جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

برنامه درسی

(بازنگری شده)

دوره: کارشناسی ارشد

رشته: علوم کامپیوتر با ۷ گرایش:

محاسبات علمی - الگوریتم و نظریه محاسبه - داده کاوی- نظریه سیستم ها-

علوم تصمیم و دانش - محاسبات نرم و هوش مصنوعی-

منطق و روشهای صوری

گروه : علوم پایه

مصوبه جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱

کمیسیون برنامه‌ریزی آموزشی

بسم الله الرّحمن الرّحیم

عنوان برنامه: علوم کامپیوتر با ۷ گرایش: محاسبات علمی - الگوریتم و نظریه محاسبه - داده کاوی - نظریه سیستم ها- علوم تصمیم و دانش - محاسبات نرم و هوش مصنوعی- منطق و روشهای صوری

۱. برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر با ۷ گرایش: محاسبات علمی - الگوریتم و نظریه محاسبه - داده کاوی - نظریه سیستم ها- علوم تصمیم و دانش - محاسبات نرم و هوش مصنوعی- منطق و روشهای صوری در جلسه شماره ۹۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ کمیسیون برنامه ریزی آموزشی تصویب شد.

۲. برنامه درسی بازنگری شده دوره کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر با ۷ گرایش: محاسبات علمی - الگوریتم و نظریه محاسبه - داده کاوی - نظریه سیستم ها- علوم تصمیم و دانش - محاسبات نرم و هوش مصنوعی- منطق و روشهای صوری از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ جایگزین برنامه های درسی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم کامپیوتر با ۴گرایش: محاسبات علمی - نظریه محاسبه – سیستم های کامپیوتر - سیستم های هوشمند مصوب جلسه شماره ۳۵۴ مورخ ۱۳۷۶/۱۱/۱۹ شورای عالی برنامه ریزی و رشته علوم تصمیم و مهندسی دانش مصوب جلسه شماره ۷۳۱ مورخ ۱۳۸۸/۰۶/۰۷ شورای عالی برنامه ریزی می شود.

۳. برنامه درسی مذکور از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ برای تمامی دانشگاه ها ومؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند برای اجرا ابلاغ می شود.

۴. این برنامه درسی از تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۱ به مدت ۵ سال قابل اجرا است و پس از آن قابل بازنگری است.

عبدالرحیم نوه‌ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه آموزشی

دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه‌ریزی

گروه علوم پایه

کمیته تخصصی علوم ریاضی

برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

برنامه و سرفصل درس‌های کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

- **علوم کامپیوتر - گرایش منطق و روش‌هـای صوری**
- **علوم کامپیوتر - گرایش محاسبات علمی**
- **علوم کامپیوتر – گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه**
- **علوم کامپیوتر – گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی**
- **علوم کامپیوتر - گرایش نظریه سیستم‌ها**
- **علوم کامپیوتر – گرایش علوم تصمیم و دانش**
- **علوم کامپیوتر - گرایش داده‌کاوی**

مقررات عمومی برنامه کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

کلیه دانشگاه‌هایی که قبلاً مجوز اجرای رشته را به صورت کلی یا در گرایش‌های مختلف اخذ کرده و با کد رشته محل‌های مربوطه به پذیرش دانشجو در این رشته می‌پرداخته‌اند کماکان می‌توانند با پذیرش دانشجو در همان کد رشته محل‌ها نسبت به پذیرش دانشجو اقدام کنند. این دانشگاه‌ها می‌توانند با پذیرش دانشجو در کد رشته محل **" علوم کامپیوتر "** به صورت تجمعی اقدام کرده و هر یک از دانشجویان پذیرفته شده را با در نظر گرفتن تخصص اعضای هیأت علمی و امکانات موجود در هر یک از گرایش های اخذ شده این رشته با رعایت مقررات برنامه گرایش مربوطه در برنامه فعلی با قید گرایش دانش‌آموخته کنند.

چنانچه دانشگاهی تمایل داشته باشد در رشته **علوم کامپیوتر** و در یکی از گرایش‌های برنامه که قبلاً مجوز اجرای آن را نداشته است، با کد رشته محل مجزا دانشجو پذیرد، لازم است که قبلاً نسبت به اخذ مجوز اجرا اقدام کرده و فقط در صورت احراز شرایط و پس از اخذ مجوز از وزارت عتف نسبت به پذیرش دانشجو با کد رشته محل مختص گرایش مربوطه اقدام کنند.

طول دروه و شکل نظام

دوره کارشناسی ارشد **علوم کامپیوتر** مطابق با آیین‌نامه جاری دوره‌ی کارشناسی ارشد وزارت عتف است.

تعداد واحدهای دوره

تعداد واحدهای درسی دوره کارشناسی ارشد **علوم کامپیوتر** 29 و به قرار زیر است:

درس‌های الزامی: 9 واحد، شامل سه درس اصلی گرایش.

در صورتیکه گروه قادر به ارایه حداکثر یک درس از دو درس اول و اصلی گرایش خود نباشد می تواند آن درس را با دروس تخصصی – انتخابی گرایش خود یا گرایش‌های دیگر علوم کامپیوتر با نظر گروه یا دانشکده جایگزین نماید.

درس‌های تخصصی- انتخابی: 12 واحد، شامل سه درس از جدول های درس‌های تخصصی- انتخابی و یک درس با نظر استاد راهنما و تأیید گروه از درس‌های اختیاری یکی از دوره‌های کارشناسی ارشد مرتبط.

سمینار: 2 واحد

پایان‌نامه: 6 واحد

اخذ درس سمینار و پایان نامه در نیمسال اول تحصیل مجاز نیست. برای اخذ درس سمینار نیاز به گذراندن دست کم 9 واحد درسی و برای اخذ پایان‌نامه گذراندن دست کم 12 واحد (که شامل درس های الزامی می باشد) و اجازه گروه ضروری است.

دانشجویان دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر با اخذ دست کم 6 واحد تمام وقت محسوب می شوند.

با توجه به پایه‌ای بودن دروس الزامی گرایش‌ها وتنوع ورودی‌های دوره های کارشناسی ارشد علوم ریاضی(ریاضی، آمار و علوم کامپیوتر) به پیشنهاد گروه آموزشی مربوط و تصویب دانشگاه این دروس به جای 3 واحد می توانند 4 واحدی اجرا شوند. در این صورت سقف واحدهای این دوره با این تغییر از 29 به حداکثر 32 افزایش خواهد یافت.

گروه‌های مجری می توانند درس‌های جدیدی را به عنوان درس اختیاری مطابق با روال جاری دانشگاه مصوب و ارایه دهند.

دانشجو در طول تحصیل خود نمی تواند بیش از یک درس با عنوان مباحث ویژه اختیار کند.

کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

فصل اول

مشخصات دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

مقدمه

دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر به عنوان یک مقطع تحصیلی دانشگاهی پیشرفته در رشته علوم کامپیوتر به بررسی علمی مباحث نظری و عملی محاسبات مربوط به کامپیوتر می‌پردازد. برنامه کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر آموزشی-پژوهشی است. هدف از این دوره، تربیت نیروهای متخصص با مهارت‌های ویژه در زمینه‌های مختلف علوم کامپیوتر است، به گونه‌ای که دانش‌آموختگان توانایی‌های عمومی لازم در زمینه‌هایی از علوم کامپیوتر را همراه با مهارتی ویژه در یک زمینه تخصصی بدست آورند تا هم امکان انجام کار عملی یا انجام پژوهش در دست کم یک زمینه تخصصی فراهم شود و هم دانش آموختگان امکان ادامه تحصیل در مقطع دکتری را بیابند.

این دوره در حال حاضر از7 گرایش‌های تشکیل شده است و با توجه به بروز تحولات سریع در این رشته، زمینه‌های تخصصی محدود به این 7 مورد نیستند و بر حسب تحولات جدید و تخصص‌های موجود در دانشگاه‌های کشور، گرایش های دیگری را می‌توان مطابق با ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری تعریف کرد و به این مجموعه افزود.

ضرورت و اهمیت

نظر به حضور گسترده کامپیوتر در ابعاد متنوع جوامع امروزی، ضرورت و اهمیت برقراری دوره در تربیت نیروهای متخصص مورد نیاز کاملاً مشهود است.

نقش و توانایی دانش‌آموختگان

فارغ التحصیلان این دوره با کسب توانایی‌های آموزشی و تخصصی در انجام فعالیت‌هایی سازنده و مؤثر به شرح زیر نقش دارند:

(الف) ادامه تحصیل در دانشگاه‌ها در مقطع دکتری به منظور انجام پژوهش و گسترش مرزهای دانش در رشته علوم کامپیوتر.

(ب) انجام کار تخصصی در سازمان‌ها و مراکز علمی - پژوهشی به منظور رفع مشکلات پیش رو، ارایه راه‌کارهای جدید و ایجاد ابزارهای علمی مناسب در زمینه‌های مورد نیاز.

شرایط و ضوابط ورود به دوره کارشناسی ارشد

(الف) دارا بودن حداقل مدرک کارشناسی از یکی از دانشگاه‌های معتبر داخلی یا خارجی در رشته‌های علوم ریاضی یا مهندسی.

(ب) دریافت پذیرش رسمی از دانشگاه مجری و مطابق با آیین‌نامه‌های مربوط دانشگاه و رعایت ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.

فصل دوم

جدول دروس دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

جدول شماره 1 - 1 : **درس‌های الزامی گرایش منطق و روش‌هــای صوری**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	وارسی‌گر مدل (Model Checking)	3

جدول شماره 1-2 : **درس‌های تخصصی – انتخابی گرایش منطق و روش‌های صوری**

ردیف	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	وارسی‌گر مدل (Model Checking)	3	48	-	48	-
2	اثبات خودکار (Automated Reasoning)	3	48	-	48	-
3	برنامه‌سازی منطقی (Logic Programming)	3	48	-	48	-
4	معناشناسی صوری (Formal Semantics)	3	48	-	48	-
5	توصیف صوری نرم‌افزار (Formal Method for Software Development)	3	48	-	48	-
6	درستی‌یابی نرم‌افزار (Software Verification)	3	48	-	48	-
7	مباحث ویژه در منطق و روش‌های صوری (Special Topics in Logic and Formal Methods)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 1- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره2- 1: **درس‌های الزامی گرایش محاسبات علمی**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	محاسبات ماتریسی (Matrix Computations)	3

جدول شماره 2- 2: **درس‌های تخصصی - انتخابی محاسبات علمی**

ردیف	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	نرم‌افزار ریاضی پیشرفته (Advanced Mathematical Software)	3	48	-	48	آنالیز عددی 1
2	برنامه‌ریزی خطی عددی (Numerical Linear Programming)	3	48	-	48	جبر خطی
3	بهینه‌سازی غیرخطی عددی (Numerical Nonlinear Optimization)	3	48	-	48	جبر خطی عددی یا آنالیز عددی 1 یا محاسبات ماتریسی
4	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته (Advanced Linear Programming)	3	48	-	48	برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه مدرس
5	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته (Advanced Nonlinear Optimization)	3	48	-	48	جبرخطی عددی یا آنالیز عددی 1 یا محاسبات ماتریسی با اجازه مدرس
6	جبر خطی عددی پیشرفته (Advanced Numerical Linear Algebra)	3	48	-	48	جبرخطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا اجازه استاد درس
7	معادلات انتگرال و دیفرانسیل عددی (Numerical Differential and Integral Equations)	3	48	-	48	آنالیز عددی 1
8	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی (Numerical Partial Differential Equations)	3	48	-	48	آنالیز عددی 1
9	تکنولوژی ماتریس‌های تنک(Sparse Matrix Technology)	3	48	-	48	جبر خطی عددی یا محاسبات

						ماتریسی یا اجازه استاد درس
10	مدل‌سازی و طراحی هندسی (Geometric Modeling and Design)	3	48	-	48	جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا موافقت استاد درس
11	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه (Integer Programming and Networks)	3	48	-	48	جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا موافقت استاد درس
12	بهینه‌سازی ترکیبیاتی (Combinatorial Optimization)	3	48	-	48	جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه استاد درس
13	الگوریتم‌های موازی (Parallel Algorithms)	3	48	-	48	آنالیز عددی 1 یا اجازه استاد درس
14	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی (Numerical Stochastic Ordinary Differential Equations)	3	48	-	48	آنالیز عددی 1 یا اجازه استاد درس
15	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی (Numerical Stochastic Partial Differential Equations)	3	48	-	48	معادلات دیفرانسیل تصادفی عادی، شبیه سازی
16	شبیه‌سازی پیشرفته (Advanced Simulation)	3	48	-	48	نظریه احتمال و فرایندهای تصادفی، آمار
17	مباحث ویژه در محاسبات علمی (Special Topics in Scientific Computing)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 2- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره3- 1: **درس‌های الزامی گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	نظریه محاسبه پیشرفته(Advanced Theory of Computing)	3

جدول شماره 3- 2: **درس‌های تخصصی - انتخابی گرایش نظریه محاسبه**

کد درس	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	نظریه بازگشت و محاسبه‌پذیری(Recursion Theory)	3	48	-	48	اجازه استاد درس
2	پیچیدگی محاسبه (Computational Complexity)	3	48	-	48	-
3	پیچیدگی محاسبه پیشرفته (Advanced Computational Complexity)	3	48	-	48	-
4	الگوریتم‌های موازی (Parallel Algorithms)	3	48	-	48	-
5	الگوریتم‌های تصادفی (Randomized Algorithms)	3	48	-	48	-
6	طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها (Design and Analysis of Algorithms)	3	48	-	48	-
7	مبانی نظری رمزنگاری (Foundations of Theoretical Cryptography)	3	48	-	48	-
8	نظریه بازی‌ها (Game Theory)	3	48	-	48	-
9	نظریه پیشرفته گراف‌ها (Advanced Graph Theory)	3	48	-	48	گراف‌ها و الگوریتم‌ها
10	الگوریتم‌های ترکیبیاتی (Combinatorial Algorithms)	3	48	-	48	-
11	گراف‌ها و الگوریتم‌ها (Graphs and Algorithms)	3	48	-	48	-
12	الگوریتم‌های تقریبی (Approximation Algorithms)	3	48	-	48	-
13	هندسه محاسباتی (Computational Geometry)	3	48	-	48	-
14	ترکیبیات (Combinatorics)	3	48	-	48	آنالیز ترکیبی I
15	ترکیبیات ساختمند(Constructive Combinatorics)	3	48	-	48	-
16	آنالیز محاسباتی (Computational Analysis)	3	48	-	48	منطق ریاضی، آنالیز ریاضی
17	مباحث ویژه در نظریه محاسبه (Special Topics in Theory of Computing)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 3- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره4- 1: **درس‌های الزامی گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	هوش مصنوعی پیشرفته (Advanced AI)	3

جدول شماره 4- 2: **درس‌های تخصصی – انتخابی محاسبات نرم و هوش مصنوعی**

کد درس	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	محاسبات نرم (Soft Computing)	3	48	-	48	-
2	هوش مصنوعی پیشرفته (Advanced AI)	3	48	-	48	-
3	سیستم‌های خبره (Expert Systems)	3	48	-	48	-
4	یادگیری ماشین (Machine Learning)	3	48	-	48	-
5	پردازش زبان‌های طبیعی (Natural Languages Processing)	3	48	-	48	-
6	یادگیری ماشین آماری (Statistical Machine Learning)	3	48	-	48	یادگیری ماشین
7	سیستم‌های دینامیکی گسسته (Discrete Dynamical Systems)	3	48	-	48	-
8	الگوریتم‌های هوشمند (Intelligent Algorithms)	3	48	-	48	-
9	سیستم‌های چند عامله (Multiagent Systems)	3	48	-	48	-
10	یادگیری ژرف (Deep Learning)	3	48	-	48	یادگیری ماشین
11	داده‌کاوی (Data Mining)	3	48	-	48	-
12	بهینه‌سازی شبکه پیشرفته (Advanced Network Optimization)	3	48		48	-
12	مباحث ویژه در هوش مصنوعی (Special Topics in AI)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

13	مباحث ویژه در محاسبات نرم (Special Topics in Soft Computing)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 4- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره 5- 1: **درس‌های الزامی گرایش نظریه سیستم‌ها**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	طراحی نرم‌افزار پیشرفته(Advanced Software Engineering)	3

جدول شماره 5- 2: **درس‌های تخصصی – انتخابی گرایش نظریه سیستم‌ها**

کد درس	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	طراحی نرم‌افزار پیشرفته (Advanced Software Engineering)	3	48	-	48	-
2	سیستم عامل پیشرفته (Advanced Operating System)	3	48	-	48	-
3	پایگاه داده پیشرفته (Advanced Database)	3	48	-	48	-
4	سیستم‌های بلادرنگ (Real Time Systems)	3	48	-	48	-
5	سیستم‌های تصمیم یار (Decision Support Systems)	3	48	-	48	-
6	کامپایلر پیشرفته (Advanced Compiler)	3	48	-	48	-
7	سیستم‌های توزیع شده (Distributed Systems)	3	48	-	48	هوش مصنوعی
8	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته (Advanced Computer Networks)	3	48	-	48	-
9	بهینه سازی شبکه های پیشرفته (Advanced Network Optimization)					
10	مباحث ویژه در نظریه سیستم‌ها (Special Topics in System Theory)	3	48	-	48	اجازه استاد درس

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 5- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره 6- 1: **درس‌های الزامی گرایش علوم تصمیم و دانش**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	بهینه‌سازی محدب (Convex Optimization)	3

جدول شماره 6- 2: **درس‌های تخصصی - انتخابی گرایش علوم تصمیم و دانش**

کد درس	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (Multiple Criteria Decision Making)	3	48	-	48	تحقیق در عملیات
2	محاسبات نرم (Soft Computing)	3	48	-	48	-
3	یادگیری ماشین (Machine Learning)	3	48	-	48	-
4	اطلاعات و عدم‌قطعیت (Information and Uncertainty)	3	48	-	48	-
5	سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی (Fuzzy Decision Making Systems)	3	48	-	48	تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه
6	ریاضیات یادگیری(Mathematics of Learning)	3	48	-	48	-
7	بهینه‌سازی ترکیبیاتی(Combinatorial Optimization)	3	48	-	48	-
8	فرایندهای تصادفی(Random Process)	3	48	-	48	-
9	احتمال و آمار فازی (Fuzzy Probability and Statistics)	3	48	-	48	محاسبات نرم
10	نظریه بازی‌ها (Game Theory)	3	48	-	48	-
11	بهینه‌سازی فرایافتاری(Metaheuristic Optimization)	3	48	-	48	تحقیق در عملیات
12	داده‌کاوی(Data Mining)	3	48	-	48	-
13	داده‌کاوی پیشرفته (Advanced Data Mining)	3	48	-	48	داده‌کاوی

14	متن‌کاوی و وب‌کاوی (Text Mining and Web Mining)	3	48	-	48	داده‌کاوی
15	شبکه‌های عصبی مصنوعی (Artificial Neural Networks)	3	48	-	48	بهینه‌سازی ریاضی یا اجازه استاد
16	سیستم‌های چند عامله (Multiagent Systems)	3	48	-	48	-
17	مباحث ویژه در علوم تصمیم و دانش (Special Topics in Decision Science and Knowledge)	3	48		48	اجازه استاد

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 6- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

جدول شماره 7- 1: **درس‌های الزامی گرایش داده‌کاوی**

شماره ردیف	نام درس	تعداد واحد
1	داده‌کاوی محاسباتی (Computational Data Mining)	3
2	الگوریتم‌های پیشرفته(Advanced algorithms)	3
3	داده‌کاوی (Data Mining)	3

جدول شماره 7- 2: **درس‌های تخصصی - انتخابی گرایش داده‌کاوی**

کد درس	نام درس	تعداد واحدها	ساعت			پیشنیاز یا زمان ارائه درس
			نظری	عملی	جمع	
1	ریاضیات یادگیری (Mathematics of Learning)	3	48	-	48	-
2	بهینه‌سازی محدب (Convex Optimization)	3	48	-	48	-
3	بهینه‌سازی ترکیبیاتی (Combinatorial Optimization)	3	48	-	48	-
4	یادگیری ماشین (Machine Learning)	3	48	-	48	-
5	یادگیری ماشین آماری (Statistical Machine Learning)	3	48	-	48	یادگیری ماشین
7	داده‌کاوی پیشرفته (Advanced Data Mining)	3	48	-	48	داده‌کاوی
8	متن‌کاوی و وب‌کاوی (Text Mining and Web Mining)	3	48	-	48	داده‌کاوی
9	انتخاب ویژگی و استخراج ویژگی (Feature Selection and Feature Extraction)	3	48	-	48	داده‌کاوی
10	گراف‌کاوی (Graph Mining)	3	48	-	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد

11	مدل‌های گرافی احتمالاتی (Probabilistic Graphical Models)	3	48	-	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
12	شبکه‌های پیچیده (Complex Networks)	3	48	-	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
13	دیداری‌سازی داده‌ها (Data Visualization)	3	48	-	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
14	شناسایی دورافتاده‌ها (Outlier Detection)	3	48	-	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
15	مدل‌سازی و پردازش "مه داده‌ها" (Big Data Modeling and Processing)	3	48	-	48	داده‌کاوی
16	یادگیری ژرف (Deep Learning)	3	48	-	48	یادگیری ماشین
17	مباحث ویژه در داده‌کاوی	3	48		48	اجازه استاد

دانشجو موظف است دست کم 6 واحد از درس های جدول شماره 7- 2 را اختیار کند.

