکنش‌ها، کنترل همروندی، پایگاه‌داده‌های توزیع شده و پایگاه‌داده‌های موازی است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مدیریت تراکنش‌ها
  - مفهوم تراکنش
  - خاصیت اسید
  - سریال‌پذیری
  - ترمیم‌پذیری
- کنترل همروندی
  - پروتکل قفل‌گذاری مبتنی بر گراف
  - برچسب زمانی
  - قانون توماس
  - چند نسخه‌ای
  - کنترل بن‌بست
  - رخداد روح
  - درجات ضعیف سازگاری
  - همروندی نمایه‌ها
- ترمیم
  - انواع خطا و انباره داده
  - ترمیم مبتنی بر ثبت وقایع
  - صفحه سایه
  - ترمیم با تراکنش‌های همروند

- مدیریت بافر
- خرابی دیسک
- فنون پیشرفته ترمیم
- نقطه چک فازی
- پیشتیبان راه دور

- معماری سیستم‌ها
  - متمرکز
  - کاربر-کارگزار
  - معماری موازی
  - سیستم توزیع شده
- پایگاه‌داده توزیع شده
  - تکرار داده و تقسیم داده
  - شفافیت
  - تراکنش توزیع شده
  - پروتکل‌های نهایی شدن تراکنش
  - پیام مانا
  - کنترل همروندی
  - کنترل بن بست
  - در دسترس بودن
  - درخواست توزیع شده
- پایگاه‌داده موازی
  - تکنیک‌های تقسیم
  - کنترل پیچش
  - توازی مرتب‌سازی و اتصال
- پرس و جوهای پیشرفته و بازیابی اطلاعات
  - داده‌کاوی
- انواع داده‌های پیشرفته و کاربردهای جدید
  - پایگاه‌داده زمانی و مکانی
- پردازش تراکنش پیشرفته
  - جریان کار
  - پایگاه حافظه اصلی و بلادرنگ
  - تراکنش‌های طولانی
  - پایگاه داده چندگانه

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Silberschatz, H. F. Korth, S. Sudarshan, *Database System Concepts*, McGraw-Hill, 2011.

عنوان درس به فارسی:	هندسه محاسباتی (CE5305)		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Geometry	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با ساختمان‌داده‌ها و الگوریتم‌های کارا برای حل مسائل هندسی است. موضوعات ارائه شده در این درس در سایر حوزه‌های علوم کامپیوتر از جمله گرافیک کامپیوتری، رباتیک، سیستمهای اطلاعات جغرافیایی، و پایگاه‌داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه، عملیات پایه هندسی
- پوسته محدب نقاط در صفحه
- پوسته محدب در فضای سه بعدی
- دوگان هندسی و کاربردهای آن
- تقاطع و چینش خطوط
- نمودار ورونوی
- مثلث‌بندی دلانی
- برنامه ریزی خطی و کاربردهای آن
- مکان‌یابی نقاط
- مثلث‌بندی چند ضلعی
- جستجوی بازه‌ای
- ساختمان‌داده‌های هندسی
- برنامه‌ریزی حرکت و مسائل قابلیت دید

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Van Kreveld, O. Schwarzkopf, M. de Berg, M. Overmars, *Computational Geometry Algorithms and Applications*, Springer, 2000.
[2] J. O'Rourke, *Computational Geometry in C*, Cambridge University Press, 1998.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های موازی (CE5306)		
عنوان درس به انگلیسی:	Parallel Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنا نمودن دانشجویان با چگونگی طراحی الگوریتم برای اجرا در کامپیوترهای موازی است. در این درس مباحث مربوط به مدل‌های محاسبات موازی و همچنین طراحی الگوریتم‌های موازی برای کاربردهای متعددی از جمله ادغام و مرتب‌سازی، ضرب ماتریس‌ها، حل مسائل عددی و همچنین مسائل گراف پوشش داده می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های موازی
  - یک مدل ساده برای محاسبات موازی
  - معیارهای پیچیدگی برای الگوریتم‌های موازی
  - قضایای پایه برای محاسبات موازی
  - عملیات ارتباطی پایه برای کامپیوترهای موازی
- مدل‌های محاسبات موازی
  - طبقه‌بندی فلاین برای کامپیوترهای موازی
  - طبقه‌بندی کامپیوترهای موازی SIMD
  - طبقه‌بندی کامپیوترهای موازی MIMD
  - توپولوژی‌های اتصال پردازنده‌ها از جمله Mesh و Shuffle-Exchange و Hypercube و Butterfly
  - پیاده‌سازی عملگرهای ارتباطی پایه در کامپیوترهای موازی
- طراحی الگوریتم‌های موازی ساده
  - جمع
  - ارزیابی چند جمله‌ای‌ها
  - محاسبه ترانهاده یک ماتریس
  - محاسبه توان یک ماتریس
  - روشهای تکراری
- الگوریتم‌های موازی برای ادغام و مرتب‌سازی

- شبکه‌های مرتب کننده
- طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
- طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD

– الگوریتم‌های موازی برای ضرب ماتریس‌ها
- طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
- طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD

– الگوریتم‌های موازی برای مسائل عددی
- حل معادلات بازگشتی، حل معادلات دیفرانسیل، و حذف گوسی
- طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
- طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD

– الگوریتم‌های موازی برای مسائل گراف
- جستجوی عمق اول، جستجوی سطح اول، و درخت پوشای کمینه
- طراحی برای کامپیوترهای موازی SIMD با توپولوژی‌های مختلف
- طراحی برای کامپیوترهای موازی MIMD

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. J.Quinn, *Designing Efficient Algorithms for Parallel Computers*, McGraw-Hill, 1994.
[2] D. P. Bertsekas, and J. N. Tsitsiklis, *Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods*, Athena Scientific, 1997.
[3] S. G. Akel, *The Design and Analysis of Parallel Algorithms*, PKI, 1989.
[4] S. Ibrahim, *Algorithms and Architecture for Parallel Processing*, Springer, 2017.

عنوان درس به فارسی:	رایانش ابری (CE5441)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Cloud Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد معماری سیستم‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

هدف این درس ایجاد درک عمیق مفاهیم و بخش‌های تشکیل‌دهنده یک سیستم رایانش ابری است. در این درس زیرساخت‌های سیستم‌های ابری و به‌کارگیری آنها مورد توجه قرار می‌گیرد و به معرفی پیشرفت‌های اخیر در سخت‌افزار و نرم‌افزار، معماری سیستم، ابزارها و مکانیزم‌ها و مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در سیستم‌های ابری پرداخته می‌شود. همچنین چگونگی ساخت کلاسترهای کارا، شبکه‌های مقیاس‌پذیر و مراکز داده خودکار در محیط ابری بررسی می‌شوند.

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند بینش مناسبی در موارد زیر خواهند داشت:

- کسب دیدگاه مهندسی در شناخت ویژگی‌های سیستم رایانش ابری برای کاربردهای مختلف
- چگونگی انتقال چند پردازنده‌ای‌ها و کامپیوترهای خوشه‌ای برای استفاده‌های فراگیر به ابرها
- سطوح مختلف سرویس‌های ابر و موازنه مزیت‌های آنها
- مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در رایانش ابری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
- مقدمه‌ای بر رایانش ابری
- رایانش مقیاس‌پذیر در سطح اینترنت
- مدل‌های خدمت در رایانش ابری (SaaS, PaaS, and IaaS)
- ماشین مجازی و مجازی‌سازی در ابر
- مدل‌های سیستمی برای رایانش توزیعی و ابری
- محیط‌های نرم‌افزاری برای سیستم‌های توزیعی و ابری
- مکانیزم‌ها در سیستم‌های ابری
- کارایی، امنیت و بهره‌وری انرژی

- طراحی معماری ابرهای رایانش و ذخیره‌سازی
- زمانبندی در مقیاس بالا (job scheduling at scale)
- مدیریت منابع مراکز داده در مقیاس بالا و شرح نمونه‌های عملیاتی آن (مانند Borg and Kubernetes)
- ابر تجاری و مدل اقتصادی فروش خدمات
- مقدمه‌ای بر مباحث محاسبات در لبه (edge computing) و محاسبات بدون خدمتگزار (server-less computing)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Buyya et. al., *Mastering Cloud Computing, Foundations and Applications Programming*, Elsevier Science, 2013.
[2] D.C. Marinescu, *Cloud Computing, Theory and Practice*, Morgan Kaufmann, 2013.
[3] K. Chandrasekaran, *Essentials of Cloud Computing*, CRC Press, 2014.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های عامل پیشرفته (CE5321)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Operating Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

در این درس مطالب پیشرفته در زمینه سیستم عامل و پژوهش‌های مرتبط بحث می‌شوند. مطالب این درس شامل سیستم‌های توزیع شده، شبکه سازی، قابلیت اتکا، امنیت، حفاظت و سیستم‌های نهفته خواهد شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- چالش‌های سیستم‌های عامل
  - اتکاپذیری
  - امنیت
  - پیکربندی
  - توسعه‌پذیری
  - سیستم‌های چندپردازنده‌ای
- معماری سیستم‌عامل برای معماری‌های نوین
  - سیستم‌های چندهسته‌ای
  - سیستم‌های توزیع شده
- معماری سیستم‌عامل برای تامین اتکاپذیری و امنیت
- مجازی‌سازی
  - جداسازی و انزوای منابع
  - مسائل امنیتی
  - مجازی‌سازی تودرتو
- بهبود کارایی سیستم‌عامل
  - ریزهسته‌ها
  - چند هسته‌ای
- معماری سیستم‌عامل برای دسترسی موازی به داده
- مدیریت پردازنده گرافیکی در سطح سیستم‌عامل

- به اشتراک‌گذاری منابع در ابر و مراکز داده
- سیستم‌عامل‌های شبکه‌ای
- سیستم‌های فایل بسیار بزرگ
- مدیریت انرژی در سطح سیستم‌عامل

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Silberschatz, P.B Galvin, and G. Gange, *Operating System Concepts*, John Wiley & Sons, 2013.
[2] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	کامپایلر پیشرفته (CE5322)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Compiler	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس، پرداختن به موضوعات پیشرفته در طراحی و ساخت کامپایلر است. در این درس، دانشجویان با روش‌های مختلف تجزیه کد، تولید کدهای میانی، تحلیل معنایی، و همچنین انواع روش‌های بهینه‌سازی آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- روشهای تجزیه LR، SLR، LALR
- تولید کد و کد میانی
- ترجمه بر اساس نحو گرامرهای صفت‌دار
- تحلیل معنا
- بهینه‌سازی وابسته به ماشین و غیر وابسته به ماشین
- کامپایلر کامپایلرها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. P. Trembley, P.G. Sorenson, *The Theory and Practice of Compiler Writing*, McGraw Hill, 1985.
[2] P. Rechenberg, H. Mossenbock, *A Compiler Generator for Microcomputers*, Prentice Hall, 1989.
[3] A. V. Aho, M. S. Lam, R. Sethi, J. D. Ullman, *Compilers: Principles, Techniques, and Tools*, Pearson Education, 2006.

عنوان درس به فارسی:	وارسی مدل (CE5323)		
عنوان درس به انگلیسی:	Model Checking	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

وارسی مدل یک از برجسته‌ترین فنون درستی‌سنجی صوری برای ارزیابی ویژگی‌های سیستم‌های اطلاعاتی است. این درس دانشجویان را با اصول وارسی مدل آشنا می‌سازد. دانشجویان با روش‌های مدل‌سازی سیستم‌ها و توصیف ویژگی‌های مورد انتظار از این سیستم‌ها آشنا شده و می‌آموزند چگونه می‌توان به صورت نظام‌مند بررسی نمود که آیا یک سیستم ویژگی‌های داده شده را برآورده می‌نماید. از آنجایی که وارسی مدل یک فن خودکار برای بررسی عدم وجود خطاها است، دانشجویان با الگوریتم‌های وارسی مدل و پیاده‌سازی آنها نیز آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مفهوم و ضرورت درستی‌سنجی صوری
  - مشخصه‌های وارسی مدل
  - نقاط قوت و ضعف وارسی مدل
- مدل‌سازی سیستم‌ها
  - سیستم‌های گذار
  - اجراها
  - همروندی
  - ارتباط از طریق حافظه مشترک
  - سیستم‌های کانال
  - موازی‌سازی هَمگام
  - مسئلهٔ انفجار فضای حالت
- ویژگی‌های زمان‌خطی
  - مسیرها و گراف‌های حالت
  - اثر و ویژگی‌های زمان‌خطی
  - ویژگی‌های ایمنی و مانایی

- ویژگی‌های منظم
  - اتوماتا بر روی کلمه‌های متناهی
  - وارسی مدل ویژگی‌های ایمنی منظم
  - اتوماتا بر روی کلمه‌های نامتناهی
  - زبان‌ها و ویژگی‌های ω-منظم
  - اتوماتای بوخی
  - وارسی مدل ویژگی‌های ω -منظم
  - ویژگی‌های تداومی
- منطق زمانی خطی
  - نحو
  - معناشناسی
  - توصیف ویژگی‌ها
  - وارسی اتوماتا-مبنای منطق زمان خطی (LTL)
- منطق درخت محاسبه
  - نحو
  - معناشناسی
  - مقایسه قابلیت بیان منطق درخت محاسبه (CTL) با منطق زمانی خطی
  - وارسی مدل CTL
  - پیچیدگی وارسی، فضایی، وارسی مدل CTL به صورت نمادین
  - CTL*
- موضوعات تکمیلی
  - تجرید و معادل‌بودن
  - کاهش ترتیب جزئی
  - اتوماتاهای زمان‌دار
  - وارسی مدل سیستم‌های احتمالاتی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] C. Baier and J. Katoen, *Principles of Model Checking*, MIT Press, 2008.
[2] E. M. Clarke, T. A. Henzinger, H. Veith, R. Bloem, *Handbook of Model Checking*, Springer, 2001.

عنوان درس به فارسی:	جستجو و بازیابی اطلاعات در وب (CE5528)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Web Search and Information Retrieval		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک است.

هدف کلی:

هدف این درس گسترش اطلاعات دانشجویان در زمینه بازیابی اطلاعات است. به همین منظور، مباحث درس در سه بخش ارائه خواهد شد. در ابتدا، مفاهیم پایه بازیابی اطلاعات معرفی شده، و آنگاه، موتورهای جستجو به اجمال بررسی می‌شود. در بخش دوم، مدل‌های پیشرفته بازیابی اطلاعات، از جمله مدل‌های مبتنی بر مدل زبانی و یادگیری ماشین، معرفی می‌شوند. سپس، یکی از مهم‌ترین مشکلات بازیابی اطلاعات تحت عنوان عدم تطابق واژگان بررسی و روش‌های جدید مبتنی بر مدل زبانی و شبکه‌های عصبی برای حل این مشکل معرفی می‌گردند. در بخش سوم، کاربردهای ویژه و پیشرفته بازیابی اطلاعات و موتورهای جستجو، از جمله سیستم‌های توصیه‌گر، پیشنهاد پرسمان جستجو، شخصی‌سازی جستجو، استخراج اطلاعات، سیستم‌های پرسش و پاسخ، کتابخانه‌های دیجیتال، و بازیابی اطلاعات چند رسانه‌ای، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر بازیابی اطلاعات
- ساختار موتورهای جستجو
- چالش‌های طراحی موتورهای جستجو
- تحلیل داده‌های پرسمان جستجو
- پیشنهاد پرسمان جستجو
- مروری بر روش‌های پایه بازیابی اطلاعات
  - مدل‌های بولی
  - مدل‌های فضای برداری
  - مدل‌های احتمالاتی
- روش‌های ارزیابی در بازیابی اطلاعات
  - ارزیابی بدون ترتیب
  - ارزیابی ترتیبی

- بازیابی اطلاعات مبتنی بر مدل زبانی
- مدل یادگیری برای رده بندی
- بازیابی اطلاعات مبتنی بر شبکه عصبی
- روش‌های حل مشکل عدم تطابق واژگانی
  - روش‌های مبتنی بر گسترش پرسمان جستجو
  - روش‌های مبتنی بر تعامل با کاربر
  - روش‌های مبتنی بر مدل زبانی (مدل ترجمه، مدل تشخیص موضوع، مدل خوشه بندی، مدل هستان شناسی، مدل وابستگی)
- سیستم‌های توصیه‌گر
- مروری بر سیستم‌های کاربردی مبتنی بر بازیابی اطلاعات
  - جستجوی سازمانی
  - خبره‌یابی
  - شخصی‌سازی جستجو
  - بازیابی اطلاعات بین زبانی
  - سیستم‌های پرسش و پاسخ
  - استخراج اطلاعات
  - کتابخانه‌های دیجیتال
  - بازیابی متون ساختار یافته
  - بازیابی اطلاعات چند رسانه‌ای

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. B. Croft, D. Metzler, and T. Strohman, *Search Engines: Information Retrieval in Practice*, Pearson, 2010.
[2] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto, *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search*, ACM Press, 2010.
[3] C. Manning, P. Raghavan, and H. *Schutz, Introduction to Information Retrieval*, Cambridge Universtiy Press, 2008.
[4] C. Zhai, *Statistical Language Models for Information Retrieval*, Morgan & Claypool Publishers, 2008.
[5] C. Zhai and S. Massung, *Text Data Management: A Practical Introduction to Information Retrieval and Text Mining*, ACM and Morgan & Claypool Publishers, 2016.
[6] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری (CE5622)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Performance Evaluation of Computer Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری، علاوه بر نیازمندی‌های کارکردی، نیازمندی‌های کارایی و تأمین کیفیت سرویس نیز باید در نظر گرفته شود. تضمین زمان پاسخ، توان عملیاتی، گذردهی، و دیگر پارامترهای کیفیت سرویس‌دهی درگیر مصالحه بین کیفیت و هزینه است و با انجام انتخاب‌های مناسب امکان‌پذیر است؛ انتخاب حافظه زیاد یا پردازنده سریع، استفاده از یک دستگاه ذخیره‌ساز سریع یا چند دستگاه ذخیره‌ساز کندتر و انتخاب‌های متعدد دیگر در استفاده از الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها در بخش‌های مختلف یک سیستم و یا یک شبکه کامپیوتری وجود دارد. بهترین انتخاب‌ها اغلب با یک نگاه و بررسی سطحی قابل شناسایی نیستند. بنابر این، لازم است با به‌کارگیری روش‌های تحلیلی به ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پرداخته و از آن در بررسی نیازمندی‌های کارایی استفاده شود. به این ترتیب، می‌توان به سوالات مطرح شده در زمان طراحی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پاسخ داد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- شناخت فرآیندهای تصادفی مارکف و سیستم‌های صف
- مدل‌سازی سیستم‌های کامپیوتری در قالب فرآیندهای مارکف و سیستم‌های صف
- حل مدل‌های تحلیلی به منظور ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری
- آشنایی با ابزارهای شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مبانی مدل‌سازی و ارزیابی
  - تعریف معیارهای ارزیابی
- مفاهیم پایه آمار و احتمال
  - متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته
  - متغیرهای تصادفی دنباله بلند
  - فرآیند پوآسون
  - تبدیل لاپلاس و تبدیل Z

- تابع مولد احتمال
- روش‌های تخمین پارامتر

– زنجیره مارکف
- زنجیره مارکف زمان گسسته
- زنجیره مارکف زمان پیوسته
- تحلیل حالت پایدار و گذرای زنجیره‌های مارکف

– تحلیل سیستم‌های صف
- تعریف معیارهای ارزیابی
- صف‌های M/M/1، M/M/K، M/M/K/C، M/G/1
- صف‌های با اولویت

– تحلیل شبکه‌های صف
- شبکه‌های صف باز و بسته
- موازنه محلی
- فرم حاصل ضرب
- شبکه‌های صف جکسون
- شبکه‌های صف گوردن-نیوول

– اصول و روش‌های شبیه‌سازی
- راستی‌آزمایی
- اعتبارسنجی
- تحلیل خروجی

– آشنایی با ابزارهای اندازه‌گیری، شبیه‌سازی، و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Harchol-Balter, *Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action*, Cambridge University Press, 2013.
[2] G. Bolch, et al., *Queueing Networks and Markov Chains Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, 2006.
[3] R. Jain, *The Art of Computer Systems Performance Analysis*, John Wiley & Sons, 1991.

عنوان درس به فارسی:	معماری سیستم‌های مقیاس بزرگ (CE5324)		
عنوان درس به انگلیسی:	Large Scale Systems Architecture	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس ابتدا به معرفی و مرور مهندسی نرم‌افزار سیستم‌های بزرگ و جایگاه معماری در آن پرداخته می‌شود. سپس، با بررسی چرخه حیات این دسته از نرم‌افزارها، از مرحله جمع‌آوری نیازمندی تا مرحله استقرار بررسی خواهد شد. در طی این درس دانشجو با مشخصات سیستم‌های با مقیاس بزرگ از نظر نیازمندی‌های کیفی و عملیاتی آشنا شده و نحوه پردازش و حصول این نیازمندی‌ها در لایه‌های مهندسی نرم‌افزار را فرا می‌گیرد. همچنین، به طور خلاصه مراحل مدل‌سازی، اعتبارسنجی و صحت‌سنجی مورد تاکید قرار گرفته و روش‌های ارزیابی آن ارائه خواهد شد. در ادامه به مفاهیم کلان داده، رایانش ابری، و معماری سرویس‌گرا به عنوان مثال‌هایی در جهت توسعه سیستم‌های بزرگ پرداخته می‌شود. در مباحث این درس، لایه‌های مهندسی نرم‌افزار و موضوعات مطرح در متدلوژی‌های مرتبط مورد بررسی قرار خواهند گرفت. دانشجویان پس از گذراندن این درس دانش مناسبی در موارد زیر خواهد داشت:

- طراحی و پیاده‌سازی اصولی و صحیح سیستم‌های مقیاس بزرگ و اندازه‌گیری کیفیت آن‌ها
- آشنایی با ابزارهای موجود در زمینه تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی سیستم‌های مقیاس بزرگ

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر مفاهیم مقدماتی
  - مهندسی نرم‌افزار
  - معماری نرم‌افزار(تعاریف، مفاهیم)
  - جایگاه معماری در چرخه تولید نرم‌افزار
  - ارتباط معماری نرم‌افزار با مهندسی نیازمندی‌ها
- تعریف و ویژگی‌های سیستم مقیاس بزرگ
  - روش اندازه‌گیری بر اساس UCP
- کلان داده‌ها در سیستم‌های مقیاس بزرگ
  - نحوه ذخیره‌سازی و بازیابی داده‌ها در سیستم فایل گوگل
- نیازمندی‌های کلیدی در سطح معماری

- چارچوب نیازمندی‌ها
- FURPS+
- روش استخراج نیازمندی‌های معماری

- دیدگاه‌های معماری
- رویکردهای معماری
- مدل‌سازی و توصیف معماری
- تعریف سبک معماری، چارچوب، و الگو
- سبک‌های معماری
- معماری سرویس‌گرا برای سیستم‌های مقیاس بزرگ
- الگوهای معماری
- پیاده‌سازی الگوها
- رایانش ابری بستری برای پیاده‌سازی سیستم‌های با مقیاس بزرگ
- راهکاری‌های پردازش موازی نگاشت‌کاهش و اسپارک
- مفاهیم مرتبط با ارزیابی معماری، ارزیابی معماری با روش SAAM
- ارزیابی معماری ATAM
- آشنایی با مدیریت پیکربندی نرم‌افزار

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Garland, R. Anthony, *Large-Scale Software Architecture: A Practical Guide Using UML*, John Wiley & Sons, 2003.
[2] L. Bass, P. Clements, R. Kazman, *Software Architecture in Practice*, Addison-Wesley Professional, 2003.

عنوان درس به فارسی:	زبان‌های برنامه‌نویسی پیشرفته (CE5325)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Programming Languages	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با ایده‌های بنیادینی آشنا می‌سازد که در طراحی و تحلیل زبان‌های برنامه‌نویسی به‌کار می‌روند. دانشجویان با روش‌های معناشناسی زبان‌های برنامه‌نویسی آشنا شده و مبانی زبان‌های برنامه‌نویسی را در قالب نظریه نوع بررسی می‌کنند. شناخت ویژگی‌های مطلوب یک زبان برنامه‌نویسی و نیز روش توصیف و اثبات آنها از دیگر اهداف این درس است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - نظریه زبان‌های برنامه‌نویسی و کاربرد آن
  - زبان‌های اَمری و تابعی
- تعریف‌های استقرایی
  - حکم
  - قاعده‌های استنتاج
  - تعریف استقرایی
  - استقرای ساختاری
  - استقرای قاعده و اثبات
  - حکم‌های قطعی، برانگاشتی، و عمومی
- نحو و تحلیل ایستا
  - درخت‌های نحو عینی، مجرد، و انقیادی
  - قیود حساس به زمینه
  - سیستم‌های نوع
  - ویژگی‌های ساختاری
- معناشناسی و ایمنی نوع
  - معناشناسی ساختاری، زمینه‌ای، و تعیینی
  - ایمنی نوع

- معناشناسی‌های دیگر
  - معناشناسی دلالتی
  - معناشناسی اصل موضوعی
  - نظریه دامنه
  - نظریه رده
- توابع
  - حساب لَمدای بی‌نوع و تعریف توابع بازگشتی در آن
  - توابع مرتبه اول
  - توابع مراتب بالاتر
  - معناشناسی تعیینی
  - سیستم T گودِل
  - تعریف پذیری
  - PCF پِلاتکین
- گسترش‌های ساده حساب لمدای نوع‌دار
  - انواع پایه
  - نوع واحد
  - نوع ضربی
  - چندتایی‌ها
  - نوع جمعی
  - گونه‌ها
  - بازگشت عمومی
- اثرات جانبی
  - ارجاعات
  - استثناها
  - ایمنی
  - اثرات جانبی و زبان‌های تابعی خالص
  - موناد و معناشناسی آن با استفاده از نظریه رده
- چندریختی
  - زیرنوع‌دهی
  - اشیای اَمری
  - جاوای پَروزن
  - بازسازی نوع
  - نوع‌دهی قیدمبنا

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- چندریختی پارامتری
- سیستم F
- چندریختی موردی
- مطالعه موردی چندریختی در زبان هَسکِل
- انواع وجودی
- کمی‌سازی کران‌دار

- سیستم‌های مراتب بالاتر
  - عملگرهای نوع و گونه‌دهی
  - چندریختی مراتب بالاتر
  - مکعب لمدا
- موضوعات تکمیلی
  - انواع وابسته
  - چارچوب‌های منطقی و کمک‌اثباتگرها
  - انواع پالایشی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Harper, *Practical Foundations for Programming Languages*, Cambridge University Press, 2012.
[2] B. Pierce, *Types and Programming Languages*, MIT Press, 2002.
[3] J. C. Mitchell, *Foundations for Programming Languages*, MIT Press, 1996.
[4] G. Winskel, *The Formal Semantics of Programming Languages*, MIT Press, 2001.
[5] B. Pierce, *Advanced Topics in Types and Programming Languages*, MIT Press, 2005.
[6] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	هندسه محاسباتی پیشرفته (CE5326)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computational Geometry	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس دربرگیرنده‌ی موضوعاتی در هندسه محاسباتی است که به زمینه‌های پژوهش روز نزدیک‌ترند و به طور معمول در دروس مقدماتی هندسه‌ی محاسباتی مورد بررسی قرار نمی‌گیرند. مطالب این درس حول سه موضوع کلی متمرکز خواهد بود: الگوریتم‌های تقریبی هندسی، ساختمان‌داده‌های هندسی و هندسه ترکیبیاتی

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تقریب هندسی
  - گرد کردن نقاط و جهت‌ها
  - مجموعه‌های هسته‌ی هندسی
  - نمودار وروتوی گسسته
- هندسه در ابعاد بالا،
  - مسائل بهینه‌سازی در بعدهای بالا
  - پردازش اشکال هندسی
  - مشکل ابعاد زیاد
  - تکنیک‌های کاهش بعد
- جریان داده‌ها، مجموعه‌های هسته تجزیه‌پذیر، تکنیک ادغام، کاهش
- مسائل مجاورت
  - جست‌وجوی نزدیک‌ترین همسایه
  - درخت‌های چهارتایی
  - درخت‌های چهارتایی فشرده
- مجموعه‌های‌مستقل هندسی، مسئله‌ی دایره‌ها و مربع‌های واحد، الگوریتم‌های جست‌وجوی محلی، تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی
  - بعد VC

- وجود نت‌های کوچک
- کاربردها
- نقطه‌ی میانی

- پوشاننده‌های هندسی
  - گراف‌های یائو
  - پوشاننده‌های مبتنی بر لیست پرشی
  - پوشاننده‌های چاهکی
  - تجزیه به زوج‌های با فاصله
  - درخت‌های پوشای کمیته‌ی اقلیدسی
- ساختمان‌داده‌های پویا
  - پوسته‌ی محدب پویا در دو بعد
  - تکنیک‌های کلی پویاسازی
- ساختمان‌داده‌های جنبشی
  - درخت نوریمنت جنبشی
  - پوشش محدب نقاط متحرک
  - نزدیکترین زوج نقاط متحرک
- مدل Word-RAM، جست و جوی عنصر بعدی، درخت‌های جوش، الگوریتم‌های دو بخشی
- هندسه ترکیبیاتی
  - مسئله‌ی هایکرافت
  - لم تقاطع
  - مسئله فاصله‌ی اردوش
  - مسئلهK مجموعه
  - پوشش‌های پایینی
  - دنباله‌ی Davenport-Schinzel

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Har-Plod, *Geometric Approximation Algorithms*, American Mathematical Society, 2011.
[2 J. Matousek, *Lectures on Discrete Geometry*, Springer-Verlag, 2002.
[3] G. Narasimha, M. Smid, *Geometric Spanner Networks*. Cambridge University Press, 2007.
[4] J. Goodman, J. O'Rourkc, *Handbook of Discrete and Computational Geometry*, CRC Press, 2004

عنوان درس به فارسی:	ساختمان‌داده‌های پیشرفته (CE5327)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Data Structures		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف از این درس آشنا نمودن دانشجویان با تکنیک‌های پیشرفته طراحی و تحلیل ساختمان‌داده‌ها است. در این درس، ساختمان-داده‌ها کارا و متنوعی بررسی خواهند شد که بیشتر بر اساس کاربردی بودن، زیبایی، و سادگی انتخاب شده‌اند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- درخت‌های جست‌وجوی تصادفی
  - Treaps
  - Heaters
- پایابی
  - درخت‌های جست‌وجوی پایا
  - روش رونوشت مسیر
  - گراف‌های پایا
- آبشار کسری
  - جست‌وجوهای مکرر
  - لیست‌های پرشی
  - درخت‌های پاره‌خطی
- آنتروپی و مجموعه‌های کاری
  - جست‌وجوهای ایستا و پویا
  - درخت‌های جست‌وجوی نزدیک به بهینه
  - کاربرد در فشرده‌سازی داده‌ها
- درخت‌های نامتوازن
  - درخت‌های چپگرا
  - هرم‌های ادغام‌پذیر تصادفی
  - هرم‌های اریب
- ساختمان‌داده‌های سرشکنی

- هرم دوجمله ای
- هرم فیبوناچی
- ساختمان‌داده‌های مجموعه‌های مجزا

– ساختمان‌داده‌های خودتنظیم‌گر
- الگوریتم‌های سازمان‌دهی مجدد لیست‌ها
- درخت‌های اسپیلی
- بهینگی پویا
- کوئیپ‌ها
- درخت‌های تانگو

– جست‌وجو در فضای اعداد صحیح
- درخت‌های van Emde Boas
- درخت‌های X/Y- سریع ویلیارد

– ساختمان‌داده‌های مخصوص رشته‌ها
- ریسمان‌ها
- ترای‌ها
- درخت‌های پاتریشیا
- درخت‌های پسوندی
- آرایه‌های پسوندی
- ترای‌های سه‌تایی

– ساختمان‌داده‌های مخصوص درخت‌ها
- پرس‌وجوی کوچکترین نیای مشترک
- پرس‌وجوی کوچکترین عضو یک بازه
- پرس‌وجوی نیای سطحی

– جدول‌های درهم‌سازی
- درهم‌سازی جامع
- درهم‌سازی کاملپویا
- درهم‌سازی‌کوکو

– مباحث تکمیلی
- فیلتر بلوم
- کران‌های پایین مبتنی بر وارسی سلول‌ها
- ساختمان‌داده‌های غیرحساس به حافظه پنهان

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. Brass, *Advanced Data Structures*, Cambridge University Press, 2008.
[2] D. P. Mehta, *Handbook of Data Structures and Applications*, Chapman & Hall, 2004.

