جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

برنامه درسی

دوره: دکتری

الگوریتم و محاسبات

گروه فنی و مهندسی

مصوبه هشتصد و پنجاه و هشتمین جلسه شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری مورخ ۹۳/۱۱/۱۸

بسم الله الرّحمن الرّحیم

برنامه درسی دوره دکتری رشته الگوریتم و محاسبات

گروه: فنی و مهندسی　　کمیته تخصصی:

رشته: الگوریتم و محاسبات　　گرایش:

دوره: دکتری

شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی، در هشتصد و پنجاه و هشتمین جلسه مورخ ۹۳/۱۱/۱۸، با برنامه درسی دوره دکتری رشته الگوریتم و محاسبات موافقت کرد.

این برنامه به مدت ۵ سال از تاریخ تصویب در کلیه دانشگاه ها و مؤسسات آموزشی عالی قابل اجرا می باشد.

عبدالرحیم نوه‌ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

مجتبی شریعتی نیاسر

نایب رئیس شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

بسمه تعالی

۱- تعریف

دوره دکتری "الگوریتم ها و محاسبات" بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی است که در این رشته به اعطای مدرک می انجامد و مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های پژوهشی و آموزشی است که موجب دستیابی و احاطه دانشجو به آثار علمی در زمینه الگوریتم‌ها و محاسبات و توانایی او در تهیه متون تحقیقاتی، نوآوری، کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش در این رشته خواهد شد.

محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری، به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله برطرف ساختن کاستی‌های اطلاعاتی داوطلب و هموار ساختن راه وصول به اهداف تحقیق است.

۲- هدف

هدف از ایجاد دوره دکتری الگوریتم‌ها و محاسبات عبارت است از:

- پژوهش و نوآوری در زمینه‌های نظری و کاربردی مربوط به الگوریتم‌ها و محاسبات به‌ویژه در شاخه‌های مختلف مهندسی
- تقویت ایده‌های میان‌رشته‌ای و بین‌رشته‌ای (علوم نظری کامپیوتر، نظریه گراف، مدل‌های احتمالی، شیوه‌های نوین محاسباتی) به منظور توانایی طراحی و تحلیل سیستم‌های پیچیده
- آشنا شدن با روش‌های نوین محاسباتی مانند محاسبات نرم، محاسبات مالی پیشرفته و محاسبات آماری پیشرفته و به کارگیری آنها در مسائل کاربردی به‌ویژه مسائل مورد نیاز جامعه
- تعمیق توانایی تحلیل، طراحی و نگرش در حوزه مهندسی کامپیوتر با توجه بیشتر به پایه‌های نظری علوم کامپیوتر
- به‌کارگیری نظریه‌های علوم کامپیوتر در مسائل مختلف کاربردی با تاکید بر بهینه‌سازی و مسئله‌های مرتبط با الگوریتم‌های پیشرفته
- فراهم آوردن بسترهای علمی/فنی لازم برای پیاده‌سازی، تحلیل و توسعه شبکه‌های اجتماعی

۳-ضرورت و اهمیت رشته

از آنجا که سرعت تغییرات در حوزه‌های مختلف کسب و کار بشدت افزایش یافته است، نیاز به افزایش سرعت تولید سامانه‌های پاسخگو به نیازهای کسب و کار نیز افزایش یافته است. دو اصل بهینه‌سازی و دقت ممکن است به واسطه این سرعت مخدوش گردد. پیدا کردن روش‌های رسمی مبتنی بر بهینه‌سازی که از یک سو دقت و از سوی دیگر صرفه‌جویی را در بردارد از ضرورت‌های اصلی و با اهمیت زمان ماست. رشته آلگوریتم‌ها و محاسبات با تاکید

بر هر دو جنبهٔ الگوریتم‌ها و محاسبات سعی در تربیت متخصصانی دارد که بتوانند حوزه پژوهشی در این زمینه‌ها را رصد و بررسی کنند و راهکارهای مناسب را ارائه دهند. در واقع، ضرورت ایجاد دوره، ضرورت وجود متخصصانی است که از سویی آشنایی با روش‌های مختلف طراحی و تحلیل الگوریتم داشته باشند و از سوی دیگر بر شیوه‌های پیشرفته و نوین محاسباتی مسلط باشند تا بتوانند در تدوین و تحلیل سامانه‌های پیچیده به‌طور موثر و کارا عمل نمایند.

۴- نقش و توانایی فارغ‌التحصیلان

هسته اصلی این رشته بر تحلیل الگوریتم‌های تعیینی، تصادفی و تقریبی و شیوه‌های محاسباتی پیشرفته است. توجه به مبانی نظری علوم کامپیوتر و جنبه های کاربردی آن، فارغ‌التحصیلان این رشته را قادر می‌سازد که در بسیاری از زمینه‌های نوین علوم و مهندسی از جمله بیوانفورماتیک، تحلیل بازار، کاربردهای مبتنی بر شبکه، نظیر شبکه‌های اجتماعی و شبکه‌های حسگر بی‌سیم آمادهٔ کار گردند و ابزارهای قوی، متکی بر استدلال برای کاربردهای فوق بسازند. فارغ‌التحصیلان این رشته با تسلط بر روش‌های رسمی در تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های پیچیده، می‌توانند نیازهای حوزه‌های مختلف تجارت و صنعت را برآورده سازند.

۵- طول دوره، شکل نظام و مراحل آموزشی و پژوهشی

طول دوره و شکل نظام دوره (ترمی – واحدی) و مراحل آموزشی و پژوهشی دوره، مطابق مقررات و آیین‌نامه‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و دانشگاه تهران است. تعداد و نوع واحدهای درسی نیز مطابق جدول زیر می‌باشد.

جدول تعداد و نوع واحدهای درسی

نوع واحد	تعداد درس‌ها	جمع واحدها
درس‌های اصلی	۳	۹
درس‌های اختیاری	۳	۹
رساله	۱	۱۸
جمع کل	۷	۳۶

تذکر. تعداد ۱۸واحد درسی (اصلی و اختیاری) متفاوت با دروسی است که دانشجو در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی‌ارشد گذرانده است.

۶- شرایط پذیرش دانشجو

پذیرش دانشجو، بر اساس مقررات و آئین‌نامه‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری صورت می‌پذیرد. فارغ‌التحصیلان کارشناسی‌ارشد کلیهٔ رشته‌های فنی – مهندسی، علوم ریاضی (ریاضی محض، ریاضی کاربردی، آمار) و علوم کامپیوتر می‌توانند برای ورود به این دوره اقدام نمایند.

۷- محل اجرای دکتری الگوریتم ها و محاسبات

پیشنهاد ایجاد دکتری الگوریتم ها و محاسبات توسط دانشگاه تهران مطرح و مورد تصویب وزارت عتف قرار گرفت. مقرر شد که این برنامه دکتری در دانشگاه تهران در دانشکده علوم مهندسی پردیس دانشکده های فنی اجرا شود. در دانشگاه های دیگر تنها دانشگاه هایی می توانند این برنامه را اجرا کنند که دانشکده مهندسی و ریاضی را داشته باشند.

