جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای‌عالی برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه درسی رشته

علوم کامپیوتر

COMPUTER SCIENCE

مقطع کارشناسی‌ارشد

گرایش

محاسبات نرم و هوش مصنوعی	Soft Computing and Artificial Intelligence
الگوریتم و نظریه محاسبه	Algorithms and Theory of Computation
داده‌کاوی	Data Mining
محاسبات علمی	Scientific Computing
علوم تصمیم و دانش	Decision Sciences and Knowledge

مصوب پنجاه و نهمین جلسه شورای دانشگاه
مورخ ۱۴۰۵/۷/۲۹

اعضای کمیته تدوین و بازنگری برنامه:

دکتر محسن علمبردار میبدی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر مجتبی رفیعی کرکوندی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر جعفر الماسی زاده عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر نجمه حسینی منجزی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر حسن خسرویان عرب عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر ندا اسماعیلی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر صغری نوبختیان عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر نوشین موحدیان عطار عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر فاطمه منصوری عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر رضا سبحانی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

دکتر محمد غلامی عضو هیئت‌علمی دانشگاه اصفهان

فهرست مطالب

مشخصات کلی برنامه درسی ۱

الف) مقدمه: معرفی کلی و تبیین برنامه درسی ۲

ب) اهداف ۲

پ) اهمیت و ضرورت ۲

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی (بر اساس جدول شماره ۱ تا ۳ آیین‌نامه تدوین و بازنگری برنامه‌های درسی) ۳

ث) نقش، توانایی و شایستگی موردانتظار از دانش‌آموختگان: ۴

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره (اطلاعات این بند به‌صورت پیشنهادی است و شرایط و ضوابط ۴

ورود به دوره‌های تحصیلی، تابع سیاست‌های بالادستی است). ۴

چ) شرایط، ضوابط و الزامات اجرا و گسترش رشته؛ ۴

ه) زمینه‌های شغلی حال و آینده ۵

ی) جایگاه تمدنی، فرهنگی و اجتماعی (جایگاه رشته تحصیلی در حوزه تمدنی گذشته، حال و آینده و بافت فرهنگی و اجتماعی کشور) ۶

فصل دوم ۷

جدول عناوین و مشخصات دروس ۷

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس الزامی گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی ۸

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی ۸

جدول (۴)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی الگوریتم و نظریه محاسبه ۹

جدول (۵)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه ۱۰

جدول (۶)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش داده‌کاوی ۱۱

جدول (۷)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش داده‌کاوی ۱۱

جدول (۸)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش محاسبات علمی ۱۳

جدول (۹)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش محاسبات علمی ۱۳

جدول (۱۰)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش علوم تصمیم و دانش ۱۵

جدول (۱۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش علوم تصمیم و دانش ۱۵

فصل سوم ۱۷

ویژگی‌های دروس ۱۷

داده‌کاوی محاسباتی ۱۸

الگوریتم‌های پیشرفته ۲۰

یادگیری ماشین پیشرفته ۲۲
محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری ۲۴
هوش مصنوعی پیشرفته ۲۶
سیستم‌های تصمیم‌یار ۲۷
پردازش زبانهای طبیعی ۲۹
یادگیری آماری ۳۰
سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع‌شده ۳۲
یادگیری تقویتی ۳۴
یادگیری عمیق ۳۶
داده‌کاوی ۳۸
بهینه سازی شبکه پیشرفته ۴۰
مباحث ویژه در محاسبات نرم و هوش مصنوعی ۴۱
نظریه محاسبه پیشرفته ۴۲
محاسبه‌پذیری ۴۴
پیچیدگی محاسبه ۴۵
پیچیدگی محاسبه پیشرفته ۴۷
الگوریتمهای موازی ۴۹
الگوریتمهای تصادفی ۵۱
نظریه رمزنگاری ۵۳
نظریه بازیها ۵۵
الگوریتمهای تکراری و وردشی ۵۷
گرافها و الگوریتمها ۵۸
الگوریتمهای تقریبی ۶۰
هندسه محاسباتی ۶۲
محاسبات کوانتومی ۶۴
محاسبات کوانتومی پیشرفته ۶۵
آنالیز محاسباتی ۶۶
نظریه شبکه محاسباتی ۶۷
مباحث ویژه در نظریه محاسبه ۶۹
مبانی ریاضی داده‌کاوی ۷۰