عنوان درس به فارسی:	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (CE5328)		
عنوان درس به انگلیسی:	Algorithmic Game Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس به بررسی نظریه بازی‌ها و سیستم‌های چندعاملی و معرفی ابزارهای لازم برای تحلیل آنها می‌پردازد. همچنین مبحث طراحی مکانیزم و راهکارهای طراحی بهینه آن در این درس بررسی خواهد می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- بازی‌ها
  - مقدمات و تعاریف
  - نقطه تعادل نش و مباحث مربوط به محاسبه‌ی آن در حالت‌های مختلف
  - هزینه آشوب
- طراحی مکانیزم
  - مقدمه، قضایای انکارناپذیری، مکانیزم VCG و مثال‌ها
  - مکانیزم‌های صادق و طراحی با پرداخت
  - طراحی مکانیزم‌های بدون پرداخت
  - مزایده‌های ترکیبیاتی
  - شبکه‌های اجتماعی و مسائل مربوط به آن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] N. Nisan, T. Rougharden, E, Tardos, and V. Vaziran, *Algorithmic Came Theory*, Cambridge University Press, 2007.
[2] Y. Shoham, and K L. Brown, *Multiagents Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2008.

عنوان درس به فارسی:	نظریه پیچیدگی (CE5329)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Complexity Theory			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس ارائه‌ی مدل‌های پایه برای پیچیدگی محاسبه و همچنین مروری بر به‌کارگیری این نظریه در شاخه‌های جدیدتر نظریه‌ی محاسبات مانند محاسبات موازی، محاسبات تصادفی، محاسبات کوانتومی، و روش‌های رمزنگاری است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه ماشین‌های تورینگ
  - ماشین‌های تورینگ چندنواری و غیرقطعی
  - تز تورینگ چرچ
  - مسائل و زبان‌های بازگشتی و به طور بازگشتی شمارا
  - تعریف مفاهیم زمان اجرا و فضای مصرفی یک الگوریتم
- مروری بر مسائل تصمیم‌ناپذیر
  - مساله توقف و انواع آن
  - قضیه رایس
- مروری بر منطق گزاره‌ها و منطق مرتبه اول
  - مدل‌های حساب
  - قضایای صحت و تمامیت نظام استنتاجی منطق مرتبه اول
  - قضیه تصمیم ناپذیری منطق مرحله اول
  - قضایای ناتمامیت گدل
- تعریف پیچیدگی کلاس‌های زمانی و قضایی در حالت کلی
  - قضایای اساسی ارتباط آنها
  - مروری بر کلاس‌های زمانی P، NP، EXP، NEXP و کلاس‌های مکمل آنها و ارتباط آنها با کلاس‌های زمانی
- تعریف تحویل و مسائل کلاس C-تمام
  - بررسی کلاس‌های مسایل P-تمام و NP-تمام
  - قضیه کوک-لون و مباحث مرتبط با رابطه کلاس‌های P و NP

- مروری بر برخی مسائل معروف NP -تمام
- کلاس co-NP و مسائل توابع
  - کلاس PSPACE-تمام و مسائل مهم در آن
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های تصادفی
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های موازی
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های تقریبی
- رابطه نظریه‌های پیچیدگی و رمزنگاری
- مباحث تکمیلی
  - نظریه پیچیدگی در حضور ماشین‌های تورینگ پیشگو
  - نظریه پیچیدگی محاسبات کوانتومی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] C.H. Papadimiriou, *Computational Complexity*, Addison-Wesley,1994.
[2] S. Arora, and B. Barak, *Computational Complexity: A Modern Approach*, Cambridge University Press, 2009.

عنوان درس به فارسی:	متدولوژی‌های تولید نرم‌افزار (CE5330)		
عنوان درس به انگلیسی:	Software Development Methodologies	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، دانشجویان ضمن آشنایی با متدولوژی‌های مطرح، با روش‌های تحلیل و ارزیابی متدولوژی‌ها، الگوها، پادالگوها، و متامدل‌های فرایند ایجاد نرم‌افزار و روش‌های مهندسی متدولوژی آشنا می‌شوند. این درس از نظر ساختار و محتوا متناظر با درس متدها است که از طرف انستیتوی مهندسی نرم‌افزار پیشنهاد شده است. با توجه به اینکه در حال حاضر متد شی‌گرا در بین متدولوژی‌ها مبنا غالب است، ساختار و محتوای فعلی درس بیشتر بر متدولوژی‌های شی‌گرا تمرکز دارد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معرفی تاریخچه تکاملی متدولوژی‌های شی‌گرا و معیارهای ارزیابی مربوط به آن
- معرفی تحلیلی متدولوژی جوش
  - بررسی نمودهای بارز سنتی شی‌گرا
- معرفی اجمالی متدولوژی‌های شاخص نسل‌های اول و دوم
  - متدولوژیهای Hodge -Mock -BON -OOSE -OMT -Booch -RDD -Coad-Youndon
- معرفی تحلیلی متدولوژی جوش‌های نسل سوم
  - متدولوژی‌های OPM، Carslysis، UML، Comp، RUP/USDP، EUP، FOOM
- معرفی تحلیلی متدولوژی‌های چابک
  - متدولوژی‌های DSDM، Scrum، XP، ASD، AUP، Crystat و FDD
- معماری و ایجاد نرم‌افزار به روش مبتنی بر مدل DSDM و MDD
- الگوها و پادالگوهای فرایند ایجاد نرم‌افزار
- متامدل‌های فرایند ایجاد نرم‌افزار
- روشهای مهندسی متدولوژی- تحلیل و طراحی
- معرفی ابزار مهندسی متدولوژی EPFC

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S.W. Ambler, *Process Patterns: Building Large-Scale Systems Using Object Technology*, Cambridge University Press, 1998
[2] S.W. Ambler, J. Nalbone, M. J. Vizdos, *The Enterprise Unified Process Extending the Rational Unified*, Practice-Hall, 2005.
[3] Cockborn, *Agile Software Development The Cooperative Game*, Addison-WESLEY, 2006.
[4] OMG, *Model Driven Architecture (MDA) Guide*, Object Management Group (OMG), 2003.
[5] OMG, *Software and Systems Process Engineering Metamodel Specification (v20)*, Object Management Group (OMG), 2007.
[6] J. Ralyte, S. Brinkkemper, B. Henderson-Seller, *Situational Method Engineering: Fundaments and Experiences*, Springer, 2007.
[7] R. Ranosion, R.F. Paige, *Process-Centered Review of Object-Oriented Software Development Methodologies*, ACM Computing Surveys 40, 1, 2008.
[8] P. Shoval, *Functional and Object Oriented Analysis and Design: An Integrated Methodology*, Idea Group Publishing, 2007

عنوان درس به فارسی:	توسعه نرم‌افزار از روی مدل (CE5331)		
عنوان درس به انگلیسی:	Model-Driven Software Development	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

مدل‌ها به طور سنتی برای توصیف و ساده‌سازی مفاهیم مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از اهداف مهندسی نرم‌افزار قرار دادن مدل در محوریت تولید نرم‌افزاراست. در این پارادایم، مدل‌ها از آغاز تا به پایان چرخه حیات نرم‌افزار حضور فعال داشته و در نهایت به طور خودکار به یک نرم‌افزار قابل اجرا تبدیل می‌شوند. هدف از این درس آشنایی با مفهوم مدل در نرم‌افزار و مهندسی مدل‌رانه است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر مدل
- مفاهیم متامدل
- زبان‌های مدل‌سازی نرم‌افزار
  - UML
  - BPMN
  - زبان‌های مدل‌سازی خاص‌دامنه
- آشنایی با مدل‌های تولید نرم افزار
  - مدل‌های فرایند نرم‌افزار
  - مدل‌سازی کسب و کار
  - مدل‌های نیازمندی
  - مدل‌های تحلیل
  - مدل‌های طراحی و معماری
  - مدل‌های کیفیت
- آشنایی با استانداردهای مدل
- آشنایی با زبان‌های برنامه‌نویسی مبتنی بر مدل‌های شی‌گرا
- آشنایی با مفاهیم و ابزارهای تولید اتوماتیک کد
- مهندسی نرم‌افزار مدل‌رانه

- تعریف MDSD, MDD, MDA
- مدل مستقل از محاسبات (CIM)
- مدل مستقل از سکو (PIM)
- مدل مخصوص سکو (PSM)
- نگاشت و ترکیب مدل‌ها
- تست و ارزیابی مدل
- آشنایی با ابزارها و چارچوب‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] H. Gomaa, *Software Modeling and Design: UML, Use Cases, Patterns, and Software Architectures,* Cambridge: Cambridge University Press, 2011.
[2] D. Milicev, *Model-Driven Development with Executable UML*, John Wiley & Sons, 2009.
[3] M. Fowler, S. Kendall, *UML distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language,* Addison-Wesley Professional, 2004.
[4] A. Kleppe, J. Warmer, W. Bast, *MDA Explained: The Model Driven Architecture (TM): Practice and Promise,* Addison-Wesley Professional, 2010.
[5] O. Pastor, J. C. Molina, *Model-Driven Architecture in Practice: A Software Production Environment Based on Conceptual Modeling*, Springer Science & Business Media, 2007.
[6] L. Starr, A. Mangogna, S. Mellor, *Models to Code: With No Mysterious Gaps*, Apress, 2017.
[7] J. M. Borky, T. H. Bradley, *Effective Model-Based Systems Engineering*. Springer, 2018.
[8] D. Steinberg, et al., *EMF: eclipse Modeling Framework*, Pearson Education, 2008.
[9] Eclipse Modeling Framework (EMF): https://www.eclipse.org/modeling/emf/, Last Access **25 March 2020**

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های گراف (CE5332)		
عنوان درس به انگلیسی:	Graph Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

درک مفاهیم و یادگیری اصول طراحی الگوریتم‌های گراف از اهداف اصلی این درس است. در این درس، پس از مطالعه مباحث پایه ای فوق، به بررسی مباحث پیشرفته در زمینه‌های مرتبط با الگوریتم‌های گراف پرداخته می‌شود تا دانشجو با آخرین تحولات و مباحث در این زمینه‌های آشنا شود و بستر لازم برای انجام پژوهش در این زمینه‌ها فراهم شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات و تعاریف
  - تعاریف اولیه، انواع گراف‌ها (گراف‌های جهت دار، گراف یالی، گراف بازه‌ای، گراف کمان دایره‌ای و غیره و کاربردهای آنها)
  - دنباله درجات، قضیه هاول-حکیمی و الگوریتم مربوط به آن، نمایش گراف
  - انواع درخت‌ها (درخت باینری، درخت هیپ، درخت بی)
- جریان بیشینه
  - تعاریف اولیه
  - الگوریتم‌های جریان بیشینه
- یکریختی در گراف
  - تعاریف و تاریخچه
  - الگوریتم‌های یکریختی گراف، الگوریتم‌های یکریختی زیرگراف، کاربردها
- همبندی
  - تعاریف (همبندی راسی، همبندی یالی، رأس برشی، برش رأسی و غیره)
  - قضیه همبندی، الگوریتم‌های همبندی، کاربردها
- رنگ‌آمیزی گراف
  - تعاریف اولیه (رنگ‌آمیزی راسی، رنگ آمیزی‌یالی، عدد رنگی و غیره)
  - قضیه‌های رنگ‌آمیزی، الگوریتم‌های رنگ‌آمیزی، مساله m-رنگ آمیزی، کاربردها
- دسته

- تعاریف اولیه (دسته بیشینه، دسته بیشین و غیره)
- الگوریتم‌های دسته، بخش‌بندی دسته‌ای، کاربردها

– مجموعه مستقل

- تعاریف (مجموعه مستقل کمین، مجموعه مستقل کمینه و غیره)
- قضیه‌های مجموعه مستقل، مجموعه مستقل در درخت‌ها
- ارتباط بین مسایل مجموعه مستقل و دسته، الگوریتم‌های مجموعه مستقل
- ارتباط بین مسایل رنگ‌آمیزی گراف، دسته و مجموعه مستقل

– تطابق

- تعاریف، چندجمله‌ای تطابق
- تطابق در گراف‌های دوبخشی و قضیه‌های مربوطه
- تطابق در گراف‌های عمومی و قضیه‌های مربوطه
- الگوریتم‌های تطابق، تطابق بیشینه، تطابق پایدار، کاربردها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Even, *Graph Algorithms*, Computer Science Press Inc., 1979.
[2] G. Valiente, *Algorithms on Trees and Graphs*, Springer, 2002.
[3] J. Bang-Jensen, G. Z. Gutin, *Digraphs: Theory, Algorithms and Applications*, Springer, 2009.

عنوان درس به فارسی:	مهندسی نرم‌افزار عامل‌گرا (CE5333)		
عنوان درس به انگلیسی:	Agent Oriented Software Engineering		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف از این درس فراگیری اصول، فنون و روش‌های مورد نیاز برای ساخت یک سیستم نرم‌افزاری مبتنی بر عامل است. در این راستا متدولوژی‌های تولید نرم‌افزار مبتنی بر عامل و روش‌ها و ابزارهای مختلف تولید نرم‌افزارهای مبتنی بر عامل مطرح می‌گردد. دانشجویان پس از گذراندن این درس دانش مناسبی در موارد زیر خواهد داشت:

- طراحی و پیاده‌سازی اصولی و صحیح سیستم‌های نرم‌افزاری مبتنی بر عامل بر اساس دیدگاه و اصول مهندسی نرم‌افزار
- آشنایی با ابزارهای موجود در زمینه تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی سیستم‌های مبتنی بر عامل

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر عامل و سیستم‌های مبتنی بر عامل
- مروری بر مفاهیم تحلیل و طراحی نرم‌افزار و سیستم‌های شی‌گرا
- معرفی دیدگاه مبتنی بر عامل در تولید نرم‌افزار و مقایسه دیدگاه شی‌گرا و دیدگاه مبتنی بر عامل
- معرفی متدلوژی‌های تولید سیستم مبتنی بر عامل و سیر تکاملی آن‌ها
- معرفی متدولوژی MAS-CommonKADS
- معرفی متدولوژی GAIA, MaSE و گسترش‌های آن‌ها
- معرفی متدولوژی Tropos
- معرفی متدولوژی Promoteuse
- معرفی متدولوژی ASPECT
- معرفی متدولوژی MESSAGE
- معرفی دیدگاه method Fragment برای تولید متدولوژی‌های مبتنی بر عامل
- معرفی کلی ابزارهای تولید سیستم‌های مبتنی بر عامل
- معرفی ابزار JADE
- معرفی ابزار TAOM
- معرفی ابزار aT3

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] B. Henderson-Sellers, ed, *Agent-Oriented Methodologies*, IGI Global, 2005.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های نرم‌افزاری امن (CE5204)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Secure Software Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش امنیت سایبری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد امنیت سایبری است.

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با چالش‌های اصلی در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های نرم‌افزاری و برنامه‌های کاربردی امن آشنا می‌سازد. اهمیت امنیت، انواع آسیب‌پذیری‌های نرم‌افزار، و چگونگی بهره‌بردن مهاجمان از آسیب‌پذیری‌ها از موضوعاتی هستند که در این درس مطرح می‌شوند. همچنین، دانشجویان می‌آموزند چگونه می‌توان به صورت روشمند با تلفیق امنیت و چرخه حیات توسعه نرم‌افزار با حمله‌ها مقابله کرد. برای این کار، لازم است دانشجویان تحلیل نیازمندی‌های امنیتی، مدل‌سازی تهدید، مدیریت مخاطرات امنیتی، برنامه‌نویسی امن، و نیز بازبینی و آزمون امنیتی را فراگیرند. همچنین، دانشجویان با برخی از ابزارهای موجود برای توسعه امن نرم‌افزار آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- امنیت نرم‌افزار
  - مسائل امنیتی در نرم‌افزار
  - ویژگی‌های امنیتی
  - آسیب‌پذیری و حمله‌ها
  - استانداردهای امنیتی
- چرخه حیات توسعه امنیتی
  - تحلیل نیازمندی‌های امنیتی
  - مدل‌سازی تهدید و تحلیل مخاطرات
  - طراحی امنیتی
  - برنامه‌نویسی امن
  - بازبینی امنیتی
  - تولید سیستم قابل اجرا
  - آزمون امنیتی

- استقرار امن
- ترمیم‌های امنیتی

– آزمون امنیتی
- ارزیابی آسیب‌پذیری
- طرحهای آزمون امنیتی
- ابزارهای پوشش کد
- موارد آزمون امنیتی
- روشهای آزمون
- آزمون نفوذ
- آزمون فاز
- تزریق خرابی

– امنیت مبتنی بر زبان
– امنیت در برنامه‌های تحت وب
– امنیت در برنامه‌های کاربردی موبایل

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. K. Talukder, and M. Chaitanya, *Architecting Secure Software Systems*, CRC Press, 2009.
[2] G. McGraw, *Software Security: Building Security In*, Addison-Wesley, 2006.
[3] M. Dowd, J. McDonald, and J. Schuh, *The Art of Software Security Assessment: Identifying and Preventing Software Vulnerabilities,* Addison-Wesley, 2006.
[4] A. Shostack, *Threat Modeling: Designing for Security*, Wiley, 2014.
[5] M. Howard, D. LeBlanc, J. Viega, *24 Deadly Sins of Software Security: Programming Flaws and How to Fix Them*, McGraw-Hill, 2009.
[6] M. Howard, and D. LeBlanc, *Writing Secure Code*, Microsoft Press, 2004.
[7] M. S. Merkow, and L. Raghavan, *Secure and Resilient Software Development,* CRC Press, 2010.

عنوان درس به فارسی:	واسط کاربری هوشمند (CE5334)		
عنوان درس به انگلیسی:	Intelligent User Interface		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف از این درس ایجاد توانایی‌های زیر در دانشجویان است:

- توانایی طراحی و پیاده‌سازی اصولی و صحیح واسط کاربری هوشمند بر اساس دیدگاه و اصول مهندسی نرم‌افزار
- آشنایی با ابزارهای موجود در زمینه تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی واسط کاربری هوشمند

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه ای بر واسط کاربری
- مشخصات کیفی واسط کاربری در سیستم‌های بلادرنگ
- هوشمندی، سیستم‌های هوشمند و معرفی عامل
- معماری سیستم‌های مبتنی بر عامل
- آشنایی با پردازش زبان طبیعی به همراه فنون و کاربردهای آن
- روش‌های اخذ دانش و مهندسی دانش در طراحی واسط کاربر
- مهندسی نیازمندی‌ها و فنون و ابزار مدل‌سازی نیازمندی‌ها در طراحی واسط کاربری
- صحت‌سنجی و اعتبارسنجی واسط کاربری هوشمند
- فنون ارزیابی واسط کاربری هوشمند
- کاربرد آنتولوژی در طراحی واسط کاربری هوشمند
- استدلال و یادگیری در طراحی واسط کاربری هوشمند
- معرفی متدلوژی‌های تولید طراحی واسط کاربری هوشمند
- واسط کاربری هوشمند در سیستم‌های App و WebApp
- معرفی سیستم‌های کاربردی توصیه‌گر و تعامل انسان و کامپیوتر

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] B. Schneiderman, C. Plaisant, *Designing the User Interface,* Addison Wesley, 1997.
[2] L. Shao, C. Shan, J. Luo, M. Etoh, *Multimedia Interaction and Intelligent User Interfaces: Principles, Methods and Applications*. Springer Science & Business Media, 2010.

[3] E. Alepis, M. Virvou, *Object-Oriented User Interfaces for Personalized Mobile Learning*, Springer, 2014
[4] C. Mourlas, *Intelligent User Interfaces: Adaptation and Personalization Systems and Technologies: Adaptation and Personalization Systems and Technologies*, IGI Global, 2008.
[5] G. Weiss, *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, MIT Press, 1999.
[6] M. Wooldridge, *An Introduction to Multiagent Systems*, John Wiley & Sons, 2009.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های تصادفی (CE5335)		
عنوان درس به انگلیسی:	Randomized Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و فنون پایه الگوریتم‌های تصادفی است. مطالب ارائه شده مجموعه‌ای از روش‌های متداول برای طراحی و به‌خصوص تحلیل الگوریتم‌های تصادفی است که به طور ذاتی مبتنی بر نظریه احتمالات است. در این درس، مسائل متعددی معرفی شده و برای آنها الگوریتم‌های تصادفی ارائه و تحلیل می‌گردد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی درس
  - مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های تصادفی
  - الگوریتم تصادفی RandQS و تحلیل آن
- یک الگوریتم تصادفی برای مسئله برش کمینه و تحلیل احتمال بهینه بودن جواب آن
- روش‌های لاس وگاس و مونت کارلو
- یک الگوریتم تصادفی برای افراز مسطح دودویی و تحلیل آن با رابطه بازگشتی احتمالی
- فنون مبتنی بر نظریه بازی: مدل محاسباتی و کلاس‌های پیچیدگی
- فنون مبتنی بر نظریه بازی: تصادف و غیر یکنواختی
- مومنت و انحراف: نامعادله مارکف و چبیشف، انتخاب تصادفی
- نامعادلات دنباله
- روش احتمالاتی
- زنجیره مارکف و قدم تصادفی: مسئله ۲- SAT و مسائل گراف
- روش‌های جبری
- کاربردها در ساختمان‌داده‌ها
- کاربردها در الگوریتم‌های هندسی
- کاربردها در الگوریتم‌های گراف

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Motwani and P. Raghava, *Randomized Algorithms*, Cambridge University Press, 1995.

عنوان درس به فارسی:	الگوها در مهندسی نرم‌افزار (CE5336)		
عنوان درس به انگلیسی:	Software Engineering Patterns	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا کردن دانشجویان با الگوها و کاربرد آن‌ها در مهندسی نرم‌افزار است. در این درس، دانشجویان ضمن آشنایی با الگوهای رایج تحلیل، طراحی، معماری، مهندسی مجدد و مهندسی فرایند، با الگوهای اصلاح کد و پادالگوها نیز آشنا می‌شوند. به دلیل تعدد الگوهای پرکاربرد، آشنایی کافی با ساختارها و اصول مبنایی و روش‌های مدیریت پیچیدگی و تحلیل الگوها نیزحاصل می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه، مبانی، و تاریخچه
- الگوهای پایه Coad
- الگوهای Gof
- اصول و قواعد شی‌گرایی در قالب الگوها- الگوهای GRASP
- الگوهای معماری CoV
- الگوهای طراحی
- الگوهای اصلاح کد
- الگوهای مهندسی مجدد
- الگوهای فرایند ایجاد نرم‌افزار
- پادالگوها
- الگوهای تحلیل
- روش‌های طبقه‌بندی، مدیریت پیچیدگی، و تحلیل الگوها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] F. Buschmann, R. Meunier, H. Rohnert, P. Sommerlad, M. Stal, *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Pattern*, Vol. 1, Wiley, 1996.
[2] F. Buschmann, K. Henney, D.C. Schmidt, *Pattern-Oriented Software Architecture: On Patterns and Pattern Languages*, Vol. 5, Wiley, 2007.
[3] M. Fowler, *Analysis Patterns: Reusable Object Models*, Addision Wesley, 1996.

[4] E. Ganma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, *Design Patterns: Elements of Reusable Object Oriented Software*, Addison Wesley, 1995.

[5] J. Kericvsky, *Refactoring to Patterns*, Addison Wesley, 2004

[6] D. Maanolescu, M. Voelter, J. Noble, *Pattern Languages of Program Design*, Vol. 5, Addison Wesley, 2006.

[7] A. Shalloway, J. Trou, *Design Patterns Explained: A New Perspective on Object-Oriented Design*, 2nd Ed., Addison Wesley, 2005.

عنوان درس به فارسی:	آزمون نرم‌افزار پیشرفته (CE5337)		
عنوان درس به انگلیسی:	Software Testing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس پرداختن به روشهای مدل‌رانه در طراحی آزمون و تولید داده آزمون با استفاده از ساختارهای تجرید یافته از انواع فرآورده‌های نرم‌افزاری، مانند مدل‌های طراحی، کد، و ورودی، به طور سیستماتیک است. همچنین در طی این درس در حد امکان ابزارهای لازم برای خودکارسازی فعالیت های آزمون نرم افزار معرفی می گردند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر روش‌های آزمون
- آزمون مدل‌رانه
- معیارهای پوشش
- افراز فضای ورودی
- پوشش گراف
- پوشش منطق
- آزمون مبتنی بر نحو
- ملاحظات عملی در آزمون نرم‌افزار
- مباحث جدید در آزمون نرم‌افزار

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. Amman and J. Offutt, *Introduction to Software Testing*, Cambridge University Press, 2017.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل برنامه (CE5338)		
عنوان درس به انگلیسی:	Program Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با فنون و مهارت‌هایی از تحلیل برنامه آشنا می‌سازد که به طور گسترده به منظور بهبود بهره‌وری، اتکاپذیری، و امنیت در ابزارهای توسعه نرم‌افزار و کامپایلرها استفاده می شود. با گذراندن این درس، دانشجویان می‌آموزند چگونه تجریدهای ریاضی همچون گراف‌ها، محاسبات نقطه ثابت، و درخت‌های تصمیم دودویی در درستی‌سنجی برنامه‌ها به‌کار می‌روند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و مثال‌های کاربردی
  - مفهوم و کاربردهای تحلیل برنامه
  - انواع روش‌های تحلیل برنامه و ارتباط آن‌ها
- تحلیل جریان داده
  - تحلیل‌های درون و بین‌رویه‌ای
  - ویژگی‌های نظری تحلیل
  - چهارچوب‌های یکنوا
- تحلیل قیدمبنا
  - تحلیل انتزاعی جریان کنترل بدون اطلاعات زمینه‌ای
  - تحلیل جریان کنترل به‌صورت هدایت شده با نحو
  - افزودن اطلاعات زمینه‌ای
- تفسیر انتزاعی
  - توابع بازنمایی
  - تقریب نقاط ثابت
  - اتصالات گالوایی
- سیستم‌های نوع و اثر
  - انواع و اثرات
  - استنتاج نوع

- تحلیل اثر جانبی
- تحلیل استثنا

- رویه‌های تصمیم
  - ارضاپذیری بولی
  - نمودارهای تصمیم بولی
  - نظریه پیمآنهای ارضاپذیری و حل کننده‌های آن
  - منطق تفکیک
  - اجرای نمادین
- موضوعات تکمیلی
  - منطق هور
  - تحلیل برنامه‌های همروند
  - تحلیل جریان اطلاعات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] F. Nielson, H. Nielson, C. Hankin, *Principles of Program Analysis*, Springer, 2005.
[2] G. Winskel, *The Formal Semantics of Programming Languages*, MIT Press, 2001.
[3] D. Kroening, O. Strichman, *Decision Procedures*, Springer, 2008.
[4] A. R. Bradley, Z. Manna, *The Calculus of Computation*, Springer, 2007.
[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	توصیف و وارسی برنامه‌ها (CE5339)		
عنوان درس به انگلیسی:	Program Specification and Verification		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف این درس پرداختن به روش‌های صوری برای توصیف و وارسی سیستم‌ها است. در این درس ابزارهای لازم برای به‌کارگیری این روش‌ها معرفی و در مورد رابطه بین توصیف صوری و پیاده‌سازی به طور اختصار بحث می‌گردد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر توصیف سیستم‌ها
  - توصیف صوری
  - توصیف صوری و مهندسی نرم‌افزار
  - تولید برنامه از توصیف (پالایش)
- جبر گزاره‌ها، جبر مستندات
- نظریه مجموعه‌ها و زبان Z
  - تساوی
  - انواع، مجموعه‌ها و عملیات روی آنها
  - تعاریف
  - روابط و عملیات روی آنها
  - توابع و عملیات روی آنها
- واحدهای ساختاری توصیف
  - شما و نحوه مدل کردن سیستم
  - استفاده از شما به عنوان اعلان، نوع و مسند
  - شمای ژنریک
  - نحوه بیان اصول
- جبر شماها
  - تغییر متغیر
  - ترکیب شماها با استفاده از عملگرها

- ابزارگان ریاضی Z
  - ردیف‌ها و عملیات روی آنها
  - نوع آزاد
- توصیف با استفاده از ارتقا
- امکان‌پذیری توصیف و محاسبه پیش شرط‌ها
- وارسی
- تولید برنامه از توصیف صوری Z با استفاده از پالایش
  - پالایش ساختارهای داده‌ای
  - پالایش عملیات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Woodcock, J. Davies, *Using Z: Specification, Refinement, and Proof*, Prentice Hall, 1996
[2] D.Gries, F. B. Schneider, *A Logical Approach to Discrete Math*, Springer Verlag, 1993.
[3] C. Morgan, *Programming from Specification*s, Prentice Hall, 1990.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های پیشرفته (CE5340)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های پیشرفته تحلیل و طراحی الگوریتم‌ها است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تحلیل احتمالاتی و الگوریتم‌های تصادفی
- تحلیل سرشکن
- جریان بیشینه در شبکه
- برنامه‌ریزی خطی
- نظریه پیچیدگی محاسباتی
- الگوریتم‌های تقریبی
- هندسه محاسباتی
- تطابق رشته‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, *Introduction to Algorithms*, MIT Press, 2009.
[2] V. Vazirani, *Approximation Algorithms*, Springer, 2004.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های تقریبی (CE5341)		
عنوان درس به انگلیسی:	Approximation Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

مسائل بهینه‌سازی NP-سخت در شاخه‌های مختلف علوم و مهندسی به وفور دیده شده و عدم وجود الگوریتم‌های کارا برای حل دقیق آن‌ها یکی از بزرگترین مشکلات در حوزه علوم محاسباتی در طی بیش از نیم قرن اخیر بوده است. الگوریتم‌های تقریبی به عنوان یکی از روش‌های مواجه با چنین مسائلی به وجود آمده است. هدف از این درس معرفی اجمالی این حوزه از علم کامپیوتر است. بدین منظور تعدادی از مسائل متداول به همراه الگوریتم‌هایی تقریبی برای آن‌ها در طول درس معرفی می‌گردند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
- تعریف کلاسهای پیچیدگی NP، P، NP-سخت، و NP-تمام
- نحوه مواجهه با مسایل NP-سخت
- روش الگوریتم تقریبی
- مسئله پوشش مجموع
- مسئله TSP و درخت اشتاینر
- مسئله کوله‌پشتی
- مسئله برش چندگانه
- طراحی PTAS برای مسئله کوله‌پشتی
- مسئله بسته‌بندی
- دوگان برنامه‌ریزی خطی
- سخت بودن تقریب زدن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] V. Vazirani, *Approximation Algorithms*, Springer, 2001.
[2] D. P. Williamson, et al., *The Design of Approximation Algorithms*, Cambridge University Press, 2011.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های خودتطبیق و خودسازمانده (CE5342)		
عنوان درس به انگلیسی:	Self-Adaptive and Self-Organizing Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

نگهداری سیستم‌های نرم‌افزاری توسط انسان با توجه به تغییرات روزافزون نیازها و محیط عملیاتی به همراه توسعه فناوری اطلاعات و زیرساخت سیستم‌های نرم‌افزاری، بسیار سخت، زمانبر، و هزینه‌بر شده است. در حال حاضر الزام جدی در ایجاد تغییر و بروزرسانی عملکرد سیستم‌های نرم‌افزاری بدون دخالت انسان وجود دارد. به همین منظور در سال‌های اخیر توجه پژوهشگران حوزه مهندسی سیستم‌ها و مهندسی نرم‌افزار به موضوع خودکارسازی نرم‌افزارها برای اعمال تغییرات مورد نیاز جلب شده است. هدف اصلی این درس معرفی مفاهیم جدید و ارائه راهکارهای لازم جهت طراحی و پیاده سازی این نوع سیستم ها است

مباحث یا سرفصل‌ها:

