



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
شورای عالی برنامه ریزی آموزشی



برنامه درسی رشته

# علوم کامپیوتر

Computer Sciences

مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته



گروه علوم پایه  
پیشهادی دانشگاه صنعتی شریف



بسم الله

عنوان گرایش: -

نام رشته: علوم کامپیوتر

دوره تحصیلی: کارشناسی ارشد ناپیوسته

گروه تحصیلی: علوم پایه

نوع مصوبه: بازنگری

زیر گروه تحصیلی: علوم ریاضی

تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۱۱

پیشنهادی: دانشگاه صنعتی شریف

برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته علوم کامپیوتر، در جلسه شماره ۱۷۰ تاریخ ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ کمیسیون برنامه ریزی درسی، محتوا و سرفصل رشته های تحصیلی به شرح زیر تصویب شد:

**ماده یک-** این برنامه درسی برای دانشجویانی که پس از تصویب این برنامه درسی در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی پذیرفته می شوند، قابل اجرا است.

**ماده دو-** این برنامه درسی، جایگزین برنامه درسی رشته علوم کامپیوتر مصوب جلسه ۸۸۲ تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

**ماده سه-** این برنامه درسی نمی تواند به صورت همزمان با برنامه درسی علوم کامپیوتر دارای گرایش در یک دانشگاه یا موسسه آموزش عالی پذیرش دانشجو داشته باشد.

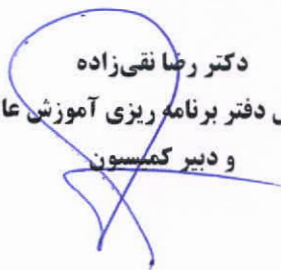
**ماده چهار-** این برنامه درسی در سه فصل: مشخصات کلی، جدول های واحدهای درسی و سرفصل دروس تنظیم شده است و برای اجرا در دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی پس از اخذ مجوز پذیرش دانشجو از شورای گسترش آموزش عالی و سایر ضوابط و مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، ابلاغ می شود.

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

دکتر قاسم عمو عابدینی  
معاون آموزشی و رئیس کمیسیون



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





جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
شورای کسب و کار و برنامه ریزی آموزش عالی



برنامه درسی رشته

# علوم کامپیوتر

COMPUTER SCIENCE

مقطع کارشناسی ارشد

تهیه کننده:

دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه صنعتی شریف



## فصل اول

# مشخصات کلی برنامه درسی



## الف) مقدمه

دوره کارشناسی ارشد (ناپیوسته) رشته «علوم کامپیوتر» دوره‌ای برای تحصیلات پس از دوره کارشناسی است که مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی همراه با فعالیت‌های مقدماتی پژوهشی را در بردارد. در این دوره در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه صنعتی شریف دانشجوی می‌تواند با تمرکز بر یک زمینه تخصصی خاص، که بر اساس مقررات این برنامه با توجه به دروس اخذ شده وی در پایان دوره تحصیلی مشخص می‌شود، در آن زمینه تخصصی دانش آموخته شود. بدین ترتیب دانش آموختگان این دوره قابلیت‌های لازم را برای ارائه خدمات آموزشی در مقاطع قبلی یا ارائه خدمات تخصصی در سطحی بالاتر از کارشناسی مرتبط با کاربرد علوم کامپیوتر در بخش‌های متنوع سازمانی، صنعتی، اجتماعی و اداری را خواهند داشت، یا حتی می‌توانند بدون تمرکز بر زمینه تخصصی خاص و با گسترش معلومات پایه‌ای و تخصصی خود در این رشته و یا با ادامه علایق خود در زمینه تخصصی انتخاب شده، در مقطع بالاتر (دکتری) به ادامه تحصیل بپردازند.

## ب) ضرورت و اهمیت

با توجه به گسترش کاربردهای علوم کامپیوتر در جنبه‌های گوناگون علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری، ضرورت تربیت افراد متخصص در همه سطوح آموزش عالی بی‌تردید وجود دارد، و لذا دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، امکان استفاده موثر از نیروهای متخصص موجود در دانشگاه‌های کشور در جهت تربیت نیروی مورد نیاز در زمینه‌های آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی را با هم‌افزایی در کنار دیگر رشته‌های بنیادی علوم پایه فراهم می‌آورد.

## ج) تعداد و نوع واحدهای درسی

تعداد کل واحدهای درسی دوره شامل ۳۲ واحد و به شرح زیر است.

(الف) دروس جبرانی بنا بر تشخیص استاد راهنما و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده

(ب) دروس اصلی مشترک: انتخاب و گذراندن ۸ واحد از جدول ۱ با رعایت مقررات مربوط

(پ) دروس انتخابی زمینه تخصصی: انتخاب و گذراندن ۸ واحد از یکی از جداول زمینه‌های تخصصی (جدول ۲ تا ۶)

(ت) دروس اختیاری: گذراندن ۸ واحد از هر کدام از دروس تحصیلات تکمیلی دانشکده علوم ریاضی با نظر استاد راهنما

(ث) سمینار: ۲ واحد

(ج) پایان‌نامه کارشناسی ارشد: ۶ واحد

## توضیحات:

۱) در صورتی که دانشجو در مقطع قبلی هریک از دروس اصلی جدول ۱ را گذرانده باشد، با درخواست دانشجو درس جایگزین با نظر شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده تعیین و به وی اعلام می‌شود.

۲) در صورت تحصیل دانشجو در شیوه آموزشی-پژوهشی، تعیین استاد راهنمای پایان‌نامه کارشناسی ارشد تا پایان نیمسال دوم تحصیلی الزامی است.



۳) در صورت تقاضای دانشجو و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و رعایت سایر مقررات، دانشجو می‌تواند در شیوه آموزش-محور و با گذراندن ۶ واحد درسی به‌جای پایان‌نامه کارشناسی ارشد، ادامه تحصیل داده و در صورت احراز شرایط دانش‌آموخته شود.

۴) در صورت تقاضای دانشجو و تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده، دانشجو باید بجای ۸ واحد بند پ (دروس انتخابی زمینه تخصصی)، ۴ واحد را از جدول ۱ و ۴ واحد دیگر را از هر کدام از دروس جداول ۱ تا ۶ بگذراند و با رعایت مابقی مقررات برنامه با مدرک «کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر» بدون قید گرایش یا زمینه تخصصی دانش‌آموخته شود.

۵) شرایط درج زمینه تخصصی در دانشنامه پایان تحصیلات دانشجو:

الف) انتخاب زمینه تخصصی تا پایان نیمسال دوم و طی مراحل تصویب آن

ب) گذراندن دروس لازم مرتبط با زمینه تخصصی مربوط از جدول ۱ و مطابق مقررات اعلامی در این جدول

ج) گذراندن حداقل ۸ واحد از جدول زمینه تخصصی مربوط (یکی از جداول ۲ تا ۶)

### جدول (الف)- توزیع واحدها

| نوع دروس                 | تعداد واحد |
|--------------------------|------------|
| دروس اصلی مشترک          | ۸          |
| دروس انتخابی زمینه تخصصی | ۸          |
| دروس اختیاری             | ۸          |
| دروس سمینار              | ۲          |
| رساله / پایان‌نامه       | ۶          |
| جمع                      | ۳۲         |

### د) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش‌آموختگان

دانشجویان پس از طی دوره «کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر» با تخصص‌های لازم در سطح تحصیلات تکمیلی از زمینه‌های مختلف علوم کامپیوتر آشنا می‌شوند و این فرصت را خواهند داشت که، در صورت تمایل، به صورت عمیق‌تر بر یکی از زمینه‌های تخصصی در علوم کامپیوتر تمرکز کرده و در آن زمینه تخصصی دانش‌آموخته شوند. نهایتاً، بدین ترتیب، دانش‌آموختگان این رشته قادر خواهند بود که در امر تدریس در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی اشتغال ورزند و یا در امور تحقیقاتی، برنامه‌ریزی و خدماتی در موسسات آموزش عالی یا سازمان‌ها و مراکز علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری فعالیت نمایند و یا با ادامه تحصیل در مقاطع بالاتر معلومات خود را در حوزه تخصصی مربوط در حد عالی گسترش داده و به صورت حرفه‌ای در این رشته به پژوهش بپردازند.



## ۵) شرایط و ضوابط ورود به دوره

در دوره تحصیلی «کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر»، مطابق این برنامه، امکان پذیرش دانشجو فقط با یک کدرشته محل در دفترچه انتخاب رشته سازمان سنجش آموزش کشور، به صورت تجمعی و بدون قید گرایش یا زمینه تخصصی، برای دانشگاه صنعتی شریف وجود دارد و دانش آموختگان این دوره در نهایت، با توجه به انتخاب مسیر تحصیلی خود مطابق ضوابط این برنامه آموزشی، یا با مدرک «کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر» بدون قید گرایش و یا در صورت احراز شرایط قید شده در این برنامه آموزشی برای دانش آموختگی در زمینه تخصصی خاص، با همین مدرک و با قید نام زمینه تخصصی در دانشنامه خود دانش آموخته می شوند. مقررات تحصیل در این دوره مطابق با آیین نامه ها و ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، مقررات تحصیل در دوره های کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف و مقررات تحصیل در دوره های کارشناسی ارشد در دانشکده علوم ریاضی است. در صورت تمایل به ورود و تحصیل در زمینه تخصصی خاص، انتخاب زمینه تخصصی و طی مراحل تصویب آن در دانشکده تا پایان نیمسال دوم تحصیلی توسط دانشجو الزامی است.



جدول (۱) - دروس اصلی مشترک

| ردیف | عنوان درس                                                | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز | هم نیاز |
|------|----------------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|----------|---------|
|      |                                                          |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |          |         |
| ۱    | محاسبات ماتریسی*<br>(Matrix Computation)                 | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |
| ۲    | منطق برای علوم کامپیوتر+<br>(Logic for Computer Science) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |
| ۳    | محاسبه پذیری*+<br>(Computability)                        | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |
| ۴    | الگوریتم‌های پیشرفته*<br>(Advanced Algorithms)           | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |
| ۵    | بهینه سازی <sup>■</sup><br>(Optimization)                | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |
| ۶    | یادگیری ماشین%<br>(Machine Learning)                     | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |          |         |

\* انتخاب این درس برای زمینه تخصصی «محاسبات علمی و بهینه سازی» الزامی است.

+ انتخاب یکی از این دروس برای زمینه تخصصی «نظریه محاسبه، الگوریتم و منطق محاسباتی» الزامی است.

x انتخاب یکی از این دروس برای زمینه تخصصی «کدگذاری و رمزنگاری» الزامی است.

■ انتخاب این درس برای زمینه تخصصی «محاسبات زیستی» الزامی است.