بهینه سازی محدب ۷۱
بهینه سازی ترکیبیاتی ۷۳
محاسبات ماتریسی ۷۵
روشهای توپولوژیک در داده‌کاوی ۷۷
روشهای هندسی در داده‌کاوی ۷۹
مدلسازی و پردازش دادهها با بُعد بالا ۸۰
داده کاوی پیشرفته ۸۱
مدلهای گرافی و احتمالاتی ۸۳
تحلیل و پردازش کلان‌داده ۸۵
متن‌کاوی و وب‌کاوی ۸۷
گراف‌کاوی ۸۸
یادگیری آنلاین ۸۹
نظریه یادگیری محاسباتی ۹۰
نظریه یادگیری پیشرفته ۹۱
مباحث ویژه در داده‌کاوی ۹۲
محاسبات علمی با عملکرد بالا ۹۳
نرم‌افزار ریاضی پیشرفته ۹۵
برنامه ریزی خطی عددی ۹۶
بهینه سازی غیرخطی عددی ۹۸
برنامه ریزی خطی پیشرفته ۱۰۰
بهینه سازی غیرخطی پیشرفته ۱۰۱
جبر خطی عددی پیشرفته ۱۰۲
معادلات دیفرانسیل و انتگرال عددی ۱۰۴
معادلات دیفرانسیل پارهای عددی ۱۰۶
فناوری ماتریسهای تنک ۱۰۸
مدلسازی و طراحی هندسی ۱۰۹
برنامه ریزی صحیح و شبکه ۱۱۰
الگوریتمهای موازی برای محاسبات علمی ۱۱۱
معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی ۱۱۳
معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی ۱۱۵



شبیه سازی ۱۱۷
مباحث ویژه در محاسبات علمی ۱۱۸
تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه ۱۱۹
اطلاعات و عدم قطعیت ۱۲۱
سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی ۱۲۳
فرایندهای تصادفی ۱۲۵
شبکه‌های عصبی مصنوعی ۱۲۶
مباحث ویژه در علوم تصمیم و دانش ۱۲۷

جدول تغییرات

ردیف	عنوان درس در برنامه قبلی	تعداد واحد		عنوان درس در برنامه بازنگری شده	تعداد واحد		استاد بازنگری درس	نوع تغییرات
		نظری	عملی		نظری	عملی		
۱	داده‌کاوی محاسباتی	۳		داده‌کاوی محاسباتی	۴		دکتر محسن علمبردار میبدی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	۳		الگوریتم‌های پیشرفته	۴		دکتر محسن علمبردار میبدی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۳	یادگیری ماشین	۳		یادگیری ماشین پیشرفته	۴		دکتر محسن علمبردار میبدی	محتوا و منابع تغییر واحد درس انتقال به دروس الزامی گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی
٤	نظریه رمزنگاری	۳		نظریه رمزنگاری	۴		دکتر مجتبی رفیعی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۵	محاسبات ماتریسی	۳		محاسبات ماتریسی	۴		دکتر نجمه حسینی منجزی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
٦	برنامه‌ریزی خطی عددی	۳		برنامه‌ریزی خطی عددی	۴		دکتر نجمه حسینی منجزی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۷	برنامه‌ریزی غیرخطی عددی	۳		برنامه‌ریزی غیرخطی عددی	۴		دکتر نجمه حسینی منجزی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۸	هوش مصنوعی پیشرفته	۳		هوش مصنوعی پیشرفته	۴		دکتر فاطمه منصوری	محتوا و منابع تغییر واحد درس انتقال به دروس اختیاری گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی
۹	پردازش زبان‌های طبیعی	۳		پردازش زبان‌های طبیعی	۴		دکتر فاطمه منصوری	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۰	نظریه بازی‌ها	۳		نظریه بازی‌ها	۴		دکتر جعفر الماسی زاده	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۱	گراف‌ها و الگوریتم‌ها	۳		گراف‌ها و الگوریتم‌ها	۴		دکتر جعفر الماسی زاده	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۲	مدل‌های گرافی احتمالاتی	۳		مدل‌های گرافی احتمالاتی	۴		دکتر جعفر الماسی زاده	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۳	جبر خطی عددی پیشرفته	۳		جبر خطی عددی پیشرفته	۴		دکتر حسن خسرویان عرب	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱٤	معادلات دیفرانسیل و انتگرال عددی	۳		معادلات دیفرانسیل و انتگرال عددی	۴		دکتر حسن خسرویان عرب	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۵	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی	۳		معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی	۴		دکتر حسن خسرویان عرب	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱٦	آنالیز محاسباتی	۳		آنالیز محاسباتی	۴		دکتر نداا اسماعیلی	محتوا و منابع

						تغییر واحد درس
۱۷	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی	۳	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی	۴	دکتر ندا اسماعیلی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۸	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی	۳	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی	۴	دکتر ندا اسماعیلی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۱۹	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	۳	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	۴	دکتر صغری نوبختیان	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۰	بهینه‌سازی محدب	۳	بهینه‌سازی محدب	۴	دکتر صغری نوبختیان	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۱	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	۳	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	۴	دکتر نوشین موحدیان	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۲	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته	۳	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته	۴	دکتر نوشین موحدیان	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۳	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه	۳	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه	۴	دکتر نوشین موحدیان	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲٤	یادگیری عمیق	۳	یادگیری عمیق	۴	دکتر محسن کیانی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۵	الگوریتم‌های موازی	۳	الگوریتم‌های موازی	۴	دکتر ابراهیم زارعی زفره	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲٦	الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی	۳	الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی	۴	دکتر ابراهیم زارعی زفره	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۷	شبکه‌های عصبی هوشمند	۳	شبکه‌های عصبی هوشمند	۴	دکتر محسن علمبردار میبدی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۸	سیستم‌های چندعامله	۳	هوش مصنوعی توزیع شده و عامل‌های هوشمند	۴	دکتر محسن کیانی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۲۹	نظریه محاسبه پیشرفته	۳	نظریه محاسبه پیشرفته	۴	دکتر محسن علمبردار میبدی	محتوا و منابع تغییر واحد درس
۳۰	محاسبات نرم	۳	محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری	۴	دکتر ابراهیم زارعی زفره	محتوا و منابع تغییر واحد درس
	الگوریتم‌های فراابتکاری	۳				
دروس جدید						
۳۱	–	–	محاسبات کوانتومی	۴	دکتر فاطمه خسروی	درس جدید
۳۲	–	–	محاسبات کوانتومی پیشرفته	۴	دکتر فاطمه خسروی	درس جدید
۳۳	–	–	یادگیری تقویتی	۴	دکتر محسن کیانی	درس جدید
۳۴	–	–	الگوریتم‌های تکراری و وردشی	۴	دکتر جعفر العابدی زاده	درس جدید

۳۵	–	–	نظریه شبکه محاسباتی	۴	دکتر ابراهیم زارعی زفره	درس جدید
۳۶	–	–	مبانی ریاضی داده‌کاوی	۴	دکتر نجمه حسینی منجزی	درس جدید
۳۷	–	–	یادگیری آنلاین	۴	دکتر محسن علمبردار میبدی	درس جدید
۳۸	–	–	نظریه یادگیری محاسباتی	۴	دکتر ابراهیم زارعی زفره	درس جدید
۳۹	–	–	محاسبات علمی با عملکرد بالا	۴	دکتر محسن علمبردار میبدی	درس جدید
۴۰	-	-	سیستم‌های تصمیم‌یار	۴	دکتر محسن علمبردار میبدی	درس جدید

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

الف) مقدمه: معرفی کلی و تبیین برنامه درسی

کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر دوره‌ای است که در آنها هدف تربیت متخصصینی است که نقشی مؤثر در پیشبرد دانش علوم کامپیوتر را به عهده خواهند داشت. مجموعه حاضر بازنگری برنامه درسی رشته علوم کامپیوتر در مقطع کارشناسی‌ارشد است. باتوجه‌به ظهور زمینه‌های مختلف در علوم کامپیوتر در دهه اخیر، پیدایش و گسترش موضوع‌های جدید در این رشته و همچنین تغییرات صورت‌گرفته در این رشته، برنامه‌ریزی درسی در دوره کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر به‌گونه‌ای مورد بازنگری در اهداف، محتوا و منابع واقع شد که باتوجه‌به پتانسیل‌های موجود در گروه ریاضی کاربردی و علوم کامپیوتر هم راستا با تحولات علمی دنیا قرار گیرد. دوره کارشناسی‌ارشد (ناپیوسته) رشته علوم کامپیوتر دوره‌ای برای تحصیلات تکمیلی پس از دوره کارشناسی است که مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی همراه با فعالیت‌های مقدماتی پژوهشی را در بردارد. این دوره در دانشکده ریاضی و آمار دانشگاه اصفهان در ۵ گرایش «الگوریتم و نظریه محاسبه»، «محاسبات نرم و هوش مصنوعی»، «محاسبات علمی»، «داده‌کاوی» و «علوم تصمیم و دانش» دانشجو می‌پذیرد.

ب) اهداف

از جمله اهداف رشته علوم کامپیوتر می‌توان موارد زیر را بیان کرد:

۱- ایجاد درک عمیق از مبانی نظری: فراهم‌آوردن دانش‌بنیادی در مورد تئوری محاسبات، پیچیدگی الگوریتمی، و اصول حاکم بر ساختارهای داده‌ها و الگوریتم‌ها.

۲- توسعه مهارت‌های برنامه‌نویسی و مهندسی نرم‌افزار: آموزش متدولوژی‌ها و ابزارهای لازم برای طراحی، پیاده‌سازی، تست، و نگهداری سیستم‌های نرم‌افزاری بزرگ، کارآمد و قابل‌اعتماد.

۳- فراگیری اصول هوش مصنوعی و داده‌کاوی: آشناسازی دانشجویان با مبانی نظری و عملی هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، و روش‌های استخراج الگوها و دانش از مجموعه‌داده‌های حجیم.

۴- ایجاد شایستگی در معماری و طراحی سیستم: تربیت افرادی که توانایی تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی معماری‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم‌های کامپیوتری مدرن، از سطح پردازنده تا شبکه‌ها، را دارا باشند.

۵- تأکید بر امنیت و اخلاق در محاسبات: آموزش اصول امنیت سایبری، رمزنگاری، و مسائل اخلاقی مرتبط با فناوری اطلاعات و استفاده مسئولانه از سیستم‌های کامپیوتری.

۶- ترویج یادگیری مادام‌العمر: تجهیز دانشجویان به مهارت‌های حل مسئله تحلیلی و توانایی به‌روز نگه‌داشتن دانش خود در مواجهه با تحولات سریع فناوری.

پ) اهمیت و ضرورت

باتوجه‌به گسترش و کاربردهای علوم کامپیوتر در جنبه‌های گوناگون علمی، صنعتی، اجتماعی و اداری، ضرورت تربیت افراد متخصص در همه سطوح آموزش عالی بی‌تردید وجود دارد و لذا دوره‌های کارشناسی‌ارشد و دکتری علوم کامپیوتر امکان استفاده مؤثر از نیروهای متخصص موجود در دانشگاه‌های کشور در جهت تربیت نیروی موردنیاز در زمینه‌های

آموزشی، تحقیقاتی و کاربردی را با هم‌افزایی در کنار دیگر رشته‌های بنیادی علوم پایه فراهم می‌آورد. در تمامی دانشگاه‌های برتر دنیا گرایش‌های مختلف علوم کامپیوتر به‌صورت فعال دایر هستند و در سال‌های اخیر به‌سرعت در حال گسترش هستند.

دوره کارشناسی‌ارشد رشته علوم کامپیوتر دوره‌ای برای تحصیلات پس از دوره کارشناسی است که مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی همراه با فعالیت‌های مقدماتی پژوهشی را در بردارد. دانش‌آموختگان این دوره قابلیت‌های لازم را برای ارائه خدمات آموزشی در مقاطع قبلی یا ارائه خدمات تخصصی در سطحی بالاتر از کارشناسی مرتبط با علوم کامپیوتر در بخش‌های متنوع سازمانی، صنعتی، اجتماعی و اداری خواهد داشت یا حتی می‌توانند بدون تمرکز بر زمینه تخصصی خاص و با گسترش معلومات پایه‌ای و تخصصی خود در این رشته و یا با ادامه علایق خود رد زمینه تخصصی انتخاب شده، در مقطع بالاتر (دکتری) به ادامه تحصیل بپردازند. این رشته به‌عنوان یکی از شاخه‌های راهبردی علوم پایه در دنیای دیجیتال، نقش مهمی در حل مسائل بنیادین و کاربردی در حوزه‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، رمزنگاری، محاسبات توزیع‌شده، رایانش کوانتومی و تعامل انسان و ماشین ایفا می‌کند.

ت) تعداد و نوع واحدهای درسی (بر اساس جدول شماره ۱ تا ۳ آیین‌نامه تدوین و بازنگری برنامه‌های درسی)

تعداد واحدهای دورهٔ کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر:

تعداد کل واحدهای این دوره ۳۲ واحد است که برای دانشجویان شیوه آموزشی - پژوهشی شامل شش درس ۴ واحدی از جداول دروس اصلی و دروس تخصصی (اختیاری)، ۲ واحد سمینار و ۶ واحد پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد است.

تبصره ۱: گذراندن ۳ درس از دروس اصلی و درس سمینار برای کلیه دانشجویان الزامی است.

تبصره ۲: دروس تخصصی (اختیاری) با نظر استاد راهنما و تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه از جداول (دروس اصلی یا اختیاری) هر یک از گرایش‌های علوم کامپیوتر قابل‌اخذ است. حداکثر دو درس نیز می‌تواند با نظر استاد راهنما و تأیید شورای تحصیلات تکمیلی گروه از کلیه دروس تحصیلات تکمیلی در گرایش‌های مختلف دانشکده ریاضی و آمار یا دیگر رشته‌های مرتبط انتخاب شود.

جدول (۱) - توزیع واحدهای کارشناسی‌ارشد کلیه گرایش‌ها

ردیف	نوع واحد درسی	تعداد واحد
۱	تخصصی الزامی	۱۲
۲	تخصصی اختیاری	۱۲
۳	پایان‌نامه	۶
۴	سمینار کارشناسی‌ارشد	۲
جمع		۳۲

ث) نقش، توانایی و شایستگی موردانتظار از دانش‌آموختگان:

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه	دروس مرتبط
ادامه تحصیل در دانشگاه‌ها در مقطع دکتری به‌منظور انجام پژوهش	الگوریتم‌های پیشرفته، داده‌کاوی محاسباتی، کلیه دروس اصلی و تخصصی گرایش، سمینار، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد
گسترش مرزهای دانش در رشته علوم کامپیوتر از طریق انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی	مباحثی در گرایش مربوط، نظریه محاسبه پیشرفته، یادگیری ماشین، داده‌کاوی پیشرفته، محاسبات نرم پیشرفته، محاسبات کوانتومی پیشرفته، بهینه‌سازی محدب پیشرفته
انجام کار تخصصی در سازمان‌ها، صنایع و مراکز علمی - پژوهشی به‌منظور تحلیل مسائل و ارائه راهکارهای نوین	داده‌کاوی محاسباتی، الگوریتم‌های پیشرفته، داده‌کاوی، یادگیری ماشین، محاسبات ماتریسی، بهینه‌سازی محدب، علوم تصمیم، محاسبات علمی
طراحی، تحلیل و پیاده‌سازی الگوریتم‌ها و سامانه‌های هوشمند	الگوریتم‌های پیشرفته، نظریه محاسبه پیشرفته، هوش مصنوعی پیشرفته، یادگیری ماشین، الگوریتم‌های هوشمند، یادگیری عمیق
تحلیل داده‌های حجیم و استخراج دانش از داده‌ها	داده‌کاوی محاسباتی، داده‌کاوی، داده‌کاوی پیشرفته، الگوریتم‌های داده‌کاوی، متن‌کاوی و وب‌کاوی، گراف‌کاوی، یادگیری آماری
مدل‌سازی و حل مسائل پیچیده علمی و صنعتی با روش‌های محاسباتی و بهینه‌سازی	محاسبات ماتریسی، بهینه‌سازی محدب، برنامه‌ریزی خطی عددی، بهینه‌سازی غیرخطی، شبیه‌سازی، الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی
طراحی و توسعه ابزارها و نرم‌افزارهای علمی و تصمیم یار	محاسبات نرم پیشرفته، سیستم‌های خبره، سیستم‌های تصمیم‌گیری چند فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، پایان‌نامه

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره (اطلاعات این بند به‌صورت پیشنهادی است و شرایط و ضوابط ورود به دوره‌های تحصیلی، تابع سیاست‌های بالادستی است).

تمامی دارندگان حداقل مدرک کارشناسی از یکی از دانشگاه‌های معتبر داخلی یا خارجی در رشته‌های علوم ریاضی یا مهندسی می‌توانند داوطلب ورود به مقطع کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر باشند. علاوه بر این لازم است در آزمون ورودی پذیرش رسمی دریافت کنند.

چ) شرایط، ضوابط و الزامات اجرا و گسترش رشته؛

اجرای دوره کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر مستلزم فراهم بودن زیرساخت‌های آموزشی، پژوهشی و نیروی انسانی متخصص است. مهم‌ترین الزامات اجرای این دوره عبارت‌اند از:

۱- وجود اعضای هیئت‌علمی متخصص در گرایش‌های مختلف علوم کامپیوتر شامل الگوریتم و نظریه محاسبه، هوش مصنوعی و محاسبات نرم، محاسبات علمی، داده‌کاوی، علوم تصمیم و سایر حوزه‌های مرتبط.
۲- برخورداری از امکانات آموزشی مناسب شامل کلاس‌های مجهز، آزمایشگاه‌های رایانه، سرورهای محاسباتی، شبکه پرسرعت و نرم‌افزارهای تخصصی موردنیاز برای آموزش و پژوهش.
۳- دسترسی به منابع علمی روزآمد شامل کتابخانه تخصصی، پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر بین‌المللی، مجلات علمی و بانک‌های اطلاعاتی دیجیتال.
۴- فراهم بودن بستر مناسب برای انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی از طریق همکاری با مراکز پژوهشی، صنایع، شرکت‌های دانش‌بنیان و دستگاه‌های اجرایی.
۵- تدوین برنامه درسی منعطف به‌گونه‌ای که امکان به‌روزرسانی مستمر سرفصل‌ها متناسب با تحولات سریع علوم کامپیوتر و فناوری‌های نوظهور فراهم باشد.
۶- رعایت نسبت مناسب تعداد دانشجو به اعضای هیئت‌علمی و امکانات آموزشی به‌منظور حفظ کیفیت آموزش و پژوهش.
۷- توسعه رشته در دانشگاه‌ها باتوجه‌به ظرفیت علمی گروه آموزشی، امکانات پژوهشی، نیازهای منطقه‌ای و ملی و اولویت‌های علمی کشور صورت گیرد و از گسترش صرفاً کمی بدون تأمین زیرساخت‌های لازم اجتناب شود.

ه) زمینه‌های شغلی حال و آینده

علوم کامپیوتر یکی از راهبردی‌ترین رشته‌های علوم پایه در جهان امروز است و با توسعه فناوری‌های دیجیتال، هوش مصنوعی و اقتصاد دانش‌بنیان، تقاضا برای دانش‌آموختگان این رشته به طور مستمر در حال افزایش است. دانش‌آموختگان کارشناسی‌ارشد علوم کامپیوتر می‌توانند در حوزه‌های مختلف آموزشی، پژوهشی، صنعتی و خدماتی فعالیت کنند.
زمینه‌های اصلی اشتغال عبارت‌اند از:

۱- ادامه تحصیل و فعالیت پژوهشی در مقطع دکتری و عضویت در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌ها.
۲- طراحی و توسعه الگوریتم‌های پیشرفته و سامانه‌های هوشمند.
۳- پژوهش و توسعه در حوزه‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، داده‌کاوی، علوم داده و تحلیل کلان‌داده .
۴- فعالیت در حوزه محاسبات علمی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی مسائل پیچیده در علوم و مهندسی .
۵- فعالیت در مراکز تحقیق‌وتوسعه (R&D) صنایع، شرکت‌های دانش‌بنیان، استارتاپ‌ها و شرکت‌های فناوری اطلاعات .
۶- طراحی و تحلیل الگوریتم‌های امنیت اطلاعات، رمزنگاری و حفظ حریم خصوصی .
۷- کارآفرینی و تأسیس شرکت‌های فناور در زمینه نرم‌افزار، هوش مصنوعی، تحلیل داده و فناوری‌های نوین .

باتوجه‌به سیاست‌های کلان کشور در توسعه اقتصاد دیجیتال، هوش مصنوعی، دولت هوشمند و تحول دیجیتال، پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای متخصصان علوم کامپیوتر در سال‌های آینده رشد قابل‌توجهی داشته باشد. همچنین این رشته در دفترچه‌های مشاغل سازمان اداری و استخدامی کشور و بسیاری از دستگاه‌های اجرایی، جایگاه مشخصی در حوزه‌های فناوری اطلاعات، پژوهش، تحلیل داده، هوش مصنوعی و توسعه سامانه‌های نرم‌افزاری دارد.

ی) جایگاه تمدنی، فرهنگی و اجتماعی (جایگاه رشته تحصیلی در حوزه تمدنی گذشته، حال و آینده و بافت فرهنگی و اجتماعی کشور)

علوم کامپیوتر از مهم‌ترین علوم پایه عصر حاضر است که نقش اساسی در شکل‌گیری تمدن دیجیتال و توسعه فناوری‌های نوین ایفا می‌کند. هرچند این رشته به مفهوم امروزی سابقه‌ای چند ده‌ساله دارد، اما مبانی نظری آن ریشه در میراث علمی و ریاضی تمدن اسلامی و ایران دارد. دستاوردهای دانشمندانی همچون محمد بن موسی خوارزمی در زمینه جبر و الگوریتم، از پایه‌های شکل‌گیری علوم محاسباتی نوین به شمار می‌رود. در شرایط کنونی، علوم کامپیوتر یکی از ارکان اصلی توسعه علمی، اقتصادی و فرهنگی کشور محسوب می‌شود و در تحقق اهداف کلان کشور در زمینه اقتصاد دانش‌بنیان، تحول دیجیتال، هوش مصنوعی، امنیت سایبری، دولت هوشمند، سلامت الکترونیک، آموزش هوشمند و صنعت هوشمند نقش بنیادین دارد.