- پیچیدگی در سیستم‌های بزرگ و بسیار بزرگ و ضرورت خودتطبیقی
- کلیات خودتطبیقی
  - تعاریف خودتطبیقی و اهداف آن
  - معرفی خصیصه‌های خود-* (خودالتیامی، خودبهینگی، خودپیکربندی، حفاظت از خود)
  - معرفی چرخه خودتطبیقی و مراحل آن (پایش، تحلیل، طرح‌ریزی، اجرا)
  - معرفی رویکردهای کلان دستیابی به خودتطبیقی
- رایانش خودمختار (اتونومیک)
  - تاریخچه رایانش خودمختار و نحوه معرفی آن
  - چشم‌انداز رایانش خودمختار
  - آشنایی با طرح معماری خودمختاری و ویژگی‌های کلیدی آن
  - معرفی مدل بلوغ خودمختاری
  - آشنایی با پیشرفت‌های انجام‌شده در رایانش خودمختار و آینده آن
- کلیات خودسازماندهی
  - تاریخچه و تعاریف
  - خودسازماندهی در سیستم‌های طبیعی
  - خودسازماندهی در سیستم‌های چندعامله
  - پدیداری و رابطه آن با خودسازماندهی

- راهکارهای خودسازماندهی
- مفهوم هماهنگی و راهکارهای مربوط به آن

– خودتطبیقی در سامانه‌های توزیع‌شده
- چالش‌های سامانه‌های توزیع‌شده
- چالش‌های به‌کارگیری چرخه خودتطبیقی در سیستم‌های توزیع‌شده و چندعامله
- معرفی چرخه خودتطبیقی توزیع‌شده
- چالش‌های رویکردهای خودسازماندهی در سیستم‌های توزیع‌شده
- آشنایی با رویکردهای ترکیبی برای خودتطبیقی در سیستم‌های توزیع‌شده نامتمرکز

– حوزه‌های جدید خودتطبیقی و کاربردهای عملی آن
- آشنایی با چالش‌ها و خصیصه‌های جدید خودتطبیقی
- معرفی نمونه‌ها و مطالعات موردی کاربردی و عملی در زمینه پیاده‌سازی سیستم‌های خودتطبیق
- معرفی آزمایشگاه‌ها و گروه‌های فعال در زمینه خودتطبیقی
- معرفی نیازمندی‌ها و حوزه‌های پژوهشی نوین در زمینه خودتطبیقی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] H. C. Betty, et al. (Eds.), *Software Engineering for Self-Adaptive Systems*, Springer, 2009.
[2] G. Serugendo, M. Gleizes, and A. Karageorgos, *Self-organising Software; From Natural to Artificial Adaptation*, Springer, 2011.
[3] J. H. Miller and S. E. Page, *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*, Princeton University Press, 2007.
[4] P. Lalanda, J. A. McCann, and A. Diaconescu, *Autonomic Computing Principles, Design and Implementation*, Springer, 2013.
[5] Selected Papers

شبکه‌های کامپیوتری

عنوان درس به فارسی:	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (CE5601)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computer Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس در جهت تعمیق یادگیری نحوه عملکرد شبکه‌های کامپیوتری نسل جدید با محوریت اینترنت و شبکه‌های سازمانی تعریف شده است. به دست آوردن دانش نظری، به دست آوردن مهارت کاربردی و آشنایی روندهای تحقیقاتی روز از اهداف اصلی این درس است. معماری شبکه‌های کامپیوتری شامل مجازی سازی عملکرد شبکه، مدل سرویس در اینترنت، مدیریت و مهندسی ترافیک و مکانیزم‌های آن با تأکید بر تضمین کیفیت سرویس، عملکرد لایه کنترل شامل پارادایم SDN، و پروتکل‌های طرف میزبان ابعاد اصلی مورد توجه در این درس را تشکیل می‌دهند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- تبیین معماری لایه‌ای شبکه‌های کامپیوتری در ابعاد سازمانی و جهانی از جنبه فیزیکی و منطقی
- شناخت روندهای صنعتی و پژوهشی نو در شبکه‌سازی و توانایی تشریح انگیزه‌ها و کاربردهای آن‌ها
- مهارت در به کارگیری نمونه‌هایی از ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موردنیاز و مطرح در شبکه‌سازی
- ارزیابی مکانیزم‌های مهندسی ترافیک در صفحه داده، کنترل و مدیریت و به کارگیری آنها در شبکه
- شناخت و استفاده از سرویس‌های پیشرفته قابل ارائه و کاربرد آن‌ها و پروتکل‌های صفحه داده و کنترل مربوط به آن

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معماری شبکه‌های کامپیوتری
  - انواع مدل‌های لایه‌ای در شبکه‌های کامپیوتری
  - معماری اینترنت و شبکه‌های سازمانی
  - معماری شبکه‌های نسل جدید
  - معماری شبکه‌های شهری
  - معماری شبکه‌های دسترسی و بی‌سیم
- مدل سرویس در اینترنت
  - مدل سرویس اینترنت اولیه و اینترنت نسل جدید
  - معماری‌های تضمین کیفیت سرویس

- فناوری MPLS و سرویس‌های مبتنی بر آن
- سرویس‌های چندرسانه‌ای

- معماری و پروتکل‌های صفحه کنترل
  - مسیریابی درون‌دامنه‌ای و برون‌دامنه‌ای
  - مسیریابی حساس به کیفیت سرویس
  - فناوری SDN و پروتکل‌های مربوط به آن
- مدیریت و مهندسی ترافیک
  - دسته بندی انواع مکانیزم‌های مهندسی ترافیک
  - مدل‌سازی ترافیک و کنترل دسترسی
  - روش‌های کنترل ازدحام
  - نوبت‌دهی عادلانه و مدیریت فعال صف
- پروتکل‌های طرف میزبان
  - پروتکل‌های لایه حمل
  - سیستم‌های نظیر به نظیر
  - خدمات OTT
- مباحث تکمیلی
  - روندهای نو در شبکه‌سازی
  - شبکه‌های رادیو شناختی
  - شبکه‌های ICN، NDN، DTN

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Foundations of Modern Networking, SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Pearson Education, 2016.

[2] W. Stallings, *Data and Computer Communications,* Pearson Education, 2013.

[3] I. Marsic, *Computer Networks, Performance and Quality Service*, Rutgers University Press, 2013.

[4] P. A. Morale and J. M. Anderson, *Software Defined Networking: Design and Deployment*, CRC Press, 2015.

[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	شبکه‌های بی‌سیم (CE5602)		
عنوان درس به انگلیسی:	Wireless Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

به دلیل افزایش نرخ داده در شبکه‌های سلولی و نیز سهولت دسترسی به این شبکه‌ها، اغلب کاربران شبکه‌های کامپیوتری به صورت بی‌سیم به این شبکه‌ها متصل می‌شوند. شبکه‌های بی‌سیم گستره وسیعی از شبکه‌ها از شبکه‌های در گستره بدن تا شبکه‌های جهانی و ماهواره‌ای را در بر می‌گیرند. همچنین، ماهیت رسانه بی‌سیم تفاوت‌های زیادی را در طراحی لایه‌های شبکه الزام می‌کند. در این درس، دانشجویان با ویژگی‌های رسانه بی‌سیم و اثر آن در طراحی پشته پروتکل شبکه‌های بی‌سیم آشنا می‌شوند. همچنین، تنوع شبکه‌های بی‌سیم با تمرکز بر کاربردهای داده‌محور بررسی و تحلیل می‌شود. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- درک ویژگی‌های رسانه بی‌سیم و تحلیل تاثیر آن بر پشته پروتکل‌های شبکه
- تحلیل و ارزیابی پروتکل‌های مورد استفاده در گستره وسیعی از شبکه‌های بی‌سیم
- به‌کارگیری دانش پایه در شبکه‌های بی‌سیم در جنبه‌های پژوهشی جدید در این حوزه

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تاریخچه ارتباطات بی‌سیم
  - سیر تحول شبکه‌های بی‌سیم
- بررسی لایه فیزیکی در ارتباطات بی‌سیم
  - پدیده‌های انتشار
  - مفاهیم پایه در آنتن (همه جهتی و تک جهتی)
  - مفاهیم مدولاسیون (آنالوگ و دیجیتال)
  - طیف گسترده
- بررسی سازوکارهای دسترسی به رسانه
  - مقایسه با شبکه‌های سیمی
  - بررسی و تحلیل کارایی روش‌های مرسوم رقابتی و دسترسی نوبتی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

- تحلیل روش‌های مسیریابی در شبکه‌های بی‌سیم
  - مدیریت تحرک کاربران (تحرک خرد و کلان)
  - بررسی و تحلیل مسیریابی‌های چندگامه
  - بررسی و تحلیل مسیریابی‌های فرصت‌طلبانه
- پروتکل‌های لایه انتقال (به ویژه TCP) در شبکه‌های بی‌سیم
  - تحلیل کاستی‌های پروتکل‌های مرسوم شبکه‌های بی‌سیم
  - بررسی و تحلیل پیشنهادهای اصلاحی
- بررسی تاثیر رسانه بی‌سیم و تحرک کاربران در طراحی‌های لایه کاربرد
- بررسی معماری و سیر تحول شبکه‌های بی‌سیم
  - شبکه‌های سلولی (نسل اول تا پنجم)
  - شبکه‌های بی‌سیم محلی (WLAN)
  - شبکه‌های بی‌سیم WPAN و WBAN
  - شبکه‌های ماهواره‌ای

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] C. Beard and W. Stallings, *Wireless Communication Networks and Systems,* Prentice-Hall, 2016.
[2] A. F. Molisch, *Wireless Communications,* John Wiley & Sons, 2011.

عنوان درس به فارسی:	امنیت شبکه (CE5603)		
عنوان درس به انگلیسی:	Network Security	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس مجموعه‌ای از مفاهیم و روش‌های امنیت شبکه را پوشش می‌دهد و برای دانشجویانی طراحی شده است که دانش پایه را در خصوص شبکه‌های کامپیوتری و الگوریتم‌های رمزنگاری دارند. در این درس انواع حمله‌ها به سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری و روش‌های تشخیص و مقابله با آن‌ها، کاربردهای رمزنگاری در امنیت شبکه و معماری شبکه‌های امن شامل سیستم‌های دفاع در لبه و فیلترینگ، روش‌ها و پروتکل‌های خدمات **AAA**، امنیت مسیریابی، روش‌های جلوگیری از نشت اطلاعات **(DLP)** و تکنولوژی‌های **VPN** پوشش داده می‌شود. مجموعه‌ای از فعالیت‌های آزمایشگاهی و مقاله‌های پژوهشی در طول درس ارائه می‌شود تا توازنی بین جنبه کاربردی و پژوهشی درس ایجاد شود. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- طراحی معماری امنیت شبکه‌های سازمانی و فراهم‌کنندگان سرویس
- شناخت روندهای صنعتی و پژوهشی نو در امنیت شبکه
- مهارت به‌کارگیری ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در امنیت شبکه
- به کارگیری روش‌های مبتنی بر رمزنگاری
- مدیریت امنیت شبکه و سیستم

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مفاهیم امنیت شبکه
  - مدل‌ها و فرامدل‌های امنیت
- تهدیدها و حمله‌ها
  - طبقه‌بندی حمله‌ها
  - حمله‌های DoS، Sniffing، و Spoofing
  - چرخه عمر بدافزارها، ویروس‌ها، کرم‌ها و بات‌ها
  - حمله‌های لایه‌های پنج‌گانه و روش‌های مقابله با آن‌ها
- رمزنگاری کاربردی

- کاربردهای رمزنگاری در پروتکل‌های امنیت شبکه
- روش‌های توزیع کلید در شبکه‌های ثابت، سیار، و موردی
- روش‌های بی‌نامی و ناشناسی
- زنجیره بلوکی و کاربردهای آن در امنیت شبکه

– معماری شبکه‌های امن

- معماری SAFE برای امنیت شبکه‌های سازمانی
- معماری دیواره‌های آتش
- کنترل دسترسی در سیستم و شبکه (NAC) و معماری‌های آن
- روش‌های جلوگیری از نشت و از بین رفتن اطلاعات (DLP)
- امنیت مسیریابی
- سیستم‌های تشخیص نفوذ
- فناوری‌های VPN
- امنیت شبکه‌های بی‌سیم

– مباحث تکمیلی

- روندهای نو در امنیت شبکه
- روش‌های تحلیل ترافیک
- فورنسیک در شبکه
- امنیت اینترنت اشیا و حفظ حریم خصوصی
- امنیت در سرویس VoIP و IP Telephony
- فناوری‌های PCI-DSS، SET، و SDC
- کاربردهای پیشرفته رمزنگاری مانند امضاهای گروهی و MPC
- امنیت ابر و چندابری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Network Security Essentials: Application and Standard*, Prentice-Hall, 2011.
[2] M. Ciampa, *Security+ Guide to Network Security Fundamentals*, Cengage Learning, 2015.
[3] C. Douligeris and D. N. Serpanos, *Network Security: Current Status and Future Directions*, Wiley-IEEE Press, 2007.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	معماری افزاره‌های شبکه (CE5604)		
عنوان درس به انگلیسی:	Architecture of Network Devices	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با اصول طراحی، پیاده‌سازی، و ارزیابی افزاره‌های شبکه‌های کامپیوتری آشنا می‌شوند. در حالت عمومی، وظایف یک افزاره به دو بخش مسیر داده و کنترل تقسیم می‌شود. معماری یک افزاره در بخش مسیر داده شامل واحد ورودی/خروجی، با وظایف اصلی مدیریت ترافیک و جلورانی بسته‌ها، و واحد سوئیچینگ، با وظیفه اصلی سوئیچینگ بسته‌ها، است. در این درس، دانشجویان ضمن فراگیری وظایف این واحدها با فنون مورد نیاز برای داشتن یک افزاره با کارایی بالا نیز آشنا می‌شوند. از آنجایی که مهم‌ترین افزاره شبکه مسیریاب است، تکنیک‌های مورد نیاز برای رسیدن به کارایی بالای یک مسیریاب مورد بررسی قرار می‌گیرند. خلاصه اهداف این درس عبارتند از:

- آشنایی با مراحل طراحی و ساخت یک افزاره شبکه
- آشنایی با الگوریتم‌های به کار گرفته شده در بخش‌های مختلف یک افزاره
- ارزیابی، نقد، و بهبود الگوریتم‌های موجود

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تاریخچه تحولات شبکه‌های اینترنت
  - دسته‌بندی سرویس‌دهنده‌های اینترنت و معماری شبکه‌های آن‌ها
- معماری مسیریاب‌های IP با کارایی بالا
  - معماری‌های متمرکز و توزیع‌شده
  - اهداف طراحی و چالش‌های پیاده‌سازی
- جستجو در جدول مسیریابی IP
  - آدرس‌های طبقه‌بندی شده و مسیریابی بدون طبقه‌بندی
  - معیارهای الگوریتم مسیریابی مناسب
  - الگوریتم‌ها مبتنی بر Trie
  - روش‌های سخت‌افزاری

- مسیریابی IPv6
- طبقه‌بندی بسته‌ها
  - روش‌های مبتنی بر Trie
  - الگوریتم‌های هندسی (Geometric)
  - الگوریتم‌های اکتشافی (Heuristic)
  - الگوریتم‌های مبتنی بر TCAM
- مدیریت ترافیک
  - مدیریت ترافیک در سطح بسته
  - مدیریت ترافیک در سطح جریان (کنترل ازدحام)
  - مدیریت ترافیک در سطح تجمیع جریان‌ها (مهندسی ترافیک)
- اصول سوئیچینگ بسته‌ای
  - مفاهیم پایه و دسته‌بندی قسمت اصلی سوئیچ (Switch Fabric)
  - استراتژی‌های صف‌بندی در واحد سوئیچینگ
  - بررسی کارایی سوئیچ‌های پایه
- سوئیچ‌های با حافظه مشترک
  - روش‌های لیست پیوندی و CAM
  - تکنیک‌های چندپخشی
- سوئیچ‌های با صف ورودی
  - زمان‌بندی در سوئیچ‌های مبتنی بر VOQ
  - الگوریتم‌های Maximum Matching، Maximal Matching و Randomized Matching
- سوئیچ‌های مبتنی بر شبکه Banyan
  - سوئیچ Batcher Banyan
  - سوئیچ Tandem Banyan
  - سوئیچ Shuffle exchange
  - سوئیچ چندپخشی
- مباحث تکمیلی در معماری افزاره‌های شبکه‌های کامپیوتری
  - شبکه‌سازی نرم‌افزارمحور
  - مجازی‌سازی وظایف شبکه
  - موارد دیگر

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Chao, and B. Liu, *High Performance Switches and Routers,* Wiley, 2007.
[2] A. Leon-Garcia and I. Widjaja, *Communication Networks,* McGraw-Hill, 2003.
[3] I. Elhanany and M. Hamdi, *High Performance Packet Switching Architectures,* Springer, 2007.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های توزیع‌شده (CE5406)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Distributed Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

سیستم‌های توزیع‌شده از مباحث مهم در مهندسی کامپیوتر است. سیستم‌های توزیع‌شده می‌توانند بعضی از نیازمندی‌های غیرعملکردی از جمله مقیاس‌پذیری، کارایی و قابل‌اتکاء بودن را برآورده نمایند که این بر اهمیت آنها افزوده است. این درس دانشجویان را با مفاهیم، تئوری‌ها، چالش‌ها، راه‌حل‌های کلی و ابزارهای لازم در این حوزه آشنا می‌کند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف سیستم‌های توزیع‌شده، اهداف و مشخصات سیستم‌های توزیع‌شده، انواع سیستم‌های توزیع‌شده
- معماری‌های سیستم‌های توزیع‌شده
  - متمرکز (centralized) و غیر متمرکز (decentralized)
- فرایندها
  - ریسمان، خادم، مخدوم
- شبکه و ارتباطات
  - RPC، ارتباط مبتنی بر پیام
  - الگوی اشتراک نشر (publish-subscribe) و نمونه عملیاتی از یک کتابخانه انتقال پیام (به‌عنوان مثال ZeroMQ)
- نام‌گذاری
  - مسطح و ساخت یافته
- زمان و هماهنگ‌سازی
  - مرتب‌سازی رویدادها
  - ساعت منطقی
  - ساعت برداری

- انحصار متقابل در سیستم‌های توزیع‌شده
- الگوریتم‌های انتخابات
- تاثیرات مکان و سیستم‌های مکانی

- سازگاری و تکثیر (نسخه‌های چندگانه)
  - مدل‌های سازگاری
  - پروتکل‌های سازگاری
- تحمل خرابی
  - انواع شکست
  - ارتباط مطمئن خادم و مخدوم و ارتباط مطمئن گروهی
  - بازگشت از خرابی
- امنیت
- سیستم‌های فایلی توزیع‌شده
- شبکه‌های توزیع محتوا
- محاسبات داده‌محور و Map-Reduce
- سرویس‌های وب
- معماری سرویس‌گرا (Service Oriented Architecture)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. V. Steen and A. S. Tanenbaum, *Distributed Systems*, 3nd Edition, Maarten van Steen, 2018.
[2] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg and G. Blair, *Distributed Systems: Concepts and Design*, 5th Edition, Pearson, 2012.

عنوان درس به فارسی:	مدیریت شبکه (CE5621)		
عنوان درس به انگلیسی:	Networks Management	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

مدیریت شبکه‌های کامپیوتری با وجود انواع نیازمندی‌های سرویس و تنوع تکنولوژی‌ها بسیار پیچیده است. این درس به ابعاد، مفاهیم، معماری، پروتکل‌ها، استانداردها، و نیز آخرین پیشرفت‌های عملی و پژوهشی مدیریت شبکه‌های کامپیوتری می‌پردازد. در این درس، با رویکرد بالا-به-پایین، پس از تبیین مفاهیم اولیه و ابعاد مدیریت شبکه، معماری آن تشریح شده و سپس به جزئیات معماری در چهار سطح عامل‌های مدیریتی، پروتکل‌های مدیریت شبکه، ابزارهای مدیریت شبکه و فرایندهای مدیریت شبکه پرداخته می‌شود. همچنین، تحولات حوزه مدیریت شبکه با حضور فناوری‌های جدید SDN/NFV و نیز آخرین دستاوردهای پژوهشی این حوزه مورد بحث قرار می‌گیرند. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- شناخت ابعاد و معماری مدیریت شبکه
- شناخت پروتکل‌های مدیریت شبکه، جایگاه و کاربرد آن‌ها در حوزه‌های مدیریت، و راه‌اندازی و به‌کارگیری آن‌ها
- شناخت کارکردهای اصلی سیستم‌های مدیریت شبکه و توانایی نصب و راه‌اندازی آن‌ها
- شناخت حوزه‌های پژوهشی مدیریت شبکه

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف و اهمیت مدیریت شبکه
  - بازیگران اصلی در مدیریت شبکه
- ابعاد مدیریت شبکه
  - لایه‌بندی مدیریت شبکه
  - کارکردهای مدیریت شبکه
- معماری مدیریت شبکه
  - تجهیزات مدیریت‌پذیر
  - شبکه مدیریت
  - ابزارهای مدیریت شبکه

- فرایندها و ساختار سازمانی
- پروتکل‌های مدیریت شبکه
  - رویکردها و نیازمندی‌های پروتکل‌های مدیریت شبکه
  - پروتکل SNMP
  - ابزار/پروتکل CLI
  - پروتکل syslog
  - پروتکل Netconf
  - پروتکل NetFlow/IPFIX
  - حوزه‌های پژوهشی (نظارت جریان، تحلیل log)
- کارکردهای مدیریت شبکه
  - مدیریت خرابی
  - مدیریت پیکربندی
  - مدیریت حسابرسی
  - مدیریت کارایی
  - مدیریت امنیت
  - حوزه‌های پژوهشی (مکانیزم‌های محافظت از شبکه، روش‌های تحلیل دلیل ریشه‌ای و نظارت توزیع شده)
- فرایندهای مدیریت شبکه
  - معرفی چارچوب‌های NGOSS و Frameworx
  - eTOM
  - SID
  - TAM
- مباحث تکمیلی در مدیریت شبکه
  - مدیریت شبکه‌های چند لایه‌ای (فیزیکی و مجازی)
  - مدیریت شبکه‌های SND و NFV
  - خودکارسازی شبکه (MANO و ONAP)
  - مدیریت در اینترنت اشیاء

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Clemm, *Network Management Fundamentals*, Cisco Press, 2007.
[2] D. Verma, *Principles of Computer Systems and Network Management*, Springer, 2009.
[3] M. Subramanian, *Network Management: Principles and Practice*, Addison-Wesley, 2010.
[4] J. Ding, *Advances in Network Management*, CRC Press, 2010.
[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	ارزیابی کارایی سیستم‌های کامپیوتری (CE5622)		
عنوان درس به انگلیسی:	Performance Evaluation of Computer Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری، علاوه بر نیازمندی‌های کارکردی، نیازمندی‌های کارایی و تأمین کیفیت سرویس نیز باید در نظر گرفته شود. تضمین زمان پاسخ، توان عملیاتی، گذردهی، و دیگر پارامترهای کیفیت سرویس‌دهی درگیر مصالحه بین کیفیت و هزینه است و با انجام انتخاب‌های مناسب امکان‌پذیر است؛ انتخاب حافظه زیاد یا پردازنده سریع، استفاده از یک دستگاه ذخیره‌ساز سریع یا چند دستگاه ذخیره‌ساز کندتر و انتخاب‌های متعدد دیگر در استفاده از الگوریتم‌ها و پروتکل‌ها در بخش‌های مختلف یک سیستم و یا یک شبکه کامپیوتری وجود دارد. بهترین انتخاب‌ها اغلب با یک نگاه و بررسی سطحی قابل شناسایی نیستند. بنابر این، لازم است با به‌کارگیری روش‌های تحلیلی به ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پرداخته و از آن در بررسی نیازمندی‌های کارایی استفاده شود. به این ترتیب، می‌توان به سوالات مطرح شده در زمان طراحی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری پاسخ داد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- شناخت فرآیندهای تصادفی مارکف و سیستم‌های صف
- مدل‌سازی سیستم‌های کامپیوتری در قالب فرآیندهای مارکف و سیستم‌های صف
- حل مدل‌های تحلیلی به منظور ارزیابی کارایی سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری
- آشنایی با ابزارهای شبیه‌سازی و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مبانی مدل‌سازی و ارزیابی
  - تعریف معیارهای ارزیابی
- مفاهیم پایه آمار و احتمال
  - متغیرهای تصادفی گسسته و پیوسته
  - متغیرهای تصادفی دنباله بلند
  - فرآیند پوآسون
  - تبدیل لاپلاس و تبدیل Z

- تابع مولد احتمال
- روش‌های تخمین پارامتر

– زنجیره مارکف
- زنجیره مارکف زمان گسسته
- زنجیره مارکف زمان پیوسته
- تحلیل حالت پایدار و گذرای زنجیره‌های مارکف

– تحلیل سیستم‌های صف
- تعریف معیارهای ارزیابی
- صف‌های M/M/1، M/M/K، M/M/K/C، M/G/1
- صف‌های با اولویت

– تحلیل شبکه‌های صف
- شبکه‌های صف باز و بسته
- موازنه محلی
- فرم حاصل ضرب
- شبکه‌های صف جکسون
- شبکه‌های صف گوردن-نیوول

– اصول و روش‌های شبیه‌سازی
- راستی‌آزمایی
- اعتبارسنجی
- تحلیل خروجی

– آشنایی با ابزارهای اندازه‌گیری، شبیه‌سازی، و تحلیل سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Harchol-Balter, *Performance Modeling and Design of Computer Systems: Queueing Theory in Action*, Cambridge University Press, 2013.
[2] G. Bolch, et al., *Queueing Networks and Markov Chains Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications*, John Wiley & Sons, 2006.
[3] R. Jain, *The Art of Computer Systems Performance Analysis*, John Wiley & Sons, 1991.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌سازی و طراحی شبکه‌های کامپیوتری (CE5623)		
عنوان درس به انگلیسی:	Modeling and Design of Computer Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

شبکه‌های کامپیوتری نسل جدید معماری گسترده و پیچیده‌ای دارند. در این درس، اصول، مفاهیم، الگوریتم‌ها، و فناوری‌های طراحی شبکه‌های کامپیوتری پوشش داده می‌شود. این درس به ارائه روش‌هایی می‌پردازد که با استفاده از آن‌ها می‌توان کارکردهای مورد نیاز شبکه را به شکل یک مجموعه به‌هم‌تنیده با کارایی مناسب و عملکرد بهینه تأمین نمود. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- به‌کارگیری یک متدلوژی منسجم برای طراحی شبکه‌های کامپیوتری به نحوی که قابلیت برنامه‌ریزی فعالیت‌های طراحی بر اساس آن به دست آید.
- بررسی ابعاد طراحی و مولفه‌های معماری شبکه و فناوری‌های مرتبط و انتخاب و تصمیم گیری در مورد معماری شبکه
- بررسی الگوریتم‌های طراحی و بهینه‌سازی شبکه‌ها و به‌دست آوردن مهارت در به‌کار بردن آن‌ها
- مهارت در به‌کارگیری ابزارهای طراحی شبکه
- پژوهش در زمینه طراحی، مدل‌سازی، و بهینه‌سازی شبکه‌ها

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معماری شبکه‌های همگرا و چند رسانه‌ای
- فرایند تحلیل، معماری، و طراحی شبکه
- فرایند دسته بندی و تحلیل نیازمندی‌ها
- مدل‌سازی و ارزیابی شبکه‌های کامپیوتری
- مدل‌سازی و تحلیل جریان‌های ترافیکی
- تحلیل توپولوژی شبکه با مدل‌های گراف
- فرمول‌بندی مسائل بهینه‌سازی در طراحی توپولوژی فیزیکی و منطقی شبکه
- طراحی مولفه‌های معماری شبکه
  - مسیریابی و آدرس‌دهی
  - کارایی و تضمین کیفیت سرویس

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- امنیت شبکه
- مدیریت شبکه
- دسترس‌پذیری بالا
- لایه سرویس‌های مبتنی بر شبکه

– طراحی فیزیکی شبکه و انتخاب پروتکل‌ها
– نمونه‌هایی از کاربرد فرایند مدل‌سازی و طراحی

- مسئله جایابی توابع مجازی شبکه VNFها
- طراحی شبکه‌های ناهمگون بی‌سیم
- طراحی شبکه‌های نوری

– طراحی مراکز داده

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. D. McCabe, *Network Analysis, Architecture, and Design*, Morgan Kaufmann, 2007.
[2] P. Oppenheimer, *Top-Down Network Design*, Cisco Press, 2010.
[3] Cisco Networking Academy, *Connecting Networks Companion Guide*, Cisco Press, 2014.
[4] M. Pióro and D. Medhi*, Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks*, Morgan Kaufmann, 2004.
[5] A. Barabási, *Network Science*, Cambridge University Press, 2016.
[6] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	شبکه‌های بی‌سیم پیشرفته (CE5624)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Wireless Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس دانشجویان با مباحث پیشرفته در شبکه‌های بی‌سیم مانند نیازمندی‌ها و چشم‌انداز شبکه‌های بی‌سیم نسل پنجم، فناوری‌های توانمندساز مرتبط با شبکه‌های نسل پنجم و همچنین فرصت‌ها، چالش‌ها، و مسائل باز در زمینه شبکه‌های دوربرد کم توان برای کاربردهای اینترنت اشیا آشنا می‌شوند. در این درس، ابتدا مفاهیم پایه، انواع شبکه‌های بی‌سیم، انواع روش‌های دسترسی چندگانه، و ظرفیت شبکه‌های بی‌سیم ارائه می‌شود. آنگاه، انواع استانداردهای شبکه‌های بی‌سیم معرفی می‌شود. در ادامه، جهت‌گیری تکنولوژی نسل‌های بعدی شبکه‌های بی‌سیم سلولی در قالب شبکه‌های بی‌سیم نسل پنجم (5G) ارائه می‌شود. معرفی شبکه‌های ناهمگون، شبکه‌های سلولی کوچک، ارتباطات دستگاه به دستگاه، اینترنت اشیا، و شبکه‌های بی‌سیم رادیو شناختی از دیگر موضوعات درس است. این درس، همچنین، به موضوعات تکمیلی مانند کارآمدی و برداشت انرژی نیز می‌پردازد. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- درک مشخصات فناوری‌های توانمندساز نسل جدید شبکه‌های بی‌سیم و چالش‌ها و مسائل جدید
- شناخت کاربردهای اینترنت اشیاء و چالش‌ها و فرصت‌های مرتبط با آن و آشنایی با مسائل باز فناوری‌های شبکه اینترنت اشیاء
- شناخت روند پژوهشی و صنعتی مرتبط با شبکه‌های بی‌سیم

مباحث یا سرفصل‌ها:

- اصول شبکه‌های بی‌سیم
  - باندهای فرکانس رادیویی و مدیریت طیف فرکانسی
  - ارسال و دریافت سیگنال به‌صورت بی‌سیم و داپلکسینگ
  - معرفی استاندارد نسل چهارم LTE Advanced
- شبکه‌های نسل پنجم (5G)
  - نیازمندی‌ها و چشم‌انداز نسل پنجم
  - معرفی فناوری‌های توانمندساز در نسل پنجم برای برآورده کردن نیازمندی‌های آن
- شبکه‌های ناهمگون و چندسطحی

- معرفی شبکه‌های ناهمگون (ضرورت ناهمگونی، تعریف شبکه‌های ناهمگون و چالشهای آن)
- روش‌های مدیریت تداخل بین سلولی در شبکه‌های ناهمگون
- الگوریتم‌های تخصیص مجدد فرکانس
- الگوریتم‌های تخصیص سلول‌ها به کاربران
- معماری ارتباطات دستگاه به دستگاه و انتخاب مد

– شبکه‌های رادیوشناختی

- مفاهیم و تعاریف (مدیریت پویای دسترسی به طیف و ویژگی‌های شبکه‌های رادیوشناختی)
- چالش‌های فنی شبکه‌های رادیو شناختی (محاسبه آستانه دمای تداخل، مدیریت تداخل و کنترل پذیرش)

– اینترنت اشیاء

- معرفی اینترنت اشیاء، کاربردهای آن (بازارهای عمودی)، و فرصتهای کسب و کار مرتبط
- معماری، پروتکل‌ها، و استانداردهای اینترنت اشیاء
- فناوری‌های شبکه دوربرد کم‌توان (LPWAN)

– مباحث تکمیلی

- برداشت انرژی
- انتقال بی‌سیم همزمان اطلاعات و توان (SWIPT)،
- رایانش ابری سیار و رایانش مه (Fog Computing) سیار
- شبکه‌های دسترسی رادیوی ابری (CRAN)، مجازی سازی عملکرد شبکه و شبکه‌های بی‌سیم مجازی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Sesia, M. Baker, and I. Toufik, *LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice*, John Wiley & Sons, 2009.