۸- مواد و ضرایب امتحانی آزمون ورودی

مواد امتحانی آزمون ورودی دوره دکتری الگوریتم‌ها و محاسبات

ردیف	درس	ضرایب
۱	زبان انگلیسی	۱
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	۲
۳	الگوریتم‌های گراف و شبکه	۲

فصل دوم: درس‌های دوره

- جدول درس‌های کمبود/جبرانی
- جدول درس‌های اصلی
- جدول درس‌های اختیاری

جدول درس‌های جبرانی / کمبود

الگوریتم‌ها و محاسبات

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش‌نیاز درس
			جمع	نظری	عملی	
۱	الگوریتم‌های تقریب (۱)	۳		۴۸		
۲	الگوریتم‌های تصادفی (۱)	۳		۴۸		
۳	احتمال و فرایندهای تصادفی	۳		۴۸		
۴	سیستم‌های توزیع‌شده	۳		۴۸		
	جمع کل	۱۲		۱۹۲		

تذکر. تعداد و عنوان‌های درس‌های جبرانی برای هر دانشجو، مطابق آیین‌نامه‌های وزارت عتف و دانشگاه تهران، از فهرست بالا و با نظر گروه، و تا سقف ۶ واحد، تعیین می‌شود.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

جدول درس‌های اصلی

الگوریتم‌ها و محاسبات

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش‌نیاز درس
			جمع	نظری	عملی	
۱	الگوریتم‌های تصادفی (۲)	۳		۴۸		الگوریتم‌های تصادفی (۱)
۲	الگوریتم‌های تقریب (۲)	۳		۴۸		الگوریتم‌های تقریب (۱)
۳	نظریه گراف (۲)	۳		۴۸		نظریه گراف (۱) ، یا الگوریتم‌های گراف و شبکه
جمع کل		۹		۱۴۴		

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

جدول درس‌های اختیاری

الگوریتم‌ها و محاسبات

ردیف	نام درس	تعداد واحد	ساعت			پیش‌نیاز
			جمع	نظری	عملی	
۱	نظریهٔ الگوریتمی بازی‌ها	۳		۴۸		
۲	محاسبات نرم (۲)	۳		۴۸		
۳	رمزنگاری	۳		۴۸		
٤	محاسبات بر خط و تحلیل رقابتی	۳		۴۸		
٥	آمار محاسباتی	۳		۴۸		
٦	درستی‌یابی سیستم‌های واکنشی	۳		۴۸		
۷	داده‌کاوی	۳		۴۸		
۸	منطق برای علوم کامپیوتر (۲)	۳		۴۸		
۹	آسیب‌پذیری در شبکه‌ها	۳		۴۸		
۱۰	بهینه‌سازی غیرخطی	۳		۴۸		
۱۱	الگوریتم‌های بیوانفورماتیک	۳		۴۸		
۱۲	پیچیدگی الگوریتم‌ها (۲)	۳		۴۸		
۱۳	یادگیری ماشین	۳		۴۸		
۱٤	مباحث ویژه	۳		۴۸		
	جمع کل	۴۲		۶۷۲		

گذراندن سه درس از درس‌های اختیاری به‌طوری که مجموع تعداد درس‌های گذرانده‌شده از درس‌های اصلی و اختیاری برابر ۶ درس (در مجموع ۱۸ واحد) شود الزامی است. دانشجویان می‌توانند یک درس دکترا از گرایش یا دانشکده دیگر با موافقت گروه اختیار کنند.

فصل سوم: سرفصل درس‌ها

الف) درس‌های اصلی

ب) درس‌های اختیاری

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

سرفصل درس‌ها

(درس‌های اصلی)

دبیرخانه شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

عنوان درس به فارسی: **الگوریتم‌های تصادفی (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: **الگوریتم‌های تصادفی (۱)**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Randomized Algorithms (II)	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی *	نظری *	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

هدف از این درس، استفاده از اصول احتمال و تصادفی‌سازی برای طراحی و تحلیل یک الگوریتم است. انتظار است که دانشجو با گذراندن این درس به ابزارهای احتمالی در جهت تدوین و تحلیل الگوریتم‌های تصادفی مجهز شود و با کاربردهای این الگوریتم‌ها مانند کاربرد در شبکه‌های تصادفی و شبکه‌های حسگر بیسیم آشنا گردد.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱- الگوریتم‌های هندسی

۲- الگوریتم‌های گراف‌های تصادفی

۳- شمارش تقریبی شامل: شمارش تقریبی تصادفی و

مساله شمارش فرم نرمال انفصالی DNF (Disjonctive Normal Form) و تخمین حجم

۴- الگوریتم‌های موازی و توزیع‌شده شامل:

مدل ماشین دسترسی تصادفی موازی PARM (Paralel Random Access Machine)، مرتب‌سازی روی یک PARM، مجموعه مستقل ماکزیمال، تطابق کامل، توافق بیزانستین

۵- روش‌های احتمالاتی

۶- الگوریتم‌های محور تصادفی مبتنی بر روش‌های جبری

۷- روش‌های نظریه اعداد در الگوریتم‌های تصادفی

دبیرخانه شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Motwani, R., Raghavan, P. (2006*), Ramdomized Algorithms*, Cambridge University Press.
2. Mitzenmacher, M., Upfal, E. (2005), *Probability and Computing: Randomized Algorithms and Probabilistic Analysis*, Cambridge University Press.
3. Aspnes, J. (2014), *Notes on Randomized Algorithms*, Yale University.
4. Dubhashi, D.P., Panconesi, A. (2005), *Concentration of Measure for the Analysis of Randomized Algorithms*, Cambridge University Press.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **الگوریتم‌های تقریب (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: الگوریتم‌های تقریب (۱)
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی *	نظری *	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Approximation Algorithms (II)	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■				
	سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □				

اهداف کلی درس:

هنگامی که یک الگوریتم تقریب برای مسایل بهینه‌سازی NP- سخت طراحی می‌شود، هدف، یافتن فاکتور تقریب الگوریتم ارایه شده است. محاسبه چنین فاکتوری مستلزم مقایسه هزینهٔ راه حل تقریبی با هزینه راه حل بهینه است. الگوریتم تقریب برای مسایل، یک راه حل قابل قبول در زمان چند جمله‌ای می‌باشد. این مقدار نزدیکی براساس یک نسبت بین راه حل تقریبی ارایه شده و راه حل بهینه تعیین می‌شود. کاهش این نسبت جزو اهداف مطالعه الگوریتم‌های تقریب است.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱- پراکنده‌ترین برش:

تقاضای شارش چند کالایی، تدوین برنامهٔ خطی، متریک، L-نشاندنی (L-Embeddability)، تغییر شکل L-نشاندنی برای متریک‌ها، الگوریتم LP-پایه رند کردن (LP-Rounding-Based)، کاربردها، بسط یالی، رسانایی (Conductance)، برش میزان شده، ترتیب خطی برش مینیمم

۲- جنگل اشتینر، LP- آرمیدگی (LP-Relaxation) و دوگان

۳- شبکه اشتینر:

LP- آرمیدگی و بی‌نقصی – نیمه، روش تکرار رند کردن، ترتیب شمارش

۴- محل‌یابی آسان:

درک درونی از دوگان، الگوریتم پایه‌ای طرح اولیه - دوگان

۵- k-میانه:

LP-آرمیدگی و دوگان، ایده سطح بالا، رند کردن تقریبی، روش آرمیدگی لاگرانژ برای الگوریتم‌های تقریبی

۶- برنامه نیمه تعریف‌شده (Semidefinite):

برنامه‌های درجه دوم قطعی (Strictquadratic) و برنامه‌های برداری، خواص نیمه تعریف‌شدهٔ مثبت ماتریس‌ها، مسئله برنامه ریزی نیمه تعریف‌شده، الگوریتم رند کردن تقریبی، توسعه گارانتی برای ماکسیمم - ارضایی و کوتاه‌ترین بردار، مسائل شمارشی، سختی تقریب