% انتخاب این درس برای زمینه تخصصی «علوم داده و هوش مصنوعی» الزامی است.



## فصل دوم

# جدول عناوین و مشخصات دروس



## زمینه‌های تخصصی و دروس هر زمینه

زمینه‌های تخصصی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر در دانشکده علوم ریاضی دانشگاه صنعتی شریف و در زمان تصویب این برنامه شامل ۵ زمینه زیر است، که برای ادامه تحصیل در هر زمینه تخصصی توسط دانشجو، لازم است وی حداقل ۸ واحد از دروس اصلی مربوط به آن زمینه تخصصی را از جداول ۲ تا ۶ بگذراند.

- محاسبات علمی و بهینه‌سازی (جدول ۲)
- نظریه محاسبه، الگوریتم و منطق محاسباتی (جدول ۳)
- علوم داده و هوش مصنوعی (جدول ۴)
- محاسبات زیستی (جدول ۵)
- کدگذاری و رمزنگاری (جدول ۶)

**تبصره ۱:** با توجه به تحولات سریع در این رشته، زمینه‌های تخصصی این برنامه محدود به این پنج زمینه یاد شده نیستند و بر حسب تحولات جدید در رشته و تخصص‌های موجود، زمینه‌های تخصصی دیگری می‌توانند مطرح و با رعایت ضوابط به برنامه اضافه شوند.



جدول (۲) - دروس اصلی زمینه تخصصی محاسبات علمی و بهینه‌سازی

| ردیف | عنوان درس                                                     | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز           | هم نیاز |
|------|---------------------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|--------------------|---------|
|      |                                                               |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |                    |         |
| ۱    | نرم افزار ریاضی پیشرفته<br>(Advanced Mathematical Software)   | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | محاسبات<br>ماتریسی |         |
| ۲    | بهینه سازی غیر خطی عددی<br>(Numerical Nonlinear Optimization) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | بهینه سازی         |         |
| ۳    | مدل سازی و طراحی هندسی<br>(Geometric Modeling and Design)     | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | محاسبات<br>ماتریسی |         |
| ۴    | بهینه سازی محدب<br>(Convex Optimization)                      | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | بهینه سازی         |         |



جدول (۳) - دروس اصلی زمینه تخصصی نظریه محاسبه، الگوریتم و منطق محاسباتی

| ردیف | عنوان درس                                         | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز     | هم نیاز |
|------|---------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|--------------|---------|
|      |                                                   |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |              |         |
| ۱    | پیچیدگی محاسبه<br>(Computational Complexity)      | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | محاسبه پذیری |         |
| ۲    | الگوریتم‌های تصادفی<br>(Randomized Algorithms)    | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |              |         |
| ۳    | اثبات خودکار<br>(Automated Reasoning)             | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |              |         |
| ۴    | الگوریتم‌های تقریبی<br>(Approximation Algorithms) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |              |         |



جدول (۴) - دروس اصلی زمینه تخصصی علوم داده و هوش مصنوعی

| ردیف | عنوان درس                                                           | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز      | هم نیاز |
|------|---------------------------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|---------------|---------|
|      |                                                                     |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |               |         |
| ۱    | مبانی ریاضی علوم داده<br>(Mathematical Foundations of Data Science) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |               |         |
| ۲    | الگوریتم‌های علوم داده<br>(Algorithms for Data Science)             | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |               |         |
| ۳    | هوش مصنوعی پیشرفته<br>(Advanced AI)                                 | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |               |         |
| ۴    | یادگیری عمیق<br>(Deep Learning)                                     | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | یادگیری ماشین |         |



جدول (۵) - دروس اصلی زمینه تخصصی محاسبات زیستی

| ردیف | عنوان درس                                                                 | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز                            | هم نیاز |
|------|---------------------------------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|-------------------------------------|---------|
|      |                                                                           |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |                                     |         |
| ۱    | بازسازی شبکه‌های زیست‌شیمیایی<br>(Reconstruction of Biochemical Networks) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |                                     |         |
| ۲    | زیست‌شناسی محاسباتی<br>(Computational Biology)                            | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |                                     |         |
| ۳    | بهینه‌سازی در شبکه‌های متابولیکی<br>(Optimization in Metabolic Networks)  | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | بهینه‌سازی                          |         |
| ۴    | سامانه‌های زیستی<br>(Systems Biology)                                     | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | بازسازی<br>شبکه‌های<br>زیست‌شیمیایی |         |



جدول (۶) - دروس اصلی زمینه تخصصی کدگذاری و رمزنگاری

| ردیف | عنوان درس                                                          | تعداد واحد | نوع واحد |      |             | تعداد ساعات |      | پیش نیاز                                           | هم نیاز |
|------|--------------------------------------------------------------------|------------|----------|------|-------------|-------------|------|----------------------------------------------------|---------|
|      |                                                                    |            | نظری     | عملی | نظری - عملی | نظری        | عملی |                                                    |         |
| ۱    | مبانی ریاضی کد و رمز<br>(Mathematics of Coding and Cryptography)   | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | نظریه اعداد،<br>برنامه‌سازی C                      |         |
| ۲    | نظریه اطلاعات و کاربرد<br>(Information Theory and its Application) | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      |                                                    |         |
| ۳    | نظریه رمزنگاری<br>(Theory of Cryptography)                         | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | نظریه اطلاعات و<br>کاربرد، مبانی<br>ریاضی کد و رمز |         |
| ۴    | نظریه کدگذاری<br>(Coding Theory)                                   | ۴          |          |      |             | ۶۴          |      | مبانی ریاضی کد<br>و رمز                            |         |



## فصل سوم

# ویژگی‌های دروس

این بخش شامل سرفصل و اطلاعات دروس اصلی، دروس انتخابی و برخی دروس اختیاری مرتبط با برنامه است. دروس اختیاری برنامه محدود به دروس ارائه شده در این بخش نیستند و همه دروسی که توسط دانشکده علوم ریاضی ارائه شده و توسط شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده به عنوان درس اختیاری برای این برنامه مجاز تعیین شوند می‌توانند توسط دانشجو گذرانده شده و در تطبیق نهایی دروس دانشجو مورد تایید قرار گیرند.



| عنوان درس به فارسی: محاسبات ماتریسی         |                                          | عنوان درس به انگلیسی: Matrix Computations |             |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                              |                                          |                                           |             |
| پایه <input type="checkbox"/>               | نظری <input checked="" type="checkbox"/> | دروس پیش نیاز:                            |             |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/>   | عملی <input type="checkbox"/>            | دروس هم نیاز:                             |             |
| اختیاری <input type="checkbox"/>            | نظری-عملی <input type="checkbox"/>       | ۴                                         | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/> |                                          | ۶۴                                        | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

طرح و توسعه نرم افزارهای ریاضی برای محاسبات ماتریسی، روش های مستقیم تجزیه مثلثی برای دستگاه های مربعی و مستطیلی، حالات ویژه مانند دستگاه های معین مثبت و تجزیه چولسکی، روش های ماتریس های تنک برای حل معادلات خطی، حل مسأله مقدار-بردار ویژه با روش های تکراری، روش های حل برای مسأله کم ترین مربعات خطی، تصویرسازی روی فضاها برد و پوچ، مسائل رتبه ناقص، تجزیه های قائم، الگوریتم QR و محاسبه تجزیه مقادیر تکین (SVD)، روش های تکراری برای حل دستگاه های خطی شامل گاوس-زایدل، SOR، روش های مسیرهای مزدوج و گرادینان های مزدوج، تحلیل خطاهای محاسباتی، حساسیت دستگاه های خطی و پیچیدگی الگوریتم ها.

### Syllabus

Design and development of mathematical softwares for matrix computations, direct triangular decomposition methods for square and rectangular systems, special cases like positive definite systems and Cholesky decomposition, sparse matrix methods for solving linear systems, solving eigenvalue-eigenvector problems by iterative methods, solving linear least squares problems, projection on range and null spaces, rank deficient problems, orthogonal decompositions, singular value decomposition, QR algorithm and computing singular value decomposition (SVD), iterative methods for solving linear systems including Gauss-Seidel, SOR, conjugation direction and conjugate gradient methods, analysis of computational errors, sensitivity of linear systems and complexity of algorithms.

### مراجع

- [۱] Å. Björck, *Numerical Methods in Matrix Computations*, Springer, ۲۰۱۵.
- [۲] G.H. Golub, and C.F. Van Loan, *Matrix Computations, 4th Edition*, Johns Hopkins University Press, ۲۰۱۳.
- [۳] J. Demmel, *Applied Numerical Linear Algebra*, SIAM, ۱۹۹۷.
- [۴] L.N. Trefethen, and D. Bau III, *Numerical Linear Algebra*, SIAM, ۱۹۹۷.
- [۵] G.W. Stewart, *Matrix Algorithms, Volume I: Basic Decompositions*, SIAM, ۱۹۹۸.



| عنوان درس به فارسی: منطق برای علوم کامپیوتر |                                  | عنوان درس به انگلیسی: Logic for Computer Science |             |
|---------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                              |                                  | محاسبات ماتریسی                                  |             |
| ■ نظری                                      | <input type="checkbox"/> پایه    | دروس پیش نیاز:                                   |             |
| <input type="checkbox"/> عملی               | ■ تخصصی                          | دروس هم نیاز:                                    |             |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی          | <input type="checkbox"/> اختیاری | ۴                                                | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/> |                                  | ۶۴                                               | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

هدف از این درس آشنایی با کاربردهای منطق‌های مختلف در علوم کامپیوتر است. سرفصل مطالب این درس شامل نحو و معناشناسی منطق گزاره‌ها، نحو و معناشناسی منطق مرتبه اول، قضایای صحت و تمامیت برای منطق گزاره‌ها و مرتبه اول، منطق‌های غیر کلاسیک، مدل‌های کریپکی، منطق موجهات، منطق شناختی و منطق شهودگرایانه است.

## Syllabus

Syntax and semantics of propositional logic, syntax and semantics of first-order logic, soundness and completeness theorems of propositional and first-order logics, non-classical logics, Kripke models, modal logics, epistemic logic, intuitionistic logic.

## مراجع

۱. محمد اردشیر: منطق ریاضی. انتشارات هرمس. چاپ دوم. ۱۳۸۸

[۲] A. Chagrov and M. Zakharyashev, *Modal Logic*, OUP, ۱۹۹۷.