[2] E. Hossain, M. Rasti, and L. Le, *Radio Resource Allocation in Wireless Networks: An Engineering Approach*, Cambridge University Press, 2017.

[3] R. Q., Hu, and Y. Qian, *Heterogeneous Cellular Networks*, John Wiley & Sons, 2013.

[4] S. Greengard, *The Internet of Things,* The MIT Press, 2015.

[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	شبکه‌های چندرسانه‌ای (CE5625)		
عنوان درس به انگلیسی:	Multimedia Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

ترافیک چندرسانه‌ای سهم بزرگی از ترافیک امروزی شبکه‌ها را تشکیل می‌دهد و با گسترش کاربردهای مبتنی بر واقعیت مجازی و بازی‌های برخط، لازم است دانشجویان با دانش مرتبط با انتقال موثر این گونه ترافیک آشنا باشند. این درس اصول، مفاهیم، الگوریتم‌ها و فناوری‌های انتقال داده‌های چندرسانه‌ای را بر روی شبکه‌های کامپیوتری پوشش می‌دهد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- بررسی و ارزیابی روش‌های پیشرفته فشرده‌سازی و مقابله با خطا برای کاربردهای صوتی و ویدیویی
- تحلیل و ارزیابی رویکردهای انتقال کاربردهای چندرسانه‌ای (صوت، تصویر، و ویدیو) بر روی شبکه‌های کامپیوتری
- تحلیل روش‌های ارزیابی کیفیت تجربه کاربران در کاربردهای چندرسانه‌ای
- تحلیل و ارزیابی رویکردهای بهبود کیفیت سرویس شبکه برای کاربردهای صوتی و ویدیویی

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مفاهیم پایه کاربردهای چندرسانه‌ای (صوت، تصویر، و ویدیوی دیجیتال)
- کیفیت سرویس در اینترنت
  - اصول و معماری کیفیت سرویس
  - مهندسی ترافیک
  - سازوکارهای کنترل ازدحام
  - مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس
- روش‌های فشرده‌سازی
  - مفاهیم پایه فشرده‌سازی اطلاعات
  - مفاهیم پایه فشرده‌سازی تصویر و ویدیو
  - بررسی سیر تکامل و سازوکارهای جدید استانداردهای فشرده‌سازی ویدیو
  - تحلیل روش‌های بهبود کیفیت ویدیو دریافتی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

- روش‌های جبران‌سازی خطا در فشرده‌سازی ویدیو
- روش‌های مقابله با خطا در فشرده‌سازی ویدیو
- ملاحظات انرژی در کاربردهای ویدیو

- بررسی و تحلیل روش‌های جریان سازی ویدیو (بر روی اینترنت، شبکه‌های پوشان، و شبکه‌های بی‌سیم)
- بررسی و تحلیل روش‌های اشتراک‌گذاری محتوی چندرسانه‌ای
  - محتوی چندرسانه‌ای در شبکه‌های اجتماعی
  - سرویس‌های ابری در توزیع و اشتراک‌گذاری محتوای چندرسانه‌ای
- بررسی و تحلیل معماری سیستم‌های توزیع محتوای چندرسانه‌ای
  - ویدیوی زنده، ویدیوی درخواستی، تلویزیون اینترنتی
  - بررسی موردی سیستم‌های موجود

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. A. Chou and M. van der Schaar, *Multimedia over IP and Wireless Networks*, Academic Press, 2011.
[2] Z. N. Li, M. S. Drew, and J. Liu, *Fundamentals of Multimedia*, Springer, 2014.
[3] L. Sun, I. H. Mkwawa, E. Jammeh, and E. Ifeachor, *Guide to Voice and Video over IP: For Fixed and Mobile Networks*, Springer, 2013.

عنوان درس به فارسی:	طراحی سیستم‌های اتکاپذیر (CE5407)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Dependable Systems Design	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مفاهیم اتکاپذیری و تحمل‌پذیری اشکال در سیستم‌های کامپیوتری است. در این درس تعاریف دقیقی برای هر یک از آنها و پارامترهای اتکاپذیری همچون قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری و ایمنی ارائه می‌گردد. شیوه‌های افزایش قابلیت اطمینان، اتکاپذیری و تحمل‌پذیری اشکال در این درس معرفی می‌گردد و درنهایت به شیوه‌های ارزیابی تحلیلی و آزمایشگاهی برای سیستم‌های مورد نظر پرداخته خواهد شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم و تعاریف پارامترهای اتکاپذیری
  - اشکال، خطا و خرابی
  - تحمل‌پذیری اشکال و اتکاپذیری
  - قابلیت اطمینان، دسترس‌پذیری، ایمنی، قابلیت کارایی، امنیت و محرمانگی
  - قابلیت مراقبت و نگهداری کاربردهای اتکاپذیری
- انواع افزونگی و مراحل دستیابی به تحمل‌پذیری اشکال
  - افزونگی سخت‌افزاری
  - افزونگی اطلاعاتی
  - افزونگی زمانی
  - افزونگی نرم‌افزاری
- روش تحلیل قابلیت اطمینان
  - نمودار بلوکی قابلیت اطمینان RBD
  - تحلیل با روش مدل مارکوف
  - محاسبه دسترس‌پذیری، ایمنی و قابلیت مراقبت و نگهداری با استفاده از مدل مارکوف
  - گراف قابلیت اطمینان

- سیستم‌های RAID
  - افزونگی در سیستم‌های RAID
  - معرفی و تحلیل قابلیت اطمینان انواع RAID
- تحمل‌پذیری اشکال در سیستم‌های توزیع‌شده
  - نقطه وارسی
  - سازگاری در سیستم‌های توزیع‌شده
  - اثر دومینو
- آشنایی با نرم‌افزارهای کاربردی مثل SHARPE یا Relex

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] E. Dubrova, *Fault-Tolerant Design*, Springer, 2013.
[2] I. Koren and C. M. Krishna, *Fault-Tolerant Systems*, Morgan-Kaufmann Publisher, 2007.
[3] B. Parhami, *Dependable Computing: A Multilevel Approach*, Text parts in PDF, available at: www.ece.ucsb.edu/~parhami/text_dep_comp.htm
[4] B. W. Johnson, *Design and Analysis of Fault-Tolerant Digital Systems*, Addison-Wesley, 1989.
[5] D. K. Pradhan, *Fault-Tolerant Computer System Design*, Prentice-Hall, 1996.

عنوان درس به فارسی:	رایانش ابری (CE5441)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Cloud Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

هدف این درس ایجاد درک عمیق مفاهیم و بخش‌های تشکیل‌دهنده یک سیستم رایانش ابری است. در این درس زیرساخت‌های سیستم‌های ابری و به‌کارگیری آنها مورد توجه قرار می‌گیرد و به معرفی پیشرفت‌های اخیر در سخت‌افزار و نرم‌افزار، معماری سیستم، ابزارها و مکانیزم‌ها و مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در سیستم‌های ابری پرداخته می‌شود. همچنین چگونگی ساخت کلاسترهای کارا، شبکه‌های مقیاس‌پذیر و مراکز داده خودکار در محیط ابری بررسی می‌شوند.

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند بینش مناسبی در موارد زیر خواهند داشت:

- کسب دیدگاه مهندسی در شناخت ویژگی‌های سیستم رایانش ابری برای کاربردهای مختلف
- چگونگی انتقال چند پردازنده‌ای‌ها و کامپیوترهای خوشه‌ای برای استفاده‌های فراگیر به ابرها
- سطوح مختلف سرویس‌های ابر و موازنه مزیت‌های آنها
- مفاهیم جدید برنامه‌نویسی در رایانش ابری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
- مقدمه‌ای بر رایانش ابری
- رایانش مقیاس‌پذیر در سطح اینترنت
- مدل‌های خدمت در رایانش ابری (SaaS, PaaS, and IaaS)
- ماشین مجازی و مجازی‌سازی در ابر
- مدل‌های سیستمی برای رایانش توزیعی و ابری
- محیط‌های نرم‌افزاری برای سیستم‌های توزیعی و ابری
- مکانیزم‌ها در سیستم‌های ابری

- کارایی، امنیت و بهره‌وری انرژی
- طراحی معماری ابرهای رایانش و ذخیره‌سازی
- زمانبندی در مقیاس بالا (job scheduling at scale)
- مدیریت منابع مراکز داده در مقیاس بالا و شرح نمونه‌های عملیاتی آن (مانند Borg and Kubernetes)
- ابر تجاری و مدل اقتصادی فروش خدمات
- مقدمه‌ای بر مباحث محاسبات در لبه (edge computing) و محاسبات بدون خدمتگزار (server-less computing)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Buyya et. al., *Mastering Cloud Computing, Foundations and Applications Programming*, Elsevier Science, 2013.
[2] D.C. Marinescu, *Cloud Computing, Theory and Practice*, Morgan Kaufmann, 2013.
[3] K. Chandrasekaran, *Essentials of Cloud Computing*, CRC Press, 2014.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های سایبرفیزیکی (CE5440)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Cyber-Physical Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش سیستم‌های کامپیوتری می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با مفهوم سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا به‌عنوان سیستمی متشکل از سه بخش محاسباتی، ارتباطات و فیزیکی است و در طول درس چالش‌های مربوط به پویایی، گستردگی، پراکندگی و تنوع اجزای سیستم و نیازمندی‌های ارتباطی و محاسباتی معرفی می‌شود و دانشجو ویژگی‌ها و مسائل مربوط به اجزای سیستم در سطوح تجرید مختلف، نحوه اطمینان از صحت عملکرد سیستم، انواع مدل‌ها و پروتکل‌های ارتباطی و مشخصه‌ها و رویکردهای تأمین نیازمندی‌های آن را فرا می‌گیرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
  - سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - حوزه‌های کاربردی
  - اشتراکات و تمایزات با سیستم‌های نهفته
  - ویژگی‌ها، فرصت‌ها، چالش‌ها و محدودیت‌ها
- مشخصه‌ها و نیازمندی‌های سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - بی‌درنگی، قابلیت اطمینان، ایمنی، دسترس‌پذیری، امنیت و مصرف انرژی
  - رویکردهای تأمین و تضمین آن‌ها
- بی‌درنگی، زمان‌بندی و تخصیص منابع
  - انواع سیستم‌های بی‌درنگ
  - الگوریتم‌های زمان‌بندی و تخصیص منابع در سیستم‌های بی‌درنگ توزیع‌شده
- ارتباطات در سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ارتباطات درون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
  - ارتباطات برون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
- بسترهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ساختار گره‌های پردازشی، حسگرها، عملگرها
  - لایه‌های پردازشی، سیستم عامل و برنامه‌های کاربردی

- امنیت در تعامل با لایه بن‌سازه (Platform)
- فناوری‌های نوین مبتنی بر سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - معرفی چند مثال واقعی و تشریح و تحلیل ساختار و رفتار یک نمونه عملی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Alur, *Principles of Cyber-Physical Systems*, MIT Press, 2015.
[2] A. Platzer, *Foundations of Cyber-Physical Systems*, Lecture Notes, Computer Science Department, Carnegie Mellon University. 2016.
[3] E. A. Lee and S. A. Seshia, *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*, The MIT Press; 2nd edition, December 2016.
[4] P. Marwedel, *Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems*, *and the Internet of Things*, Springer, 2017.

عنوان درس به فارسی:	نظریه بهینه‌سازی و کاربردهای آن در شبکه (CE5651)		
عنوان درس به انگلیسی:	Optimization Theory with Network Applications	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

نظریه بهینه‌سازی جایگاه مهمی در مسائل کاربردی و پژوهشی شبکه‌های کامپیوتری دارد. این درس به معرفی نظریه، روش‌های حل، و الگوریتم‌های انواعی از مسائل بهینه‌سازی از جمله مسائل مقید، بهینه‌سازی محدب، برنامه‌ریزی خطی، و برنامه‌ریزی خطی صحیح می‌پردازد. علاوه بر آن، نحوه مدل‌سازی مسائل مختلف شبکه‌های کامپیوتری در قالب یک مسئله بهینه‌سازی مورد بحث قرار گرفته و ابزارهای حل این مسائل معرفی می‌گردد. هدف این درس ایجاد توانمندی‌های زیر در دانشجویان است:

- تشخیص دسته‌های مختلف مسائل بهینه‌سازی، ویژگی‌ها و شرایط بهینگی، پیچیدگی و الگوریتم‌های حل مسئله
- استفاده از زبان‌های مدل‌سازی مسائل بهینه‌سازی
- به‌کارگیری ابزارهای حل مسائل بهینه‌سازی
- مدل‌سازی مسائل شبکه در قالب مسائل بهینه‌سازی

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مرور پیش‌زمینه ریاضی
  - مرور مباحث مورد نیاز از جبر خطی
  - مرور مباحث مورد نیاز از حسابان
- مقدمه نظریه بهینه‌سازی
  - ساختار کلی مسائل بهینه‌سازی
  - مفاهیم مرتبط با حل مسئله
  - معرفی انواع مسائل بهینه‌سازی
- بهینه‌سازی بدون قید
  - معرفی مسائل بهینه‌سازی بدون قید، ویژگی‌های مسائل بدون قید و شرایط بهینگی آن‌ها
  - الگوریتم‌های حل شامل جستجوی خط و ناحیه اطمینان
- شکل کلی بهینه‌سازی مقید
  - معرفی مسائل بهینه‌سازی مقید، ویژگی‌های مسائل مقید و شرایط بهینگی KKT

- الگوریتم‌های حل شامل روش‌های جداساز (barrier) و جریمه
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل بهینه‌سازی مقید

– بهینه‌سازی محدب
- مجموعه و توابع محدب
- معرفی مسائل بهینه‌سازی محدب
- ویژگی‌های مسائل محدب و شرایط بهینگی آن‌ها
- قضیه دوگان و کاربردهای آن
- الگوریتم‌های و ابزارهای حل
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل بهینه‌سازی محدب

– برنامه‌ریزی خطی
- معرفی مسائل برنامه‌ریزی خطی و ویژگی‌های آن‌ها
- الگوریتم سیمپلکس (simplex) و حالت‌های خاص آن
- دوگان در برنامه‌ریزی خطی و تحلیل حساسیت
- ابزارهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به فرم مسائل برنامه‌ریزی خطی

– برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح
- معرفی مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح و ویژگی‌های آن‌ها
- مروری بر نظریه پیچیدگی و بررسی پیچیدگی مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح
- دوگان در برنامه‌ریزی خطی و تحلیل حساسیت
- روشهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح، حالت خاص کاملاً تک‌پیمانه‌ای (totally uni-modular)، روش صفحه برشی (cutting plane)، و روش شاخه‌گزینی و کران‌گذاری (branch and bound)
- ابزارهای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی صحیح
- مدل‌سازی مثال‌هایی از مسائل شبکه به شکل مسائل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح
- مروری بر روش‌های آزادسازی و تجزیه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Nocedal and S. Wright, *Numerical Optimization,* Springer, 2006.
[2] S. Boyd and V. Lieven, *Convex Optimization*, Cambridge University Press, 2004.
[3] R. Vanderbei, *Linear Programming: Foundations and Extensions,* Springer, 2001.
[4] W. L. Winston and J. B. Goldberg, *Operations Research: Applications and Algorithms*, Thomson Brooks/Cole, 2004.
[5] M. Pióro and M. Deep, *Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and Computer Networks*, Elsevier, 2004.
[6] D. S. Chen, R. G. Batson, and Y. Dang, *Applied Integer Programming: Modeling and Solution*, John Wiley & Sons, 2011.

عنوان درس به فارسی:	نظریه اطلاعات و کدینگ (CE5652)		
عنوان درس به انگلیسی:	Coding and Information Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی در این درس آشنایی دانشجویان با جنبه‌های مخابراتی شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس مبانی نظریه اطلاعات برای اندازه‌گیری اطلاعات و میزان انتقال اطلاعات ارسال شده در یک سیستم مخابراتی و همچنین روش‌های کدینگ منبع و کانال ارائه می‌شود. درس در سه بخش کلی تنظیم شده است. در بخش یکم، ابتدا مفاهیم آنتروپی نسبی و اطلاعات متقابل معرفی می‌شود و با استفاده از آن، نرخ اطلاعات یک منبع و نرخ اطلاعات ارسال شده از طریق یک کانال و ظرفیت کانال تعریف می‌گردد. سپس با مدل‌سازی منابع و کانال‌های بدون حافظه و با حافظه با استفاده از روشهای مبتنی بر احتمال، آنتروپی منابع و ظرفیت کانال محاسبه می‌گردد. در بخش دوم، به کدگذاری منبع و روش‌های مختلف کدگذاری یک منبع اطلاعات با هدف کاهش افزونگی اطلاعات موجود در نمادهای خروجی آن پرداخته می‌شود. مفاهیمی مانند کدهای لحظه‌ای و یکتا و طول متوسط کد نیز به عنوان ملاک مقایسه روش‌ها معرفی شده و به‌صورت نظری کران پایین برای طول متوسط کد به‌دست می‌آید. برخی از روشهای مشهور کدگذاری منبع مانند کد هافمن، شانون-فانو-الیاس نیز معرفی می‌گردد. در بخش سوم، کد کردن کانال با هدف ایجاد امکان تشخیص و تصحیح خطا در کانال مورد بحث قرار می‌گیرند. دو دسته کلی این کدگذارها یعنی نوع بلوکی و پیچشی توضیح داده شده و معمول‌ترین روش‌های کدگشایی برای هر یک معرفی می‌گردد. مروری بر نقش نظریه اطلاعات در برخی از کاربردها مانند داده‌کاوی، تشخیص الگو، و امنیت اطلاعات از دیگر اهداف این درس است. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول نظریه اطلاعات و کدینگ
- شناخت انواع کاربردهای نظریه اطلاعات و کدینگ

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معرفی بلوک دیاگرام سیستم‌های مخابراتی
  - سوالات اساسی در نظریه اطلاعات
- اندازه‌گیری اطلاعات
  - آنتروپی، آنتروپی مشترک، آنتروپی مشروط، آنتروپی نسبی، اطلاعات متقابل

- نرخ آنتروپی منابع بدون حافظه
- نرخ آنتروپی منابع با حافظه، زنجیره مارکوف

– خاصیت مجانبی افراز متعادل (Asymptotic Equipartition Property)

– ظرفیت کانال‌های گسسته
- تعاریف کانال گسسته و ظرفیت کانال
- محاسبه ظرفیت کانال‌های گسسته بدون حافظه
- قضایای شانون (حد نهایی نرخ منبع، رابطه ظرفیت کانال و نرخ کدگذاری کانال)

– ظرفیت کانال‌های گوسی
- آنتروپی پیوسته
- ظرفیت کانال گاوسی پیوسته

– کدگذاری منبع و فشرده‌سازی اطلاعات
- تعاریف: طول متوسط کد، کدهای لحظه‌ایی، کدهای یکتا، نامساوی Kraft، کران پایین طول متوسط کدهای بهینه
- کدهای هافمن، کدهای شانون-فانو-الیاس
- اعوجاج نرخ (rate distortion)، فشرده‌سازی با اتلاف، فشرده‌سازی بدون اتلاف

– کدگذاری کانال
- مفهوم کدگذاری کانال
- کدهای خطی بلوکی
- کدهای پیچشی

– کاربردهای نظریه اطلاعات
- کاربرد نظریه اطلاعات در داده‌کاوی
- کاربرد نظریه اطلاعات در بازشناسی الگو
- سایر کاربردهای نظریه اطلاعات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. M. Cover and J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, Wiley, 2006.
[2] R. Ash, *Information Theory,* Wiley, 1965.
[3] C. Shuli, *Error Control Coding*, Prentice-Hall, 2004.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	فرایندهای تصادفی (CE5653)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Stochastic Processes			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

با توجه به ماهیت تصادفی دنیای واقعی، بحث فرایندهای تصادفی در بسیاری از مسائل مهندسی کامپیوتر و از جمله مسائل شبکه‌های کامپیوتری مطرح است. هدف این درس بررسی اصولی و مبنایی فرایندهای تصادفی و کاربرد آن در شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس پس از معرفی فرایندهای تصادفی به ویژگی‌های آنها پرداخته شده و سپس کاربردهای آن در حوزه شبکه‌های کامپیوتری مورد مطالعه قرار می‌گیرند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول فرایندهای تصادفی و ویژگی‌های آن‌ها
- شناخت انواع کاربردهای فرایند تصادفی در سیستم‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه احتمال و متغیرهای تصادفی
- دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی
- ایستایی در فرایندهای تصادفی
- سیستم‌های خطی تصادفی
- چگالی طیف توان
- ارگادیک بودن یک فرایندهای تصادفی
- فرایندهای تصادفی خاص (فرایند پوآسون، فرایند حرکت براونی و مانند آن)
- نظریه تخمین
- آزمون فرضیه
- فرایندهای مارکوف
- نظریه صف
- مدل‌های مارکوف پنهان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی و آموزشی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Papoulis and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw Hill, 2002.
[2] S. Ross, *Probability Models for Computer Science*, Harcourt Academic Press, 2002.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل شبکه‌های پیچیده (CE5301)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Complex Networks Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا نمودن دانشجویان با فنون تحلیل و پردازش داده‌های شبکه‌ای پیچیده است. در این درس، شبکه‌های پیچیده و انواع آنها به صورت نظری و تجربی تحلیل می‌گردند. همچنین مسئله‌هایی مانند مدل‌های تصادفی، بیشینه‌سازی تاثیر، بهینه‌سازی انتشار، فرایندهای شکل‌گیری، تحلیل پیوندها، ساختار جوامع و خوشه‌بندی، پیش‌بینی پیوندها، یادگیری بازنمایی، و مرکزیت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی شبکه‌های پیچیده
  - مثال‌ها و کاربردها
- مدل گراف تصادفی
  - تجزیه و تحلیل نظری و تجربی
  - معیارهای شبکه (توزیع درجه، ضریب خوشه بندی، قطر)
- پدیده دنیای کوچک
  - مدل‌ها
  - تجزیه و تحلیل نظری و عملی طول مسیر متوسط و ضریب خوشه‌بندی
- بیشینه کردن تاثیر در شبکه‌های پیچیده
  - رفتار آبشاری اطلاعات در شبکه‌های پیچیده و مدل آبشاری مستقل
  - بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و کاربرد آن در بیشینه سازی انتشار اطلاعات
- بهینه‌سازی انتشار در شبکه‌های پیچیده
  - کشف انتشار
  - الگوریتم‌های مختلف کشف انتشار (الگوریتم مبتنی بر بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و الگوریتم CELF)
- فرایندهای تشکیل شبکه

- توزیع درجه قانون توان، شبکه‌های فارغ از مقیاس، و پایداری آنها
- روش‌های شکل‌گیری شبکه‌های پیچیده (اتصال ترجیحی و شبکه‌های کرونِکر

– تجزیه و تحلیل پیوند
- الگوریتم HITTS
- الگوریتم PageRank و الگوریتم PageRank شخصی شده
- قدم‌زدن تصادفی

– ساختار انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
- روابط (یال‌های) ضعیف و قوی و قدرت روابط ضعیف
- الگوریتم گیروان‌نیومن برای استخراج انجمن‌ها
- استفاده از پیمآنهای بودن برای تعیین تعداد انجمن‌ها و استخراج آن‌ها

– الگوریتم‌های طیفی برای خوشه‌بندی شبکه‌های پیچیده
- برش گراف و ضریب هدایت
- الگوریتم‌های طیفی و تحلیل نظری دقت آن‌ها

– تجزیه و تحلیل همپوشانی انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
- همپوشانی انجمن‌ها و مدل‌سازی شبکه‌های پیچیده برای آن‌ها
- الگوریتم CPM برای پیدا کردن انجمن‌های همپوشان

– پیش‌بینی پیوند در شبکه‌های پیچیده
- روش‌های مبتنی بر نمایه‌ها
- روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین

– استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده
- ساختن کارای گراف k نزدیک‌ترین همسایه و الگوریتم KNN-Descent
- استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده با استفاده از روابط مستقیم و غیرمستقیم

– یادگیری بازنمایی در شبکه‌های پیچیده
- روشهای مبتنی بر قدم‌زدن تصادفی
- الگوریتم node2vec

– مرکزیت‌ها در شبکه‌های پیچیده
- بینابینی، بردار ویژه، نزدیکی، و Katz

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Kleinberg, *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly* Easley,.D *Connected World*, Cambridge University Press, 2010.
[2] T. C. Silva, L. Zhao, *Machine Learning in Complex Networks*, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین کاربردی (CE5550)*		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Machine Learning			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک می‌باشد

هدف کلی:

امروزه یادگیری ماشین در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی کاربرد فراوان یافته است. هدف این درس آشنایی دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی با یادگیری ماشین به‌صورت کاربردی است. در این درس الگوریتم‌های مختلفی که قادر به یادگیری از داده‌ها و تجربیات هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، مثال‌ها و پروژه‌های کاربردی در هر زمینه مطرح می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مروری بر انواع روش های یادگیری ماشین و کاربردها)
- آشنایی با داده (پیش پردازش، مصور سازی، معیارهای شباهت و فاصله)
- یادگیری تحت نظارت
- رگرسیون
  - خطی- غیرخطی-چندمتغیره
  - روش‌های بهینه سازی
  - مصالحه بایاس و واریانس
  - منظم‌سازی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- دسته‌بندی
  - K نزدیک‌ترین همسایه
  - درخت تصمیم
  - دسته‌بندهای بیزین
  - رگرسیون لجستیک
  - شبکه‌های عصبی
  - ماشین بردار پشتیبان- شگرد هسته
  - روش‌های تجمعی
  - معیارهای ارزیابی

- آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- یادگیری بدون نظارت
- خوشه‌بندی
  - مبتنی بر تقسیم‌بندی فضا (K-means, k-medoids, kernel k-means)
  - سلسله مراتبی
  - مبتنی بر چگالی (DBSCAN)
  - فازی
  - مبتنی بر مدل‌های آماری ترکیبی
  - معیارهای ارزیابی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- کاهش ابعاد
  - تحلیل مولفه‌های اساسی PCA
  - تحلیل نهان دیریکله LDA
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم‌های ژنتیک
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Tom Mitchell, Machine Learning, McGraw Hill, 1997

عنوان درس به فارسی:	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (CE5331)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Algorithmic Game Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

این درس به بررسی نظریه بازی‌ها و سیستم‌های چندعاملی و معرفی ابزارهای لازم برای تحلیل آنها می‌پردازد. همچنین مبحث طراحی مکانیزم و راهکارهای طراحی بهینه آن در این درس بررسی خواهد می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- بازی‌ها
  - مقدمات و تعاریف
  - نقطه تعادل نش و مباحث مربوط به محاسبه‌ی آن در حالت‌های مختلف
  - هزینه آشوب
- طراحی مکانیزم
  - مقدمه، قضایای انکارناپذیری، مکانیزم VCG و مثال‌ها
  - مکانیزم‌های صادق و طراحی با پرداخت
  - طراحی مکانیزم‌های بدون پرداخت
  - مزایده‌های ترکیبیاتی
  - شبکه‌های اجتماعی و مسائل مربوط به آن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] N. Nisan, T. Rougharden, E, Tardos, and V. Vaziran, *Algorithmic Came Theory*, Cambridge University Press, 2007.
[2] Y. Shoham, and K L. Brown, *Multiagents Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2008.

عنوان درس به فارسی:	الگوریتم‌های پیشرفته (CE5345)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های پیشرفته تحلیل و طراحی الگوریتم‌ها است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تحلیل احتمالاتی و الگوریتم‌های تصادفی
- تحلیل سرشکن
- جریان بیشینه در شبکه
- برنامه‌ریزی خطی
- نظریه پیچیدگی محاسباتی
- الگوریتم‌های تقریبی
- هندسه محاسباتی
- تطابق رشته‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, C. Stein, *Introduction to Algorithms*, MIT Press, 2009.
[2] V. Vazirani, *Approximation Algorithms*, Springer, 2004.

امنیت سایبری

عنوان درس به فارسی:	امنیت کامپیوتر (CE5201)		
عنوان درس به انگلیسی:	Computer Security	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ■	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم اصلی امنیت کامپیوتر و روش‌های طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های کامپیوتری امن است. انواع خط‌مشی‌ها و مدل‌های امنیتی معرفی شده و روش‌های اِعمال آن‌ها ارائه می‌گردد. همچنین، فنون مختلف کنترل دسترسی و تصدیق اصالت در سیستم‌های کامپیوتری بررسی می‌شود. تضمین امنیت سیستم و نیز استانداردهای موجود در این حوزه از دیگر موضوعات این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مفاهیم پایه
  - امنیت کامپیوتر، محرمانگی، صحت، دسترس‌پذیری، تهدید، آسیب‌پذیری، حمله
  - خط‌مشی و مدل امنیتی، مکانیزم امنیتی
  - دسته‌بندی تهدیدها و حمله‌های امنیتی
  - نرم‌افزار بدخواه: اسب تِروا، ویروس، کِرم
- خط‌مشی‌ها و مدل‌های امنیتی
  - انواع خط مشی‌های امنیتی
  - مدل محرمانگی بل-لاپاجولا
  - امنیت جریان اطلاعات، عدم تداخل
  - مدل صحت بیبا، مدل کِلارک- ویلسون
  - مدل دیوار چینی
- هویت دیجیتال و نظام‌های هویت
  - هویت دیجیتالی، هویت اشیا، کاربران، گروه‌ها، و نقش‌ها
  - هویت در وب و اینترنت
  - روش‌های تصدیق اصالت کاربر: گذرواژه، توکن، زیست‌سنجی
  - حمله به سیستم‌های تصدیق اصالت
- مکانیزم‌های کنترل دسترسی

- لیست‌های کنترل دسترسی و لیست‌های شایستگی، پیاده سازی در سیستم‌های عامل یونیکس و ویندوز
- کنترل دسترسی مبتنی بر نقش (RBAC)
- کنترل دسترسی قفل و کلید، کنترل دسترسی مبتنی بر حلقه

– محاسبات قابل اعتماد
- اصول طراحی سیستم‌های امن
- مفهوم سیستم‌های قابل اعتماد
- مدول سکّوی قابل اعتماد
- معماری امنیتی FLASK
- سیستم عامل لینوکس با امنیت بهبود یافته (SELinux)

– هسته‌های امنیتی
- مفاهیم پایه
- انواع سیستم‌های عامل قابل اعتماد
- بررسی هسته امنیتی سیستم عامل مالتیکس

– کانال‌های نهان و تحلیل آن‌ها
- جداسازی
- ماشین‌های مجازی و جعبه شنی
- تشخیص و تحلیل کانال‌های نهان
- حذف کانال‌های نهان

– تضمین و ارزیابی امنیت سیستم‌ها
- اصول طراحی سیستم‌های امن
- مفاهیم مرتبط با تضمین امنیت
- استانداردهای TCSEC و CC
- معرفی چند پروفایل حفاظتی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Bishop, *Computer Security, Art and Science*, 2nd Edition, Addison-Wesley, 2019.

[2] W. Stallings, and L. Brown, *Computer Security: Principles and Practice,* 4th Edition, Pearson Education, 2017.