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Vazirani, V.V. (2000), *Approximation Algorithms*, Springer.
2. Williamson, D.P., Shmoys, D.B. (2011), *The Design of Approximation Algorithms*, Cambridge University Press.
3. Gomzalez, T.F. (2007), *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*, Chapman & Hall/CRC.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **نظریه گراف (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: **نظریه گراف (۱)، یا الگوریتم‌های گراف و شبکه**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Graph Theory (II)	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی *	نظری *	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری	نظری	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

هدف از این درس آشنایی با مباحثی پیشرفته در نظریه گراف است. هدف دیگر این است که کاربردهای بسیار متنوع این مباحث را، هم در شاخه‌های دیگر ریاضی و هم در مسایل دنیای واقعی، عرضه کنیم. در این درس برای قضیه‌های بروکس، خواتل، توته، و وایزینگ اثبات‌های جدید ساده ارایه می‌دهیم. کاربردها را به دقت انتخاب و تا حدی عمیق بررسی می‌کنیم. تاکید مطالبی که ارائه می‌شود بر مطالب مورد نیاز در حوزه‌های الگوریتم، محاسبات و شبکه است.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱- زیر ساختارها در گراف‌های متراکم: زیرگراف‌ها، لم منتظم بودن زمرردی، کاربرد لم منتظم بودن

۲- زیر ساختارها در گراف‌های نامتراکم: توپولوژی ماینور، ماینورها، حدس هادوی‌گر

۳- نظریه رمزی برای گراف‌ها: قضیه اصلی رمزی، قضیه رمزی القایی، خواص رمزی و همبندی

۴- دوره‌های همیلتن: شرایط کافی ساده، دوره‌های همیلتن و دنباله‌های درجه، دوره‌های همیلتن در مجذور یک گراف

۵- گراف‌های تصادفی: روش احتمالاتی، توابع آستانه

۶- ماینورها، درخت‌ها و WOO: ترتیب کوزی مناسب، قضیه گراف ماینور برای درخت‌ها، تجزیه‌های درخت

ارزیابی:

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

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری شورای برنامه ریزی آموزش عالی

فهرست منابع:

1. Diestel, R. (2000), *Graph Theory*, Springer.
2. Bondy, A., Murty, U.S.R. (2008), *Graph Theory*, Springer.
3. Godsil, C., Royle, G. (2001), *Algebraic Graph Theory*, Springer.

سرفصل درس‌ها

(درس‌های اختیاری)

دبیرخانه شورای برنامه ریزی آموزش عالی
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

عنوان درس به فارسی: **نظریه الگوریتمی بازی‌ها**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Algorithmic Game Theory	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

در دهه‌های اخیر نظریه بازی‌ها نقش کلیدی در بسیاری از پژوهش‌های مرتبط با علوم کامپیوتر، تجارت الکترونیکی، شبکه‌های اینترنت و ارتباط‌های اجتماعی داشته است. هدف از این درس تلفیق تفکر الگوریتمی-محاسباتی و مفاهیم نظریه بازی‌ها، و به‌طور کلی‌تر مفاهیم اقتصادی، به‌منظور توانا ساختن دانشجویان در بررسی و تحلیل مسائل مبتنی بر همکاری-رقابت است. این نوع مسائل در شبکه‌های اینترنت و هر شبکه کامپیوتری غیرمتمرکز به‌وجود می‌آیند. شبکه‌های غیرمتمرکز شبکه‌هایی هستند که توسط یک واحد مرکزی طراحی نمی‌شوند بلکه توسط تاثیر متقابل و پیچیدهٔ تعداد بسیاری عامل (مانند کاربران شبکه، خدمات دهندگان، طراحان و عملگرهای شبکه) پدید می‌آیند.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. مروری بر مبانی نظریه بازی‌ها (بازی‌های مجموع صفر و مجموع دلخواه، بازی‌های پی در پی، استراتژی‌های کم-بیشینه، موازنهٔ نش، موازنهٔ همبسته)

۲. مروری بر پویایی بازی‌ها (بهترین پاسخ دنباله‌ای، الگوریتم اکثریت وزنی، بازی جعلی)

۳. همگرایی بازی‌های پویا به موازنهٔ نش در بازی‌های مجموع صفر، همگرایی بازی‌های پویا به موازنهٔ همبسته در بازی‌های مجموع دلخواه

۴. هزینهٔ بی‌نظمی/ هرج و مرج: تعریف، بازی‌های مسیریابی، بازی‌های جایابی

۵. بازی‌های هموار و هزینهٔ بی‌نظمی کلی

۶. مبانی و اصول مزایده‌ها و روش طراحی آنها (مزایدهٔ قیمت اولیه، مزایدهٔ قیمت ثانویه، صداقت)

۷. بیشینه‌سازی خدمات اجتماعی

۸. مزایده در گوگل، یاهو و ...

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

۹. بیشینه‌سازی بازده و مزایدهٔ بهینهٔ بیزی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Nisan, N., Roughgarden, T., Tardos, E., Vazirani, V.V. (Eds.) (2007), *Algorithmic Game Theory*, Cambridge University Press.
2. Osborne, M.J. (2004), *An Introduction to Game Theory*, Oxford University Press.
3. Shoham, Y., Leyton-Brown, K. (2008), *Multiagent Systems: Algorithmic, Game Theoretic and Logical Foundations*. Cambridge University Press.
4. Tadelis, S. (2013), *Game Theory: An Introduction,* Princeton University Press.
5. Vocking, B. (Ed.) (2013), *Algorithmic Game Theory*, (Lecture Notes in Computer Science, Book 8146), Springer.

عنوان درس به فارسی: **محاسبات نرم (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Soft Computing (II)	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■				
	سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □				

اهداف کلی درس:

هدف از این درس، توانایی کار و تحقیق در زمینه‌های اصلی مرتبط با محاسبات نرم است. این موضوع‌ها، با الهام از شیوه‌های استدلال، محاسبه و تصمیم‌گیری انسانی مطرح شده‌اند و گسترش یافته‌اند. محاسبات نرم، عمدتا حول سه مبحث اصلی متمرکز است که عبارت هستند از: استدلال تقریبی (مبتنی بر ریاضیات و منطق فازی)، شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های تکاملی. در این درس، مبانی نظری و محاسباتی سه مبحث فوق، با تاکید بر جنبه‌های کاربردی، مورد بررسی قرار می‌گیرند. انتظار می‌رود که دانشجو با گذراندن این درس، تسلط لازم بر مباحث پایه‌ای محاسبات نرم و قابلیت‌های کاربردی آن‌ها پیدا کند.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. محاسبات مبتنی بر اعداد فازی (بر اساس اصل گسترش و بر اساس حساب بازه‌ای)

۲. رابطه‌های فازی، انواع آنها، ترکیب روابط فازی، برخی کاربردها

۳. گراف‌های فازی و کاربردهای آن‌ها

۴. آشنایی با محاسبات مبتنی بر اندازه‌های عدم اطمینان (امکان، لزوم، باور، موجه‌نمایی)

۵. منطق فازی و استدلال تقریبی (روش قاعدهٔ ترکیبی استنتاج، روش تطبیق الگو)

۶. طراحی سامانه‌های فازی (مبانی، سامانهٔ فازی ممدانی، سامانهٔ فازی سوگینو) و کاربردهایی از آن‌ها

۷. شیوه‌های استخراج قواعد فازی از مجموعه داده‌ها / اطلاعات

۸. شبکه‌های عصبی مصنوعی (مفاهیم و مبانی، الگوهای اصلی، الگوریتم‌های یادگیری)

۹. مدل‌سازی و پیش‌بینی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی

۱۰. سامانه‌های عصبی- فازی (طراحی سامانه‌ها و الگوریتم‌های آموزشی) و کاربردهایی از آن‌ها

۱۱. الگوریتم‌های ژنتیک و محاسبات تکاملی و کاربردهایی از آن‌ها

مباحث مرتبط، با تشخیص استاد درس، می‌تواند در برنامه منظور یا جایگزین شود، مانند: مدل‌سازی در محیط فازی، تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی در شرایط نایقینی، شبکه‌های عصبی احتمالی، شبکه‌های عصبی برای مدل-سازی آماری، همگرایی الگوریتم‌های ژنتیک، همگرایی شبکه‌های عصبی مصنوعی، محاسبات زیستی و الگوریتم-های برگرفته از طبیعت (مانند: جامعهٔ مورچگان، جامعهٔ زنبورها، ...).