دانشجو باید با نظر گروه دو درس از درس های جدول های 1-1 الی 7- 1یا 1- 2 الی 7- 2 و یا یکی از دوره های کارشناسی ارشد مرتبط را اختیار کند.

فصل سوم

سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر

عنوان درس	فارسی	الگوریتم‌های پیشرفته									
	انگلیسی	Advanced Algorithms									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		-	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد											
پروژه عملی: دارد											

هدف درس: هدف اصلی این درس آشنایی دانشجو با مفهوم الگوریتم، جنبه‌های عملی و نظری مرتبط با وجود، طراحی و به کارگیری این مفهوم در علوم کامپیوتر و کاربردهای عینی است، به نحوی که آشنایی لازم با زمینه‌های تخصصی مختلف در این رشته را به دست آورد و با مسایل اصلی و بنیادی رشته علوم کامپیوتر، در حد امکان آشنا شود و بتواند در روند تحصیلی خود در مقطع کارشناسی ارشد، این موارد را دقیق‌تر و با عمق بیشتر بیاموزد. لذا برخی از جنبه‌های این درس نظیر مثال‌های ارایه شده توسط استاد، می‌تواند با توجه به پیشینه دانشجویان و گرایش‌های فعال در دانشکده و علایق موجود، انتخاب و ارایه شوند، هرچند لازم است مفاهیم اصلی که در زیر می‌آیند به نحو مناسبی تدریس و پوشش داده شوند.

سرفصل درس

- مفهوم الگوریتم: توضیح مختصر درباره این‌که ارایه دقیق تعریف الگوریتم و وجود آن برای مسایل مختلف ، موضوعی پیچیده است و ایجاد انگیزه برای زمینه تخصصی نظریه محاسبه. توضیح مختصر تز چرچ-تورینگ به زبان ساده. توضیح انواع مختلف مسایل و نیاز به روش‌های مختلف برای حل آن‌ها از قبیل مسایل تصمیم (بله-خیر)، شمارش، بهینه‌سازی و انواع دیگر با تأکید بر این‌که لازم است راه حل‌های مختلف را رده‌بندی کرد. ایجاد انگیزه برای زمینه‌ی پیچیدگی محاسبه و طراحی الگوریتم (مثال‌های مناسب ارایه شوند).
- الگوریتم‌های دقیق: ارایه مثال‌هایی مناسب که برای آن‌ها الگوریتم دقیق و کارآ وجود دارند (مثال‌های مرتب کردن Sort، الگوریتم‌هایی از مسایل گراف، هندسه محاسباتی و انواع خاص حل‌پذیری معادلات منطقی نظیر 2SAT می‌توانند مفید باشند). ارایه مثالی از بهینه‌سازی خطی حقیقی بسیار انگیزه‌بخش است، به ویژه بحث در مورد حالت‌های حقیقی و صحیح همراه با پیچیدگی‌های مربوط که در بخش‌های آینده می‌تواند راه‌گشا باشد.
- مسایل سخت: تأکید بر این‌که تعداد زیادی از مسایل وجود دارند که در عین مهم بودن، تاکنون راه حل کارایی برای آن‌ها یافت نشده‌اند. تعریف (نه لزوماً دقیق) رده‌های P و NP در حدی که دانشجو بتواند اهمیت را درک کند و فهم صحیحی از این مفاهیم بیابد (به طور خاص، تأکید بر اختلاف این مدل با مدل پیچیدگی حسابی مربوط به شمارش عملیات و اشاره به مفهوم Strong-Polynomial-Time-Algorithm، با ارایه مثال‌هایی مناسب).
- ارایه روش‌های کلی: برنامه‌ریزی پویا Dynamic Programming، الگوریتم‌های حریصانه Greedy، برخط Online، ترتیبی Sequential یا موازی Parallel با ارایه مثال‌هایی مناسب (در صورت صلاحدید، می‌توان از مسایل بهینه‌سازی ترکیبیاتی به نحوی مناسب استفاده کرد).
- الگوریتم‌های تقریبی: تعریف ضریب تقریب، مسأله TSP و اثبات تقریب‌ناپذیری آن و در صورت صلاحدید اشاره به قضیه PCP و نتایج آن. ارایه مثال‌هایی از مسایل سخت که می‌توان آن‌ها را با ضریب تقریب مناسبی حل کرد (با نظر استاد).

- الگوریتم‌های تصادفی: ارایه تعریف، رده‌های مربوط، به‌ویژه RP و ZP. ارایه چند مثال (ترجیحاً از مسایل قبلی) که با روش‌های تصادفی قابل حل هستند و مقایسه الگوریتم‌ها (مثلاً مسأله Sort می‌تواند در این قسمت مناسب باشد). ارایه روش‌های طراحی الگوریتم‌های تصادفی در حد امکان.
- الگوریتم‌های هوشمند: تأکید بر وجود مسایل سخت که در حال حاضر حتی با روش‌های قبلی نیز راه‌حل‌های مناسب ندارند. ایجاد انگیزه برای زمینه تخصصی هوش مصنوعی. ارایه ایده‌های اصلی طراحی الگوریتم‌های ابتکاری (با ارایه مثال مطابق نظر استاد). تأکید بر لزوم وجود ابزار نظری مربوط به همگرایی سیستم‌های دینامیکی گسسته و طرح ایده‌های اصلی قضیه‌های شبه‌ارگودیک (مثال زنجیر مارکوف و چگونگی کاربرد آن در طراحی الگوریتم برای مسائل شمارش و وجود، به‌ویژه الگوریتم‌های از نوع SA راه‌گشا هستند). ورود به موضوع محاسبات نرم (الگوریتم‌های نرم و داده‌های نرم) و ایجاد انگیزه‌های لازم در این مورد.
- مباحث منتخب برای تکمیل مفاهیم درس (با نظر استاد).

منابع:

1. R. K. Ahuja, T. L. Magnanti, J. B. Orlin, **Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications**, Prentice Hall, 1993.
2. T. H. Corman, C. E. Lisersion, and R.L. Rinest, **Introduction to Algorithms**, MIT Press, 2009.
3. J. Hromkovic, **Design and Analysis of Randomized Algorithms, Introduction to Design Paradigms**, Springer 2005.
4. J. Hromkovic, **Algorithms for Hard Problems**, Springer 2001.
5. B. Korte and J. Vygen, **Combinatorial Optimization, Theory and Algorithms**, Springer-Verlag, 2008.
6. E. Tardos and J. Kleinberg**, Algorithm Design**, Pearson 2006.
7. V. V. Vazirani**, Approximation Algorithms**, Springer 2001.

عنوان درس	فارسی	داده‌کاوی محاسباتی									
	انگلیسی	Computational data mining									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		جبر خطی یا اجازه استاد درس	
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد					

هدف

ایجاد مهارت‌های لازم در روش‌های محاسباتی برای داده‌کاوی و خوشه‌بندی‌داده‌ها به همراه آشنایی با کاربردها در علوم کامپیوتر.

سرفصل درس

روش‌های محاسباتی ماتریسی شامل تجزیه‌های ماتریسی مثلثی برای ماتریس‌های نامتقارن و متقارن (تجزیه‌ی چولسکی)، تجزیه‌های متعامد QR وSVD ، محاسبه‌ی مقادیر ویژه و مقادیر تکین، برازش داده و حل مساله‌ی کمترین مربعات خطی، تجزیه‌ی تانسوری، خوشه‌بندی شامل الگوریتم k-میانگین‌ها و تجزیه‌ی ماتریس‌های نامنفی، کاربردهای داده‌کاوی در تشخیص الگو از قبیل رده‌بندی رقم‌های دست‌نوشته، کاوش متن، رتبه‌بندی صفحه در موتور جستجوی وب، بازیابی کلمات و جملات کلیدی، و شناسایی تصویر با SVD تانسوری. از موارد تاکید درس استفاده‌ی هوشمندانه از نرم‌افزارهای محاسباتی موثر (Matlab و Mathematica) برای داده‌کاوی مربوط به مسایل عملی است.

منابع

1. Elden, L.**, Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition**, SIAM, 2007.
2. Kantardzic, M., **Data Mining: Concepts, Models, Methods and Algorithms**, John Wiley and Sons, 2003.

عنوان درس	فارسی	وارسی‌گر مدل								
	انگلیسی	Model Checking								
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد			

هدف:

سرفصل درس

سیستم‌های انتقالی، آشنایی با جبر پردازنده‌ها، سیستم‌های همزمان، خواص خطی-زمانی سیستم، منطق زمانی LTL، درستی‌یابی خواص خطی-زمانی، منطق زمانیCTL*، تجرید، روش‌های کاهش تعداد حالت‌ها، درستی‌یابی سیستم‌های احتمالی، آشنایی با وارسی‌گر مدل SPIN.

منابع

1. C. Baier, J. Katoen, **Principles of Model Checking**, MIT Press, 2008.

عنوان درس	فارسی	اثبات خودکار									
	انگلیسی	Automated Reasoning									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد					

2. E. M. Clarke, O. Grumberg, and D. A. Peled, **Model Checking**. MIT Press, 1999.

هدف:

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 نذیری)، حساب لاندا (کاربرد آن در برنامه‌نویسی تابعی).

منابع

عنوان درس	فارسی	برنامه‌سازی منطقی								
	انگلیسی	Logic Programming								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد				

1. محمد اردشیر: **منطق ریاضی**. انتشارات هرمس. چاپ دوم. 1388

1. Jean Goubault-Larrecqm, Ian Mackie, **Proof Theory and Automated Deductions**. Springer, - 2001(2).

2. D. Van Dalen, **Logic and Structure, S**pringer, 2007.

هدف:

سرفصل درس

پارادایم برنامه‌نویسی توصیفی Declarative Programming، زبان برنامه‌سازی منطقی Prolog، روش Backtracking and Unification، لیست‌ها در پرولوگ، طراحی پایگاه دانش برای یک عامل هوشمند در پرولوگ، روش‌های جستجو، برنامه‌سازی منطق و یادگیری ماشین، برنامه‌سازی منطق استقرایی Inductive Logic Programming، برنامه‌سازی چندعاملی منطقی Goal (منطق شناختی)، برنامه سازی چندعاملی منطقی metatem (منطق زمانی).

عنوان درس	فارسی	معناشناسی صوری									
	انگلیسی	Formal Semantics									
			پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	3		-
حل تمرین: ندارد			**پروژه عملی**: دارد										

منابع

1. M. Bramer, **Logic Programming with Prolog**, Springer, 2005.
2. N. C. Rowe, **Artificial Intelligence through Prolog**, 1988.
3. N. Lavrace, S. Dzeroski, **Inductive Logic Programming**, 1993.
4. R. Bordini, **Multi-Agent Programming**, Springer, 2009.

هدف:

سرفصل درس

معناشناسی صوری زبان‌های برنامه نویسی، معناشناسی تابعی Denotational Semantics، حساب لاندا، معناشناسی بازگشتی ونقطه ثابت، نظریه دامنه Domain Theory، معناشناسی عملیاتی Operational Semantics، معناشناسی اصول موضوعی.

منابع:

عنوان درس	فارسی	توصیف صوری نرم‌افزار		
	انگلیسی	Formal Methods for Software Development		
نوع واحد	تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	

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

پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			-
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد				

هدف:

سرفصل درس

زبان Z زبانی صوری مبتنی بر منطق و نظریه مجموعه‌ها است که در توصیف و تحلیل نرم‌افزار بطور گسترده‌ای به کارگرفته می‌شود. این درس به معرفی زبان Z و ابزارها مبتنی بر آن می‌پردازد.

منابع:

1. J. Woodcock, J. Davies, Using Z: **Specification, Refinements, and Proof**, 1996.
2. D. Lightfoot, **Formal Specification using Z**, 2001.

عنوان درس	فارسی	درستی‌یابی نرم‌افزار								
	انگلیسی	Software Verification								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد				

هدف

سرفصل درس

منطق هوار Hoare Logic، منطق مرتبه اول، منطق دینامیک، توصیف صوری زبان برنامه‌سازی java، ابزار KEY

منابع:

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

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در منطق و روش‌های صوری									
	انگلیسی	Special Topics in Logic and Formal Methods									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		-	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد									**پروژه عملی**: دارد		

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش منطق و روش های صوری که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	محاسبات ماتریسی									
	انگلیسی	Matrix Computations									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		جبر خطی یا اجازه مدرس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد			

هدف:

سرفصل درس:

طرح و توسعه‌ی نرم‌افزارهای ریاضی برای محاسبات ماتریسی، روش‌های مستقیم تجزیه مثلثی برای دستگاه‌های مربعی و مستطیلی، حالات مخصوص مانند دستگاه‌های معین مثبت و تجزیه چولسکی، روش‌های ماتریس‌های تنک برای حل معادلات خطی، حل مسأله مقدار بردار ویژه با روش‌های تکراری، روش‌های حل برای مسأله کمترین مربعات خطی، تصویرسازی روی فضاهای برد و پوچ، مسائل رتبه ناقص، تجزیه‌های قائم، تجزیه مقادیر تکین، الگوریتم QR و محاسبه تجزیه مقادیر تکین (SVD)، روش‌های تکراری برای حل دستگاه‌های خطی شامل گوس – زایدل، SOR، روش‌های مزدوج و گرادیان‌های مزدوج، آنالیز و بررسی خطاهای محاسباتی، حساسیت دستگاه‌های خطی و پیچیدگی الگوریتم‌ها.

منابع:

1. G.H. Golub, and C.F. Van Loan, **Matrix Computations**, 3rd Edition, Johns Hopkins University Press, 1996.
2. J. Demmel, **Applied Numerical Linear Algebra**, SIAM, 1997.
3. L.N. Trefthen, and lll.D. Bau, **Numerical Linear Algebra**, SIAM, 1997.
4. G.W. Stewart, **Matrix Algorithms, Volume I: Basic Decompositions**, SIAM, 1998.

عنوان درس	فارسی	نرم‌افزار ریاضی پیشرفته									
	انگلیسی	Advanced Mathematical Software									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		آنالیز عددی 1	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد			

هدف:

سرفصل درس:

نرم‌افزار ریاضی برای انجام محاسبات علمی، قابلیت اعتماد، سرعت، انعطاف و انتقال‌پذیری نرم‌افزار ریاضی در رابطه با الگوریتم‌های عددی برای محاسبه توابع اولیه (شامل توابع مثلثاتی و الگوریتمی) دستگاه‌های خطی و غیرخطی، درونیابی، بهینه‌سازی، تقریب توابع، مشتقات و انتگرال معین، معادلات دیفرانسیل.

منابع

1. Buchanen, J.L. and Turner, P.R, **Numerical Methods and Analysis**, MC Graw-Hill, Inc, 1992.
2. Rice, J.R, **Numerical methods, Software, and Analysis**, Mc Graw-Hill, Inc, 1983.
3. Miller, W, **the Engineering of Numerical Software**, Prentice Hall, 1983.
4. Papers in ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS) and SIAM Journal on Scientific Computing.

عنوان درس	فارسی	برنامه‌ریزی خطی عددی								
	انگلیسی	Numerical Linear Programming								
دروس پیش‌نیاز	تعداد ساعت	تعداد واحد	نوع واحد							
			پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری	
			نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی
جبر خطی		3								
	پروژه عملی: دارد		حل تمرین: ندارد							

هدف:

سرفصل درس:

روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی خطی، روش‌های شاخه و کران و صفحه برشی برای مسأله‌های برنامه‌ریزی صحیح، روش‌های کلاسیک سیمپلکس اولیه، دوگان و اولیه – دوگان، نظریه دوگانی و حل مسأله‌های جریان در شبکه، حمل و نقل تخصیص، تحلیل حساسیت، روش کارمارکار و ارتباط با بهینه‌سازی غیرخطی، تبدیلات تصویری.

منابع:

1. M. Padberg**, Linear Optimization and Extension**, Second Edition, Springer-Verlag, 1999.

2- **برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی**، اثر لوئنبرگر، ترجمه نظام‌الدین مهدوی امیری و محمدحسین پورکاظمی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم 1385.

عنوان درس	فارسی	بهینه‌سازی غیرخطی عددی									
	انگلیسی	Numerical Nonlinear Optimization									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد					

هدف:

سرفصل درس:

جنبه‌های طرح و تحلیل و پیاده‌سازی الگوریتم‌های متنوع برای حل مسائل بهینه‌سازی نامقید و مقید، مقایسه نظری و عملی روش‌ها، روش‌های نیوتن و شبه نیوتن، روش‌های سکانت و مسیرهای مزدوج، برنامه‌ریزی درجه دوم و روش‌های بهینه‌سازی با قیود خطی و غیرخطی شامل جریمه‌ای، مانعی و لاگرانژ نیوتن، مسیرهای قابل قبول و الگوریتم‌های جستجوی خطی، ناحیه اعتماد، همگرایی و نرخ همگرایی.

منابع:

1. J. Nocedal, and S.J. Wright, **Numerical Optimization**, Springer-Verlag, 2nd Edition, 2006.
2. R. Fletcher, **Practical Methods of Optimization**, Prentice Hall, 1991.

عنوان درس	فارسی	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته								
	انگلیسی	Advanced Linear Programming								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه مدرس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد				

هدف:

سرفصل درس:

روش‌های پیشرفته در برنامه‌ریزی خطی شامل روش‌های نقطه درونی اولیه، دوگان و اولیه-دوگان و برنامه‌ریزی نیمه معین.

منابع:

1. S.J. Wright, **Primal-Dual Interior-Point Methods**, SIAM, Philadelphia, 1997.
2. Y. Ye, **Interior Point Algorithms**, John Wiley and Sons, Inc, 1997.

عنوان درس	فارسی	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته								
	انگلیسی	Advanced Nonlinear Optimization								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		جبرخطی عددی یا آنالیز عددی 1 یا محاسبات ماتریسی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد				

3. J. Rengegar, **A Mathematical View of Interior Point Methods in Convex Optimization**, SIAM, Philadelphia, 2001.

4. Y. Nestrov, and A.Nemirovskii, **Interior- Point Polynomial Algorithms in Convex programming**, SIAM, Philadelphia, 1993.

5. C. Roos, T. Terlaky, and J.-Ph. Vial, **Theory and Algorithms for Linear Optimization, An Interior Point Approach**, John Wiley and Sons, Chichester, 2001

هدف:

سرفصل درس

روش‌های پیشرفته عددی در بهینه‌سازی غیرخطی شامل تصویرسازی، روش‌های نقطه درونی، جریمه‌ای و لاگرانژی.

منابع

مقاله‌های علمی در مجلات معتبر بین‌المللی در زمینه‌های بهینه‌سازی شامل:

1. SIAM Journal on Optimization.
2. Mathematical Programming.
3. Optimization Theory and Applications.

عنوان درس	فارسی	جبرخطی عددی پیشرفته									
	انگلیسی	Advanced Numerical Linear Algebra									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		جبرخطی عددی یا محاسبات-ماتریسی یا اجازه استاد درس	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد			

هدف:

سرفصل درس:

الگوریتم‌های تکرای برای حل دستگاه‌های خطی (لانچوز و گرادیان‌های مزدوج)، روش‌های مبتنی بر زیرفضاهای کریلوف، الگوریتم‌های مستقیم مبتنی بر تصویر بر زیرفضاهای برد و پوچ برای حل دستگاه‌های خطی، رده الگوریتم‌های ابافی-برویدن-اسپدیکاتو (ABS) برای حل دستگاه‌های خطی حقیقی و صحیح (دستگاه‌های دیوفانتی) و مسأله کمترین مربعات غیر مقید، الگوریتم‌های محاسباتی برای حل مسائل مقادیر ویژه و مسائل مقادیر ویژه وارون و حل دستگاه‌های غیرخطی با خطی‌سازی.

منابع:

1. G.W. Steward, **Matrix Algorithms**,Volume 2: Eigensystems, SIAM, 2001.
2. M.T. Chu, and G.H. Golub, **Inverse Eigenvalue Problems**, Oxford University Press, 2005.
3. Y. Saad, **Iterative Methods for Sparse Linear Systems**, Second Ed, SIAM, 2003.
4. J. Abaffy, and E. Spedicato, **ABS Projection Algorithms: Mathematical Techniques for Linear and Nonlinear Equations**, Ellis Horwood Ltd, 1989.

عنوان درس	فارسی	تکنولوژی ماتریس‌های تنک								
	انگلیسی	Sparse Matrix Technology								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد		

هدف:

سرفصل درس:

روش‌های مستقیم و تکراری برای محاسبات جبر خطی عددی، تکنولوژی ماتریس‌های تنک شامل ساختمان داده‌های متنوع، روش‌های مبتنی بر نظریه گراف و روش‌های تکراری، الگوریتم‌های موازی.

منابع:

1. Y. Saad, **Iterative Methods for Sparse Linear Systems**, Second Edition, SIAM, 2003.
2. S. Pissanetsky, **Sparse Matrix Technology**, Academic Press, 1983.
3. A. George, and J. Liu, **Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems**, Prentice-Hall, 1981.

عنوان درس	فارسی	مدل‌سازی و طراحی هندسی									
	انگلیسی	Geometric Modeling and Design									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد					

هدف:

سرفصل درس:

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

منابع:

1. G. Farin, **Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design**, Fifth Edition, Morgan Kaufmann, 2001.
2. R.H. Bartels, B.A.Barsky, and J.C. Beatty, an **Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling**, Morgan Kaufmann, 1995.
3. S. Jaffard, Y.Meyer, and R.D.Ryan, **Wavelets, Tools for Science and Technology**, SIAM, 2001.