عنوان درس به فارسی:	رمزنگاری کاربردی (CE5202)		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Cryptography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ■	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ☐	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس مطالعه توابع محافظت از اطلاعات برای فراهم آوردن خدمت‌هایی مانند محرمانگی، تصدیق اصالت، و صحت پیام است. علاوه بر معرفی این توابع، اصول طراحی و تحلیل آن‌ها نیز مورد نظر است. برای این منظور، مبانی ریاضی مورد نیاز مورد بحث قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - نیاز به خدمت‌های امنیتی در سیستم‌های کامپیوتری و ارتباطی
  - مفاهیم پایه: امنیت مطلق، امنیت عملی، سناریوهای حمله
- پیش زمینه‌های لازم
  - نظریه اطلاعات، نظریه اعداد، و نظریه پیچیدگی
  - ایهام کلید، فاصله یگانگی، و مدل رمز تصادفی (random cipher)
- رمزنگاری کلاسیک
  - سیستم‌های رمز تک الفبایی جانشینی و جایگشتی و تحلیل آن‌ها
  - سیستم‌های رمز چندالفبایی و تحلیل آن‌ها
- سیستم‌های رمزنگار مدرن
  - سیستم‌های رمزنگاری دنباله‌ای و قطعه‌ای
  - انواع سیستم‌های رمز دنباله‌ای
  - ساختار سیستم‌های رمزنگار قطعه‌ای
  - معرفی سیستم‌های رمزنگار مدرن DES و ویژگی‌های آن
  - معرفی AES، RC5, Blowfish, IDEA , FEAL, Serpent
- تحلیل الگوریتم‌های رمز قطعه‌ای و روش‌های تحلیل خطی و تفاضلی
  - مقدمه‌ای بر تحلیل
  - تحلیل خطی و تحلیل تفاضلی DES

- ویژگیها و طراحی S-box مطلوب الگوریتم‌های رمزنگاری
- رمزنگاری با کلید عمومی
  - توصیف الگوریتم‌های با کلید عمومی، دیفی- هلمن، RSA و بررسی امنیت آن، رمز ویلیامز، رمز الجمال
  - سیستم‌های رمز با مسئله کوله‌پشتی
  - رمزهای با کدهای جبری، رمزنگاری منحنی بیضوی و تحلیل آن‌ها
- تولید اعداد اول
  - روش‌های قطعی و احتمالاتی
  - آزمون ضعیف
  - آزمون قوی
  - الگوریتم فاکتورگیری، گَربال درجه دو
- تصدیق اصالت و صحت داده‌ها
  - مفاهیم پایه
  - طرح تصدیق اصالت فیات- شامیر، الجمال، RSA
  - مسئله زندانبان و کانال نهان، طرح‌های کانال نهان، توابع MAC
  - طرح‌های تصدیق اصالت و A-Code، نظریه بازی و حمله جعل هویت
- امضای رقمی
  - انواع پروتکل‌های امن، مفاهیم پایه امضای رقمی، طرح‌های امضای رقمی ساده، طرح رابین، طرح ماتیاس، امضای RSA و انواع آن و نقاط ضعف
  - طرح امضای DSS
- طرح‌های توابع درهم‌سازی امن
  - طرح‌های ساده
  - پارادوکس روز تولد و تحلیل توابع هَش
  - حمله تلاقی‌درمیان و راهکارهای مقاوم سازی
  - توابع MD5، SHA، RIPEMD، هَش کلیددار، هَش بی‌کلید
  - استفاده از توابع درهم‌سازی به صورت موازی و سریال
- مدیریت کلید، مدول امن، کلیدگذاری چندلایه، دفترچه راهنمای کلید عمومی، گواهی و متولی گواهی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Seberry and J. Pieprzyk, *Cryptography: An Introduction to Computer Security,* Prentice-Hall, 1992.
[2] B. Schneier, *Applied Cryptography: Protocols, Algorithms and Source Code in C,* John-Wiley & Sons Inc., 1996.
[3] C. Meyer, S. Metyas, *Cryptography: A New Dimension in Computer Data Security,* John-Wiley & Sons Inc., 1982.
[4] A. J. Menezes, *Elliptic Curve Public Key Cryptosystems,* Kluwer Academic Publishers, 1993.

عنوان درس به فارسی:	امنیت شبکه (CE5603)*			
عنوان درس به انگلیسی:	Network Security		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

این درس مجموعه‌ای از مفاهیم و روش‌های امنیت شبکه را پوشش می‌دهد و برای دانشجویانی طراحی شده است که دانش پایه را در خصوص شبکه‌های کامپیوتری و الگوریتم‌های رمزنگاری دارند. در این درس انواع حمله‌ها به سیستم‌ها و شبکه‌های کامپیوتری و روش‌های تشخیص و مقابله با آن‌ها، کاربردهای رمزنگاری در امنیت شبکه و معماری شبکه‌های امن شامل سیستم‌های دفاع در لبه و فیلترینگ، روش‌ها و پروتکل‌های خدمات **AAA**، امنیت مسیریابی، روش‌های جلوگیری از نشت اطلاعات **(DLP)** و تکنولوژی‌های **VPN** پوشش داده می‌شود. مجموعه‌ای از فعالیت‌های آزمایشگاهی و مقاله‌های پژوهشی در طول درس ارائه می‌شود تا توازنی بین جنبه کاربردی و پژوهشی درس ایجاد شود. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- طراحی معماری امنیت شبکه‌های سازمانی و فراهم‌کنندگان سرویس
- شناخت روندهای صنعتی و پژوهشی نو در امنیت شبکه
- مهارت به‌کارگیری ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری در امنیت شبکه
- به کارگیری روش‌های مبتنی بر رمزنگاری
- مدیریت امنیت شبکه و سیستم

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مفاهیم امنیت شبکه
  - مدل‌ها و فرامدل‌های امنیت
- تهدیدها و حمله‌ها
  - طبقه‌بندی حمله‌ها
  - حمله‌های DoS، Sniffing، و Spoofing

- چرخه عمر بدافزارها، ویروس‌ها، کرم‌ها و بات‌ها
- حمله‌های لایه‌های پنج‌گانه و روش‌های مقابله با آن‌ها

– رمزنگاری کاربردی
- کاربردهای رمزنگاری در پروتکل‌های امنیت شبکه
- روش‌های توزیع کلید در شبکه‌های ثابت، سیار، و موردی
- روش‌های بی‌نامی و ناشناسی
- زنجیره بلوکی و کاربردهای آن در امنیت شبکه

– معماری شبکه‌های امن
- معماری SAFE برای امنیت شبکه‌های سازمانی
- معماری دیواره‌های آتش
- کنترل دسترسی در سیستم و شبکه (NAC) و معماری‌های آن
- روش‌های جلوگیری از نشت و از بین رفتن اطلاعات (DLP)
- امنیت مسیریابی
- سیستم‌های تشخیص نفوذ
- فناوری‌های VPN
- امنیت شبکه‌های بی‌سیم

– مباحث تکمیلی
- روندهای نو در امنیت شبکه
- روش‌های تحلیل ترافیک
- فورنسیک در شبکه
- امنیت اینترنت اشیا و حفظ حریم خصوصی
- امنیت در سرویس VoIP و IP Telephony
- فناوری‌های PCI-DSS، SET، و SDC
- کاربردهای پیشرفته رمزنگاری مانند امضاهای گروهی و MPC
- امنیت ابر و چندابری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Network Security Essentials: Application and Standard*, Prentice-Hall, 2011.
[2] M. Ciampa, *Security+ Guide to Network Security Fundamentals*, Cengage Learning, 2015.
[3] C. Douligeris and D. N. Serpanos, *Network Security: Current Status and Future Directions*, Wiley-IEEE Press, 2007.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	امنیت و حریم خصوصی داده (CE5203)		
عنوان درس به انگلیسی:	Data Security and Privacy		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

این درس دربرگیرنده موضوعات مربوط به امنیت و حریم خصوصی داده است. برای این منظور، مدل‌ها و معماری رابطه‌ای امن و نیز رویه‌های صحت و محرمانگی اطلاعات در پایگاه‌های داده بیان می‌شوند. همچنین، چالش‌های جدید مانند استنتاج داده، حریم خصوصی داده، و راه‌کارهای مربوط به آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مقدمه‌ای بر پایگاه‌های داده
  - معماری ANSI/SPARC
  - مدل رابطه‌ای
  - نیازهای امنیتی و مکانیزم‌های امنیتی در پایگاه داده
  - انواع مدل‌های امنیتی
- کنترل دسترسی اختیاری در پایگاه داده
  - مرور مدل‌های پایه اختیاری
  - کنترل دسترسی Take-Grant
  - کنترل دسترسی Wood
  - مدل اعطای اختیار در System R و گسترش آن
  - کنترل دسترسی در پایگاه‌داده‌های شیءگرا (مدل ORION)
- کنترل دسترسی اجباری در DBMS
  - مدل رابطه‌ای امن چندسطحی
  - مدل جاجودیا- سندهو
  - چند نمونگی
- پایگاه‌های داده آماری و مسئله استنتاج داده
  - انواع استنتاج
  - مدل پایگاه داده آماری

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی و آموزش

- معیار حساسیت
- حمله‌های استنتاج: انواع ردیاب‌ها، سیستم خطی، کلید مشخص، میانه، درج و حذف
- روش‌های مقابله با حمله‌ها: کنترل اندازه پرس‌وجو، کنترل اشتراک پرس‌وجو، پرس‌وجوهای مرتبط، روش افراز، درهم‌ریختگی پاسخ، پنهان‌سازی سلول

– حریم خصوصی
- تعریف حریم خصوصی و ماهیت آن
- انواع حریم خصوصی
- اصول حریم خصوصی
- پایگاه داده بقراطی

– مدل‌های گمنامی برای حریم خصوصی داده
- مقدمه‌ای بر احتمال
- حملات استنتاج در انتشار داده
- مدل گمنامی مرتبه k
- حملات به مدل گمنامی مرتبه k
- مدل گمنامی تنوع مرتبه L

– حریم خصوصی تفاضلی

– حریم خصوصی در شبکه‌های اجتماعی و سرویس‌های مکان محور

– طراحی پایگاه داده امن
- معماری‌های DBMS امن
- مکانیزم‌ها و مدل‌های صحت

– امنیت در محصولات تجاری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. G. Fugini, S. Castano, and G. Martella, *Database Security*, ACM Press, 1994.
[2] M. Gertz, S. Jajodia, *Handbook of Database Security: Applications and Trends*, Springer, 2007.
[3] M. Abrams, S. Jajodia, H. Podell, *Information Security: An Integrated Collection of Essays*, IEEE Computer Society Press, 1995.
[4] D. Denning, *Cryptography and Data Security*, Addison-Wesley, 1982.
[5] D. Denning, *A Review of Research on Statistical Database Security, Foundations of Secure Computation*, Academic Press, 1978.
[6] Elisa Bertino, Gabriel Ghinita and Ashish Kamra (2011), "Access Control for Databases: Concepts and Systems, *Foundations and Trends in Databases*: Vol. 3: No. 1–2, pp 1-148.
[7] B. Chen, D. Kifer, K. LeFevre and A. Machanavajjhala (2009), "Privacy-Preserving Data Publishing", *Foundations and Trends in Databases*: Vol. 2: No. 1–2, pp 1-167.
[8] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های نرم‌افزاری امن (CE5204)		
عنوان درس به انگلیسی:	Secure Software Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با چالش‌های اصلی در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های نرم‌افزاری و برنامه‌های کاربردی امن آشنا می‌سازد. اهمیت امنیت، انواع آسیب‌پذیری‌های نرم‌افزار، و چگونگی بهره‌بردن مهاجمان از آسیب‌پذیری‌ها از موضوعاتی هستند که در این درس مطرح می‌شوند. همچنین، دانشجویان می‌آموزند چگونه می‌توان به صورت روشمند با تلفیق امنیت و چرخه حیات توسعه نرم‌افزار با حمله‌ها مقابله کرد. برای این کار، لازم است دانشجویان تحلیل نیازمندی‌های امنیتی، مدل‌سازی تهدید، مدیریت مخاطرات امنیتی، برنامه‌نویسی امن، و نیز بازبینی و آزمون امنیتی را فراگیرند. همچنین، دانشجویان با برخی از ابزارهای موجود برای توسعه امن نرم‌افزار آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- امنیت نرم‌افزار
  - مسائل امنیتی در نرم‌افزار
  - ویژگی‌های امنیتی
  - آسیب‌پذیری و حمله‌ها
  - استانداردهای امنیتی
- چرخه حیات توسعه امنیتی
  - تحلیل نیازمندی‌های امنیتی
  - مدل‌سازی تهدید و تحلیل مخاطرات
  - طراحی امنیتی
  - برنامه‌نویسی امن
  - بازبینی امنیتی
  - تولید سیستم قابل اجرا
  - آزمون امنیتی
  - استقرار امن
  - ترمیم‌های امنیتی

- آزمون امنیتی
  - ارزیابی آسیب‌پذیری
  - طرحهای آزمون امنیتی
  - ابزارهای پوشش کد
  - موارد آزمون امنیتی
  - روشهای آزمون
  - آزمون نفوذ
  - آزمون فاز
  - تزریق خرابی
- امنیت مبتنی بر زبان
- امنیت در برنامه‌های تحت وب
- امنیت در برنامه‌های کاربردی موبایل

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. K. Talukder, and M. Chaitanya, *Architecting Secure Software Systems*, CRC Press, 2009.
[2] G. McGraw, *Software Security: Building Security In*, Addison-Wesley, 2006.
[3] M. Dowd, J. McDonald, and J. Schuh, *The Art of Software Security Assessment: Identifying and Preventing Software Vulnerabilities,* Addison-Wesley, 2006.
[4] A. Shostack, *Threat Modeling: Designing for Security*, Wiley, 2014.
[5] M. Howard, D. LeBlanc, J. Viega, *24 Deadly Sins of Software Security: Programming Flaws and How to Fix Them*, McGraw-Hill, 2009.
[6] M. Howard, and D. LeBlanc, *Writing Secure Code*, Microsoft Press, 2004.
[7] M. S. Merkow, and L. Raghavan, *Secure and Resilient Software Development,* CRC Press, 2010.

عنوان درس به فارسی:	پروتکل‌های امنیتی (CE5211)		
عنوان درس به انگلیسی:	Security Protocols	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، انواع پروتکل‌های امنیتی ارائه می‌شوند. همچنین، موضوع حمله به پروتکل و دفاع در مقابل آن از موضوعات این درس است. پروتکل‌های مبادله کلید، تصدیق اصالت و امضا، مدیریت حقوق دیجیتال، و رأی‌گیری الکترونیکی از پروتکل‌هایی هستند که در این درس مورد توجه قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف پروتکل امن
  - انواع پروتکل‌های امن
  - حمله به پروتکل
- بلوک‌های سازنده پروتکل‌های امن
  - استفاده از توابع امنیتی
  - رمزنگاری متقارن
  - توابع یک طرفه
  - توابع نامتقارن
  - امضای رقمی
  - امضای رقمی کور
  - امضای رقمی یک‌بارمصرف
  - طرح‌های امضای رقمی غیر قابل انکار
  - طرح‌های امضای رقمی رد ـ توقف
- پروتکل‌های ساده
  - پروتکل‌های مبادله کلید
  - تصدیق اصالت
  - تصدیق اصالت رمزشده

- رمزنگاری با کلید عمومی چندگانه
- تقسیم و اشتراک راز

– پروتکل‌های متوسط
- سرویس‌های مهر زمانی
- کانال نهان
- امضای رقمی با قابلیت عدم انکار
- امضای با تاییدکننده مشخص
- امضای نیابتی و گروهی
- محاسبه با اطلاعات رمزشده
- تعهد به مقدار بیت
- طرح‌های سکه‌اندازی منصفانه

– پروتکل‌های پیشرفته
- طرح‌های تصدیق هویت
- اثبات صفردانش
- امضای پول
- رمزنگاری کلید عمومی مبتنی بر هویت
- انتقال بی‌خبر
- امضای بی‌خبر
- امضای قرارداد به صورت توأمان
- نامه سفارشی

– پروتکل‌های خاص
- انتخابات امن
- محاسبات چندطرفه امن
- پخش بی‌نام پیام
- پول دیجیتال
- ریزپرداخت

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] B. Schnider, *Applied cryptography protocols, algorithms and source code in C*, Wiely, 1996.

[2] J. Seberry, and J. Pieprzyk, *Cryptography: An Introduction to Computer Security*, Prentice-Hall, 1992.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

عنوان درس به فارسی:	روش‌های صوری برای امنیت اطلاعات (CE5212)			
عنوان درس به انگلیسی:	Formal Methods for Information Security		نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با انواع مدل‌های صوری امنیت، به‌ویژه امنیت جریان اطلاعات، و نیز با روش‌های تحلیل صوری پروتکل‌های امنیتی آشنا می‌نماید. همچنین، دانشجویان با گذراندن این درس می‌توانند سیستم‌ها، اهداف امنیتی، و توانایی‌های مهاجم را به صورت صوری توصیف نموده و آنگاه اثبات نمایند سیستم داده شده، که می‌تواند یک برنامه یا پروتکل امنیتی باشد، اهداف امنیتی را برآورده می‌سازد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - روشهای صوری و کاربرد آن‌ها در تحلیل سیستم‌ها
  - مفاهیم
  - مزایا و نقاط ضعف
- امنیت جریان اطلاعات و عدم تداخل
  - مدل بِل-لاپاجولا
  - مدل جریان اطلاعات دِنینگ
  - مدل کوهِن
  - عدم تداخل
- امنیت جریان اطلاعات در سیستم‌های غیرقطعی
  - عدم تداخل اِمکانی
  - مدل سادرلَند و نااستنتاج‌پذیری
  - اصلاح‌پذیری پیشرو
  - مدل محدودیت
  - ویژگی‌های امنیتی تلفیق‌پذیر
  - چارچوب‌های تعریف عدم تداخل امکانی
  - عدم تداخل در سیستم‌های همروند

- عدم تداخل احتمالاتی برای سیستم‌های همروند و چندریسمانی
- قطعیت مشاهده‌ای
- عدم تداخل مستقل از زمان‌بند

– رویکرد کمّی به امنیت جریان اطلاعات
- تداخل و عدم تداخل کمّی
- آنتروپی و جریان اطلاعات
- اندازه‌گیری جریان اطلاعات و عدم تداخل تقریبی

– اِعمال خط‌مشی‌های جریان اطلاعات
- روش‌های ایستا
- نظارت و اِعمال زمان‌اجرا
- سیاست‌های امنیتی قابل اِعمال
- چنداجرایی امن
- شفافیت و دقت روش‌های اِعمال سیاست‌های امنیتی

– تحلیل صوری پروتکل‌های امنیتی
- ضرورت
- مثال‌ها
- مدل دُلو-یائو

– مدل‌سازی پروتکل‌ها
- استفاده از منطق
- حساب فرآیندها
- حساب پی
- پیام‌ها و استنتاج
- نظریه موازنه‌ای
- هم‌ارزی ایستا

– توصیف ویژگی‌های امنیتی
- رخدادها
- محرمانگی
- تصدیق اصالت و موضوع توافق

– راستی‌آزمایی خودکار
- استخراج سیستم قیود
- حل قیود
- ناتصمیم‌پذیری
- استفاده از بندهای هورن

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- رویکردهای دیگر به تحلیل صوری پروتکل‌ها
  - وارسی مدل
  - فضاهای استرند
  - سیستم‌های نوع و تحلیل پیاده‌سازی پروتکل
- موضوعات تکمیلی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] V. Cortier, and S. Kremer, *Formal Models and Techniques for Analyzing Security Protocols*, IOS Press, 2011.
[2] P. Ryan, and S. Schneider, *The Modelling and Analysis of Security Protocols: The CSP Approach,* Addison-Wesley Professional, 2000.
[3] G. Bella, *Formal Correctness of Security Protocols*, Springer, 2007.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	فورنسیک کامپیوتری (CE5213)		
عنوان درس به انگلیسی:	Computer Forensic	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، مفاهیم و روش‌های تحلیل رسانه‌های دیجیتال ارائه می‌گردند. موضوعاتی مانند تحلیل کامپیوتر، نفوذهای شبکه، تحلیل نرم‌افزارهای بدخواه، تحلیل لاگ‌های شبکه، و تحلیل حافظه در این درس مطرح می‌شوند. تمرکز اصلی درس بر روی تحلیل دیسک سخت، مصنوعات فورنسیک کامپیوتری یافته شده بر روی سیستم عامل ویندوز و متدولوژی‌های بازیابی آن است. همچنین، مسئله پی‌جویی نفوذهای شبکه بررسی می‌گردد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - منابع و انواع شواهد دیجیتال
  - مباحث حقوقی فورنسیک کامپیوتری
- جمع‌آوری فورنسیک کامپیوتری از رسانه‌های مختلف
  - جلوگیری از نوشتن و سلسله حفاظت
  - مفاهیم فضای بیهوده، مهر زمانی، و تحلیل زمانی. حسابهای کاربری و انتساب عملیات
- تحلیل در سطح سیستم عامل
  - تحلیل مصنوعات فورنسیک کامپیوتری
  - تحلیل لاگ‌ها
  - تحلیل شواهد دیجیتال بر روی سیستم‌های عامل متداول مانند ویندوز ، لینوکس و اندروید
- تحلیل فورنسیک کامپیوتری نرم‌افزارهای بدخواه
  - تحلیل روت‌کیت‌ها
  - تحلیل حافظه فرار
  - تحلیل پویای نرم‌افزارهای بدخواه
- تحلیل شبکه
  - تحلیل پشته شبکه TCP/IP
  - تحلیل فعالیت در وب، ایمیل، و سرویس‌های پیام‌رسانی

- مفاهیم پیشرفته در فورنسیک کامپیوتری
  - پی‌جویی فورنسیک کامپیوتری سیستمهای نظیربه‌نظیر
- انتساب حمله‌های سایبری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] E. Casey, *Digital evidence and computer crime*, Academic Press, 2011.
[2] R. P. J. Evans, *Windows 10 forensic analysis*, Blurb, 2017.
[3] P. Polstra, *Linux forensics*, Penster Academy, 2015.

عنوان درس به فارسی:	رمزنگاری کاربردی پیشرفته (CE5214)		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Applied Cryptography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مباحث پیشرفته در حوزه رمزنگاری مانند تعریف صوری رمزنگاری و مدل‌های امنیت، ساختارهای پایه، و مباحث مربوط به رمزنگاری کوانتومی است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- ریاضیات رمزنگاری
  - مروری بر نظریه پیچیدگی اطلاعات و کاربردهای آن در رمزنگاری
  - نظریه اعداد: دستگاه معادلات هم‌نهشتی و قضایای مربوط به آن، اعداد اول، ریشه‌های اولیه، نمادهای لژاندر و ژاکوبی، مسئله لگاریتم گسسته
  - نظریه گروه: هم‌مجموعه‌ها و روابط هم‌ارزی در گروه‌ها، زیرگروه‌های نرمال، گروه‌های خارج قسمتی
  - نظریه حلقه و میدان: حلقه چندجمله‌ای‌ها، حلقه‌های خارج قسمتی، میدان‌های متناهی، توسعه میدان‌ها و چند جمله‌ای‌ها
- تعریف صوری رمزنگاری و مدل‌های امنیت
  - رمزنگاری بدون شرط
  - امنیت پیچیدگی
  - امنیت قابل اثبات
  - امنیت محاسباتی
  - امنیت موردی
- ساختارهای پایه
  - توابع یک طرفه
  - توابع دریچه‌ای یک‌طرفه
  - مولد شبه تصادفی
  - توابع شبه تصادفی
  - جایگشت‌های یک‌طرفه

- اثبات‌های صفردانش
  - رمزنگاری هم‌ریخت
  - رمزنگاری مبتنی بر ویژگی
  - بازیابی محرمانه اطلاعات
- رمزنگاری پساکوانتومی
  - مقدمه‌ای بر محاسبات کوانتومی
  - مسئله پاسخ صحیح کوتاه (SIS)
  - توابع درهم‌سازی مبتنی بر SIS
  - امضاهای مبتنی بر مشبکه
  - مسئله یادگیری با وجود خطاها (LWE)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. Boneh, and V. Shoup, *A Graduate Course in Applied Cryptography*, Stanford University, 2017.
[2] D. R. Stinson, *Cryptography: Theory and Practice*, 3rd edition, CRC Press, 2006.
[3] J. A. Anderson, J. M. Bell, *Number Theory with Applications*, Prentice Hall, 1997.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	امنیت تجارت الکترونیکی (CE5215)		
عنوان درس به انگلیسی:	Electronic Commerce Security	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با چالش‌ها و مشکلات امنیتی در سیستم‌های تجارت الکترونیکی و راه‌حل‌های موجود در این حوزه است. از مهمترین موضوعاتی که این درس به آن می‌پردازد، امنیت پرداخت الکترونیکی است. در این درس، مدل‌های مختلف پرداخت و مسائل امنیتی مربوط به آن‌ها مورد بحث قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و مفاهیم اصلی
  - سیستم‌های تجارت الکترونیکی
  - نیازمندی‌های امنیتی در سیستم‌های تجارت الکترونیکی
- مروری بر سیستم‌های پرداخت
  - پرداخت نقدی
  - پرداخت با چک و حواله
  - پرداخت با کارت پرداخت
- معماری انواع کارتهای پرداخت
  - کارت مغناطیسی
  - کارت هوشمند
  - پروتکل EMV
  - پیاده‌سازی کیف پول الکترونیکی با شبیه ساز کارت جاوا
- سیستم‌های پرداخت حساب مرکزی
  - معماری سیستم‌های پرداخت حساب مرکزی
  - مدل‌های کسب و کار سیستم‌های پرداخت حساب مرکزی
  - معماری، خدمات، و پیکربندی PayPal
  - دیگر سیستم‌های پرداخت حساب مرکزی
- سیستم‌ها و استانداردهای ریزپرداخت الکترونیکی

- ریزپرداخت و کاربردهای آن
- سیستم‌های مختلف ریزپرداخت
- Payword, Jalda, Micromint
- سیستم‌ها و استانداردهای پرداخت چک الکترونیکی
  - انواع سیستم‌های چک الکترونیکی
  - مدل FSTC
- سیستم‌ها و استانداردهای پرداخت پول الکترونیکی
  - انواع و ویژگی‌های پول الکترونیکی
  - Ecash
- سیستم‌ها و استانداردهای پرداخت سیار الکترونیکی
  - مفاهیم
  - توکن‌سازی
  - انواع سیستم‌های پرداخت سیار
  - Apple Pay, Google Wallet
- زنجیره بلوکی و قراردادهای هوشمند
  - مفاهیم مرتبط با زنجیره بلوکی
  - ساختار معماری و تراکنش‌های بیت‌کوین
  - اتریوم و قراردادهای هوشمند
  - اقتصاد توکن
- اعتماد در سیستم‌های تجارت الکترونیکی
  - تعریف اعتماد و شهرت
  - مدل‌های اعتماد
  - مدل‌های شهرت
  - حمله به سیستم‌های اعتماد و شهرت

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. OMahony, M. Pierce, and H. Tewori, *Electronic Payment Systems for E-Commerce*, Artech House, 1997.
[2] C. Radu, *Implementing Electronic Card Payment Systems*, Artech House, 2003.
[3] A. M. Antonopolis, *Mastering Bitcoin, Programming the open blockchain*, O'Reilly Press, 2017.

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های مدیریت امنیت (CE5216)		
عنوان درس به انگلیسی:	Security Management Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، دانشجویان با مفاهیم امنیت در سطحی بالاتر از موضوعات فنی آشنا می‌شوند. این درس به موضوعاتی مانند امنیت فرآیندی و امنیت سازمانی می‌پردازد. همچنین، دانشجویان با روش‌های برنامه‌ریزی امنیت برای یک سازمان، طراحی و پیاده‌سازی نظام مدیریت امنیت در سازمان، و مشکلات و چالش‌های مدیریت امنیت سایبری آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - تعریف فضای سایبری و امنیت سایبری
  - معرفی استانداردها و بهین‌تجربه‌ها
  - نگاشت بین استانداردها
- طراحی و برنامه‌ریزی امنیت سایبری
  - حاکمیت امنیت و مدیریت امنیت
  - مولفه‌های حاکمیت امنیت
  - ارزیابی حاکمیت امنیت
- ارزیابی و تحلیل ریسک
  - مفاهیم تحلیل ریسک
  - روش‌های مختلف تحلیل ریسک
  - شناسایی دارایی‌ها و ارزش‌گذاری، تحلیل آسیب‌پذیری، تحلیل خسارت
  - مدیریت و مقابله با ریسک
- مدیریت امنیت سایبری
  - مدیریت منابع انسانی
  - مدیریت منابع فیزیکی
  - مدیریت فنی امنیت
  - مدیریت زنجیره تأمین

- مدیریت تهدیدها و رویدادهای امنیتی
- مدیریت تداوم کسب‌وکار

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Effective Cybersecurity: A Guide to Using Best Practices and Standards*, Addison-Wesley, 2018.
[2] ISO/IEC 2700x Standards.

عنوان درس به فارسی:	پنهان‌سازی اطلاعات (CE5523)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Information Hiding	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش ارشد هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد ارشد هوش مصنوعی و رباتیک است.

هدف کلی:

هدف این درس ایجاد درک صحیح در ارتباط با موضوع اختفای اطلاعات و نکات امنیتی مطرح در آن است. در این درس، فنون نشانه‌گذاری و نهان‌نگاری و نیز کاربردهای مختلف آن‌ها، که رشد فزاینده‌ای در محیط‌های چندرسانه‌ای دارند، مورد بررسی قرار خواهند گرفت. همچنین، روش‌های مختلف نهان‌کاوی مورد بحث قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات و تعاریف اولیه
  - تعریف اختفای اطلاعات، نشانه‌گذاری، و نهان‌نگاری
  - تاریخچه و اهمیت
- کاربردها و شاخص‌های ارزیابی
- مرور مطالب پیش نیاز درس
  - آمار و احتمال
  - جبر خطی
  - امنیت
- نشانه‌گذاری
  - مدل‌سازی سیستم‌های نشانه‌گذاری
  - نشانه‌گذاری با اطلاعات جانبی
  - تحلیل خطا
  - استفاده از مدل‌های ادراکی
  - امنیت نشانه‌گذاری
  - تکنیک‌های نشانه‌گذاری مقاوم
  - تأیید محتوا

- نهان‌نگاری
  - اصول نهان‌نگاری و امنیت
  - سیستم‌های جانشینی
  - تکنیک‌های حوزه تبدیل
  - طیف گسترده
  - نهان‌نگاری آماری
  - معرفی مهم‌ترین روش‌های نهان‌نگاری
- نهان‌کاوی
  - مفاهیم اولیه و انواع حمله‌ها
  - نهان‌کاوی در حوزه مکان و حوزه تبدیل
  - نهان‌کاوی حین کدگذاری
  - معرفی مهم‌ترین روش‌های تحلیل نهان‌کاوی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] I. J. Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom, J. Fridrich, and T. Kalker, *Digital Watermarking and Steganography*, Elsevier, Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
[2] H. T. Sencar, M. Ramkumar, and A. N. Akansu, *Data Hiding Fundamentals and Applications Content Security in Digital Media*, Elsevier Academic Press, 2004.
[3] S. Katzenbeisser and F. A. P. Petitcolas, *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, Artech House, 2000.

عنوان درس به فارسی:	تشخیص نفوذ (CE5217)		
عنوان درس به انگلیسی:	Intrusion Detection	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌ها و فنون تشخیص نفوذ در سطح کامپیوترها و شبکه‌ها است. انواع روش‌های تشخیص نفوذ مانند کشف ناهنجاری و تشخیص مبتنی بر امضا مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین، معماری و اجزای سیستم‌های تشخیص نفوذ، مانند سیستم‌های بازرسی، پایش، و مدیریت رخدادهای امنیتی بررسی می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مقدمه‌ای بر سیستم‌های تشخیص نفوذ
  - حمله‌های سطح شبکه و میزبان
- رهیافت‌های تشخیص نفوذ
  - سیستم‌های مبتنی بر امضا
  - سیستم‌های مبتنی بر ناهنجاری
  - سیستم‌های مبتنی برقاعده
  - سیستم‌های مبتنی بر توصیف
- جمع‌آوری داده
  - جمع‌آوری داده در سیستم‌های تشخیص نفوذ شبکه
  - جمع‌آوری داده در سیستم‌های تشخیص نفوذ میزبان
  - جمع‌آوری داده در سیستم‌های تشخیص نفوذ سطح کاربرد
  - جمع‌آوری داده در سیستم‌های تشخیص نفوذ ترکیبی
- مبانی نظری تشخیص نفوذ
  - روش‌های مختلف هوش مصنوعی در تشخیص
  - منطق فازی، نظریه بیز، شبکه‌های عصبی، SVM، محاسبات تکاملی، خوشه‌بندی
- مدیریت و همبسته‌سازی هشدار
  - روش‌های همبسته‌سازی هشدارها
- ارزیابی سیستم‌های تشخیص نفوذ
  - معیارهای ارزیابی

- مجموعه‌های داده
- پاسخ نفوذ

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Ghorbani, et. al., *Network Intrusion Detection and Prevention: Concepts and Techniques*, Springer, 2010.
[2] R. G. Bace, *Intrusion Detection*, Macmillan, 2000.
[3] S. Northcutt, and Judy Novak, *Network Intrusion Detection*, 3rd edition, New Riders, 2003.
[4] K. Scarfone, P. Mell, Guide *to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS)*, NIST Special Publication 800-94, 2012.
[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	امنیت و اعتماد سخت افزار (CE5447)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Hardware Security and Trust	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد معماری سیستم‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

در این درس، به معرفی پیشرفت‌های اخیر در طراحی و ارزیابی امنیت سخت‌افزار و قابل اعتماد بودن آن پرداخته می‌شود. در چرخه عمر سخت‌افزار، از طراحی تا تولید و در طول استفاده از آن، لازم است تا امنیت سخت‌افزار و اعتماد به آن حفظ شود. در مرحله طراحی، نیازمندی‌هایی همچون غیرقابل‌دستکاری بودن عدم نشت اطلاعات مطرح و در مرحله تولید، باید تطابق سخت‌افزار با طراحی بررسی شود تا تغییری در آن منجر به یک اسب تروآ یا یک در پشتی انجام نشود. در ضمن ترفندهایی برای کشف چنین تهدیداتی لازم است. به علاوه، برای تامین امنیت و اعتماد در سیستم‌های کامپیوتری، نیاز به پشتیبانی توسط سخت‌افزار است. در برخی از کاربردها، نیاز به تولید کلید خصوصی در سخت‌افزار اختصاصی می‌باشد. تأمین اعتماد برای برخی کاربردها نیازمند سخت‌افزارهای وارسی‌کننده است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر رمزنگاری و طراحی/آزمون مدارهای مجتمع
- پردازنده‌های رمزنگاری
- محاسبات مورداعتماد (Trusted Computing) و TPM (Trusted Platform Module)
- حملات فیزیکی و مقاومت در برابر دست‌کاری
- حمله کانال جانبی و حمله تزریق اشکال
- توابع غیر قابل‌همانندسازی فیزیکی (PUFs)
- مولدهای عدد تصادفی مبتنی بر سخت‌افزار
- ته‌نقش‌گذاری (Watermarking) بلوک‌های IP (Intellectual Property)
- طراحی مورداعتماد در FPGAها
- امنیت سیستم‌های نهفته
- امنیت برچسب‌های Radio frequency identification (RFID)
- کنترل دسترسی و حفظ مالکیت معنوی برنامه با استفاده از سخت‌افزار (به طور منفعل و فعال)
- کشف و مجزا کردن تروآهای سخت‌افزاری در بلوک‌های IP و مدارهای مجتمع
- FIPS 140-2: استاندارد ماژول‌های رمزنگاری

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Tehranipoor and C. Wang, *Introduction to Hardware Security and Trust*, Springer, 2011.