تذکر: انجام و ارایهٔ دست‌کم یک پروژهٔ محاسباتی- تحلیلی، به‌صورت انفرادی یا چند نفره (در زمینه‌هایی مانند مدل-سازی فازی، استدلال تقریبی، اندازه‌های عدم اطمینان، کنترل فازی، برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در محیط فازی، گراف-های فازی، مقایسهٔ انواع الگوریتم‌های تکاملی، ...) در برنامه لحاظ شود.

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس محاسبات نرم (۱)، یا آشنایی با منطق فازی و سیستم‌های فازی، توصیه می‌شود.

ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
٪۱۰	٪۳۰	آزمون‌های نوشتاری: ٪30	٪20
		عملکردی: ٪۱۰	

فهرست منابع:

1. Hagan, M.T., Demuth, H.B., Beale, M. (1996), *Neural Network Design,* PWS Publishing.
2. Kartalopoulos, S.V. (1996), *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications,* IEEE Press.
3. Klir, G.J., Yuan, B. (2005), *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic – Theory and Applications*, Prentice-Hall.
4. Engelbercht, A.P. (2002), *Computational Intelligence*, Wiley.
5. Rajasekaran, S., Vijayalakshmi Pai, G.A. (2005), *Neural Networks, Fuzzy Logic, and Genetic Algorithms: Synthesis and Applications,* Prentice-Hall.
6. Ross, T. (2005), *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Sec. Ed., Wiley.
7. Wang, L.X., (1996), *A Course in Fuzzy Systems and Control,* Kluwer.

دبیرخانه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

عنوان درس به فارسی: **رمزنگاری**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Cryptography			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

رمزنگاری دانشی است که به بررسی و شناختِ اصول و روش‌های انتقال یا ذخیرهٔ اطلاعات به‌صورت امن می‌پردازد. مباحثی که در این درس مورد مطالعه قرار می‌گیرند عبارتند از: رمزگذاری داده‌ای استاندارد: DES و AES، آنتروپی و قضیه شانن، رمزنگاری با استفاده از توابع چکیده‌ساز، الگوریتم‌های امن برای توابع چکیده‌ساز، رمزنگاری کلید عمومی RSA، رمزنگاری کلید عمومی و مساله لگاریتم گسسته، روش‌های تحلیل رمز و رمز شکنی. همچنین، آشنایی با برخی روش‌های پیشرفتهٔ احراز هویت و الگوهای امضای دیجیتالی از دیگر اهداف این درس است.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. **سیستم‌های رمزنگاری کلاسیک:** معرفی برخی سیستم‌های رمزنگاری ساده، رمز انتقالی، رمز جایگزینی، رمز آفین (همگر)، رمز ویژنر، رمز هیل، رمز جایگشتی، رمز جریانی، تحلیل رمزها: تحلیل رمز آفین، تحلیل رمز جایگزینی، تحلیل رمز ویژنر، تحلیل رمز هیل، تحلیل رمز جریانی LFSR.

۲. **قضیه شنن (Shannon)**: مروری بر نظریهٔ مقدماتی احتمال، راز مانی کامل، آنتروپی، کدگشایی هافمن، خاصیت‌های آنتروپی، کلید جعلی و فاصلهٔ یکتا، سیستم رمز ضربی.

۳. **رمزهای بلوکی و رمزگذاری پیشرفته استاندارد:** جریان‌های جایگزینی- جایگشتی، تحلیل رمز خطی: تحلیل رمز تفاضلی، رمزگذاری داده‌ای استاندارد: معرفی DES، تحلیل DES، رمزگذاری پیشرفته استاندارد: معرفی AES، تحلیل AES، مدل عملگر.

۴. **رمزنگاری با استفاده از توابع چکیده‌ساز:** توابع چکیده‌ساز و یکپارچگی داده‌ها، امنیت توابع چکیده‌ساز: مدل تصادفی اراکل، الگوریتم‌های مدل تصادفی اراکل، مقایسهٔ معیارهای امنیت، توابع چکیده‌ساز تکرار شونده: روش ساختاری مرکل-دامگارد، الگوریتم‌های امن برای توابع چکیده‌ساز، کد احراز اصالت پیام: MAC و HMAC، CBC-MAC و رمزگشایی احراز اصالت، MAC-های امن بدون شرط.

۵. **رمزنگاری کلید عمومی RSA**: مقدمه‌ای بر رمزنگاری کلید عمومی، مروری بر نظریهٔ مقدماتی اعداد: الگوریتم اقلیدسی، قضیه باقیماندهٔ چینی، الگوریتم‌های تولید اعداد اول بزرگ، الگوریتم آزمون اول بودن

یک عدد، سیستم رمزنگاری RSA، نمادهای لژاندر و ژاکوبی، الگوریتم سلوی- استراسن، الگوریتم میلر- رابین، ریشه‌های دوم به پیمانهٔ n، الگوریتم‌های تجزیه اعداد: الگوریتم هرس کردن p-1، الگوریتم هرس کردن Rho، الگوریتم جذر تصادفی دیکسن، تجزیه اعداد در عمل، حمله‌های دیگر به RSA: محاسبه φ(n)، رمزگشایی توان، حمله رمزگشایی توان و قانون وینر، سیستم رمز رابین، امنیت سیستم رمز رابین، امنیت معنایی RSA، اطلاعات جزئی مربوط به بیت‌های متن، رمزگشایی لایه‌ای حدی بهینه.

۶. **رمزنگاری کلید عمومی و مساله لگاریتم گسسته:** سیستم رمز الجمال، الگوریتم‌های مساله لگاریتم گسسته: الگوریتم شانک، الگوریتم مساله لگاریتم گسسته Pollard-Rho، الگوریتم Pohling-Hellman، روش محاسبه نما، کران‌های پائین برای پیچیدگی محاسبهٔ الگوریتم‌های ژنریک، میدان‌های متناهی.

۷. **خم‌های بیضوی:** خم‌های بیضوی روی اعداد حقیقی، خم‌های بیضوی به پیمانهٔ یک عدد اول، خواص خم- های بیضوی، متراکم‌سازی نقطه‌ای و ECIES، محاسبهٔ ضرب‌های نقطه‌ای روی خم‌های بیضوی، الگوریتم‌های لگاریتم گسسته، امنیت سیستم الجمال: امنیت بیتی لگاریتم گسسته، امنیت معنائی سیستم الجمال، مساله Diffie-Hellman.

۸. **چکیده پیام امضاهای دیجیتالی و اعتبارسنجی اسناد الکترونیکی:** امضاهای دیجیتال متنی بر چکیده پیام، MDS، الگوریتم SHA-1، روش‌های تولید امضای دیجیتال و استاندارد جهانی DSS، حمله روز تولد، الگوهای دیگر امضای دیجیتالی، کدهای احراز هویت و سلامت پیام.

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس احتمال و فرایندهای تصادفی، یا آشنایی با نظریهٔ مقدماتی احتمال و فرایندهای تصادفی، توصیه می‌شود.

