



دانشگاه تهران

مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس

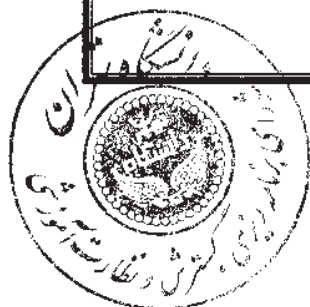
دوره: تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

رشته: علوم کامپیوتر

پردیس علوم

مصوبه جلسه مورخ ۹۸/۱۰/۱۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه

این برنامه بر اساس آیین نامه وزارتی تفویض اختیارات برنامه ریزی درسی به دانشگاههای دارای هیات ممیزه توسط اعضای هیات علمی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر پردیس علوم بازنگری شده و در سیصد و هشتاد و دومین جلسه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه مورخ ۹۸/۱۰/۱۵ به تصویب رسیده است.



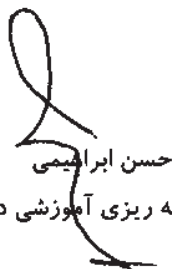
مصوبه شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه تهران در خصوص برنامه درسی

رشته: علوم کامپیوتر

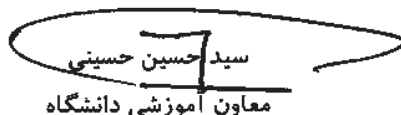
دوره: تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری)

برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی رشته علوم کامپیوتر که توسط اعضای هیات علمی دانشکده ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر بردیس علوم بازنگری شده است با اکثریت آراء به تصویب رسید.

- این برنامه از تاریخ تصویب لازم الاجرا است.
- برنامه درسی بازنگری شده دوره تحصیلات تکمیلی رشته علوم کامپیوتر از تاریخ ۹۸/۱۰/۱۵ جایگزین برنامه درسی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر مصوب جلسه مورخ ۹۵/۱۲/۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی وزارت و دوره دکتری رشته علوم کامپیوتر مصوب ۹۱/۸/۲۱ شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می-شود.

  
حسن ابراهیمی

دبیر شورای برنامه ریزی آموزشی دانشگاه

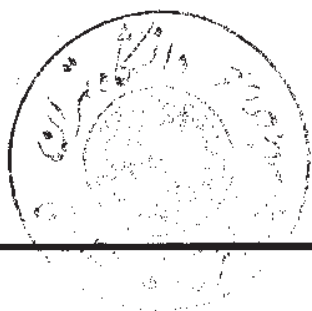
  
سید حسین حسینی

معاون آموزشی دانشگاه

رای صادره جلسه مورخ ۹۸/۱۰/۱۵ شورای برنامه ریزی، گسترش و نظارت آموزشی دانشگاه در مورد بازنگری برنامه درسی رشته علوم کامپیوتر در دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) صحیح است، به واحد ذیربط ابلاغ شود.

  
محمود نیلی احمد آبادی

رئیس دانشگاه تهران



## مشخصات کلی، برنامه درسی دوره تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکتری) رشته

### علوم کامپیوتر Graduate Program in Computer Science

#### ۱- مقدمه

دوره‌های تحصیلات تکمیلی (کارشناسی ارشد و دکترا) نقشی اساسی در شکل‌گیری پیکره‌ی علمی و رشد توانایی‌های فناوری کشور ایفا می‌کنند. با در نظر داشتن پیشرفت‌های روزافزون در سطح جهانی و پیدایش نیازهای علمی-پژوهشی جدید در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور، بازنگری ادواری و به روزرسانی برنامه‌های درسی دوره‌های تحصیلات تکمیلی ضروری است. رشته علوم کامپیوتر نیز بعنوان یکی از رشته‌های بسیار مهم علوم پایه از این امر مستثنی نبوده و لذا متن حاضر برنامه کارشناسی ارشد و دکتری این رشته را ارائه می‌نماید. در تعریف عنوان‌ها و تعیین سرفصل‌ها، ضمن در نظر داشتن تجربه‌های پیشین و توجه به برنامه‌های درسی دانشگاه‌های معتبر دنیا، تلاش شده است که تنوع و تعدد دروس پاسخ‌گوی طیف وسیعی از علائق و نیازهای دانشجویان دوره‌های تحصیلات تکمیلی باشد. همچنین، به جز دروس اصلی دوره‌ی کارشناسی ارشد، سایر دروس دوره‌های تحصیلات تکمیلی به دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری تفکیک نشده‌اند، تا دانشجویان ضمن رعایت ضوابط آموزشی و با در نظر داشتن توان و پیشینه‌ی علمی خود، در انتخاب دروس آزادی عمل بیشتری داشته باشند؛ شیوه‌ای که در دانشگاه‌های معتبر دنیا نیز رایج است.

#### ۲- تعریف رشته

رشته علوم کامپیوتر اساس و پایه نظری تمام رشته‌های مرتبط با کامپیوتر را تشکیل می‌دهد. این رشته در گرایش‌ها و شاخه‌های مختلف، مباحث نظری کامپیوتر را شامل می‌شود و ارتباط بسیار نزدیکی با ریاضیات محض، فیزیک نظری و امروزه با زیست‌شناسی دارد. مباحث این رشته ساختارهای کامپیوتر را با دید ریاضی و بصورت نظری گسترش داده و عمق می‌بخشد و زیر ساختهای نظری برای رشته‌های مرتبط با کامپیوتر را فراهم می‌کند. البته رشد زیر ساختارهای نظری خود باعث بهرمندی بیشتر تکنولوژی از کاربرد های کامپیوتر می‌شود.

**این رشته دارای گرایشهای الگوریتم و نظریه محاسبه، منطق و روشهای صوری، محاسبات نرم و هوش مصنوعی و داده کاوی است. در ادامه هرکدام از این گرایشها بصورت مختصر و مفید توضیح داده می‌شوند.**

در گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه به بررسی حل پذیری مسائل پرداخته می‌شود. در دنیای محاسبات کلاس بسیار بزرگی از مسائل وجود دارند که در زمان معقول قابل حل هستند و کلاسهای دیگری نیز در زمان معقول قابل حل نمی‌باشند. در این گرایش محاسبه پذیری و پیچیدگی تمام کلاسها مورد بررسی قرار می‌گیرد و دانشجویان با کلاسهای مختلف مسائل آشنا میشوند و با روشهای مختلف طراحی الگوریتمها اعم از سریال و موازی برای این کلاسها آشنا می‌گردند. برای مسائلی که در زمانهای مناسب قابل حل نیستند روشهای یافتن جوابهای تقریبی و نزدیک به بهینه بسیار اهمیت دارند و دانشجویان در طراحی و آنالیز چنین الگوریتم‌هایی تبحر پیدا خواهند نمود.

درسال‌های اخیر توجه زیادی به حل مسایل زیستی با استفاده از کامپیوتر و بوجود آمدن شاخه بیوانفورماتیک شده است. در دنیای زیست‌شناسی مسائل مهمی وجود دارند که حل آنها در آزمایشگاه‌های زیستی بسیار زمانبر و پرهزینه می‌باشد. امروز برای حل این مسایل از کامپیوتر استفاده می‌شود. در این روش یک مسئله



زیستی با استفاده از کامپیوتر مدل میشود و سپس برای حل آن الگوریتمی ارائه میگردد. الگوریتم بر روی کامپیوتر پیاده سازی شده و برای حل مسئله استفاده می گردد. در نهایت جواب های بدست آمده با روش های آماری آنالیز میشود و درستی آنها بررسی می گردد. در گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه دانشجویان می توانند با مسایل مختلف و مهم زیستی آشنا شوند و نحوه ارائه الگوریتم هایی برای حل آنها را یاد بگیرند.

در گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه دانشجویان می توانند با اشیاء ترکیبیاتی از دیدگاه محاسباتی آشنا شده و روشهای جدید محاسباتی مورد استفاده در حل مسائل مربوط به آنها و روشهای تحقیق و پژوهش در این چهارچوب جدید را بیاموزند.

هوش مصنوعی و دستیابی به روشهای پردازش هوشمند همواره یکی از موارد مورد توجه محققان علوم کامپیوتر بوده و هست. در گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی دانشجویان با روشهای پردازش غیر کلاسیک و هوشمند که براساس الگوبرداری از شبکه های عصبی مغز انسان عمل می کنند آشنا خواهند شد و برای آنها تکنیکها و روشهای پیشرفته در پردازش اطلاعات و حل مسائل مورد بررسی و بحث قرار خواهد گرفت.

یکی دیگر از گرایشهای رشته علوم کامپیوتر داده کاوی می باشد. داده کاوی به جمع آوری، آماده سازی، تحلیل، بصری سازی، مدیریت و نگهداری اطلاعات با حجم بالا می پردازد. علم داده بر مبانی و روشهای موجود در حوزه های علوم کامپیوتر، ریاضیات و آمار بنا شده است و هدف آن استخراج دانش از مجموعه های داده و اطلاعات است. در علم داده، علاوه بر دانش کاربردی از داده ها و ابزارها، درک تئوری روشها نیز حائز اهمیت است. علوم داده با ایجاد تعادل بین جنبه های نظری و عملی ریاضیات و علوم کامپیوتر، مجموعه های داده را تجزیه و تحلیل و دسته بندی می نمایند. به علاوه علوم داده به توصیف و تبدیل اطلاعات برای کشف روابط و الگوها در مجموعه داده های پیچیده می پردازد. ایجاد مدل از روی داده ها با استفاده از روشهای رسمی و روش های انتزاعی میتواند برای حل خودکار مسائل دنیای واقعی مورد استفاده قرار گیرد.

در گرایش منطق و روشهای صوری، دانشجویان با بررسی رفتار سیستم های کامپیوتری با مدل های ریاضی آشنا می شوند. روش های صوری، تکنیک های طراحی سیستم می باشد که در آن ها اساسا از مدل های ریاضی خاص برای ساختن سیستم های نرم افزاری و سخت افزاری استفاده می شود. بر خلاف دیگر سیستم های طراحی، روش های صوری از برهان های ریاضی، اساسا منطق ریاضی، به عنوان مکملی جهت اطمینان به صحت رفتار سیستم طراحی شده، استفاده می کند.

### ۳- هدف رشته

به طور کلی دوره تحصیلات تکمیلی رشته علوم کامپیوتر به دوره ای اطلاق می گردد که تحصیلات بالاتر از کارشناسی را دربر میگیرد و مجموعه ای هماهنگ از فعالیتهای آموزشی در راستای آمادگی برای حضور در عرصه های پژوهشی است. دانشجویان کارشناسی ارشد ضمن آگاهی از نظریه علوم کامپیوتر در شاخه ای از علوم کامپیوتر تخصص فزاینده ای می یابند و با انجام پژوهشهای تخصصی، مهارتهای علمی و عملی لازم را کسب می نمایند. بدین ترتیب فارغ التحصیلان قابلیت های لازم را خواهند داشت تا به تعلیم در شاخه های متناظر در دوره کارشناسی بپردازند، یا در سطح بالاتر از کارشناسی قادر به کاربرد علوم کامپیوتر در بخش های متنوع سازمانی، صنعتی، اجتماعی و



اداری باشند، یا به تحصیلات خود در مقطع دکتری ادامه دهند.

برنامه دکتری علوم کامپیوتر یک برنامه آموزشی و پژوهشی است و در این دوره ابداع، نوآوری و گسترش دانش علوم کامپیوتر از اهمیت خاص برخوردار بوده و رسالت ویژه دانشجویان را تشکیل می دهد. هدف از این دوره تربیت متخصصینی است که آموزشهای لازم در علوم کامپیوتر را دیده باشند و در شاخه ای از این رشته مهارت های لازم را کسب نموده و ضمن تعمیق در چند درس تخصصی، بتوانند کارهای پژوهشی در سطح جهانی ارائه نمایند. در طی این دوره دانشجو با انتخاب گرایش و با گذراندن تعدادی واحد درسی، ارائه سمینارها و انجام یک پژوهش و ارائه یک رساله با اصول علوم کامپیوتر آشنا گشته و آمادگی لازم جهت تحقیق و تدریس در این رشته را پیدا می نماید.

#### ۴- ضرورت و اهمیت رشته

با توجه به گسترش کاربردهای علوم کامپیوتر در جنبه های گوناگون علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری ضرورت تربیت افراد متخصص در همه سطوح آموزش عالی بی تردید وجود دارد. با ایجاد دوره تحصیلات تکمیلی، امکان استفاده مؤثر از نیروهای متخصص موجود در دانشگاههای کشور در جهت تربیت نیروی مورد نیاز در زمینه های آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی فراهم می آید و قدمهای مؤثری در راستای تحقق آرمان استقلال و خودکفایی جامعه برداشته می شود. بطور کلی گسترش زمینه های نظری در هر رشته باعث تقویت و گسترش رشته های وابسته با آن می گردد. به همین دلیل رشته علوم کامپیوتر هم شامل این اصل میگردد و گسترش آن در مقاطع تحصیلات تکمیلی علاوه بر عمیق شدن تحقیقات در این رشته باعث گسترش زمینه های فنی علوم کامپیوتر نیز می گردد و می تواند به گسترش تکنولوژی در کشور نیز کمک نماید. امروزه پیشرفت علوم کامپیوتر از یک سو و ارتقای سطح دانش در زمینه های گوناگون سایر علوم، رشد صنعتی، پیشرفت دانش پزشکی و شکوفایی اقتصادی از سوی دیگر، اموری تفکیک ناپذیر هستند و بی توجهی به یک جنبه منجر به ضعف یا دست کم رشد ناسالم دیگری خواهد شد. همچنین با توجه به وابستگی بین علوم مختلف و تکنولوژی نیاز به متخصصین شاخه های علوم کامپیوتر برای ایجاد و گسترش فعالیت های میان رشته ای نیز اساسی است؛ چرا که بر خلاف گذشته های دور، پیشرفت های علمی بنیادین در دنیای امروز اغلب نیازمند همکاری گروهی از متخصصین کارآزموده در دانش های گوناگون است.

#### ۵- نقش و توانایی های دانش آموختگان

دانشجویان پس از طی دوره کارشناسی ارشد تخصص های لازم در حداقل یکی از زمینه های ذکر شده در علوم کامپیوتر را کسب می نمایند. بعلاوه، امکان دستیابی به مهارت بیشتر در زمینه انتخابی و یا فراگیری آگاهی های لازم در زمینه های دیگر نیز برای آنان میسر است نهایتاً با انجام یک پایان نامه شرایط برای اکتساب تجربیات تحقیقاتی در زمینه های نظری یا کاربردی فراهم می گردد. همچنین می توانند با پیوستن به گروه های پژوهشی میان رشته ای نقش مؤثری در زمینه های گوناگون داشته باشند. بدین ترتیب، فارغ التحصیلان قادرند که در امر تدریس در دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی اشتغال ورزند و یا در امور تحقیقاتی، برنامه ریزی و خدماتی در مؤسسات آموزش عالی یا سازمانها و مراکز علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری فعالیت نمایند. با توجه به تبحر کسب شده در این دوره، دانشجویان میتوانند به صورت چشمگیری در بخش صنعتی ظاهر شوند. بعلاوه انتظار می رود دانش آموختگان



دوره‌ی کارشناسی ارشد آمادگی لازم را برای ادامه‌ی تحصیل در گرایش‌های علوم کامپیوتر و رشته‌های مرتبط را داشته باشند.