[۳] H. van Ditmarsch, W. van der Hoek, and B. Kooi, *Dynamic Epistemic Logic*, Springer, ۲۰۰۸.



| عنوان درس به فارسی: محاسبه پذیری |                                  | عنوان درس به انگلیسی: Computability |             |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                   |                                  |                                     |             |
| نظری                             | <input type="checkbox"/> پایه    | دروس پیش نیاز:                      |             |
| عملی                             | <input type="checkbox"/> تخصصی   | دروس هم نیاز:                       |             |
| نظری-عملی                        | <input type="checkbox"/> اختیاری | ۴                                   | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه               | <input type="checkbox"/>         | ۶۴                                  | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

هدف این درس آشنایی کامل با نظریه محاسبه است. پس از مقدمه و بحث در مورد مفاهیم اصلی نظیر مفاهیم مساله و محاسبه، محور اصلی بخش اول درس بررسی دقیق مدل های کلاسیک محاسبه برای مسایل تصمیم و سلسله مراتب چامسکی است. در این بخش مدل های اتوماتون و اتوماتون پشته ای و ماشین تورینگ به طور کامل مورد بحث قرار می گیرند و مفهوم محاسبه از دیدگاه مدل و همچنین گرامر مطرح و مقایسه می شود. در این ارتباط مفاهیم تحویل و قطری سازی مطرح و قضایای مقایسه گودل بحث می شود.

در بخش دوم درس مفهوم محاسبه در حالت کلی توابع محاسبه پذیر بحث شده و قضایای اصلی نظریه توابع بازگشتی نظیر قضیه smn و قضیه Rice و قضایای بازگشت و نقطه ثابت مطرح و بحث می شوند.

## Syllabus

This is a rigorous graduate course on computability. After a review of preliminaries and basic concepts, the first part of the course is dedicated to a thorough study of classical computational models and the Chomsky hierarchy for formal languages. In this part computational models as finite automaton, push-down automaton and Turing machine are discussed and the concept of computation is analysed through the lens of computational models and grammars. In this regard the fundamental concepts of a reduction between languages, diagonalization and Godel's theorems are also discussed.

The second part of the course is dedicated to basic recursion theory in which the smn theorem, as well as the Rice theorem and recursion theorem are discussed and a comparison between the concepts related to computability in general in terms of recursive functions and what has already been mentioned in the first part for formal languages is presented.

## مراجع

- [۱] R. Weber, *Computability Theory*, AMS, ۲۰۱۲.
- [۲] D. S. Bridges, *Computability: a mathematical sketchbook*, Springer-Verlag New York, ۱۹۹۴.
- [۳] D. A. Simovici and R. L. Tenney, *Theory of Formal Languages with Applications*, World Scientific Publishing Co. Ltd., ۱۹۹۹.
- [۴] M. Davis, R. Sigal and E. Weyuker, *Computability, Complexity, and Languages*, Morgan Kaufmann ۱۹۹۴.
- [۵] D. C. Kozen, *Theory of Computation*, Springer-Verlag London Limited ۲۰۰۶.



| عنوان درس به فارسی: الگوریتم‌های پیشرفته    |                                          | عنوان درس به انگلیسی: Advanced Algorithms |             |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                              |                                          |                                           |             |
| پایه <input type="checkbox"/>               | نظری <input checked="" type="checkbox"/> | دروس پیش نیاز:                            |             |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/>   | عملی <input type="checkbox"/>            | دروس هم‌نیاز:                             |             |
| اختیاری <input type="checkbox"/>            | نظری-عملی <input type="checkbox"/>       | ۴                                         | تعداد واحد: |
| رساله / پایان‌نامه <input type="checkbox"/> |                                          | ۶۴                                        | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

معرفی مدل‌های محاسباتی شامل (حافظه اصلی، حافظه خارجی و جویباری)، معرفی مدل‌های الگوریتمی شامل (قطعی، تقریبی، تصادفی، موازی و برخط)، معرفی معیارهای ارزیابی کارایی شامل (حافظه و زمان اجرا)، معرفی مدل‌های تحلیل شامل (بهترین حالت، بدترین حالت، حالت متوسط، تحلیل سرشکنی و تحلیل رقابتی). داده ساختارهای پیشرفته شامل (انواع هرم‌ها شامل (دودویی، دوجمله‌ای، فیوناچی و چاق)، درخت Splay، درخت و آرایه پیشوندی و کاربرد آنها)، الگوریتم‌های تطابق رشته‌ها، الگوریتم‌های شبکه شاره و کاربردهای آن، پیچیدگی محاسبه شامل (معرفی کلاسهای پیچیدگی P و NP، کاهش چندجمله‌ای، اثبات NP-تمام بودن مساله ارضابذیری، اثبات مسائل دیگری از کلاس NP-تمام در حوزه‌های مختلف شامل (ترکیبات و گراف، مسائل عددی، مسائل منطقی و مجموعه‌ها و افراز)، عدم تقارن و کلاس CO-NP، کلاس مسائل PSPACE) معرفی الگوریتم‌های تقریبی شامل (الگوریتم‌های تقریبی با ضرب تقریب ثابت، معرفی نتایج سختی (Hardness-Result) و عدم وجود الگوریتم با ضرب ثابت، نمونه الگوریتم‌های با ضرب تقریب لگاریتمی، حل نمونه مسائل پوشش راسی، فروشنده دوره گرد و حالت متریک آن و درخت اشتاینر، معرفی الگوریتم‌های تقریبی PTAS و FPTAS و حل نمونه مسائل مانند کوله پستی، استفاده از برنامه‌ریزی خطی برای حل تقریبی مسائل و معرفی تکنیک گرد کردن تصادفی، گرد کردن تدریجی و integrality gap، معرفی روش Semi-definite programming)، معرفی الگوریتم‌های تصادفی شامل (دلایل و کاربردهای الگوریتم‌ها و روش‌های تصادفی برای افزایش سرعت، سادگی و امکانپذیری الگوریتم‌ها و نیز اثبات ویژگی‌ها به روش احتمالاتی (Probabilistic Method)، حل برخی مسائل بصورت تصادفی از جمله برش کمینه، پوشش مجموعه‌ای، ضرب ماتریس‌ها و تطابق رشته‌ها و چندجمله‌ای‌ها).

### Syllabus

Introducing Computation models (main memory, external memory, streaming), introducing algorithmic models (deterministic, approximation, randomized, parallel, online), introducing performance metrics (space, run-time), introducing analysis models (worst-case, best-case, average-case, amortized, competitive), advanced data structures (binomial and Fibonacci heaps, splay tree, prefix tree, prefix array), string matching algorithms, network flow algorithms and applications, complexity classes (P, NP, co-NP, PSPACE, reduction, introducing approximation algorithms techniques, introducing randomized algorithms techniques.

### مراجع

- [۱] T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, and C. Stein, *Introduction to Algorithms*, MIT Press, ۲۰۰۱.
- [۲] Motwani and Raghavan, *Randomized Algorithms*, Cambridge University Press, ۱۹۹۵.
- [۳] Nancy Lynch, *Distributed Algorithms*, Morgan Kaufmann Publishers, ۱۹۹۶.
- [۴] RE Tarjan, *Data Structures and Network Algorithms*, SIAM, ۱۹۸۳.
- [۵] Groetschel, Lovasz, Schrijver (aka GLS), *Geometric Algorithms and Combinatorial Optimization*, Springer-Verlag, ۱۹۹۳.
- [۶] Vijay Vazirani, *Approximation Algorithms*, Springer, ۲۰۱۰.



| عنوان درس به فارسی:   |  | بهبه سازی                                                               |    |
|-----------------------|--|-------------------------------------------------------------------------|----|
| عنوان درس به انگلیسی: |  | Optimization                                                            |    |
| دروس پیش نیاز:        |  | پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |    |
| دروس هم نیاز:         |  | تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |    |
| تعداد واحد:           |  | اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |    |
| تعداد ساعت:           |  | رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |    |
|                       |  | ۴                                                                       | ۶۴ |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

شرایط لازم و کافی برای وجود جواب و بی کران بودن مسایل برنامه ریزی خطی، مروری بر الگوریتم سیمپلکس اولیه از دیدگاه های جبری و هندسی، سیمپلکس تجدید نظر شده، تباهیدگی و اثرات آن، مطالعه تحلیلی روش های M-بزرگ و دوفازی، پدیده دوران، قاعده لکزیکوگرافی و قاعده بلاند برای جلوگیری از دوران، الگوریتم سیمپلکس با متغیرهای کران دار، شرایط کرش-کیون-تاکر، KKT، قضایای چاره ای (دگرین) شامل لم فارکاش و قضیه گوردان، دوگانگی (قضایای دوگانگی ضعیف، دوگانگی قوی و شرایط مکملی زاید یا مکملی لنگی)، الگوریتم های سیمپلکس دوگان و اولیه-دوگان، تحلیل حساسیت، برنامه ریزی صحیح (الگوریتم های شاخه و کران، و صفحه برشی)، مساله های حمل و نقل و تخصیص بهینه، حل مساله جریان بیشینه در شبکه (قضیه جریان بیشینه-برش کمینه) و کاربرد آن در حل مساله تخصیص، مجموعه های محدب، توابع محدب و شرایط تحلیلی مربوط برای تشخیص آن ها، شرایط لازم برای کمینه کننده مسایل بهینه سازی غیرخطی نامقید و مقید (شرایط فریتز-جان و شرایط کرش-کیون-تاکر، KKT)، شرایط کافی مرتبه دوم، و رویکرد روش های نقطه درونی برای حل مسایل بهینه سازی خطی.

### Syllabus

Necessary and sufficient conditions for existence of solution and unboundedness of linear programs, geometric and algebraic interpretations of primal simplex, revised simplex, degeneracy and its effects, analytic study of the big-M and two phase methods, cycling, lexicographical and Bland's methods to avoid cycling, simplex algorithm with bounded variables, Karush-Kuhn-Tucker (KKT) conditions, theorems of the alternatives including Farkas' lemma and Gordon's theorem, duality (weak and strong duality theorems, and complementary slackness conditions), dual and primal-dual algorithms, sensitivity analysis, integer programming (branch and bound and cutting plane algorithms), transportation and optimal assignment problems, solution of maximal flow problem (max-flow-min-cut theorem) and its use for solving the assignment problem, convex sets and functions and the corresponding analytical conditions for recognition, necessary conditions and second order sufficient conditions for minimizers of unconstrained and constrained nonlinear programming problems (the Fritz-John and the KKT conditions), and the interior-point approach for solving linear programs.

### مراجع

۱- برنامه ریزی خطی و غیر خطی، لوئیس گر، ترجمه نظام الدین مهدوی امیری و محمدحسین پورکاظمی، انتشارات علمی، دانشگاه صنعتی شریف، چاپ سوم، ۱۳۹۱.

[۲] M.S. Bazaraa, J.J. Jarvis, H.D. Sherali, Linear Programming and Network Flows, John Wiley and Sons, ۴th edition, ۲۰۱۰.

[۳] K.G. Murty, Linear Programming, Wiley, ۱۹۸۳.

[۴] D. Bertsimas, J.N. Tsitsiklis, Introduction to Linear Optimization, Belmont, Massachusetts, March, ۲۰۰۸.