عنوان درس	فارسی	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه									
	انگلیسی	**Integer Programming and Networks**									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**					
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				3	48	جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی	

هدف:

سرفصل درس

برنامه‌ریزی صحیح و کران‌های اولیه و دوگان، درخت پوشای مینیمال در شبکه (روش‌های گرافی و الگوریتم کروسکال)، کوتاهترین مسیر در شبکه (الگوریتم فورد- بلمن و دایسترا)، جریان ماکسیمال در شبکه، قضیه جریان ماکسیمال- برش مینیمال، جریان با کمترین هزینه، مسأله‌های تخصیص و حمل و نقل، روش‌های برنامه‌ریزی پویا، شاخه و کران، صفحه برشی و آزادسازی لاگرانژی، تأکید درس بر مقایسه الگوریتم‌ها، بررسی پیچیدگی‌های محاسباتی و پیاده‌سازی آنها.

منابع

1. Wolsey, L.A, **Integer Programming**, Wiley, 1998.
2. Schrijver, A, **Theory of Linear and Integer Programming**, Wiley, 1999.

3. Nemhauser, G. and Wolsey, L.A, **Integer and Combinatorial Optimization**, Wiley, 1999.

عنوان درس										
	فارسی	**الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی**								
	انگلیسی	**Parallel Algorithms for Scientific Computing**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**				
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی	3	48	آنالیز عددی 1 یا اجازه استاد درس
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس:

رده‌بندی مدل‌های محاسبه و الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های اولیه شامل پویش، جستجو و مرتب‌سازی، روش‌های حل موازی برای دستگاه‌های خطی شامل حل مسأله چگال و تنک، روش‌های شبکه‌ای، پیش حالت‌سازی کریلوف، تقسیم‌بندی و افرازبندی، ضرب ماتریسی، تبدیل سریع فوریه، مقادیر ویژه، روش‌های اجزای متناهی، چند شبکه‌ای و گرادیان‌های مزدوج.

منابع

1. G. Andrews, **Foundation of Multithreaded, Parallel, and Distributed Computing**, Addison-Wesley, 1999.

2. A. Grama, G. Karypis, V. Kumar, and A. Gupta, **Introduction to Parallel Computing**, Second Ed, Addison-Wesley, 2003.

3. R. Bisseling, **Parallel Scientific Computations - A Structured Approach, BSP and MPI**, Oxford University Press, 2003.

4. M.H. Heath, Scientific Computing - An Introductory Survey, Second Ed, Mc Graw-Hill, 2005.

عنوان درس	فارسی	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی									
	انگلیسی	Numerical Stochastic Ordinary Differential Equations									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	آنالیز عددی 1 یا اجازه استاد درس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

سرفصل درس

انتگرال ایتو، فرمول ایتو مارتینگل‌ها، معادلات دیفرانسیل تصادفی، حل صریح معادلات دیفرانسیل تصادفی خطی، قضیه وجود و یگانگی قوی معادلات دیفرانسیل تصادفی با ضرایب لیپشیتز، روش اویلر، میلشتاین، معادلات دیفرانسیل تصادفی، تقریب قوی تیلور، تقریب قوی صریح، روش‌های چند مرحله‌ای، روش‌های قوی رانگه-کاتا، تقریب‌های ضعیف، تقریب ضعیف تیلور، پایداری ضعیف و قوی خطاها، پایداری لیاپانوف معادلات دیفرانسیل تصادفی، فضای احتمال گوسی، چندجمله‌ای هر میت نیم گروه اورنشتاین-اولنبک، حرکت براونی، بسط آشوب وینر، عملگر مشتق، انتگرال جزء به جزء، عملگر دیورژانس و انتگرال تصادفی، فضای سوبولوف گوسی، نظم و تقریب چگالی متغیرهای تصادفی، فرمول صریح برای چگالی، وجود و همواری چگالی و کاربرد آن در حل عددی ضعیف معادلات دیفرانسیل تصادفی.

منابع

1. P.E. Kloeden, and Platen, **Numerical Solution of Stochastic Differential Equations**, Springer–Verlag, 1992.
2. B. K. Oksendal, **Stochastic Differential Equations**, 6th Edition, 2001.
3. B. Kohatsu-Higa, A.Montero, and M. Malliavin, **Calculus in Finance, Handbook of Computational and Numerical Methods in Finance**, Birkhauser, 2003.

عنوان درس	فارسی	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی									
	انگلیسی	Numerical Stochastic Partial Differential Equations									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	معادلات دیفرانسیل تصادفی عادی، شبیه‌سازی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف:

سرفصل درس

معادلات دیفرانسیل تصادفی پاره‌ای حرارت (سهموی) موج (هزلولوی) شامل: مثال‌های پایه‌ای، خوش طرح بودن، وجود و یکتائی جواب، بررسی هموارای جواب تصادفی و گشتاورهای آن، تقریب عددی مسیرهای جواب با روش تفاضلات متناهی (در زمان) و تقریب عددی مسیرهای جواب با روش الم متناهی (در مکان) و شبیه‌سازی آن به کمک روش مونت-کارلو، نرخ همگرایی قوی و ضعیف طرح، محاسبه خطای گشتاور دوم و p ام، حل عددی معادلات با نوفه لوی.

منابع

1. T. Caraballo, P.E. Kloeden, **The pathwise numerical approximation of stationary solutions of semilinear stochastic evolution equations,** Volume 53, number3, 301-315 Applied Mathematics and Optimization, 2006 - Springer.
2. A Jentzen, **Pathwise numerical approximations of SPDEs with additive noise under non-global Lipschitz coefficients,** Volume 31, Number 3, 375-303, Potential Analysis, 2009 - Springer.
3. J. B. Walsh, **on numerical solutions of the stochastic wave equation**, Illinois J. Math. Volume 50, Number 1-3 (2006), 991-1018.
4. J. B. Walsh, **Finite Element Methods for Parabolic stochastic PDE's**, Volume 23, 1-33, Potential Analysis, 2005 - Springer.

عنوان درس	فارسی	شبیه‌سازی پیشرفته									
	انگلیسی	**Advanced Simulation**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	نظریه احتمال و فرآیندهای تصادفی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

سرفصل درس

تولید اعداد و متغیرهای تصادفی: مفاهیم پایه‌ای مونت-کارلو، مولدهای همنهشتی خطی (LCG) (Linear Congruential Generators)، پیاده‌سازی و ساختار شبکه‌ای روش LCG، روش‌های عمومی نمونه‌گیری: روش تبدیل وارون و روش رد و قبول، متغیرها و بردارهای تصادفی نرمال. تولید مسیر برای فرآیندهای تصادفی: حرکت براونی یک- بعدی و چند- بعدی، حرکت براونی هندسی، تولید مسیر برای فرآیندهای پخش (Diffusion Processes). روش‌های تقلیل واریانس: روش متغیرهای کنترلی (Control Variables Method)، روش متغیرهای متضاد (Antithetic Variables Method)، روش نمونه‌گیری طبقه‌ای (Stratified Sampling)، روش نمونه‌گیری نقاط مهم (Importance Sampling). روش‌های شبه مونت-کارلو: معیارهای پخش شدن نقاط، دنباله‌های « فان-در کورپات»، « هالتون»، « همرسلی»، « فاور» و « سوبول»، قضیه «کوکسما- هلاوکا».

منابع

1. P. Glasserman, **Monte Carlo Methods in Financial Engineering**, Springer-Verlag, 2003.
2. J.S. Dagpunar, **Simulation and Monte Carlo**, John Wiley and Sons, 2007.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در محاسبات علمی								
	انگلیسی	Special Topics in Scientific Computing								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	اجازه استاد درس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش محاسبات علمی که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	نظریه محاسبه پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Theory of Computing**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	نظریه محاسبه یا اجازه استاد درس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

برنامه‌ها و توابع محاسبه پذیر، مثال (syntax) ماکروها، توابع بازگشتی اولیه، ترکیب، بازگشت، طبقات PRC، گزاره‌های بازگشتی اولیه عملیات تکراری و Quantifier محدود، مینیمم سازی، ترویج توابع و اعداد گودل، مساله توقف (Halting)، مجموعه‌های شمارش‌پذیر بازگشتی، قضیه پارامتر، قضیه بازگشتی، قضیه رایس، محاسبه رشته‌ها، نمایش عددی رشته‌ها، برنامه‌های Post-Turing، فراروندها و گرامرها، فراروندهای Semi-Thue، شبیه سازی ماشین‌های تورینگ غیرقطعی با فراروندهای Semi-Thue، مساله ارتباطات، نظریه Quantification، زبان منطق گزاره‌ها، Semantics، قضیه هربراند، فشردگی و شمارش پذیری، قضیه ناکامل گودل (Godel'd Incompleteness Theorem).

منابع

1. M.D. Davis, R. Sigal and and E.J. Weyuker, **Computability, Complexity and Languages**, Academic Press, Second Edition, 1994.

2. H. Rogres, **Theory of Recursive Functions and Effective Computability**, Mc-Graw Hill, 1967.

عنوان درس	فارسی	نظریه بازگشت و محاسبه‌پذیری								
	انگلیسی	**Recursion Theory**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	اجازه استاد درس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

سرفصل درس

هدف این درس بررسی منطقی، صوری و فلسفی مفاهیم اساسی محاسبه‌پذیری، تصمیم‌پذیری و حل ناپذیری در منطق ریاضی است. پاسخ به پرسش‌هایی چون اثبات چیست؟ - حل پذیری چیست؟ و قضایایی چون قضیه بازگشت و قضیه ناتمامیت گودل از مباحث درس است. همچنین ابرمحاسبه‌گرها و محاسبه پیوسته در برابر تز چرچ-تورینگ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

منابع

1. J. Woodcock, J. Davies, **Using Z: Specification, Refinements, and Proof**, 1996.
2. D. Lightfoot, **Formal Specification using Z**, 2001.

عنوان درس	فارسی	پیچیدگی محاسبه									
	انگلیسی	Computational Complexity									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

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).

منابع

1. Arora, Sanjeev, Barak, Boaz, **Computational Complexity. A Modern Approach**, Cambridge University Press, Cambridge, 2009. xxiv+579 pp
2. Du, Ding-Zhu, Ko, Ker-I, **Theory of Computational Complexity**, Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization. Wiley-Interscience, New York, 2000. xiv+391 pp.
3. Papadimitriou, H. Christos, **Computational Complexity**, Addison-Wesley Publishing Company, Reading,MA, 1993. xvi+523 pp.
4. Goldreich, Oded, **Computational Complexity: A Conceptual Perspective**. Cambridge University Press, Cambridge, 2008. xxiv+606 pp.

عنوان درس	فارسی	پیچیدگی محاسبه پیشرفته									
	انگلیسی	Advanced Computational Complexity									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

سرفصل درس

یادآوری مفاهیم اصلی، کلاس‌های پیچیدگی زمانی و حافظه بسیار کوچک و قضایای مربوطه، ماشین‌های تورینگ تصادفی و کلاس‌های پیچیدگی مربوطه و روابط آنها BPP، PP، ZPP، RP، Derandomization، اثبات‌های تعاملی و کلاس‌های IP، AM و MA و قضیه اصلی IP=PSPACE و بحث در مورد تکنیک‌های آن، قضیه PCP و بحث در مورد اثبات‌های مختلف آن، کلاس‌های مرتبط با الگوریتم‌های تقریبی و بحث تقریب‌پذیری و نتایج منتج از قضیه PCP در این رابطه، پیچیدگی مداری، قضیه Razborov و کلاس‌های NC، لم Hastad، پیچیدگی حسابی (Arithmetic) و مسائل مربوط به آن، پیچیدگی شمارشی و کلاس #P و قضیه Toda، تولید اعداد شبه تصادفی، Expander ها و Extractorها و توابع یک طرفه و ارتباط آنها، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

منابع

1. Arora, Sanjeev, Barak, Boaz, **Computational Complexity. A Modern Approach**, Cambridge University Press, Cambridge, 2009. xxiv+579 pp.
2. Du, Ding-Zhu, Ko, Ker-I, **Theory of Computational Complexity**, Wiley-Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization. Wiley-Interscience, New York, 2000. xiv+391 pp.
3. Papadimitriou, Christos H, **Computational Complexity**, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, 1993. xvi+523 pp.

4. Goldreich, Oded, Computational Complexity. **A Conceptual Perspective**. Cambridge University Press, Cambridge, 2008. xxiv+606 pp.

عنوان درس	فارسی	الگوریتم‌های موازی								
	انگلیسی	**Parallel Algorithms**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

معماری‌های موازی و مدل محاسباتی، روش‌های نوشتن برنامه‌های موازی، تحلیل الگوریتم‌های موازی، الگوریتم‌های موازی مبتنی بر حافظه مشترک، توپولوژی شبکه‌های پردازنده‌های موازی (mesh, torus hypercube)، مرتب‌سازی و مسیریابی موازی، ابزارهای نوشتن الگوریتم‌های موازی مانند LAM-MPI، کاربرد الگوریتم‌های موازی در حل مسائل ریاضی مانند حذف گاوسی، مسائل ماتریسی، تبدیل فوریه، روش‌های تکراری حل دستگاه معادلات و مشتقات جزئی.

منابع

1. Behrooz Parhami, **Introduction to Parallel Processing: Algorithms and Architectures**, Plenum Press, 2000.
2. F.T. Leighton, **Introduction to Parallel Algorithms and Architectures: Arrays, Trees, Hypercubes**, Morgan Kaufmann, 1992.

عنوان درس	فارسی	الگوریتم‌های تصادفی								
	انگلیسی	Randomized Algorithms								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف

سرفصل درس

پارادایم‌های طراحی الگوریتم‌های تصادفی، ابزارهای مورد نیاز شامل مبانی احتمال، مدل محاسباتی و کلاس‌های پیچیدگی تصادفی، محدوده‌های تصادفی مانند Chernoff حده، زنجیره‌های مارکف و پیمایش تصادفی، روش‌های احتمالی و احتمال شرطی، روش‌های مبتنی بر نظریه بازی‌ها و نمونه‌برداری و انحراف، روش‌های جبری، داده‌ساختارهای تصادفی، کاربرد الگوریتم‌های تصادفی در هندسه محاسباتی، برنامه‌ریزی خطی، گراف و شمارش.

منابع

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

عنوان درس	فارسی	طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها									
	انگلیسی	**Design and Analysis of Algorithms**									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف:

سرفصل درس

داده‌ساختارهای پیشرفته مانند درخت‌های پایا، هیپ فیبوناچی، تحلیل استهلاکی، شبکه شاره و کاربردهای آن، مرتبه پیچیدگی و تقلیل مسائل، نمونه‌هایی از الگوریتم‌های تقریبی، مدل‌های غیر استاندارد تحلیل و طراحی الگوریتم مانند حافظه خارجی و مدل جویباری، تطبیق رشته (جستجو در رشته‌های حرفی)، تحلیل تصادفی الگوریتم‌ها و مباحث جدید در طراحی الگوریتم‌ها.

منابع

1. T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, and C. Stein, **Introduction to Algorithms**, MIT Press, 2001.
2. Motwani and Raghavan, **Randomized Algorithms**, Cambridge University Press, 1995.
3. Nancy Lynch, **Distributed Algorithms**, Morgan Kaufmann Publishers, 1996.
4. RE Tarjan, **Data Structures and Network Algorithms**, SIAM, 1983.
5. Groetschel, Lovasz, Schrijver (aka GLS), **Geometric Algorithms and Combinatorial Optimization**, Springer-Verlag, 1993.
6. Vijay Vazirani, **Approximation Algorithms**, Springer, 2010.

عنوان درس	فارسی	مبانی نظری رمزنگاری								
	انگلیسی	Foundations of Theoretical Cryptography								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری				
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی	3	48	
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

یادآوری مبانی نظریه محاسبه و نظریه پیچیدگی محاسبه بالاخص کلاس‌های P، NP و همچنین کلاس‌های پیچیدگی محاسباتی احتمالی ZPP، RP، BPP، PP، مفاهیم اصلی رمزنگاری از جمله الگوریتم‌های رمز دنباله‌ای (متقارن) و کلیه عمومی (نامتقارن)، مولدهای شبه‌تصادفی، امضاهای دیجیتال، اثبات‌های بدون انتقال دانش، تعاریف مختلف تابع یک‌طرفه و طرح مسئله اصلی حمله در رمزنگاری در حالت P≠NP، تعریف اصلی مسئله رمزنگاری NP-BPP≠∅ و تعریف اصلی تابع یک‌طرفه، Hardcore Predicates، مولدهای شبه تصادفی و ارتباط آنها با توابع یک‌طرفه، اثبات‌های بدون انتقال دانش و ارتباط آنها با توابع یک‌طرفه، امضاهای دیجیتال و اهمیت آنها و ارتباط با توابع یک‌طرفه، توابع Hash و امنیت آنها و ارتباط با توابع یک‌طرفه، پروتوکل‌های رمزنگاری و امنیت آنها و ارتباط با نظریه وارسی رسمی سیستم‌ها (Formal Verification)، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

منابع

1. Goldreich, Oded, Foundations of cryptography. II. **Basic Applications, Cambridge University Press**, Cambridge, 2003. pp. i–xxii and 373–798.
2. Goldreich, Oded, **Foundations of Cryptography: Basic Tools**, Cambridge University Press, Cambridge, 2001. xx+372 pp.
3. Goldreich, Oded, **Modern Cryptography, Probabilistic Proofs and Pseudorandomness, Algorithms and Combinatorics, 17**. Springer-Verlag, Berlin, 1999. xvi+182 pp.
4. Talbot, John, Welsh, Dominic, **Complexity and Cryptography. An Introduction**, Cambridge University Press, Cambridge, 2006. xii+292 pp.

عنوان درس	فارسی	نظریه پیشرفته گراف‌ها								
	انگلیسی	**Advanced Graph Theory**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	گراف‌ها و الگوریتم‌ها
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

این درس دنباله درس گراف‌ها و الگوریتم‌ها خواهد بود و مطالبی را که دانشجویان عمیقاً در درس قبلی یادگرفته‌اند در سطح تحقیقاتی تمرین خواهند کرد. از هر مبحثی در درس قبلی قضیه‌های جدید کشف شده و حدس‌های اثبات شده بحث خواهد شد و البته علایق شخصی استاد نیز دخیل می‌باشد. تأکید بر اثبات و الگوریتم است. مباحثی که در درس گراف‌ها و الگوریتم‌ها معرفی شده است در این درس به‌طور مشروح بحث شده و گسترش خواهد یافت.

منابع

1. R. Diestel, **Graph Theory**, Springer-Verlag, 2005
2. B. Bollobas, **Modern Graph Theory**, Springer-Verlag, 1998.

عنوان درس	فارسی	الگوریتم‌های ترکیبیاتی								
	انگلیسی	Combinatorial Algorithms								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف

هدف از ارایه این درس آشنایی دانشجویان با اشیای ترکیبیاتی و الگوریتم‌هایی است که برای تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی انها استفاده می-شوند. در این درس، دانشجویان، علاوه بر مشاهده این الگوریتم‌ها، با موضوعات تحقیقاتی مربوط نیز آشنا می شوند، و کاربردهای استفاده از این الگوریتم ها را در حل مسایل پژوهشی نیز می‌بینند.

سرفصل درس

۱. مقدمه‌ای بر ساختارها، اشیا و الگوریتم‌های ترکیبیاتی.

۲. مفاهیم تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی اشیای ترکیبیاتی.

۳. تولید زیر مجموعه‌ها در ترتیب قاموسی و گری کد.

۴. تولید زیر مجموعه‌های k عضوی در ترتیب قاموسی، عکس قاموسی و حداقل تغییر.

۵. تولید جایگشت‌ها در ترتیب قاموسی و حداقل تغییر.

۶. افراز اعداد، اعداد بل و استرلیگ و تولید، رتبه گذاری و رتبه گشایی همه افرازهای یک مجموعه n تایی یک مجموعه.

۷. درختان برچسب‌دار و خانواده کاتلن.

۸. الگوریتم‌های برگشت به عقب و شاخه و حد برای تولید اشیای ترکیبیاتی و حل مسایل ترکیبیاتی مانند یافتن کلیک گراف، کوله پشتی و فروشنده دوره گرد.

۹. الگوریتم‌های مکاشفه‌ای برای تولید اشیاء و حل مسایل ترکیبیاتی مانند افراز گراف‌ها و سیستم‌های سه‌تایی اشتاینر.

منابع

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

عنوان درس	فارسی	**گراف‌ها و الگوریتم‌ها**							
	انگلیسی	**Graphs and Algorithms**							
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

قضیه‌های مرکزی، نظریه گراف با اثبات عرضه می‌شوند. تمرکز بر اثبات‌های الگوریتمی خواهد بود. همچنین کاربردهای واقعی از این مباحث ارائه می‌شود. نظریه رمزی و قضیه‌های آن، گراف‌های دوبخشی، هامیلتونی (قضیه دیراک و غیره)، مبحث کامل درخت ها، تطابق‌ها (قضیه تات، برژ) تجزیه گراف‌ها

(قضیه 1 – تجزیه پیترسن)، تطابق در گراف‌های دو بخشی (قضیه فیلیپ هال و کونیک-ایگرواری)، همبندی رأسی و یالی، رده‌بندی گراف‌های 2 و 3- همبند، قضیه ویتنی و قضیه‌های منگر، عدد رنگی رأسی (قضیه بروکس، قضیه توران)، عدد رنگی یالی (قضیه ویزینگ و اندیس گراف‌های دو بخشی)، رنگ‌آمیزی لیستی، لم هسته و قضیه گالوین، گراف‌های مسطح و قضیه کوراتاوسکی، عدد رنگی لیستی گراف‌های مسطح، قضیه انتخاب-پذیری توماسن، معرفی مباحثی مانند روش‌های احتمالاتی، مسائل پیچیدگی محاسبات در گراف‌ها، شار و جریان در شبکه‌ها، گراف‌های جهت‌دار و تورنمنت‌ها، گراف‌های بی‌نقص و رنگ‌آمیزی‌های مختلف، برخورد جبرخطی به گراف‌ها.