دانش‌آموختگان دوره‌ی دکتری با توجه به توانایی تدریس دروس علوم کامپیوتر در همه‌ی مقاطع تحصیلی و توانایی تولید دانش‌های بنیادین می‌توانند بعنوان عضو هیئت علمی جذب دانشگاه‌های کشور شوند. بعلاوه، دانش‌آموختگان این دوره با حضور در گروه‌های تحقیقاتی و مراکز پژوهشی کشور، می‌توانند نقش موثری در پیشبرد اهداف گوناگون و ارتقا سطح علمی کشور داشته باشند. همچنین در این دوره افرادی دارای تفکری خلاق و مستقل تربیت می‌شوند که به روشهای پیشرفته پژوهش در زمینه علوم کامپیوتر احاطه دارند و لذا توانایی درک مشکلات علمی جامعه در رابطه با کامپیوتر و حل آنها با استفاده از علوم کامپیوتر را دارا می‌باشند. بنابراین با در نظر داشتن پیشرفت روزافزون کشور و احتیاج مبرم به متخصصان علوم روز دنیا، نیاز به مشارکت دانش‌آموختگان دوره‌های دکتری علوم کامپیوتر در نهاد‌های برنامه ریزی علمی، اقتصادی و صنعتی کشور ضروری به نظر می‌رسد.

## ۶- طول دوره‌ها و شکل نظام آموزشی

### الف- دوره‌ی کارشناسی ارشد

طول دوره کارشناسی ارشد دو سال (چهار نیم‌سال تحصیلی) است. اما در شرایط ویژه، با تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و رعایت مقررات مالی دانشگاه، دانشجوی می‌تواند از سنوات اضافی استفاده کند. تعداد کل واحدهای دوره کارشناسی ارشد ۲۸ واحد است که ۲۰ واحد از آن شامل ۵ درس، هر یک به ارزش ۴ واحد خواهد بود و یک درس سمینار به ارزش ۲ واحد و پایان نامه به ارزش ۶ واحد را نیز شامل می‌شود. برای هر درس ۴ واحدی ۶۴ ساعت آموزش در یک نیمسال تحصیلی در نظر گرفته شده است.

بازنگری این رشته در ۴ گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه، منطق و روشهای صوری، محاسبات نرم و هوش مصنوعی، و داده کاوی است. تعداد واحدهای درسی در دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر ۲۸ واحد به قرار زیر می‌باشد:

۱. دروس جبرانی حداکثر ۱۲ واحد

۲. دروس تخصصی برای تمامی گرایشها ۱۰ واحد (جدول ۲)

۳. دروس اختیاری ۱۲ واحد (جدولهای ۳ الی ۶)

۴. پایان نامه ۶ واحد

نحوه اخذ این دروس به شرح زیر می‌باشد:



۱. دروس اصلی دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، ۱۰ واحد مشترک شامل دروس نظریه الگوریتم پیشرفته (۴ واحد)، نظریه محاسبه پیشرفته (۴ واحد) و سمینار (۲ واحد) است که می بایست از جدول ۲ اخذ شود.

۲. دروس اختیاری متشکل از ۱۲ واحد درسی از یکی از جدولهای ۳ الی ۶ انتخاب می گردد. ۴ واحد از دروس اختیاری می بایست خارج از گرایش اخذ شود.

۳. دروس کمبود (جبرانی) برای هر دانشجو در صورت نیاز می بایست در آغاز اولین نیمسال تحصیلی توسط شورای تحصیلات تکمیلی از جدول تعیین گردد و چنانچه با تصویب گروه مجری دانشجو موظف به گذراندن دروس جبرانی باشد حداکثر طول مجاز تحصیل برای چنین دانشجویی به نسبت تعداد واحدهای اضافه افزایش می یابد. حداکثر سقف دروس جبرانی ۱۲ واحد می باشد.

دانشجوی کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر می بایست در پایان نیمسال دوم تحصیل استاد راهنمای خود را از بین اساتید گروه آموزشی مربوطه انتخاب نماید و با کمک استاد راهنما پروپوزال پایان نامه خود را تدوین نموده و به تایید شورای تحصیلات تکمیلی برساند و سپس با اخذ ۶ واحد پایان نامه کار پژوهشی خود را تحت نظارت استاد راهنما آغاز نماید و در انتها از پایان نامه خود در حضور هیئت داوران که منتخب شورای تحصیلات تکمیلی می باشد دفاع نماید.

در نهایت جهت فراغت از تحصیل، دانشجو موظف به رعایت کلیه آیین نامه های مربوط به دوره کارشناسی ارشد مصوب شورای عالی برنامه ریزی است.

## ب- دوره دکتری

طول دوره دکتری چهار سال (هشت نیمسال تحصیلی) است. اما در شرایط ویژه، با تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و رعایت مقررات مالی دانشگاه، دانشجو می تواند از سنوات اضافی استفاده کند.

تعداد کل واحدهای این دوره ۳۶ واحد است که ۱۶ واحد آن درسی و ۲۰ واحد آن رساله دکتری می باشد. دوره دکترای علوم کامپیوتر به دو مرحله آموزشی و پژوهشی تقسیم می شود که در ادامه شرح داده می شوند.



## مرحله آموزشی

این مرحله شامل حداقل دو و حداکثر چهار نیمسال تحصیلی است که پس از پذیرفته شدن دانشجو در آزمون ورودی آغاز میشود. اهداف این مرحله افزایش معلومات دانشجو به منظور آمادگی برای استفاده از آخرین دستاوردهای علمی جهان در زمینه علوم کامپیوتر در یکی از گرایشهای مربوطه می باشد. مرحله آموزشی از زمان پذیرفته شدن دانشجو در امتحان ورودی آغاز و به امتحان جامع ختم می شود.

دوره دکتری علوم کامپیوتر از ۴ گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه، منطق و روشهای صوری، محاسبات نرم و هوش مصنوعی و داده کاوی تشکیل شده است و تعداد واحدهای قطعی برای به پایان رسانیدن دوره آموزشی ۱۶ واحد به قرار زیر می باشد:

### دروس تخصصی - اختیاری ۱۶ واحد از دروس (جدولهای ۳ الی ۶)

نحوه اخذ واحدهای آموزشی این دوره به شرح زیر است:

۱. دروس تخصصی دوره دکتری علوم کامپیوتر شامل ۱۶ واحد درسی می باشد از جدول های ۳ الی ۶ و یا دروس تحصیلات تکمیلی سایر گروه های علوم یا مهندسی انتخاب نماید. به عبارت دیگر این درس می تواند از گرایش اصلی دانشجو و یا گرایشها و رشته های مرتبط دیگر باشد. ۴ واحد از دروس اختیاری می بایست خارج از گرایش اخذ شود.

۲. دروس کمبود دروسی هستند که پیش نیاز دروس دوره دکتری می باشند و دانشجو آنها را قبلا نگذرانده است. این دروس طبق نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده از جدول ۱ باید توسط دانشجو گذرانده شود. چنانچه با تصویب گروه مجری دانشجو موظف به گذراندن دروس جبرانی باشد حداکثر طول مجاز تحصیل برای چنین دانشجویی به نسبت تعداد واحدهای اضافه افزایش می یابد. حداکثر سقف دروس جبرانی ۸ واحد می باشد.

پس از گذراندن دروس، دانشجو میبایست آمادگی خود جهت شرکت در آزمون جامع را به صورت کتبی به شورای تحصیلات تکمیلی ارائه نماید و شورای تحصیلات تکمیلی با توجه به دروس گذرانده شده توسط دانشجو موارد آزمون در شاخه اصلی و فرعی و هیئت ممتحنین را مشخص می نماید و مجوز برگزاری آزمون جامع را صادر میکند.





تاریخ آزمون با توافق هیات ممتحنین مشخص شده و آزمون جامع در آن تاریخ برگزار می شود. حداقل نمره برای قبولی در آزمون جامع ۱۶ از ۲۰ می باشد. چنانچه دانشجو در زمینه ارزیابی معلومات در آزمون جامع موفق نباشد، هیات ممتحنین یک نیمسال دیگر به دانشجو برای افزایش معلومات خود و برگزاری آزمون جامع مجدد فرصت خواهد داد. در هر صورت پایان دوره آموزشی مستلزم تایید هیات ممتحنین در زمینه ارزیابی معلومات دانشجو خواهد بود.

### مرحله پژوهشی

مرحله پژوهشی پس از گذراندن موفقیت آمیز مرحله آموزشی با انتخاب استاد راهنما و تدوین طرح پژوهشی رساله (پروپوزال) آغاز می شود و با تدوین رساله و دفاع از آن پایان می پذیرد و به مراحل زیر تقسیم می شود:

۱. مرحله انتخاب استاد راهنما: دانشجو میبایست از بین اساتید گروه آموزشی مربوطه یک استاد به عنوان استاد راهنما انتخاب و به شورای تحصیلات تکمیلی اعلان نماید. دانشجو می تواند استاد راهنمای دوم نیز انتخاب نموده و با تایید اساتید راهنما مشاور نیز انتخاب کند. در صورت تایید استاد راهنما و یا هیئت راهنما توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشجو می تواند مرحله پژوهش خود را آغاز نماید. در صورت عدم تایید استاد و یا هیئت راهنما توسط شورای تحصیلات تکمیلی، علل عدم تایید میبایست به دانشجو اطلاع داده شود و دانشجو می بایست مشکلات قانونی را برطرف نمود و دوباره درخواست تایید استاد راهنما و یا هیئت راهنما را به شورا ارائه نماید.

۲. مرحله تدوین طرح پژوهشی رساله (پروپوزال): دانشجو پروپوزال خود را با راهنمایی استاد راهنما تدوین نموده و قبل از پایان نیمسال بعد از آخرین نیمسال دوره آموزشی تحصیلی همراه با نامه تایید استاد راهنما به معاون تحصیلات تکمیلی جهت طرح در شورای تحصیلات تکمیلی ارائه می نماید. موضوع رساله باید به نحوی انتخاب شود که با گسترش مرزهای دانش در زمینه علوم کامپیوتر کمک نماید.

۳. دفاع از طرح پژوهشی رساله (پروپوزال): شورای تحصیلات تکمیلی به پیشنهاد استاد راهنما، هیئت داوران را جهت دفاع از پروپوزال تعیین می نماید. دانشجو حداکثر در یک نیمسال بعد از آخرین نیمسال دوره آموزشی لازم است در جلسه دفاع از پروپوزال، ایده پژوهشی خود را جهت انجام رساله دکتری به هیئت داوران ارائه داده و از آن دفاع نماید. هیات داوران طرح پژوهشی پیشنهادی را بررسی می کند و رای خود را مبنی بر تایید یا ارائه فرصت بیشتر به دانشجو برای تکمیل و بارور ساختن ایده پژوهشی اعلام می نماید. چنانچه دانشجو در زمینه ارائه طرح پژوهشی موفق نباشد، هیات داوران یک نیمسال دیگر به دانشجو برای کامل ساختن ایده پژوهشی خود فرصت خواهد داد. در هر صورت ثبت موضوع رساله مستلزم تایید هیات داوران خواهد بود.

۴. ثبت موضوع رساله دکتری: در صورت تایید هیئت داوران، موضوع رساله دانشجو رسماً توسط دانشکده ثبت



و به اطلاع هیئت راهنما و دانشجو رسانده می شود. آغاز رسمی مرحله پژوهشی دوره دکتری با ثبت موضوع رساله همراه است.

۵. انجام کار پژوهشی: در این مرحله دانشجو کارهای پژوهشی خود را جهت دستیابی به اهداف تعریف شده در

طرح پژوهشی رساله دکتری ادامه می دهد. دانشجو موظف است در پایان هر نیمسال، دستاوردهای پژوهشی خود را طی گزارشی که به تایید استاد راهنما رسیده است به شورای تحصیلات تکمیلی ارائه نماید.

۶. فرصت مطالعاتی: توصیه می شود دانشجوی دوره دکتری برای کسب تجربه بیشتر و آشنایی با روشهای نوین

پژوهش در گرایشهای مختلف علوم کامپیوتر و دستاوردهای پژوهشی و آشنایی با روش تحقیق و سنت های پژوهشی کشورهای پیشرفته، فرصت مطالعاتی خود را در یکی از این کشورها بگذرانند. برای استفاده از

فرصت مطالعاتی، دانشجو باید حداقل یک نیم سال کار پژوهشی خود را با جدیت انجام داده و نتایج آنها را در سمینارهای داخلی دانشکده ارائه نموده باشد.

۷. دفاع از رساله: رساله تدوین شده توسط دانشجو می بایست دارای جامعیت باشد به نحوی که در زمینه

تحقیقی که دانشجو انجام داده است دستاورد قابل ملاحظه ای کسب نموده باشد. پس از تدوین رساله توسط دانشجو، استاد راهنما آمادگی دانشجو را جهت برگزاری مراسم دفاع از رساله همراه با یک نسخه از

رساله و حداقل یک مقاله چاپ شده و یا پذیرفته شده برای چاپ در مجلات دارای نمایه ISI برای معاون تحصیلات تکمیلی، جهت طرح در شورای تحصیلات تکمیلی ارسال می نماید. شورای تحصیلات تکمیلی،

رساله و مقالات را جهت داوری به یکی از اعضای هیئت علمی خارج از دانشکده ارسال می نماید. پس از تایید بلامانع بودن دفاع از رساله توسط داور، شورای تحصیلات تکمیلی، به پیشنهاد استاد راهنما، هیات

داوران را جهت برگزاری جلسه دفاع از رساله تعیین می نماید. دفاع از رساله در جلسه ای عمومی بوده و دانشجو به سئوالات هیات داوران پاسخ می دهد. هیات داوران، جلسه محرمانه خود را به منظور اعلام نظر

تشکیل و در مورد تایید یا عدم تایید آن اظهار نظر می نماید. در صورت عدم تایید، هیات داوران در مورد نحوه ادامه کار دانشجو تصمیم گیری می نماید.

در نهایت جهت فراغت از تحصیل، دانشجو موظف به رعایت کلیه آیین نامه های مربوط به دوره دکتری مصوب شورای عالی برنامه ریزی است.

#### ۷- شیوه تدوین دروس دوره های کارشناسی ارشد و دکترا

دروس تحصیلات تکمیلی براساس دروس جدید و به روز دروس علوم کامپیوتر در دانشگاه های معتبر دنیا تدوین شده است. در صورت نیاز به اضافه شدن دروسی به مجموعه این دروس، دروس پیشنهادی می بایست به تایید

شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده مجری برسد.



سرفصل دروسی که عنوان آن‌ها با «مباحث ویژه» آغاز می‌شود، متغیر است. در این خصوص سرفصل پیشنهادی قبل از ارائه، باید در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده به تصویب برسد.

#### ۸- شرایط و پذیرش دانشجو در دوره کارشناسی ارشد

پذیرش دانشجو مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری صورت می‌پذیرد.

#### ۹- شرایط و پذیرش دانشجو در دوره دکتری

پذیرش دانشجو در دوره‌های دکتری دو مرحله انجام می‌گیرد. مرحله‌ی اول عبارت است از پشت سر گذاشتن آزمون دوره‌های دکتری سازمان سنجش و مرحله‌ی دوم شامل آزمون داخلی دانشگاه تهران و مصاحبه‌ی علمی است.



جدول شماره ۱-۱ درس کمبود

رشته: علوم کامپیوتر کلیه گرایشها مقطع: کارشناسی ارشد

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	نوع
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۴۸	-	۴۸	۳	-	۳	منطق	۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	ساختمان داده ها	۲
ساختمان داده ها	۴۸	-	۴۸	۳	-	۳	گراف و الگوریتم	۳
ساختمان داده ها	۴۸	-	۴۸	۳	-	۳	طراحی الگوریتم	۴
ساختمان داده ها	۴۸	-	۴۸	۳	-	۳	نظریه محاسبات	۵
ساختمان داده ها	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	سیستم عامل	۶
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پایگاه داده ها	۷
	۳۸۴	-	۳۸۴	۲۴	-	۲۴	جمع کل	

دانشجویان دوره کارشناسی ارشد با نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد دروس جبرانی هستند.



جدول شماره ۱-۲ دروس کمبود

مقطع: دکتری

رشته: علوم کامپیوتر کلیه گرایشها

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه الگوریتم پیشرفته	۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه محاسبه پیشرفته	۲
	۱۲۸	-	۱۲۸	۸	-	۸	جمع کل	

\*دانشجویان دوره دکتری با نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ملزم به گذراندن حداکثر ۸ واحد دروس جبرانی هستند..