ارزیابی:

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
٪۱۰	٪۳۰	آزمون‌های نوشتاری: ٪۵۰	٪۱۰

فهرست منابع:

1. Stinson, D.R. (2005), *Cryptography: Theory and Practice,* Third Ed., CRC Press.
2. Katz, J. (2007), *Introduction to Modern Cryptography: Principles and Protocols,* Chapman & Hall/CRC.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **محاسبات بر خط و تحلیل رقابتی**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Online Computation and Competitive Analysis	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری ◦	نظری ◦	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

در این درس، هدف یافتن و اجرای الگوریتم‌هایی است که پدیده‌های بسیار پویا را تحت کنترل قرار می‌دهند. در محاسبات بر خط، یک الگوریتم باید دنباله‌ای از تصمیم‌ها را مبتنی بر اطلاعات فشرده و بر خط تولید کند. چنین الگوریتم‌هایی در زمینه‌های مختلف علوم کامپیوتر، اقتصاد، تحقیق در عملیات و نیز در طراحی و تحلیل شبکه‌های اجتماعی مجازی، که در آنها شرایط مختلف رقابتی حاکم است، کاربرد دارند.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. مروری بر تحلیل رقابتی (Competitive Analysis)

۲. مروری بر الگوریتم‌های تصادفی

۳. صفحه‌بندی (Paging): الگوریتم‌های تعیینی (Deterministic Algorithms) و الگوریتم‌های تصادفی

۴. مبانی نظریه بازی‌ها، بازی‌های تقاضا-پاسخ (Request-Answer Games)

۵. تحلیل رقابتی و بازی‌های صفر-یک

۶. مساله k-سرور (k-server problem) و الگوریتم‌های مربوطه

۷. تعمیم مسائل صفحه‌بندی و k-سرور با سیستم‌های وظیفه متریک (Metrical Task Systems)

۸. تراز بار (Load Balancing)

۹. پذیرش فراخوانی و مسیریابی مدار (Call Admission and Circuit Routing)

۱۰. جستجو، تجارت و انتخاب پورتفولیو (Search, Trading, and Portfolio Selection)

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

۱۱. نظریه تصمیم و نرخ رقابتی (Decision Theory and the Competitive Ratio)

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس الگوریتم‌های تصادفی (۱) و، ترجیحاً، درس‌های: نظریه گراف، و احتمال و فرایندهای تصادفی توصیه می‌شود.

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Marmanis, H., Babenko, D. (2009), *Algorithms of the Intelligent web*, Manning Publications.
2. Borodin, A., El-Yaniv, R. (2005), *Online Computation and Competitive Analysis*, Cambridge Univ. Press.
3. Fiat, A., Woeginger, G.J. (Eds.) (1998), *Online Algorithms: The State of the Art*, Lecture Notes in Computer Science, Book 1442, Springer.

عنوان درس به فارسی: **آمار محاسباتی**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Computational Statistics	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

هدف از این درس، آشنایی دانشجو با روش‌های محاسباتی در بررسی و تحلیل مدل‌های مختلف احتمالی/آماری است. به‌علاوه آشنایی با تعدادی از الگوریتم‌های متداول در شبیه‌سازی و نیز آشنایی با الگوریتم‌های مورد نیاز در تحلیل مدل از دیگر اهداف این درس می‌باشد.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. مروری بر آزمون‌های نیکویی برازش و نمودارهای احتمالی مربوطه

۲. مروری بر روش‌های محاسباتی/عددی در به‌دست آوردن برآوردهای بیشینهٔ درستنمایی

۳. مروری بر شبیه‌سازی مونت کارلو (الگوریتم نمونه‌بردار گیبز، الگوریتم متروپولیس-هستینگز)

۴. شبیه‌سازی و تحلیل مدل‌های رگرسیون، تحلیل واریانس (ANOVA) و تحلیل کوواریانس (ANCOVA)

۵. شبیه‌سازی و تحلیل مدل‌های با اندازه‌های مکرر

۶. آشنایی با الگوریتم EM (Expectation-Maximization)

۷. الگوریتم EM برای توزیع‌های آمیخته

۸. محاسبات آماری مدل‌های رگرسیون غیرخطی و مدل‌های گسسته

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس احتمال و فرایندهای تصادفی و آشنایی با مبانی استنباط آماری توصیه می‌شود.

دبیرخانه شورای برنامه ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Gentle, J.E. (2009), *Computational Statistics*, Springer.
2. Givens, G.H., Hoeting, J.A. (2005), *Computational Statistics*, Wiley.

عنوان درس به فارسی: **درستی‌یابی سیستم‌های واکنشی**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Verification of Reactive Systems	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

سیستم‌های واکنشی (reactive)، سیستم‌هایی هستند که رفتار آن‌ها به‌گونه‌ای پیوسته در ارتباط با محیط تعریف می‌شود. این سیستم‌ها معمولا در کاربردهای حساس (critical) به‌کار می‌آیند. نمونه‌هایی از این کاربردها عبارتند از: سیستم‌های عامل، شبکه های کامپیوتری سریع، سیستم‌های همراه بیسیم، هوانوردی، کنترل فرایندهای صنعتی و نیروگاه‌های اتمی. از ویژگی‌های مهم این سیستم‌ها، همروندی (concurrency)، جنبه‌های بلادرنگ (real-time) و اتکاپذیری بالا (high dependability) است. تعیین درستی رفتار این سیستم‌ها معمولاً به دلیل جنبه‌های همروندی و بلادرنگ بسیار پیچیده است. این درس درباره روش‌ها و مفاهیم رسمی‌ای است که برای توصیف مشخصات (specification) و اعتبارسنجی (verification) سیستم‌های واکنشی به‌کار می‌آیند.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. **درستی‌یابی سیستم:** وارسی الگو، مشخصات وارسی الگو، نقاط قوت و ضعف

۲. **مدل‌های همروندی:** سیستم‌های گذار، مدل‌های متنی مبتنی بر متغیرهای مشترک، مسائل معنایی، روابط هم ارزی بین دستورات، مدل‌های متنی مبتنی بر ارسال پیام، مدل CSP، مدل CCS، شبکه‌های پتری، هم‌ارزی رفتاری، توازی همگام، مساله انفجار فضای حالت، تبعات ملزومات، عدالت ضعیف، عدالت هم‌دردی (انصاف قوی)، دستورات هماهنگ‌سازی، دستورات ارتباطی، ملاحظات معنایی انصاف، عدالت در شبکه‌های پتری، عدالت در شبکه‌های گذار

۳. **خواص زمان خطی:** بم بست، رفتار زمان خطی، خواص و تغییرناپذیرهای ایمنی، خواص زندگی، انصاف

۴. **خواص منظم:** خودکارها در روی کلمات متناهی، وارسی الگوی خواص ایمنی منظم، خودکارها در روی کلمات نامتناهی، وارسی الگوی خواص ω منظم

۵. **منطق زمانی خطی:** نحو و معنا، هم‌ارزی فرمول‌های LTL، وارسی الگوی مبتنی بر خودکارهای LTL

۶. **منطق درخت محاسباتی:** نحو و معنا، قابلیت توصیف CTL نسبت به LTL، وارسی الگوی CTL، انصاف در CTL، وارسی الگوی نمادین CTL، CTL*

۷. * **هم‌ارزی و تجرید:** شبیه‌سازی دوسویه، شبیه‌سازی دوسویه و هم‌ارزی CTL*، الگوریتم‌های پیمانه

دبیرخانه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی گروه علوم، تحقیقات و فناوری

سازی شبیه‌سازی دوسویه، روابط شبیه‌سازی

۸. * **کاهش ترتیب جزئی:** استقلال اعمال، رهیافت مجموعه زمان خطی Ample، رهیافت مجموعه زمان شاخه‌ای Ample

۹. * **خودکارهای زمانی:** معنا، منطق درخت محاسباتی زمانی، وارسی الگوی TCTL

۱۰. * **سیستم‌های احتمالی:** زنجیره‌های مارکف، منطق درخت محاسباتی احتمالی، خواص زمان خطی، PCTL* و شبیه‌سازی دوسویه احتمالی، زنجیره‌های مارکف و هزینه‌ها، فرایندهای تصمیم‌گیری مارکف

تذکر: مباحث بندهای ۷ تا ۱۰، بنا به تشخیص مدرس، می‌تواند جزو مطالب اختیاری باشد.