[۵] D. Luenberger, Y. Ye, Linear and Nonlinear Programming, Springer, ۴th edition, ۲۰۱۶.



| عنوان درس به فارسی: یادگیری ماشین           |                                          | عنوان درس به انگلیسی: Machine Learning |             |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                              |                                          |                                        |             |
| پایه <input type="checkbox"/>               | نظری <input checked="" type="checkbox"/> | دروس پیش نیاز:                         |             |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/>   | عملی <input type="checkbox"/>            | دروس هم نیاز:                          |             |
| اختیاری <input type="checkbox"/>            | نظری-عملی <input type="checkbox"/>       | ۴                                      | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/> |                                          | ۶۴                                     | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

درس به مروری سریع به مفاهیم پایه یادگیری ماشین و سپس بررسی مفاهیم پیشرفته تر یادگیری ماشین می پردازد. مباحث درس شامل مباحث پایه یادگیری، یادگیری هسته، روش های جمع بندی و خلاصه سازی، پیش بینی ساختاری، کاهش بعد، تخمین در بعد پایین، بهینه سازی داده های بزرگ، یادگیری توزیع شده، یادگیری طیفی، یادگیری بیزی، دسته بندی چند کلاسه، انطباق با دامنه و حذف سوگیری، انتقال و یادگیری نیمه نظارت شده، یادگیری فعال، پیش بینی سری زمانی، یادگیری آگاه از حریم خصوصی است.

## Syllabus

The course gives a quick overview of the basic concepts of machine learning and then examines the more advanced concepts of machine learning. Lesson topics include basic learning topics, kernel learning, ensemble methods, structured prediction, dimensionality reduction, low-rank approximation, large-scale optimization, distributed learning, spectral learning, massive multi-class classification, Bayesian learning, domain adaptation and sample bias correction, transduction and semi-supervised learning, active learning, time series prediction, privacy-aware learning.

## مراجع

- [۱] E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, MIT Press, ۲۰۰۳.  
[۲] S. Marsland, *Machine Learning, an Algorithmic Perspective*, CRC Press, ۲۰۰۹.



| عنوان درس به فارسی: نرم افزار ریاضی پیشرفته |                                          | عنوان درس به انگلیسی:          |             |
|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                              |                                          | Advanced Mathematical Software |             |
| پایه <input type="checkbox"/>               | نظری <input checked="" type="checkbox"/> | محاسبات ماتریسی                |             |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/>   | عملی <input type="checkbox"/>            | دروس هم نیاز:                  |             |
| اختیاری <input type="checkbox"/>            | نظری-عملی <input type="checkbox"/>       | ۴                              | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/> |                                          | ۶۴                             | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

نرم افزار ریاضی برای انجام محاسبات علمی، قابلیت اعتماد، سرعت، انعطاف و انتقال پذیری نرم افزار ریاضی در رابطه با الگوریتم های عددی برای محاسبه توابع اولیه (شامل توابع مثلثاتی و لگاریتمی)، دستگاه های خطی و غیر خطی، درونیابی، بهینه سازی، تقریب توابع، مشتقات، انتگرال های معین و معادلات دیفرانسیل.

### Syllabus

Mathematical software for scientific computing, reliability, speed, flexibility and transportability of mathematical software related to numerical algorithms for elementary function evaluation (including trigonometric and logarithmic functions), linear and nonlinear systems, interpolation, optimization, approximation of function derivatives, definite integrals and differential equations.

### مراجع

- [۱] Rice, J.R., *Numerical Methods, Software, and Analysis*, Second Edition, Academic Press, ۲۰۱۴.
- [۲] Buchanen, J.L. and Turner, P.R., *Numerical Methods and Analysis*, McGraw-Hill College, ۱۹۹۲
- [۳] Miller, W., *The Engineering of Numerical Software*, Prentice Hall, ۱۹۸۴.
- [۴] Papers in ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS) and SIAM Journal on Scientific Computing.



| عنوان درس به فارسی:                                                     |  | بهبود سازی غیرخطی عددی           |  |
|-------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------|--|
| عنوان درس به انگلیسی:                                                   |  | Numerical Nonlinear Optimization |  |
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                  |  |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |  | بهبود سازی                       |  |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |  |                                  |  |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |  | ۴                                |  |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |  | ۶۴                               |  |
|                                                                         |  | تعداد واحد:                      |  |
|                                                                         |  | تعداد ساعت:                      |  |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

طرح و تحلیل و پیاده سازی الگوریتم های متنوع برای حل مسائل بهبود سازی نامقید و مقید، مقایسه نظری و عملی روش ها، روش های نیوتن و شبه نیوتن، روش های سکانت و مسیرهای مزدوج، برنامه ریزی درجه دوم و روش های بهبود سازی با قيود خطی و غیرخطی شامل جریمه ای، مانعی و لاگرانژ - نیوتن، مسیرهای کاهشی و الگوریتم های جستجوی خطی، ناحیه اعتماد، همگرایی سراسری و نرخ همگرایی مجانبی.

## Syllabus

Design, analysis and implementation of various algorithms for solving unconstrained and constrained optimization problems, theoretical and practical comparison of algorithms, Newton and quasi-Newton methods, secant and conjugate gradient methods, quadratic programming and optimization methods in the context of linear and nonlinear constraints including penalty, barrier, Lagrange-Newton, descent directions and linear search algorithms, trust region methods, global convergence and asymptotic rate of convergence.

## مراجع

- [۱] J. Nocedal, and S.J. Wright, *Numerical Optimization*, Springer-Verlag, ۲nd Edition, ۲۰۰۶.
- [۲] R. Fletcher, *Practical Methods of Optimization*, ۲nd Edition, John Wiley and Sons, ۲۰۰۱.



| عنوان درس به فارسی: مدل سازی و طراحی هندسی                              |  | عنوان درس به انگلیسی: Geometric Modeling and Design |                |
|-------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------|----------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  | محاسبات ماتریسی                                     | دروس پیش نیاز: |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |  |                                                     | دروس هم نیاز:  |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |  |                                                     | تعداد واحد: ۴  |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |  |                                                     | تعداد ساعت: ۶۴ |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |  |                                                     |                |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

الگوریتم‌های مؤثر نمایش منحنی‌ها و رویه‌ها شامل درونیابی و تقریب با B-اسپلاین‌ها، بتا اسپلاین‌ها، پیوستگی پارامتری و هندسی، با تأکید بر مقایسه الگوریتم‌ها و پیاده‌سازی‌های عملی آنها.

## Syllabus

Effective algorithms for curve and surface representations including interpolation and approximation by B-splines, Beta splines, parametric and geometric continuity with emphasis on comparison of algorithms and their practical implementations.

## مراجع

- [۱] N. Golovanov, Geometric Modeling: The mathematics of shapes, CreateSpace Independent Publishing Platform, ۲۰۱۴.
- [۲] G. Farin, Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design, Fifth Edition, Morgan Kaufmann, ۲۰۰۱.
- [۳] R.H. Bartels, B.A. Barsky, and J.C. Beatty, An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling, Morgan Kaufmann, ۱۹۹۵.
- [۴] S. Jaffard, Y. Meyer, and R.D. Ryan, Wavelets, Tools for Science and Technology, SIAM, ۲۰۰۱.



| عنوان درس به فارسی: بهینه سازی محدب |         | عنوان درس به انگلیسی: Convex Optimization |             |
|-------------------------------------|---------|-------------------------------------------|-------------|
| نظری                                | پایه    | بهینه سازی                                |             |
| عملی                                | تخصصی   | دروس هم نیاز:                             |             |
| نظری-عملی                           | اختیاری | ۴                                         | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه                  |         | ۶۴                                        | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

مجموعه‌های محدب، توابع محدب و بهینه‌سازی: مبانی آنالیز محدب و نظریه بهینه‌سازی محدب شامل شرایط بهینگی، نظریه دوگانگی، قضایای چاره‌ای و کاربردهای آن‌ها، کاربردهای متنوعی از رده‌هایی از مسائل بهینه‌سازی محدب مانند کم‌ترین مربعات خطی، برنامه‌ریزی خطی و درجه‌ی دوم، برنامه‌ریزی نیمه‌معین و برنامه‌ریزی هندسی، روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی هموار با قیدهای تساوی، الگوریتم‌های نقطه داخلی برای مسایل با قیدهای نامساوی، و بررسی مثال‌های متنوع کاربردی از سامانه‌های زیستی، هندسه‌ی محاسباتی، آمار، یادگیری ماشین، مهندسی برق با مدل‌های بهینه‌سازی.

## Syllabus

Connex sets, convex functions and optimization: basic convex analysis and convex optimization theory including optimality conditions, duality theory, theorems of the alternatives and their applications, various applications of a number of classes of optimization problems such as linear least squares, linear and quadratic programming, semi-definite programming and geometric programming, numerical methods for solving smooth optimization problems with equality constraints, interior point algorithms for problems with inequality constraints, and investigation of various practical examples of biological systems, computational geometry, statistics, machine learning, electrical engineering using optimization models.

## مراجع

- [۱] Boyd, Stephen P., and Lieven Vandenberghe. *Convex Optimization*. Cambridge University Press, ۲۰۰۴.
- [۲] Nesterov, Yurii. *Lectures on Convex Optimization*. Springer, ۲۰۱۸.



| عنوان درس به فارسی:                                                     |    | پیچیدگی محاسبه           |  |
|-------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------|--|
| عنوان درس به انگلیسی:                                                   |    | Computational Complexity |  |
| دروس پیش نیاز:                                                          |    | محاسبه پذیری             |  |
| دروس هم نیاز:                                                           |    |                          |  |
| تعداد واحد:                                                             | ۴  |                          |  |
| تعداد ساعت:                                                             | ۶۴ |                          |  |
| نوع درس و واحد                                                          |    |                          |  |
| <input type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/> نظری             |    |                          |  |
| <input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی |    |                          |  |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> اختیاری     |    |                          |  |
| <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه                             |    |                          |  |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

یادآوری مفاهیم اصلی مربوط به نظریه محاسبه و مدل‌های محاسباتی بالاخص ماشین تورینگ، تعاریف مختلف ماشین تورینگ و تأثیر آنها بر زمان محاسبه و حافظه مصرفی، تعیین مدل‌های استاندارد ماشین تورینگ مربوط به پیچیدگی زمانی و حافظه، تعریف کلاس‌های اصلی پیچیدگی زمانی بالاخص  $P$ ،  $NP$ ،  $EXP$ ، تعریف کلاس‌های اصلی پیچیدگی حافظه بالاخص  $L$ ،  $NL$ ،  $PSPACE$ ،  $NP$ -Completeness و قضیه Cook-Levin، روش‌های مختلف تحویل (Reduction) بالاخص تحویل‌های Karp و Turing، تکنیک قطری سازی و اثبات قضیه Ladner، قضایای سلسله مراتبی زمانی و حافظه، تعریف  $NL$ -Completeness، قضیه Savitch، قضیه Immerman - Szelepcsenyi، سلسله مراتب چند جمله‌ای و ماشین‌های تورینگ Alternating، ماشین‌های تورینگ مجهز به Oracle، پیچیدگی غیر یکنواخت، پیچیدگی مداری و کلاس  $P/Poly$ ، نسبی سازی (relativization) و قضیه‌های اصلی مربوطه، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

## Syllabus

Review of basic concepts as computational models, different types of Turing machines, time and space in Turing machines, standard Turing machines, basic time complexity classes as  $P$ ,  $NP$ ,  $EXP$  and  $NEXP$  as well as basic space complexity classes as  $L$ ,  $NL$  and  $PSPACE$ , reductions and  $NP$ -completeness, diagonalization and Ladner's theorem, time hierarchy theorems and polynomial hierarchy, Savitch and Immerman – Szelepcsenyi theorems, alternating Turing machines, oracle Turing machines, nonuniform and circuit complexity, relativization, sparse and tally sets and  $P/Poly$ , selected topics.