جدول شماره ۲: جدول دروس تخصصی

رشته: علوم کامپیوتر کلیه گرایشها

مقطع: کارشناسی ارشد

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ردیف
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه الگوریتم پیشرفته	۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه محاسبه پیشرفته	۲
-	۳۲	-	۳۲	۲	-	۲	سمینار	۳
	۱۶۰	-	۱۶۰	۱۰	-	۱۰	جمع کل	

\* گذراندن این ۱۰ واحد برای تمام دانشجویان مقطع کارشناسی ارشد تمام گرایشها الزامی است.



جدول شماره ۳: جدول دروس اختیاری

رشته: علوم کامپیوتر گرایش: الگوریتم و نظریه محاسبه مقطع: کارشناسی ارشد و دکتری

ردیف	نام درس	تعداد واحد			تعداد ساعات			پیشنیاز
		نظری	عملی	جمع	نظری	عملی	جمع	
۱	الگوریتمهای ترکیباتی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۲	الگوریتم های موازی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۳	نظریه بازگشت و محاسبه پذیری	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه محاسبه پیشرفته
۴	پیچیدگی محاسبه	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۵	پیچیدگی محاسبه پیشرفته	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	پیچیدگی محاسبه
۶	الگوریتم های تقریبی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه الگوریتم پیشرفته
۷	الگوریتم های تصادفی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه الگوریتم پیشرفته
۸	هندسه محاسباتی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۹	بهینه سازی ترکیباتی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه الگوریتم پیشرفته
۱۰	محاسبات مولکولی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه الگوریتم پیشرفته
۱۱	برنامه سازی منطقی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۲	منطق موجهاات	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۳	نظریه رمز نگاری	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۴	نظریه کد گذاری	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۵	نظریه پیشرفته و طیفی گراف	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۶	بیوانفورماتیک	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۱۷	زیست شناسی سامانه ای محاسباتی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	بیوانفورماتیک
۱۸	تحلیل گسترده داده های زیستی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	بیوانفورماتیک
۱۹	مباحث ویژه در ترکیبیات محاسباتی	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	-
۲۰	مباحث ویژه در نظریه الگوریتم	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه الگوریتم پیشرفته
۲۱	مباحث ویژه در نظریه محاسبه	۴	-	۴	۶۴	-	۶۴	نظریه محاسبه پیشرفته
	جمع کل	۸۴		۸۴	۱۳۴۴		۱۳۴۴	-

– دانشجویان کارشناسی ارشد ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد و دانشجویان دوره دکتری ملزم به گذراندن حداکثر ۱۶ واحد درس اختیاری می باشند.



جدول شماره ۴ : جدول دروس اختیاری

رشته: علوم کامپیوتر گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی      مقطع: کارشناسی ارشد و دکتری

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	شماره
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	هوش مصنوعی پیشرفته	۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری ماشین	۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پردازش تصویر	۳
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	بینایی ماشین	۴
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پردازش زبان های طبیعی	۵
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری ماشین آماری	۶
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری عمیق	۷
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	داده کاوی	۸
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پردازش و بازشناسی گفتار	۹
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	شبکه های عصبی مصنوعی	۱۰
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	علوم اعصاب محاسباتی	۱۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	رباتیک	۱۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	برنامه سازی منطقی	۱۳
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق شناختی	۱۴
بیوانفورماتیک	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مدل سازی و پیشگویی ساختار ماکرومولکول ها	۱۵
بیوانفورماتیک	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	الگوریتمهای فرااکتشافی در بیوانفورماتیک	۱۶
بیوانفورماتیک	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری ماشین در بیوانفورماتیک	۱۷
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مباحث ویژه در هوش مصنوعی	۱۸
	۱۱۵۲		۱۱۵۲	۷۲		۷۲	جمع کل	

- دانشجویان کارشناسی ارشد ملزم به گذراندن حداقل ۱۲ واحد و دانشجویان دوره دکتری ملزم به گذراندن حداقل ۱۶ واحد درس اختیاری می باشند.





جدول شماره ۵: جدول دروس اختیاری

رشته: علوم کامپیوتر گرایش: داده کاوی در مقطع: کارشناسی ارشد و دکتری

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ش.ع
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری ماشین	۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری ماشین آماری	۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	ریاضیات یادگیری	۳
نظریه الگوریتم پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	بهینه سازی محدب	۴
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	داده کاوی	۵
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	بصری سازی داده ها	۶
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	یادگیری عمیق	۷
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	فرآیند تصادفی	۸
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	سیستمهای چند عاملی	۹
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مدل سازی و پردازش مه داده ها	۱۰
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	سیستمهای تصمیم گیری فازی	۱۱
نظریه الگوریتم پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	بهینه سازی ترکیبیاتی	۱۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	شبکه های عصبی مصنوعی	۱۳
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مباحث ویژه در علوم داده	۱۴
	۸۹۶	-	۸۹۶	۵۶	-	۵۶	جمع کل	

— دانشجویان کارشناسی ارشد ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد و دانشجویان دوره دکتری ملزم به گذراندن حداکثر ۱۶ واحد درس اختیاری می باشند.



جدول شماره ۶: جدول دروس: اختیاری

رشته: علوم کامپیوتر گرایش منطق و روش های صوری در مقطع: کارشناسی ارشد و دکتری

پیشنیاز	تعداد ساعات			تعداد واحد			نام درس	ش.ع.ع
	جمع	عملی	نظری	جمع	عملی	نظری		
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق جبری	۱
نظریه محاسبه پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق محاسباتی	۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	اثبات خودکار	۳
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق و معنا شناسی صوری	۴
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	توصیف و درست یابی صوری سیستم ها	۵
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه برهان	۶
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	روش های جبری و هم جبری در علوم کامپیوتر	۷
نظریه محاسبه پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	محاسبه پذیری و حساب	۸
نظریه محاسبه پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه بازگشت و محاسبه پذیری	۹
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پیچیدگی محاسبه	۱۰
پیچیدگی محاسبه	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پیچیدگی محاسبه پیشرفته	۱۱
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	وارسی گر مدل	۱۲
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	برنامه سازی منطقی	۱۳
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق موجهات	۱۴
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	نظریه رسته ها	۱۵
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	منطق شناختی	۱۶
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	هوش مصنوعی پیشرفته	۱۷
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	پردازش زبان های طبیعی	۱۸
-	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	شبکه های عصبی مصنوعی	۱۹
نظریه محاسبه پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مباحث ویژه در روش های صوری	۲۰
نظریه محاسبه پیشرفته	۶۴	-	۶۴	۴	-	۴	مباحث ویژه در نظریه محاسبه	۲۱
	۱۴۰۸	-	۱۴۰۸	۸۸	-	۸۸	جمع کل	

— دانشجویان کارشناسی ارشد ملزم به گذراندن حداکثر ۱۲ واحد و دانشجویان دوره دکتری ملزم به گذراندن حداکثر ۱۶ واحد درس اختیاری می باشند.



# سرفصل دروس



نام فارسی درس: نظریه الگوریتم پیشرفته

نام انگلیسی درس: Advanced Theory of Algorithm

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: تخصصی

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه جنبه‌های نظری و روش‌های الگوریتمی پیشرفته برای حل مسائل سخت.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مفاهیم پایه الگوریتم و پیچیدگی محاسباتی، رده‌بندی مسائل در کلاس‌های موجود (مثال‌های متنوع)
- روش‌های دقیق حل مسائل سخت (الگوریتم‌های شبه‌چندجمله‌ای، پارامتری سازی، کاهش نرخ رشد) به همراه ارائه مثال‌های متنوع
- جستجوی محلی و انواع آن
- مفاهیم اولیه الگوریتم‌های تقریبی، رده بندی مسائل از دیدگاه الگوریتم‌های تقریبی، الگوریتم تقریبی برای مسائل سخت (مثال‌های متنوع)
- مفاهیم اولیه الگوریتم‌های تصادفی، رده بندی مسائل از دیدگاه الگوریتم‌های تصادفی، الگوریتم تصادفی برای مسائل سخت (مثال‌های متنوع)
- روش‌های نوین در حل مسائل سخت (الگوریتم‌های مکاشفه‌ای، محاسبات مولکولی)

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
		عملکردی -	

منابع:

1. J. Hromkovic, Algorithms for Hard Problems, Springer, 2001.
2. T. H. Corman, C. E. Liserion, and R.L. Rinest, Introduction to Algorithms, MIT Press, 2009.
3. E. Tardos and J. Kleinberg, Algorithm Design, Pearson, 2006.



نام فارسی درس: نظریه محاسبه پیشرفته

نام انگلیسی درس: Advanced Theory of Computation

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری مسائل پیشرفته در محاسبه‌پذیری و به‌دست آوردن مهارت بیشتر در منطق و مدل‌های محاسباتی متفاوت.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- برنامه‌ها و توابع محاسبه‌پذیر
- ماکروها، توابع بازگشتی-مقدماتی، ترکیب و بازگشت
- طبقات PRC، گزاره‌های بازگشتی-مقدماتی و سور محدود
- کمینه‌سازی
- اعداد گودل
- مسأله‌ی توقف
- مجموعه‌های بازگشتی‌شمارش‌پذیر، قضیه‌ی پارامتر (S-m-n)، قضیه‌ی بازگشت، نقطه‌ثابت و رایس و رایس-شاپیرو
- محاسبه‌ی رشته‌ها و بازنمایش عددی آنها
- برنامه‌های Post-Turing
- فراروندها و گرامرها، فراروندهای Semi-Thue
- مسأله‌ی تناظر Post
- نظریه‌ی Quantification
- زبان منطق گزاره‌ها، معناشناسی، قضیه‌ی هربراند، فشردگی و شمارش‌پذیری
- قضایای ناتمامیت گودل

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. M. D. Davis, R. Sigal, and E.J. Weynuker, Computability, Complexity and languages, Academic press, 1994.
2. H. Rogers, Theory of Recursive Functions and Effective Computability, MIT Press, 1987.



نام فارسی درس: الگوریتمهای ترکیبیاتی

نام انگلیسی درس: Combinatorial Algorithms

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد نظری: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از ارائه این درس آشنائی دانشجویان با اشیاء ترکیبیاتی و الگوریتمهای است که برای تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی ان ها استفاده میشود. در این درس دانشجویان علاوه بر مشاهده این الگوریتمها با موضوعات تحقیقاتی مربوطه نیز آشنا می شوند، و کاربردهای استفاده از این الگوریتم ها در حل مسائل دیگر تحقیقاتی را نیز میبینند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه ای بر ساختارها، اشیا و الگوریتمهای ترکیبیاتی
- مفاهیم تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی اشیاء ترکیبیاتی
- تولید زیر مجموعه ها در ترتیب قاموسی و گری کد
- تولید زیر مجموعه های  $k$  عضوی در ترتیب قاموسی، عکس قاموسی و حداقل تغییر
- تولید جایگشتهها در ترتیب قاموسی و حداقل تغییر
- افراز اعداد، اعداد بل و استرلیگ و تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی همه افراز های یک مجموعه و افراز های  $n$  تایی یک مجموعه
- درختان برچسب دار و خانواده کاتلن
- الگوریتمهای برگشت به عقب و شاخه و حد برای تولید اشیاء ترکیبیاتی و حل مسائل ترکیبیاتی مانند یافتن کلیک گراف، کوله پشتی و فروشنده دوره گرد
- الگوریتمهای مکاشفه ای برای تولید اشیاء و حل مسائل ترکیبیاتی مانند افراز گراف ها و سیستم های سه تایی اشتاینر

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. D.L. Kreher and D.R. Stinson, Combinatorial Algorithms, generation, enumeration and search, CRC Press, New York, 2001.
2. D. E. Knuth, The Art of Computer Programming, vol. 4: Combinatorial Algorithm, Addison Wesley, New York, 2011.
3. H.S. Wilf, Combinatorial Algorithms: An updates, Academic Press, 1989.



نام فارسی درس: الگوریتم‌های موازی

نام انگلیسی درس: Parallel Algorithms

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه جنبه‌های نظری و عملی الگوریتم‌های موازی و تکنولوژی‌های پیاده‌سازی آنها

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معماری‌های موازی (حافظه مشترک و اتصال شبکه‌ای) و مدل‌های محاسباتی آنها
- روش‌های بیان و تحلیل الگوریتم‌های موازی
- الگوریتم‌های موازی پایه (انتشار داده‌ها و محاسبه مجموع)
- الگوریتم‌های موازی برای حل مسائل مختلف (جستجو، ادغام، مرتب‌سازی، انتخاب K-امین کوچکترین عدد، ضرب ماتریسی، مسائل گراف و غیره)
- الگوریتم‌های موازی برخط
- رده‌بندی مسائل از دیدگاه الگوریتم‌های موازی
- آشنایی با معماری کارت‌های گرافیکی، چارچوب برنامه‌نویسی CUDA و پیاده‌سازی عملی الگوریتم‌های موازی در CUDA.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

منابع:

1. S. G. Akl, The Design and Analysis of Parallel Algorithms, Prentice Hall, 1989.
2. B. Parhami, Introduction to Parallel Processing: Algorithms and Architectures, Plenum Press, 2000.
3. F.T. Leighton, Introduction to Parallel Algorithms and Architectures: Arrays, Trees, Hypercubes, Morgan Kaufmann, 1992.
4. J. Sanders and E. Kandrot, CUDA by Example, Addison-Wesley, 2010.



نام فارسی درس: نظریه بازگشت و محاسبه پذیری

نام انگلیسی درس: Recursion Theory and Computability

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه محاسبه پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس به نحو مبسوطی، مباحث ارائه شده در دروس نظریه‌ی علوم کامپیوتر و نظریه‌ی محاسبه‌ی پیشرفته را ادامه می‌دهد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- خصوصیات توابع و مجموعه‌های محاسبه‌پذیر توسط مدل‌های محاسباتی متنوع (مانند مدل تورینگ، دیویس و...)
- توابع بازگشتی جزئی، مجموعه‌های بازگشتی شمارش‌پذیر و مجموعه‌های بازگشتی (تصمیم‌پذیر)
- قضیه‌ی نقطه‌ثابت و تعمیم‌های مختلف آن
- مجموعه‌های کامل، یکرختی بین مجموعه‌ها، مجموعه‌های مولد و خلاق
- قضایای رایس-شاپیرو، بازگشت و معادل بودن آن با قضیه‌ی نقطه‌ثابت
- ارتباط بین منطق و نظریه‌ی توابع بازگشتی
- نظریه‌ی اطلاعات الگوریتمی کولموگوروف و ارتباط آن با نظریه‌ی توابع بازگشتی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- S. B. Cooper, Computability Theory, Chapman and Hall, 2000.
- 2- M. Machtey and P. Young, An introduction to the General Theory of Algorithms, North-Holland Publisher Co., 1978.
3. H. Rogers, Theory of Recursive Functions and Effective Computability, MIT Press, 1987.





نام فارسی درس: پیچیدگی محاسبه

نام انگلیسی درس: Computational Complexity

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری برخی کلاس‌های محاسباتی پایه در نظریه‌ی محاسبه و ارتباط بین آن‌ها.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمات: مسأله‌ی تصمیم و زبان‌ها، ماشین‌های تورینگ
- پیچیدگی زمانی برای محاسبه، پیچیدگی فضایی برای محاسبه و قضایای تسریع برای آن‌ها
- کلاس‌های پیچیدگی مرتبط با زمان و فضا و مقایسه‌ی آن‌ها
- کلاس‌های  $P$ ،  $NP$ ،  $PSPACE$ ،  $CoNP$ ، قضیه‌ی Lander
- ماشین تورینگ تناوبی و هیرارکی چندجمله‌ای
- تقلیل پذیری چندجمله‌ای و مسائل  $NP$ -Complete: قضیه‌ی Cook-Levin
- بیان چند مسأله‌ی  $NP$ -Complete
- پیچیدگی فضای غیر قطعی، قضیه‌ی Savitch
- مسائل  $PSPACE$ -Complete،  $TQBF$  و بازی‌های دونفره
- 

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. C. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1994.
2. M. Sipser, Introduction to the Theory of Computation, PWS Publishing Co., 2005.