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Baier, C., Katoen, J.P. (2008), *Principles of Model Checking*, MIT Press.
2. Boca, P., Bowen, J.P., Siddliqi, J.I. (2010), *Formal Methods: State of the Art and New Directions*, Springer.
3. Huth, M., Ryan, M. (2000), *Logic in Computer Science: Modeling and Reasoning about Systems*, Cambridge Univ. Press.
4. Monin, J.F., Hinchey, M.J. (2003), *Understanding Formal Methods*, Springer.
5. Manna, Z., Pnueli, A. (1992), *The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems: Specification*, Springer.
6. Hoare, C. (1985), *Communicating Sequential Processes*, Prentice-Hall.
7. Milner, R. (1989), *Communicating and Concurrency*, Prentice-Hall.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **داده‌کاوی**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Data Mining	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری*	نظری*	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

در این درس دانشجویان با فرایند اکتشاف دانش و گام‌های آن آشنا خواهند شد. تاکید و تمرکز درس بر مهم‌ترین گام، یعنی داده‌کاوی است. دانشجویان در این درس درخواهند یافت که چگونه به کمک روش‌ها و الگوریتم‌های محاسباتی داده‌کاوی، از داده‌های خام، الگوها و مدل‌های توصیفی و پیش‌بین استخراج می‌شود. به‌ویژه، اهداف زیر در این درس مورد توجه است: ۱) آشنایی با الگوریتم‌های محاسباتی در خوشه‌بندی، کلاس‌بندی و تجزیه و تحلیل سبد بازار، ۲) تحلیل الگوریتم‌های فوق از نظر کارایی، پیچیدگی محاسباتی و مصرف حافظه، ۳) آشنایی با معیارهای ارزیابی برای انتخاب روش مناسب داده‌کاوی، ۴) آشنایی با کاربردهای مختلف داده‌کاوی و کسب توانایی لازم برای پژوهش در این حوزه.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. فرآیند کاوش دانش در پایگاه‌های داده و بیان جایگاه داده‌کاوی در این فرآیند،
۲. گام‌های پردازش داده: پاک‌سازی داده، تجمیع (Integration) و تبدیل (Transformation) داده، کاهش داده (Data reduction)، گسسته‌سازی داده،
۳. انبار داده (Data Warehouse) و معماری و پیاده‌سازی آن، پردازش تحلیلی بر خط (OLAP)،
۴. معرفی فناوری مکعب داده و تعمیم داده،
۵. مفهوم ویژگی و روش‌های کاهش آن، اصول انتخاب ویژگی به کمک روش‌های آماری، رتبه‌بندی ویژگی‌ها براساس آنتروپی.
۶. تجزیه و تحلیل سبد بازار، معرفی مجموعه اقلام مکرر (Frequent Item Set) و الگوهای مکرر (Frequent patterns)، قواعد همباشی(Association rules) و کاوش آن‌ها، معرفی الگوریتم‌های Apriori و ECLAT و FPgroth و مقایسه کارایی و پیچیدگی محاسباتی آن‌ها، مجموعه اقدام مکرر بسته و کاوش آن‌ها.
۷. مساله کلاس‌بندی و روش‌های زیر و مقایسه آن‌ها از نظر کارایی و پیچیدگی محاسباتی و حافظه مورد نیاز:
   - کلاس‌بندی به کمک درخت تصمیم‌گیری، آنتروپی و شاخص Gini به عنوان اندازه‌های ناسره‌گی (Impurity Measures)، الگوریتم‌های ID3 و C4.5 و C5.0، هرس درخت و مقیاس‌پذیری

درخت،

- کلاس‌بندی قاعده-پی (Ruled-based)، استخراج قاعده از درخت، الگوریتم پوششی ترتیبی برای استخراج قاعده،
- کلاس‌بندی بیزی،
- معرفی ماشین‌های بردار پشتیبان (SVM) و کلاس‌بندی به کمک آن‌ها،
- کلاس‌بندی به کمک تجزیه و تحلیل قواعد همباشی (کلاس‌بندی همباشی)،
- کلاس‌بندی غیرفعال (Lazy): کلاس‌بندی به کمک الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه.

۸. معرفی روش‌های پیش‌بینی:

- معرفی رگرسیون خطی و غیر خطی،
- مفاهیم درستی (Accuracy) و خطا در پیش‌بینی و کلاس‌بندی، روش‌های اعتبارسنجی متقابل (Cross-validation) و Bootstrap،
- بازه‌های اطمینان و منحنی‌های ROC.

۹. معرفی مفهوم خوشه و شباهت، معرفی روش‌ها / الگوریتم‌های خوشه‌بندی زیر و مقایسه آن‌ها از نظر کارایی و پیچیدگی محاسباتی و حافظه مورد نیاز:

- روش‌های افرازی: روش K-میانگین (K-means) و روش K-medoids،
- روش‌های سلسله‌مراتبی: روش توده‌شو یا جمع‌شونده (Agglomerative)، روش تقسیم‌شونده (Divisive)، روش سلسله‌مراتبی برای داده‌های رسته‌ای (Rock)،
- روش‌های چگالی-پی (Density-Based): روش DBSCAN، روش OPTICS، روش DENCUE،
- روش‌های توری-پی (Grid-Based)، مانند روش STING،
- روش‌های خوشه‌بندی داده‌های با ابعاد بالا: روش CLIQUE، روش PROCLUS، روش الگوهای مکرر-پی،
- روش خوشه‌بندی محدودیت-پی،
- روش‌های خوشه‌بندی فازی: C-میانگین فازی(FCM)، C-میانگین فازی رابطه‌ای (RFCM)، خوشه‌بندی فازی هسته-پی (Kernel-Based)، خوشه‌بندی فازی خودسازمانده،
- تجزیه و تحلیل برون‌هشته‌ها (Outliers).

تذکر. مدرس می‌تواند موارد زیر را، با تاکید بر کارایی و پیچیدگی آن‌ها از نظر محاسباتی و حافظه مورد نیاز، در تکالیف و مطالعات پژوهشی درس مورد توجه قرار دهد: همبستگی، قواعد همباشی فازی و کاوش آن‌ها، کلاس-بندی به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی، کلاس‌بندی به کمک مجموعه‌های فازی و مجموعه‌های راف (Rough).

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس‌های احتمال و فرایندهای تصادفی و بهینه‌سازی غیرخطی توصیه می‌شود.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
برای برنامه ریزی آموزش عالی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Han, J., Kamber, M. (2012), *Data Mining: Concepts and Techniques*, 3rd Edition, Elsevier.
2. Kantardzic, M. (2011), *Data Mining and Analysis: Foundations and Algorithms*, 2nd Ed., Wiley-IEEE Press.
3. Zaki, M.J., Meira, W. (2014), *The Handbook of Data Mining*, Cambridge University Press.
4. Witten, H.I., Frank, E. (2005), *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 2nd Ed., Elsevier.
5. Hand, D., Mannila, H., Smyth P. (2001), *Principles of Data Mining*, MIT Press.
6. Sato-Ilic, M., Jain, L.C. (2006), *Innovations in Fuzzy Clustering, Theory and Applications*, Springer.