عنوان درس به فارسی:	امنیت سیستم‌های سایبرفیزیکی (CE5218)		
عنوان درس به انگلیسی:	Cyberphysical Systems Security	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس پرداختن به مباحث مربوط به امنیت سیستم‌های سایبرفیزیکی است. این سیستم‌ها نقش مهمی در زیرساخت‌های حیاتی و نیز زندگی روزمره دارند. در این درس تهدیدها و حمله‌ها و روش‌های مقابله با آن‌ها در سیستم‌های سایبر فیزیکی بررسی می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
- تاریخچه و مروری بر سیستم‌های سایبرفیزیکی (CPS)
- تهدیدهای مانای پیشرفته (APT)
- معرفی سیستم‌های سایبرفیزیکی
  - انواع و دسته‌بندی سیستم‌های سایبرفیزیکی
  - مثال‌هایی از حملات به سیستم‌های سایبرفیزیکی
- ارزیابی امنیتی سیستم‌های سایبرفیزیکی
  - فرآیند تحلیل امنیت و تحلیل مخاطره
  - روش‌های تحلیل خسارت، مدل‌سازی تهدید و ارزیابی مخاطره
  - استانداردهای ارزیابی
- امنیت سیستم‌های کنترل صنعتی (ICS) و زیرساخت‌های حیاتی
  - معماری سیستم‌های کنترل صنعتی (لایه ها، اجزا، و پروتکل‌ها)
  - حمله‌ها و تهدیدها
  - معرفی استانداردهای امنیتی
  - راهبردها و راهکارهای مقاوم سازی
- امنیت و حریم خصوصی در IoT
- سیستم‌های سایبرفیزیکی و جنگ‌های سایبری

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] H. Song, G. A. Fink, and S, Jeschke, *Security and Privacy in Cyber-Physical Systems: Foundations, Principles, and Applications*, John Wiley, 2017.
[2] R. Alur, *Principles of Cyber-Physical Systems*, MIT Press, 2015.

عنوان درس به فارسی:	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (CE5601)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computer Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

این درس در جهت تعمیق یادگیری نحوه عملکرد شبکه‌های کامپیوتری نسل جدید با محوریت اینترنت و شبکه‌های سازمانی تعریف شده است. به دست آوردن دانش نظری، به دست آوردن مهارت کاربردی و آشنایی روندهای تحقیقاتی روز از اهداف اصلی این درس است. معماری شبکه‌های کامپیوتری شامل مجازی سازی عملکرد شبکه، مدل سرویس در اینترنت، مدیریت و مهندسی ترافیک و مکانیزم‌های آن با تأکید بر تضمین کیفیت سرویس، عملکرد لایه کنترل شامل پارادایم SDN، و پروتکل‌های طرف میزبان ابعاد اصلی مورد توجه در این درس را تشکیل می‌دهند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- تبیین معماری لایه‌ای شبکه‌های کامپیوتری در ابعاد سازمانی و جهانی از جنبه فیزیکی و منطقی
- شناخت روندهای صنعتی و پژوهشی نو در شبکه‌سازی و توانایی تشریح انگیزه‌ها و کاربردهای آن‌ها
- مهارت در به کارگیری نمونه‌هایی از ابزارهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری موردنیاز و مطرح در شبکه‌سازی
- ارزیابی مکانیزم‌های مهندسی ترافیک در صفحه داده، کنترل و مدیریت و به کارگیری آنها در شبکه
- شناخت و استفاده از سرویس‌های پیشرفته قابل ارائه و کاربرد آن‌ها و پروتکل‌های صفحه داده و کنترل مربوط به آن

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معماری شبکه‌های کامپیوتری
  - انواع مدل‌های لایه‌ای در شبکه‌های کامپیوتری
  - معماری اینترنت و شبکه‌های سازمانی
  - معماری شبکه‌های نسل جدید
  - معماری شبکه‌های شهری
  - معماری شبکه‌های دسترسی و بی‌سیم
- مدل سرویس در اینترنت
  - مدل سرویس اینترنت اولیه و اینترنت نسل جدید

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- معماری‌های تضمین کیفیت سرویس
- فناوری MPLS و سرویس‌های مبتنی بر آن
- سرویس‌های چندرسانه‌ای

– معماری و پروتکل‌های صفحه کنترل
- مسیریابی درون‌دامنه‌ای و برون‌دامنه‌ای
- مسیریابی حساس به کیفیت سرویس
- فناوری SDN و پروتکل‌های مربوط به آن

– مدیریت و مهندسی ترافیک
- دسته بندی انواع مکانیزم‌های مهندسی ترافیک
- مدل‌سازی ترافیک و کنترل دسترسی
- روش‌های کنترل ازدحام
- نوبت‌دهی عادلانه و مدیریت فعال صف

– پروتکل‌های طرف میزبان
- پروتکل‌های لایه حمل
- سیستم‌های نظیر به نظیر
- خدمات OTT

– مباحث تکمیلی
- روندهای نو در شبکه‌سازی
- شبکه‌های رادیو شناختی
- شبکه‌های ICN، NDN، DTN

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. Stallings, *Foundations of Modern Networking, SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud*, Pearson Education, 2016.

[2] W. Stallings, *Data and Computer Communications,* Pearson Education, 2013.

[3] I. Marsic, *Computer Networks, Performance and Quality Service*, Rutgers University Press, 2013.

[4] P. A. Morale and J. M. Anderson, *Software Defined Networking: Design and Deployment*, CRC Press, 2015.

[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	آزمون نرم‌افزار پیشرفته (CE5337)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Software Testing		
دروس پیش‌نیاز:			نوع درس و واحد: پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد نرم‌افزار است.

هدف کلی:

هدف این درس پرداختن به روشهای مدل‌رانه در طراحی آزمون و تولید داده آزمون با استفاده از ساختارهای تجرید یافته از انواع فرآورده‌های نرم‌افزاری، مانند مدل‌های طراحی، کد، و ورودی، به طور سیستماتیک است. همچنین در طی این درس در حد امکان ابزارهای لازم برای خودکارسازی فعالیت های آزمون نرم افزار معرفی می گردند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر روش‌های آزمون
- آزمون مدل‌رانه
- معیارهای پوشش
- افراز فضای ورودی
- پوشش گراف
- پوشش منطق
- آزمون مبتنی بر نحو
- ملاحظات عملی در آزمون نرم‌افزار
- مباحث جدید در آزمون نرم‌افزار

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. Amman and J. Offutt, *Introduction to Software Testing*, Cambridge University Press, 2017.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل برنامه (CE5343)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Program Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد نرم‌افزار است.

هدف کلی:

این درس دانشجویان را با فنون و مهارت‌هایی از تحلیل برنامه آشنا می‌سازد که به طور گسترده به منظور بهبود بهره‌وری، اتکاپذیری، و امنیت در ابزارهای توسعه نرم‌افزار و کامپایلرها استفاده می شود. با گذراندن این درس، دانشجویان می‌آموزند چگونه تجریدهای ریاضی همچون گراف‌ها، محاسبات نقطه ثابت، و درخت‌های تصمیم دودویی در درستی‌سنجی برنامه‌ها به‌کار می‌روند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و مثال‌های کاربردی
  - مفهوم و کاربردهای تحلیل برنامه
  - انواع روش‌های تحلیل برنامه و ارتباط آن‌ها
- تحلیل جریان داده
  - تحلیل‌های درون و بین‌رویه‌ای
  - ویژگی‌های نظری تحلیل
  - چهارچوب‌های یکنوا
- تحلیل قیدمبنا
  - تحلیل انتزاعی جریان کنترل بدون اطلاعات زمینه‌ای
  - تحلیل جریان کنترل به‌صورت هدایت شده با نحو
  - افزودن اطلاعات زمینه‌ای
- تفسیر انتزاعی
  - توابع بازنمایی
  - تقریب نقاط ثابت
  - اتصالات گالوایی
- سیستم‌های نوع و اثر

- انواع و اثرات
- استنتاج نوع
- تحلیل اثر جانبی
- تحلیل استثنا

– رویه‌های تصمیم
- ارضاپذیری بولی
- نمودارهای تصمیم بولی
- نظریه پیمآنهای ارضاپذیری و حل کننده‌های آن
- منطق تفکیک
- اجرای نمادین

– موضوعات تکمیلی
- منطق هور
- تحلیل برنامه‌های همروند
- تحلیل جریان اطلاعات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] F. Nielson, H. Nielson, C. Hankin, *Principles of Program Analysis*, Springer, 2005.
[2] G. Winskel, *The Formal Semantics of Programming Languages*, MIT Press, 2001.
[3] D. Kroening, O. Strichman, *Decision Procedures*, Springer, 2008.
[4] A. R. Bradley, Z. Manna, *The Calculus of Computation*, Springer, 2007.
[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین کاربردی (CE5550)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Machine Learning		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش هوش مصنوعی و رباتیک تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک است.

هدف کلی:

امروزه یادگیری ماشین در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی کاربرد فراوان یافته است. هدف این درس آشنایی دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی با یادگیری ماشین به‌صورت کاربردی است. در این درس الگوریتم‌های مختلفی که قادر به یادگیری از داده‌ها و تجربیات هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، مثال‌ها و پروژه‌های کاربردی در هر زمینه مطرح می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مروری بر انواع روش های یادگیری ماشین و کاربردها)
- آشنایی با داده (پیش پردازش، مصور سازی، معیارهای شباهت و فاصله)
- یادگیری تحت نظارت
- رگرسیون
  - خطی- غیرخطی-چندمتغیره
  - روش‌های بهینه سازی
  - مصالحه بایاس و واریانس
  - منظم‌سازی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- دسته‌بندی
  - K نزدیک‌ترین همسایه
  - درخت تصمیم
  - دسته‌بندهای بیزین
  - رگرسیون لجستیک
  - شبکه‌های عصبی
  - ماشین بردار پشتیبان- شگرد هسته
  - روش‌های تجمعی
  - معیارهای ارزیابی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی

- یادگیری بدون نظارت
- خوشه‌بندی
  - مبتنی بر تقسیم‌بندی فضا (K-means, k-medoids, kernel k-means)
  - سلسله مراتبی
  - مبتنی بر چگالی (DBSCAN)
  - فازی
  - مبتنی بر مدل‌های آماری ترکیبی
  - معیارهای ارزیابی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- کاهش ابعاد
  - تحلیل مولفه‌های اساسی PCA
  - تحلیل نهان دیریکله LDA
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم‌های ژنتیک
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Tom Mitchell, Machine Learning, McGraw Hill, 1997

عنوان درس به فارسی:	فرایندهای تصادفی (CE5653)*

عنوان درس به انگلیسی:	Stochastic Processes		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

با توجه به ماهیت تصادفی دنیای واقعی، بحث فرایندهای تصادفی در بسیاری از مسائل مهندسی کامپیوتر و از جمله مسائل شبکه‌های کامپیوتری مطرح است. هدف این درس بررسی اصولی و مبنایی فرایندهای تصادفی و کاربرد آن در شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس پس از معرفی فرایندهای تصادفی به ویژگی‌های آنها پرداخته شده و سپس کاربردهای آن در حوزه شبکه‌های کامپیوتری مورد مطالعه قرار می‌گیرند. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول فرایندهای تصادفی و ویژگی‌های آن‌ها
- شناخت انواع کاربردهای فرایند تصادفی در سیستم‌های کامپیوتری

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه احتمال و متغیرهای تصادفی
- دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی
- ایستایی در فرایندهای تصادفی
- سیستم‌های خطی تصادفی
- چگالی طیف توان
- ارگادیک بودن یک فرایندهای تصادفی
- فرایندهای تصادفی خاص (فرایند پوآسون، فرایند حرکت براونی و مانند آن)
- نظریه تخمین
- آزمون فرضیه
- فرایندهای مارکوف
- نظریه صف
- مدل‌های مارکوف پنهان

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] A. Papoulis and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw Hill, 2002.
[2] S. Ross, *Probability Models for Computer Science*, Harcourt Academic Press, 2002.

عنوان درس به فارسی:	نظریه الگوریتمی بازی‌ها (CE5331)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Algorithmic Game Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار است.

هدف کلی:

این درس به بررسی نظریه بازی‌ها و سیستم‌های چندعاملی و معرفی ابزارهای لازم برای تحلیل آنها می‌پردازد. همچنین مبحث طراحی مکانیزم و راهکارهای طراحی بهینه آن در این درس بررسی خواهد می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- بازی‌ها
  - مقدمات و تعاریف
  - نقطه تعادل نش و مباحث مربوط به محاسبه‌ی آن در حالت‌های مختلف
  - هزینه آشوب
- طراحی مکانیزم
  - مقدمه، قضایای انکارناپذیری، مکانیزم VCG و مثال‌ها
  - مکانیزم‌های صادق و طراحی با پرداخت
  - طراحی مکانیزم‌های بدون پرداخت
  - مزایده‌های ترکیبیاتی
  - شبکه‌های اجتماعی و مسائل مربوط به آن

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] N. Nisan, T. Rougharden, E, Tardos, and V. Vaziran, *Algorithmic Came Theory*, Cambridge University Press, 2007.
[2] Y. Shoham, and K L. Brown, *Multiagents Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations*, Cambridge University Press, 2008.

عنوان درس به فارسی:	نظریه پیچیدگی (CE5332)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Complexity Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد نرم‌افزار است.

هدف کلی:

هدف از این درس ارائه‌ی مدل‌های پایه برای پیچیدگی محاسبه و همچنین مروری بر به‌کارگیری این نظریه در شاخه‌های جدیدتر نظریه‌ی محاسبات مانند محاسبات موازی، محاسبات تصادفی، محاسبات کوانتومی، و روش‌های رمزنگاری است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر نظریه ماشین‌های تورینگ
  - ماشین‌های تورینگ چندنواری و غیرقطعی
  - تز تورینگ چرچ
  - مسائل و زبان‌های بازگشتی و به طور بازگشتی شمارا
  - تعریف مفاهیم زمان اجرا و فضای مصرفی یک الگوریتم
- مروری بر مسائل تصمیم‌ناپذیر
  - مساله توقف و انواع آن
  - قضیه رایس
- مروری بر منطق گزاره‌ها و منطق مرتبه اول
  - مدل‌های حساب
  - قضایای صحت و تمامیت نظام استنتاجی منطق مرتبه اول
  - قضیه تصمیم ناپذیری منطق مرحله اول
  - قضایای ناتمامیت گدل
- تعریف پیچیدگی کلاس‌های زمانی و قضایی در حالت کلی
  - قضایای اساسی ارتباط آنها
  - مروری بر کلاس‌های زمانی P، NP، EXP، NEXP و کلاس‌های مکمل آنها و ارتباط آنها با کلاس‌های زمانی
- تعریف تحویل و مسائل کلاس C-تمام
  - بررسی کلاس‌های مسایل P-تمام و NP-تمام

- قضیه کوک-لون و مباحث مرتبط با رابطه کلاس‌های P و NP
- مروری بر برخی مسائل معروف NP -تمام
- کلاس co-NP و مسائل توابع
- کلاس PSPACE-تمام و مسائل مهم در آن
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های تصادفی
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های موازی
- کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های تقریبی
- رابطه نظریه‌های پیچیدگی و رمزنگاری
- مباحث تکمیلی
- نظریه پیچیدگی در حضور ماشین‌های تورینگ پیشگو
- نظریه پیچیدگی محاسبات کوانتومی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] C.H. Papadimiriou, *Computational Complexity*, Addison-Wesley,1994.
[2] S. Arora, and B. Barak, *Computational Complexity: A Modern Approach*, Cambridge University Press, 2009.

عنوان درس به فارسی:	نظریه اطلاعات و کدینگ (CE5652)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Coding and Information Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

هدف اصلی در این درس آشنایی دانشجویان با جنبه‌های مخابراتی شبکه‌های کامپیوتری است. در این درس مبانی نظریه اطلاعات برای اندازه‌گیری اطلاعات و میزان انتقال اطلاعات ارسال شده در یک سیستم مخابراتی و همچنین روش‌های کدینگ منبع و کانال ارائه می‌شود. درس در سه بخش کلی تنظیم شده است. در بخش یکم، ابتدا مفاهیم آنتروپی نسبی و اطلاعات متقابل معرفی می‌شود و با استفاده از آن، نرخ اطلاعات یک منبع و نرخ اطلاعات ارسال شده از طریق یک کانال و ظرفیت کانال تعریف می‌گردد. سپس با مدل‌سازی منابع و کانال‌های بدون حافظه و با حافظه با استفاده از روشهای مبتنی بر احتمال، آنتروپی منابع و ظرفیت کانال محاسبه می‌گردد. در بخش دوم، به کدگذاری منبع و روش‌های مختلف کدگذاری یک منبع اطلاعات با هدف کاهش افزونگی اطلاعات موجود در نمادهای خروجی آن پرداخته می‌شود. مفاهیمی مانند کدهای لحظه‌ای و یکتا و طول متوسط کد نیز به عنوان ملاک مقایسه روش‌ها معرفی شده و به‌صورت نظری کران پایین برای طول متوسط کد به‌دست می‌آید. برخی از روشهای مشهور کدگذاری منبع مانند کد هافمن، شانون-فانو-الیاس نیز معرفی می‌گردد. در بخش سوم، کد کردن کانال با هدف ایجاد امکان تشخیص و تصحیح خطا در کانال مورد بحث قرار می‌گیرند. دو دسته کلی این کدگذارها یعنی نوع بلوکی و پیچشی توضیح داده شده و معمول‌ترین روش‌های کدگشایی برای هر یک معرفی می‌گردد. مروری بر نقش نظریه اطلاعات در برخی از کاربردها مانند داده‌کاوی، تشخیص الگو، و امنیت اطلاعات از دیگر اهداف این درس است. انتظار می‌رود دانشجویان با گذراندن این درس توانایی‌های زیر را به دست آورند:

- شناخت مبانی و اصول نظریه اطلاعات و کدینگ
- شناخت انواع کاربردهای نظریه اطلاعات و کدینگ

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معرفی بلوک دیاگرام سیستم‌های مخابراتی
  - سوالات اساسی در نظریه اطلاعات
- اندازه‌گیری اطلاعات

- آنتروپی، آنتروپی مشترک، آنتروپی مشروط، آنتروپی نسبی، اطلاعات متقابل
- نرخ آنتروپی منابع بدون حافظه
- نرخ آنتروپی منابع با حافظه، زنجیره مارکوف

– خاصیت مجانبی افراز متعادل (Asymptotic Equipartition Property)

– ظرفیت کانال‌های گسسته
- تعاریف کانال گسسته و ظرفیت کانال
- محاسبه ظرفیت کانال‌های گسسته بدون حافظه
- قضایای شانون (حد نهایی نرخ منبع، رابطه ظرفیت کانال و نرخ کدگذاری کانال)

– ظرفیت کانال‌های گوسی
- آنتروپی پیوسته
- ظرفیت کانال گاوسی پیوسته

– کدگذاری منبع و فشرده‌سازی اطلاعات
- تعاریف: طول متوسط کد، کدهای لحظه‌ایی، کدهای یکتا، نامساوی Kraft، کران پایین طول متوسط کدهای بهینه
- کدهای هافمن، کدهای شانون-فانو-الیاس
- اعوجاج نرخ (rate distortion)، فشرده‌سازی با اتلاف، فشرده‌سازی بدون اتلاف

– کدگذاری کانال
- مفهوم کدگذاری کانال
- کدهای خطی بلوکی
- کدهای پیچشی

– کاربردهای نظریه اطلاعات
- کاربرد نظریه اطلاعات در داده‌کاوی
- کاربرد نظریه اطلاعات در بازشناسی الگو
- سایر کاربردهای نظریه اطلاعات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. M. Cover and J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, Wiley, 2006.
[2] R. Ash, *Information Theory,* Wiley, 1965.
[3] C. Shuli, *Error Control Coding*, Prentice-Hall, 2004.
[4] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	سیستم‌های سایبرفیزیکی (CE5440)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Cyberphysical Systems		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش معماری سیستم‌های کامپیوتری تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد معماری سیستم‌های کامپیوتری است.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با مفهوم سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا به‌عنوان سیستمی متشکل از سه بخش محاسباتی، ارتباطات و فیزیکی است و در طول درس چالش‌های مربوط به پویایی، گستردگی، پراکندگی و تنوع اجزای سیستم و نیازمندی‌های ارتباطی و محاسباتی معرفی می‌شود و دانشجو ویژگی‌ها و مسائل مربوط به اجزای سیستم در سطوح تجرید مختلف، نحوه اطمینان از صحت عملکرد سیستم، انواع مدل‌ها و پروتکل‌های ارتباطی و مشخصه‌ها و رویکردهای تأمین نیازمندی‌های آن را فرا می‌گیرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و تاریخچه
  - سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - حوزه‌های کاربردی
  - اشتراکات و تمایزات با سیستم‌های نهفته
  - ویژگی‌ها، فرصت‌ها، چالش‌ها و محدودیت‌ها
- مشخصه‌ها و نیازمندی‌های سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - بی‌درنگی، قابلیت اطمینان، ایمنی، دسترس‌پذیری، امنیت و مصرف انرژی
  - رویکردهای تأمین و تضمین آن‌ها
- بی‌درنگی، زمان‌بندی و تخصیص منابع
  - انواع سیستم‌های بی‌درنگ
  - الگوریتم‌های زمان‌بندی و تخصیص منابع در سیستم‌های بی‌درنگ توزیع‌شده
- ارتباطات در سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ارتباطات درون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
  - ارتباطات برون-سیستم و پروتکل‌های ارتباطی در آن‌ها
- بسترهای سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - ساختار گره‌های پردازشی، حسگرها، عملگرها
  - لایه‌های پردازشی، سیستم عامل و برنامه‌های کاربردی
- امنیت در تعامل با لایه بن‌سازه (Platform)

- فناوری‌های نوین مبتنی بر سیستم‌های سایبرفیزیکی و اینترنت اشیا
  - معرفی چند مثال واقعی و تشریح و تحلیل ساختار و رفتار یک نمونه عملی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Alur, *Principles of Cyber-Physical Systems*, MIT Press, 2015.
[2] A. Platzer, *Foundations of Cyber-Physical Systems*, Lecture Notes, Computer Science Department, Carnegie Mellon University. 2016.
[3] E. A. Lee and S. A. Seshia, *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*, The MIT Press; 2nd edition, December 2016.
[4] P. Marwedel, *Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems*, *and the Internet of Things*, Springer, 2017.

هوش مصنوعی و رباتیک

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین (CE5501)		
عنوان درس به انگلیسی:	Machine Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف از درس یادگیری ماشین مطالعه الگوریتم‌هایی است که قادر به یادگیری از داده‌ها و تجربیات هستند. هر زمینه‌ای که در آن کاربر نیاز به ادراک داده‌ها دارد، یک حوزه بالقوه برای به‌کارگیری یادگیری ماشین است. در این درس، رویکردهای مختلف یادگیری شامل یادگیری تحت نظارت، بدون نظارت، و تقویتی مورد بحث قرار گرفته و مثال‌های متعددی از هر دسته معرفی می گردد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و مثال‌های کاربردی
  - o معرفی انواع یادگیری شامل یادگیری تحت نظارت، بدون نظارت، تقویتی، انتقالی، فعال و مانند آن
- یادگیری تحت نظارت
  - o رگرسیون (رگرسیون خطی، گرادیان نزولی، رگرسیون غیر خطی و چند متغیره، رگرسیون منظم شده، مصالحه بایاس و واریانس)
  - o دسته‌بندی (درخت تصمیم، شبکه‌های بیزین و بیز ساده، رگرسیون لجستیکی، دسته‌بندهای مولد و تمایزگر، ماشین بردار پشتیبان و دسته‌بندی مبتنی بر هسته، روش‌های ترکیبی (انسمبل)
- یادگیری بدون نظارت
  - o خوشه‌بندی (مبتنی بر تقسیم‌بندی فضا، سلسله مراتبی، مبتنی بر چگالی، احتمالاتی)
- یادگیری تقویتی Q
  - o فرآیند تصمیم مارکف، تابع ارزش کنش Q، یادگیری تابع خط مشی π

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] M. Magdon-Ismail and Y. S. Abu-Mostafa, *Learning from Data: A Short Course,* AMLBook, 2012.

[2] E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, MIT Press, 2011.

[3] K. Murphy, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, MIT Press, 2013.

[4] T. Mitchell, *Machine Learning*, McGraw-Hill, 1997.

[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	رایانش عصبی و یادگیری عمیق (CE5502)		
عنوان درس به انگلیسی:	Neural Computing and Deep Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و اصول رایانش عصبی و کاربرد این رویکرد در حل انواع مسائل است. این درس علاوه بر آموزش مفاهیم اصلی رایانش عصبی، بر روی شبکه‌های عمیق و جدیدترین یافته‌ها در این زمینه تمرکز خواهد کرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مطالب مقدماتی
  - معرفی رایانش عصبی (تعریف و انگیزه، تاریخچه، روشهای پیاده‌سازی، کاربردها)
  - آشنایی با شبکه‌های عصبی طبیعی (ساختار مغز، مشخصات و خصوصیات الکتریکی نورون‌ها)
- شبکه‌های جلورو بانظارت
  - واحدهای پردازشگر (انواع واحدها، رفتار دینامیکی واحدها، معماری شبکه، مسئله دسته‌بندی، پرسپترون، ادلاین)
  - شبکه‌های چندلایه جلورو (معماری، قانون پس‌انتشار خطا، نمایش عملکرد شبکه، عملکرد شبکه بعنوان دسته‌بندی کننده، قدرت حفظ و تعمیم، مسئله تقریب تابع، مجموعه‌های آموزشی و آزمایشی و میزان آموزش شبکه، عوامل مؤثر در بهبود شبکه پرسپترونی، روش‌های مختلف آموزش شبکه)
  - پیش‌پردازش داده‌ها (بهنجارسازی داده‌ها، تشخیص داده‌های پرت)
  - شبکه پیچشی و توسعه‌های آن (عناصر و معماری، آموزش، شبکه‌های مشهور، امکانات پیاده‌سازی، توسعه‌ها، کاربردها)
  - شبکه باقیمانده‌ای (شبکه پایه، گسترش‌ها، کاربردها)
  - شبکه متراکم (معماری، آموزش، عملکرد)
  - شبکه کپسولی (معماری، روش آموزش، کاربردها)
  - پیش‌بینی سری‌های زمانی (پیش‌بینی خطی و غیرخطی، شبکه‌های جلورو دارای خط تأخیر زمانی، مدل‌های ترکیبی)
- شبکه‌های جلورو بی‌نظارت
  - شبکه‌های رقابتی وزن‌ثابت (یادگیری رقابتی، شبکه ماکس نت، شبکه کلاه مکزیکی، شبکه همینگ)

- شبکه رقابتی و نقشه ویژگی خودسازمانده (مسئله خوشه‌بندی، معماری و آموزش شبکه، نقشه ویژگی و تقریب توزیع ورودی‌ها، کاربردها)
- نقشه‌های ویژگی خودسازمانده متکامل شونده (انواع نقشه‌ها، ساختار سلولی رشد یابنده، نقشه‌های خودسازمانده پویا با رشد کنترل شده، درخت‌های متکامل شونده)
- شبکه‌های خودکدگذار (شبکه‌های پایه، تنظیم شده، تنک، نویزگیر، نویزگیر پشته‌ای و انقباضی)
- مدل‌های مولد (شبکه خودکدگذار تغییراتی، شبکه مولد تقابلی و توسعه‌های آن)

– شبکه‌های عقب‌رو (بازرخدادی)

- شبکه‌های بازرخدادی، حافظه کوتاه-مدت بلند (الگوریتم پس‌انتشار خطا در طی زمان، معماری شبکه، آموزش شبکه، کاربردها)، واحد بازرخدادی دروازه‌دار
- پیش‌بینی سری‌های زمانی با شبکه‌های بازرخدادی (معماری‌های مختلف، شبکه المن، شبکه جردن، شبکه بازگشتی کامل)
- ماشین بولتزمن و توسعه‌های آن (ماشین بولتزمن، ماشین بولتزمن محدود، معماری و آموزش، الگوریتم دیورژانس متقابل، شبکه‌های باور عمیق)

– مکانیزم توجه

- انواع توجه
- مدل ترانسفورمر و توسعه‌های آن

– ساختارهای کدگذار-کدگشا

- انواع ساختارهای کدگذار-کدگشا، کاربردهای نمونه

– یادگیری تقویتی عمیق

- معرفی یادگیری تقویتی
- شبکه‌های عصبی عمیق در یادگیری تقویتی
- کاربردهای نمونه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Samarasinghe, *Neural Networks for Applied Sciences and Engineering*, Taylor & Francis, 2006.
[2] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.
[3] S. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, Prentice-Hall, 2009.
[4] J. M. Zurada, *Introduction to Artificial Neural Systems*, Info Access and Distribution, 1992.
[5] L. Fausett, *Fundamentals of Neural Networks*, Prentice-Hall, 1994.
[6] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	شناسایی الگو (CE5503)		
عنوان درس به انگلیسی:	Pattern Recognition	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف اصلی این درس ارائه مفاهیم مرتبط با دسته‌بندی اشیاء فیزیکی و انتزاعی است. این اشیاء ویژگی‌های استخراج شده حاصل از اندازه‌گیری و یا داده‌هایی با الگوهای خاص هستند. در این درس، موضوع‌های مرتبط با دسته‌بندی با دو رویکرد با نظارت و بدون نظارت ارائه می‌گردد. همچنین، دانشجویان با مفاهیمی متنوع شامل آمارگان چند متغیره، کاهش بعد، تخمین پارامتر توزیع‌های آماری، و نیز روش‌های مختلف دسته‌بندی و خوشه‌بندی آشنا می‌گردند. مطالب ارائه شده در این درس در داده کاوی، پردازش و تحلیل متن و گفتار، تحلیل و پردازش تصاویر ثابت و ویدئویی، شناسایی اهداف، و تعیین و تأیید هویت افراد کاربرد دارد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه و معرفی سیستم‌های شناسایی الگو و کاربردها
- معرفی و مرور مفاهیم ریاضی مورد نیاز
- دسته بندی کننده‌ها و توابع تصمیم
  - دسته بندی کننده‌های آماری
  - توابع جدا کننده خطی
  - ماشین بردار پشتیبان
- معرفی روش‌های مختلف استخراج و کاهش بعد
  - معضل بعد بالا
  - معرفی تحلیل مولفه‌های اصلی
  - روش تابع تمایز فیشر
  - فاکتور کردن ماتریس
- خوشه‌بندی و معرفی الگوریتم‌های مختلف
  - خوشه‌بندی سلسله مراتبی، خوشه‌بندی مسطح
- معرفی مسئله تخمین پارامتر و روشهای مختلف
  - بیشینه‌سازی تابع درستنمایی، روش بیزی
  - معرفی روش‌های مختلف تخمین تابع توزیع آماری
  - روش پارزان، روش K نزدیکترین همسایه

- موضوع‌های مرتبط دیگر شامل: ترکیب دسته بندها، معیارهای ارزیابی، روشهای مختلف اعتبار سنجی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Thodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Academic Press, 2008.
[2] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, *Pattern Classification*, Wiley, 2001.
[3] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2007.
[4] K. Fukunaga, *Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, 1990.