نام فارسی درس: پیچیدگی محاسبه پیشرفته

نام انگلیسی درس: Advanced Computational Complexity

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: پیچیدگی محاسبه

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری برخی کلاس‌های محاسباتی احتمالاتی و تقریبی.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- الگوریتم‌های تصادفی و کلاس‌های پیچیدگی  $ZPP$  و  $CoRP$ ،  $RP$ ،  $BPP$ ،  $PP$
- ارتباط بین کلاس‌های احتمالاتی و کلاس‌های قطعی و غیرقطعی
- الگوریتم‌های تقریبی،  $PTAS$  و  $FPTAS$ ، کلاس  $APX$
- اثبات‌های تطبیق‌پذیر احتمالی ( $PCP$ ) و قضیه  $Hoastad$ ،  $\#P$ -Completeness
- پردازش موازی، مدارها و مدل  $PRAM$ ، کلاس  $NC$  و  $P$ -Completeness
- پیچیدگی ارتباطات

روش ارزیابی:

ارزنیایی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

- 1- C. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1994.
- 2- M. Sipser, Introduction to the Theory of Computation, PWS Publishing Co., 2005.



نام فارسی درس: الگوریتم‌های تقریبی

نام انگلیسی درس: Approximation Algorithms

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

الگوریتم‌های تقریبی بر روش انتخاب برای حمله به مسایل رام نشدنی بهینه سازی ترکیبیاتی بنا شده اند. در این درس مروری بر تکنیکهای مهم این زمینه می کنیم و با بررسی این تکنیکها دانشجو آمادگی لازم را برای طراحی الگوریتم‌های تقریبی و برای ورود به پژوهش در این زمینه و به کار گیری این الگوریتمها در زمینه های دیگر پژوهشی به دست خواهد آورد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مفاهیم اولیه تقریب
- انواع الگوریتم‌های تقریبی و معیارهای ارزشیابی یک الگوریتم تقریبی
- الگوریتم‌های تقریبی برای مسائل سخت مانند کوله پشتی، پوشش راسی، فروشنده دوره گرد، K-برش، پوشش مجموعه ای و مساله بسته بندی
- کوتاه ترین ابر رشته
- پیچیدگی الگوریتم‌های تقریبی
- رده بندی مسائل از دیدگاه الگوریتم‌های تقریبی
- دوگانی LP و برخی نتایج آن
- تقریب ناپذیری و مثال های آن.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

منابع:

1. V. Vazirani. Approximation Algorithms. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2001.
2. J. Hromkovic, Algorithms for Hard Problems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.
3. D. P. Williamson and D. B. Shmoys, The Design of Approximation Algorithms, Cambridge University Press, 2010.



نام فارسی درس: الگوریتم‌های تصادفی

نام انگلیسی درس: Randomized Algorithms

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه جنبه‌های نظری و کاربردی الگوریتم‌های تصادفی

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- پارادایم‌های طراحی الگوریتم‌های تصادفی
- ابزارهای مورد نیاز شامل مبانی احتمال
- مدل محاسباتی و کلاس‌های پیچیدگی تصادفی
- متغیرهای تصادفی
- زنجیرهای مارکوف و پیمایش تصادفی
- روش‌های احتمالی و احتمال شرطی
- روش‌های مبتنی بر نظریه بازی‌ها و نمونه‌برداری و انحراف
- روش‌های جبری
- داده‌ساختارهای تصادفی
- کاربردهای الگوریتم‌های تصادفی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

منابع:

1. R. Motwani, P. Raghavan, Randomized Algorithms, Cambridge University Press, 1995.
2. J. Hromkovic, Algorithms for Hard Problems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.



نام فارسی درس: هندسه محاسباتی

نام انگلیسی درس: Computational Geometry

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه جنبه‌های نظری و کاربردی هندسه محاسباتی

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- اشیاء هندسی مانند نقطه، خط، پاره‌خط، چندضلعی و چند وجهی در فضای چندبعدی هندسی
- مدل‌سازی و نمایش اشیاء هندسی
- تقاطع پاره‌خط‌ها
- اشتراک نیم‌صفحه‌ها
- پوش محدب
- نمودار ورنوی
- مثلث‌بندی دلونی
- جستجوی بازه
- داده‌ساختارهای هندسی برای مکان‌یابی و جستجوی اشیاء هندسی
- برنامه‌ریزی حرکت

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

منابع:

1. M. deBerg, O. Cheong, M. van Kreveld, and M. Overmars, Computational Geometry, Springer, 2010



نام فارسی درس: بهینه سازی ترکیبیاتی

نام انگلیسی درس: Combinatorial Optimization

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف در این درس آشنایی با بهینه سازی ترکیبیاتی، مفاهیم، مسایل و روشهای آن است. دانشجویان در پایان درس تا حد خوبی با زمینه های پژوهشی مرتبط آشنا خواهند شد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معرفی مسایل و الگوریتمها
- درختها و مسیرهای بهینه: درخت فراگیر مینیمم، کوتاهترین مسیر
- مساله جریان بیشینه: جریان در شبکه ها، مساله جریان ماکسیمم-برش مینیمم و کاربردهای آن، مساله برش کمینه در گرافهای بدون جهت
- جریان با هزینه کمینه: الگوریتم های اولیه و دوگان
- تطابق بهینه: تطابق بیشینه، تطابق کامل با کمترین وزن، دوگانی هندسی و الگوریتم ویلیامسون-جومن
- چندگونای صحیح: پوش محدب، تک مدولی بودن کامل، حل مساله برنامه ریزی صحیح مربوطه
- مساله فروشنده دوره گرد: الگوریتمهای مکاشفه ای، کرانهای پایین، انشعاب و حد
- شبکه ها: الگوریتمهای آزمندانه، اشتراک شبکه ها ی وزندار و کاربرد آن،
- پیچیدگی محاسبات، مسایل پی و ان پی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. W.J. Cook, W.H.Cunningham, W.R. Pulleyblank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.
2. A. Schrijver, Combinatorial Optimization, Springer, 2003.
3. B. Korte and J. Vygen, Combinatorial Optimization: Theory and applications, 3<sup>rd</sup> ed., Springer, 2006.



نام فارسی درس: محاسبات مولکولی

نام انگلیسی درس: DNA Computing

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با روشهای حل غیر کلاسیک مسائل می باشد و خواهند آموخت که با استفاده از روشهای زیستی چگونه می توان مسائل سخت را حل نمود.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه بر محاسبات مولکولی
- مبانی زیست مولکولی
- عملیات مجاز مولکولی
- آزمایش آدلمن
- الگوریتم های مولکولی برای حل مسئله های NP
- الگوریتم های مولکولی مدارهای هامیلتونی و فروشنده دوره گرد
- الگوریتم های مولکولی برای مسئله کوتاه ترین مسیر
- پتانسیل محاسبات مدل های مولکولی
- مدل سازی حافظه
- الگوریتم های مولکولی عملگردهای منطقی و محاسباتی
- اجزاء الگوریتم های برنامه سازی پویا بر روی رایانه های مولکولی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. G. Paun, G. Kozenberg, and A. Salomaa, DNA Computing, New Computing Paradigms, Springer, 1998.
2. M. Amos, Theoretical and Experimental DNA Computation, Springer, Berlin, 2005.



نام فارسی درس: برنامه‌سازی منطقی

نام انگلیسی درس: Logic Programming

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجو با زبان‌های برنامه‌نویسی مبتنی بر روش‌های منطقی مثل Prolog و Coq.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- پارادایم برنامه‌نویسی توصیفی Declarative Programming.
- زبان برنامه‌سازی منطقی Coq، لیستها در Coq.
- طراحی پایگاه دانش برای یک عامل هوشمند در Coq.
- روش Backtracking and Unification
- برنامه‌سازی استقرایی منطقی
- برنامه‌سازی چندعاملی شناختی
- برنامه‌سازی چندعاملی منطقی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- M. Bramer, Logic Programming with Prolog, Springer, 2005.
- 2- N. C. Rowe, Artificial Intelligence through Prolog, 1988.
- 3- N. Lavrace and S. Dzeroski, Inductive Logic Programming, 1993.





نام فارسی درس: منطق موجّهات

نام انگلیسی درس: Modal Logic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد نظری: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه‌ی ساختارهای رابطه‌ای، بررسی ساختارهای وجهی نرمال، مطالعه‌ی مدل‌های کریپکی، مطالعه‌ی مسائل تصمیم‌پذیری در منطق‌های وجهی و بررسی ساختارهای تعریف‌پذیر در زبان وجهی و ارتباط آن با تعریف‌پذیری در منطق مرتبه‌اول.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- زبان‌های وجهی،
- نحو و معنای زبان،
- ساخت‌های رابطه‌ای،
- ۲شبییه‌سازی و تناظر،
- تئوری تناظر Sahlqvist
- قاب‌ها و تعریف‌پذیری آن‌ها،
- منطق‌های وجهی نرمال و تئوری‌های کامل،
- دوگان‌سازی،
- قاب‌های عمومی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- M. de Rijke and Y. Venema, Modal Logic, Patrick Blackburn, Cambridge University Press, 2002.
- 2- A. Chagrov and M. Zakharyashev, Modal Logic, Clarendon Press, Oxford, 1997.



نام فارسی درس: نظریه رمزنگاری

نام انگلیسی درس: Theory of Cryptography

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف در این درس آشنایی با روشهای کلاسیک و پیشرفته رمزنگاری و نحوه تحلیل سیستمهای مختلف رمز و مباحث نظری مربوطه است. دانشجویان در پایان درس تا حد خوبی با زمینه های پژوهشی رمزنگاری آشنا شده ، آماده ورود به مرحله پژوهش هستند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سیستمهای رمزنگاری کلاسیک: معرفی برخی سیستمهای رمزنگاری ساده: رمزانتقالی، رمز جایگزینی، رمز آفین (همگر)، رمز ویزنر، رمز هیل، رمز جایگشتی، رمز جریانی، تحلیل رمزها: تحلیل رمز آفین، تحلیل رمز جایگزینی، تحلیل رمز ویزنر، تحلیل رمز هیل، تحلیل رمز جریانی LFSR.
- قضیه شانن: معرفی، نظریه احتمالات مقدماتی، راز مانی کامل، آنتروپی، کدگشایی هافمن،
- رمزهای بلوکی و رمزگذاری پیشرفته استاندارد، رمزگذاری داده ای استاندارد: معرفی DES، تحلیل DES، رمزگذاری پیشرفته استاندارد: معرفی AES، تحلیل AES، رمزنگاری با استفاده از توابع چکیده ساز
- رمزنگاری کلید عمومی RSA: مقدمه ای بر رمزنگاری کلید عمومی، الگوریتم اقلیدسی، قضیه باقیمانده چینی، الگوریتمهای تولید اعداد اول بزرگ، سیستم رمزنگاری RSA، نمادهای لژاندر و ژاکوبی، الگوریتم سلوی-استراسن، الگوریتم میلر-رابین، ریشه های دوم به پیمانان  $n$ ، الگوریتمهای تجزیه اعداد: الگوریتم هرس کردن  $p-1$ ، الگوریتم هرس کردن Rho، الگوریتم جذر تصادفی دیکسن، تجزیه اعداد در عمل، حمله های دیگر به RSA، رمزگشایی توان، حمله رمزگشایی توان و قانون وینر، سیستم رمز رابین، امنیت سیستم رمز رابین،
- مساله لگاریتم گسسته: سیستم رمز الجمال، الگوریتمهای مساله لگاریتم گسسته
- امزاهای دیجیتالی و اعتبارسنجی اسناد الکترونیکی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
٪۲۰	آزمون های نوشتاری ٪۲۰	آزمون های نوشتاری ٪۴۰	٪۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. D. B. Stinson, Cryptography: Theory and Practice, Third Edition, 2005.
2. J. Katz, Introduction to Modern Cryptography: Principles and Protocols, Chapman & Hall/CRC Cryptography and Network Security Series , 2007.



نام فارسی درس: نظریه کدگذاری

نام انگلیسی درس: Coding Theory

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از ارائه این درس آشنائی دانشجویان با نظریه کدگذاری و مسایل اساسی آن است. همچنین در این درس دانشجویان با ارتباطهای شناخته شده بین کدها و اشیاء ترکیبیاتی مانند طرحهای ترکیبیاتی نیز آشنا می شوند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- میدانهای متناهی و ساختار آنها، چندجمله ایهای مینیمال
- کدهای خطی، ماتریسهای مولد و زوج آزمایی، هم ارزی، کدگذاری و کدگشایی
- مساله اصلی نظریه کدگذاری، کرانههای پایین کره پوشانی، گیلبرت-وارشامف
- کدهای کامل، کدهای همینگ، گولی و MDS
- کرانههای سینگلتن، پلاتکین، گریسمر و LP
- کدهای غیر خطی، کدهای ماتریس آدامار، پریپاراتا، کرداک
- کد نوردستورم-رابینسون، کدهای رید-مولر، کدهای زیرمیدان
- کدهای دوری، چندجمله ایهای مولد، ماتریسهای مولد و زوج آزمایی
- کدهای BCH، کدهای رید-سولومون، کدهای مانده مربعی
- کدهای رید-سولومون تعمیم یافته، کدهای تناوبگر، کدهای گویا
- توزیع های وزن، معادلات مک ویلیمز، گشتاور توان پلس، چندجمله ای گلیسون
- طرحها و کدها، قضیه اسموس-متسون، کدهای تقارن

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. S. Ling and Ch. Xing, Coding Theory; A First Course, Cambridge University Press, 2004.
2. V. Pless, Introduction to the Theory of Error Correcting Codes, 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons, 1989.



نام فارسی درس: نظریه پیشرفته و طیفی گراف

نام انگلیسی درس: Advanced and Algebraic Graph Theory

تعداد واحد: ۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از ارائه این درس آشنائی دانشجویان با مباحث پیشرفته در نظریه گراف و نظریه جبری گراف، بخصوص کاربردهای جبری خطی و قضایای مربوط به این موضوع در نظریه گراف است.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- گراف: زیرگراف، اتومورفیسم، همومورفیسم، یالها و راسهای برشی، همدندی گرافها، عدد همبندی گراف، افزاز گوشه گرافها، الگوریتم های جستجوی درختی.
- گرافهای مسطح: دوگان یک گراف مسطح، قضیه اویلر، نشانیدن مسطح گرافها، قضیه کوراتوفسکی، نشانیدن گرافها بر رویه ها
- رنگ آمیزی راسی گراف، کمر گراف و عدد رنگی، گرافهای تام، رنگ آمیزی لیستی، چند جمله ای رنگی گراف، رنگ آمیزی نقشه، قضیه چهار رنگ، رنگ آمیزی لیستی گرافهای مسطح، حدس هادویگر.
- تطابق در گراف: تطابق در گرافهای دوبخشی، تطابق کامل در گراف، قضیه تات، الگوریتم جستجوی مسیر افزوده، الگوریتم اگرواری، الگوریتم ادموند.
- گرافهای دوری، گرافهای جانسون، گرافهای خطی.
- نظریه ماتریسها: ماتریسهای مجاورت و وقوعی گرافها، طیف یک گراف، رتبه ماتریس متقارن و رتبه گراف، قضیه فروبنیوس، مقادیر ویژه گرافهای خاص: گرافهای منظم و مقادیر ویژه آنها: قضیه هافمن، ماتریسهای دوری، مقادیر ویژه گرافهای دوری
- جبر خطی و نظریه گراف: گرافهای منظم و گرافهای خطی، دورها و برشها، درختهای فراگیر و ساختمان وابسته به آنها، قضیه ماتریس-درخت، بسط دترمینان.
- قضیه اینترلیس: افزازهای مساوی، طیف گرافهای کنسر، گرافهای دوبخشی
- ماتریس لاپلاس گراف: طیف ماتریس لاپلاس، انرژی ماتریس لاپلاس، همبندی گراف.
- نظم و تقارن: گرافهای راس-انتقالی، یال انتقالی، گرافهای متقارن، گرافهای فاصله انتقالی و آرایه اشتراکی آنها، آرایه های اشتراکی ممکن، تطابق ها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. N. Biggs, Algebraic Graph Theory, Cambridge University Press, 1993.
2. A. Bondy and M.R. Murty, Graph theory with applications. London: Macmillan, 1976.
3. Ch. Williamson, Spectral graph theory, expanders, and Ramanujan graphs. University of Washington, 2014.
4. M. Ch. Golumbi, Algorithmic graph theory and perfect graphs. Elsevier, 2004.
5. D. Cvetkovic, M. Doob and H. Sachs, Spectra of Graphs, Johann Ambrosius Barth, 1995.