عنوان درس به فارسی: **منطق برای علوم کامپیوتر (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز: **منطق ریاضی، یا منطق برای علوم کامپیوتر (۱)**
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Logic for Computer Science (II)	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

در این درس دانشجو ضمن مرور مباحث اولیه منطق برای علوم کامپیوتر با مباحث پیشرفته منطق ریاضی و کاربردهای آن در علوم کامپیوتر مانند منطق زمانی، برنامه‌نویسی منطقی و راستی‌آزمایی برنامه‌های دنباله‌ای آشنا می‌گردد.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. مروری بر منطق گزاره‌ها با تاکید بر دستگاه‌های استنتاجی شامل دستگاه گنتسن و دستگاه هیلبرت

۲. مروری بر منطق محمولات با تاکید بر دستگاه‌های استنتاجی شامل دستگاه گنتسن و دستگاه هیلبرت

۳. برنامه‌نویسی منطقی در منطق مرتبه اول، پرولوگ

۴. منطق زمانی: فرمول‌ها، مدل‌ها و تابلوها، دستگاه‌های استنتاجی مانند دستگاه استنتاجی L (Deductive System L)

۵. راستی‌آزمایی برنامه‌های دنباله‌ای: درستی فرمول‌ها، دستگاه استنتاجی HL (Deductive System HL (Hoare Logic))، راستی‌آزمایی برنامه‌ها و ترکیب برنامه‌ها

تذکر: علاوه بر مطالب بالا، بنا به تشخیص مدرس درس، مباحث مرتبط می‌تواند در برنامه قرار گیرد، مانند: منطق موجهات، تصمیم ناپذیری، نمایش‌پذیری، قضیه ناتمامیت گودل، نگره مدل‌ها در منطق مرتبه اول، راستی‌آزمایی برنامه‌های همروند، راستی‌آزمایی استنتاجی برنامه‌های همروند، برنامه‌ها به‌عنوان ماشین‌های خودکار، بررسی مدلی ویژگی‌های ناوردایی، آشنایی با نگره پیچیدگی.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Ben_Ari, M. (2012), *Mathematical Logic for Computer Science,* Springer.
2. Schoening, U. (2008), *Logic for Computer Scientists,* Birkhaeuser.
3. Huth, M., Ryan, M. (2004), *Logic for Computer Science,* Cambridge Univ. Press.

عنوان درس به فارسی: **آسیب‌پذیری در شبکه‌ها**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Vulnerability in Networks	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■				
	سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □				

اهداف کلی درس:

آشنایی با پارامترها و مولفه‌هایی است که در محاسبه آسیب‌پذیری در شبکه‌ها از اهمیت ویژه برخوردارند.

سرفصل یا رئوس مطالب:

آسیب‌پذیری و قابلیت اطمینان، پارامترهای اندازه‌گیر در شبکه‌ها، عدد بستگی گراف، عدد بستگی حاصل‌ضرب گراف‌ها، عدد بستگی حاصل ضرب n تا مسیر، محکمی گراف‌ها، محکمی و گراف‌های همیلتنی، محکمی و شبکه های بهینه، تعریف مساله، رابطه بین همبندی و محکمی، گراف‌های هراری، بی‌نقصی در گراف‌ها، نتایج مقدماتی، مقادیر مرزی، بی‌نقصی و سایر پارامترها، اعمال روی گراف و پارامترهای بی‌نقصی، مکمل، توان‌ها، اعمال دوتایی، اجتماع، پیوند، ترکیب، ضرب دکارتی، گراف‌های ماکسیمم با بی‌نقصی مفروض، ساختن شبکه‌های ماکسیمم، رابطه بین پارامتر همبستگی و دیگر پارامترهای آسیب‌پذیری، همبستگی یالی گراف‌ها، نتایجی در باره همبستگی و وجود k – درخت‌ها، همبستگی و عملیات روی گراف‌ها، خواص همیلتنی پارامتر همبستگی، مقایسه تطبیقی همبستگی و دیگر پارامترهای آسیب‌پذیری.

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس‌های نظریهٔ گراف، و الگوریتم‌های گراف و شبکه، توصیه می‌شود.

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Peltier, T.R., Peltier, J., Blackley, J.A. (2003), *Managing A Network Vulnerability*

Assessment, Auerbach Publications.

2. Pfleeqer, C.P., Pfleeger, S.L. (2011), *Analyzing Computer Security: A Threat, Vulnerability/Countermeasure Approach,* Prentice-Hall.

3. Thermos, P., Tahanen, A. (2007), *Securing VOIP Networks: Threats, Vulnerabilities, and Countermeasures,* Addison Wesley.

عنوان درس به فارسی: **بهینه‌سازی غیرخطی**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Nonlinear Optimization			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
	آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■				
	سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □				

اهداف کلی درس:

آشنایی با مبانی ریاضی مدل‌های بهینه‌سازی از قبیل مدل‌های خطی، محدب و غیر خطی، آنالیز تحدب و روش‌های حل مسائل با شرط تحدب، بررسی مسائل با شروط تحدب ضعیف و بیان روش‌های مرتبط، قضایای تحلیلی و انواع روش‌های اصلاحی در حل مسائل غیرخطی، بررسی روش حل تحلیلی با استفاده از مفهوم کلی دوگان در مسائل غیرخطی، مفهوم الگوریتم و شرایط ارزش‌گذاری آن در مدل‌های بهینه‌سازی، بررسی الگوریتم‌های تکراری، آشنایی با روش‌های مبتنی بر الگوریتم‌های تکراری.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. **مروری بر مجموعه‌های محدب** (پوسته‌های محدب، قضیه وایرشتراس، جداسازی و مجموعه‌های حائل، مخروط‌های قطبی و محدب

۲. **توابع محدب و تعمیم‌ها** (زیرگرادیان‌های توابع محدب، توابع محدب مشتق‌پذیر، مینیمم و ماکزیمم توابع محدب، تعمیم‌های توابع محدب)

۳. **شرایط فریتز جان و کروش – کان - تاکر** (مسائل نامقید، مسائل با محدودیت‌های نامساوی، مسائل با محدودیت‌های مساوی، مسائل با محدودیت‌های مساوی و نامساوی)

۴. **شرایط محدودیت‌ها** (مخروط مماس، انواع شرایط قیود، مسائل با محدودیت‌های مساوی و نامساوی)

۵. **مفهوم الگوریتم** (الگوریتم و نگاشت‌های الگوریتمی، نگاشت‌های بسته و همگرایی، ترکیب نگاشت‌ها، مقایسه الگوریتم‌ها)

۶. **روش‌های جستجوی خطی**

جستجوی خطی بدون استفاده از مشتق: روش‌های دوبخشی، یکنواخت، دنباله‌ای، تقسیم طلایی، فیبوناچی

جستجوی خطی با استفاده از مشتق: روش دو بخشی، روش نیوتن

جستجوی خطی کاربردی: روش برازش درجه دو، روش آرمیجو

بسته بودن نگاشت‌های الگوریتم‌های جستجوی خطی

۷. **بهینه‌سازی نامقید**

دفتر برنامه‌ریزی آموزش عالی - وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

روش‌های چندبعدی بدون استفاده از مشتق: روش هوک و جیوز، روش روزنبروک
روش‌های چندبعدی با استفاده از مشتق: روش تندترین شیب، روش نیوتن
روش‌های اصلاحی روش نیوتن: روش‌های لونبرگ و ناحیه اطمینان
روش‌های استفاده‌کننده از جهت‌های آمیخته: روش شبه نیوتن، روش گرادیان آمیخته
روش‌های بهینه‌سازی زیرگرادیان

توصیه: برای اخذ این درس، گذراندن درس بهینه سازی خطی، توصیه می‌شود.