منابع

1. D. West, **Introduction to Graph Theory**, 2001.

2. J. A. Bondy, and U.S.R. Murty, **Graph Theory**, latest edition, 2008.

عنوان درس	فارسی	**الگوریتم‌های تقریبی**								
	انگلیسی	**Approximation Algorithms**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

ضرورت الگوریتم‌های تقریبی NP-complete و NP-Hardness، نمونه‌هایی از الگوریتم‌های تقریبی برای مسائل NP-complete، کلاس‌های پیچیدگی الگوریتم‌های تقریبی، PTAS و FPTAS،

روش‌های گردکردن تصادفی، حل تصادفی برنامه‌ریزی خطی و روش‌های Primal-Dual و Semidefinite Programming، relaxation .

منابع

1. V. Vazirani. **Approximation Algorithms**. Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2001.
2. J. Hromkovic, **Algorithms for Hard Problems**, Springer-Verlag Berlin Heidlberg, 2001.

عنوان درس	فارسی	**هندسه محاسباتی**								
	انگلیسی	**Computational Geometry**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

اشیاء هندسه مانند نقطه، خط، پاره‌خط، چندضلعی و چندوجهی در فضای چندبعدی هندسی و نحوه مدلسازی و نمایش آنها، تقاطع پاره‌خط‌ها، اشتراک نیم‌صفحه‌ها، مثلث‌بندی، پوش محدب، نمودار ورنوی، مثلث‌بندی دلونی، جستجوی بازه، داده‌ساختارهای هندسی برای مکان‌یابی و جستجو اشیاء هندسی، برنامه‌ریزی حرکت.

منابع

1. Mark de Berg, Otfried Cheong, **Marc van Kreveld, and Mark Overmars, Computational Geometry**, Springer, 2010

عنوان درس	فارسی	ترکیبیات								
	انگلیسی	Combinatorics								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	آنالیز ترکیبی I
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

قضیه‌های مرکزی ترکیبیات با اثبات عرضه می‌شوند. تمرکز بر اثبات‌های الگوریتمی خواهد بود. همچنین کاربردهائی واقعی از این مباحث در مسائل روزمره و در دیگر مباحث ریاضی ارائه خواهد شد.

مباحث مربوط به انتخاب سیستم‌های نمایندگی متمایز، قضیه فیلیپ هال و روش‌های اثبات آن، مربع‌های لاتین، مربع‌های لاتین متعامد (قضیه بوس-استیونز)، استفاده از میدان‌های متناهی، صفحه‌های تصویری متناهی، آرایه‌های متعامد، پرمننت‌ها (قضیه ماتریس‌های تصادفی دوگانه و اشاره به حدس رد شده واندروردن)، استفاده از پرمننت‌ها برای تعیین مجانبی تعداد مربع‌های لاتین، طرح‌های بلوکی اعم از t- طرح‌ها و BIBDها، طرح‌های پوششی و بسته‌بندی سیستم‌های سه‌گانه اشتاینر (STSها)، ساختارهای این طرح‌ها، قضیه براک- رایزر- چولا ماتریس‌های هادامار و ارتباط آن‌ها با بقیه مباحث همراه با کاربرد، معرفی نظریه کدها و نظریه رمزها با دید ترکیبیاتی، مجموعه‌های بزرگ، ارتباط‌ها با نظریه گراف.

منابع

1. J.H. van Lint and R. M. Wilson, **A Course in Combinatorics**, Cambridge University Press, (Second Ed. 2001).

عنوان درس	فارسی	**ترکیبیات ساختمند**								
	انگلیسی	**Constructive Combinatorics**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

این درس دنباله درس ترکیبیات خواهد بود و مطالبی را که دانشجویان عمیقاً در درس قبلی یاد گرفته‌اند در سطح تحقیقاتی تمرین خواهند کرد. در هر مبحثی در درس قبلی قضیه‌های جدید کشف شده و حدس‌های اثبات شده بحث خواهد شد و البته علایق شخصی استاد نیز دخیل می-باشد. تأکید بر اثبات و الگوریتم است. مباحثی از قبیل رد حدس اویلر، شرط لازم و کافی برای وجود سیستم‌های سه‌گانه کرک‌من، اثبات حدس واندرواردن درباره پرمننت‌ها، روش‌های ساخت در ترکیبیات و اشیای ترکیبیاتی، روش تفاضلی در طرح‌های بلوکی، روش بازگشتی هنانی، قضیه دترمینان ماکسیمم هادامارد، عدم وجود دو مربع لاتین متعامد از مرتبه هفت.

منابع

منبع درس ترکیبیات به علاوه مقالات تحقیقی.

عنوان درس	فارسی	آنالیز محاسباتی									
	انگلیسی	**Computational Analysis**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	منطق آنالیز ریاضی، ریاضی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف:

سرفصل درس

در این درس به مطالعه اینکه چه توابع و عملگرهایی در آنالیز محاسبه پذیر هستند و شکل محاسبه‌پذیر قضایای آنالیز همانند هانباناخ و بیر چگونه خواهد بود، پرداخته می‌شود. منطق ساختی، محاسبه‌پذیری و ماشین‌های تورینگ نوع 2، محاسبه‌پذیری روی فضای کانتور، اعداد حقیقی و توابع حقیقی محاسبه‌پذیر، مجموعه‌های بسته و فشرده محاسبه‌پذیر، عملگرهای محاسبه‌پذیر انتگرال و مشتق روی فضای توابع پیوسته و تحلیلی، پیچیدگی محاسبه (پیدا کردن صفر توابع)، فضاهای هیلبرت، قضیه هانباناخ، قضیه بیر.

منابع

1. K. Weihrauch, **Computable Analysis, an Introduction**, Springer, 2000.
2. D. Bridges, L.S. Vita, **Techniques of Constructive Analysis**, Springer, 2006.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در نظریه محاسبه								
	انگلیسی	Special Topics in Theory of Computing								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	هوش مصنوعی پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced AI**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

در این درس مباحث پیشرفته هوش مصنوعی در سه بخش یادگیری (Learning)، استدلال (Reasoning) و برنامه‌ریزی (Planning) مطرح می‌شود. دانشجو 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.

منابع

1. D. L. Poole, A. K. Mackworth, **Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents**, Cambridge University Press, 2010.

عنوان درس	فارسی	**سیستم‌های خبره**									
	انگلیسی	**Expert Systems**									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف:

سرفصل درس

پارادیم سیستم‌های خبره، معماری‌سیستم‌های خبره، ابزارهای کمکی در سیستم‌های خبره، استنتاج بر مبنای قانون، کسب و استخراج نیازها، استدلال ماشینی، یادگیری ماشینی، اثبات نظریه، داده‌کاوی، ساختارهای مبتنی بر دانش، مدیریت عدم قطعیت، راستی آزمایی و اعتبارسنجی، پیاده‌سازی سیستم‌های خبره.

منابع

1. A.J. Gonzalez and D. D. Dankel, **the Engineering of Knowledge-Based Systems**, Prentice Hall, 2000.

عنوان درس	فارسی	پردازش زبان‌های طبیعی								
	انگلیسی	Natural Languages Processing								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

مباحثی از پردازش زبان چون مدلسازی، صورت‌بندی و الگوریتم‌های مرتبط که در مراحل تحلیل (تحلیل نحوی، تحلیل معنایی و ...) و تولید یک متن به کار گرفته می‌شوند، می‌بایست توسط مدرس پوشانده شود.

منابع

1. D. Jurafsky, J. H. Martin, **Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistic, and Speech Recognition**, Prentice Hall, 2009.
2. V. A. Fomichov, **Semantics Oriented Natural Language Processing: Mathematical Models and Algorithms**, Springer, 2010.

عنوان درس	فارسی	سیستم‌های دینامیکی گسسته								
	انگلیسی	**Discrete Dynamical Systems**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

آشنایی مقدماتی با سیستم‌های دینامیکی گسسته کلاسیک و خطی شامل سیستم‌های یک بعدی و چند بعدی مرتبه اول، شامل مقادیر اولیه و دسته‌بندی این سیستم‌ها بر اساس رفتار جواب، ورودی به سیستم‌های مرتبه بالاتر با مثال‌هایی از سیستم‌های مرتبه دو و بررسی این سیستم‌ها با استفاده از مقادیر ویژه و بردارهای ویژه. آشنایی با سیستم‌های غیرخطی، ورودی به نظریه جبرهای Max-plus و دایویدها، آشنایی با سیستم‌های دینامیکی گسسته مبتنی بر مدل event-graph، سیستم‌های غیرخطی انتقال ناوردا و تحلیل آنها مباحث منتخب با نظر استاد از قبیل تبدیلات فنشل و نظایر آن، ارتباط با سیستم‌های تصادفی و مدل‌های مربوطه، Petri Net و ...

منابع

1. J O. Galor, **Discrete Dynamical Systems**, Springer-Verlag Berlin Iteidelberg, 2007.
2. F. Baccelli, G. Cohen, G.J. Olsder, J. P. **Quadrat, Synchronization and Linearity: Algebra for Discrete Event Systems**, 1992.

عنوان درس	فارسی	الگوریتم‌های هوشمند									
	انگلیسی	Intelligent Algorithms									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48		
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

سرفصل درس

معرفی سیستم‌های هوشمند، روش‌های هوشمندسازی سیستم‌ها، مبانی جبر خطی و مدل‌های توسعه یافته خطی، یادگیری مبتنی بر نمونه، درخت تصمیم، ادراک چند لایه، خوشه‌بندی، قواعد رده‌بندی، قواعد پیوند (Association Rules)، رگرسیون و پیش‌بینی عددی، Intelligent Agents، آداب و مخاطرات سیستم‌های هوشمند، آینده سیستم‌های هوشمند، معرفی الگوریتم‌های فازی، ژنتیکی، شبکه‌های عصبی.

منابع

1. J Stuart Russell and Peter Norvig, Artificial Intelligence: **A Modern Approach**, 2nd edition, Prentice Hall, 2003.
2. Ian H. Witten and Eibe Frank, **Data Mining**, 2nd edition, Morgan Kaufmann Publishers, 2005. David
3. Hand, Heikki Mannila, and Padhraic Smyth, **Principles of Data Mining**, MIT Press, 2001.
4. Michael J. A. Berry and Gordon S. Linoff, **Data Mining Techniques**, John Wiley & Sons, 2003.
5. Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, **Pattern Classification**, 2nd Edition, Wiley-Interscience, 2001

عنوان درس	فارسی	بهینه سازی شبکه پیشرفته									
	انگلیسی	Advanced Network Optimization									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری			3		-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: ندارد								**پروژه عملی**: دارد			

هدف:

آشنایی با مفاهیم پیشرفته بهینه سازی شبکه و کاربردهای آن در مسایل بزرگ مقیاس مورد توجه است.

سرفصل درس:

شبکه های غیرخطی، روشهای زیرگرادیانی برای مسایل شبکه، مسایل شبکه با هزینه های محدب، مسایل شبکه با قیود عدد صحیح، شبکه های تعمیم یافته، آزادسازی لاگرانژ در بهینه سازی شبکه، جریانهای چند محموله ای، مسایل طراحی شبکه و تخصیص توان، الگوریتمهای ابتکاری برای حل مسایل شبکه، مسایل شبکه ها تحت شرایط تعادل ترافیک، کنترل بهین در شبکه، الگوریتم های تجزیه دانتزیک ولف برای مسایل شبکه، الگوریتم های تجزیه بندرز برای مسایل شبکه، کاربردهای پیشرفته شبکه در توسعه و مدیریت شبکه

منابع

1. D.P. Bertsekas, Network Optimization: Continuous and Discrete Models, Athena Scientific, 1998.
2. R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J.B. Orlin , Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications, Prentice-Hall, 1993 .
3. A. Ogunbanwo, A. Williamson, M. Veluscek R. Izsak, T. Kalganova, P. Broomhead, Transportation Network Optimization, Encyclopedia of Business Analytics and Optimization, 2014

4. Yosef Sheffi, Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice-Hall, 1992.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در هوش مصنوعی								
	انگلیسی	Special Topics in AI								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در محاسبات نرم									
	انگلیسی	Special Topics in Soft Computing									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	طراحی نرم‌افزار پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Software Engineering**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

متدلوژی‌های تولید نرم‌افزار، مهندسی نیازها، مدلسازی شی‌گرا، الگوهای طراحی، مدیریت پروژه و خطر، مدلسازی و تحلیل تابعی، معیارها و اندازه‌گیری در نرم‌افزار، تست نرم‌افزار، توصیف رسمی و وارسی برنامه.

منابع

1. E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, Design Patterns: **Elements of Reusable Object-Oriented Software**, Addison-Wesley, 1995.

2. Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson, **the Unified Modeling Language User Guide**, Addison-Wesley, 2005.

عنوان درس	فارسی	سیستم عامل پیشرفته								
	انگلیسی	Advanced Operating System								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

سرفصل درس

اصول سیستم عامل، معماری‌های مختلف طراحی سیستم عامل، مدیریت فرآیندها، اطمینان و امنیت، زمانبندی فرآیندها، همزمانی، ارتباط بین فرآیندها، ارزیابی کارایی الگوریتم‌های زمانبندی، پروتکل‌های ارتباطی، سیستم عامل شبکه‌ای و توزیع شده، شی‌گرایی در سیستم عامل.

منابع

1. J A.Silberschatz, P. B. Galvin and G. Gagne, **Operating System Concepts**, 7th Edition, Addison Wesley, 2003.
2. A. Tanenbaum, **Modern Operating Systems**, 3rd Edition,Prentice-Hall, 2007.

عنوان درس	فارسی	پایگاه داده پیشرفته									
	انگلیسی	**Advanced Database**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف:

سرفصل درس

مدل‌های پایگاه اطلاعاتی شامل موجودیت-رابطه، سلسله مراتبی، شبکه‌ای، تابعی، شی‌گرا و منطق‌گرا، طراحی سیستم‌های مدیریت پایگاه داده، امنیت در پایگاه داده، پایگاه داده توزیع شده، کنترل همروندی در پایگاه داده و پردازش تراکنش‌ها، سطوح حل مسأله همروندی و مهرزمانی، پشتیبان‌گیری و بازیافت، Rollback، پایگاه داده‌های بسیار حجیم، کاربردهای جدید پایگاه داده.

منابع

1. E.F Codd, **the Relational Model for Database Management**, Ver 2, Addison Wesley, 1990.
2. T.M. Connolly, and C.E. Begg, Database Systems: **A Practical Approach to Design, Implementation, and Management**, 3rd Edition, New York: Addison-WesleyPublishing. 2003.
3. Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe, **Fundamentals of Database Systems**, Fifth edition, Addison-Wesley, 2006.

عنوان درس	فارسی	سیستم‌های بی‌درنگ								
	انگلیسی	Real Time Systems								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

کاربردهای سیستم‌های بلادرنگ، سیستم‌های بلادرنگ نرم و سخت، مدل مرجع برای سیستم‌های بلادرنگ، زمانبندی ایستا و پویا در حالت تک‌پردازنده، Intractability برای سیستم‌های قبضه‌ای و غیرقبضه‌ای، تسهیم منابع در سیستم‌های چندپردازه‌ای، سیستم‌های بلادرنگ روی معماری‌های توزیع شده و چندپردازنده‌ای، زمانبندی اولویت‌دار برای وظایف دوره‌ای و یک‌باره، سیستم‌های ترکیبی شامل بلادرنگ و عادی، Fairness در سیستم‌های بلادرنگ، ارتباطات بلادرنگ، سیستم‌های عامل بلادرنگ.

منابع

1. D. Jane Liu, **Real Time Systems**, Prentice Hall, 2000.

عنوان درس	فارسی	**سیستم‌های تصمیم‌یار**								
	انگلیسی	**Decision Support Systems**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

وظایف و مشخصات یک سیستم تصمیم‌یار، رابطه یک سیستم تصمیم‌یار با سایر سیستم‌های اطلاعاتی سازمان و مدیریت، نقش متقابل مدیریت و سیستم‌های تصمیم‌یار در سازمان، معماری و چارچوب سیستم‌های تصمیم‌یار، فرآیند تصمیم‌سازی، نقش پایگاه داده، انباره داده، تحلیل داده و شیوه ارائه اطلاعات در سیستم‌های تصمیم‌یار، آنالیز فرآیند تصمیم‌گیری، استفاده از مدل‌های کمی در تصمیم‌گیری، تکنیک‌های حل مسأله در سیستم‌های تصمیم‌یار، فرآیند تولید سیستم‌های تصمیم‌یار، مجتمع‌سازی و پیاده‌سازی سیستم‌های تصمیم‌یار در سازمان.

منابع

1. Efraim Turban and Jay E. Aronso, **Decision Support Systems and Intelligent Systems**, 6th edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2001.
2. Ralph Bergmann, **Experience Management Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications**, LNCS Volume 2332, 2002.

عنوان درس	فارسی	کامپایلر پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Compiler**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

تحلیل جریان کنترلی، بهینه‌سازی دستورات کنترلی، تشخیص حلقه، بلوک‌بندی، بهینه‌سازی و تشخیص اجرای شرط‌ها، شکل ظاهری کد (چیدمان)، بهینه‌سازی و تحلیل جریان داده‌ها، تولید کد، سیستم‌های چندپردازنده‌ای، چند ریسمانی، مدیریت و بهینه‌سازی Cache.

منابع

1. S. Muchnick, **Advanced Compiler Design & Implementation**, Morgan Kaufmann, 1997.
2. A.V. Aho, Compilers: **Principles, Techniques, and Tools**, Addison-Wesley, 2007.

عنوان درس	فارسی	سیستم‌های توزیع‌شده								
	انگلیسی	Distributed Systems								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	هوش مصنوعی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف:

سرفصل درس

معرفی سیستم‌های توزیع‌شده، خصوصیات و کاربردهای سیستم‌های توزیع شده، مدل‌سازی سیستم‌های توزیع‌شده براساس گره‌های پردازش‌گر و اتصالات، زمان و وضعیت جهانی، پخش پیغام مطمئن، پروتکل‌های ارتباطی مسری (Epidemic)، سیستم‌های همزمان و ناهمزمان، سیستم‌های همگون و ناهمگون، اجماع و توافق، Aggregation، تراکنش‌های توزیع‌شده، سازگاری در تکرار، گروه و تعاملات گروهی، سیستم‌های P2P، Check pointing، تحمل‌پذیری خطا.

منابع

1. Tanenbaum and M. Van Steen, **Distributed Systems: Principles and Paradigms,** 2nd ed., Prentice Hall, 2007.
2. G. Coulouris, J. Dollimore, and T. Kindberg, **Distributed Systems: Concepts and Design**, 3rd Ed. Addison-Wesley Longman Publishing Co, Inc, Boston, MA, USA, 2005.
3. R. Guerraoui and L. Rodrigues, **Reliable Distributed Programming, Springer-Verlag**, Berlin, Germany, 2003.

عنوان درس	فارسی	شبکه‌های کامپیوتری پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Computer Networks**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف:

آشنایی با مفاهیم پیشرفته در شبکه‌های کامپیوتری مد نظر است.

سرفصل درس:

مقدمای بر شبکه‌های کامپیوتری ومدل‌های شبکه، مقدمای بر شبیه سازی شبکه NS2، کیفیت خدمات در شبکه‌های IP، مسیریابی و کنترل توپولوژی در شبکه‌های بی‌سیم و Ad Hoc، شبکه‌های بی‌سیم با ارتباطات متناوب، شبکه‌های همتا به همتا و Overlay، و شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم.

منابع:

1. A.S. Tanenbaum, **Computer Networks**, 5th Edition, Prentice Hall, 2011.
2. C. Siva Ram Muthy and B.S. Manoj, **Ad Hoc Wireless Networks: Architecture and Protocols**, Pearson Education, 2004.

1.

عنوان درس	فارسی	بهینه سازی شبکه های پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Network Optimization**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد										

هدف: آشنایی با مفاهیم پیشرفته بهینه سازی شبکه و کاربردهای آن در مسایل بزرگ مقیاس مورد توجه است.

سرفصل درس:

شبکه های غیرخطی، روشهای زیرگرادیانی برای مسایل شبکه، مسایل شبکه با هزینه های محدب، مسایل شبکه با قیود عدد صحیح، شبکه های تعمیم یافته، آزادسازی لاگرانژ در بهینه سازی شبکه، جریانهای چند محموله ای، مسایل طراحی شبکه و تخصیص توان، الگوریتمهای ابتکاری برای حل مسایل شبکه، مسایل شبکه ها تحت شرایط تعادل ترافیک، کنترل بهین در شبکه، الگوریتم های تجزیه دانتزیک ولف برای مسایل شبکه، الگوریتم های تجزیه بندرز برای مسایل شبکه، کاربردهای پیشرفته شبکه در توسعه و مدیریت شبکه

منابع

1. D.P. Bertsekas, Network Optimization: Continuous and Discrete Models, Athena Scientific, 1998.
2. R.K. Ahuja, T.L. Magnanti, J.B. Orlin , Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications, Prentice-Hall, 1993 .
3. A. Ogunbanwo, A. Williamson, M. Veluscek R. Izsak, T. Kalganova, P. Broomhead, Transportation Network Optimization, Encyclopedia of Business Analytics and Optimization, 2014
4. Yosef Sheffi, Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice-Hall, 1992.

عنوان درس	فارسی	**مباحث ویژه در نظریه سیستم‌ها**								
	انگلیسی	**Topics in System Theory**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	اجازه استاد درس
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

درسي است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش نظریه سیستم ها که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شوراي تحصیلات تکمیلي گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	برنامه ریزی صحیح									
	انگلیسی	Integer Programming									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی		تخصصی		اختیاری		3		جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: ندارد						**پروژه عملی**: دارد					

هدف:

سرفصل درس:

برنامه‌ریزی صحیح و کران‌های اولیه و دوگان، درخت پوشای مینیمال در شبکه (روش‌های گرافی و الگوریتم کروسکال)، کوتاهترین مسیر در شبکه (الگوریتم فورد- بلمن و دایسترا)، جریان ماکسیمال در شبکه، قضیه جریان ماکسیمال- برش مینیمال، جریان با کمترین هزینه، مسأله‌های تخصیص و حمل و نقل، روش‌های برنامه‌ریزی پویا، شاخه و کران، صفحه برشی و آزادسازی لاگرانژی، تأکید درس بر مقایسه الگوریتم‌ها، بررسی پیچیدگی‌های محاسباتی و پیاده‌سازی آنها.

منابع:

4. Wolsey, L.A, **Integer Programming**, Wiley, 1998.
5. Schrijver, A, **Theory of Linear and Integer Programming**, Wiley, 1999.
6. Nemhauser, G. and Wolsey, L.A, **Integer and Combinatorial Optimization**, Wiley, 1999.

عنوان درس	فارسی	تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه									
	انگلیسی	Multiple Criteria Decision Making									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	تحقیق در عملیات
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف: این درس به دو مبحث جدا از هم تفکیک می‌شود: تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM) و تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM). روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه، برای یافتن پاسخی که همزمان چند تابع هدف را بهینه کند، به کار می‌روند. روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از میان چند گزینه‌ی موجود، استفاده می‌شوند. هدف این درس، معرفی مفاهیم و مدل‌های پایه در حل مسائل تصمیم‌گیری چند هدفه و تصمیم‌گیری چند شاخصه و آشنایی با قوت و ضعف‌های این مدل‌ها است.

سرفصل‌های درس:

- معرفی هدف، آرمان، محدودیت، جواب بهینه، جواب رضایت‌بخش و خشنودکننده، جواب غالب (چیره)، جواب کارا، ساختار ارجحیت، وزن و اولویت.
- محدودیت برنامه‌ریزی تک‌هدفه، مدل‌سازی مسائل MCDM.
- روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه:
  - مدل مسائل چند هدفه.
  - معرفی روش‌هایی که بدون گرفتن اطلاعات از تصمیم گیرنده کار می‌کنند.
  - معرفی روش‌هایی که با گرفتن اطلاعات اولیه از تصمیم گیرنده کار می‌کنند.
  - معرفی روش‌هایی که در حین حل از تصمیم‌گیرنده اطلاعات می‌گیرند.
  - معرفی روش‌هایی که در پایان حل از تصمیم گیرنده اطلاعات می‌گیرند.
  - برنامه‌ریزی تجدیدپذیر.
  - برنامه‌ریزی تصادفی.
- روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه:
  - تعریف ماتریس تصمیم.
  - معرفی روش‌های وزن‌دهی شاخص‌ها.
  - تعریف مدل‌های جبرانی و غیر جبرانی.
  - معرفی مدل‌های غیر جبرانی: روش Maximax، روش Maximin، روش تسلط، روش حذف، روش لکسیکوگراف، روش رضایت‌بخش شمول، روش رضایت‌بخش خاص، روش جایگشت.

- معرفی مدل‌های جبرانی: SAW، TOPSIS، ELECTRE، PROMETHEE، AHP ، ANP، SMART، REGIME، SIR، EVAMAX.

منابع پیشنهادی:

1. J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**, Springer, 2005.
2. C. Zopounidis, P. M. Pardalos, **Handbook of Multicriteria Analysis**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
3. D. Bouyssou, T. Marchant, M. Pirlot, A. Tsoukias, P. Vincke, **Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Stepping Stones for the Analyst**, Springer, 2006.
4. R. Bisdorff, L. C. Dias, P. Meyer, V. Mousseau, M. Pirlot, **Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria: Case Studies**, Springer, 2015.
5. M. Ehrgott, X. Gandibleux, **Multiple Criteria Optimization: State of the Art Annotated Bibliographic Surveys**, Kluwer Academic Publishers, 2003.
6. K.P. Yoon, C.L. Hwang, **Multiple Attribute Decision Making: An Introduction**, Sage Publications Inc., 1995.

<table>
<tr><td rowspan="2">عنوان درس</td><td>فارسی</td><td colspan="7">محاسبات نرم</td></tr>
<tr><td>انگلیسی</td><td colspan="7">Soft Computing</td></tr>
<tr><td colspan="2">نوع واحد</td><td>تعداد واحد</td><td>تعداد ساعت</td><td colspan="4">دروس پیش‌نیاز</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">پایه</td><td colspan="2" rowspan="2">اصلی شاخه</td><td colspan="2" rowspan="2">تخصصی</td><td colspan="2">اختیاری</td><td rowspan="3">3</td><td rowspan="3">48</td><td rowspan="3">-</td></tr>
<tr><td>نظری</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td>نظری</td><td>عملی</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>نظری</td><td>عملی</td><td>نظری</td><td>عملی</td></tr>
<tr><td colspan="6">نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد</td><td colspan="4">حل تمرین: حداکثر 24 ساعت</td></tr>
</table>

هدف: انسان در مواجهه با مسائل پیچیده به گونه‌ای هوشمندانه جواب‌هایی تقریبی اما کارا ارائه می‌دهد. محاسبات نرم رویکردی علمی برای مدل‌سازی این رفتار هوشمندانه انسان است. در این درس مفاهیم و روش‌های پایه و مهم محاسبات نرم، یعنی ریاضیات فازی، شبکه‌های عصبی و بهینه‌سازی تکاملی (فرایافتاری)، معرفی می‌شوند تا دید و دانش لازم برای حل مسائل مختلف کاربردی به دست آید.

سرفصل‌های درس:

- معرفی انگیزه‌های بیولوژیکی و بررسی تاریخی موارد زیر:
  - ریاضیات و سیستم‌های فازی،
  - شبکه‌های عصبی و سیستم‌های نورونی،
  - محاسبات نورونی،
  - محاسبات تکاملی و ترکیب آن‌ها،
- محاسبات فازی و منطق فازی:
  - مجموعه‌های فازی به عنوان منطق بی‌نهایت مقداری،
    - تعریف مجموعه‌ها و تعمیم آن به مجموعه‌های فازی،
    - تعمیم‌های مفاهیم مجموعه‌های فازی و انواع دیگر آن،
    - اعداد فازی،
  - عملیات روی مجموعه‌های فازی:
    - تعمیم‌های عملیات مجموعه‌های فازی،
  - دو اصل مهم در محاسبات فازی: اصل تفکیک و اصل گسترش،
  - روابط فازی،
  - اندازه‌های فازی،
  - جبر و محاسبات فازی،
  - کاربرد محاسبات فازی در برنامه‌ریزی ریاضی (F.M.P.)،
  - منطق فازی و استنتاج تقریبی،
  - خوشه‌بندی فازی و رده‌بندی فازی،

- سیستم خبره فازی و استخراج قواع فازی از داده‌ها،

- محاسبات نرونی و شبکه‌های عصبی:
  - ارائه ساختاری مفاهیم پایه‌ای در شبکه های عصبی و مدل‌های پایه‌ای آن،
  - قاعده یادگیری در چهارچوب کلی مبتنی بر مبانی ریاضی،
  - توپولوژی شبکه‌های عصبی پیش‌خور،
    - تک لایه- پرسپترون و آدالاین و همراه با قانون یادگیری SLPR،
    - چند لایه همراه با قاعده یادگیری BP و مشتقات آن،
    - چند لایه تأخیردار،
    - انواع دیگر شبکه‌های عصبی پیش‌خور در نگاهی کلی‌تر مثل شبکه‌های عصبی با لینک تابعی،
  - شبکه‌های عصبی فازی،

- محاسبات تکاملی:
  - مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی کلاسیک و تعمیم‌های پیشرفته آن،
  - مبانی ریاضی الگوریتم‌های تکاملی مثل GA و ES،
  - الگوریتم‌های تکاملی ترکیبی،
  - کاربرد محاسبات تکاملی در شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی،

منابع پیشنهادی:

1. محمدباقر منهاج، هوش محاسباتی و مبانی شبکه‌های عصبی، هوش محاسباتی-جلد اول، انتشارات دانش‌نگار، 1388.
2. محمدباقر منهاج، محاسبات فازی، هوش محاسباتی-جلد سوم، انتشارات دانش‌نگار، 1389.
3. محمدباقر منهاج، محاسبات تکاملی، هوش محاسباتی-جلد پنچم، انتشارات دانش‌نگار، 1389.
4. T. J. Ross, **Fuzzy Logic with Engineering Applications**, 3rd Edition, Wiley, 2010.
5. H. Li, C. L. P. Chen and H.-P. Huang, **Fuzzy Neural Intelligent Systems: Mathematical Foundation and the Applications in Engineering**, CRC Press, 2001.
6. M. Baczynski, B. Jayaram, **Fuzzy Implications**, Springer, 2008.
7. Z. Michalewicz, **Genetic Algorithm + Data Structure = Evolution Programs**, Springer, 1992.

عنوان درس	فارسی	یادگیری ماشین									
	انگلیسی	**Machine Learning**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**					
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی		3	48	-
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس مفاهیم، رویکردها و الگوریتم‌های پایه را در یاگیری ماشین معرفی می‌کند که به کمک آن‌ها ماشین‌ها قادر خواهند بود قابلیت‌ها و عملکردشان را بر اساس تجربه بهبود دهند. این درس دید و دانش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در یادگیری ماشین، داده‌کاوی و حوزه‌های مرتبط و انجام پژوهش در ارتباط با چالش‌های مطرح در این حوزه‌ها فراهم می‌آورد. به دست آوردن آمادگی برای کاربرد مدل‌های مختلف یادگیری ماشین در حل مسائل کاربردهای مختلف با پیچیدگی متوسط، بر اساس آشنایی با قوت و ضعف‌های این مدل‌ها، از دیگر اهداف این درس است.

سرفصل‌های درس:

- مفهوم یادگیری، معرفی انواع یادگیری: نظارتی، غیرنظارتی، نیمه نظارتی، و یادگیری تقویتی. معرفی بیش برازش در یادگیری. معرفی مفاهیم رده‌بندی، خوشه‌بندی، پیش‌گویی (رگرسیون) و رتبه‌دهی. ارائه مثال‌های از کاربردهای یادگیری ماشین.
- یادگیری درخت‌های تصمیم و هرس در آن‌ها،
- شبکه عصبی چند لایه پیشرو و روش کاهش گرادیان،
- ماشین بردار پشتیبان،
- روش‌های مبتنی بر هسته (کرنل)،
- ارزیابی فرضیه،
- یادگیری بیزی و رده‌بندهای آماری،
- الگوریتم EM (Expectation Maximization) و خوشه‌بندی *k*-Means،
- رگرسیون،
- مدل‌های محلی،
- یادگیری رتبه‌دهی،
- معیارهای سنجش رده‌بندی، رگرسیون، خوشه‌بندی و رتبه‌دهی،
- ترکیب مدل‌های یادگیر،
- نظریه یادگیری محاسباتی،
- یادگیری تقویتی،
- اشاره به مباحث تکمیلی: فروکاهی بعد، یادگیری نیمه نظارتی، یادگیری فعال، یادگیری برخط، یادگیری ژرف، رده‌بندی چند رده‌ای.

منابع پیشنهادی:

1. Tom M. Mitchell, **Machine Learning**, McGraw-Hill Science, 1997.
2. Ethem Alpaydin, **Introduction to Machine Learning**, The MIT Press, 3rd Edition, 2014.

3. Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh, and Ameet Talwalkar, **Foundations of Machine Learning**, MIT Press, 2012.
4. Christopher M. Bishop, **Pattern Recognition and Machine Learning**, Springer, 2007.
5. Peter Flach, **Machine Learning, The Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data**, Cambridge University Press, 2012.

عنوان درس	فارسی	**اطلاعات و عدم قطعیت**								
	انگلیسی	**Information and Uncertainty**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس دو مفهوم مهم عدم قطعیت و اطلاعات را که با هم مرتبط هستند، مورد توجه قرار می‌دهد و گونه‌های مختلف این دو مفهوم را در چارچوبه‌های امکان و احتمال بررسی می‌کند.

سرفصل‌های درس:

- نظریه عدم قطعیت بر پایه امکان: توابع امکان و الزام، اندازهٔ عدم قطعیت هارتلی برای مجموعه‌های محدود، اندازهٔ عدم قطعیت برای مجموعه‌های نامحدود.
- نظریه عدم قطعیت بر پایه احتمال: توابع احتمال برای مجموعه‌های محدود و نامحدود، قضیهٔ بیز، اندازهٔ عدم قطعیت شانون برای مجموعه‌های محدود، آنتروپی و ویژگیهای آن، اندازهٔ عدم قطعیت برای مجموعه‌های نامحدود.
- نظریه‌های مطرح در احتمالات نادقیق: نمایش موبیوس، ظرفیت‌های Choquet، اندازه‌های λ، اندازهٔ باور (Belief)، اندازهٔ موجه-نمایی(Plausibility)، مفهوم شواهد (Evidence).
- اندازه‌های عدم قطعیت و اطلاعات: اندازهٔ تعمیم یافته هارتلی برای احتمالات Graded، اندازهٔ تعمیم یافته هارتلی در نظریهٔ Dempster-Shafer، اندازهٔ تعمیم یافته هارتلی برای مجموعه‌های محدب توزیع‌های احتمالی، اندازهٔ تعمیم یافته شانون در نظریهٔ Dempster-Shafer.
- نظریه مجموعه‌های فازی و تعبیر نظریه امکان به وسیله مجموعه فازی.

منابع پیشنهادی:

1. B. M. Ayyub, G. J. Klir, **Uncertainty Modeling and Analysis in Engineering and the Sciences**, Chapman & Hall/CRC, 2006.
2. G. J. Klir, **Uncertainty and Information: Foundations of Generalized Information theory**, John wiley & Sons, 2006.

3. G. J. Klir, B. Yuan, **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**, Prentice-Hall, 1995.
4. Georg J. Klir, T. A. Floger, **Fuzzy sets, Uncertainty & Information**, Prentice-Hall, 1988.

عنوان درس	فارسی	سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی									
	انگلیسی	**Fuzzy Decision Making Systems**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

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

سرفصل‌های درس:

- مجموعه‌های فازی و عملگرهای آن، اصل تعمیم، اعداد فازی و محاسبات آنها، رابطه فازی، گراف فازی، منطق فازی.
- روش‌های برنامه‌ریزی خطی فازی (با اهداف فازی، با محدودیت‌های فازی، مدل متقارن، و با اعداد فازی)،
- تصمیم‌گیری با پارامترهای فازی، تصمیم‌گیری گروهی فازی، برنامه‌ریزی پویای فازی.
- کاربردها: حمل و نقل، جایابی، برنامه‌ریزی تولید، سیستم‌های خبره.

منابع پیشنهادی:

1. H.-j. Zimmermann, **Fuzzy Sets Theory and Its Application**, Kluwer Academic Pub., 1996.
2. H.-j. Zimmermann, **Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems**, McGraw Hill, 1987.
3. Y.-J. Lai, C.-L. Hwang, **Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications**, Springer, 1992.
4. Chen & Hwang, **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making**, Prentice Hall, 1992.
5. K. P. Yoon, C.-L. Hwang, **Multiple Attribute Decision Making: An Introduction**, Sage Publications Inc., 1995.
6. J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott, **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**, Springer, 2005.

عنوان درس	فارسی	ریاضیات یادگیری									
	انگلیسی	**Mathematics of Learning**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف: در مباحث یادگیری ماشین و داده‌کاوی اغلب در پی یافتن بهترین تابع پیش‌بین برای توصیف رفتار داده‌ها هستیم. لذا به چارچوبی ریاضیاتی برای مقایسه توابع نیاز خواهیم داشت. از طرفی در بسیاری از کاربردها، به واسطه عدم قطعیت در داده‌ها، رویکردهای آماری مورد نیازند. این دو نیاز، پژوهشگران را به سوی چارچوب‌های ریاضیاتی سوق می‌دهد که بتوان در آن‌ها با رویکردهای آماری به سنجش فاصله‌ی توابع و بهینه‌سازی پرداخت، مباحث این درس، این چارچوب‌های ریاضیاتی را مورد توجه قرار می‌دهد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی اهداف یادگیری و انواع یادگیری،
- فضاهای احتمالاتی،
- فضاهای خطی نرم‌دار،
- فضاهای خطی ضرب داخلی،
- دنباله‌ها و حد آن‌ها،
- تعریف همگرایی یک الگوریتم یادگیری، معیارهای همگرایی یک الگوریتم یادگیری،
- نظریه تصمیم‌گیری آماری: ریسک متوسط، شرایط ریسک متوسط کمینه، قاعده‌ی بیشینه‌ی احتمال پسین (MAP)، قاعده تصمیم‌گیری Neyman-Pearson، قاعده تصمیم‌گیری min-max، قاعده زیگرت-کوتلنیکوف، کاربرد این قواعد در یادگیری.

منابع پیشنهادی:

1. Ya. Z. Tsypkin, **Foundations of the Theory of Learning Systems, in Russian**, Translated by Z. J. Nikolic, New York, Academic Press, 1973.
2. V. Vapnik, **Statistical Learning Theory**, John Wiley & Sons, 1998.
3. L. Debnath, P. Mikusinski, **Introduction to Hilbert Spaces with Aphplications**, 3rd Edition, Academic Press, 2005.
4. J. R. Giles, **Introduction to the Analysis of Normed Linear Spaces**, Australian Mathematical Society Lecture Series, Cambridge University Press, 2000.
5. J. Korevaar, **Mathematical Methods: Linear Algebra, Normed Spaces, Distributions, Integration**, Dover Publications, 2008.

عنوان درس	فارسی	فرایندهای تصادفی								
	انگلیسی	Stochastic Process								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری				
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
								3	48	-
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: فرایندهای تصادفی رویکردی ریاضی برای مدل‌سازی پدیده‌هایی که هم تصادفی هستند و هم وابسته به زمان، محسوب می‌شوند. این درس انواع مهم فرایندهای تصادفی را معرفی می‌کند، ضمن آن که دو مفهوم مهم مانایی و ارگادیسیتی را در ارتباط با آن‌ها مورد توجه قرار می‌دهد. مباحثی از ریاضیات تصادفی نیز از جمله مباحثی هستند که در این درس معرفی می‌شوند.

سرفصل‌های درس:

- تعریف و مفاهیم اولیه فرایندهای تصادفی و رده‌بندی فرایندهای تصادفی.
- گردش‌های تصادفی: موضع ذره، موضع ذره درجه، بازگشت به مبدا، اشاره مختصر به گردش در بعدهای بالاتر،
- زنجیره مارکف: ماتریس احتمال انتقال، رده‌بندی وضعیت‌ها، بازگشت، رفتار مجانبی زنجیر، احتمالات جذب، ملاک بازگشتی صفبندی.
- فرایند زاد (پوآسان)، فرایند زاد و مرگ، توزیع مانا.
- فرایند ارگادیک.
- ریاضیات تصادفی: معادلات دیفرانسیل تصادفی، انتگرال و مشتق تصادفی.
- فرایند تجدید: تعریف یک فرایند تجدید و مفاهیم مربوط، فرایندهای تجدید خاص، معادله تجدید و قضیه مقدماتی تجدید، قضیه تجدید و کاربردهای آن، تعمیم‌های فرایند تجدید، برهمنهی فرایندهای جدید.
- فرایند شاخه‌ای: فرایندهای شاخه‌ای زمان گسسته و روابط تابع مولد برای فرایندهای شاخه‌ای، احتمالات انقراض، فرایندهای شاخه‌ای دو نوع و چند نوع، فرایندهای شاخه‌ای زمان پیوسته، احتمالات انقراض برای فرایندهای شاخه‌ای زمان پیوسته، قضایای حدی برای فرایندهای شاخه‌ای زمان پیوسته، فرایند شاخه‌ای دو نوع زمان پیوسته، فرایند شاخه‌ای با طول عمر عمومی متغیر.

منابع پیشنهادی:

1. W. Davenport, **Probability and Random Processes**: **an Introduction for Applied Scientists and Engineers**, McGraw-Hill College, 1970.
2. V. Krishnan, **Probability and Random Processes**, Wiley-Interscience, 2006.
3. G. F. Lawler, **Introduction to Stochastic Processes**, Chapman & Hall/CRC, 1995.
4. A. Papoulis, S. U. Pillai, **Probability, Random Variables and Stochastic Processes**, McGraw-Hill Publishing Co.; 4Rev Ed edition, 2002.

عنوان درس	فارسی	احتمال و آمار فازی								
	انگلیسی	**Fuzzy Probability and Statistics**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	محاسبات نرم
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: در این درس، مفاهیم و روش‌هایی از آمار و احتمال، که به صورت فازی تعمیم یافته‌اند، معرفی می‌شوند.

سرفصل‌های درس:

- مجموعه‌های فازی: تعاریف و مفاهیم اولیه، عملگرهای مجموعه‌ای بر مجموعه‌های فازی،
- مجموعه‌های تراز، اتحاد تجزیه، قضیه نمایش،
- اصل گسترش، اعداد فازی، حساب اعداد فازی،
- رابطه‌های فازی،
- اندازه‌های عدم اطمینان (با تاکید بر اندازه‌های احتمال و اندازه‌های امکان)،
- احتمال پیشامدهای فازی،
- توزیع‌های احتمال فازی،
- براورد نقطه‌ای و فاصله‌ای براساس داده‌های فازی،
- آزمون فرضیه‌های فازی،
- آزمون فرضیه براساس داده‌های فازی،
- رگرسیون امکانی (با ورودی / خروجی / ضرایب معمولی و / یا فازی)،
- رگرسیون فازی کمترین مربعات (با ورودی / خروجی / ضرایب معمولی و / یا فازی)،

منابع پیشنهادی:

1. G.J. Klir , B. Yuan, **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic**, Prentice-Hall, 1995.
2. R. Viertl, **Statistical Methods for Non-Precise Data**, CRC Press, 1995.
3. س.م. طاهری، م. ماشین‌چی، مقدمه‌ای بر احتمال و آمار فازی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، 1387.

عنوان درس	فارسی	**نظریه بازی‌ها**									
	انگلیسی	**Game Theory**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: نظریه بازی‌ها شاخه‌ای از ریاضیات است که کمک می‌کند در یک رقابت و با وجود تضاد منافع، تصمیم بهینه اتخاذ شود. در این درس، مفاهیم پایه و رویکردهای مطرح در نظریه بازی‌ها را معرفی می‌کند.

سرفصل‌های درس:

- مروری بر بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری، عدم قطعیت و شانس، نظریه مطلوبیت (utility theory)، تصمیم‌گیری در حضور عدم قطعیت بازی و شکل نرمال آن، ماتریس بازی.
- بازی‌های ایستا (یا هم‌زمان)، نقطه تعادل نش، انحصار چند قطبی بازار(Oligopoly).
- حل بازی به کمک روش سیمپلکس.
- بازی‌های پویا و ترتیبی، چانه‌زنی.
- بازی‌های ایستا همراه با عدم قطعیت.
- حراج (Auction) و پیشنهاد قیمت (Price Bidding).
- بازی‌های پویا همراه با عدم قطعیت، تعادل بیزی کامل.

منابع پیشنهادی:

1. E. Rasmusen, **Games and Information: An Introduction to Game Theory**, 4th Edition, Wiley-Blackwell Pub., 2006.
2. E. Mendelson, **Introducing Game Theory and Its Applications**, Chapman and Hall/CRC, 2004.
3. H. S. Biermann, L. Fernandez, **Game Theory with Economic Applications**, 2nd Edition, Pearson, 1998.
4. C. D. Aliprantis, S. K. Chakrabarti, **Games and Decision Making**, 2nd Edition, Oxford University Press, 2010.
5. R. D. Luce, H. Raiffa, **Games and Decisions: Introduction and Critical Survey**, Courier Corporation, 1957.

عنوان درس	فارسی	بهینه‌سازی فرایافتاری								
	انگلیسی	**Metaheuristic Optimization**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	تحقیق در عملیات
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: در مسائل بهینه‌سازی در صورتی که گرادین تابع هدف و قیدها در دامنه‌ی مساله وجود نداشته باشد یا مجموعه شدنی محدب نباشد، یافتن جواب سراسری مساله به کمک روش‌های معمول ریاضی مقدور نیست. در مواجهه با چنین شرایطی، الگوریتم‌های فرایافتاری این امکان را فراهم می‌کنند تا با جستجویی کارا به پاسخ‌هایی نزدیک به پاسخ بهینه دست یافت. این درس الگوریتم‌های فرایافتاری را معرفی می‌کند و دانش لازم را برای حل مسائل مختلف بهینه‌سازی به کمک آن‌ها، ارائه می‌دهد.

سرفصل‌های درس:

- تعریف مفاهیم پایه: فرایافتار (metaheuristic)، مسائل بهینه‌سازی پیوسته و گسسته، مسایل تک مدی (تک جوابه) و چند مدی (چند جوابه)، مسائل بهینه‌سازی پویا و ایستا، مسائل بهینه‌سازی تک هدفه و چند هدفه، بهینه‌سازی محاسباتی و بهینه‌سازی تحلیلی، بهینه‌سازی قطعی و تصادفی، بهینه‌سازی موضعی و سراسری، بهینه‌سازی گرادیان-پایه، بهینه‌سازی فرایافتاری، بهینه‌سازی جمعیت-پایه، بهینه‌سازی مقید و نامقید.
- روش‌های بهینه‌سازی مقید: روش جریمه‌ای، روش تبدیل مساله مقید به مساله نامقید.
- روش حل مسایل چند جوابه: الگوریتم niching و گونه‌های ترتیبی و بهینه ترتیبی و موازی آن.
- روش‌های بهینه سازی نامقید: جستجوی پرتوی (Beam)، جستجوی تابو (Tabu)، جستجوی بازپخت شبیه سازی شده (SA)، الگوریتم جست و خیز (Loop Frog)، جستجوی واکنشی (Reactive).
- بهینه‌سازی جمعیت-پایه:
  - الگوریتم‌های تکاملی
    - الگوریتم ژنی (GA) و اثبات همگرایی آن
    - برنامه ریزی ژنی (GP)
    - برنامه ریزی تکاملی (EP)
    - راهبردهای تکاملی (ES)
    - تکامل تفاضلی (DE)
    - الگوریتم هم تکاملی (Co-evolution) و الگوریتم هم تکاملی تعاونی
  - الگوریتم‌های فرهنگی (CA)
  - جستجوی پراکنشی (Scatter)
  - کلونی مورچگان و اثبات همگرایی آن
  - PSO و اثبات همگرایی آن
  - الگوریتم زنبورهای عسل و اثبات همگرایی آن

- الگوریتم زیست جغرافی (Biogeography)
- جستجوی هم آهنگی (Harmony search)
- جستجوی پخش تصادفی (Stochastic diffusion search)
- جستجوی توزیع شده (Distributed search)
- زندگی مصنوعی (Artificial Life)
- سیستم‌های ایمنی مصنوعی (Immune Systems)
- الگوریتم ممتیک (Memetic Algorithm)
- الگوریتم جستجوی گرانشی (Gravitational Search Algorithm)
- الگوریتم رقابت استعماری (Imperialist Competitive Algorithm)
- الگوریتم جستجوی فاخته (Cuckoo Search Algorithm)
- الگوریتم کرم‌های شب‌تاب
- الگوریتم پرش قورباغه
- الگوریتم بهینه‌سازی گربه‌ها
- الگوریتم بهینه‌سازی خفاش‌ها
- الگوریتم بهینه‌سازی کوسه‌ها

- روش‌های موازی‌سازی الگوریتم‌های فرایافتاری
- روش‌های حل سلسله‌مراتبی
- روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه
- روش‌های ترکیب الگوریتم‌های فرایافتاری
- ارائه مثال‌هایی از کاربرد بهینه‌سازی فرایافتاری
- بررسی الگوریتم‌های جدیدتر ارائه شده در مرز دانش

منابع پیشنهادی:

1. J. Brownlee, **Clever Algorithms: Nature-Inspired Programming Recipes**, 2nd Edition, Lulu.com, 2012.
2. X.-S. Yang, **Nature Inspired metaheuristic algorithms**, 2nd Edition, Luniver Press, 2010.
3. B. K. Panigrahi, Y. S. M.-H. Lim, **Handbook of Swarm Intelligence: Concepts, Principles and Applications**, Springer, 2011.
4. P. Vasant, G.-W. Weber, V. N. Dieu, **Handbook of Research on Modern Optimization Algorithms and Applications in Engineering and Economics**, IGI Global, 2016.
5. Y. Shi, **Recent Algorithms and Applications in Swarm Intelligence Research**, IGI Global, 2013.
6. Y. Shi, **Emerging Research on Swarm Intelligence and Algorithm Optimization**, IGI Global, 2014.
7. A.P. Engelbrecht, **Fundamentals of Computational Swarm Intelligence**, John Wiley & Sons, 2005.
8. A.P. Engelbrecht, **Computational Intelligence: An Introduction**, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2007.
9. J. Kennedy, R.C. Eberhart, Y. Shi, **Swarm Intelligence**, Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
10. M. Dorigo, T. Stützle, **Ant Colony Optimization**, MIT Press, 2004.

11. C.A. Coello Coello, G. B. Lamont, D. A. Van Veldhuizen, **Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems**, 2nd Edition, Springer, 2007.

12. R. Battiti, M. Brunato, F. Mascia, **Reactive Search and Intelligent Optimization**, Springer, 2009.

13. H. A. Abbass, R. A. Sarker, C. S. Newton, **Data Mining: A Heuristic Approach**, Idea Group Pub., 2002.

عنوان درس	فارسی	داده‌کاوی									
	انگلیسی	Data Mining									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	-
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس فرایند اکتشاف دانش و گام‌های آن را معرفی می‌کند. تاکید و تمرکز درس بر مهمترین گام، یعنی داده‌کاوی است. دانشجویان در این درخواهند یافت که چگونه به کمک روش‌ها و الگوریتم‌های محاسباتی داده‌کاوی، از داده‌های خام، الگوها و مدل‌های توصیفی و پیش‌بین استخراج می‌شود. ضمن آن با تحلیل این الگوریتم‌ها را از نظر کارایی، پیچیدگی محاسباتی و مصرف حافظه تحلیل خواهند کرد و با کاربردهای مختلف روش‌های داده‌کاوی آشنا خواهند شد توانایی لازم را برای پژوهش در این حوزه کسب خواهند کرد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی فرآیند کاوش دانش در پایگاه‌های داده (KDD) و بیان جایگاه داده‌کاوی در این فرآیند،
- معرفی گام‌های پردازش داده: پاک سازی داده، تجمیع (Integration) و تبدیل (Transformation) داده، فروکاهی داده (Data reduction)، گسسته‌سازی داده،
- معرفی انبار داده (Data Warehouse) و معماری و پیاده‌سازی آن، پردازش تحلیلی بر خط (OLAP)،
- معرفی فناوری مکعب داده و تعمیم داده،
- معرفی مفهوم ویژگی و روش‌های فروکاهی بعد، اصول انتخاب ویژگی به کمک روش‌های آماری، رتبه‌بندی ویژگی‌ها براساس آنتروپی.
- معرفی تجزیه و تحلیل سبد بازار، معرفی مجموعه اقلام مکرر (Frequent Item Set) و الگوهای مکرر (Frequent patterns)، قواعد پیوند(Association rules) و کاوش آن‌ها و معیارهای جذابیت این قواعد، معرفی الگوریتم‌های Apriori و ECLAT و FPgrowth و مقایسه کارایی و پیچیدگی محاسباتی آن‌ها، مجموعه اقلام پرتکرار بسته و کاوش آن‌ها، استخراج پیوندهای چند سطحی و چند بعدی، استخراج الگوهای نادر، استخراج الگوهای پرتکرار مقید، استخراج الگوهای فشرده یا تقریبی، استخراج قواعد پیوند منفی،
- معرفی مفاهیم و روش‌های زیر در رده‌بندی و مقایسه آن‌ها از نظر کارایی و پیچیدگی محاسباتی و حافظه مورد نیاز:
  - معرفی مفهوم اندازه‌های ناسرگی (Impurity Measures) و ارائه مثال‌هایی از آن (هم‌چون آنتروپی و شاخص gini)، هرس درخت و مقیاس پذیری درخت، ساخت درخت با داده‌های ناقص.
  - رده‌بندی قاعده‌پایه (Ruled-based)، استخراج قاعده از درخت، الگوریتم پوششی ترتیبی برای استخراج قاعده (Sequential Covering Algorithm)،
  - رده‌بندی به کمک تجزیه و تحلیل قواعد پیوند (رده‌بندی پیوندی)،
- معرفی مفهوم خوشه و شباهت، معرفی روش‌های خوشه‌بندی زیرو مقایسه آن‌ها از نظر کارایی و پیچیدگی محاسباتی و حافظه مورد نیاز:
  - روش‌های افرازی (Partitioning): روش K-means و روش K-medoids،
  - روش‌های سلسله‌مراتبی: روش توده‌شو یا جمع‌شونده (Agglomerative)، روش تقسیم‌شونده (divisive)، روش سلسله مراتبی برای داده‌های رسته‌ای (Rock)، ...
  - روش‌های چگالی‌پایه (Density-Based): روش DBSCAN، روش OPTICS، روش DENCUE،

- روش‌های توری-پایه (Grid-Based): روش STING، روش Wave Cluster،
- روش‌های خوشه‌بندی داده‌های با ابعاد بالا: روش CLIQUE، روش PROCLUS، روش الگوهای مکرر-پی،
- روش‌های خوشه‌بندی طیفی، روش‌های خوشه‌بندی مقید، روش‌های خوشه‌بندی نیمه نظارتی،
- روش‌های خوشه‌بندی فازی: C-میانگین فازی(FCM)، C-میانگین فازی رابطه‌ای (RFCM)، روش Gustafson-Kessel، روش Gath-Geva، خوشه‌بندی فازی هسته-پایه (Kernel-Based)، خوشه‌بندی فازی خودسازمانده،

- دورافتاده‌ها (Outliers):
  - روش‌های شناسایی دورافتاده‌ها (Outliers): روش‌های آماری (پارامتری و ناپارامتری)، روش‌های مجاورتی (فاصله-پایه، چگالی-پایه و توری-پایه)، روش‌های خوشه‌بندی-پایه، روش‌های رده‌بندی-پایه، مدل‌های نظریه اطلاعات –پایه.
  - شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های با ابعاد بالا، شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های رسته‌ای، روش‌های ترکیبی در شناسایی دورافتاده‌ها.
- معرفی معضل نفرین بعد (Curse of Dimensionality)، معرفی مفاهیم استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی.
  - روش‌های کاهش بعد: تحلیل تفکیک خطی (LDA)، تحلیل عاملی، مقیاس‌گذاری چندبعدی MDS، تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل مولفه‌های اصلی مبتنی بر هسته (KPCA)، تحلیل مولفه‌های مستقل (ICA)، ISOMAP، نشانش خطی-محلی (Locally Linear Embedding)
  - روش‌های انتخاب ویژگی: روش‌های پالایشی (Filter)، روش‌های پوشه‌ای (Wrapper)، روش‌های نشانده (Embedded).

منابع پیشنهادی:

1. J. Han, M. Kamber, J. Pei, **Data Mining: Concepts and Techniques**, 3rd Edition, Elsevier Inc., 2012.
2. C. C. Aggarwal, **Data Mining: The Textbook**, Springer, 2015.
3. C. C. Aggarwal, J. Han, **Frequent Pattern Mining**, Springer, 2014.
4. M. Kantardzic, **Data Mining and Analysis: Foundations and Algorithms**, 2nd Edition, Wiley-IEEE Press, 2011.
5. M. J. Zaki, W. Meira, **The Handbook of Data Mining**, Cambridge University Press, 2014.
6. I. H. Witten, E. Frank, M. A. Hall, **Data Mining: Pactical Machine Learning Tools and Techniques**, 3rd Edition, Elsevier Inc., 2011.
7. S. Marsland, **Machine Learning: An Algorithmic Perspective**, 2nd Edition, Chapman & Hall/CRC, 2014.
8. M. Sato-Ilic, L. C. Jain, **Innovations in Fuzzy Clustering, Theory and Applications**, Springer, 2006.
9. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, **The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction**, 2nd edition, Springer, 2009.

عنوان درس	فارسی	داده‌کاوی پیشرفته								
	انگلیسی	**Advanced Data Mining**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**				
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
								3	48	داده‌کاوی
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس، دانشجویان را مباحث پیشرفته‌تر داده‌کاوی را مطرح می‌کند، و با راه‌حل های موجود و ویژگی‌های آن‌ها در این مباحث آشنا می‌سازد تا توانایی لازم را برای پژوهش در این حوزه کسب نمایند.

سرفصل‌های درس:

- داده‌کاوی در داده‌های روان یا جریانی (Stream):
  - OLAP و مکعب‌های داده برای داده‌های روان،
  - تشخیص رانش (drift) در داده‌های روان،
  - کاوش الگوهای پرتکرار در داده‌های روان،
  - دسته‌بندی و خوشه‌بندی داده‌های روان،
  - تشخیص دورافتاده‌ها در داده‌های روان،
- داده‌کاوی در داده‌های سری زمانی: پیش‌بینی سری‌های زمانی، خوشه‌بندی سری‌های زمانی، رده‌بندی سری‌های زمانی، شناسایی دورافتاده‌ها در سری‌های زمانی،
- داده‌کاوی در دنباله‌های گسسته:
  - دنباله‌کاوی: تعریف دنباله و دنباله‌کاوی، انواع محدودیت در دنباله‌ها، معرفی خانواده‌ی الگوریتم‌های پرتوی (Projection based) همچون PrefixSpan و FreeSpan، معرفی خانواده‌ی الگوریتم‌های Apriori همچون AprioriAll و GSP و PSP و SPADE، دنباله‌کاوی دردادهای زیستی(Biological)، دنباله‌کاوی فازی،
  - خوشه‌بندی و رده‌بندی دنباله‌ها،
  - شناسایی دورافتاده‌ها در دنباله‌ها،
  - مدل‌های پنهان مارکف (HMM)،
- گراف کاوی: روش‌های کاوش زیر گراف‌های پرتکرار، رده‌بندی و خوشه‌بندی داده‌های گرافی،
- معرفی شبکه‌های اجتماعی و مشخصات آن‌ها، کاوش در شبکه‌های اجتماعی،
- معرفی شبکه‌های چند رابطه‌ای و داده‌کاوی در آن‌ها،
- داده‌کاوی فضایی (مکانی): OLAP فضایی و مکعب داده فضایی، تعریف مسیر (Trajectory) و مسیرکاوی، کاوش الگوهای پرتکرار در مسیرها، خوشه‌بندی و رده‌بندی مسیرها، شناسایی دورافتاده‌ها در مسیرها.

منابع پیشنهادی:

1. J. Han, M. Kamber, J. Pei, **Data Mining: Concepts and Techniques**, 3rd Edition, Elsevier Inc., 2012.
2. C. C. Aggarwal, **Data Mining: The Textbook**, Springer, 2015.
3. C. C. Aggarwal, J. Han, **Frequent Pattern Mining**, Springer, 2014.
4. M. J. Zaki, W. Meira, **The Handbook of Data Mining**, Cambridge University Press, 2014.
5. C. C. Aggarwal, **Data Streams: Models and Algorithms**, Springer, 2011.
6. A. Bifet, **Adaptive Stream Mining: Pattern Learning and Mining from Evolving Data Streams**, IOS Press, 2010.
7. J. Gama, **Knowledge Discovery from Data Streams**, Chapman & Hall/CRC Press, 2010.
8. P. Kumar, **Pattern Discovery Using Sequence Data Mining: Application and Studies**, IGI Global, 2011.
9. G. Dong, J. Pei, **Sequence Data Ming**, Springer, 2007.
10. W. Wang, J. Yang, **Mining Sequential Patterns from Large Data Sets**, Springer, 2005.

عنوان درس	فارسی	متن‌کاوی و وب‌کاوی								
	انگلیسی	Text Mining and Web Mining								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری				
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی	3	48	داده‌کاوی
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف: این درس بر روش‌های استخراج الگو از داده‌های متنی و صفحات وب تمرکز دارد. برای این منظور، ابتدا پیش‌زمینه‌های مورد نیاز از جبری خطی و یادگیری ماشین آماری را معرفی می‌کند و سپس به معرفی مسائل مطرح در زمینه‌های متن‌کاوی و وب‌کاوی و الگوریتم‌های مربوط می‌پردازد تا توانایی لازم برای پژوهش در این حوزه‌ها کسب شود.

سرفصل‌های درس:

- معرفی متن‌کاوی، معرفی وب‌کاوی و شاخه‌های آن (محتواکاوی، پیوندکاوی(link) و کاربردکاوی)، تفاوت‌های داده‌کاوی با متن‌کاوی و وب‌کاوی، مرزهای مشترک بازیابی اطلاعات با متن‌کاوی و وب‌کاوی.
- پیش‌زمینه‌های جبری و آماری:
  - مدل‌سازی فضای برداری (VSM)،
  - توابع شباهت: همبستگی، شباهت کسینوسی،
  - فایل معکوس و فشرده‌سازی آن،
  - تجزیه SVD و روش‌های شاخص‌گذاری معنایی LSA (یا LSI) و pLSA،
  - مدل‌سازی موضوعی (Topic Modeling) و تخصیص پنهان دیریکله (LDA) و گونه برخط آن (OLDA) ،
  - پربار کردن ویژگی‌ها در متون کوتاه به کمک تحلیل شاخص‌گذاری معنایی و بازخورد از کاربران.
- متن‌کاوی:
  - پیش‌پردازش و استخراج ویژگی در اسناد متنی،
  - خوشه‌بندی و رده‌بندی اسناد متنی،
  - روش‌های یادگیری فعال و یادگیری نیمه نظارتی در رده‌بندی اسناد متنی،
  - خلاصه‌سازی متن،
- وب‌کاوی:
  - محتواکاوی:
    - استخراج موضوع صفحات وب به طور خودکار به کمک مدل‌سازی موضوعی،
    - خوشه‌بندی و رده‌بندی صفحات وب، استفاده از یادگیری نیمه نظارتی در رده‌بندی صفحات وب،
    - نظرکاوی و تحلیل احساسات (sentiment)
    - هرزه‌نگاری در وب (web spamming)
    - رتبه‌دهی
  - پیوندکاوی:

- تشخیص پیوند کتابشناختی (bibliographic coupling) و ارجاع به هم (co-citation)،
- الگوریتم‌های PageRank و HITS،
- اکتشاف جوامع در وب،
- رده‌بندی صفحات وب به کمک پیوندها، هرزه‌نگاری پیوند (link spamming)،

- کاربردکاوی:
  - مدل‌سازی علائق کاربران وب به کمک خوشه بندی،
  - کاربردکاوی به کمک pLSA،
  - مدل‌سازی الگوی وب‌گردی کاربران به کمک تخصیص پنهان دیریکله (LDA)،
  - هم-خوشه‌بندی (co-clustering) کاربران و صفحات وب،
  - استخراج الگو از تاریخچه پرس و جو کاربران،
- مباحث ترکیبی:
  - تحلیل شبکه‌های اجتماعی: معرفی مفهوم‌های مرکزیت (centrality) و شهرت (prestige)، اکتشاف جامعه در شبکه‌های اجتماع، یادگیری رتبه‌دهی در این شبکه‌ها.
  - سیستم‌های پیشنهاددده: روش‌های محتوا-پایه، روش‌های پالایش‌همکارانه، روش‌های ترکیبی.

منابع پیشنهادی:

1. G. Xu, Y. Zhang. L. Li, **Web Mining and Social Networking: Techniques and Applications**, Springer, 2011.
2. B. Liu, **Web Data: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data**, 2nd Edition, Springer, 2011.
3. C. C. Aggarwal, **Data Mining: The Textbook**, Springer, 2015.
4. S. M. Weiss, N. Indurkhya, T. Zhang, **Fundamentals of Predictive Text Mining**, Springer, 2010.
5. M. W. Berry, J. Kogan, **Text Mining: Applications and Theory**, John Wiley & Sons, 2010.
6. P. S. Sajja, R. Akerkar, **Intelligent Technologies for Web Applications**, CRC Press, 2012.
7. K.P. Murphy, **Machine Learning: A Probabilistic Perspective**, MIT Press, 2012.

عنوان درس	فارسی	شبکه‌های عصبی مصنوعی									
	انگلیسی	Artificial Neural Networks									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری					
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی	3	48	بهینه‌سازی ریاضی یا اجازه استاد	
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

هدف: این درس انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی را با انواع یادگیری نظارتی و غیر نظارتی معرفی می‌کند و مفاهیم پایه و دید لازم را برای کاربرد اعضای مختلف خانواده‌ی شبکه‌های عصبی در مسائل رده‌بندی، رگرسیون (تقریب تابع)، خوشه‌بندی و بهینه‌سازی ارائه می‌دهد.

سرفصل‌های درس:

- تعریف شبکه های عصبی و وجوه تمایز آن‌ها، کاربردها،
- نورون‌ها و مغز انسان، ساختار نورون‌ها، بررسی اجمالی شبکه های عصبی طبیعی، مفاهیم، تعاریف، و بخش‌های سازنده شبکه‌های عصبی،
- معرفی پرسپترون، شبکه تک لایه پرسپترونی، حل مساله رده‌بندی به کمک پرسپترون و مشکل آن، مسائل جدایی‌پذیر خطی،
- شبکه چند لایه پیش‌رو و قاعده یادگیری پس انتشار خطا، حل مسائل رده‌بندی و رگرسیون (تقریب تابع) به کمک این شبکه‌ها، ، بهبود شبکه انتشار خطا به عقب و نسخ مختلف آن، میزان آموزش و قدرت شبکه،
- شبکه‌های توابع پایه شعاعی، روش‌های آموزش آن‌ها، شبکه‌های توابع شعاعی تعمیم‌یافته، شبکه‌های فازی-عصبی خطی محلی (LOLIMOT) و یادگیری آن‌ها، استفاده از فرایافتارها برای آموزش شبکه‌های فازی-عصبی خطی محلی، ماشین‌های گروهی.
- مدل‌های یادگیری، یادگیری نظارتی، یادگیری غیر نظارتی، یادگیری با ارزیابی، شبکه‌های خودسازمان‌ده و یادگیری رقابتی کاربرد این شبکه‌ها در خوشه‌بندی داده‌ها، شبکه‌های کلاه مکزیکی و همینگ، قانون یادگیری کوهونن، شبکه کوانتیزاسیون برداری یادگیر.
- المانهای پردازشگر، اتصالات، تداعی الگوها، شبکه‌های تداعی‌گر پیش‌خور، شبکه‌های تداعی‌گر بازگشتی تک لایه، شبکه‌های تداعی‌گر دو طرفه، آموزش شبکه‌های بازگشتی، شبکه هاپفیلد و کاربرد آن در بهینه‌سازی.
- ماشین بولتزمن، شبکه‌های باور سیگوئیدی، ماشین قضیه میدان متوسط.
- شبکه‌های پردازش زمانی، معماری‌های مناسب، شبکه‌های تاخیردار متمرکز، شبکه‌های تاخیردار توزیع شده، الگوریتم پس انتشار خطای زمانی،
- شبکه‌های عصبی بیزی، شبکه‌های عصبی مثلثاتی، شبکه‌های عصبی موجک، شبکه‌های عصبی کانولوشن،
- شبکه‌های ژرف

منابع پیشنهادی:

1. S. O. Haykin, **Neural Networks and Learning Machines**, 3rd Edition, Prentice Hall, 2008.
2. M. A. Arbib, **The Handbook of Brain Theory and Neural Networks**, MIT Press, 2003.
3. I. Goodfellow, Y. Bengio, **A. Courville, Deep Learning**, MIT Press, Online draft version, www.deeplearningbook.org.
4. R. Nielsen, **Neurocomputing**, Addision-Wesley, 1990.
5. L. Fausett, **Fundamentals of Neural network**, Prentice Hall, 1994.

6. S. Hykin, **Neural networks: A Comprehensive Foundation**, MacMillan College Pub. Co., New York, 1994.

7. D. P. Mandic, J. A. Chambers, **Recurrent Neural Networks for Prediction, Learning Algorithms, Architectures and Stability**, John Wiley & Sons, 2001.

عنوان درس	فارسی	سیستم‌های چند عامله								
	انگلیسی	**Multiagent Systems**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						

هدف: این درس به معرفی انواع عامل، محیط و ویژگی‌های آن می‌پردازد و چالش‌های مربوط به تعامل عامل‌ها را در محیط مطرح می‌کند و راه حل‌هایی برای آن ارائه می‌دهد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی انواع عامل و عامل هوشمند، معماری‌ها (Logic Based Architecture و BDI)، محیط و ویژگی‌های آن،
- انواع روش‌های جستجو توسط عامل‌های هوشمند: گونه‌های جستجوی A* زمان‌حقیقی (Real-Time A* و Learning Real-Time A*)، جستجوی دوسویه زمان حقیقی، جستجوی چند عامله زمان حقیقی،
- عامل‌های با استدلال منطقی،
- عامل‌های راکتیو و پیوندی و تعامل آن‌ها در سیستم‌های چندعامله،
- توافق، تبادل اطلاعات و همکاری بین عامل‌ها در سیستم‌های چندعامله،
- تصمیم‌گیری عامل‌ها در سیستم‌های چندعامله، کاربرد نظریه بازی‌ها در سیستم‌های چند عامله برای تصمیم‌گیری، ائلاف، حراج، و چانه‌زنی،
- یادگیری و انواع آن (به ویژه نوع تقویتی) در سیستم‌های چندعامله،
- حل مسأله به‌صورت توزیع شده، تصمیم‌گیری توزیع شده، بهینه‌سازی توزیع‌شده،
- ارائه کاربردهایی از سیستم‌های چند عامله.

منابع پیشنهادی:

1. M. Wooldridge, **An Introduction to the Multiagent Systems**, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 2009.
2. G. Weiss, **Multiagent Systems, a Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**, MIT Press, 1999.
3. S. Russell, P. Norvig, **Artificial Intelligence: A Modern Approach**, 3rd Edition, Prentice Hall, 2010.
4. Y. Shoham, K. Leyton-Brown, **Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations**, Cambridge University Press, 2009.
5. T. Balke, B. Hirsch, M. Lützenberger, M. Ganzha, L. C. Jain, **Multiagent Systems and Applications**, Vol. 1: Practice and Experience, Springer, 2013.

6. N. Vlassis, **A Concise Introduction to Multi Agent Systems and Distributed Artificial Intelligence**, Morgan & Claypool, 2007.
7. G. O'Hare, N. Jennings, **Foundations of Distributed Artificial Intelligence**, Wiley, 1996.

عنوان درس	فارسی	بهینه‌سازی محدب									
	انگلیسی	**Convex Optimization**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: مساله کمترین مربعات و مسائل برنامه‌ریزی خطی دو نمونه شناخته‌شده از مسائل بهینه‌سازی هستند که نظریه کاملی برای بررسی آن‌ها موجود است، کاربردهای گسترده‌ای دارند و به علاوه الگوریتم‌های بسیار کارآمدی برای حل آن‌ها وجود دارد. بهینه‌سازی محدب به بخشی از مسائل بهینه‌سازی می‌پردازد که دسته وسیعی از مسائل از جمله مساله کمترین مربعات و مسائل برنامه‌ریزی خطی را در بر می‌گیرند. با آنکه نظریه ریاضی بهینه‌سازی محدب بیش از یک قرن قدمت دارد، پیشرفت‌های اخیر، این حوزه را به دو دلیل در کانون اهمیت قرار داده است: نخست کشف روش‌های نیرومندی که امکان می‌دهد در پاره‌ای موارد مسائل بهینه‌سازی محدب را به سرعت مسائل خطی حل کنیم و دوم کاربردهای جدید و فراگیر مسائل بهینه‌سازی محدب در حوزه‌های مختلف از جمله تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها. هدف این درس آشنایی با مبانی نظری و روش‌های نوین در بهینه‌سازی محدب و کاربردهای آن است.

سرفصل‌های درس:

- مجموعه‌های محدب: مجموعه‌های محدب و مستوی، ابرصفحه‌های جداساز و تکیه‌گاه، نامساویهای تعمیمیافته، مخروط دوگان،
- توابع محدب: توابع مزدوج، توابع شبه محدب، توابع لگاریتم محدب و لگاریتم مقعر، تحدب بر اساس نامساوی‌های تعمیم‌یافته،
- مسائل بهینه‌سازی محدب: بهینه‌سازی محدب، مسائل بهینه‌سازی خطی، مسائل بهینه‌سازی درجه دو، برنامه‌ریزی هندسی، بهینه‌سازی برداری،
- دوگانی: تابع دوگان لاگرانژ، مساله دوگان لاگرانژ، تعبیر هندسی، تعبیر نقطه زینی، شرایط بهینگی، اختلال و تحلیل حساسیت، قضایای دگرین،
- تقریب و برازش: تقریب نُرم، مسائل کمترین نُرم، تقریب منظم، تقریب استوار، برازش تابع و درون‌یابی،
- تخمین آماری: تخمین توزیع‌های پارامتری، تخمین توزیع‌های ناپارامتری، طراحی آشکارساز بهینه و آزمون فرض، کران‌های چبیشف و چرنف، طراحی آزمایش،
- مسائل هندسی: تصویر روی یک مجموعه، فاصله مجموعه‌ها، فاصله اقلیدسی و مسائل زاویه، بیضیگون‌های با حجم بیشینه یا کمینه، مرکزیابی، رده‌بندی، جایابی،
- کمینه‌سازی نامقید: مسائل کمینه‌سازی نامقید، روش‌های کاهشی، روش کاهشی گرادیان، روش تندترین کاهش، روش نیوتن، self-concordance، پیاده‌سازی،
- کمینه‌سازی با قید تساوی: مسائل کمینه‌سازی با قید تساوی، روش نیوتن با قید تساوی، روش نیوتن با نقطه شروع نشدنی، پیاده‌سازی،
- روش‌های نقطه درونی: مسائل کمینه‌سازی با قید نامساوی، تابع مانعی لگاریتمی و مسیر مرکزی، روش‌های مانعی، شدنی بودن و روش‌های فاز ۱، تحلیل پیچیدگی، روش‌های نقطه درونی اولیه-دوگان، پیاده‌سازی.

منابع پیشنهادی:

1. S. Boyd, L. Vanderberghe, **Convex Optimization**, Cambridge University Press, 2004.
2. D. P. Bertsekas, **Convex Optimization Theory**, Athena Scientific, 2009.
3. D. P. Bertsekas, **Nonlinear Programming**, 3rd Edition, Athena Scientific, 2016.

4. D. P. Bertsekas, **Convex Optimization Algorithms**, Athena Scientific, 2015.
5. D. G. Luenberger, Y. Ye, **Linear and Nonlinear Programming**, 4th Edition, Springer, 2015.

عنوان درس	فارسی	بهینه‌سازی ترکیبیاتی									
	انگلیسی	**Combinatorial Optimization**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	-
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس مفاهیم و روش‌های پایه و مهم ریاضی را در مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی و انواع آن‌ها معرفی می‌کند و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در این مسائل و انجام پژوهش در این حوزه فراهم می‌آورد. به دست آوردن آمادگی برای کاربرد روش‌های مختلف بهینه‌سازی ترکیبیاتی در حل مسائل کاربردهای مختلف روز و آشنایی با قوت و ضعف‌های این روش‌ها، از دیگر اهداف این درس است.

سرفصل‌های درس:

- یادآوری پیش‌نیازها: مفاهیم پایه‌ای مرتبط با نظریه گراف و بهینه‌سازی و پیچیدگی زمانی الگوریتم‌ها،
- برنامه‌ریزی خطی: روش simplex و پیاده‌سازی آن، دوگانی، polytops، اشاره به الگوریتم‌های مختلف چندجمله‌ای برای برنامه‌ریزی خطی،
- برنامه‌ریزی عدد صحیح: پوش صحیح یک چندوجهی، تبدیلات و ماتریس‌های unimodular و صفحه‌های برش و lagrangian relaxation،
- درخت‌های فراگیر: درخت‌های فراگیر کمینه و الگویتم‌های مربوطه،
- کوتاه‌ترین مسیر: انواع مسئله انتخاب کوتاه‌ترین مسیر و الگویتم‌های مربوطه،
- جریان در شبکه و جریان‌های با کمترین هزینه: قضیه جریان بیشینه-برش کمینه و ارتباط با قضای Menger و Mader، روش Edmonds-Karp، درخت‌های Gomory-Hu،
- تطابق‌های ماکزیمم: تطابق در گراف‌های دوبخشی و ارتباط با جریان‌ها و سیستم‌های نمایندگی متمایز (SDR)، الگوریتم Edmonds،
- تطابق‌های وزن‌دار و b-تطابق‌ها: الگوریتم‌های حل مسئله تطابق وزن‌دار، Matching Polytop، مسئله b-matching و روش‌های حل آن و قضیه Padberg-Rao،
- مترویدها و تعمیم‌های آن‌ها: بحث در مورد مسائل افراز و تقاطع در مترویدها (با توجه به محدودیت‌های زمانی درس).

منابع پیشنهادی:

1. B. Korte, J. Vygen, **Combinatorial optimization: Theory and Algorithms**, 5th Edition, Springer, 2012.
2. V. T. Paschos, **Paradigms of Combinatorial Optimization: Problems and New Approaches**, 2nd Edition, Wiley, 2014.
3. L. Trevisan, **Combinatorial Optimization: Exact and Approximate Algorithms**, Stanford University, 2011.

4. L. C. Lau, R. Ravi, M. Singh, **Iterative Methods in Combinatorial Optimization**, Cambridge University Press, 2011.

عنوان درس	فارسی	یادگیری ماشین آماری								
	انگلیسی	**Statistical Machine Learning**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	یادگیری ماشین
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: مباحث این درس بر رویکردهای آماری در مباحث یادگیری ماشین تمرکز دارد، از این رو گونه‌های آماری روش‌های رده‌بندی و رگرسیون، روش‌های مختلف تخمین تابع توزیع آماری و تخمین پارامتر را مورد توجه قرار می‌دهد و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در مباحث یادگیری ماشین آماری و انجام پژوهش در این حوزه را فراهم می‌آورد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی روش‌های پارامتری در مباحث زیر:
  - رده‌بندی، رگرسیون خطی، مدل‌های خطی تعمیم‌یافته،
  - مدل‌های درهم (Mixture Models)، مدل‌های گرافی، مدل‌های مخفی مارکف،
  - انتخاب مدل.
- معرفی روش‌های ناپارامتری در مباحث زیر:
  - رده‌بندی، رگرسیون، خوشه‌بندی،
  - تخمین تابع توزیع آماری،
  - فروکاهی بعد و فروکاهی داده‌ها،
  - یادگیری بیزی.
- معرفی تنکی (Sparsity) و مباحث زیر:
  - تنکی در داده‌های با ابعاد بالا،
  - بازنگری مساله LASSO و مساله پیگرد پایه (Basis Pursuit) برای داده‌های تنک.
  - الگوریتم‌های حل رگرسیون خطی تنک،
  - تنکی در مدل‌های گرافی،

- روش‌های مونت‌کارلو،
- یادگیری مدل‌های غیرخطی به کمک روش RKHS (Reproducing Kernel Hilbert Spaces).

منابع پیشنهادی:

1. M. Sugiyama, **Introduction to Statistical Machine Learning**, Elsevier, 2016.
2. S. Theodoridis, **Machine Learning: A Bayesian and Optimization Perspective**, Elsevier, 2015.
3. A.R. Webb, K.D. Copsey, **Statistical Pattern Recognition**, Wiley, 2011.
4. C.M. Bishop, **Pattern Recognition and Machine Learning**, Springer, 2006.
5. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, **The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction**, 2nd edition, Springer, 2009.
6. K.P. Murphy, Machine Learning: **A Probabilistic Perspective**, MIT Press, 2012.
7. L. Wasserman, **All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference**, Springer, 2004.
8. L. Wasserman, **All of Nonparametric Statistics**, Springer Texts in Statistics, Springer, 2005.

عنوان درس	فارسی	انتخاب ویژگی و استخراج ویژگی									
	انگلیسی	Feature Selection and Feature Extraction									
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز	
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	داده‌کاوی	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس بر معضل ابعاد و راه‌حل‌های آن؛ یعنی روش‌های انتخاب ویژگی و استخراج ویژگی تمرکز دارد و دانشجویان را این روش‌ها و مزایا و معایب آن‌ها آشنا می‌کند و دانش لازم را برای پژوهش در این حوزه ارائه می‌کند.

سرفصل‌های درس:

- مساله معضل ابعاد، مروری بر انواع ویژگی و معرفی انتخاب ویژگی و استخراج ویژگی و تفاوت آن‌ها،
- انتخاب ویژگی:
  - روش‌های پالایشی (Filter):
    - بر پایه کوریلیشن: کوریلیشن بین ویژگی‌ها، کوریلیشن بین ویژگی‌ها و خروجی‌ها،
    - شاخص‌های ارتباط مبتنی بر فاصله بین توزیع‌ها: اندازه کولموگوروف، واگرایی Kullback-Leibler، فاصله Jeffreys-Matusita، آنتروپی Vajda،
    - مبتنی بر شاخص‌های نظریه اطلاعات: اطلاعات متقابل بین ویژگی‌ها، اطلاعات متقابل بین ویژگی‌ها و خروجی‌ها، بهره اطلاعاتی، نسبت بهره اطلاعاتی، آنتروپی‌های مختلف،
    - بر پایه روش‌های وزن‌دهی به ویژگی‌ها: Releif و ReleifF
    - بر پایه مجموعه‌های Rough و Fuzzy Rough
  - روش‌های پوشه‌ای (Wrapper):
    - روش پوشه‌ای مبتنی بر فرایافتارها،
    - روش مجموعه‌های Rough و Fuzzy Rough،
  - روش‌های نشانده (Embedded).
  - روش‌های ترکیبی (Hybrid).
- استخراج ویژگی:
  - روش‌های خطی:
    - تجزیه مقادیر منفرد (SVD)
    - تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)
    - تحلیل عاملی
    - تجزیه ماتریس‌های نامنفی (NNMF)
    - تحلیل مولفه‌های مستقل (ICA)
    - مقیاس‌گذاری چندبعدی (MDS)

- تحلیل تفکیک خطی (Linear Discreminant Analysis)
- کمینه مربعات جزیی (Partial Least Squares = PLS)
- تخصیص پنهان دیریکله (Latent Dirichlet Allocation)
- برنامه‌نویسی ژنی

- روش‌های غیرخطی:
  - مقیاس‌گذاری چندبعدی غیرخطی (NMDS)
  - تحلیل مولفه‌های اصلی غیرخطی (NPCA) و تحلیل مولفه‌های اصلی مبتنی بر هسته (KPCA)
  - تخصیص پنهان دیریکله غیر خطی و تخصیص پنهان دیریکله مبتنی بر هسته
  - منحنی‌های اصلی (Principal Curves)
  - نگاشت سامون (Sammon Mapping)
  - ISOMAP
  - نشانش خطی-محلی (Locally Linear Embedding = LLE)
  - پیگرد افکنش (Projection Pursuit)
  - روش‌های مبتنی بر اطلاعات متقابل (Mutual Information) مانند KDR
  - شبکه‌های عصبی، نگاشت خود سازمان‌ده (Self-Organizing Map)
  - برنامه‌نویسی ژنی

منابع پیشنهادی:

1. V. Bolón-Canedo, N. Sánchez-Maroño, A. Alonso-Betanzos, **Feature Selection for High-Dimensional Data**, Springer, 2015.
2. U. Stańczyk, L. C. Jain, **Feature Selection for Data and Pattern Recognition**, Springer, 2015.
3. H. Liu, H. Motoda, **Computational Methods of Feature Selection**, Chapman & Hall/CRC, 2008.
4. R. Jensen, Q. Shen, **Intelligence and Feature Selection: Rough and Fuzzy Approaches**, IEEE Press, 2008.
5. I. Guyon, S. Gunn, M. Nikravesh, L. A. Zadeh, **Feature Extraction: Foundations and Applications**, Springer, 2006.