نام فارسی درس: بیوانفورماتیک

نام انگلیسی درس: Bioinformatics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، آشنایی دانشجو با تعریف و تاریخچه دانش بیوانفورماتیک و اصول اساسی به کار رفته در آن است. در پایان این درس دانشجو یک تصور کلی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی که در زمینه‌های مختلف دانش بیوانفورماتیک وجود دارد پیدا می‌کند. با بررسی هفتگی مقالات چاپ شده در این زمینه، دانشجویان با موضوعات در مرز دانش آشنا خواهند شد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه و تاریخچه بیوانفورماتیک: مروری بر جمع‌آوری و ذخیره‌سازی توالی‌های بیولوژیکی، پایگاه داده‌های بیولوژیکی، انطباق دو توالی بیولوژیکی با همدیگر، انطباق چند توالی بیولوژیکی با همدیگر، جستجو و پیدا نمودن توالی‌های مشابه (همولوژی و BLAST)، پیشگویی‌های فیلوژنتیک
- پایگاه داده‌های ثانویه بیولوژیکی
- پایگاه داده‌های دانش بنیان
- داده‌های شبکه‌های برهم‌کنش پروتئین-پروتئین، داده‌های شبکه‌های سیگنالینگ، داده‌های شبکه‌های سرطان و داده‌های شبکه‌های تنظیمی
- تعیین ساختار ژنوم و توالی‌یابی DNA نسل جدید (Next generation sequencing)
- آنالیز داده‌های RNA-seq
- میکرواری و آنالیز داده‌های مربوط به آن
- مقدمه‌ای بر شبکه‌های بیولوژیکی، سیستم بیولوژی، سینتیک بیولوژی و شبکه‌های مغزی
- مرور و بررسی هفتگی مقالات جدید بیوانفورماتیک و پروژه درسی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. J. Pevsner, Bioinformatics and Functional Genomics. Wiley, 2015.
2. P. Pevzner and R. Shamir, Bioinformatics for Biologists. Cambridge University Press, 2011.
3. J.J. Ramsden, Bioinformatics: An Introduction. Springer Netherlands, 2012.



نام فارسی درس: زیست‌شناسی سامانه‌های محاسباتی

نام انگلیسی درس: Computational Systems Biology

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، ارائه روش‌های مختلف محاسباتی و ریاضی به منظور مدل‌سازی، شبیه‌سازی و تحلیل شبکه‌های زیستی می‌باشد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- روش‌های سیستمی در زیست‌شناسی
- اصول شبکه‌های واکنشی در زیست‌شناسی
- روش‌های مدل‌سازی و شبیه‌سازی
- روش‌های توپولوژیکی
- روش‌های آماری
- روش‌های تصادفی
- معادلات دیفرانسیل خطی و غیر خطی
- سیستم‌های پویا
- تحلیل سیستمی
- کاهش پیچیدگی
- پایداری
- تخمین و شناسایی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. B. Palsson, Systems Biology. Cambridge University Press, 2015.
2. E. Klipp, et al., Systems Biology: A Textbook. Wiley, 2016.
3. E. Klipp, et al., Systems Biology in Practice: Concepts, Implementation and Application. Wiley, 2008.



نام فارسی درس: تحلیل گسترده داده‌های زیستی

نام انگلیسی درس: High-throughput Biological Data

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی:  دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، تسلط دانشجویان به برنامه‌نویسی در بیوانفورماتیک و افزایش مهارت آنان در آنالیز داده‌های واقعی زیستی است.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- زبان برنامه نویسی R
- کتابخانه‌های R و BioConductor
- تحلیل داده‌های بیان ژن حاصل از ریزآرایه‌ها (Microarray)
- نگاشت داده‌های توالی‌یابی نسل جدید (Next Generation Sequencing)
- تحلیل داده‌های توالی‌یابی RNA
- تحلیل داده‌های متیلاسیون DNA
- تحلیل داده‌های تغییرات هیستونی و الحاق فاکتورهای رونویسی
- نمودارسازی و ارائه تصویری
- آزمون معنی‌دار بودن نتایج در R
- خطا و استنباط نادرست در تحلیل

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
%۲۰	آزمون های نوشتاری %۲۰	آزمون های نوشتاری %۴۰	%۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. X. Wang, Next Generation Sequencing Data Analysis. Taylor & Francis, 2016.
2. M.J. Crawley, The R Book. Wiley, 2012.
3. R.C. Team, An Introduction to R. Samurai Media Limited, 2015.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در ترکیبیات محاسباتی

نام انگلیسی درس: Special Topics in Combinatorics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: -

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در ترکیبیات.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سرفصل درس.





نام فارسی درس: مباحث ویژه در نظریه الگوریتم  
نام انگلیسی درس: Special Topics in Algorithms

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در نظریه الگوریتم.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سرفصل درس.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در نظریه محاسبه

نام انگلیسی درس: Special Topics in Theory of Computation

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در نظریه محاسبه.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سر فصل درس.



نام فارسی درس: هوش مصنوعی پیشرفته

نام انگلیسی درس: Advanced Artificial Intelligence

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

در این درس مفاهیم پیشرفته هوش مصنوعی مطرح می شود. دانشجو پس از گذراندن درس باید بتواند عاملی هوشمند طراحی کند که با کنشگری با محیط خواص آنرا یاد بگیرد، با استدلال خواصی از محیط را که به طور مستقیم قابل دریافت از محیط نیستند را استنتاج کند و یک برنامه ریزی برای رسیدن به هدف انجام دهد.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- فلسفه پیدایش هوش مصنوعی
- عاملهای هوشمند و مسائل مطرح در هوش مصنوعی
- حل مسائل با استفاده از روشهای جستجو
- یادگیری تقویتی
- مفاهیم پیشرفته در بخش یادگیری
- مفاهیم پیشرفته در بحث استدلال
- مفاهیم پیشرفته در بحث برنامه ریزی

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
%۲۰	آزمون های نوشتاری %۲۰	آزمون های نوشتاری %۴۰	%۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

### منابع:

1. D. L. Poole and A. K. Mackworth, Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents, Cambridge University Press, 2010
2. R. S. Sutton and A. G. Barto. Reinforcement Learning: An Introduction. Covers Markov decision processes and reinforcement learning, MIT Press, Second Edition, 2018.



نام فارسی درس: یادگیری ماشین

نام انگلیسی درس: Machine Learning

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس مفاهیم، رویکردها و الگوریتمهای پایه را در یادگیری ماشین معرفی میکند که به کمک آنها ماشینها قادر خواهند بود قابلیتها و عملکردشان را بر اساس تجربه بهبود دهند. این درس دید و دانش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در یادگیری ماشین، داده کاوی و حوزه های مرتبط و انجام پژوهش در ارتباط با چالشهای مطرح در این حوزه ها فراهم میآورد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مفهوم یادگیری، معرفی انواع یادگیری: نظارت شده، بی نظارت، نیمه نظارت شده، و یادگیری تقویتی، معرفی بیش برآزش در یادگیری، معرفی مفاهیم دسته بندی، خوشه بندی، پیشگویی، رگرسیون. ارائه مثالهایی از کاربردهای یادگیری ماشین
- یادگیری درختهای تصمیم و هرس آنها
- شبکه عصبی چند لایه پیشرو و روش کاهش گرادیان، ماشین بردار پشتیبان، روشهای مبتنی بر هسته (کرنل)،
- یادگیری بیزی و دسته بندیهای آماری
- الگوریتم k-Means و خوشه بندی EM (Expectation Maximization)
- معیارهای سنجش دسته بندی، رگرسیون و خوشه بندی
- ترکیب مدل‌های یادگیر، یادگیری تقویتی
- مباحث تکمیلی: کاهش بعد، یادگیری نیمه نظارت شده، یادگیری فعال، یادگیری برخط، یادگیری عمیق، دسته بندی چند دسته ای

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. T. M. Mitchell, Machine Learning, McGraw-Hill Science, 1997.
2. E. Alpaydin, Introduction to Machine Learning, The MIT Press, 3rd Edition, 2014.
3. M. Mohri, A. Rostamizadeh, and A. Talwalkar, Foundations of Machine Learning, MIT Press, 2012.
4. C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2007.



نام فارسی درس: پردازش تصویر

نام انگلیسی درس: Image Processing

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

امروزه اطلاعات تصویری در بسیاری از مراکز و اماکن مورد استفاده قرار می گیرد. بکارگیری ابزارهای پردازش رقمی تصاویر برای این اطلاعات از اهمیت زیادی برخوردار است. در این درس مفاهیم مقدماتی و پایه در پردازش تصویر ارائه می گردد. معرفی روشهای مختلف بهبود تصاویر، معرفی و مدلسازی تخریب در تصاویر، فشرده سازی و کدگذاری تصویر و معرفی ابزارهای ریاضی مانند تبدیل فوریه و مورفولوژی از اهداف این درس می باشد.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه، اهمیت پردازش تصویر و کاربردها، معرفی انواع تصویر
- بهسازی تصویر در حوزه مکان، انواع تبدیلات
- فیلترهای مکانی و انواع آن
- بهسازی تصویر در حوزه فرکانس، تبدیل فوریه یک بعدی، دوبعدی و خواص آن
- فیلترهای مختلف در حوزه فرکانس و کاربردهای آن
- فشرده سازی تصویر
- معرفی انواع افزودگی در تصویر
- کدکننده ها، خواص آنها و انواع کد کننده ها
- اجزای اصلی کدگذاری JPEG
- پردازش تصاویر رنگی
- پردازش تصویر با استفاده از مورفولوژی
- انواع مورفولوژی در تصاویر دو سطحی و سطح خاکستری، کاربردهای مورفولوژی
- قطعه بندی تصاویر
- شبکه های عصبی پیچشی و کاربردهای آن

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, Digital Image Processing, 4 th Edition, 2017.
2. W. Pratt, Digital Image Proessing, 2nd Edition, John Willy, 2007.



نام فارسی درس: بینایی ماشین

نام انگلیسی درس: Machine Vision

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: -

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه بینایی و مدل سازی محاسباتی آن

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مفاهیم اولیه بینایی در موجودات زنده
- مقدمه‌ای بر بینایی ماشین
- ابزارهای سیستم‌های بینایی ماشین
- حالت‌دهی تصویر
- نمایش محلی اشیاء
- بینایی دوبعدی و سه‌بعدی
- تشخیص حرکت
- تخمین نویز و زدودن آن
- عملگرهای خطی و کرنل

روش ارزیابی:

پروژه	آزمون های نهایی	میان ترم	ارزشیابی مستمر
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪	۲۰٪
	عملکردی -		

منابع:

1. G. K. Davies, Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities, Academic Press, 2005.
2. R. Jain, R. Kasturi, and B. Schunck, Machine Vision, McGraw Hill, New York, 2003.



نام فارسی درس: پردازش زبان طبیعی

نام انگلیسی درس: Natural Language Processing

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس یک مرور کلی بر پردازش زبان طبیعی تئوری و عملی با تأکید اصلی بر تکنیک‌های بروز احتمالاتی، یادگیری ژرف و یادگیری ماشین ارائه می‌دهد. علاوه بر بررسی اجزای متداول یک سیستم پردازش زبان طبیعی نوعی مانند واحدسازی، تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی، برچسب زنی، پارس، شناسایی نام، استخراج روابط؛ کاربردهای مرسوم نظیر ترجمه ماشینی، طبقه‌بندی مستندات متنی، سیستم‌های مکالمه نیز مرور خواهد شد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه، واحدسازی، تجزیه و تحلیل مورفولوژی،
- مدل کانال نویزی، مدل‌سازی دنباله،
- مدل‌سازی آماری زبان، تکنیک‌های هموارسازی، سرگشتگی،
- مدل مخفی مارکوف، برچسب‌زنی اجزاء کلام،
- تکنیک‌های مبتنی بر قواعد و آماری پارس نحوی، پارس PCFG، الگوریتم CYK،
- پارس معنایی، درک زبان طبیعی
- بازیابی اطلاعات مبتنی بر متن، طبقه‌بندی متن،
- کاربردها: ترجمه ماشینی، سیستم پاسخگوی سوال، سیستم دیالوگ، خلاصه‌سازی متن،
- تعبیه کلمه،
- مدل‌سازی زبانی مبتنی بر RNN،
- تکنیک‌های مبتنی بر DNN.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. D. Jurafsky and J. H. Martin, Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistic, and Speech Recognition, Prentice Hall, 2009.
2. C. Manning and H. Schütze, Foundations of statistical natural language processing. MIT press, 1999.
3. I. Goodfellow and Y. Bengio, A. Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.



نام فارسی درس: یادگیری ماشین آماری

نام انگلیسی درس: Statistical Machine Learning

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس بر مباحث مشترک تقاطع آمار و یادگیری ماشین تمرکز است و یک مرور کلی از روش‌های پیشرفته یادگیری آماری را ارائه می‌دهد. مباحث تحت پوشش شامل جنبه‌های تئوری و عملی یادگیری آماری است. با گذارنیدن این درس، دانشجو قادر خواهد بود که مدل‌های مناسب را برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها انتخاب نماید و از دیدگاه ریاضی و آمار عملکرد الگوریتم‌های یادگیری ماشین را توجیه کند.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه: یادگیری با نظارت و بدون نظارت، توابع ضرر، خطای آموزش و آزمون، مصالحه بایاس- واریانس، پیچیدگی مدل و بیش-برازش،
- رگرسیون خطی، رگرسیون خطی تعمیم یافته، طبقه‌بندی خطی، آنالیز تمایز خطی، رگرسیون لجستیک،
- طبقه‌بندی و نظریه تصمیم‌گیری بیزی،
- تکنیک‌های برآورد پارامتر: بیشینه‌سازی شباهت، MAP، بیزی،
- آموزش بدون نظارت: مخلوط گوسی و الگوریتم EM،
- آزمون فرضیه،
- نظریه یادگیری ماشینی،
- مدل‌های گرافیکی: مدل مارکف مخفی (HMM)، فیلد تصادفی شرطی (CRF)، مدل حداکثر آنتروپی مارکوف (MEMM)
- روش‌های Ensemble.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, An Introduction to Statistical Learning, with Applications in R. Springer, 2013.
2. T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Second edition, Springer, 2009.
3. B. Efron and T. Hastie, Computer Age Statistical Inference: Algorithms, Evidence and Data Science, Cambridge University Press, 2016.





نام فارسی درس: یادگیری عمیق

نام انگلیسی درس: Deep Learning

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس مفهوم یادگیری عمیق و تحقق آن را به کمک انواع شبکه های عصبی مصنوعی معرفی میکند و مفاهیم پایه و دید لازم را برای کاربرد این نوع یادگیری و انجام پژوهش در ارتباط با آن، فراهم میآورد.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- نورون ها و مغز انسان، ساختار نورون ها، بررسی اجمالی شبکه های عصبی طبیعی، مفاهیم، تعاریف، و بخشهای سازنده شبکه های عصبی
- معرفی پرسپترون، شبکه تک لایه پرسپترون، حل مساله دسته بندی به کمک پرسپترون، مسائل جدایی پذیر خطی
- شبکه چند لایه پیشرو و قاعده یادگیری پس انتشار خطا، حل مسائل دسته بندی و رگرسیون
- بهبود شبکه پس انتشار خطا و نسخ مختلف آن، میزان آموزش و قدرت شبکه
- روشهای تنظیم (Regularization) در یادگیری عمیق
- شبکه های عصبی کانولوشن، یادگیری عمیق به کمک این شبکه ها
- المانهای پردازشگر، اتصالات، تداعی الگوها، شبکه های تداعیگر پیش خور، شبکه های تداعیگر بازگشتی تک لایه، شبکه های انجمنی دو طرفه، آموزش شبکه های بازگشتی، شبکه های بازگشتی عمیق
- یادگیری بازنمایی به صورت بی نظارت
- خودکدگذارها (Auto-encoders) و یادگیری بازنمایی به کمک آنها
- ماشین بولتزن، شبکه های باور، ماشین بولتزن عمیق، شبکه های باور عمیق
- کاربردهای یادگیری عمیق در بینایی ماشین، پردازش گفتار و پردازش زبان طبیعی

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

### منابع:

1. I. Goodfellow and Y. Bengio, A. Courville, Deep Learning, MIT Press, 2016.
2. J. Heaton, Artificial Intelligence for Humans, Volume 3: Deep Learning and Neural Networks, Heaton Research, Inc., 2015.
3. J. Patterson, A. Gibson, Deep Learning: A Practitioner's Approach, O'Reilly Media, 2017.
4. D. Yu and L. Deng, Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach, Springer, 2015



نام فارسی درس: داده کاوی

نام انگلیسی درس: Data Mining

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس فرایند اکتشاف دانش و گامهای آن را معرفی میکند. تاکید و تمرکز درس بر مهمترین گام، یعنی داده کاوی است. دانشجویان در این درس درخواهند یافت که چگونه به کمک روشها و الگوریتمهای محاسباتی داده کاوی، از داده های خام، الگوها و مدلها توصیفی و پیشبین استخراج میشود. در ضمن با تحلیل این الگوریتمها از نظر کارایی، پیچیدگی محاسباتی و مصرف حافظه و با کاربردهای مختلف روشهای داده کاوی آشنا خواهند شد.

#### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معرفی فرآیند کاوش دانش در پایگاههای داده KDD و بیان جایگاه داده کاوی در این فرآیند
- معرفی گامهای پردازش داده: پاک سازی داده، تجمیع داده، کاهش داده، گسسته سازی
- معرفی انبار داده (Data Warehouse) و معماری و پیاده سازی آن، پردازش تحلیلی بر خط (OLAP)
- معرفی فناوری مکعب داده و تعمیم داده
- معرفی مفهوم ویژگی و روشهای کاهش بعد، اصول انتخاب ویژگی به کمک روشهای آماری، رتبه بندی ویژگیها
- معرفی تجزیه و تحلیل سبد بازار، معرفی مجموعه اقلام مکرر (Frequent Item Set) و الگوهای مکرر
- معرفی مفاهیم و روشهای دسته بندی و مقایسه آنها از نظر کارایی
- معرفی مفهوم خوشه و شباهت، روشهای خوشه بندی و مقایسه آنها از نظر کارایی
- معرفی معضل نفرین بعد (Curse of Dimensionality): معرفی مفاهیم استخراج ویژگی، انتخاب ویژگی و روشهای کاهش بعد

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Mining: Concepts and Techniques, 3rd Edition, Elsevier Inc., 2012.
2. C. C. Aggarwal, Data Mining: The Textbook, Springer, 2015.
3. I. H. Witten, E. Frank, and M. A. Hall, Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, 3rd Edition, Elsevier Inc., 2011.
4. T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman, The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction, 2nd edition, Springer, 2009.



نام فارسی درس: پردازش و بازشناسی گفتار

نام انگلیسی درس: Speech Processing and Recognition

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس با اصول اولیه تولید و ادراک گفتاری و پردازش سیگنال گفتار شروع می‌شود. بخش اصلی این درس چگونگی مدل سازی گفتار برای تشخیص گفتار و تکنیک های بروز در این عرصه را بررسی می‌کند. زمینه‌های دیگر پردازش گفتار مانند سنتز گفتار، بهسازی گفتار و شناسایی گوینده نیز به طور گذرا مرور می‌شود. هدف از این درس نه تنها آشنایی دانشجویان با الگوریتم‌های خاصی است که فقط در حوزه تشخیص گفتار استفاده می‌شود، بلکه بررسی و آشنایی با الگوریتم‌های پردازش متن، گفتار و یادگیری ماشینی است که در سایر حوزه‌های علوم رایانه نیز قابل بکارگیری است.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی، تئوری تولید گفتار و ادراک گفتار
- بازنمایی‌های زمان-فرکانس سیگنال گفتار
- تبدیل فوریه زمان کوتاه
- مروری بر بازشناسی گفتار
- بازشناسی گفتار پیوسته با واژگان بزرگ، جستجو و دیکدینگ
- مدل مخفی مارکوف، مدل‌های وابسته به بافت، مدل سازی آکوستیکی، مدل سازی زبان
- مقاوم سازی به نویز، تطبیق گوینده، آموزش تمایزی
- تکنیک‌های مبتنی بر یادگیری ژرف در تشخیص گفتار
- سنتز گفتار، بهسازی گفتار، تشخیص گوینده
- کاربردهای پردازش و بازشناسی گفتار

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. D. Jurafsky and J. H. Martin, Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistic, and Speech Recognition, Prentice Hall, 2009.
2. D. Yu and L. Deng, Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach, Springer, 2015.



نام فارسی درس: شبکه های عصبی مصنوعی

نام انگلیسی درس: Artificial Neural Networks

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی:  دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با نحوه عملکرد مغز در حل مسائل می باشد. در این درس دانشجویان می آموزند که چگونه مدلی بر اساس مغز انسان برای انجام محاسبات بوجود آمده است و انواع آن به چه صورت می باشد و از آن چگونه برای حل مسایل استفاده می شود.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه ای بر ساختمان سلول نورون در انسان
- مفاهیم کلی شبکه های عصبی مصنوعی و کاربرد آنها
- شبکه مک کلاش و پیتس و مدل هاپفیلد
- نورون ساده برای طبقه بندی الگو
- شبکه های هب، پرسپترون، ادالاین
- شرکت پذیری الگو، الگوریتم های آموزش برای شرکت پذیری الگو، شبکه های شرکت پذیر با غیر و شبکه های خودشرکت پذیر، حافظه های شرکت پذیر دو جهته تناظری
- شبکه های عصبی مبنی بر رقابت، شبکه های رقابتی با وزن های ثابت، شبکه های کوهونن
- آموزش کمی کردن بردار، تئوری تشدید تطبیقی و شبکه های مربوطه
- شبکه های چند لایه با پس انتشار خطا و سایر شبکه های عصبی

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

### منابع:

1. L. Fausette, Fundamentals of Neural Networks, Architectures, Algorithms, and Application, Prentice Hall, 1944.
2. J. Hertz, A. Krogh, and R.G. Palmer, Introduction to the Theory of Neural Computation.
3. H.R. Nielsen, Neurocomption, Addison-Wesley 1990.
4. K. Simpson, Artificial Neural Systems, Foundations, Paradigms, Applications, and Implementation, McGraw Hill, 1990.



نام فارسی درس: علوم اعصاب محاسباتی

نام انگلیسی درس: Computational Neuroscience

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه ساختار مغز و عملکرد نواحی مختلف آن و مدل سازی محاسباتی این نواحی

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- اعصاب محیطی و مرکزی، نواحی مختلف مغز و عملکرد آنها
- نورون های عصبی و انواع آنها، سیناپس و عملکرد آن، یادگیری در مغز
- نواحی اولیه سیستم بینایی (شبکیه، LGN، V1، V2)
- مسیرهای بینایی شکمی (V2، V4، IT) و قدامی (V2، V3، MT)
- ناحیه پیش پیشانی (PFC) و نقش آن در تصمیم گیری
- روش های نقشه برداری مغز
- اصول مدل سازی، مدل های مختلف برای نورون های ضربه ای، شبکه های عصبی ضربه ای
- روش های کد گذاری و کد گشایی فعالیت های نورونی
- مدل سازی یادگیری و انواع آن (بدون ناظر، با ناظر و تقویتی)
- گروه های چند زمانی
- معرفی مدل های محاسباتی، شبکه های ضربه ای پیچشی، شبکه های ضربه ای عمیق
- پیاده سازی شبکه های ضربه ای (مبتنی بر رویداد یا زمان).

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
		عملکردی -	

منابع:

1. W. Gerstner, W. M. Kistler, R. Naud and L. Paninski, Neuronal Dynamics, Cambridge University press, 2014.
2. P. Dayan and L. E. Abbott, Theoretical Neuroscience: Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems, MIT press, 2001.



نام فارسی درس: رباتیک

نام انگلیسی درس: Robotics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه ساختار ربات ها و عملکرد آن ها و مدل سازی ربات ها

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معرفی جابجا کننده ها و سیستم های رباتیک و اجزاء آنها
- معرفی مختصات همگن و تبدیل مختصات، تشریح موقعیت و دوران در مختصات همگن در فضای سه بعدی
- تشریح حرکت اجسام و صلاب در مختصات اقلیدسی
- معرفی تبدیلات Denavit-Hartenberg، سیستماتیک بازوهای جابجا کننده ها
- حل معادلات سیستماتیک مستقیم و معکوس
- بررسی مسائل نقاط منفرد (Singular)، دینامیک جابجا کننده ها
- روش حل معادلات دینامیکی مستقیم و معکوس از طریق فرموله کردن لاکرانژ- اولر و نیوتن- اولر و معادلات عمومی حرکت و دالموت و Uicker Kahn
- برنامه ریزی مسیر حرکت رباتها (Trajectory Planning) و شرح وظایف (Task Description) آنان
- کنترل جابجا کننده ها با استفاده از روشهای کنترل کلاسیک

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪ عملکردی -	۲۰٪

منابع:

1. R. G. Schilling, Fundamentals of Robotics, Prentice Hall, 1990.
2. M. Spong and M. Vidyasagar, and S. Hutchinson, Robot Modeling and Control, John Wiley & Sons, 2005.
3. I. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics & Control, Pearson 4<sup>th</sup> Edition, 2017.
4. H. Asada and J. Slotine, Robot Analysis and Control, John Wiley & Sons, 1992.



نام فارسی درس: منطق شناختی

نام انگلیسی درس: Epistemic Logic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی:  دارد  ندارد

هدف درس:

منطق شناختی یکی از شاخه‌های مهم و نوظهور در منطق ریاضی و علوم کامپیوتر است که کاربردهای فراوانی در مدل‌سازی حوزه‌های مختلف دارد. از جمله‌ی این زمینه‌ها می‌توان به هوش مصنوعی، تحلیل مسائل اجتماعی، سیستم‌های چند عاملی پویا، باور و عقیده، نظریه‌ی بازی‌ها و استدلال‌های غیر یک‌نوا اشاره کرد. هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مباحث عمده‌ی منطق شناختی، اعم از دستگاه‌های استنتاجی مختلف، معناشناسی و برخی کاربردهای این ابزارها است.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- زبان و معناشناسی پایه
- دستگاه‌های استنتاجی مختلف
- قضایای تمایز و صحت برای دستگاه‌های شناختی مختلف
- بررسی منطقی سیستم‌های چندعاملی
- منطق‌های باور و عقیده
- منطق پویای عملگری
- منطق ترجیح و تکلیف
- منطق زمان
- بررسی سیستماتیک اعلان عمومی و بازی‌های مرتبط

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- J. van Benthem, Modal Logic for Open Minds, CSLI lecture note series, 2010.
- 2- H. van Ditmarsch, W. van der Hoek, Barteld Kooi. Dynamic Epistemic Logic, 2008.
- 3- H. van Ditmarsch, J. Y. Halpern, W. van der Hoek, Barteld Kooi. Handbook of Epistemic Logic. College Publication, 2015.
- 4- F. Liu, Reasoning about Preference Dynamics, Springer, 2011.
- 5- Y. Shoham, K. Leyton-Brown. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations. Cambridge University Press, 2008.



نام فارسی درس: مدل سازی و پیشگویی ساختار ماکرومولکول ها

نام انگلیسی درس: Macromolecules Structure Prediction and Modeling

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: بیوانفورماتیک

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی با اصول ساختاری پروتئین ها و اسیدهای نوکلئیک. همچنین اطلاعاتی در مورد پیش گویی ساختارهای پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و بررسی میان کنش ماکرومولکول ها در اختیار دانشجو قرار خواهد گرفت.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مروری بر ساختمان ماکرومولکول ها
- طبقه بندی فولدهای پروتئینی و پایگاه داده های اطلاعاتی مربوطه
- نمایش ساختمان های مولکولی
- آنالیز توالی های بیولوژیکی
- انطباق ساختمان های پروتئین و توالی با ساختمان
- پیشگویی ساختمان دوم
- مدل سازی مقایسه ای ساختمان پروتئین ها
- میدان های نیرو و مینیمم کردن
- تشخیص فولد
- فولدینگ معکوس
- داکینگ
- پیشگویی ساختمان دوم RNA

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. J. Gu and P.E. Bourne, Structural Bioinformatics. Wiley, 2011.
2. C.I. Brändén and J. Tooze, Introduction to Protein Structure. Garland Pub., 1999.
3. A.M. Lesk, Introduction to Protein Architecture: The Structural Biology of Proteins. Oxford University Press, 2001.





نام فارسی درس: الگوریتم‌های فرااکتشافی در بیوانفورماتیک  
نام انگلیسی درس: Meta-heuristic Algorithms in Bioinformatics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: بیوانفورماتیک

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با روش‌های فرااکتشافی در مسائلی از بیوانفورماتیک است که با بهینه‌سازی در ارتباط است.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- بررسی الگوریتم‌های بهینه‌سازی ترکیبی
- الگوریتم‌های ژنتیک و کاربرد آن در مسائل بیوانفورماتیک
- الگوریتم‌های شبیه‌سازی تبرید
- الگوریتم‌های مورچگان

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. P. Baldi, et al., Bioinformatics: The Machine Learning Approach. A Bradford Book, 2001.
2. L. Geris and D. Gomez-Cabrero, Uncertainty in Biology: A Computational Modeling Approach. Springer International Publishing, 2015.



نام فارسی درس: یادگیری ماشین در بیوانفورماتیک

نام انگلیسی درس: Machine Learning in Bioinformatics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: بیوانفورماتیک

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس، آشنایی دانشجویان با الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مسائلی از بیوانفورماتیک است که در قالب مسائل یادگیری نظارتی، بدون نظارت، نیمه نظارتی و همچنین یادگیری تقویتی طبقه‌بندی می‌شوند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه‌ای بر مفاهیم یادگیری ماشین
- مدل‌سازی احتمالاتی و استنتاج
- بررسی روش‌های یادگیری بدون نظارت
- کاربرد خوشه‌بندی در داده‌های بیان ژنی
- بررسی روش‌های یادگیری نظارتی
- کاربرد روش‌های طبقه‌بندی در مسائل مختلف بیوانفورماتیک
- معرفی شبکه‌های عصبی
- کاربرد شبکه‌های عصبی در بیوانفورماتیک شامل مسائلی در ارتباط با توالی‌های DNA، RNA و پروتئین
- معرفی مدل‌های پنهان مارکوف
- کاربرد مدل‌های پنهان مارکوف در مدل‌سازی مسائلی در ارتباط با توالی‌های DNA، RNA و پروتئین
- مدل‌های احتمالاتی به منظور مدل‌سازی تکامل: درخت فیلوژنی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

1. P. Baldi, et al., Bioinformatics: The Machine Learning Approach. A Bradford Book, 2001.
2. A. Moses, Statistical Modeling and Machine Learning for Molecular Biology. CRC Press, 2017.
3. Z.R. Yang, Machine Learning Approaches to Bioinformatics. World Scientific, 2010.
4. Y. Zhang and J.C. Rajapakse, Machine Learning in Bioinformatics. Wiley, 2009.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در هوش مصنوعی

نام انگلیسی درس: Special Topics in Artificial Intelligence

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در هوش مصنوعی.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سرفصل درس.