## مراجع

- [۱] Arora, Sanjeev, Barak, Boaz, *Computational Complexity: A Modern Approach*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۹.
- [۲] Du, Ding-Zhu, Ko, Ker-I, *Theory of Computational Complexity*, Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization. Wiley-Interscience, New York, ۲۰۰۰.
- [۳] Papadimitriou, Christos H, *Computational Complexity*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, ۱۹۹۳.
- [۴] Goldreich, Oded, *Computational Complexity: A Conceptual Perspective*, Cambridge University Press, Cambridge, ۲۰۰۸.



| عنوان درس به فارسی: الگوریتم های تصادفی                                 |  | عنوان درس به انگلیسی: Randomized Algorithms |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                             |             |
| <input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری  |  | دروس پیش نیاز:                              |             |
| <input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی |  | دروس هم نیاز:                               |             |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> اختیاری     |  | ۴                                           | تعداد واحد: |
| <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه                             |  | ۶۴                                          | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

پارادایم های طراحی الگوریتم های تصادفی، ابزارهای مورد نیاز شامل مبانی احتمال، مدل محاسباتی و کلاس های پیچیدگی تصادفی، محدوده های تصادفی مانند Chernoff Bound، زنجیره های مارکف و پیمایش تصادفی، روش های احتمالی و احتمال شرطی، روش های مبتنی بر نظریه بازی ها و نمونه برداری و انحراف، روش های جبری، داده ساختارهای تصادفی، کاربرد الگوریتم های تصادفی در هندسه محاسباتی، برنامه ریزی خطی، گراف و شمارش.

## Syllabus

Paradigms for designing randomized algorithms, pre-requisite probability tools and techniques, randomized computing models and randomized complexity classes, Chernoff bound, Markoff chains and random walks, probabilistic and conditional methods, game-theoretic methods, sampling and tail inequalities, Algebraic applications, random number generation, numerical and geometric applications of randomized algorithms.

## مراجع

- [۱] R. Motwani, P. Raghavan, *Randomized Algorithms*, Cambridge University Press, ۱۹۹۵.
- [۲] J. Hromkovic, *Design and Analysis of Randomized Algorithms*, EATCS Series, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ۲۰۰۵.
- [۳] J. Hromkovic, *Algorithms for Hard Problems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ۲۰۰۱.



| عنوان درس به فارسی: اثبات خودکار |           | عنوان درس به انگلیسی: Automated Reasoning |    |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------------------|----|
| نوع درس و واحد                   |           |                                           |    |
| ■ نظری                           | □ پایه    | دروس پیش نیاز:                            |    |
| □ عملی                           | ■ تخصصی   | دروس هم نیاز:                             |    |
| □ نظری-عملی                      | □ اختیاری | تعداد واحد:                               | ۴  |
| رساله / پایان نامه □             |           | تعداد ساعت:                               | ۶۴ |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

منطق گزاره‌ای (نحو و مغناطیسی - استنتاج طبیعی - حساب رشته‌ای - روش تابلو - رزلوشن)، منطق شهودگرایی و منطق خطی و کاربردهای این منطق‌ها در علوم کامپیوتر، منطق موجهات (نحو و معناشناسی - قضایای صحت و تمامیت - تصمیم پذیری)، حساب لاند (کاربرد آن در برنامه‌نویسی تابعی).

### Syllabus

Propositional logic (syntax and semantics, natural deduction, sequent calculus, tableaux, resolution), intuitionistic logic and linear logic and their applications in computer science, modal logic (syntax and semantics, soundness and completeness theorems, decidability), lambda calculus and its applications in functional programming.

### مراجع

۱. محمد اردشیر: منطق ریاضی. انتشارات هرمس. چاپ دوم. ۱۳۸۸
- [۲] Jean Goubault-Larrecq, Ian Mackie, *Proof Theory and Automated Deductions*. Springer, - (۲). ۲۰۰۱.
- [۳] D. Van Dalen, *Logic and Structure*, Springer, ۲۰۰۷.



| عنوان درس به فارسی: الگوریتم های تقریبی                                 |  | عنوان درس به انگلیسی: Approximation Algorithms |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                                |             |
| <input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری  |  | دروس پیش نیاز:                                 |             |
| <input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی |  | دروس هم نیاز:                                  |             |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> اختیاری     |  | ۴                                              | تعداد واحد: |
| <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه                             |  | ۶۴                                             | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

ضرورت الگوریتم های تقریبی NP-complete و NP-Hardness، نمونه هایی از الگوریتم های تقریبی برای مسائل NP-complete، کلاس های پیچیدگی الگوریتم های تقریبی، PTAS و FPTAS، روش های گرد کردن تصادفی، حل تصادفی برنامه ریزی خطی و روش های Primal-Dual و Semidefinite Programming، Relaxation.

### Syllabus

Motivations for using approximation algorithms :interactability of NP-hard problems, sample approximation algorithms for NP-hard problems, Approximation complexity classes, constant-factor approximation, PTAS and FPTAS algorithms, linear programming and randomized rounding, primal-dual approximation algorithms, vector programming and demi-definite programming. Iterative rounding technique

### مراجع

- [۱] D. P. Williamson and D. B. Shmoys, *The Design of Approximation Algorithms*, Cambridge University Press, ۲۰۱۱.
- [۲] V. Vazirani, *Approximation Algorithms*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, ۲۰۰۱.
- [۳] J. Hromkovic, *Algorithms for Hard Problems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, ۲۰۰۱.



| عنوان درس به فارسی: مبانی ریاضی علوم داده                               |  | عنوان درس به انگلیسی: Mathematical Foundations of Data Science |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                                                |             |
| <input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری  |  | دروس پیش نیاز:                                                 |             |
| <input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی |  | دروس هم نیاز:                                                  |             |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> اختیاری     |  | ۴                                                              | تعداد واحد: |
| <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه                             |  | ۶۴                                                             | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

هدف این درس آشنایی اولیه با گستره وسیعی از مباحث ریاضیات، آمار و علوم کامپیوتر نظری است که در فهم بنیادین ما از داده‌ها و چگونگی نمایش، پردازش و تحلیل آن‌ها مفید و موثر هستند. در بسیاری از موارد عنوان یک سرفصل خود موضوع درسی مستقل است که با عمق و وسعت بیشتر قابل مطالعه و پی‌گیری است. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

- هندسه‌ی فضاهای با بُعد بالا و تجمع اندازه
- تجزیه‌ی مقادیر تکین و بهترین زیرفضای تقریب زنده‌ی داده‌ها
- یادگیری و مساله‌های بهینه‌سازی، منظم‌سازی، کاهش گرادیان و کاهش گرادیان تصادفی
- نمونه‌گیری و ریاضیات کار با داده‌های بزرگ
- تقریب‌های خطی و غیرخطی و نمایش فشرده‌ی داده‌ها

## Syllabus

The main objective of the course is an introduction to a wide concepts and subjects in mathematics, statistics, theoretical computer science which play a crucial role in data understanding, representation, and analysis. Many subjects which are discussed in this course are rich enough to be a subject of an independent course and can be studied and followed in more details. Covered topics include

- Geometry of high dimensional spaces and measure concentration
- Singular value decomposition and the best fitted hyperspace to data
- Learning and optimization problems, regularization, gradient descent and stochastic gradient descent
- Sampling and mathematics of big data
- Linear and nonlinear approximation and compact representation of data

## مراجع

[۱] A. Blum, J. Hopcroft, R. Kannan, *Foundations of Data Science*, Cambridge University Press, ۲۰۲۰.

[۲] Gabriel Peyré, *Mathematical Foundations of Data Sciences*, online draft, <https://mathematical-tours.github.io/book/>.



| عنوان درس به فارسی: الگوریتم های علوم داده                              |  | عنوان درس به انگلیسی: Algorithms for Data Science |                |
|-------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------|----------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                                   |                |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |  |                                                   | دروس پیش نیاز: |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |  |                                                   | دروس هم نیاز:  |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |  | ۴                                                 | تعداد واحد:    |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |  | ۶۴                                                | تعداد ساعت:    |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

هدف این درس آشنایی با الگوریتم های مهم در علوم داده است که ما را قادر می سازد تا اطلاعات مفید را در کمترین زمان و با کمترین خطا از داده ها به دست آوریم. این الگوریتم ها به چند دسته مهم تقسیم می شوند: الگوریتم هایی برای کاهش بُعد و پیچیدگی داده ها بدون از دست دادن اطلاعات اساسی آن ها، الگوریتم هایی برای نمایش مناسب داده ها، الگوریتم هایی برای پیش بینی رفتار داده ها و الگوریتم هایی برای رتبه بندی. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

- کاهش بُعد داده ها (الگوریتم هایی برای به دست آوردن نگاشتی از مجموعه داده های با بُعد زیاد به مجموعه ای با بُعد پایین تر، معرفی الگوریتم ها و ساختمان داده مربوط به MapReduce)
- استخراج اطلاعات مفید از داده ها (معرفی الگوریتم هایی برای نمایش مناسب داده ها و به دست آوردن اطلاعات پنهان از آن ها، روش های رگرسیون و برازش تابع، خوشه بندی و دسته بندی)
- پیش بینی رفتار داده ها (معرفی الگوریتم هایی که با بررسی نمونه هایی از داده ها رفتار داده های بعدی از این نوع را پیش بینی کند، الگوریتم های نزدیک ترین همسایه)
- بررسی ارتباط و رتبه بندی داده ها (الگوریتم رتبه بندی صفحات)

## Syllabus

The objective of the course is an introduction to most important algorithm in data science which allows us to extract insightful information from data with minimum error and in the fastest manner. Some of the most important classes of these algorithms are, dimension/complexity reduction without loss in essential data information, data representation algorithms, algorithms for data behavior prediction and ranking algorithms. Covered topics include

- Dimension reduction (Algorithms for finding mappings on high dimensional data to low dimensional spaces, Map-reduce and related database)
- Extraction of useful information from data (introduction to data representation algorithms and hidden information extraction from data, fitting methods and regression, clustering, classification)
- Data behavior prediction (Introduction to algorithms which based on a sample of data, can predict the behavior of the next data, nearest neighbors algorithms)
- Data relations and ranking (page rank algorithm)

## مراجع

[۱] Brian, Steele and John, Chandler and Swarna, Reddy. *Algorithms for Data Science*, Springer, ۲۰۱۶.