عنوان درس به فارسی:	رایانش تکاملی (CE5504)		
عنوان درس به انگلیسی:	Evolutionary Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

رایانش تکاملی یکی از روش‌های بهینه‌سازی غیرخطی است و می‌تواند مسائلی را حل کند که توسط روشهای سنتی بهینه‌سازی قابل حل نیستند. بنابراین، هدف اصلی این درس حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده‌ای است که با دیگر روش‌ها قابل حل نیستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با علم ژنتیک و نظریه تکامل
  - اصول اولیه علم ژنتیک
  - تکامل از دیدگاه میکروسکوپی
  - تکامل از دیدگاه ماکروسکوپی
- چارچوب الگوریتم‌های تکاملی
  - عملگرهای ژنتیکی (جهش و بازترکیبی)
  - عملگرهای انتخاب و ویژگی‌های آن‌ها
  - تولید نسل ابتدایی
  - روشهای خاتمه الگوریتم‌های تکاملی
- انواع الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم ژنتیک
  - استراتژی تکامل
  - برنامه‌نویسی تکاملی
  - برنامه‌نویسی ژنتیک
  - الگوریتم تخمین توزیع
  - الگوریتم تکامل تفاضلی
- روش‌های تعیین پارامترها
  - اهمیت پارامترها در الگوریتم‌های تکاملی
  - روشهای تحلیلی در تعیین پارامترها

- روشهای تطبیقی در تعیین پارامترها
- روشهای خود تطبیقی در تعیین پارامترها

– حل مسائل بهینه‌سازی با ویژگی‌های خاص با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی
- حل مسائل بهینه‌سازی مقید
- حل مسائل بهینه‌سازی پویا
- حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفی

– سایر الگوریتم‌های الهام گرفته شده از طبیعت
- سیستم ایمنی مصنوعی
- الگوریتم کلونی مورچه‌ها
- الگوریتم ازدحام ذرات

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] T. Baeck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz*, Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*, CRC Press, 2000.
[2] T. Baeck, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz, *Evolutionary Computation 2: Advanced Algorithms and Operators*, CRC Press, 2000.

عنوان درس به فارسی:	مبانی یادگیری آماری (CE5505)		
عنوان درس به انگلیسی:	Foundations of Statistical Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس ارائه مفاهیم پایه مرتبط با یادگیری آماری است. در این درس، دانشجویان با رویکردهای مبتنی بر آمار و احتمال در گرایش هوش مصنوعی آشنایی منسجم پیدا می‌کنند. مطالب این درس در بر گیرنده سه عنوان کلی آمار و احتمال و فرآیندهای تصادفی، استنتاج آماری، و مدل‌ها و روش‌های آماری هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مرور نظریه احتمال و متغیرهای تصادفی
  - متغیر تصادفی
  - دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی
  - ارتباط متغیرهای تصادفی
  - توزیع‌های شرطی
- فرآیندهای تصادفی
  - ایستایی در فرآیندهای تصادفی
  - چگالی طیف توان
  - فرآیند گوسی، قدم زدن تصادفی، وینر و دیریکله
  - مدل ARMA
- مدل‌ها، استنتاج آماری، و یادگیری
  - مدل‌های پارامتری و غیرپارامتری
  - استنتاج آماری
- تئوری تخمین
  - تخمین پارامتر
  - تخمین‌های بیزی
  - آزمون فرضیه
  - آزمون نسبت درست‌نمایی

- آزمون نسبت درست‌نمایی عمومی شده
- آزمون‌های نیکویی برازش

- رگرسیون خطی
- مدل‌های گرافی
  - مدل‌های گرافی جهت‌دار
  - مدل‌های گرافی بدون جهت
- فرآیندهای مارکوف
  - زنجیره مارکوف
  - زنجیره‌های همگن
  - طبقه‌بندی حالت‌ها
- مدل‌های مارکوف پنهان
- روش‌های مونت کارلو
  - انتگرال‌گیری مونت کارلو و بررسی خطا
  - نمونه‌برداری نقاط مهم
  - شبیه‌سازی مونت کارلوی زنجیره مارکوفی
- استنتاج تغییراتی
  - روش‌های تغییراتی بیزی
  - EM تغییراتی بیزی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] L. Wasserman, *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*, Springer, 2013.
[2] K. P. Murphy, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, MIT press, 2012.
[3] A. Papoulis and S. Pillai, *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, McGraw-Hill, 2002.

عنوان درس به فارسی:	بازنمایی دانش و استدلال (CE5506)		
عنوان درس به انگلیسی:	Knowledge Representation and Reasoning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های صوری توصیف و بازنمایی دانش و نیز استدلال خودکار است. منطق توصیفی، هستان‌شناسی، و روشهای استدلال از موضوع‌های اصلی این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - دانش و انواع آن
  - روش‌های بازنمایی دانش
- منطق
  - منطق مرتبه اول
  - تصمیم‌ناپذیری منطق مرتبه اول
  - بررسی کامل بودن و درستی منطق مرتبه اول
  - منطق توصیفی
  - توصیف دانش بر مبنای منطق توصیفی
  - استدلال بر مبنای منطق توصیفی
  - منطق توصیفی سبک
  - سایر زیرمجموعه‌های تصمیم پذیر منطق مرتبه اول برای توصیف دانش
  - منطق مرتبه دوم و مرتبه‌های بالاتر
  - توصیف دانش
  - استدلال
  - منطق‌های غیریکنوا
- هستان‌شناسی
  - تعریف‌ها و مقدمات
  - انواع و نمونه‌های هستان شناسی
  - ساخت هستان‌شناسی
  - روش‌های نگاشت و یکپارچه‌سازی
  - روش‌های ارزیابی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Fagin, J. Y. Halpern, Y. Moses, and M.Y. Vardi, *Reasoning about Knowledge*, MIT Press, 2003.
[2] F. Baader, *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*, Cambridge University Press, 2003.
[3] A. Gomez-Prez, M. Fernandez-Lopez, and O. Corcho. *Ontological Engineering: With Examples from the Areas of Knowledge Management, E-commerce and the Semantic Web*, Springer, 2010.
[4] R. Brachman, H. Levesque, *Knowledge Representation and Reasoning*, Elsevier, 2004.

عنوان درس به فارسی:	بینایی کامپیوتر (CE5521)		
عنوان درس به انگلیسی:	Computer Vision	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و اصول تحلیل تصویر و فیلم به‌منظور درک این رسانه‌ها توسط کامپیوتر است. کاربرد این دانش در ایجاد سیستم‌های بینا و حل هوشمند انواع مسائل مورد تأکید است. دانشجویان با انجام پروژه‌های متعدد، با نرم افزارهای مربوط آشنایی کامل پیدا می‌کنند. جدیدترین مباحث مرتبط با یادگیری و شبکه‌های عصبی عمیق نیز معرفی می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات و اصول
  - معرفی بینایی کامپیوتر (تعریف و انگیزه، بینایی محاسباتی، مدل‌های سیستم‌های بینایی، عملیات بینایی، کاربردها)
  - تولید تصاویر رقمی (تصاویر رنگی و تک رنگ، اصول رنگ، تصویربرداری، نورپردازی، نمونه‌برداری، چینش، و کوانتیزاسیون در تصاویر رقمی)
- پیش‌پردازش
  - انواع عملیات در حوزه تصویر (عملیات نقطه‌ای، محلی، سراسری، و هندسی)
  - بهبود کیفیت تصاویر (نویز در تصاویر، رفع نویز در حوزه مکان، افزایش وضوح تصویر)
- تقطیع تصاویر
  - تقطیع بر مبنای لبه‌ها (تعریف لبه، انواع لبه، تشخیص لبه، هرم‌های دقت، آستانه‌ای نمودن لبه‌ها، تعیین مرز اشیاء، تبدیل هاف، کانتورهای فعال)
  - تقطیع بر مبنای ناحیه (ناحیه‌بندی کامل، روش‌های رشد ناحیه و تقسیم و ترکیب، خوشه‌بندی نقاط، بافت، ویژگی‌های بافت)
  - تقطیع بر مبنای آستانه‌ای نمودن سطوح خاکستری (آستانه‌سازی چندسطحی، نیم‌آستانه‌سازی، آستانه‌سازی باند، آستانه‌سازی تکراری، روش آتسو)
  - تقطیع بر مبنای تطبیق با کلیشه (استفاده از همبستگی، تسریع عمل تطبیق، تطبیق در تصاویر باینری)
- ارائه نواحی
  - ارائه با توصیف پیرامون (ارائه با چندقطعه خطی‌ها، منحنی سای‌اس، کدهای زنجیره‌ای، توصیف‌گرهای فوریه)

- ارائه با توصیف ناحیه (ارائه با ارائه محور وای‌ها، درخت‌های چهارتایی، نماهای ساده، قطبی و منقطع، گشتاورهای آماری، محورمیانی)
- ارائه با ویژگیهای هندسی (ارائه با مساحت، محیط، مرکز ثقل، تعداد حفره‌ها، بزرگترین و کوچکترین شعاع‌ها، گردی، انرژی خمش، وضعیت، مستطیل محیطی، بهترین بیضی)

– شناسایی اشیاء و درک صحنه
- روشهای شناسایی اشیاء از ویژگی‌ها، روشهای توصیف صحنه

– تشخیص، توصیف و تطبیق نقاط کلیدی
- تشخیص نقاط کلیدی (لاپلاسین گاسین، تفاضل گاسین‌ها، ماتریس هسین، اپراتورهای مراوک، هریس و فست)
- توصیف نقاط کلیدی (سیفت، سرف، هاگ، ال بی پی، بریف، او آر بی، بریسک، فریک)
- تطبیق نقاط کلیدی (الگوریتم رنسک)

– بینایی سه بعدی
- تشکیل تصویر (مدل پرسپکتیو و مدل پرسپکتیو ضعیف)
- دوربین‌های سی سی دی (مدل دوربین، کالیبراسیون دوربین)
- عمق سنجی با روش‌های فعال (عمق‌یابی نقطه‌ای، عمق‌یابی با فراصوت، عمق‌یابی با نوارهای نوری، حسگر کینکت)
- عمق سنجی با روش‌های غیرفعال (سیستم‌های دو دوربینی موازی، بینایی استریو، هندسه اپیپلار، تعیین تناظر نقاط، تطبیق مبتنی بر همبستگی، تطبیق مبتنی بر ویژگی)

– تحلیل حرکت و ردیابی اشیاء
- تحلیل حرکت با روش تفاضلی، تشخیص نقاط کلیدی، و شار نوری
- روش‌های اولیه ردیابی، ردیابی با تطبیق، فیلتر کالمن، فیلتر ذره

– یادگیری عمیق در بینایی کامپیوتر
- شبکه پیچشی، کاربردهای نمونه

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. A. Forsyth and J. Ponce, *Machine Vision: A Modern Approach*, Prentice-Hall, 2012.
[2] E. Trucco and A. Verri, *Introductory Techniques for 3D Computer Vision*, Prentice-Hall, 1998.
[3] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2010.
[4] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle*, Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall, 1993.
[5] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	تصویرپردازی رقمی (CE5522)		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Image Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس، مفاهیم مقدماتی و پایه در پردازش تصویر ارائه می‌گردند. روشهای مختلف بهبود تصاویر، معرفی و مدل‌سازی تخریب در تصاویر، فشرده‌سازی و کدکردن تصاویر، و معرفی ابزارهای ریاضی مانند تبدیل فوریه و مورفولوژی نیز از دیگر اهداف این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه : اهمیت پردازش تصویر و کاربردها
- معرفی انواع تصاویر
- بهسازی تصاویر در قلمرو مکان و فضا
  - انواع تبدیل‌ها
  - فیلترهای مکانی و انواع آن
- بهسازی در قلمرو فرکانس
  - تبدیل فوریه یک بعدی و دو بعدی و خواص آن
  - فیلترهای مختلف در حوزه فرکانس و کاربردهای آن
- بازیابی تصاویر تخریب شده
  - بازیابی تصاویر با وجود نویز در حوزه مکان و فرکانس
  - مدلسازی ریاضی تخریب
  - بازیابی تصاویر با تخریب هندسی
- فشرده‌سازی تصویر
  - مفاهیم پایه نظریه اطلاعات و معرفی انواع افزونگی در تصویر
  - کد کننده‌ها: خواص و انواع کد کننده‌ها، کد کننده‌های هافمن و حسابی، کد کننده‌های مبتنی بر دیکشنری
  - اجزای اصلی کد کننده JPEG
- پردازش تصاویر رنگی
- پردازش تصویر با استفاده از مورفولوژی (ریخت‌شناسی)
  - انواع عملگرهای مورفولوژی در تصاویر دوسطحی و سطح خاکستری
  - کاربردهای مورفولوژی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Pearson, 2017.
[2] W. Pratt, *Digital Image Processing*, Wiley, 2007.

عنوان درس به فارسی:	پنهان‌سازی اطلاعات (CE5523)		
عنوان درس به انگلیسی:	Information Hiding	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس ایجاد درک صحیح در ارتباط با موضوع اختفای اطلاعات و نکات امنیتی مطرح در آن است. در این درس، فنون نشانه‌گذاری و نهان‌نگاری و نیز کاربردهای مختلف آن‌ها، که رشد فزاینده‌ای در محیط‌های چندرسانه‌ای دارند، مورد بررسی قرار خواهند گرفت. همچنین، روش‌های مختلف نهان‌کاوی مورد بحث قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات و تعاریف اولیه
  - تعریف اختفای اطلاعات، نشانه‌گذاری، و نهان‌نگاری
  - تاریخچه و اهمیت
- کاربردها و شاخص‌های ارزیابی
- مرور مطالب پیش نیاز درس
  - آمار و احتمال
  - جبر خطی
  - امنیت
- نشانه‌گذاری
  - مدل‌سازی سیستم‌های نشانه‌گذاری
  - نشانه‌گذاری با اطلاعات جانبی
  - تحلیل خطا
  - استفاده از مدل‌های ادراکی
  - امنیت نشانه‌گذاری
  - تکنیک‌های نشانه‌گذاری مقاوم
  - تأیید محتوا
- نهان‌نگاری
  - اصول نهان‌نگاری و امنیت

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- سیستم‌های جانشینی
- تکنیک‌های حوزه تبدیل
- طیف گسترده
- نهان‌نگاری آماری
- معرفی مهم‌ترین روش‌های نهان‌نگاری

– نهان‌کاوی

- مفاهیم اولیه و انواع حمله‌ها
- نهان‌کاوی در حوزه مکان و حوزه تبدیل
- نهان‌کاوی حین کدگذاری
- معرفی مهم‌ترین روش‌های تحلیل نهان‌کاوی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] I. J. Cox, M. L. Miller, J. A. Bloom, J. Fridrich, and T. Kalker, *Digital Watermarking and Steganography*, Elsevier, Morgan Kaufmann Publishers, 2008.
[2] H. T. Sencar, M. Ramkumar, and A. N. Akansu, *Data Hiding Fundamentals and Applications Content Security in Digital Media*, Elsevier Academic Press, 2004.
[3] S. Katzenbeisser and F. A. P. Petitcolas, *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, Artech House, 2000.

عنوان درس به فارسی:	پردازش زبان طبیعی (CE5524)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Natural Language Processing			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های ایجاد توانایی فهم زبان طبیعی در محیط کامپیوتر است. از سیستم‌های مبتنی بر پردازش زبان می‌توان به سیستم‌های پرسش و پاسخ، تحلیل احساس، استخراج اطلاعات، ترجمه ماشینی، و خلاصه‌سازی متون اشاره کرد. مهم‌ترین گام در راستای طراحی چنین سیستم‌هایی آشنایی با روش‌های پردازش زبان طبیعی است که بیشتر بر مبنای الگوریتم‌های آماری عمل می‌کنند. در این درس، به معرفی روش‌های پردازش زبان طبیعی از جمله برچسب‌زنی اجزای کلام، تجزیه نحوی زبان، تشخیص موجودیت‌های نامدار، تحلیل معنایی، برچسب‌گذاری نقش معنایی، و تشخیص موضوع پرداخته خواهد شد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- آشنایی با مفاهیم اولیه پردازش زبان طبیعی
  - کاربردها
  - سطوح مختلف درک زبان
  - ابهام‌ها و چالش‌ها در پردازش زبان
- مروری بر مفاهیم ریاضی و پایه
  - قانون زیپف
  - نظریه احتمالات و اطلاعات
  - آنتروپی و پرپلکسیتی
- پیش‌پردازش متن
  - قطعه‌بندی متن
  - یکسان‌سازی متن
  - ریشه‌یابی کلمات
- مدل‌های زبانی
  - مدل n-تایی و زنجیره مارکوف
  - روش‌های هموارسازی

- مدل زبانی‌عصبی
- مروری بر مفاهیم یادگیری ماشین
  - مدل‌های یادگیری با نظارت و بدون نظارت
  - الگوریتم‌های دسته‌بندی و خوشه‌بندی
  - کاربرد مدل‌های دسته‌بندی و خوشه‌بندی در پردازش زبان
- خوشه‌بندی و دسته‌بندی کلمات و متون
  - الگوریتم براون
  - روش بیز ساده
  - شبکه‌های عصبی پیچشی
- بازنمایی معنایی توزیع‌شده کلمات
  - تعبیه ایستای کلمات
  - تعبیه مبتنی بر بافت
- برچسب‌زنی اجزای کلام و تشخیص موجودیت‌های نامدار
  - مدل مخفی مارکوف
  - میدان تصادفی شرطی
  - مدل‌سازی عصبی دنباله‌ای
- تجزیه نحوی زبان
  - گرامرهای آماری مستقل از متن و وابستگی
  - تجزیه نحوی و آماری
  - تجزیه وابستگی
  - بانک‌های درختی
- تحلیل معنایی
  - شباهت کلمات
  - رفع ابهام معنایی کلمات
- برچسب‌گذاری نقش معنایی
- تشخیص هم مرجعی
- تشخیص موضوع
  - مدل تخصیص پنهان دیریکله
- سیستم‌های کاربردی مبتنی بر پردازش زبان
  - پرسش و پاسخ
  - تحلیل احساس
  - ترجمه ماشینی
  - استخراج اطلاعات

- خلاصه‌سازی متون
- سیستم‌های دیالوگ‌محور و چت‌بات‌ها

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] D. Jurafsky and J. H. Martin, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, McGraw-Hill, 2020.
[2] C. D. Manning and H. Schütze, *Foundations of Statistical Natural Language Processing*, MIT Press, 1999.
[3] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	گفتارپردازی رقمی (CE5525)		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Speech Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مباحث نظری و عملی در زمینه زبان‌شناسی و پردازش سیگنال گفتار و نیز کاربردهای آن شامل شناسایی گفتار، شناسایی گوینده، تبدیل متن به گفتار، فشرده‌سازی و کدسازی گفتار، بهسازی گفتار و چگونگی استفاده از تکنیک‌های پردازش سیگنال رقمی، روش‌های شناسایی آماری الگو، روش‌های یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، و مانند آن در این کاربردها است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی
  - شاخه‌های پردازش گفتار و کاربردهای آن، علوم مورد استفاده در پردازش گفتار، تاریخچه مختصر تکامل روش‌های پردازش خودکار سیگنال گفتار، زنجیره گفتاری
- مفاهیم زبان‌شناسی
- مدل‌سازی سیستم تولید گفتار
- ادراک گفتار
- رقمی‌سازی و پیش‌پردازش گفتار
  - فریم‌بندی، پنجره‌گذاری، و پیش‌تأکید
- استخراج ویژگی‌های گفتاری
  - میانگین، انرژی، نرخ عبور از صفر، اتوکورولیشن و کوواریانس، تابع، میانگین تفاضل دامنه، تبدیل فوریه گسسته، آنالیز پیشگویی خطی، آنالیز کپسترال، i-vector، تخمین طیف، فرمنت و گام، مشتقات ویژگی‌ها
- تشخیص فعالیت صوتی (VAD)
- مروری بر روش‌های یادگیری ماشین برای طبقه‌بندی، خوشه‌بندی، و مدل‌سازی
  - پیچش زمانی پویا، چندی‌سازی برداری، مدل‌های مخفی مارکوف، شبکه‌های عصبی، درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبان
- زیرشاخه‌های اصلی پردازش گفتار
  - کدسازی و فشرده‌سازی گفتار، بازشناسی گفتار، بازشناسی گوینده، سنتز گفتار و استفاده از آن در تبدیل متن به گفتار، بهسازی گفتار، بازشناسی زبان گوینده، محدوده سنی و جنسیت
- به کارگیری یادگیری عمیق در پردازش گفتار

- یادگیری ویژگی، مدلسازی صوتی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] L. R. Rabiner, Ronald R. Schafer, T*heory and Applications of Digital Signal Processing*, Pearson, 2011.

[2] J. R. Deller, J. H. L. Hansen, and J. G. Proakis, *Discrete-Time Processing of Speech signals*, IEEE Press, 2000.

[3] X. Huang, A. Acero, and H. W. Hon, *Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development*, Prentice-Hall, 2000.

[4] T. F. Quatieri, Speech Signal Processing, Prentice-Hall, 2002.

[۵] محمدمهدی همایون‌پور، پژوهشنامه تبدیل متن به گفتار، شورایعالی اطلاع‌رسانی، ۱۳۹۱.

[۶] حسین صامتی، پژوهشنامه بازشناسی خودکار گفتار، شورایعالی اطلاع‌رسانی، ۱۳۹۰.

[7] D. Yu and L. Deng, *Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach*, Springer, 2015.

عنوان درس به فارسی:	شناسایی گفتار و گوینده (CE5526)		
عنوان درس به انگلیسی:	Speaker and Speech Recognition	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مبانی تبدیل خودکار گفتار به متن، بازشناسی فرمان‌های صوتی و کلمات کلیدی، تطبیق با صدای گوینده جدید و شناسایی خودکار گوینده با استفاده از زیست‌متری صدا، مقابله با حمله به سیستم‌های بازشناسی گوینده، تقطیع گفتار مبتنی بر گوینده و ردگیری گوینده در فایل‌های صوتی است. در این درس، دانشجویان با روش‌های بازنمایی گفتار، مدل‌سازی گفتار و گوینده و مقاوم‌سازی آن‌ها نسبت به عوامل کاهنده کارایی آشنا می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
- تولید و دریافت گفتار در انسان
- بررسی آکوستیک-فونتیک گفتار
- بازنمایی گفتار، استخراج و یادگیری ویژگی
- مبانی بازشناسی خودکار گفتار و گوینده
- برنامه‌نویسی پویا، مدل مخفی مارکوف و مدل مخلوط گوسی و کاربرد آن‌ها در بازشناسی گفتار و گوینده
- بازشناسی کلمات گسسته، کلمات کلیدی، گفتار پیوسته
  - مبانی و تعاریف مربوط به بازشناسی گفتار
  - مدل‌سازی صوتی و زبانی
  - آموزش و کدگشایی در بازشناسی گفتار پیوسته
  - تطبیق گوینده
  - استفاده از شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق در بازشناسی گفتار (یادگیری ویژگی، ویژگی‌های گلوگاهی، به‌کارگیری شبکه‌های بازگشتی و پیچشی، طبقه‌بندی زمانی اتصال‌گرا CTC، روش LAS، بازشناسی انتها-به انتها، رویکرد مبتنی بر توجه، شبکه‌های مولد-متخاصم)
- بازشناسی گوینده
  - مبانی و تعاریف بازشناسی گوینده
  - یادگیری ویژگی، ساخت ابربردار

- مدل‌سازی صوتی، مدل پس‌زمینه جهانی
- به‌روزرسانی مدل صوتی و سطح آستانه تصمیم‌گیری، هنجارسازی سطح آستانه
- مقاوم‌سازی نسبت به اثر کانال، نوع میکروفون، طول گویش (آنالیز فاکتور، i-vector، d-vector، x-vector)
- مقاوم‌سازی نسبت به صداهای مشابه
- مقابله با حمله به سیستم‌های بازشناسی گوینده
- تقطیع گفتار مبتنی بر گوینده
- استفاده از شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق در بازشناسی گوینده
- سایر موارد عملی در بازشناسی گفتار و گوینده

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] L. R. Rabiner and B. H. Juang, *Fundamentals of Speech Recognition*, Prentice-Hall, 2008.
[2] J. R. Deller, J. H. L. Hansen, and J. G. Proakis, *Discrete-Time Processing of Speech Signals*, Wiley, 2000.
[3] H. Beigi, *Fundamentals of Speaker Recognition*, Springer, 2011
[4] D. Yu and L. Deng, *Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach*, Springer, 2015.
[5] X. Huang, A. Acero, and H. W. Hon, *Spoken Language Processing*, Prentice-Hall, 2001.
[6] F. Jelinek, *Statistical Methods for Speech Recognition*, MIT Press, 1998.
[۷] حسین صامتی، پژوهشنامه بازشناسی خودکار گفتار، شورایعالی اطلاع‌رسانی، ۱۳۹۰.
[۸] محمدمهدی همایون‌پور، پژوهشنامه تبدیل متن به گفتار، شورایعالی اطلاع‌رسانی، ۱۳۹۱.
[9] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	تبدیل متن به گفتار (CE5527)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Text-to-Speech Conversion			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

تبدیل متن به گفتار توسط کامپیوتر یکی از نیازهای امروزه است. هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مباحث نظری و عملی در زمینه تبدیل متن به گفتار، کاربردهای آن، و چگونگی ساخت سیستم‌های تبدیل متن به گفتار است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- تعریف تبدیل متن به گفتار
- ابعاد و کاربردهای تبدیل متن به گفتار
- مفاهیم زبان‌شناسی
- رقمی‌سازی گفتار، پیش‌پردازش و استخراج ویژگی
- تعیین فاصله و میزان شباهت و مروری بر روش‌های طبقه‌بندی و مدل‌سازی
- معرفی اجزای یک سیستم تبدیل متن به گفتار
- طراحی و تهیه واژگان
- تحلیل‌های متنی و زبان‌شناختی
  - واحدسازی متن، هنجارسازی متن، تعیین مقوله واژگانی کلمات، تجزیه جمله به عبارت‌های نحوی
- تحلیل‌های آوایی
  - استفاده از واژگان، رفع ابهام از هم‌نویسه‌ها، تحلیل تکواژشناختی، تبدیل حرف به صدا
- تحلیل‌های نوایی
  - معرفی انواع پارامترهای نوا، نوای نمادین، نوانویسی، مدل‌سازی کشش، مدل‌سازی زیروبمی و گروه‌های آهنگی و پیش‌بینی جایگاه عناصر آهنگی در منحنی زیروبمی، مدل‌سازی شدت، ارزیابی نوا
- سنتز گفتار
  - سنتز سازه‌ای، سنتز پیوندی، سنتز ریاضی- سیگنالی، سنتز هارمونیک به علاوه نویز، سنتز مبتنی بر انتخاب واحد، سنتز مبتنی بر مدل مخفی مارکوف، سنتز به کمک شبکه‌های عصبی عمیق، سنتز انتها به انتها
- ارزیابی سیستم‌های سنتز گفتار
  - انواع تست‌های تعیین وضوح و کیفیت

- به‌کارگیری شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق در تبدیل متن به گفتار

فهرست منابع پیشنهادی:

[۱] محمدمهدی همایون‌پور، پژوهشنامه تبدیل متن به گفتار، شورایعالی اطلاع‌رسانی، ۱۳۹۱.

[2] S. Furui, *Digital Speech Processing, Synthesis, and Recognition*, Wiley, 2002.

[3] L. R. Rabiner and R. R. Schafer, *Theory and Applications of Digital Signal Processing*, Pearson, 2011.

[4] D. Jurafsky and J. H. Martin, S*peech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, Prentice-Hall, 2000.

[5] J. R. Deller, J. H. L. Hansen, and J. G. Proakis, *Discrete-Time Processing of Speech signals*, IEEE Press, 2000.

[6] X. Huang, A. Acero, and H. W. Hon*, Spoken Language Processing: A Guide to Theory, Algorithm, and System Development*, Prentice-Hall, 2000.

[7] R. P. Ramachandran and R. J. Mammone, *Modern Methods of Speech Processing*, Kluwer Academic Publishers, 1995.

[8] D. G. Childers, *Speech Processing and Synthesis Toolboxes*, Wiley, 2000.

[9] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	جستجو و بازیابی اطلاعات در وب (CE5528)		
عنوان درس به انگلیسی:	Web Search and Information Retrieval		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■ نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐

هدف کلی:

هدف این درس گسترش اطلاعات دانشجویان در زمینه بازیابی اطلاعات است. به همین منظور، مباحث درس در سه بخش ارائه خواهد شد. در ابتدا، مفاهیم پایه بازیابی اطلاعات معرفی شده، و آنگاه، موتورهای جستجو به اجمال بررسی می‌شود. در بخش دوم، مدل‌های پیشرفته بازیابی اطلاعات، از جمله مدل‌های مبتنی بر مدل زبانی و یادگیری ماشین، معرفی می‌شوند. سپس، یکی از مهم‌ترین مشکلات بازیابی اطلاعات تحت عنوان عدم تطابق واژگان بررسی و روش‌های جدید مبتنی بر مدل زبانی و شبکه‌های عصبی برای حل این مشکل معرفی می‌گردند. در بخش سوم، کاربردهای ویژه و پیشرفته بازیابی اطلاعات و موتورهای جستجو، از جمله سیستم‌های توصیه‌گر، پیشنهاد پرسمان جستجو، شخصی‌سازی جستجو، استخراج اطلاعات، سیستم‌های پرسش و پاسخ، کتابخانه‌های دیجیتال، و بازیابی اطلاعات چند رسانه‌ای، مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر بازیابی اطلاعات
- ساختار موتورهای جستجو
- چالش‌های طراحی موتورهای جستجو
- تحلیل داده‌های پرسمان جستجو
- پیشنهاد پرسمان جستجو
- مروری بر روش‌های پایه بازیابی اطلاعات
  - o مدل‌های بولی
  - o مدل‌های فضای برداری
  - o مدل‌های احتمالاتی
- روش‌های ارزیابی در بازیابی اطلاعات
  - o ارزیابی بدون ترتیب
  - o ارزیابی ترتیبی
- بازیابی اطلاعات مبتنی بر مدل زبانی
- مدل یادگیری برای رده بندی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

- بازیابی اطلاعات مبتنی بر شبکه عصبی
- روش‌های حل مشکل عدم تطابق واژگانی
  - روش‌های مبتنی بر گسترش پرسمان جستجو
  - روش‌های مبتنی بر تعامل با کاربر
  - روش‌های مبتنی بر مدل زبانی (مدل ترجمه، مدل تشخیص موضوع، مدل خوشه بندی، مدل هستان شناسی، مدل وابستگی)
- سیستم‌های توصیه‌گر
- مروری بر سیستم‌های کاربردی مبتنی بر بازیابی اطلاعات
  - جستجوی سازمانی
  - خبره‌یابی
  - شخصی‌سازی جستجو
  - بازیابی اطلاعات بین زبانی
  - سیستم‌های پرسش و پاسخ
  - استخراج اطلاعات
  - کتابخانه‌های دیجیتال
  - بازیابی متون ساختار یافته
  - بازیابی اطلاعات چند رسانه‌ای

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] W. B. Croft, D. Metzler, and T. Strohman, *Search Engines: Information Retrieval in Practice*, Pearson, 2010.
[2] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto, *Modern Information Retrieval: The Concepts and Technology behind Search*, ACM Press, 2010.
[3] C. Manning, P. Raghavan, and H. *Schutz, Introduction to Information Retrieval*, Cambridge Universtiy Press, 2008.
[4] C. Zhai, *Statistical Language Models for Information Retrieval*, Morgan & Claypool Publishers, 2008.
[5] C. Zhai and S. Massung, *Text Data Management: A Practical Introduction to Information Retrieval and Text Mining*, ACM and Morgan & Claypool Publishers, 2016.
[6] Selected Papers

عنوان درس به فارسی:	ربات‌های متحرک خودگردان (CE5529)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Autonomous Mobile Robots			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با الگوریتم‌های اساسی موجود در رباتیک با تأکید بر موضوع‌های پژوهشی و کاربردی در ربات‌های متحرک خودگردان است. همچنین، مطالعه مکانیزم‌های لازم برای حرکت یک ربات در یک محیط واقعی و انجام کارهای مورد نظر شامل ادراک محیط، مکان‌یابی، و برنامه‌ریزی برای حرکت از اهداف این درس است.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - معرفی ربات‌های متحرک
  - انواع روش‌های جابجایی ربات
- سینماتیک ربات‌های متحرک
  - توصیف موقعیت ربات در محیط
  - محدودیت‌های سینماتیکی
- مانور ربات
  - کنترل موقعیت (حلقه باز و حلقه بسته)
- ادراک محیط توسط سنسورها
  - انکدر، جهت (قطب نما، ژایرسکوپ)، شتاب‌سنج، سرعت‌سنج
  - لیزر، سونار، بینایی
  - عدم قطعیت در اندازه گیری، انتشار خطا، استخراج ویژگی
- مکان یابی
  - روش‌های احتمالی، روش کالمن، روش مارکف
- ناوبری
  - مفاهیم طراحی مسیر
  - روش‌های توابع پتانسیل، نقشه راه، تجزیه سلولی، الگوریتم BUG
  - ساخت نقشه و مکان یابی همزمان (SLAM)

دانشگاه صنعتی امیرکبیر شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Siegwart and R. Illah, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, MIT Press, 2004.