نام فارسی درس: ریاضیات یادگیری

نام انگلیسی درس: Mathematics of learning

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف این درس ارائه ریاضیاتی است که بر مبنای آن یادگیری ماشینی بنا شده است: جبرخطی، آمار و احتمال، بهینه‌سازی. گذارنیدن این درس دانشجویان را توانمند خواهد ساخت که روش‌ها و ایده اصلی یادگیری ماشین را یاد بگیرند و ببینند که چگونه ریاضیات به عنوان یک زبان برای توصیف این روش‌ها و ایده‌ها بکار گرفته می‌شود.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- جبر خطی، ماتریس‌های متعامد و زیرفضاها، ماتریس مثبت معین، تجزیه SVD، مولفه‌های اصلی، نرم بردارها، توابع و ماتریس‌ها، فاکتورسازی ماتریس‌ها و تانسور،
- محاسبات ماتریس‌های بزرگ، جبر خطی عددی، حداقل مربعات،
- ماتریس رتبه پایین و compressed sensing،
- تبدیل فوریه: گسسته و پیوسته،
- خوشه‌بندی با روش‌های طیفی،
- احتمال و آمار، توزیع احتمالات، نابرابری‌های آمار، ماتریس کوواریانس و احتمالات توام، گوسی چندمتغیره، زنجیره مارکوف،
- بهینه‌سازی، تحدب، روش‌های نیوتن، ضریب لاگرانژ، برنامه‌ریزی خطی، گردایان کاهشی.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
%۲۰	آزمون‌های نوشتاری %۲۰	آزمون‌های نوشتاری %۴۰	%۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

### منابع:

1. G. Strang, Linear Algebra and Learning from Data, Cambridge University Press, 2019
2. J. Korevaar, Mathematical Methods: Linear Algebra, Normed Spaces, Distributions, Integration, Dover Publications, 2008.
3. V. Vapnik, Statistical Learning Theory, John Wiley & Sons, 1998.



نام فارسی درس: بهینه‌سازی محدب

نام انگلیسی درس: Convex Optimization

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه الگوریتم پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس این است که به دانشجویان کمک کند دانش خود را در زمینه بهینه‌سازی محدب توسعه دهند، به نحوی که مهارت‌ها و پیش‌زمینه‌های مورد نیاز برای شناسایی، فرمول‌بندی و مسایل بهینه‌سازی محدب را به اندازه کافی کسب نمایند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی،
- مجموعه‌های محدب، مجموعه‌های محدب و مستوی، ابرصفحه‌های جداساز و تکیه‌گاه، نامساوی‌های تعمیم‌یافته، مخروط دوگان، توابع محدب، توابع مزدوج، توابع شبه محدب،
- مسائل بهینه‌سازی محدب، بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی درجه دو، برنامه‌ریزی هندسی، بهینه‌سازی، دوگانی، تابع دوگان لاگرانژ، مساله دوگان لاگرانژ، تعبیر هندسی، شرایط بهینگی، اختلال و تحلیل حساسیت، تقریب و برازش، تقریب نرم، مسائل کمترین نرم، تقریب منظم، تقریب استوار، برازش تابع و درونیایی،
- تخمین آماری، تخمین توزیع‌های پارامتری، تخمین توزیع‌های ناپارامتری،
- مسائل هندسی، تصویر روی یک مجموعه، فاصله مجموعه‌ها، مرکزبایی، دسته‌بندی،
- کمینه‌سازی نامقید،
- کمینه‌سازی با قید تساوی،
- روش‌های نقطه درونی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

- 1- D. P. Bertsekas, Convex Optimization Theory, Athena Scientific, 2009.
- 2- D. P. Bertsekas, Nonlinear Programming, 3rd Edition, Athena Scientific, 2016.
- 3- D. G. Luenberger and Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, 4th Edition, Springer, 2015.



نام فارسی درس: بصری سازی داده ها

نام انگلیسی درس: Data Visualization

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس روش ها و اصول کلیدی بصری سازی دادهها را معرفی می کند و به یادگیرنده نشان می دهد که چگونه بازنمایی های بصری می توانند در درک داده های پیچیده مفید باشند و در پی آن است که توانایی یادگیرنده را برای فعالیت و پژوهش در این حوزه ارتقاء دهد.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معرفی بصری سازی داده ها و اهمیت آن، انواع داده و دادگان، روشهای تجرید داده، روشهای تجرید وظایف
- نشانه ها و کانال ها، کدگذاری داده ها بوسیله نشانه ها و کانال ها، معیارهای کارایی کانال، دقت، افتراق پذیری، جدایی پذیری، آشکارسازی تنظیم پذیر و تمامیت
- قواعدی که همواره در بصری سازی داده ها باید در نظر گرفت
- اعتبار سنجی و چهار سطح آن، وضعیت دامنه، تجرید داده ها و وظایف، کدگذاری بصری و تعامل، پیچیدگی الگوریتم از نظر زمانی و حافظه
- طراحی چیدمان جداول داده، داده های مکانی، داده های شبکه ای و ساختارهای درختی
- نگاشت رنگ و سایر کانالهای غیر فضایی در کدگذاری بصری، روشهای دستکاری دید برای کاهش پیچیدگی نمایش داده ها، روشهای نمایش داده های پیچیده با تقسیم نمایش به چندین نما و دید یا لایه
- روشهای کاهش اقلام و کاهش ویژگی برای مواجهه با پیچیدگی های بصری سازی
- روشهای درج اطلاعات بر روی مجموعه انتخاب شده در یک نما و دید
- معرفی سیستمهای بصری سازی داده ها و قابلیت های آنها

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
%۲۰	آزمون های نوشتاری %۲۰	آزمون های نوشتاری %۴۰	%۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

1. T. Munzner, Visualization Analysis and Design, CRC Press, 2014.
2. G. Dzemyda, O. Kurasova, and J. Zilinskas, Multidimensional Data Visualization: Methods and Applications, Springer, 2013.
3. S. Murray, Interactive Data Visualization for the Web, O'Reilly Media, 2013.
4. I. Meirelles, Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices Behind Effective Information Visualizations, Rockport Publishers, 2013.



نام فارسی درس: فرآیند تصادفی

نام انگلیسی درس: Random Process

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد نظری: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مباحث اساسی تئوری احتمال، متغیرهای تصادفی و دنباله‌های تصادفی است به نحوی که مهارت‌ها و پیش‌زمینه‌های مورد نیاز برای فرمول‌بندی و حل مسایل موجود را از دیدگاه فرایندهای تصادفی کسب نمایند.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمه‌ای بر فرآیندهای تصادفی،
- نظریه احتمالات: اصول، پیوستگی احتمال، استقلال، احتمال شرطی،
- متغیرهای تصادفی: توزیع، تبدیل، تابع مولد گشتاور، تابع مشخصه،
- بردارهای تصادفی: توزیع توأم، توزیع شرطی، بردارهای تصادفی گوسی،
- همگرایی توالی‌های تصادفی: لم Borel-Cantelli، قانون اعداد بزرگ، قضیه حد مرکزی محدود، باند Chernoff.
- فرآیندهای تصادفی زمان گسسته: ergodicity، قضیه قوی ergodic، ایستادن بودن، توابع همبستگی در سیستم‌های خطی، چگالی طیفی توان،
- فرآیندهای تصادفی ساختاری: فرآیندهای برنولی، فرآیندهای افزایشی مستقل، زنجیره مارکوف گسسته، قضیه فاستر، زنجیره مارکوف برگشت‌پذیر، فرآیند پواسون.

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
٪۲۰	آزمون‌های نوشتاری ٪۲۰	آزمون‌های نوشتاری ٪۴۰	٪۲۰
	عملکردی-	عملکردی -	

### منابع:

- 1- R. Gallager, Stochastic Processes: theory for applications. Cambridge University Press, 2013.
- 2- A. Papoulis and S.U. Pillai. Probability, Random Variables, and Stochastic Processes. Tata McGraw-Hill Education, 2002.
- 3- K. Hisashi, B. L. Mark, and W. Turin, Probability, Random processes, and Statistical Analysis: Applications to Communications, Signal Processing, Queueing Theory and Mathematical Finance, Cambridge University Press, 2011.



نام فارسی درس: سیستم‌های چندعاملی

نام انگلیسی درس: Multi-Agent systems

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

سیستم‌های چند عاملی، مبحثی بینارشته‌ای در علوم کامپیوتر است که به مدل‌سازی و مطالعه‌ی سیستم‌های چندعاملی می‌پردازد. منطق و نظریه‌ی بازی‌ها، برای مدل‌سازی و نظریه‌پردازی مسائل در این حوزه به کار می‌آیند و تکنیک‌های هوش مصنوعی برای حل آن مسائل به کار گرفته می‌شوند. هدف از این درس، یادگیری این متودولوژی به همراه مثال‌های متنوع است.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- بهینه‌سازی توزیع شده
- نظریه‌ی بازی‌های رقابتی: فرم نرمال
- محاسبه‌ی Nash equilibria برای برخی بازی‌ها
- منطق‌های باور و دانش
- ارتباط و همکاری
- سیستم‌های چندعاملی هوشمند
- تصمیم‌سازی چند عاملی: چانه‌زنی و مذاکره
- یادگیری چندعاملی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- Y. Shoham, K. Leyton-Brown. Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations. Cambridge University Press, 2008.
- 2- An introduction to MultiAgent Systems. Michael Wooldridge, John Wiley, Second Edition, 2009.
- 3- MultiAgent Systems, Gerhard Weiss (editor), MIT Press. Second Edition, 2013.





نام فارسی درس: مدل سازی و پردازش مه داده‌ها

نام انگلیسی درس: Big Data Modeling and Processing

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: -

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم مربوط به بزرگ داده‌ها و نحوه مدیریت و تحلیل آنها است و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در این حوزه فراهم می‌آورد.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معرفی بزرگ داده‌ها و ارائه مثال‌هایی از سه منشا کلیدی تولید آن،
- معرفی شش مشخصه بزرگ داده‌ها (حجم، سرعت، تنوع، صحت، ظرفیت و ارزش)،
- تحلیل و گزارش‌دهی بزرگ داده‌ها،
- تشریح مدل‌های برنامه‌نویسی برای تحلیل بزرگ داده‌های مقیاس‌پذیر، معرفی گام‌های پردازش بزرگ داده‌ها،
- روش‌های دسترسی و دستکاری داده‌های روان،
- معرفی MapReduce، YARN، Hadoop،
- بازیابی، یکپارچه‌سازی و تحلیل بزرگ داده‌ها،
- تحلیل بزرگ داده‌های گرافی،
- دسته‌بندی، رگرسیون، خوشه‌بندی و تحلیل همبستگی بزرگ داده‌ها،
- پیاده‌سازی نمونه‌ای از سامانه مدیریت بزرگ داده‌ها و تحلیل آنها.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- R. Buyya, R. N. Calheiros, and A. Vahid Dastjerdi, Big Data. Principles and Paradigms, Morgan Kaufmann, 2016.
- 2- F. Corea, Big Data Analytics: A Management Perspective, Springer, 2016.
- 3- I. Foster, R. Ghani, R. S. Jarmin, F. Kreuter, and J. Lane, Big Data and Social Science: A Practical Guide to Methods and Tools, Chapman & Hall/CRC, 2017.



نام فارسی درس: سیستمهای تصمیم گیری فازی

نام انگلیسی درس: Fuzzy Decision Making Systems

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

در بسیاری از کاربردها، باید بهترین تصمیم را در شرایطی اتخاذ کرد که اطلاعات نادقیقی و تقریبی هستند. هدف این درس آشنایی با مباحثی از ریاضیات است که برای تصمیم گیری در چنین شرایطی استفاده میشوند.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مجموعه های فازی و عملگرهای آن، اصل تعمیم، اعداد فازی و محاسبات آنها،
- رابطه فازی، گراف فازی، منطق فازی
- روشهای برنامه ریزی خطی فازی (با اهداف فازی، با محدودیتهای فازی، مدل متقارن، و با اعداد فازی)
- تصمیم گیری با پارامترهای فازی، تصمیم گیری گروهی فازی،
- برنامه ریزی پویای فازی
- کاربردها: حمل و نقل، جایابی، برنامه ریزی تولید، سیستمهای خبره

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- H.j. Zimmermann, Fuzzy Sets Theory and Its Application, Kluwer Academic Pub., 1996.
- 2- Y.J. Lai and C.L. Hwang, Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications, Springer, 1992.
- 3- K. P. Yoon and C.L. Hwang, Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Sage Publications Inc., 1995.
- 4- J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, Springer, 2005.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در علوم داده

نام انگلیسی درس: Special Topics in Data Science

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در علوم داده.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سرفصل درس.



نام فارسی درس: منطق جبری

نام انگلیسی درس: Algebraic Logic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

فراگیری پایه‌ای منطق گزاره‌های کلاسیک و غیرکلاسیک، ساختن مدل جبری برای منطق‌های مختلف، ارائه‌ی محک برای منطق‌های مختلف، ارائه‌ی محک برای دسته‌بندی دستگاه‌های استنتاجی و جبری‌سازی منطق‌های مشهور مانند منطق کلاسیک، شهودی و وجهی.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مفاهیم پایه‌ی جبر جهانی شامل: مفهوم جبر، جبر ترم‌ها، جبر آزاد، زیرجبر، هم‌ریختی، هم‌نهشتی، جبر خارج‌قسمت، وارسته و شبه‌وارسته، شبکه‌های پخشی، صافی، ایده‌آل، شبکه‌های کامل، قضیه‌ی لاریش، شبکه‌های پخشی، دوگان‌سازی شبکه‌های پخشی.
- مفاهیم پایه و اساسی: زبان‌های گزاره‌ای، عملگرهای استنتاج، منطق‌های گزاره‌ای، منطق به‌عنوان سیستم استنتاج، مدل‌های ماتریسی، عملگرها روی مدل‌های ماتریسی، هم‌نهشتی لایب‌نیتس، ماتریس‌های کاهش‌یافته.
- جبرپذیری منطق‌های گزاره‌ای: جملات هم‌ارز، عملگر سوزکو، ماتریس‌های آزاد، یک‌به‌یکی عملگر لایب‌نیتز، پوشایی عملگرهای ساختاری جبرپذیری به معنای ضعیف، منطق جبری پذیر، جبری‌پذیری به معنای بلاک و پیگازی.
- منطق‌های فرگه‌ای: اصول فرگه، منطق فرگه‌ای، شبه‌وارسته‌ی فرگه‌ای، شبه‌وارسته‌های هیلبرتی.
- جبری‌سازی منطق‌های مهم: جبری‌سازی منطق‌های شهودگرایی، کلاسیک، خطی، چندارزشی و وجهی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- J. Czelakowski, Protoalgebraic Logics, Springer, 2001.
- 2- R. Jansana, A General Algebraic Semantics for Sentential Logics, 2<sup>nd</sup> Edition, Iosep Maria Font and Lecture Notes in Logic, Vol. 7, Springer-Verlag, 2009.
- 3- R. Wojcicki, Theory of Logical Calculi, Basic Theory of Consequence Operations, Springer, 1988.
- 4- A. Koslow, A Structuralist Theory of Logic, Cambridge University Press, 1992.



نام فارسی درس: منطق محاسباتی

نام انگلیسی درس: Computational Logic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه محاسبه پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجو با متدولوژی منطق محاسباتی و مفاهیم پایه‌ای آن.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مباحث مربوط به جنبه‌های تئوری و عملی
- اثبات خدکار قضیه (Automated Theorem Proving)، شامل متودولوژی اساسی منطق محاسباتی، اثبات کامپیوتری قضیه برای منطق گزاره‌ای و مرتبه اول
- هوش مصنوعی در منطق
- استدلال و سیستم‌های معرف پایه
- منطق برنامه‌ای، منطق خطی
- قضیه‌ی پیچیدگی محاسبه‌ای

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- A. C. Kakas, Computational Logic: Logic Programming and beyond, Springer, 2002.
- 2- L. Sterling and E. Shapiro, The Art of Prolog: Logic Programming, MIT Press, 199.
- 3- D. M. Gabbay, T. S. E. Mabaum and S. Abramsky, Handbook of Logic in Computer Science, Oxford University Press.



نام فارسی درس: اثبات خودکار

نام انگلیسی درس: Automated Theorem Proving

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم اثبات و چگونگی اثبات خودکار و کاربرد آن.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمات ریاضی اثبات خودکار
- منطق گزاره‌ای
- منطق مرتبه اول
- قضیه حذف برش و کاربردهای آن
- Gentzen Sharpened Hauptsatz
- قضیه Herbrand
- تحلیل در منطق گزاره‌ای و مرتبه اول
- تحلیل Prolog و SLD
- Many-sorted First-Order Logic

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
%۱۰	آزمون های نوشتاری %۴۰	آزمون های نوشتاری %۵۰	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- J. H. Gallier, Logic for Computer Science, Foundation of Automatic Theorem Proving, Harper & Row, 2003.
- 2- F. Pfenning, Automated Theorem Proving, Lecture Notes, March 2004.



نام فارسی درس: منطق و معنانشناسیِ صوری

نام انگلیسی درس: Logic and Formal Semantics

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با روش‌های صوری برای معنانشناسی زبان‌های برنامه‌نویسی.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- معنانشناسیِ صوریِ زبان‌های برنامه‌نویسی
- معنانشناسیِ تابعی Denotational Semantics
- حساب لاند
- معنانشناسیِ بازگشتی و نقطه ثابت
- نظریه دامنه Domain Theory
- معنانشناسیِ عملیاتی Operational Semantics
- معنانشناسیِ اصل موضوعه‌ای

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- G. Winskel, the Formal Semantics of Programming Languages, 1993.
- 2- C. Gunter, Semantics of Programming Languages, MIT Press, 1992.



نام فارسی درس: توصیف و درست‌یابیِ صوریِ سیستم‌ها

نام انگلیسی درس: Formal Verification

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با روش‌های صوری برای درست‌یابی برنامه‌های کامپیوتری.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- روش‌های توصیف و درست‌یابی
- منطق هور Hoar Logic
- منطق مرتبه اول
- منطق دینامیک
- توصیف صوری زبان برنامه‌نویسی جاوا
- اثبات صحت برنامه‌ها
- آنالیز ایستا و پویای برنامه‌ها
- ابزار Key و استفاده از آن در درست‌یابی صوری برنامه‌ها

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- J. Laski, and W. Stanley, Software Verification and Analysis, Springer, 2009.
- 2- B. Beckert, Verification of Object Oriented Software, the KEY Approach, Springer, 2007.





نام فارسی درس: نظریه برهان

نام انگلیسی درس: Proof Theory

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه‌ی فراریاضیات اثبات‌ها برای دست‌گاه‌های منطقی متفاوت.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمات منطقی مورد نیاز درس: دست‌گاه‌های منطق کلاسیک و شهودی
- دست‌گاه‌های استنتاج طبیعی و هیلبرتی
- دست‌گاه‌های رشته‌ای (گنتزنی)
- حذف برش و کاربردهای آن برای دست‌گاه‌های مختلف: منطق‌ها گزاره‌ای و مرتبه اول، حساب
- کران‌ها و جای‌گشت‌ها
- نرمال‌سازی برای استنتاج طبیعی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- A. S. Troelstra and H. Schwichtenberg, Basic Proof Theory, Cambridge University Press, 1996.
- 2- G. Takeuti, Proof Theory: Second Edition, North-Holland, 1987.



نام فارسی درس: روش‌های جبری و هم‌جبری در علوم کامپیوتر  
نام انگلیسی درس: Algebra and Coalgebra in Computer Sciences

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی با روش‌های جبر و هم‌جبر در علوم کامپیوتر.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمات نظریه‌ی رسته‌ها: تعریف رسته، مورفیزم، ساختن رسته‌های جدید، مفهوم ضرب، هم‌ضرب، حد و هم‌حد، فانکتور، رسته‌ی فانکتورها، تبدیلات طبیعی.
- Bisimulation and Coinduction: هم‌تشابهی در منطق موجهات و علوم کامپیوتر، قضیه‌ی نقطه‌ثابت، Relation Lifting، هم‌تشابهی و هم‌نهستی، هم‌تشابهی و Coinduction proof، ویژگی‌های جبری هم‌تشابهی.
- معرفی هم‌جبرها: پدیده‌های جبری و هم‌جبری، تعریف‌های استقرایی و هم‌استقرایی، جبر و استقرا، هم‌جبر و هم‌استقرا، پردازش هم‌جبری.
- منطق، Lifting و Finality: فانکتورهای پخشی، پس‌کشی ضعیف، محمول و رابطه، Relation Lifting، هم‌تشابهی منطقی، چندجمله‌ای‌ها و فانکتورهای تحلیلی.
- مباحث پیشرفته: Modal Logic for Coalgebra، Predicate Lifting، Invariants، Limits of Coalgebra، Temporal Logic for Coalgebra.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

- 1- B. Jacobs, Introduction to Coalgebra: Towards Mathematics of States and Observation, Cambridge University Press, 2017.
- 2- D. Sangiorgi, Introduction to Bisimulation and Coinduction, Cambridge University Press, 2012.
- 3- D. Sangiorgi and J. Rutten, Advanced Topics in Bisimulation and Coinduction, Cambridge University Press, 2012.



نام فارسی درس: محاسبه پذیری و حساب

نام انگلیسی درس: Computability and Arithmetic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: نظریه محاسبه پیشرفته

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری چند رویکرد اصل موضوعی به محاسبه پذیری و پیچیدگی محاسبه.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- مقدمات منطق شهودگرایی مرتبه اول
- مدل های کریپکی برای منطق شهودگرایی مرتبه اول
- حساب های پئانو PA، شهودگرایی HA و مارکوف MA و ارتباط آن ها با محاسبه پذیری
- تحقق پذیری کلینی برای منطق شهودگرایی
- حساب محدود Buss و ارتباط آن با کلاس های پیچیدگی محاسبه ای P و NP

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۳۰٪	آزمون های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1- A.S. Troelstra and D. van Dalen, Constructivism in Mathematics, Vol 1, Elsevier, 1988.
- 2- S. R. Buss, Bounded Arithmetic, Bibliopolis, Naples, Italy, 1986.



نام فارسی درس: نظریه بازگشت و محاسبه پذیری

نام انگلیسی درس: Recursion Theory and Computability

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

این درس به نحو مبسوطی، مباحث ارائه شده در دروس نظریه‌ی علوم کامپیوتر و نظریه‌ی محاسبه‌ی پیشرفته را ادامه می‌دهد.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- خصوصیات توابع و مجموعه‌های محاسبه‌پذیر توسط مدل‌های محاسباتی متنوع (مانند مدل تورینگ، دیویس و...)
- توابع بازگشتی جزئی، مجموعه‌های بازگشتی‌شمارش‌پذیر و مجموعه‌های بازگشتی (تصمیم‌پذیر)
- قضیه‌ی نقطه‌ثابت و تعمیم‌های مختلف آن
- مجموعه‌های کامل، یکریختی بین مجموعه‌ها، مجموعه‌های مولد و خلاق
- قضایای رایس-شاپیرو، بازگشت و معادل بودن آن با قضیه‌ی نقطه‌ثابت
- ارتباط بین منطق و نظریه‌ی توابع بازگشتی
- نظریه‌ی اطلاعات الگوریتمی کولموگوروف و ارتباط آن با نظریه‌ی توابع بازگشتی

### روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

### منابع:

- 1.S. B. Cooper, Computability Theory, Chapman and Hall, 2000.
- 2.M. Machtey and P. Young, An introduction to the General Theory of Algorithms, North-Holland Publisher Co., 1978.
- 3.H. Rogers, Theory of Recursive Functions and Effective Computability, MIT Press, 1987.



نام فارسی درس: پیچیدگی محاسبه

نام انگلیسی درس: Computational Complexity

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری برخی کلاس‌های محاسباتی پایه در نظریه‌ی محاسبه و ارتباط بین آن‌ها.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

مقدمات: مسأله‌ی تصمیم و زبان‌ها، ماشین‌های تورینگ

- پیچیدگی زمانی برای محاسبه، پیچیدگی فضایی برای محاسبه و قضایای تسریع برای آن‌ها
- کلاس‌های پیچیدگی مرتبط با زمان و فضا و مقایسه‌ی آن‌ها
- کلاس‌های P، NP، PSPACE، CoNP، قضیه‌ی Lander
- ماشین تورینگ تناوبی و هیرارکی چندجمله‌ای
- تقلیل پذیری چندجمله‌ای و مسائل NP-Complete: قضیه‌ی Cook-Levin
- بیان چند مسأله‌ی NP-Complete
- پیچیدگی فضای غیر قطعی، قضیه‌ی Savitch
- مسائل PSPACE-Complete، TQBF و بازی‌های دونفره
- 

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- C. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1994.
- 2- M. Sipser, Introduction to the Theory of Computation, PWS Publishing Co., 2005.



نام فارسی درس: پیچیدگی محاسبه پیشرفته

نام انگلیسی درس: Advanced Computational Complexity

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

یادگیری برخی کلاس‌های محاسباتی احتمالاتی و تقریبی.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- الگوریتم‌های تصادفی و کلاس‌های پیچیدگی PP, BPP, RP, CoRP و ZPP
- ارتباط بین کلاس‌های احتمالاتی و کلاس‌های قطعی و غیرقطعی
- الگوریتم‌های تقریبی، PTAS و FPTAS، کلاس APX
- اثبات‌های تطبیق‌پذیر احتمالی (PCP) و قضیه‌ی Hoastad، #P-Completeness
- پردازش موازی، مدارها و مدل PRAM، کلاس NC و P-Completeness
- پیچیدگی ارتباطات

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

1- C. Papadimitriou, Computational Complexity, Addison-Wesley, 1994.

2-M. Sipser, Introduction to the Theory of Computation, PWS Publishing Co., 2005.



نام فارسی درس: **وارسی گر مدل**

نام انگلیسی درس: Model Checking

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی:  دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجو با روش‌های صوری برای درست‌یابی برنامه‌های کامپیوتری.

### سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سیستمهای انتقالی،
- آشنایی با جبر پردازنده‌ها،
- سیستمهای همزمان،
- خواص خطی-زمانی سیستم،
- منطق زمانی LTL
- درست‌یابی خواص خطی-زمانی
- آشنایی با واریسیگر مل SPIN

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون های نوشتاری ۳۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

- 1- C. Baier, J. Katoen, Principles of Model Checking, MIT Press, 2008.
- 2- E. M. Clarke, O. Grumberg, and D. A. Peled, Model Checking. MIT Press, 1999.



نام فارسی درس: برنامه‌سازی منطقی

نام انگلیسی درس: Logic Programming

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجو با زبان‌های برنامه‌نویسی مبتنی بر روش‌های منطقی مثل Prolog و Coq.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

پارادایم برنامه‌نویسی توصیفی Declarative Programming،

- زبان برنامه‌سازی منطقی Coq، لیستها در Coq،
- طراحی پایگاه دانش برای یک عامل هوشمند در Coq،
- روش Backtracking and Unification
- برنامه‌سازی استقرایی منطقی
- برنامه‌سازی چندعاملی شناختی
- برنامه‌سازی چندعاملی منطقی

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۱۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

- 1-M. Bramer, Logic Programming with Prolog, Springer, 2005.
- 2-N. C. Rowe, Artificial Intelligence through Prolog, 1988.
- 3-N. Lavrace, S. Dzeroski, Inductive Logic Programming, 1993.





نام فارسی درس: منطق موجّهات

نام انگلیسی درس: Modal Logic

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

مطالعه‌ی ساختارهای رابطه‌ای، بررسی ساختارهای وجهی نرمال، مطالعه‌ی مدل‌های کریپکی، مطالعه‌ی مسائل تصمیم‌پذیری در منطق‌های وجهی و بررسی ساختارهای تعریف‌پذیر در زبان وجهی و ارتباط آن با تعریف‌پذیری در منطق مرتبه‌اول.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

زبان‌های وجهی،

- نحو و معنای زبان،
- ساختارهای رابطه‌ای،
- شبیه‌سازی و تناظر،
- تئوری تناظر Sahlqvist
- قاب‌ها و تعریف‌پذیری آن‌ها،
- منطق‌های وجهی نرمال و تئوری‌های کامل،
- دوگان‌سازی،
- قاب‌های عمومی.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
عملکردی-	عملکردی-	عملکردی-	

منابع:

- 1-M. de Rijke and Y. Venema, Modal Logic, Patrick Blackburn, Cambridge University Press, 2002.
- 2-A. Chagrov, M. Zakharyashev, Modal Logic, Clarendon Press, Oxford, 1997.



نام فارسی درس: نظریه‌ی رسته‌ها

نام انگلیسی درس: Category Theory

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی با مفاهیم اساسی نظریه‌ی رسته‌ها و قضایای بنیادین این نظریه.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- تعریف رسته، خواص و مفاهیم مقدماتی آن
- زیرشیئ‌ها و ساختارهای روی رسته‌ها،
- تابع‌گون‌ها و تبدیل‌های طبیعی،
- رسته‌های به‌دست آمده از تابع‌گون‌ها و تبدیل‌های طبیعی
- پیکان‌های جهانی
- رابطه‌ی الحاق
- حد و هم‌حد
- رسته‌های اندیس‌دار و داخلی
- مفاهیم بنیادین حساب لاندا

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۳۰٪	آزمون‌های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی -	عملکردی -	

منابع:

1. S. MacLane, Categories for the Working Mathematician, Vol. 5, Springer Science & Business Media, 1978.
2. S. Awodey, Category Theory, Oxford University Press, 2010.
3. M. Kashivara and P. Schapira, Categories and Sheaves, Vol. 332, Springer Science & Business Media, 2005.
4. P.J. Freyd and A. Scedrov, Categories, Allegories, Vol. 39, Elsevier, 1990.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در روش های صوری  
نام انگلیسی درس: Special Topics in Formal Methods

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس: اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی: دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی دانشجویان با موضوعات پژوهشی روز در روش های صوری.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- سرفصل این درس، قبل از نیمسال تحصیلی که قرار است ارائه شود، توسط استاد مربوطه به بخش داده می شود و پس از بررسی در بخش جهت تصویب به شورای تحصیلات تکمیلی ارجاع داده می شود. سر فصل درس پس از تصویب در شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و پیش از انتخاب واحد نیمسال مربوطه جهت رویت دانشجویان اعلان خواهد شد.

روش ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۴۰٪	۲۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

منابع:

کتابها و مقالات علمی به روز متناسب با مباحث سرفصل درس.



نام فارسی درس: مباحث ویژه در نظریه‌ی محاسبه

نام انگلیسی درس: Special Topics in Computability Theory

تعداد واحد: ۴

تعداد ساعت: ۶۴

نوع واحد: ۴ واحد نظری

نوع درس اختیاری

پیشنیاز: ندارد

آموزش تکمیلی:  دارد  ندارد

هدف درس:

آشنایی با برخی مباحث پیشرفته در نظریه‌ی محاسبه، مانند مدل‌های تعمیم‌یافته‌ی تورینگ برای محاسبه.

سرفصل درس: ۶۴ ساعت نظری

- درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه‌ی علوم کامپیوتر – گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیمسال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده ارائه می‌شود.

روش ارزیابی:

ارزنیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
۲۰٪	آزمون های نوشتاری ۳۰٪	آزمون های نوشتاری ۵۰٪	۰٪
	عملکردی-	عملکردی -	