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Bazaraa, M.S., Sherali, H.D., Shetty, G.M. (1993), *Nonlinear Programming, Theory and Algorithms,* Wiley.
2. Luenberger, D.G. (2004), *Linear and Nonlinear Programming*, Sec. Ed., Kluwer.
3. Chong, E.K.P., Zak, S.H. (2013), *An Introduction to Optimization*, Fourth Ed., Wiley.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **الگوریتم‌های بیوانفورماتیک**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: **Bioinformatics Algorithms**	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

هدف از این درس، معرفی و بررسی روش‌های الگوریتمی برای حل مسایل در بیوانفورماتیک است. این درس همچنین شامل کاربردهایی است که نگاه جدیدی به بیولوژی مولکولی دارند .

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱- مقدمه و تاریخچه بیوانفورماتیک

۲-معرفی داده پایگاه‌های بیولوژیک معروف مانند GenBank، PDB، EMBL و NCBI

۳-الگوریتم‌های انطباق دو یا چند توالی بیولوژیکی

۴-کاربردهای زنجیره مارکوف و مدل‌های پنهان مارکوف

۵-الگوریتم‌های طبقه‌بندی و پیش‌گوئی ساختمان دوم و سوم پروتئین

۶-الگوریتم‌های پیشگوئی ساختمان دوم RNA

۷-روش‌های ساخت درخت‌های فیلوژنتیک

۸-مواجهه با عدم قطعیت و الگوریتم‌های ترکیب اطلاعات – تئوری اطلاعات تعمیم‌یافته و کاربردهای آن در بیوانفورماتیک

۹-کاربردهای الگوریتم‌های خوشه‌بندی در بیوانفورماتیک

۱۰- الگوریتم‌های توزیعی و کاربرد آنها در بیوانفورماتیک

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی آموزش عالی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Mandoiu, I., Zelikovsky. A. (2007), *Bioinformatics Algorithms: Techniques and Application,* Wiley.
2. Baxevanis, A.D., Ouellette, B.F.F. (2002), *Bioinformatics: A Practical Guide to the Analysis of Genes and Proteins*, 2nd Ed., Wiley.
3. Orengo, C., Jones, D. (2003), *Bioinformatics: Genes Proteins and Computers*, Bio Scientific Publishers, Oxford.
4. Jones N.C., Pevzner P.A. (2004), *Bioinformatics Algorithms*, MIT Press.
5. Eidhammer I., Jonassen I. (2004), *Protein Bioinformatics, An Algorithmic Approach to Sequence and Structure Analysis*, Wiley.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **پیچیدگی الگوریتم‌ها (۲)**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Complexity of Algorithms (II)	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری *	نظری *	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■					
سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

مباحث مربوط به پیچیدگی الگوریتم‌ها، شامل مباحث تخصصی در علوم نظری کامپیوتر است که در دهه های اخیر رشد چشمگیری داشته است. این درس به مباحث پیشرفته در این موضوع، بر اساس منطق، روش‌های محاسباتی و حل و تحلیل مساله، اختصاص دارد.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱- رمز نگاری (Cryptography): توابع یک‌طرفه، پروتکل‌ها

۲- الگوریتم‌های تقریبی، تقریب و پیچیدگی، ناتقریبی

۳- P در مقابل NP: نقشه NP، یکریختی و چگالی، پیشگویی‌ها، دوره‌های یکنوا

۴- درون P: الگوریتم‌های موازی، مدل‌های موازی محاسبات، کلاس NC، الگوریتم‌های RNC

۵- فضای لگاریتمی: مسئله L=NL، تناوبی، دسترسی غیر مستقیم

۶- ورای NP: مسائل بهینه‌سازی، رویکرد سلسله مراتبی

۷- محاسباتی که شمارش می‌شوند: دائمی، کلاس P

۸- فضای چندجمله‌ای: تناوب و بازی‌ها، بازی‌ها در مقابل طبیعت و پروتکل‌های موثر بر هم، مسائل بیشتر در فضای P- تام

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Wilf, H.S. (2002), *Algorithm and Complexity*, Sec. Ed., CRC Press.
2. Dasgupta, S., Papadimitriou, C.H., Vazirani, U.V. (2006), *Algorithms*, McGraw- Hill.
3. Papadimitriou, C.H. (2003), *Encyclopedia of Computer Science*, 4th ed., Wiley.

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزش عالی

عنوان درس به فارسی: **یادگیری ماشین**	تعداد واحد: ۳	نوع واحد	جبرانی	نظری	دروس پیش نیاز:
				عملی	
			پایه	نظری	
				عملی	
عنوان درس به انگلیسی: Machine Learning	تعداد ساعت: ۴۸		الزامی	نظری	دروس هم نیاز:
				عملی	
			اختیاری*	نظری*	
				عملی	
آموزش تکمیلی عملی: دارد □ ندارد ■ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □					

اهداف کلی درس:

یک مؤلفهٔ اساسی در هوشمندی سیستم‌ها، قابلیت یادگیری این سیستم‌هاست که برمبنای آن بتوانند، با استناد به مجموعه‌ای از اطلاعات یا واقعیات، بر توانمندی و کارآیی خود در انجام وظایف محوله بیفزایند. هدف اصلی از این درس، آشنا ساختن دانشجویان با اصول، مفاهیم، الگوریتم‌ها و برنامه‌های رایانه‌ای (به‌ویژه با تأکید بر ابعاد و جنبه‌های نمادین) است که بر پایهٔ آن بتوان به طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های هوشمند یا دانش‌پی، که توانمندی و کارآیی سیستم‌ها را در مسیر اهداف تعریف شده افزایش می‌دهد، جامهٔ عمل پوشاند. طبیعی است که دیدگاه‌های حاصله از این درس خود سهم به‌سزایی را در ارتقاء کیفیت و کارآمدی مدل‌ها در حل مسائل مهندسی و تحقق سیستم‌های مهندسی مبتنی بر رایانه ایفاد می‌نماید.

سرفصل یا رئوس مطالب:

۱. موضوعات مرتبط با دانش و استدلال در سیستم‌های هوشمند و دانش‌پی
۲. منظرهای گوناگون در یادگیری ماشین (تعاریف، اهداف، گونه‌های نظارت (ابربینی)، سبک‌ها)
۳. برخی سناریوهای کاربردی برای یادگیری ماشین
۴. یادگیری استقرایی، شکل‌دهی مفاهیم و یادگیری مفاهیم
۵. استقراء مجموعهٔ قواعد و استقراء درخت تصمیم
۶. خوشه‌بندی مفهومی
۷. یادگیری تشریح‌پی و اکتساب مفاهیم
۸. یادگیری قیاسی پیش‌بینی
۹. یادگیری قیاسی سازگار و استدلال موردپی
۱۰. یادگیری قیاسی تغییری
۱۱. یادگیری وراثتی و یادگیری تکاملی
۱۲. یادگیری تقویتی و یادگیری Q
۱۳. اتوماتای یادگیر

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دبیرخانه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

۱۴. تولید دانش و یادگیری از طریق اطلاعات‌کاوی

ارزیابی:

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

فهرست منابع:

1. Mithchell, T. (1997), *Machine Learning*, McGraw-Hill.
2. Briscoe, G., Caelli, T. (1996), *A Compendium of Machine Learning: Symbolic Machine Learning*, Ablex Series in Artificial Intelligence.
3. Marsland, S. (2009), *Machine Learning: An Algorithmic Perspective*, Chapman & Hall/CRC.

دبیرخانه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری