



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

## برنامه درسی

مقطع دکتری

علوم کامپیوتر



گروه علوم پایه

کمیته علوم ریاضی

مصوبه هشتصد و دهمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مورخ ۹۱/۸/۲۱

بسم الله الرحمن الرحيم

## برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر

گروه: علوم پایه  
رشته: علوم کامپیوتر  
کمپته تخصصی: علوم ریاضی  
گرایش: زبان‌های رسمی و روش‌های صوری - محاسبات علمی - نظریه محاسبه - محاسبات نرم و هوش مصنوعی - نظریه سیستم‌ها  
مقطع: دکترای  
کد رشته:

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی، در هشتصد و دهمین جلسه مورخ ۹۱/۸/۲۱ خود، برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر را با پنج گرایش: زبان‌های رسمی و روش‌های صوری - محاسبات علمی - نظریه محاسبه - محاسبات نرم و هوش مصنوعی - نظریه سیستم‌ها به شرح زیر تصویب کرد:

**ماده ۱:** برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر با پنج گرایش: زبان‌های رسمی و روش‌های صوری - محاسبات علمی - نظریه محاسبه - محاسبات نرم و هوش مصنوعی - نظریه سیستم‌ها، از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند، لازم‌الاجراء است:

**الف)** دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می‌شوند.

**ب)** مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و بر اساس قوانین تأسیس می‌شوند و تابع مصوبات شورای گسترش آموزش عالی هستند.

**ماده ۲:** این برنامه از تاریخ ۹۱/۸/۲۱ برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می‌شوند، لازم‌الاجراء است.

**ماده ۳:** برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر با پنج گرایش: زبان‌های رسمی و روش‌های صوری - محاسبات علمی - نظریه محاسبه - محاسبات نرم و هوش مصنوعی - نظریه سیستم‌ها در سه فصل: مشخصات کلی، جداول دروس و سرفصل دروس برای اجراء به دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی ابلاغ می‌شود.

رأی صادره هشتصد و دهمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۹۱/۸/۲۱ در خصوص برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر:

۱. برنامه درسی مقطع دکترای رشته علوم کامپیوتر با پنج گرایش: زبان‌های رسمی و روش‌های صوری - محاسبات علمی - نظریه محاسبه - محاسبات نرم و هوش مصنوعی - نظریه سیستم‌ها، با اکثریت آراء به تصویب رسید.
۲. این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجراء است و پس از آن نیازمند بازنگری است.

حسین نادری منشن  
نایب رئیس شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی



سعید قدیمی  
دبیر شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

## ” مشخصات کلی ”

### ” دوره‌ی دکتری علوم کامپیوتر ”

#### فصل اول

##### مشخصات کلی، تعریف و هدف

دوره دکتری علوم کامپیوتر به عنوان بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در رشته علوم کامپیوتر به بررسی علمی مباحث نظری و عملی محاسبات مربوط به کامپیوتر می‌پردازد. برنامه دکتری علوم کامپیوتر از دو بخش آموزشی و پژوهشی تشکیل می‌شود و هدف از آن تربیت نیروهای متخصص با مهارت‌های ویژه در زمینه‌های مختلف علوم کامپیوتر است. به گونه‌ای که دانش‌آموختگان توانایی‌های تدریس در دانشگاه‌ها و انجام تحقیق در حداقل یک زمینه تخصصی را به دست آورند.

این دوره از گرایش‌های (زمینه‌های تخصصی) متنوعی تشکیل شده است. گرایش‌های (زمینه‌های) اصلی بدین قرارند:

• زبان‌های رسمی و روش‌های صوری

• محاسبات علمی

• نظریه محاسبه

• محاسبات نرم و هوش مصنوعی

• نظریه سیستم‌ها

تبصره ۱: با توجه به بروز تحولات سریع در این رشته، زمینه‌های تخصصی محدود به این ۵ مورد یاد شده نیستند و بر حسب تحولات جدید و تخصص‌های موجود در دانشگاه‌های کشور، زمینه‌های تخصصی 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 دانش آموختگان

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

(الف) تدریس و پژوهش در دانشگاه‌ها به منظور تربیت نیروهای متخصص و گسترش مرزهای دانش در رشته علوم کامپیوتر.

(ب) پژوهش در مؤسسات، سازمان‌ها و مراکز علمی - پژوهشی به منظور رفع مشکلات پیش رو، ارائه راهکارهای جدید و ایجاد ساختارهای علمی پیشرفته در زمینه‌های مرتبط علمی.

## طول دوره و شکل نظام

طول دوره دکتری علوم کامپیوتر مطابق با آیین نامه‌ها و ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و دانشگاه مربوطه تعیین می‌شود و شامل دو مرحله آموزشی و پژوهشی است.

تبصره ۲: چنانچه در زمان پذیرش دانشجو و/ یا پس از تعیین استاد راهنما، شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده و / یا استاد راهنما کمبودهایی در پیش زمینه‌های تحصیلی دانشجو تشخیص دهند، دانشجو موظف است این کمبودها را با گذراندن درس‌های تعیین شده جبرانی بگذراند. در این صورت، زمان لازم برای گذراندن این کمبودها بنابر تشخیص شورای تحصیلات تکمیلی به طول دوره تحصیلی دانشجو اضافه می‌شود.

## مرحله آموزشی

پس از پذیرش دانشجو در دوره دکتری، این مرحله با گذراندن دروس جبرانی (در صورت لزوم)، دروس اجباری و اختیاری و گذراندن امتحان جامع در حداقل یک زمینه تخصصی اصلی (شامل حداقل دو درس) و یک زمینه تخصصی فرعی (شامل حداقل یک درس) پایان می‌یابد. در مرحله انجام امتحان جامع، دانشجو باید استاد راهنما و زمینه‌های تخصصی اصلی و فرعی پژوهش را مشخص کرده باشد.