عنوان درس	فارسی	گراف‌کاوی								
	انگلیسی	**Graph Mining**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس روش‌های استخراج الگو از داده‌های گرافی را مورد توجه قرار می‌دهد. برای این منظور، ابتدا دانش پیش‌زمینه مورد نیاز از جبری خطی و نظریه گراف مرور می‌شود و سپس مسائل مطرح در زمینه‌های گراف‌کاوی و الگوریتم‌های مربوط معرفی می‌شوند تا توانایی لازم برای پژوهش در این حوزه کسب شود.

سرفصل‌های درس:

- گراف‌ها، پایگاه داده‌های گرافی، تحلیل جبری گراف‌ها (ماتریس مجاورت، ماتریس لاپلاسی، ماتریس شباهت)،
- محاسبه فاصله در گراف‌ها، تطبیق گراف‌ها،
- گراف‌های ایستا: قوانین و الگوها،
- گراف‌های پویا: قوانین و الگوها،
- گراف‌های تصادفی،
- گام‌برداری تصادفی، الگوریتم‌های PageRank و HITS،
- روش‌های فروکاهی بعد در داده‌های گرافی،
- خوشه‌بندی و رده‌بندی گراف‌ها،
- یادگیری نیمه‌نظارتی در گراف‌ها،
- خلاصه‌سازی گراف‌ها،
- کشف نابهنجاری (Anomaly Detection) در گراف‌ها،
- تحلیل پیوند (Link Analysis)،
- زیرگراف‌های پرتکرار و روش‌های کاوش آن‌ها،
- کاوش زیرگراف‌های چگال،
- استخراج الگو از داده‌های گرافی روان (Stream Graph Mining)،
- تمایزکاوی (Contrast Mining) در گراف‌ها،
- روش‌های هسته برای گراف‌ها،
- یادگیری ژرف در گراف‌ها،
- ارائه مثال‌هایی از کاربرد گراف‌کاوی در داده‌های زیستی، داده‌های شیمیایی و شبکه‌های اجتماعی.

منابع پیشنهادی:

1. C.C. Aggarwal, **Data Mining: The Textbook**, Springer, 2015.
2. D. Chakrabarti, C. Faloutsos, **Graph Mining: Laws, Tools and Case Studies**, Morgan Claypool, 2012.
3. N.F. Samatova, W. Hendrix, J. Jenkins, K. Padmanabhan, A. Chakraborty, **Practical Graph Mining with R**, CRC Press, 2014.
4. C.C. Aggarwal, H. Wang, **Managing and Mining Graph Data**, Springer, 2010.
5. G. Dong, J. Bailey, **Contrast Data Mining: Concepts, Algorithms, and Applications**, CRC Press, 2013.
6. D.J. Cook, L.B. Holder, **Mining Graph Data**, Wiley, 2007.
7. A. Schenker, **Graph-Theoretic Techniques for Web Content Mining**, World Scientific, 2005.

عنوان درس	فارسی	مدل‌های گرافی احتمالاتی									
	انگلیسی	Probabilistic Graphical Models									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس مبانی نظری مدل‌های گرافی احتمالاتی و خانواده‌های آن را معرفی می‌کند و دانشجویان را با الگوریتم‌های ساخت این مدل‌ها و اهمیت و توانایی آن‌ها در مدل‌سازی عدم‌قطعیت در سیستم‌های پیچیده آشنا می‌سازد و آنان را برای استفاده از این مدل‌ها در پژوهش‌های کاربردی و نیز انجام پژوهش‌های بنیادی برای توسعه این مدل‌ها آماده می‌کند.

سرفصل‌های درس:

- مقدمه: مروری اجمالی بر نظریه احتمال و نظریه گراف.
- بازنمایی:
  - شبکه‌های بیزی:
    - استقلال در گراف‌ها، مفهوم جدایی جهتدار (D-separation)، کامل بودن، درستی (soundness)، وفاداری (faithfulness)،
    - معرفی مفاهیم: I-Equivalence، I-Map و I-Map کمین (minimal I-Map)، P-Map
  - مدل‌های گرافی بدون جهت:
    - مفهوم عامل (factor) و عملیات بر عامل‌ها (ضرب، بیشنه‌سازی، کاهش،...)، توزیع‌های گیبز، شبکه‌های مارکفی، مفهوم جدایی (separation) و استقلال در شبکه‌های مارکفی،
  - بازنمایی قالبی (Template-based):
    - شبکه‌های بیزی پویا، مدل مخفی مارکف، میدان‌های تصادفی مارکف، استقلال و I-Map در میدان‌های تصادفی مارکف، مدل‌های پاره‌ای جهتدار (partial directed)، میدان‌های تصادفی شرطی (CRF)،
- استنتاج:
  - روش‌های استنتاج دقیق:
    - حذف متغیر،
    - درخت‌های کلیک (clique)،
    - انتقال پیام (message passing)،
    - جمع-ضرب (sum-product)،
  - روش‌های استنتاج تقریبی:
    - بر پایه نمونه‌برداری: نمونه‌برداری گیبز (Gibbs)، نمونه‌برداری مونت‌کارلو مبتنی بر زنجیره مارکف (MCMC)،
    - بر پایه ذره (particle-based)،
    - روش‌های وردشی (Variational)،

- یادگیری:
  - برآورد پارامتر،
    - روش بیشینه درستنمایی (Maximum Likelihood)،
    - روش بیزی،
  - یادگیری ساختار:
    - به کمک آزمون‌های استقلال،
    - بر پایه امتیاز (score-based)،

منابع پیشنهادی:

1. D. Koller, N. Friedman, **Probabilistic Graphical Models: Principles and Techniques**, MIT Press, 2009.
2. L.E. Sucar, **Probabilistic Graphical Models: Principles and Applications**, Springer, 2015.
3. J. Pearl, **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference**, Morgan Kaufmann, 1988.
4. A. Darwiche, **Modeling and Reasoning with Bayesian Networks**, Cambridge University Press, 2009.
5. C. Borgelt, M. Steinbrecher, R.R. Kruse, **Graphical Models: Representations for Learning, Reasoning and Data Mining**, Wiley, 2009.
6. T. Koski, J. Noble, **Bayesian Networks: An Introduction**, Wiley, 2009.

عنوان درس	فارسی	**شبکه‌های پیچیده**								
	انگلیسی	**Complex Networks**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس مفاهیم مربوط به شبکه‌های پیچیده و نحوه تحلیل و بررسی آن‌ها را معرفی می‌کند و دانشجویان را با نمونه‌هایی از این شبکه‌ها و مسائل مطرح در آن‌ها آشنا می‌سازد و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در این حوزه و انجام پژوهش فراهم می‌آورد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی رده‌بندی شبکه‌ها: شبکه‌های تصادفی، شبکه‌های دنیای کوچک، شبکه‌های بی‌مقیاس، شبکه‌های ER (اردوش-رنی)،
- سنجه‌های شبکه‌های پیچیده:
  - سنجه‌های درجه و درجه-همبستگی،
  - سنجه‌های فاصله و مسیر،
  - سنجه‌های ساختاری،
  - سنجه‌های مرکزیت،
  - سنجه‌های رده‌بندی شبکه.
- ویژگی‌های ساختاری شبکه‌های پیچیده: جوامع، مولفه‌ها، ویژگی‌های آماری، توزیع‌های درجه، واحدهای تکراری (motifs)،
- مدل‌های تولید و رشد شبکه‌های پیچیده،
- الگوریتم‌های تولید شبکه‌های پیچیده،
- الگوریتم‌های شناسایی جامعه،
- کاربرد یادگیری‌های نظارتی، غیرنظارتی و نیمه نظارتی در شبکه‌های پیچیده،
- الگوریتم‌های دیداری‌سازی شبکه‌های پیچیده،
- فرایندهای پویا در شبکه‌های پیچیده: همزمان‌سازی نوسانات در شبکه‌های پیچیده، کنترل شبکه‌های پیچیده، انتشار بیماری‌های واگیر،
- معرفی کاربردها: شبکه‌های ژنی، شبکه‌های پروتئینی، شبکه‌های سلولی و مغزی، شبکه‌های بوم‌شناختی، شبکه‌های اجتماعی، شبکه‌های اقتصادی.

منابع پیشنهادی:

1. G. Chen, X. Wang, X. Li, **Fundamentals of Complex Networks: Models, Structures and Dynamics**, Wiley, 2015.
2. E. Estrada, **The Structure of Complex Networks: Theory and Applications**, Oxford University Press, 2011.
3. J. Lü, X. Yu, G. Chen, W. Yu, **Complex Systems and Networks: Dynamics, Controls and Applications**, Springer, 2016.

4. P. Commendatore, M. Matilla-García, L. M. Varela, J. S. Cánovas, **Complex Networks and Dynamics: Social and Economic Interactions**, Springer, 2016.
5. H. W. Shen, **Community Structure of Complex Networks**, Springer, 2013.
6. T. C. Silva, L. Zhao, **Machine Learning in Complex Networks**, Springer, 2016.
7. C. Kadushin, **Understanding Social Networks: Theories, Concepts, and Findings**, Oxford University Press, 2011.

عنوان درس	فارسی	**دیداری‌سازی داده‌ها**								
	انگلیسی	**Data Visualization**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		**اصلی شاخه**		تخصصی		اختیاری		3	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
نظری	عملی	**نظری**	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس روش‌ها و اصول کلیدی دیداری‌سازی داده‌ها را معرفی می‌کند و به یادگیرنده نشان می‌دهد که چگونه بازنمایی‌های دیداری می‌توانند در درک داده‌های پیچیده مفید باشند و در پی آن است که توانایی یادگیرنده را برای فعالیت و پژوهش در این حوزه ارتقا دهد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی دیداری‌سازی داده‌ها و اهمیت آن،
- انواع داده و دادگان (datasets)، روش‌های تجرید داده‌ها، روش‌های تجرید وظایف،
- نشانه‌ها و کانال‌ها، کدگذاری داده‌ها به کمک نشانه‌ها و کانال‌ها، معیارهای کارایی کانال: دقت (Accuracy)، افتراق‌پذیری (Discriminability)، جدایی‌پذیری (Separability)، آشکارسازی تنظیم‌پذیر (Popout) و تمامیت (Integrality).
- معرفی قواعدی که همواره در دیداری‌سازی داده‌ها باید مد نظر قرار داد،
- اعتبارسنجی و چهار سطح آن: وضعیت دامنه، تجرید داده‌ها و وظایف، کدگذاری دیداری و تعامل، پیچیدگی الگوریتم از نظر زمانی و حافظه،
- طراحی چیدمان جدول‌های داده، طراحی چیدمان داده‌های مکانی، طراحی چیدمان داده‌های شبکه‌ای و ساختارهای درختی،
- نگاشت رنگ و سایر کانال‌های غیر فضایی در کدگذاری دیداری، روش‌های دستکاری نما و دید (view) برای کاهش پیچیدگی نمایش داده‌ها، روش‌های نمایش داده‌های پیچیده با تقسیم نمایش به چندین نما و دید یا لایه،
- روش‌های کاهش اقلام و کاهش ویژگی برای مواجهه با پیچیدگی‌های دیداری‌سازی،
- روش‌های درج اطلاعات بر روی مجموعه انتخاب شده در یک نما و دید،
- معرفی سیستم‌های دیداری‌سازی داده‌ها و قابلیت‌های آن‌ها، همچون: Scagnostics، VisDB، PivotGraph، InterRing، Constellation و Hierarchical Clustering Explorer.

منابع پیشنهادی:

1. T. Munzner, **Visualization Analysis and Design**, CRC Press, 2014.
2. G. Dzemyda, O. Kurasova, J. Zilinskas, **Multidimensional Data Visualization: Methods and Applications**, Springer, 2013.
3. S. Murray, **Interactive Data Visualization for the Web**, O'Reilly Media, 2013.
4. I. Meirelles, **Design for Information: An Introduction to the Histories, Theories, and Best Practices Behind Effective Information Visualizations**, Rockport Publishers, 2013.
5. C. Ware, **Visual Thinking for Design**, Morgan Kaufman, 2008.
6. Alberto Cairo, **The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization**, New Riders, 2012.

عنوان درس	فارسی	**شناسایی دورافتاده**									
	انگلیسی	**Outlier Detection**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	داده‌کاوی یا اجازه استاد
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد					

هدف: این درس مفاهیم مربوط به دورافتاده‌ها و نحوه تحلیل و شناسایی آن‌ها را معرفی می‌کند و دانشجویان را با نمونه‌هایی از کابردهای مربوط به شناسایی دورافتاده‌ها آشنا می‌سازد و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در این حوزه و انجام پژوهش فراهم می‌آورد..

سرفصل‌های درس:

- معرفی دورافتاده‌ها و معضل آن‌ها در مطالعات مختلف داده‌کاوی،
- ارزیابی روش‌های شناسایی دورافتاده‌ها،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک مدل‌های احتمالی و آماری،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک مدل‌های خطی،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک مدل‌های مبتنی بر نزدیکی،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک مدل‌های مبتنی بر نظریه اطلاعات،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک روش‌های گروهی (Ensembles)،
- شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های با ابعا بالا،
- شناسایی دورافتاده‌ها به کمک روش‌های نظارتی،
- شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های رسته‌ای، متنی و با ویژگی‌های ترکیبی،
- شناسایی دورافتاده‌ها در سری‌های زمانی و داده‌های روان،
- شناسایی دورافتاده‌ها در دنباله‌های گسسته،
- شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های فضایی،
- شناسایی دورافتاده‌ها در داده‌های گرافی و در شبکه‌ها،
- معرفی کاربردهای شناسایی دورافتاده‌ها در کنترل کیفیت و شناسایی خطا، تشخیص حمله و امنیت، علوم زمین، وب‌کاوی و متن‌کاوی.

منابع پیشنهادی:

1. C. C. Aggarwal, **Outlier Analysis**, 2nd Edition, Springer, 2016.
2. M. Gupta, J. Gao, C. C. Aggarwal, J. Han, **Outlier Detection for Temporal Data**, Morgan & Claypool, 2014.
3. P. J. Rousseeuw, A. M. Leroy, **Robust regression and outlier detection**, Wiley, 1987.
4. D. M. Hawkins, **Identification of Outliers**, Springer, 1980.

5. V. Barnett, T. Lewis, **Outliers in Statistical Data**, Wiley, 1978.

عنوان درس	فارسی	مدل‌سازی و پردازش "مه داده‌ها"									
	انگلیسی	**Big Data Modeling and Processing**									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**			3	48	داده‌کاوی
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد						حل تمرین: حداکثر 24 ساعت					

هدف: این درس مفاهیم مربوط به مه داده‌ها و نحوه مدیریت و تحلیل آنها را معرفی می‌کند و دانش و بینش لازم را برای ورود به مباحث پیشرفته در این حوزه فراهم می‌آورد.

سرفصل‌های درس:

- معرفی مه داده‌ها و ارائه مثال‌هایی از سه منشا کلیدی تولید آن (مردم، سازمان‌ها و سنجه‌ها)،
- معرفی شش مشخصه مه داده‌ها (حجم، سرعت، تنوع، صحت، ظرفیت و ارزش) و نحوه تاثیر هر یک از آن‌ها بر جمع‌آوری، پایش، ذخیره‌سازی، تحلیل و گزارش‌دهی مه داده‌ها،
- تشریح مولفه‌های ساختاری و مدل‌های برنامه‌نویسی برای تحلیل مه داده‌های مقیاس‌پذیر، معرفی گام‌های پردازش مه داده‌ها،
- روش‌های دسترسی و دستکاری داده‌های روان، تفاوت پایگاه داده‌های سنتی با سامانه‌های مدیریت مه داده‌ها،
- معرفی سازگان Hadoop: HDF به عنوان نظام فایل توزیع شده در Hadoop، YARN به عنوان سامانه مدیریت منابع در Hadoop، MapReduce به عنوان مدل برنامه‌نویسی،
- بازیابی، یکپارچه‌سازی و تحلیل مه داده‌ها و معرفی ابزارهایی برای انجام آن‌ها،
- تحلیل مه داده‌های گرافی،
- رده‌بندی، رگرسیون، خوشه‌بندی و تحلیل پیوند (Association Analysis) در مه داده‌ها و ارزیابی مدل‌های حاصل از آن‌ها،
- پیاده‌سازی نمونه‌ای از سامانه مدیریت مه داده‌ها و تحلیل آن‌ها.

منابع پیشنهادی:

1. R. Buyya, R. N. Calheiros, A. Vahid Dastjerdi, **Big Data. Principles and Paradigms**, Morgan Kaufmann, 2016.
2. F. Corea, Big Data Analytics: **A Management Perspective**, Springer, 2016.
3. I. Foster, R. Ghani, R. S. Jarmin, F. Kreuter, J. Lane, **Big Data and Social Science: A Practical Guide to Methods and Tools**, Chapman & Hall/CRC, 2017.
4. S. Suthaharan, **Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification: Thinking with Examples for Effective Learning**, 4th Edition, Springer, 2015.
5. S. Liu, J. McGree, Z. Ge, Y. Xie, **Computational and Statistical Methods for Analysing Big Data with Applications**, Academic Press, 2016.

6. J. Hurwitz, A. Nugent, F. Halper, M. Kaufman, **Big Data for Dummies**, John Wiley & Sons, 2013.
7. S. Perera, T. Gunarathne, **Hadoop Map Reduce Cookbook**, Packt Publishing, 2013.
8. J. R. Owens, B. Femiano, J. Lentz, **Hadoop Real World Solutions Cookbook**, Packt Publishing, 2013.

عنوان درس	فارسی	یادگیری ژرف								
	انگلیسی	**Deep Learning**								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		**اختیاری**		3	48	یادگیری ماشین
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

هدف: این درس مفهوم یادگیری ژرف 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.

سرفصل‌های درس:

- نورون‌ها و مغز انسان، ساختار نورون‌ها، بررسی اجمالی شبکه های عصبی طبیعی، مفاهیم، تعاریف، و بخش‌های سازنده شبکه‌های عصبی،
- معرفی پرسپترون، شبکه تک لایه پرسپترونی، حل مساله رده‌بندی به کمک پرسپترون و مشکل آن، مسائل جدایی‌پذیر خطی،
- شبکه چند لایه پیش‌رو و قاعده یادگیری پس انتشار خطا، حل مسائل رده‌بندی و رگرسیون (تقریب تابع) به کمک این شبکه‌ها، ، بهبود شبکه انتشار خطا به عقب و نسخ مختلف آن، میزان آموزش و قدرت شبکه،
- روش‌های تنظیم (Regularization) در یادگیری ژرف،
- شبکه‌های عصبی کانولوشن، یادگیری ژرف به کمک این شبکه‌ها،
- المان‌های پردازشگر، اتصالات، تداعی الگوها، شبکه‌های تداعی‌گر پیش‌خور، شبکه‌های تداعی‌گر بازگشتی تک لایه، شبکه‌های تداعی‌گر دو طرفه، آموزش شبکه‌های بازگشتی، شبکه‌های بازگشتی ژرف،
- یادگیری بازنمایی نظارتی،
- خودکدگذارها (Auto-encoders) و یادگیری بازنمایی به کمک آن‌ها،
- ماشین بولتزمن، شبکه‌های باور سیگموییدی، ماشین قضیه میدان متوسط، ماشین بولتزمن ژرف، شبکه‌های باور ژرف،
- کاربردهای یادگیری ژرف در بینایی کامپیوتر، پردازش گفتار، پردازش متن و پردازش زبان طبیعی.

منابع پیشنهادی:

1. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, **Deep Learning**, MIT Press, 2016.
2. N.D. Lewis, **Deep Learning Made Easy With R**: A Gentle Introduction for Data Science, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2016.
3. J. Heaton, **Artificial Intelligence for Humans**, Volume 3: Deep Learning and Neural Networks, Heaton Research, Inc., 2015.
4. J. Patterson, A. Gibson, **Deep Learning: A Practitioner's Approach**, O'Reilly Media, 2017.
5. D. Yu, L. Deng, **Automatic Speech Recognition: A Deep Learning Approach**, Springer, 2015.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در علوم تصمیم و دانش									
	انگلیسی	Special Topics in Decision Science and Knowledge									
نوع واحد									تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری			3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی				
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت				نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد							

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش علوم تصمیم و دانش که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده ارایه می‌شود.

عنوان درس	فارسی	مباحث ویژه در داده‌کاوی								
	انگلیسی	Special Topics in Data Mining								
نوع واحد								تعداد واحد	تعداد ساعت	دروس پیش‌نیاز
پایه		اصلی شاخه		تخصصی		اختیاری		3	48	
نظری	عملی	نظری	عملی	نظری	عملی	**نظری**	عملی			
حل تمرین: حداکثر 24 ساعت						نیاز به اجرای پروژه عملی: دارد				

درسی است در سطح کارشناسی ارشد یا بالاتر در زمینه علوم کامپیوتر – گرایش داده کاوی که سرفصل آن بر حسب امکانات و نیاز در نیم‌سال مورد نظر توسط استاد مربوطه پیشنهاد شده و پس از تصویب شورای تحصیلات تکمیلی گروه و دانشکده ارایه می‌شود.