[۲] Charu C. Aggarwal. *Data Mining: The text book*, Springer, ۲۰۱۵.

[۳] Jure, Leskovec and Anand, Rajaraman and Jeff Ullman. *Mining massive datasets*, Stanford, ۲۰۱۲.



| عنوان درس به فارسی: هوش مصنوعی پیشرفته                                  |  | عنوان درس به انگلیسی: Advanced AI |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                   |             |
| <input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> نظری  |  | دروس پیش نیاز:                    |             |
| <input type="checkbox"/> عملی <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی |  | دروس هم نیاز:                     |             |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> اختیاری     |  | ۴                                 | تعداد واحد: |
| <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه                             |  | ۶۴                                | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

هدف این درس آشنایی دانشجویان با تکنیک‌های جستجو و تصمیم‌گیری در هوش مصنوعی مدرن و قابلیت استفاده از آن‌ها برای حل مسئله‌هاست. در این درس مباحث پیشرفته هوش مصنوعی در سه بخش یادگیری (Learning)، استدلال (Reasoning) و برنامه‌ریزی (Planning) مطرح می‌شود. دانشجوی پس از گذراندن درس باید بتواند عاملی هوشمند طراحی کند که با کنشگری با محیط خواص آن را یادگیری کند، با استدلال خواصی از محیط را که به طور مستقیم قابل دریافت از محیط نیستند را استنتاج کند و یک برنامه‌ریزی برای رسیدن به هدف انجام دهد.

## Syllabus

The purpose of this course is to acquaint students with search and decision-making techniques in modern artificial intelligence and the ability to use them to solve problems. In this course, advanced AI topics are discussed in three sections: Learning, Reasoning, and Planning. After completing the lesson, the student should be able to design an intelligent factor that learns its properties through active interaction with the environment, inferring properties from the environment that are not directly perceptible from the environment, and making a plan to achieve the goal

## مراجع

- [۱] D. L. Poole, A. K. Mackworth, *Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents*, Cambridge University Press, ۲۰۱۰.
- [۲] Gelfond, Michael, and Yulia Kahl. *Knowledge representation, reasoning, and the design of intelligent agents: The answer-set programming approach*. Cambridge University Press, ۲۰۱۴.



|                                  |           |                                     |             |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------------|-------------|
| عنوان درس به فارسی: یادگیری عمیق |           | عنوان درس به انگلیسی: Deep Learning |             |
| نوع درس و واحد                   |           | یادگیری ماشین                       |             |
| نظری ■                           | پایه □    | دروس پیش نیاز:                      |             |
| عملی □                           | تخصصی ■   | دروس هم نیاز:                       |             |
| نظری-عملی □                      | اختیاری □ | ۴                                   | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه □             |           | ۶۴                                  | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

این درس مفهوم یادگیری عمیق و تحقق آن را به کمک انواع شبکه‌های 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. این درس شامل مباحث نوروها و مغز انسان، ساختار نوروها، شبکه‌های عصبی طبیعی (مفاهیم، تعاریف)، بخش‌های سازنده شبکه‌های عصبی، شبکه عصبی پرسپترون، شبکه تک لایه پرسپترون، حل مساله دسته‌بندی به کمک پرسپترون و مسائل مرتبط، مسائل جدایی‌پذیر خطی، شبکه چند لایه پیش‌رو و قاعده یادگیری پس‌انتشار خطا، حل مسائل دسته‌بندی و رگرسیون (تقریب تابع) به کمک این شبکه‌ها، بهبود شبکه پس‌انتشار خطا و نسخه‌های مختلف آن، نرخ آموزش و قدرت شبکه، روش‌های تنظیم (Regularization) در یادگیری عمیق، شبکه‌های عصبی کانولوشن، خودکدگذارها (Auto-encoders)، ماشین بولتزمن، کاربردهای یادگیری عمیق در بینایی کامپیوتر، پردازش گفتار و پردازش زبان طبیعی است.

## Syllabus

This course introduces the concept of deep learning and its implementation via artificial neural networks and provides the basic concepts and the essential background for using deep neural networks and conducting research in the related areas. This course covers topics of neurons and human brain, structure of neurons, natural neural networks (concepts, definitions), components of neural networks, perceptron neural network, perceptron peripheral network, perceptron-assisted classification problem solving and issues, linear separation problems, backpropagation networks, solving classification and regression problems (function approximation) via these networks, improvements over the backpropagation network and its different versions, learning rate and network power, regulation methods in deep learning, convolutional neural networks, auto encoders, Boltzmann machine, the applications of deep learning in computer vision, speech processing, and natural language processing.

## مراجع

- [۱] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, ۲۰۱۶.
- [۲] N.D. Lewis, *Deep Learning Made Easy With R: A Gentle Introduction for Data Science*, CreateSpace Independent Publishing Platform, ۲۰۱۶.
- [۳] J. Heaton, *Artificial Intelligence for Humans*, Volume ۳: Deep Learning and Neural Networks, Heaton Research, Inc., ۲۰۱۵.
- [۴] J. Patterson, A. Gibson, *Deep Learning: A Practitioner's Approach*, O'Reilly Media, ۲۰۱۷.
- [۵] D. Yu, L. Deng, *Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach*, Springer, ۲۰۱۵.



| عنوان درس به فارسی: بازسازی شبکه های زیست شیمیایی                       |                                        |                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|----|
| نوع درس و واحد                                                          | Reconstruction of Biochemical Networks | عنوان درس به انگلیسی: |    |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |                                        | دروس پیش نیاز:        |    |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |                                        | دروس هم نیاز:         |    |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |                                        | تعداد واحد:           | ۴  |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |                                        | تعداد ساعت:           | ۶۴ |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

مروری بر مبانی سامانه های زیستی، واکنش های شیمیایی، سینتیک آنزیمی، بازسازی شبکه های زیست شیمیایی، شبکه های متابولیکی، شبکه های تنظیم کننده و خودتنظیمی، شبکه های علامت دهی، نمایش ریاضیاتی شبکه های بازسازی شده، خواص توپولوژیک شبکه های بازسازی شده، فضای سطری، ستونی و پوچی ماتریس استوکیومتری، ویژگی های فضای پاسخ، نمونه گیری از فضای پاسخ، آشنایی با نرم افزار کبرا و پایگاه داده های شبکه های بازسازی شده

## Syllabus

Review of the fundamentals of the biological systems, chemical reactions, enzyme kinetics, reconstruction of biochemical networks, metabolic networks, regulatory and auto-regulatory networks, signalling networks, mathematical representation of reconstructions, topological properties of reconstructions, row, column, and null space of stoichiometric matrix, properties of the solution space, sampling the solution space, introduction to COBRA toolbox and reconstruction databases

## مراجع

- [۱] Palsson, Bernhard Ø. *Systems Biology: Properties of Reconstructed Networks*. Cambridge University Press, ۲۰۰۶.
- [۲] Palsson, Bernhard Ø. *Systems Biology: Simulation of Dynamic Network States*. Cambridge University Press, ۲۰۱۱.



| عنوان درس به فارسی: زیست شناسی محاسباتی                                 |  | عنوان درس به انگلیسی: Computational Biology |             |
|-------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                             |             |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |  | دروس پیش نیاز:                              |             |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |  | دروس هم نیاز:                               |             |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |  | ۴                                           | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |  | ۶۴                                          | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با کلیت دانش زیست‌شناسی محاسباتی و بیوانفورماتیک و اصول اساسی آن است. در پایان این درس با اندکی مرور مسائل زیست‌شناسی سلولی-مولکولی، دانشجویان تصویر کلی از مسائل مطرحه در بیوانفورماتیک و الگوریتم‌های آن خواهد داشت. مطالب درس شامل موارد زیر است: مقدمه و تاریخچه بیوانفورماتیک، مقدمه‌ای بر زیست‌شناسی سلولی و مولکولی شامل آشنایی با فرآیندهای دگمای مرکزی، انواع داده‌های بیوانفورماتیک (توالی، ساختار، شبکه)، مسئله‌های پایه‌ای در بیوانفورماتیک (شامل هم‌ردیفی، پیشگویی ساختار دوم، بازسازی شبکه، تولید درخت‌های فیلوژنی، آنالیز میکروآرایه، توالی‌یابی)، پایگاه داده‌های بیوانفورماتیک، شبکه‌ها (شامل شبکه‌های اندرکنش، شبکه‌های تنظیمی، شبکه‌های سیگنالی).

### Syllabus

The purpose of this course is to introduce the general knowledge of computational biology and bioinformatics and its basic principles. During this course, after a brief overview of cell and molecular biology, students will gain an overview of the problems that arise in bioinformatics and their algorithms. Course contents include: Introduction and history of bioinformatics, Introduction to cellular and molecular biology including central dogma processes, types of bioinformatics data (sequence, structure, network), basic problems in bioinformatics (including alignment, secondary structure prediction, network inference, phylogeny inference, microarray analysis, sequencing), bioinformatics databases, networks (including interaction networks, regulatory networks, signal networks).

### مراجع

- [۱] Pevsner, Jonathan. *Bioinformatics and functional genomics*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۵.
- [۲] Pevzner, Pavel, and Ron Shamir, eds. *Bioinformatics for biologists*. Cambridge University Press, ۲۰۱۱.
- [۳] Ramsden, Jeremy. *Bioinformatics: an introduction*. Vol. ۲۱. Springer, ۲۰۱۵.
- [۴] Xiong, Jin. *Essential bioinformatics*. Cambridge University Press, ۲۰۰۶.



| عنوان درس به فارسی: بهینه سازی در شبکه های متابولیکی |                                           | عنوان درس به انگلیسی: Optimization in Metabolic Network |             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|
| نوع درس و واحد                                       |                                           |                                                         |             |
| پایه <input type="checkbox"/>                        | نظری <input checked="" type="checkbox"/>  | دروس پیش نیاز: بهینه سازی                               |             |
| عملی <input type="checkbox"/>                        | تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> | دروس هم نیاز:                                           |             |
| نظری-عملی <input type="checkbox"/>                   | اختیاری <input type="checkbox"/>          | ۴                                                       | تعداد واحد: |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>          |                                           | ۶۴                                                      | تعداد ساعت: |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

مروری بر مبانی بهینه سازی محدب، مروری بر برنامه ریزی خطی و نظریه دوگانی لاگرانژ، شبکه های زیست شیمیایی، آنالیز موازنه شار، تحلیل کمی جفت شدگی شار، ساده سازی و کاهش شبکه های متابولیکی، برنامه ریزی خطی عدد صحیح آمیخته، تحلیل ترمودینامیکی شبکه های متابولیکی، برطرف سازی شکاف ها و ناسازگاری پیش بینی رشد در شبکه های متابولیکی، شناسایی مسیرهای متصل به متابولیت های هدف، بهینه سازی دو مرحله ای و طراحی محاسباتی سویه، برنامه ریزی غیرخطی و کاربردهای آن در شبکه های متابولیکی، برنامه ریزی غیرخطی عدد صحیح آمیخته و کاربردهای آن در شبکه های متابولیکی

## Syllabus

Review of the fundamentals of convex optimization, overview of linear programming and Lagrange duality theory, biochemical networks, flux balance analysis, quantitative flux coupling analysis, metabolic network reductions, mixed-integer linear programming, thermodynamic analysis of metabolic networks, resolving network gaps and growth prediction inconsistencies in metabolic networks, identification of connected paths to target metabolites, bilevel optimization and computational strain design, nonlinear programming and applications in metabolic networks, mixed-integer nonlinear programming and applications in metabolic networks

## مراجع

- [۱] Maranas, Costas D., and Ali R. Zomorodi. *Optimization Methods in Metabolic Networks*. John Wiley & Sons, ۲۰۱۶.
- [۲] Palsson, Bernhard Ø. *Systems Biology: Constraint-based Reconstruction and Analysis*. Cambridge University Press, ۲۰۱۵.



| عنوان درس به فارسی: سامانه های زیستی                                                                                  |                                                                            | عنوان درس به انگلیسی: Systems Biology |                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| نوع درس و واحد                                                                                                        |                                                                            | بازسازی شبکه های زیست شیمیایی         | دروس پیش نیاز: |
| <input type="checkbox"/> پایه<br><input checked="" type="checkbox"/> نظری                                             | <input type="checkbox"/> تخصصی<br><input checked="" type="checkbox"/> عملی |                                       | دروس هم نیاز:  |
| <input type="checkbox"/> نظری-عملی<br><input type="checkbox"/> اختیاری<br><input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه |                                                                            | ۴                                     | تعداد واحد:    |
|                                                                                                                       |                                                                            | ۶۴                                    | تعداد ساعت:    |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

## سرفصل درس

در این درس به مطالعه رویکردهای شاخه های مختلف ریاضی مانند منطق، معادلات دیفرانسیل، سیستم های دینامیکی، روش های عددی، شبیه سازی های تصادفی، نظریه گراف، علوم داده و ... به مدل سازی سامانه های زیستی مانند متابولیسم، تنظیم بیان ژن و ترانسکریپشن، پیام پرداخته می شود. هدف نهایی درس کنار هم گذاشتن این نگاه های مکمل به وجوه مختلف این سامانه ها و بررسی پیچیدگی های ظاهرشونده از برهم کنش های بین آنهاست. در پایان درس باید دانشجویان قادر به تحلیل سیستمی ابعاد مختلف یک مثال مشخص مانند بیماری سرطان باشند.

## Syllabus

This course covers a wide variety of approaches based on several different fields of mathematics including logic, differential equations, dynamical systems, numerical methods, stochastic simulations, graph theory, data science, etc. to modeling biological systems such as metabolism, gene expression regulation, and signal transduction. The main objective of this course is to give students the background required to integrate these complementary approaches to study the emergent properties inherent to the complex interactions of these biological modules. At the end of this course, the students are expected to be able to systematically analyze the different aspects of such biological systems and present their thorough understanding of a specific example like the cancer disease.

## مراجع

- [۱] Covert, Markus W. *Fundamentals of Systems Biology: From Synthetic Circuits to Whole-cell Models*. CRC Press, ۲۰۱۵.
- [۲] Kriete, Andres, and Roland Eils. *Computational Systems Biology: From Molecular Mechanisms to Disease*. Academic Press, ۲۰۱۳.



| عنوان درس به فارسی: مبانی ریاضی کد و رمز                                |                                        | عنوان درس به انگلیسی: |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|
| نوع درس و واحد                                                          | Mathematics of Coding and Cryptography |                       |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  | نظریه اعداد، برنامه سازی C             | دروس پیش نیاز:        |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |                                        | دروس هم نیاز:         |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     | ۴                                      | تعداد واحد:           |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             | ۶۴                                     | تعداد ساعت:           |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

هدف از این درس آشنایی با مبانی و مفاهیم جبری و ترکیبیاتی مورد نیاز در نظریه رمزنگاری و کدگذاری است. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

- مروری کوتاه بر مقدمات نظریه اعداد و جبر چون قضیه باقیمانده چینی، قضیه کوچک فرما، تابع اویلر، دنباله Lucas، نماد Jacobi و ...
- الگوریتم های کارای ضرب، جمع، تقسیم، توان رساندن و نظایر آن در حلقه های متناهی و الگوریتم های مختلف پیمانه گرفتن مانند Montgomery Barrett reduction و reduction
- الگوریتم های غربالگری اعداد مرکب Bit-Array، Table-Lookup و Constructive Methods
- الگوریتم های آزمون اول بودن: آزمون های احتمالاتی Miller-Rabin، Solovay-Strassen، Baillie-PSW و آزمون قطعی Agrawal-Kayal-Saxena و مقایسه آنها از لحاظ پیچیدگی زمانی و حافظه مصرفی
- الگوریتم های تجزیه اعداد و مطالعه پیچیدگی محاسباتی آنها
- مبانی و تعاریف مقدماتی نظریه گروه ها
- میدان های متناهی و حلقه چند جمله ای ها - چند جمله ای های تحویل ناپذیر روی میدان های متناهی و توسیع میدانهای متناهی
- حساب خم های بیضوی
- نظریه ماتروید (در سطح تعاریف و اصول موضوعه و معادل بودن تعاریف مختلف ماتروید ها)
- نمایش خطی ماتروید ها و ماتروید های نمایش پذیر و نمایش ناپذیر
- توابع زیر پیمانه ای و پلی ماتروید ها
- بکارگیری کتابخانه اعداد بزرگ زبان C++ برای پیاده سازی الگوریتم های ارائه شده در درس

### Syllabus

Introducing the algebraic and combinatorial prerequisite required for graduate students with interests in Coding Theory and Cryptography. Covered topics include

1. Brief introduction to the elementary number theory, the Chinese remainder theorem, Fermat's little theorem, Euler's function, Lucas' theorem, Jacoby's symbol, etc.
2. Efficient algorithms for addition, multiplication, division and exponentiation in finite rings and various algorithms for congruence such as Barrett reduction and Montgomery reduction.
3. Search algorithms for composite numbers: Constructive methods, Bit-Array, Table-Lookup.
4. Primality test algorithms and their complexities: Baillie-PSW, Solovay-Strassen, Miller-Rabin, Agrawal-Kayal-Saxena (ASK) deterministic test
5. Factorization algorithms and their complexities
6. Basics of the group theory
7. Finite fields and ring of polynomials, irreducible polynomials over finite fields, and finite field extension
8. Elliptic curve arithmetic
9. Matroid theory (basic definitions and equivalent axioms)
10. Linear representation of the matroids
11. Submodular functions and polymatroids
12. Experience with the large number library of C++ for implementing the algorithms in the course.

[۱] R. Crandall, C. Pomerance, *Prime Numbers, A Computational Perspective*, Springer, ۲۰۰۰.

[۲] Victor Shoup, *Computational Introduction to Number Theory and Algebra*, Cambridge University Press, ۲۰۰۵.

[۳] J. G. Oxley, *Matroid Theory*, Oxford University Press, ۲۰۱۱.



| عنوان درس به فارسی: نظریه اطلاعات و کاربرد                              |  | عنوان درس به انگلیسی: Information Theory and its Application |                |
|-------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------|----------------|
| نوع درس و واحد                                                          |  |                                                              |                |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  |  |                                                              | دروس پیش نیاز: |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |  |                                                              | دروس هم نیاز:  |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     |  | ۴                                                            | تعداد واحد:    |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             |  | ۶۴                                                           | تعداد ساعت:    |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

هدف این درس ارائه مفاهیم آنتروپی به صورت تحلیلی و بیان کاربرد آن در کدگذاری منبع و کانال، ظرفیت کانال، قضیه‌های شانون، بررسی خواص آماری و احتمالاتی آنتروپی و نقش نظریه اطلاعات در رمزنگاری است. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

- آنتروپی، آنتروپی شرطی و توام، آنتروپی نسبی، اطلاعات متقابل، نامساوی یسن (Jensen)، فانو ...
- خاصیت افراز مجانبی یکنواخت و خواص و اهمیت آن
- نرخ آنتروپی یک فرآیند تصادفی، آنتروپی و قدم زدن تصادفی
- فشرده سازی داده‌ها، نامساوی کرفت (Kraft)، کدهای بهینه، کدهای هافمن (Huffman)، کدگذاری شانون،
- ظرفیت کانال، انواع کانال‌ها و خواص آنتروپیک آنها، خواص ظرفیت کانال، نامساوی فانو و عکس قضیه کدگذاری،
- قضیه‌های شانون
- روش گونه‌ها

### Syllabus

Introducing the concept of "Entropy" and presenting its application in the source and the channel coding, channel capacity, Shannon's theorems, cryptography, statistics and probability theory. Covered topics include

۱۳. Entropy, conditional and join entropy, Jensen's inequality, Fano's inequality,
۱۴. Asymptotic equi partition and its property
۱۵. Entropy rate of a random process, Entropy and random walk
۱۶. Data compression, Kraft's inequality, optimum codes, Huffman's coding, Shannon's coding
۱۷. Shannon capacity of the channels, inverse of the coding theorem
۱۸. Method of type and its application

### مراجع

- [۱] T.M.Cover and J.A.Thomas, *Elements, of Information Theory*, John Wiley, New York, ۲۰۰۶.
- [۲] R. McEliece, *The Theory of Information and Coding*, Cambridge Univ. Press, ۲۰۰۴.
- [۳] Y. Liang, H. V. Poor and S. Shamai, *Information Theoretic Security*, Now publishers Inc. ۲۰۰۹.



| عنوان درس به فارسی:   |         | نظریه رمزنگاری                               |  |
|-----------------------|---------|----------------------------------------------|--|
| عنوان درس به انگلیسی: |         | Theory of Cryptography                       |  |
| نوع درس و واحد        |         |                                              |  |
| نظری                  | پایه    | نظریه اطلاعات و کاربرد، مبانی ریاضی کد و رمز |  |
| عملی                  | تخصصی   |                                              |  |
| نظری-عملی             | اختیاری | ۴                                            |  |
| رساله / پایان نامه    |         | ۶۴                                           |  |
|                       |         | تعداد واحد:                                  |  |
|                       |         | تعداد ساعت:                                  |  |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

دانشجویان در این درس نحو و امنیت اولیه‌های پایه رمزنگاری را می‌گیرند. همچنین، توانمندی لازم برای تبدیل یک سناریو مدل واقعی از یک فرآیند امنیتی را به یک مجموعه از مفاهیم حاوی تعاریف رسمی شامل نحو و امنیت فرا می‌گیرند و مهارت‌های لازم برای ارائه اولیه‌های رمزنگاری با امنیت اثبات‌پذیر را کسب می‌کنند. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

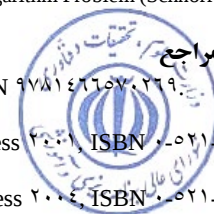
- مقدمات: رمزنگاری کلاسیک و مدرن، امنیت کامل و محدودیت‌های آن، امنیت محاسباتی، تمایزناپذیری محاسباتی، لم هیلبرد
- رمزنگاری کلید خصوصی (مقارن): نحو سیستم رمز مقارن، تعاریف امنیتی مختلف برای رمز مقارن (تک‌پیامی، چندپیامی، متن اصلی انتخابی، متن رمزی انتخابی)، مولدهای شبه‌تصادفی، توابع شبه‌تصادفی، جایگشت‌های شبه تصادفی
- کد اصالت‌سنجی پیام: تفاوت محرمانگی و اصالت پیام، نحو کد اصالت‌سنجی پیام، تعاریف امنیتی (جعل‌ناپذیری ضعیف و قوی)، ساختارهای اصالت‌سنجی پیام (برای پیام‌های با طول ثابت و متغیر)، رمزنگاری احراز اصالت شده
- توابع چکیده‌ساز و کاربردها: نحو و تعاریف امنیتی تابع چکیده‌ساز، ساخت کد اصالت‌سنجی پیام با استفاده از تابع چکیده‌ساز، حملات عام، مدل پیشگوی تصادفی، کاربردها (پروتکل‌های تعهد، درخت مرکل و ...)
- رمزهای مقارن و توابع چکیده‌ساز عملی: معرفی چند رمزهای دنباله‌ای معروف (مانند  $RC^4$  و  $Salsa^{20/8}$ )، معرفی چند رمز قالبی معروف (مانند DES و AES)، روشهای طراحی رمزهای قالبی (شبکه‌های فایستل و جانشینی-جایگشتی)، شیوه‌های بکارگیری رمزهای قالبی، روشهای طراحی توابع چکیده‌ساز (ساختارهای مرکل-دمگارد و اسفنجی)، چند تابع چکیده‌ساز معروف (مانند  $MD^5$  و  $SHA-3$ )
- رمزنگاری کلید عمومی (نامقارن): مرور کلی (تاریخچه، سناریوی استفاده، نحو و ...)، ناممکن بودن امنیت کامل، تعاریف امنیتی (متن اصلی انتخابی، متن رمزی انتخابی)، فرض‌های سختی (مساله لگاریتم گسسته، مساله‌های دیفی-هلمن محاسباتی و تصمیمی، مساله‌های تجزیه و محاسبه ریشه در هنگ اعداد مرکب)، سیستم‌های رمز نامقارن الجمال و RSA، رمزنگاری ترکیبی و پارادایم KEM-DEM
- امضای رقمی (دیجیتال): نحو و تعاریف امنیتی امضای رقمی، پارادایم hash-and-sign، امضای RSA و امضاهای مبتنی بر لگاریتم گسسته (DSA و اشنور)

### Syllabus

The aim of this graduate course in cryptography is to teach the students the basic foundations of modern cryptography. This course enables students to develop their skills to define syntax and security of basic cryptographic primitives. More precisely, the students learn how to transform an informal scenario model of a security task into a formal syntax, an informal security requirement into a formal security definition, and finally how to construct a provably-secure primitive.

- **Preliminaries:** classical & modern cryptography, perfect secrecy & limitations, computational security, computational indistinguishability, hybrid lemma
- **Secret-Key Encryption (SKE):** SKE syntax, Various security definitions for SKE (single message, multi-message, CPA, CCA), Pseudo-Random Generator (PRG), Pseudo-Random Function (PRF)
- **Message Authentication Codes (MAC):** secrecy vs. integrity, syntax of MAC, security definitions (weak & strong unforgeability), MAC constructions (fixed and variable message length), authenticated encryption schemes.
- **Hash functions and applications:** syntax and security definitions, MAC using hash functions, generic attacks on hash functions, random-oracle model, applications (commitment schemes, merkle trees, etc).
- **Practical symmetric ciphers and hash function:** some examples of stream ciphers (such as  $RC^4$  &  $Salsa^{20/8}$ ), some examples of block ciphers (such as DES & AES), block cipher design paradigms (Feistel & substitution-permutation network networks), modes of operation of block ciphers, some examples of hash functions (such as  $MD^5$  &  $SHA-3$ ), hash function general constructions (Merkle-Damgård and Sponge constructions)
- **Public-Key Encryption (PKE):** overview (history, scenario model, syntax, and etc.), impossibility of perfect security, security definitions (CPA, CCA), hardness assumptions (discrete logarithm problem, computational and decisional Diffie-Hellman problems, Factoring and root-computation modulo composite numbers problems), El-Gamal and RSA cryptosystems, hybrid encryption and the KEM-DEM Paradigm
- **Digital Signature:** syntax & security definitions, hash-and-sign paradigm, RSA signatures, signatures from the Discrete-Logarithm Problem (Schnorr, DSA).

[۱] Jonathan Katz, Yehuda Lindell: *Introduction to Modern Cryptography*, Second Edition. CRC Press ۲۰۱۴, ISBN ۹۷۸۱۴۶۱۲۶۲۹۰  
[۲] Dan Boneh and Victor Shoup: *A graduate course in applied cryptography*. Preprint version ۰.۵, Jan. ۲۰۲۰.  
[۳] Oded Goldreich: *The Foundations of Cryptography - Volume ۱: Basic Techniques*. Cambridge University Press ۲۰۰۱, ISBN ۰-۵۲۱-۷۹۱۷۲-۳.  
[۴] Oded Goldreich: *The Foundations of Cryptography - Volume ۲: Basic Applications*. Cambridge University Press ۲۰۰۴, ISBN ۰-۵۲۱-۸۳۰۸۴-۲.



| عنوان درس به فارسی: نظریه کدگذاری                                       |                      | عنوان درس به انگلیسی: |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| نوع درس و واحد                                                          | Coding Theory        |                       |
| پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>  | مبانی ریاضی کد و رمز | دروس پیش نیاز:        |
| تخصصی <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/> |                      | دروس هم نیاز:         |
| اختیاری <input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>     | ۴                    | تعداد واحد:           |
| رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>                             | ۶۴                   | تعداد ساعت:           |

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

### سرفصل درس

هدف این درس شناخت مفاهیم اساسی ساخت کد و انتقال اطلاعات از کانال نویزدار، روش های تشخیص و تصحیح خطا، آشنایی با چند کد مهم و دارای ساختار است. سرفصل درس شامل این موضوعات است:

- کدهای بلوکی، کدهای بلوکی خطی، تعریف، مفاهیم، پارامترهای کلیدی، ماتریس مولد و ماتریس بررسی توازن، کانال های مخابراتی و معرفی مختصر بعضی از مدولاسیون های معروف
- احتمال های کشف و تصحیح خطا، کدگذاری مینیم فاصله، کدگذاری بیشترین درستی
- کران روی اندازه کدها، توزیع وزن مفاهیم و قضایا، دوگان و خوددوگانی کدها، خواص و پارامترها، مباحث مربوط به شعاع پوششی (مطالعه موردی برای بعضی از کدها)
- به دست آوردن کدهای جدید از یک کد مفروض، دوگان یک کد خطی
- چندجمله ای های شمارنده وزن
- کدگذاری بر اساس مشخصه
- کدهای با خاصیت بیشترین جدایی پذیری MDS
- کدهای همینگ، ساخت، خواص و پارامترها
- کدهای دوری و نحوه ساخت آنها با کمک میدان های متناهی
- کدهای BCH دودویی و غیر دودویی، کدگذاری و کدگذاری، خواص و پارامترها
- کدهای رید-سولومون، کدگذاری و کدگذاری، خواص و پارامترها
- کدهای رید-مولر و انواع آنها، کدهای آلترننت، کدهای گوپا و کدهای BCH تعمیم یافته
- روش های ترکیب کدها (ضرب کدها، تعمیم کدها، الحاق کدها، کوتاه کردن کدها و ...)
- کدهای ساخته شده با هندسه متناهی و کدهای Majority-Logic decodable
- کدهای مبتنی بر گراف، Expansion گرافی و ... (معرفی آنها)

### Syllabus

Introducing the basics of error correction codes and data transmission over the noisy channels, detecting and correcting errors and the main code construction methods. Covered topics include

- Block codes, linear block codes, generating and parity matrices, communication channels
- Error detection and error correction probabilities, minimum distance decoding, maximum likelihood decoding
- Bounds on the size of the code, weight distribution, dual of a code and self-dual codes, covering radius of a code
- Constructing new codes from other codes
- Weight enumerating polynomial
- Syndrome decoding
- MDS codes
- Hamming codes
- Cyclic codes and their construction
- BCH codes and their decoding
- Reed-Solomon codes and their decoding
- Reed-Muller codes
- Alternant codes, Goppa code, and generalized BCH codes
- Codes from finite geometry and Majority-Logic decoding
- Codes based on expander graphs

[<sup>۱</sup>] S.B.Wicker, *Error control systems for digital communication and storage*, Prentice-Hall Englewood cliffs, NJ, ۱۹۹۰.

[<sup>۲</sup>] S.Roman, *Coding and Information Theory*, Springer-Verlag, ۱۹۹۲.

[<sup>۳</sup>] Shu Lin and Daniel Costello, *Error Control Coding*, Pearson Pr. Hall, NJ, ۲۰۰۴.

[<sup>۴</sup>] T.K. Moon, *Error Correction Coding: Mathematical Methods and Algorithms*, Wiley-Interscience, ۲۰۰۵.

[<sup>۵</sup>] J.H. van Lint. *Introduction to coding theory*, Springer, ۱۹۸۲, ۱۹۹۲, ۱۹۹۹.

[<sup>۶</sup>] William E. Ryan and Shu Lin, *Channel Codes, Classical and Modern*, Cambridge University Press, ۲۰۰۹.