## مرحله پژوهشی

این مرحله بلافاصله پس از پایان مرحله آموزشی با همراهی استاد راهنمای رساله دانشجو شروع می‌شود و شامل ارائه پیشنهاد رساله دکتری با تأیید استاد راهنما در حداکثر یک نیمسال تحصیلی پس از پایان مرحله آموزشی، ارائه پیشرفت کار سالانه و نگارش رساله دکتری است که با دفاع از رساله دکتری در برابر کمیته رساله دکتری پایان می‌یابد.

## تعداد و نوع واحدهای درسی

تعداد کل واحدهای درسی دوره حداقل ۳۶ واحد با ۱۸ واحد آموزشی و ۱۸ واحد پژوهشی به شرح زیر است.

### آموزشی:

(الف) دروس جبرانی بنا بر تشخیص شورای تحصیلات تکمیلی گروه یا دانشکده و / یا استاد راهنما و حداکثر ۶ واحد از دروس مقطع کارشناسی ارشد.

(ب) دروس اصلی، الزامی: ۹ واحد (سه درس)

(پ) دروس فرعی، الزامی: ۳ واحد (یک درس)

(ت) دروس تخصصی، اختیاری: ۶ واحد (دو درس)

### پژوهشی:

(ث) رساله دکتری: ۱۸ واحد

سه درس اصلی تخصصی در (ب) باید از یکی از جدول‌های دروس تخصصی و یک درس فرعی تخصصی در (پ) باید از یک جدول دروس تخصصی دیگر علوم کامپیوتر، و دروس اختیاری در (ت) باید از جدول‌های تخصصی این رشته، دانشکده و / یا دروس دیگر دانشگاه در رشته‌های علوم یا مهندسی و با تأیید استاد راهنمای دانشجو اختیار شوند.

تبصره ۳: به منظور ایجاد تنوع آموزشی، دانشجو باید دروس آموزشی خود را با حداقل ۳ استاد مختلف گذرانده باشد.



## امتحان جامع و شرایط مربوط

امتحان جامع باید مطابق با آیین نامه‌های وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و دانشگاه در دروس مربوط به (ب) و (پ) به صورت کتبی و / یا شفاهی در برابر یک کمیته گذرانده شود.  
تبصره ۳: کمیته امتحان جامع می‌تواند همان کمیته رساله دکتری دانشجو باشد.

## شرایط و ضوابط ورود به دوره دکتری

- (الف) دارا بودن حداقل مدرک کارشناسی ارشد از یکی از دانشگاه‌های معتبر داخلی یا خارجی در رشته‌های علوم یا مهندسی.
- (ب) دریافت پذیرش رسمی از دانشگاه مجری و مطابق با آیین‌نامه‌های مربوط دانشگاه و رعایت ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.



## “ سرفصل دروس ”

### “ دوره‌ی دکتری علوم کامپیوتر ”

#### فصل دوم

دروس دوره علوم کامپیوتر در جدول‌های تخصصی در گرایش‌های زیر تنظیم شده‌اند.

- زبان‌های رسمی و روش‌های صوری (جدول ۱)
- محاسبات علمی (جدول ۲)
- نظریه محاسبه (جدول ۳)
- محاسبات نرم و هوش مصنوعی (جدول ۴)
- نظریه سیستم‌ها (جدول ۵)

تبصره ۵: دروس یاد شده در جدول‌های ۱ تا ۵ پیشنهادی هستند و دانشگاه مجری طبق ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌تواند دروس تخصصی جدیدی به جدول‌های مربوطه اضافه کنند.

تبصره ۶: در صورت لزوم، جدول‌های تخصصی جدیدی را هم می‌توان با رعایت ضوابط وزارت علوم، تحقیقات و فناوری توسط دانشگاه مجری به دوره دکتری علوم کامپیوتر دانشگاه افزود.





## زبان‌های رسمی و روش‌های صوری

### جدول شماره ۱

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
-	۴۸	-	۴۸	۳	واری‌گر مدل (Model Checking)	۱
-	۴۸	-	۴۸	۳	اثبات خودکار (Automated Reasoning)	۲
-	۴۸	-	۴۸	۳	برنامه‌سازی منطق (Logic Programming)	۳
-	۴۸	-	۴۸	۳	معناشناسی صوری (Formal Semantics)	۴
-	۴۸	-	۴۸	۳	توصیف صوری نرم‌افزار (Formal Method for Software Development)	۵
-	۴۸	-	۴۸	۳	درستی‌یابی نرم‌افزار (Software Verification)	۶
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در روش‌های صوری (Topics in Formal Methods)	۷





## محاسبات علمی

### جدول شماره ۲

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
جبر خطی یا اجازه مدرس	۴۸	-	۴۸	۳	محاسبات ماتریسی (Matrix Computations)	۱
آنالیز عددی ۱	۴۸	-	۴۸	۳	نرم افزار ریاضی پیشرفته (Advanced Mathematical Software)	۲
جبر خطی	۴۸	-	۴۸	۳	برنامه ریزی خطی عددی (Numerical Linear Programming)	۳
جبر خطی عددی یا آنالیز عددی ۱ یا محاسبات ماتریسی	۴۸	-	۴۸	۳	بهینه سازی غیر خطی عددی (Numerical Nonlinear Optimization)	۴
برنامه ریزی خطی عددی یا اجازه مدرس	۴۸	-	۴۸	۳	برنامه ریزی خطی پیشرفته (Advanced Linear Programming)	۵
جبر خطی عددی یا آنالیز عددی ۱ یا محاسبات ماتریسی با اجازه مدرس	۴۸	-	۴۸	۳	بهینه سازی غیر خطی پیشرفته (Advanced Nonlinear Optimization)	۶
جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	جبر خطی عددی پیشرفته (Advanced Numerical Linear Algebra)	۷
آنالیز عددی ۱	۴۸	-	۴۸	۳	معادلات انتگرال و دیفرانسیل عددی (Numerical Differential and Integral Equations)	۸
آنالیز عددی ۱	۴۸	-	۴۸	۳	معادلات دیفرانسیل پاره ای عددی (Numerical Partial Differential Equations)	۹
جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	تکنولوژی ماتریس های تنک (Sparse Matrix Technology)	۱۰



## محاسبات علمی

ادامه جدول شماره ۲

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا موافقت استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مدل‌سازی و طراحی هندسی (Geometric Modeling and Design)	۱۱
جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا موافقت استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه (Integer Programming and Networks)	۱۲
جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	بهینه‌سازی ترکیبیاتی (Combinatorial Optimization)	۱۳
آنالیز عددی ۱ یا اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی (Parallel Algorithms for Scientific Computing)	۱۴
آنالیز عددی ۱ یا اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی (Numerical Stochastic Ordinary Differential Equations)	۱۵
معادلات دیفرانسیل تصادفی عادی، شبیه‌سازی	۴۸	-	۴۸	۳	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی (Numerical Stochastic Partial Differential Equations)	۱۶
نظریه احتمال و فرایندهای تصادفی، آمار	۴۸	-	۴۸	۳	شبیه‌سازی (Simulation)	۱۷
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در محاسبات علمی (Topics in Scientific Computing)	۱۸



## نظریه محاسبه

### جدول شماره ۳

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	نظریه بازگشت و محاسبه پذیری (Recursion Theory)	۱
-	۴۸	-	۴۸	۳	پیچیدگی محاسبه (Computational Complexity)	۲
-	۴۸	-	۴۸	۳	پیچیدگی محاسبه پیشرفته (Advanced Computational Complexity)	۳
-	۴۸	-	۴۸	۳	الگوریتم‌های موازی (Parallel Algorithms)	۴
-	۴۸	-	۴۸	۳	الگوریتم‌های تصادفی (Randomized Algorithms)	۵
-	۴۸	-	۴۸	۳	طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها (Design and Analysis of Algorithms)	۶
-	۴۸	-	۴۸	۳	مبانی نظری رمزنگاری (Foundations of Theoretical Cryptography)	۷
-	۴۸	-	۴۸	۳	نظریه بازی‌ها (Game Theory)	۸
گراف‌ها و الگوریتم‌ها	۴۸	-	۴۸	۳	نظریه پیشرفته گراف‌ها (Advanced Graph Theory)	۹
-	۴۸	-	۴۸	۳	گراف‌ها و الگوریتم‌ها (Graphs and Algorithms)	۱۰
-	۴۸	-	۴۸	۳	الگوریتم‌های تقریبی (Approximation Algorithms)	۱۱
-	۴۸	-	۴۸	۳	هندسه محاسباتی (Computational Geometry)	۱۲
آنالیز ترکیبی I	۴۸	-	۴۸	۳	ترکیبیات (Combinatorics)	۱۳
-	۴۸	-	۴۸	۳	ترکیبیات ساختمان (Constructive Combinatorics)	۱۴
متنطق ریاضی، آنالیز ریاضی	۴۸	-	۴۸	۳	آنالیز محاسباتی (Computational Analysis)	۱۵
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در نظریه محاسبه (Topics in Theory of Computing)	۱۶





## محاسبات نرم و سیستم‌های هوشمند

### جدول شماره ۴

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
-	۴۸	-	۴۸	۳	محاسبات نرم پیشرفته (Advanced Soft Computing)	۱
-	۴۸	-	۴۸	۳	هوش مصنوعی پیشرفته (Advanced AI)	۲
-	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم‌های خبره (Expert Systems)	۳
-	۴۸	-	۴۸	۳	تشخیص الگو (Pattern Recognition)	۴
-	۴۸	-	۴۸	۳	پردازش زبان‌های طبیعی (Natural Languages Processing)	۵
هوش مصنوعی پیشرفته	۴۸	-	۴۸	۳	یادگیری ماشین (Machine Learning)	۶
-	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم‌های دینامیکی گسسته (Discrete Dynamical Systems)	۷
-	۴۸	-	۴۸	۳	الگوریتم‌های هوشمند (Intelligent Algorithms)	۸
-	۴۸	-	۴۸	۳	هوش مصنوعی توزیع شده (Distributed AI)	۹
-	۴۸	-	۴۸	۳	نظریه سیستم‌های چندعاملی (Multi-agent Systems)	۱۰
-	۴۸	-	۴۸	۳	داده‌کاوی (Data Mining)	۱۱
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در هوش مصنوعی (Topics in AI)	۱۲
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در محاسبات نرم (Topics in Soft Computing)	۱۳





## نظریه سیستم‌ها

### جدول شماره ۵

پیشنیاز یا زمان ارائه درس	ساعت			تعداد واحدها	نام درس	کد درس
	جمع	عملی	نظری			
-	۴۸	-	۴۸	۳	طراحی نرم‌افزار پیشرفته (Advanced Software Engineering)	۱
-	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم عامل پیشرفته (Advanced Operating System)	۲
-	۴۸	-	۴۸	۳	پایگاه داده پیشرفته (Advanced Database)	۳
-	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم‌های بلادرنگ (Real Time Systems)	۴
-	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم‌های تصمیم یار (Decision Support Systems)	۵
-	۴۸	-	۴۸	۳	کامپایلر پیشرفته (Advanced Compiler)	۶
هوش مصنوعی	۴۸	-	۴۸	۳	سیستم‌های توزیع شده (Distributed Systems)	۷
اجازه استاد درس	۴۸	-	۴۸	۳	مباحثی در نظریه سیستم‌ها (Topics in System Theory)	۸



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  وارسی گر مدل	
	عملی					
	نظری	پایه				
	عملی					
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد						
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه وارسی گر مدل است.

### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	آزمون نوشتاری ✓	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  اثبات خودکار	
	عملی					
	نظری	پایه				
	عملی					
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد						
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه اثبات خودکار است.

### 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 - تصمیم‌پذیری)، حساب لاند (کاربرد آن در برنامه‌نویسی تابعی).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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

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

2. D. Van Dalen, Logic and Structure, Springer, 2007.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  برنامه‌سازی منطق	
	عملی					
	نظری	پایه				
	عملی					
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد						
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						
عنوان درس به انگلیسی: Logic Programming						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه برنامه‌سازی منطق است.

### 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)، برنامه‌سازی چندعاملی منطقی metatemp (منطق زمانی).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  معناشناسی صوری		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Formal Semantics
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه معناشناسی صوری است.

### سرفصل درس

معناشناسی صوری زبان‌های برنامه‌نویسی، معناشناسی تابعی Denotational Semantics، حساب لاند، معناشناسی بازگشتی و نقطه ثابت، نظریه دامنه Domain Theory، معناشناسی عملیاتی Operational Semantics، معناشناسی اصول موضوعی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	آزمون نوشتاری ✓	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: توصیف صوری نرم افزار
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
تعداد ساعت: 48					
عنوان درس به انگلیسی: Formal Methods for Software Development					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه توصیف صوری نرم افزار است.

### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	آزمون نوشتاری ✓	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  درستی یابی نرم افزار		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Software Verification
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه درستی یابی نرم افزار است.

### سرفصل درس

منطق هواری Hoare Logic، منطق مرتبه اول، منطق دینامیک، توصیف صوری زبان برنامه سازی java،

ابزار KEY

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	آزمون نوشتاری ✓	

### 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.



دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در روش‌های صوری		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in Formal Methods
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه روش‌های صوری است.

### سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در روش‌های صوری که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

### منابع

کتاب‌ها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.





دروس پیشنهادی: جبر خطی یا اجازه مدرس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: محاسبات ماتریسی					
	عملی									
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48				
	عملی									
	نظری	الزامی								
	عملی									
	نظری	اختیاری								
	عملی									
	آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار									
	عنوان درس به انگلیسی: Matrix Computations									

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع در زمینه محاسبات ماتریسی است.

### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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 Ill.D. Bau, Numerical Linear Algebra, SIAM, 1997.
4. G.W. Stewart, Matrix Algorithms, Volume I: Basic Decompositions, SIAM, 1998

دروس پیشنهادی: آنالیز عددی ۱ 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: نرم افزار ریاضی پیشرفته	
	عملی					
	نظری	پایه				
	عملی					
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار						
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Mathematical Software						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع نرم افزارهای ریاضی پیشرفته است.

### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.

دروس پیشنهادی: جبر خطی 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: برنامه‌ریزی خطی عددی  عنوان درس به انگلیسی: Numerical Linear Programming
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
تعداد ساعت: 48					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی خطی عددی است.

### 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 دوگانگی و حل مسأله‌های جریان در شبکه، حمل و نقل تخصیص، تحلیل حساسیت، روش کارمارکار و ارتباط با بهینه‌سازی غیرخطی، تبدیلات تصویری.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. M. Padberg, Linear Optimization and Extension, Second Edition, Springer-Verlag, 1999.
2. برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی، اثر لوئیس گرگر، ترجمه نظام‌الدین مهدوی امیری و محمدحسین پورکاظمی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم ۱۳۸۵.



دروس پیشنهادی: جبر خطی عددی یا آنالیز عددی ۱ یا محاسبات ماتریسی	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: <b>بهینه‌سازی غیرخطی عددی</b>		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: <b>Numerical Nonlinear Optimization</b>
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

**هدف:** آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه بهینه‌سازی غیرخطی عددی است.

**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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

**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.



دروس پیشنهادی: برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه مدرس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	
	عملی					
	نظری	پایه				
	عملی					
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48
	عملی					
	نظری	اختیاری				
	عملی					
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار						
عنوان درس به انگلیسی: Advanced Linear Programming						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی خطی است.

#### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### 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.
3. J. Renegar, a Mathematical View of Interior Point Methods in Convex Optimization, SIAM, Philadelphia, 2001.
4. Y. Nesterov, 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

دروس پیشنهادی: جبرخطی عددی یا آنالیز عددی ۱ یا محاسبات ماتریسی با اجازه مدرس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته  عنوان درس به انگلیسی: Advanced Nonlinear Optimization
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه بهینه‌سازی غیرخطی است.

#### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

مقاله‌های علمی در مجلات معتبر بین‌المللی در زمینه‌های بهینه‌سازی شامل:

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

دروس پیشنهادی: جبرخطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: جبرخطی عددی پیشرفته		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Numerical Linear Algebra
	عملی						
نظری	اختیاری						
عملی							
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							



هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه جبرخطی عددی است.

### سرفصل درس


الگوریتم‌های تکراری 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. G.W. Stewart, 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.



دروس پیشنهادی: آنالیز عددی ۱ 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: <b>معادلات انتگرال و دیفرانسیل عددی</b>		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: <b>Numerical Differential and Integral Equations</b>
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه معادلات انتگرال و دیفرانسیل عددی است.

#### سرفصل درس


کاربرد مدل‌های معادلات دیفرانسیل عادی در دینامیک جمعیت، مکانیک و سیستم‌های خطی، روش‌های رانگه-کاتا، چند قدمی، پیش‌گو و اصلاح‌گر، جواب‌های دوره‌ای، روش‌های پرتابی و تفاضل‌های محدود، خطاهای موضعی و فراگیر، همگرایی و پایداری الگوریتم‌ها، برآورد خطاها در نرم‌افزار.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

1. K. Atkinson, W. Han, and D. Stewart, Numerical Solution of Ordinary Differential Equations, John Wiley, 2009.
2. K.E. Atkinson, Numerical Solution of Integral Equations of the Second Kind, Cambridge University Press, 1997.
3. W.C. Gear, Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations, Prentice-Hall, 1971.



دروس پیشنهادی: آنالیز عددی ۱ 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Numerical Partial Differential Equations
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی است.

#### سرفصل درس

معادلات هذلولی، بیضوی و سهموی، کاربرد در انتقال حرارت، آلودگی محیط زیست، دینامیک مایعات و آنالیز سازه، حل تقریبی معادلات و خطای بریدن، روش‌های کنترل حجم و کسرهای منقسم، روش‌های تکراری و گرادیان‌های مزدوج، گالرکین، نوثر، تفاضل‌های محدود و المان‌های محدود، همگرایی پایداری روش‌ها، قضایای ریمن و کوشی - کاوالادسکی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

1. A. Quarteron, and A. Valli, Numerical Approximation of Partial Differential Equations, Springer-Verlag, 1997.
2. G. Strang, and G.J. Fix, Analysis of the Finite Element Method, Prentice-Hall, 1973.
3. Smith, Numerical Solution of Partial Differential Equation: Finite Difference Methods, Clarendon Press, 1985.
4. Vichnevetsky, Computer Method for Partial Differential Equations, Prentice-Hall, 1981.

دروس پیشنهادی: جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: تکنولوژی ماتریس‌های تنک		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Sparse Matrix Technology
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه ماتریس‌های تنک است.

#### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### 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.



دروس پیشنهادی: جبر خطی عددی یا محاسبات ماتریسی یا موافقت استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مدل سازی و طراحی هندسی  عنوان درس به انگلیسی: Geometric Modeling and Design
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه مدل سازی و طراحی هندسی است.

### سرفصل درس

الگوریتم های مؤثر نمایش منحنی ها و رویه ها شامل درونیایی و تقریب با B-اسپلاین ها، بتا اسپلاین ها، پیوستگی پارامتری و هندسی، تأکید بر مقایسه الگوریتم ها و پیاده سازی های عملی آنها.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.



دروس پیشنهادی: جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا موافقت استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: برنامه‌ریزی صحیح و شبکه		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Integer Programming and Networks
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه برنامه‌ریزی صحیح و شبکه است.  
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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

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.



دروس پیشنهادی: جبر خطی عددی، یا برنامه‌ریزی خطی عددی یا اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  بهینه‌سازی ترکیبیاتی  عنوان درس به انگلیسی:  Combinatorial Optimization
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه بهینه‌سازی ترکیبیاتی است.


### سرفصل درس

حل مسأله‌های درخت پوشای مینیمال و کوتاهترین مسیر، مسأله‌های جریان در شبکه، جریان ماکسیمال و برش مینیمال، الگوریتم‌های اولیه و دوگان برای مسأله جریان با کمترین هزینه، مسأله‌های جور ماکسیمال و جور کامل، پوش محدب، چند گونای صحیح، تکمدولی بودن کامل و حل مسأله برنامه‌ریزی صحیح مربوط، مسأله فروشنده دوره گرد و پیچیدگی آن، روش‌های شهودی برای حل مسأله فروشنده دوره گرد، ماترویدها و الگوریتم حریصانه، رده مسایل NP، NP-کامل بودن.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

منابع

1. W.J. Cook, W.H. Cunningham, W.R. Pulleyblank, and A. Schrijver, Combinatorial Optimization, John Wiley and Sons, 1998.
2. G. Nemhauser, and L.A. Wolsey, Integer and Combinatorial Optimization, Wiley, 1999.
3. A. Schrijver, Combinatorial Optimization, Springer, 2003.

دروس پیشنهادی: آنالیز عددی ۱ یا اجازه استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					عنوان درس به انگلیسی: Parallel Algorithms for Scientific Computing
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی است.

#### سرفصل درس


رده‌بندی مدل‌های محاسبه و الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های اولیه شامل پوشش، جستجو و مرتب‌سازی، روش‌های حل موازی برای دستگاه‌های خطی شامل حل مسأله چگال و تنک، روش‌های شبکه‌ای، پیش‌حالت‌سازی کريلوف، تقسیم‌بندی و افزایش‌بندی، ضرب ماتریسی، تبدیل سریع فوریه، مقادیر ویژه، روش‌های اجزای متناهی، چند شبکه‌ای و گرادینت‌های مزدوج.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### 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.



دروس پیشنیاز: آنالیز عددی ۱ یا اجازه استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: <b>معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی</b>		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: <b>Numerical Stochastic Ordinary Differential Equations</b>
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی است.

### 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 لیبشیتز، 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-اولنبرگ، 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 معادلات دیفرانسیل تصادفی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.

دروس پیشنهادی: معادلات دیفرانسیل تصادفی عادی، شبیه‌سازی	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Numerical Stochastic Partial Differential Equations
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی است.

#### سرفصل درس


معادلات دیفرانسیل تصادفی پاره‌ای حرارت (سه‌موی) موج (هزلولوی) شامل: مثال‌های پایه‌ای، خوش طرح بودن، وجود و یکتایی جواب، بررسی همواری 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### 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.



دروس پیشنهادی: نظریه احتمال و فرآیندهای تصادفی، آمار 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: شبیه‌سازی
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					
					عنوان درس به انگلیسی: Simulation

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه شبیه‌سازی است.

### سرفصل درس

تولید اعداد و متغیرهای تصادفی: مفاهیم پایه‌ای مونت-کارلو، مولدهای همبستگی 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 مبتنی بر اهمیت (Importance Sampling)، روش‌های شبه مونت-کارلو: معیارهای پخش شدن نقاط، دنباله‌های «فان-در کورپات»، «هالتون»، «همرسلی»، «فاور» و «سوبول»، قضیه «کوکسما-هلاوکا».

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.

دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در محاسبات علمی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in Scientific Computing
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه محاسبات علمی است.

### سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در محاسبات علمی که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

### منابع

کتابها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.

دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس 	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: نظریه بازگشت و محاسبه پذیری		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Recursion Theory
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه بازگشت و محاسبه پذیری است.

### سرفصل درس

هدف این درس بررسی منطقی، صوری و فلسفی مفاهیم اساسی محاسبه پذیری، تصمیم پذیری 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



	دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: پیچیدگی محاسبه
	-	عملی				
		نظری	پایه			
		عملی				
		نظری	الزامی		تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Computational Complexity
		عملی				
		نظری	اختیاری			
		عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع پیچیدگی محاسبه است.


### 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  $L$ ,  $NL$ ،  $NP$ -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 یا نظر استاد).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.

	دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: پیچیدگی محاسبه پیشرفته
	-	عملی				
		نظری	پایه	تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Computational Complexity	
		عملی				
		نظری	الزامی	آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد		
		عملی				
		نظری	اختیاری	سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>		
		عملی				

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه پیچیدگی محاسبه است.

### 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  $.NC$ ،  $.Hastad$ ، پیچیدگی حسابی (Arithmetic) و مسائل مربوط به آن، پیچیدگی شمارشی و کلاس  $\#P$  و قضیه  $Toda$ ، تولید اعداد شبه تصادفی،  $Expander$ ها و  $Extractor$ ها و توابع یک طرفه و ارتباط آنها، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.



دروس پیشنهادی: -  	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  الگوریتم‌های موازی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Parallel Algorithms
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه الگوریتم‌های موازی است.

### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.



	دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: <b>الگوریتم‌های تصادفی</b>  عنوان درس به انگلیسی: <b>Randomized Algorithms</b>
	-	عملی				
		نظری	پایه			
		عملی				
		نظری	الزامی			
		عملی				
		نظری	اختیاری			
		عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					تعداد ساعت: 48	
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>						

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه الگوریتم‌های تصادفی است.

### سرفصل درس

پارادایم‌های طراحی الگوریتم‌های تصادفی، ابزارهای مورد نیاز شامل مبانی احتمال، مدل محاسباتی و کلاس‌های پیچیدگی تصادفی، محدوده‌های تصادفی مانند Chernoff حده، زنجیره‌های مارکوف 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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

دروس پیشنهادی: -  	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: <b>طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها</b>		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: <b>Design and Analysis of Algorithms</b>
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه طراحی الگوریتم‌ها است.

### سرفصل درس

داده‌ساختارهای پیشرفته مانند درخت‌های پایا، هیپ فیبوناچی، تحلیل استهلاکی، شبکه‌های 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.



دروس پیشنهادی:	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مبانی نظری رمزنگاری
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
تعداد ساعت: 48					عنوان درس به انگلیسی: Foundations of Theoretical Cryptography
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					
<input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه رمزنگاری است.

### 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 دنیا‌اله‌ای (متقارن) و کلید عمومی (نامتقارن)، مولدهای شبه تصادفی، امضاهای دیجیتال، اثبات‌های بدون انتقال دانش، تعاریف مختلف تابع یک‌طرفه و طرح مسئله اصلی حمله در رمزنگاری در حالت  $P \neq NP$ ، تعریف اصلی مسئله رمزنگاری  $NP-BPP \neq P$  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، پروتوکول‌های رمزنگاری و امنیت آنها و ارتباط با نظریه واری رسمی سیستم‌ها (Formal Verification)، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  نظریه بازی‌ها		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Game Theory
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع نظریه بازی‌ها است.

#### سرفصل درس

مروری بر بهینه‌سازی انفرادی و تصمیم‌گیری، بازی‌های همزمان، تعادل نش، الگوریتم‌های پیدا کردن تعادل نش و پیچیدگی آنها، بازی‌های پویا، بازی‌های تکرارشونده، بازی‌ها با اطلاعات ناقص، حراجی‌ها، چانه‌زنی، طراحی مکانیسم.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

1. E. Mendelson, Introducing Game Theory and Its Applications, CRC Press, 2003.
2. N. Nisan, Algorithmic Game Theory, Cambridge University Press, 2007.



دروس پیشنهادی: گرافها و الگوریتمها	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: نظریه پیشرفته گرافها		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Graph Theory
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه گرافها است.

### سرفصل درس

این درس دنباله درس گرافها و الگوریتمها خواهد بود و مطالبی را که دانشجویان عمیقاً در درس قبلی یاد گرفته اند در سطح تحقیقاتی تمرین خواهند کرد. از هر مبحثی در درس قبلی قضیه های جدید کشف شده و حدس های اثبات شده بحث خواهد شد و البته علایق شخصی استاد نیز دخیل می باشد. تأکید بر اثبات و الگوریتم است. مباحثی که در درس گرافها و الگوریتمها معرفی شده است در این درس به طور مشروح بحث شده و گسترش خواهد یافت.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنیاز: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: گراف‌ها و الگوریتم‌ها		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Graphs and Algorithms
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه گراف‌ها و الگوریتم‌ها است.

### 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 درخت‌ها، تطابق‌ها (قضیه تات، برژ) تجزیه گراف‌ها (قضیه ۱- تجزیه پیترسن)، تطابق در گراف‌های دو بخشی (قضیه فیلیپ هال و کونیک-ایگرواری)، همبندی رأسی و یالی، رده‌بندی گراف‌های ۲ و ۳- همبند، قضیه ویتنی و قضیه‌های منگر، عدد رنگی رأسی (قضیه بروکس، قضیه توران)، عدد رنگی یالی (قضیه ویزینگ و اندیس گراف‌های دو بخشی)، رنگ-آمیزی لیستی، لم هسته و قضیه گالوین، گراف‌های مسطح و قضیه کوراتاوسکی، عدد رنگی لیستی گراف‌های مسطح، قضیه انتخاب‌پذیری 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

منابع

1. D. West, Introduction to Graph Theory, 2001.
2. J. A. Bondy, and U.S.R. Murty, Graph Theory, latest edition, 2008.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  الگوریتم‌های تقریبی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Approximation Algorithms
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه الگوریتم‌های تقریبی است.

### 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 گرد کردن تصادفی، حل تصادفی برنامه‌ریزی خطی و روش‌های Primal-Dual و relaxation, Semidefinite Programming.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  هندسه محاسباتی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Computational Geometry
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه هندسه محاسباتی است.

### سرفصل درس

اشیاء هندسه مانند نقطه، خط، پاره خط، چندضلعی و چندوجهی در فضای چندبعدی هندسی و نحوه مدلسازی و نمایش آنها، تقاطع پاره خطها، اشتراک نیم صفحهها، مثلث بندی، پوش محدب، نمودار ورتوی، مثلث بندی دلونی، جستجوی بازه، داده ساختارهای هندسی برای مکان یابی و جستجو اشیاء هندسی، برنامه ریزی حرکت.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: آنالیز ترکیبی I	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  ترکیبیات		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Combinatorics
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							



هدف: آشنایی دانشجو با موضوع ترکیبیات است.

### سرفصل درس

قضیه‌های مرکزی ترکیبیات با اثبات عرضه می‌شوند. تمرکز بر اثبات‌های الگوریتمی خواهد بود. همچنین کاربردهایی 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 واندرواردن)، 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  ترکیبیات ساختمان		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Constructive Combinatorics
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه ترکیبیات ساختمان است.

### 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 می‌باشد. تأکید بر اثبات و الگوریتم است. مباحثی از قبیل رد حدس اوپلر، شرط لازم و کافی برای وجود سیستم‌های سه‌گانه کرک‌من، اثبات حدس واندرواردن درباره پرمونت‌ها، 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

منبع درس ترکیبیات به علاوه مقالات تحقیقی.



دروس پیشیناز: منطق ریاضی، آنالیز ریاضی	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  آنالیز محاسباتی		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Computational Analysis
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه آنالیز محاسباتی است.

### سرفصل درس

در این درس به مطالعه اینکه چه توابع و عملگرهایی در آنالیز محاسبه پذیر هستند و شکل محاسبه پذیر قضایای آنالیز همانند هانباخ و بیر چگونه خواهد بود، پرداخته می شود. منطق ساختی، محاسبه پذیری و ماشین های تورینگ نوع ۲، محاسبه پذیری روی فضای کانتور، اعداد حقیقی و توابع حقیقی محاسبه پذیر، مجموعه های بسته و فشرده محاسبه پذیر، عملگرهای محاسبه پذیر انتگرال و مشتق روی فضای توابع پیوسته و تحلیلی، پیچیدگی محاسبه (پیدا کردن صفر توابع)، فضاها ی هیلبرت، قضیه هانباخ، قضیه بیر.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در نظریه محاسبه		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in Theory of Computing
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه نظریه محاسبه است.

سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در نظریه محاسبه که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

منابع

کتابها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: محاسبات نرم پیشرفته		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Soft Computing
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							



هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه محاسبات نرم است.

#### سرفصل درس

معرفی روش‌های محاسبات نرم، منطق فازی، مجموعه‌های فازی، استدلال‌های تجربی، شبکه‌های عصبی یادگیر، الگوریتم‌های ژنتیکی، جستجوی تصادفی، مدل‌سازی فازی-عصبی، کاربردها و مطالعات موردی، (مباحث منتخب با نظر استاد).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

1. J.S.R.Jang, C.T.Sun and E.Mizutani, Neuro-Fuzzy and Soft Computing, Prentice Hall, 1997.
2. Timothy J.Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, Willey, 2010.
3. Davis E.Goldberg, Genetic Algorithms: Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989.
4. Rajasekaran and G.A.V.Pai, Neural Networks, Fuzzy Logic and Genetic Algorithms, Prentice Hall, 2003.
5. R.Eberhart, P.Simpson and R.Dobbins, Computational Intelligence - PC Tools, AP Professional, 1996.

دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: هوش مصنوعی پیشرفته		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced AI
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه هوش مصنوعی است.

### سرفصل درس

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

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: سیستم‌های خبره		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Expert Systems
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه سیستم‌های خبره است.

### سرفصل درس

پارادیم سیستم‌های خبره، معماری سیستم‌های 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: تشخیص الگو		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Pattern Recognition
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع تشخیص الگو است.

### سرفصل درس

در این درس روش آماری و تصادفی، زنجیره‌های مارکوف و شبکه‌های عصبی در تشخیص الگو مورد بحث قرار می‌گیرد.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
2. C. M. Bishop, Neural Network for Pattern Recognition, Oxford, 1995.



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: پردازش زبان‌های طبیعی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Natural Languages Processing
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع پردازش زبان‌های طبیعی است.

### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

### 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.

دروس پیشنهادی: هوش مصنوعی پیشرفته	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: یادگیری ماشین عنوان درس به انگلیسی: Machine Learning
	عملی				
	نظری	پایه			
	عملی				
	نظری	الزامی			
	عملی				
	نظری	اختیاری			
	عملی				
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد					
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>					

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع یادگیری ماشین است.

### سرفصل درس

درس به روش‌های مختلف یادگیری با ناظر و بدون ناظر می‌پردازد. شبکه عصبی، یادگیری تقویتی، یادگیری بیزین، خوشه‌بندی، یادگیری تحلیلی، یادگیری استقرایی، یادگیری تکاملی، یادگیری استنتاجی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. E. Alpaydin, Introduction to Machine Learning, MIT Press, 2003.
2. S. Marsland, Machine Learning, an Algorithmic Perspective, CRC Press, 2009.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: سیستم‌های دینامیکی گسسته		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Discrete Dynamical Systems
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه سیستم‌های دینامیکی گسسته است.

#### 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 ...

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

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



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  الگوریتم‌های هوشمند			
	عملی							
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Intelligent Algorithms	
	عملی							
	نظری	الزامی						
	عملی							
	نظری	اختیاری						
	عملی							
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد								
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>								

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه الگوریتم‌های هوشمند است.

### 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، قوانین کلاس‌بندی، Association Rule، رگرسیون و پیش‌بینی عددی، Intelligent Agents، آداب و مخاطرات سیستم‌های هوشمند، آینده سیستم‌های هوشمند، معرفی الگوریتم‌های فازی، ژنتیکی، شبکه‌های عصبی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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

دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: هوش مصنوعی توزیع شده		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Distributed AI
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						

آموزش تکمیلی عملی:  دارد  ندارد

سفر عملی  کارگاه  آزمایشگاه  سمینار



هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه هوش مصنوعی است.

#### سرفصل درس

عوامل هوشمند اجتماعی، پروتکل‌های هماهنگ‌کننده، پروتکل‌های ائتلافی، پروتکل‌های مذاکره، حل مسأله به صورت توزیع شده، تصمیم‌گیری توزیع شده، بهینه‌سازی توزیع شده، الگوریتم‌های تکاملی، هوش دسته‌ای (swarm-intelligence)، خودسازماندهی (self-organization).

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### منابع

1. J. G. Weiss, Multi-Agent Systems, A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence, MIT Press, 2000.
2. N. Vlassis, a Concise Introduction to Multi Agent Systems and Distributed Artificial Intelligence, Morgan & Claypool, 2007.
3. C. Blum, D. Merkle, Swarm Intelligence, Introduction and Application, Springer-Verlag, 2008.
4. G. O'Hare, N. Jennings, Foundations of Distributed Artificial Intelligence, Wiley, 1996.



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: نظریه سیستم‌های چندعاملی				
	عملی								
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Multi-agent Systems		
	عملی								
	نظری	الزامی						آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد	
	عملی								
	نظری	اختیاری							سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>
	عملی								



هدف: آشنایی دانشجو با موضوع و ورود دانشجو به حوزه تحقیق در زمینه سیستم‌های چندعاملی است.

### سرفصل درس

عامل هوشمند، بهینه‌سازی توزیع شده، سیستم‌های ائتلافی، تصمیم‌سازی چندعاملی، تخصیص منابع، روش‌های منطقی، یادگیری در سیستم‌های چندعامله.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. M. Wooldridge. An Introduction to Multi agent Systems, Wiley, 2009.
2. Y. Shoham, Multi Agent Systems: Algorithmic, Game Theoretic and Logical Foundations, Cambridge University Press, 2009.

دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  داده کاوی		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Data Mining
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							
							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه داده کاوی است.

### سرفصل درس

کاوش داده در پایگاه داده، پردازش داده، معماری داده، رتبه بندی ویژگی های داده بر اساس آنتروپی، کلاس بندی و روش های آن (کلاس بندی بیزی، کلاس بندی با شبکه های عصبی و کلاس بندی با مجموعه های فازی...)، روش های پیش بینی (رگرسیون، اعتبار سنجی و ...)، روش های خوشه بندی داده، داده کاوی در داده های روان، داده کاوی موازی.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

1. J. Han, M. Kamber, Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms, Elsevier Inc, 2006.
2. J. Han, M. Kamber, Data Mining: Concepts and Techniques, Elsevier Inc, 2006.

دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در هوش مصنوعی		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in AI
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه هوش مصنوعی است.

### سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در هوش مصنوعی که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

### منابع

کتاب‌ها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.





دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در محاسبات نرم		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in Soft Computing
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه محاسبات نرم است.

### سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در محاسبات نرم که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

### منابع

کتابها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: طراحی نرم افزار پیشرفته		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Software Engineering
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع طراحی نرم افزار پیشرفته است.

#### سرفصل درس

متدلوژی‌های تولید نرم افزار، مهندسی نیازها، مدلسازی شی گرا، الگوهای طراحی، مدیریت پروژه و خطر، مدلسازی و تحلیل تابعی، معیارها و اندازه گیری در نرم افزار، تست نرم افزار، توصیف رسمی و واریسی برنامه.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

#### 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.



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: سیستم عامل پیشرفته				
	عملی								
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Operating System		
	عملی								
	نظری	الزامی						آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد	
	عملی								
	نظری	اختیاری							سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>
	عملی								

هدف: آشنایی دانشجو با موضوع سیستم عامل پیشرفته است.

### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	



### 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.



دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  پایگاه داده پیشرفته		
	عملی						
	نظری	پایه					
	عملی						
	نظری	الزامی				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Advanced Database
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							
							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع پایگاه داده پیشرفته است.

### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓	✓

### 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 (3th Edition), New York: Addison-WesleyPublishing. 2003.
3. Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe, Fundamentals of Database Systems, Fifth edition, Addison-Wesley, 2006.

دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: سیستم‌های بلادرنگ				
	عملی								
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Real Time Systems		
	عملی								
	نظری	الزامی						آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد	
	عملی								
	نظری	اختیاری							<input type="checkbox"/> سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار
	عملی								



هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع سیستم‌های بلادرنگ است.

### 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 چندپردازنده‌ای، 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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

دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  سیستم‌های تصمیم‌یار		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Decision Support Systems
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع سیستم‌های تصمیم‌یار است.

### 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، انبار 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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.





دروس پیشنهادی: -	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی:  کامپایلر پیشرفته				
	عملی								
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی:  Advanced Compiler		
	عملی								
	نظری	الزامی						آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد	
	عملی								
	نظری	اختیاری							سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>
	عملی								

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه کامپایلر است.

### 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.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### منابع

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



دروس پیشنهادی: هوش مصنوعی	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: سیستم‌های توزیع شده				
	عملی								
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Distributed Systems		
	عملی								
	نظری	الزامی						آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد	
	عملی								
	نظری	اختیاری							سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>
	عملی								



هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع سیستم‌های توزیع شده است.

### سرفصل درس

معرفی سیستم‌های توزیع شده، خصوصیات و کاربردهای سیستم‌های توزیع شده، مدل‌سازی سیستم‌های توزیع شده 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 توزیع شده، سازگاری در تکرار، گروه و تعاملات گروهی، سیستم‌های P2P، Check pointing، تحمل‌پذیری خطا.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓	✓	✓ آزمون نوشتاری	

### 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, (3th 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.

دروس پیشنهادی: اجازه استاد درس	نظری	جبرانی	نوع واحد: نظری	تعداد واحد: 3	عنوان درس به فارسی: مباحثی در نظریه سیستم‌ها		
	عملی						
	نظری	پایه				تعداد ساعت: 48	عنوان درس به انگلیسی: Topics in System Theory
	عملی						
	نظری	الزامی					
	عملی						
	نظری	اختیاری					
	عملی						
آموزش تکمیلی عملی: <input type="checkbox"/> دارد <input type="checkbox"/> ندارد							
سفر عملی <input type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>							

هدف: آشنایی دانشجویان با موضوع و ورود دانشجویان به حوزه تحقیق در زمینه نظریه سیستم‌ها است.

#### سرفصل درس

مباحث پیشرفته و یا جدید در نظریه سیستم‌ها که با نظر استاد درس و کمیته تحصیلات تکمیلی گروه مجری ارائه می‌شود.

ارزشیابی مستمر	میان ترم	آزمون‌های نهایی	پروژه
✓		✓ آزمون عملکردی	✓

#### منابع

کتاب‌ها و مقالات در مجله‌های علمی متناسب با مباحث مورد بحث تعیین می‌شوند.