عنوان درس به فارسی:	فهم زبان (CE5530)		
عنوان درس به انگلیسی:	Language Understanding	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

مهمترین هدف این درس آموزش مفاهیم پایه‌ای و همچنین روش‌های مختلف مورد استفاده در فهم زبان است. برای این منظور مسائل مختلف در فهم زبان (طبیعی و گفتاری) در بخش‌های مختلف بیان شده و روش‌های ارائه شده برای حل آنها به تفصیل شرح داده خواهند شد. از مهم‌ترین مسائل درس می‌توان به آنالیز معنایی، تشخیص قصد و نیت یک عبارت (گفتاری) و پیداکرن بخش‌های مهم عبارت برای تولید پاسخ و در نهایت تولید پاسخ مناسب خواهد بود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
- مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی
  - پرسپترون، شبکه‌های جلورو چندلایه و پس‌انتشار خطا، شبکه‌های پیچشی، شبکه‌های بازگشتی
- مقدمه‌ای بر پردازش زبان طبیعی
  - هنجارسازی متن، جداسازی توکن‌ها (توکن‌سازی)، مدل‌های زبانی، مدل‌های زبانی برمبنای شبکه‌های عصبی
  - برچسب‌زنی اجزای کلام، تشخیص موجودیت‌های نامدار، برچسب‌زنی دنباله‌ای
- مدل‌های دنباله-به-دنباله با سازوکار توجه
- ترنسفورمر
  - کدگذاری موقعیتی
- روش‌های پیش‌آموزش و تنظیم دقیق پارامترها
- بازنمایی کلمات و ریخت‌شناسی
  - تعبیه کلمات، تعبیه کلمات وابسته به بافت
  - مدل‌های مستقل از کلمه (مدل کاراکتر ترکیبی، کدگذاری جفت-بایتی)
  - شبکه‌های بر پایه کدگذار: BERT و شبکه‌های هم‌خانواده
  - شبکه‌های بر پایه کدگشا: GPT و شبکه‌های هم‌خانواده
  - رفع ابهام از کلمات
- تجزیه معنایی

- برچسب‌گذاری نقش معنایی، فهم زبان با استفاده از قاب‌های معنایی، تعیین قصد و دسته‌بندی عبارات، تشخیص هدف و پرکردن اسلات‌ها (پارامترها)، استخراج روابط معنایی، معیارهای ارزیابی

– عامل‌های محاوره‌محور
  - فهم مکالمه انسان-انسان، فهم مکالمه انسان-ماشین
– فهم پرسش و تولید پاسخ
  - پرسش و پاسخ متنی و گفتاری، تولید متن از روی داده
– استنباط زبان طبیعی
  - دست‌یابی و استخراج اطلاعات و متن‌کاوی، گراف‌های دانش
– خلاصه‌سازی متن و گفتار
– تحلیل احساس و استخراج عقاید
– یادگیری فعال
– جانب‌داری (بایاس) در فهم زبان
– کاربردهای فهم زبان

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] G. Tur, and R. De Mori, *Spoken language understanding: Systems for extracting semantic information from speech*, John Wiley & Sons, 2011.
[2] D. Jurafsky, and J. H. Martin, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, McGraw-Hill, 2019.
[3] U. Kamath, J. Liu, and J. Whitaker, *Deep learning for NLP and speech recognition*. Springer, 2019.
[4] Selected papers

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین آماری (CE5541)		
عنوان درس به انگلیسی:	Statistical Machine Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با روش‌ها و مدل‌های یادگیری آماری است. دانشجویان ضمن آشنایی با مبانی نظری روش‌ها و فنون آماری حل مسائل، روش‌های معرفی شده را پیاده‌سازی نموده و به صورت عملی در مورد مجموعه‌های داده به کار می‌بندند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمات
  - آمار و احتمال، استنتاج آماری، مدل‌های احتمالاتی و آماری (رگرسیون، دسته‌بندی)
- استنتاج غیرپارامتری
  - تخمین توزیع
  - رگرسیون غیرپارامتری (روش‌های هسته‌ها، چندجمله‌ای محلی، NN، RKHS)
  - دسته‌بندی غیرپارامتری (روش‌های plug-in، NN، مبتنی بر چگالی، درخت‌ها، جنگل‌های تصادفی)
- روش‌های ابعاد بالا
  - رگرسیون گام به گام پیش رو
  - Lasso
  - رگرسیون مرزی
  - دسته بندی با ابعاد بالا
- کاهش بعد (PCA، غیرخطی)
- خوشه‌بندی
- مدل‌های گرافی
- علیت
- مباحث منتخب

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani, *The Elements of Statistical Learning*, Springer, 2001.
[2] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	مدل‌های گرافی احتمالاتی (CE5542)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Probabilistic Graphical Models			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

مدل‌های گرافی احتمالاتی چارچوبی متداول برای مدل‌سازی توزیع احتمال مشترک متغیرهای تصادفی هستند که در آن‌ها از گراف‌های پارامتری شده برای نمایش فشرده و گویای توزیع‌های احتمال و روابط استقلال میان متغیرهای تصادفی استفاده می‌شود. در این درس، روش‌های مختلف ارائه، استنتاج دقیق و تقریبی، و نیز یادگیری ساختار و پارامترهای مدل‌های گرافی احتمالاتی آموزش داده می‌شوند. همچنین، کاربرد این مدل‌ها در پردازش متن، صوت، و تصویر و نیز در بیوانفورماتیک مورد بحث قرار می‌گیرد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مباحث مقدماتی
  - نظریه احتمال (متغیرهای تصادفی، توابع توزیع احتمال، احتمال شرطی)
  - نظریه گراف (مفاهیم و تعاریف اولیه)
- روش‌های ارائه
  - شبکه‌های بیزی (نحوه بازنمایی با گرافهای جهت‌دار بدون دور، مفهوم CPD و استفاده از آن برای بیان توزیع مشترک، جدایی جهت‌دار، روابط استقلال در شبکه‌های بیزی، شبکه بیزی ساده، مفهوم I-Map)
  - شبکه‌های مارکوفی (مفهوم فاکتور و عملیات روی فاکتورها، توزیع‌های گیبس، مفهوم جدایی و روابط استقلال در شبکه های مارکوف)
  - روش‌های ارائه کلیشه‌ای (مدلهای زمانی و شبکه‌های بیزی پویا، مدل مخفی مارکوف، مدل‌های شیء-رابطه)
- روش‌های استنتاج
  - استنتاج دقیق (حذف متغیر، درخت‌های کلیک، انتقال پیام، جمع ضرب، انتشار باور)
  - استنتاج تقریبی (مفهوم نمونه‌برداری، استنتاج مبتنی بر ذره، مونت کارلو مبتنی بر زنجیره مارکوف، الگوریتم‌های استنتاج تغییراتی)
- روش‌های یادگیری
  - یادگیری پارامتر (تقریب بیشینه درستنمایی، تقریب پارامتر بیزی)
  - یادگیری ساختار (روش‌های مبتنی بر قید، روش‌های مبتنی بر امتیاز)
- کاربردها
  - پردازش تصویر، پردازش صوت، پردازش متن، مسائل بیوانفورماتیکفهرست

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
شورای برنامه ریزی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

منابع پیشنهادی:

[1] D. Koller and N. Friedman, *Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques*, MIT press, 2009.
[2] K. P. Murphy, *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*, MIT Press, 2012.
[3] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2006.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل شبکه‌های پیچیده (CE5301)*		
عنوان درس به انگلیسی:	Complex Networks Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

* سرفصل مطالب این درس در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار تدوین شده است. به روزرسانی این سرفصل به تبع و منوط به تغییر آن در برنامه کارشناسی ارشد گرایش نرم‌افزار می‌باشد.

هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنا نمودن دانشجویان با فنون تحلیل و پردازش داده‌های شبکه‌ای پیچیده است. در این درس، شبکه‌های پیچیده و انواع آنها به صورت نظری و تجربی تحلیل می‌گردند. همچنین مسئله‌هایی مانند مدل‌های تصادفی، بیشینه‌سازی تاثیر، بهینه‌سازی انتشار، فرایندهای شکل‌گیری، تحلیل پیوندها، ساختار جوامع و خوشه‌بندی، پیش‌بینی پیوندها، یادگیری بازنمایی، و مرکزیت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی شبکه‌های پیچیده
  - مثال‌ها و کاربردها
- مدل گراف تصادفی
  - تجزیه و تحلیل نظری و تجربی
  - معیارهای شبکه (توزیع درجه، ضریب خوشه بندی، قطر)
- پدیده دنیای کوچک
  - مدل‌ها
  - تجزیه و تحلیل نظری و عملی طول مسیر متوسط و ضریب خوشه‌بندی
- بیشینه کردن تاثیر در شبکه‌های پیچیده
  - رفتار آبشاری اطلاعات در شبکه‌های پیچیده و مدل آبشاری مستقل
  - بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و کاربرد آن در بیشینه سازی انتشار اطلاعات
- بهینه‌سازی انتشار در شبکه‌های پیچیده
  - کشف انتشار
  - الگوریتم‌های مختلف کشف انتشار (الگوریتم مبتنی بر بهینه‌سازی زیرپیمآنهای و الگوریتم CELF)
- فرایندهای تشکیل شبکه

- توزیع درجه قانون توان، شبکه‌های فارغ از مقیاس، و پایداری آنها
- روش‌های شکل‌گیری شبکه‌های پیچیده (اتصال ترجیحی و شبکه‌های کرونِکر

– تجزیه و تحلیل پیوند
- الگوریتم HITTS
- الگوریتم PageRank و الگوریتم PageRank شخصی شده
- قدم‌زدن تصادفی

– ساختار انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
- روابط (یال‌های) ضعیف و قوی و قدرت روابط ضعیف
- الگوریتم گیروان‌نیومن برای استخراج انجمن‌ها
- استفاده از پیمآنهای بودن برای تعیین تعداد انجمن‌ها و استخراج آن‌ها

– الگوریتم‌های طیفی برای خوشه‌بندی شبکه‌های پیچیده
- برش گراف و ضریب هدایت
- الگوریتم‌های طیفی و تحلیل نظری دقت آن‌ها

– تجزیه و تحلیل همپوشانی انجمن‌ها و خوشه‌ها در شبکه‌های پیچیده
- همپوشانی انجمن‌ها و مدل‌سازی شبکه‌های پیچیده برای آن‌ها
- الگوریتم CPM برای پیدا کردن انجمن‌های همپوشان

– پیش‌بینی پیوند در شبکه‌های پیچیده
- روش‌های مبتنی بر نمایه‌ها
- روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین

– استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده
- ساختن کارای گراف k نزدیک‌ترین همسایه و الگوریتم KNN-Descent
- استنتاج ساختار شبکه‌های پیچیده با استفاده از روابط مستقیم و غیرمستقیم

– یادگیری بازنمایی در شبکه‌های پیچیده
- روشهای مبتنی بر قدم‌زدن تصادفی
- الگوریتم node2vec

– مرکزیت‌ها در شبکه‌های پیچیده
- بینابینی، بردار ویژه، نزدیکی، و Katz

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Kleinberg, *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly* Easley,.D *Connected World*, Cambridge University Press, 2010.
[2] T. C. Silva, L. Zhao, *Machine Learning in Complex Networks*, Springer, 2016.

عنوان درس به فارسی:	تحلیل کلان‌داده‌ها (CE5543)		
عنوان درس به انگلیسی:	Big Data Analytics	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

برای داده‌هایی که با حجم و سرعت بالا تولید می‌شوند، روشهای سنتی تحلیل و دستکاری داده‌ها قابل استفاده نیستند. هدف اصلی این درس معرفی تئوری‌ها و الگوریتم‌های پیشرفته‌ای است که در سال‌های اخیر در زمینه کلان داده‌ها ارائه شده‌اند و تحلیل، دستکاری و استخراج دانش از حجم انبوهی از داده ها را امکانپذیر نموده‌اند. در این راستا، در این درس مسایلی مانند یافتن داده‌های مشابه، کاهش و استخراج ویژگی برای داده‌های بزرگ، جریان داده‌ها، و رگرسیون برای داده‌های بزرگ با استفاده از sketching مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر کلان داده‌ها
  - ویژگی‌های کلان داده‌ها
  - روش‌های ذخیره‌سازی کلان داده‌ها
- سبک برنامه‌نویسی کاهش نگاشت
  - فایل سیستم توزیع شده
  - الگوریتم‌های نگاشت کاهش
- اجمال‌سازی (sketching)
  - اجمال‌سازی برای رگرسیون حداقل مربعات
  - تعبیه زیر فضا (مبدل subsampled randomized Hadamard، تعبیهCountSketch، تعبیه Affine)
- مقدمه‌ای بر تئوری اطلاعات
- یافتن داده‌های (اقلام) مشابه در ابعاد بالا
  - معرفی معیارهای فاصله
  - پیدا کردن داده‌های مشابه با ابعاد بالا
  - تحلیل درهم‌سازی حساس به موضوع (LSH)
- الگوریتم‌های پردازش جریان داده‌ها
  - نمونه‌برداری از یک جریان داده‌ها با نسبت ثابت
  - نمونه‌برداری از یک جریان داده‌ها با اندازه ثابت
  - شمارش تعداد بیتهای ۱ در یک جریان داده‌ها

- فیلتر کردن یک جریان داده‌ها
- شمارش تعداد عناصر متمایز یک جریان داده‌ها
- تخمین انحراف از معیار عناصر اخیر جریان داده‌ها

– الگوریتم‌های کاهش بعد و تجزیه ماتریسی برای کلان داده‌ها
- معضل ابعاد بالا
- تجزیه مقدارهای منفرد - SVD
- تجزیه CUR برای کلان داده‌ها

– خوشه‌بندی داده‌های حجیم
- معضل ابعاد بالا در خوشه‌بندی
- خوشه‌بندی سلسله مراتبی برای داده‌های حجیم
- الگوریتم BFR برای خوشه‌بندی داده‌های حجیم
- الگوریتم CURE برای خوشه‌بندی داده‌های حجیم

– الگوریتمهای پیدا کردن اقلام (داده‌های) پرتکرار و استخراج الگوها

– دسته‌بندی داده‌های حجیم و برون خط و جریانی
- درخت هافدینگ
- تغییر مفهوم (concept drift) و روش‌های تشخیص آن
- دسته‌بندی داده‌های جریانی در حضور تغییر مفهوم

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] J. Leskovec, A. Rajaraman, J. D. Ullman, *Mining of Massive Datasets*, 2nd Ed., Cambridge University Press, 2014.

[2] D. P. Woodruff, *Sketching as a Tool for Numerical Linear Algebra,* Foundations and Trends in Theoretical Computer Science 10, no. 1–2 (2014): 1-157

[3] K. L. Clarkson, D. P. Woodruff, *Low-rank approximation and regression in input sparsity time,* Journal of the ACM (JACM) 63, no. 6 (2017): 54.

عنوان درس به فارسی:	نظریه یادگیری ماشین (CE5544)		نوع درس و واحد	
عنوان درس به انگلیسی:	Machine Learning Theory			
دروس پیش‌نیاز:			پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:			تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

در این درس ایده‌های اصلی یادگیری ماشین از دیدگاه نظری مورد بحث و کاوش قرار گرفته و دانشجویان با نحوه تبدیل این اصول به الگوریتم‌های عملی آشنا می‌گردند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- کمینه‌سازی خطای تجربی
- یادگیری PAC
- یادگیری از طریق همگرایی یکنواخت
- مصالحه بایاس-پیچیدگی
- ابعاد VC
- یادگیری غیر یکنواخت
- زمان اجرای یادگیری
- پیش‌بینی خطی
- ترقی دادن (Boosting)
- انتخاب مدل و اعتبارسنجی
- مسائل یادگیری محدب
- منظم سازی و پایداری
- گرادیان نزولی
- روش‌های مبتنی بر هسته
- چنددسته ای و رتبه‌بندی (Ranking)
- یادگیری برخط
- خوشه‌بندی
- کاهش ابعاد
- مدل‌های مولد
- انتخاب و تولید ویژگی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Ben-David and S. Shalev-Shwartz, *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*, Cambridge University Press, 2014.
[2] A. Rostamizadeh, A. Talwalkar, and M. Mohri, *Foundations of Machine Learning*, MIT Press, 2012.

عنوان درس به فارسی:	بهینه‌سازی محدب (CE5545)		
عنوان درس به انگلیسی:	Convex Optimization	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

بهینه‌سازی در بسیاری از مسائل مهندسی کامپیوتر و به‌ویژه در هوش مصنوعی مطرح است. هدف اصلی این درس بررسی منسجم الگوریتم‌های بهینه‌سازی و آشنا نمودن دانشجویان با روش‌های مختلف بهینه‌سازی و شرایط به‌کارگیری آن‌ها است. تقویت دانش ریاضی دانشجویان و آشنایی با مسائل کاربردی بهینه‌سازی در هوش مصنوعی از دیگر اهداف این درس هستند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- معرفی بهینه‌سازی
- مقدمات ریاضی
  - فضای برداری
  - آنالیز توابع چند متغیره
  - تجزیه طیفی و مقدار منفرد
- مجموعه‌های محدب
- توابع محدب
- مسائل بهینه‌سازی محدب
  - شرایط بهینگی
  - بازنویسی مسائل غیرمحدب به شکل محدب
  - مسائل شبه محدب
  - مسائل بهینه‌سازی چندهدفه
- تئوری دوگانی و شرایط بهینگی
  - مسئله دوگان
  - شروط KKT
- کاربرد بهینه‌سازی در مسائل تقریب
- کاربرد بهینه‌سازی در تخمین و آشکارسازی
- کاربرد بهینه‌سازی در دسته‌بندی

- الگوریتم‌های بهینه‌سازی نامقید
  - رویکردهای جستجوی خط و ناحیه اطمینان، روش سریع‌ترین کاهش، روش نیوتن، روش‌های شبه نیوتن
  - روش گرادیان مزدوج خطی و غیرخطی
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی با قیود تساوی
  - رویکرد بازنویسی
  - رویکرد حل مسئله دوگان
  - روش نیوتن تعمیم یافته
  - روش پرایمال- دوئال
- الگوریتم‌های بهینه‌سازی مقید
  - روش‌های نقطه داخلی
  - روش پرایمال- دوئال

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Boyed, L. Vandenberg, *Convex optimization*, Cambridge, 2004.
[2] J. Nocedal, S. J. Wright, *Numerical Optimization,* Springer, 1999.
[3] D. G. Luenberger, Y. Ye, *Linear and Nonlinear Programming,* Springer, 2008.

عنوان درس به فارسی:	پردازش سیگنال‌های رقمی (CE5546)		
عنوان درس به انگلیسی:	Digital Signal Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با اصول و تکنیک‌های پایه ریاضی و الگوریتمی برای پردازش داده‌های مختلف اعم از داده‌های صوتی، تصویری، بیوالکتریک، و مانند آن است. در این درس، دانشجویان تکنیک‌های پردازش سیگنال‌های رقمی، تبدیل-های مختلف روی این سیگنال‌ها، پردازش آن‌ها در حوزه‌های زمان و فرکانس، و تحلیل سیگنالهای رقمی را فرا گرفته و می‌توانند از این روش‌ها در طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های رقمی بهره گیرند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - نمونه‌برداری، سیگنال‌های پایه، تناوبی بودن، سیستم‌های خطی نامتغیر با زمان، معادله تفاضلی، علّی بودن، پایداری، حافظه‌دار بودن
- روش‌های تحلیل حوزه زمان
  - پیچش خطی و حلقوی، پاسخ ضربه و پله، پاسخ‌های گذرا، همگن و ویژه
- روش‌های تحلیل حوزه فرکانس (DFS, FT, ZT, DFT) و خواص آن‌ها و بررسی پایداری در سیستم‌های رقمی
- الگوریتم‌های FFT، الگوریتم گورتزل، تبدیل Z چِرپ (CZT) ، تبدیل DCT
- طراحی فیلترهای دیجیتال غیر بازگشتی
  - فیلترهای FIR متقارن و غیرمتقارن با فاز صفر و فاز خطی، طراحی پنجره، فیلتر با میانگین متحرک، مفهوم فیلترهای با ریپل یکسان، مشتق‌گیری رقمی
- طراحی فیلترهای دیجیتال بازگشتی
  - طراحی ساده مبتنی بر صفرها و قطب‌ها در صفحه z، فیلترهای باترورث و چبی‌شف آنالوگ و دیجیتال، روش تبدیل دوخطی، روش تغییرناپذیر ضربه، روش نمونه‌برداری فرکانسی، انتگرال‌گیری رقمی
- تحلیل طیف و تبدیل ویولت
- فیلتر کردن به روش کانولوشن سریع
- مفاهیم تکمیلی در پردازش سیگنال‌های رقمی (اختیاری)
  - سیگنال‌های تصادفی گسسته، آنالیز هوموفیک، واریانس، کوواریانس، چگالی طیف توان، پریودوگرام، اساس پردازش سیگنال‌های رقمی چند نرخی، برازش و انتخاب یک از چند

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] P. A. Lynn and W. Fuerst, *Digital Signal Processing with Computer Applications*, Wiley, 2002.
[2] A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, and J. R. Buck, *Discrete-Time Signal Processing*, Prentice Hall, 2009.
[3] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, Prentice-Hall, 1996.
[4] S. K. Mitra, *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*, McGraw-Hill, 2001.
[5] A. Papoulis and S. U. Pillai, *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*, McGraw-Hill, 2002.
[6] M. Vetterli, J. Kovacevic*, Wavelets and Subband Coding*, Prentice Hall, 1995.
[7] S. Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing*, Academic Press, 1998.

عنوان درس به فارسی:	یادگیری تقویتی عمیق (CE5547)		
عنوان درس به انگلیسی:	Deep Reinforcement Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۳		تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت: ۴۸		رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس ارائه مفاهیم و اصول یادگیری تقویتی با تأکید ویژه بر استفاده از یادگیری عمیق در ترکیب با روش‌های سنتی یادگیری تقویتی است. جدیدترین نتایج پژوهش‌ها در این زمینه مورد بحث قرار می‌گیرند و کاربرد این روش‌ها در حل مسائل مختلف مانند یادگیری در ربات‌ها، بازی‌های کامپیوتری، و مسائل متنوع دیگر ارائه می‌گردد.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه
  - مرور کوتاهی بر شبکه‌های عمیق
  - یادگیری تقلیدی
  - مبانی یادگیری تقویتی
- روشهای مبتنی بر سیاست
  - روش گرادیان
  - روش نمونه برداری متفاوت
  - روش محدوده اطمینان TRPO
  - روش محدوده اطمینان PPG
- روش عامل ـ نقاد
  - روش A2C
  - روش A3C
- روش مبتنی بر توابع ارزش
  - روش مبتنی بر ارزش حالت
  - روش مبتنی بر ارزش حالت – عمل
  - روش DQN (شبکه عمیق عمل – حالت)
  - روش DDQN (شبکه عمیق عمل – حالت دوتایی)
  - روش Dueling DQN (شبکه عمیق عمل – حالت دوئل کننده)
  - روش NAF (شبکه عمیق تالع مزیت نرمال شده برای عمل های پیوسته)
  - روش DDPG (شبکه عمیق حالت - عمل پیوسته)

- روش های حالت – عمل پیوسته مبتنی بر مدل
  - روش های مبتنی بر معادله همیلتون – ژاکوبی – بلمن
  - روش های مبتنی بر معادله اولر لاگراژ
- مباحث پیشرفته
  - یادگیری تقویتی مبتنی بر مدل
  - یادگیری سیاست با تقلید از سایر سیاست‌ها
  - یادگیری تقویتی معکوس
  - موازنه اکتشاف – انتفاع
  - یادگیری انتقالی
  - یادگیری تقویتی توزیع شده

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] R. Sutton and A. Barto, *Introduction to Reinforcement Learning*, MIT Press, 1998.
[2] C. Szepesvari, *Algorithms for Reinforcement Learning*, Morgan & Claypool Publishers, 2010.
[3] C. Watkins, *Learning from Delayed Rewards, PhD Thesis,* University of Cambridge, England, 1989.
[4] M. Wiering and M. van Otterlo*, Reinforcement Learning: State-of-the-Art*, Springer, 2014.
[5] M. Puterman, *Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming*, Wiley, 1994.
[6] D. P. Bertsekas, *Dynamic Programming and Optimal Control, Vols I and II*, Athena Scientific, 2017.
[7] W. B. Powell, *Approximate Dynamic Programming*, Wiley, 2011.
[8] Selected Paper

عنوان درس به فارسی:	بینائی کامپیوتر سه بعدی (CE5548)		
عنوان درس به انگلیسی:	3D Computer Vision	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و اصول بازسازی سه بعدی محیط و تحلیل تصاویر سه بعدی به‌منظور درک آن توسط کامپیوتر و ربات است. در این درس انواع تکنولوژی‌های بازسازی سه بعدی محیط، درک بصری تصاویر بازسازی شده و انواع کاربردهای آن مورد تأکید است. دانشجویان با انجام پروژه‌های متعدد، با الگوریتم‌ها و نرم افزارهای مربوطه آشنایی کامل پیدا می‌کنند. همچنین، جدیدترین مباحث مرتبط با یادگیری عمیق و شبکه‌های عصبی در سه بعد نیز معرفی می‌شوند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- بازسازی سه بعدی
  - مقدمه‌ای بر شیوه‌های بازسازی سه بعدی
  - مدل دوربین و کالیبراسیون دوربین
  - دوربین‌های RGB-D و الگوریتم‌های مربوطه
  - بازسازی سه بعدی صحنه‌های ایستا
  - بازسازی سه بعدی صحنه‌های پویا
- الگوریتم‌های تطبیق سه بعدی
- تصاویر سه بعدی چندنمایی (Multi-view stereo)
  - مقدمه‌ای بر تصاویر چندنمایی
  - تخمین حرکت از روی جفت استریو
  - تخمین عمق از روی جفت استریو
  - تخمین ترکیبی عمق و حرکت
  - ساختار سه بعدی از روی حرکت
  - استریوی فعال
- درک صحنه بصری سه بعدی
  - تشخیص اشیاء سه بعدی
    - در تصویر RGB-D
    - در ابر نقاط (Pointcloud)

- بخش بندی سه بعدی
  - بخش بندی معنایی (Semantic segmentation)
  - بخش بندی مورد به مورد (Instance segmentation)

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] B. Cyganek and J. P. Siebert, *An Introduction to 3D Computer Vision Techniques and Algorithms*, Wiley, 2009.
[2] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, second edition, Cambridge, 2003.
[3] Y. Ma, S. Soatto, J. Kosecka, and S. S. Sastry, *An Invitation to 3D Vision: from Images to Geometric Models,* Springer Science & Business Media, 2012.
[4] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer, 2010.

عنوان درس به فارسی:	مکان‌یابی و نقشه‌برداری ربات (CE5549)		
عنوان درس به انگلیسی:	Robot Localization and Mapping	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

هدف این درس آشنا نمودن دانشجویان با مفاهیم و اصول نقشه‌برداری و مکان‌یابی ربات در محیط است. تمرکز درس بر روی انواع روش‌های تخمین احتمالاتی حالت ربات و کاربردهای آن در مسائلی همچون مکان‌یابی، نقشه برداری، و هدایت ربات خواهد بود. دانشجویان در کنار آشنایی با انواع مختلف مکان‌یابی و نقشه‌برداری همزمان، با انجام پروژه‌های متعدد با استفاده از داده‌های واقعی نسب به موضوع درس تسلط و آشنایی کامل پیدا می‌کنند.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه‌ای بر ربات‌های متحرک
- مدل‌های حرکت و سنسور
  - تخمین حالت بایسی و فیلترها
  - فیلترهای کالمن (توسعه یافته، بی اثر)
  - فیلترهای ذره‌ای
- شبکه‌های بیزی پویا (DBN)
- مکان‌یابی ربات
- ساخت نقشه و SLAM
- نقشه‌های شبکه‌بندی
- روش‌های پیشرفته SLAM
- فرآیند تصمیم گیری مارکوف
  - MDP
  - POMDP
  - یادگیری تقویتی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox, Probabilistic *Robotics,* MIT Press, 2005.
[2] T. D. Barfoot, State *Estimation for Robotics*, Cambridge University Press, 2017.

عنوان درس به فارسی:	یادگیری ماشین کاربردی (CE5550)		
عنوان درس به انگلیسی:	Applied Machine Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:		تخصصی اجباری ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۳	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
تعداد ساعت:	۴۸	رساله / پایان‌نامه ☐	

هدف کلی:

امروزه یادگیری ماشین در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی کاربرد فراوان یافته است. هدف این درس آشنایی دانشجویان رشته‌های مختلف مهندسی با یادگیری ماشین به‌صورت کاربردی است. در این درس الگوریتم‌های مختلفی که قادر به یادگیری از داده‌ها و تجربیات هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرند، مثال‌ها و پروژه‌های کاربردی در هر زمینه مطرح می‌شود.

مباحث یا سرفصل‌ها:

- مقدمه (مروری بر انواع روش های یادگیری ماشین و کاربردها)
- آشنایی با داده (پیش پردازش، مصور سازی، معیارهای شباهت و فاصله)
- یادگیری تحت نظارت
- رگرسیون
  - خطی- غیرخطی-چندمتغیره
  - روش‌های بهینه سازی
  - مصالحه بایاس و واریانس
  - منظم‌سازی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- دسته‌بندی
  - K نزدیک‌ترین همسایه
  - درخت تصمیم
  - دسته‌بندهای بیزین
  - رگرسیون لجستیک
  - شبکه‌های عصبی
  - ماشین بردار پشتیبان- شگرد هسته
  - روش‌های تجمعی
  - معیارهای ارزیابی

- آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- یادگیری بدون نظارت
- خوشه‌بندی
  - مبتنی بر تقسیم‌بندی فضا (K-means, k-medoids, kernel k-means)
  - سلسله مراتبی
  - مبتنی بر چگالی (DBSCAN)
  - فازی
  - مبتنی بر مدل‌های آماری ترکیبی
  - معیارهای ارزیابی
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- کاهش ابعاد
  - تحلیل مولفه‌های اساسی PCA
  - تحلیل نهان دیریکله LDA
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی
- الگوریتم‌های تکاملی
  - الگوریتم‌های ژنتیک
  - آشنایی با ابزار و انجام پروژه کاربردی

فهرست منابع پیشنهادی:

[1] Tom Mitchell, Machine Learning, McGraw Hill, 1997