از منظر اجتماعی، توسعه علوم کامپیوتر موجب ارتقای کیفیت خدمات عمومی، افزایش بهره‌وری، تسهیل دسترسی به اطلاعات، گسترش عدالت آموزشی، بهبود تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و ایجاد فرصت‌های جدید اشتغال و کارآفرینی می‌شود. همچنین تربیت متخصصان این حوزه زمینه توسعه فناوری‌های بومی، کاهش وابستگی فناوری، افزایش توان رقابت‌پذیری کشور و حضور مؤثر در عرصه‌های علمی و فناوری بین‌المللی را فراهم می‌سازد. باتوجه‌به شتاب روزافزون تحول فناوری و نقش روزافزون هوش مصنوعی، علوم داده و محاسبات پیشرفته در آینده جهان، رشته علوم کامپیوتر یکی از مهم‌ترین پیشران‌های تمدن نوین اسلامی و توسعه پایدار کشور خواهد بود و تربیت نیروی انسانی متخصص در این حوزه از الزامات تحقق اسناد بالادستی از جمله نقشه جامع علمی کشور و سیاست‌های توسعه اقتصاد دانش‌بنیان به شمار می‌آید.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		نظری	عملی		
۱	داده‌کاوی محاسباتی	٤	٤			۳۲	٦٤		-	
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	٤	٤			۳۲	٦٤		-	
۳	یادگیری ماشین پیشرفته	٤	٤			۳۲	٦٤		-	

جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش محاسبات نرم و هوش مصنوعی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد ساعات	پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه است.			
۱	محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۲	هوش مصنوعی پیشرفته	٤	٤			۳۲		*	٦٤	-	
۳	سیستم‌های تصمیم یار	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
٤	پردازش زبان‌های طبیعی	٤	٤			۳۲			٦٤	یادگیری ماشین پیشرفته	
٥	یادگیری آماری	٤	٤			۳۲			٦٤	-	

٦	سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع شده	٤	٤			٣٢				٦٤	--
٧	یادگیری تقویتی	٤	٤			٣٢				٦٤	یادگیری ماشین پیشرفته
٨	یادگیری عمیق	٤	٤			٣٢				٦٤	یادگیری ماشین پیشرفته
٩	داده‌کاوی	٤	٤			٣٢				٦٤	-
١٠	بهینه‌سازی شبکه پیشرفته	٤	٤			٣٢				٦٤	-
١١	مباحث ویژه در محاسبات نرم و هوش مصنوعی	٤	٤			٣٢				٦٤	-

جدول (٤)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی الگوریتم و نظریه محاسبه

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعات		پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		نظری	عملی		
١	داده‌کاوی محاسباتی	٤	٤			٣٢	٦٤		-	
٢	الگوریتم‌های پیشرفته	٤	٤			٣٢	٦٤		-	
٣	نظریه محاسبه پیشرفته	٤	٤			٣٢	٦٤		-	

جدول (۵)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش الگوریتم و نظریه محاسبه

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد ساعات	پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه است.			
۱	محاسبه‌پذیری	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۲	پیچیدگی محاسبه	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۳	پیچیدگی محاسبه پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	پیچیدگی محاسبه	
٤	الگوریتم‌های موازی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
٥	الگوریتم‌های تصادفی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
٦	نظریه رمزنگاری	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۷	نظریه بازی‌ها	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۸	الگوریتم‌های تکراری و وردشی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۹	گراف‌ها و الگوریتم‌ها	٤	٤			۳۲		*	٦٤	-	
۱۰	الگوریتم‌های تقریبی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۱۱	هندسه محاسباتی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۱۲	محاسبات کوانتومی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۱۳	محاسبات کوانتومی پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	محاسبات کوانتومی	
۱٤	آنالیز محاسباتی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۱٥	نظریه شبکه محاسباتی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۱٦	مباحث ویژه در نظریه محاسبه	٤	٤			۳۲			٦٤	-	

جدول (٦)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش داده‌کاوی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		نظری	عملی		
۱	داده‌کاوی محاسباتی	٤	٤			۳۲	٦٤		–	
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	٤	٤			۳۲	٦٤		–	
۳	داده‌کاوی	٤	٤			۳۲	٦٤		–	

جدول (۷)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش داده‌کاوی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد ساعات	پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه است.			
۱	مبانی ریاضی داده‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۲	بهینه‌سازی محدب	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۳	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
٤	یادگیری ماشین پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
٥	یادگیری آماری	٤	٤			۳۲			٦٤	–	

٦	محاسبات ماتریسی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۷	روش‌های توپولوژیک در داده‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۸	روش‌های هندسی در داده‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۹	مدل‌سازی و پردازش داده‌های با بعد بالا	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۰	داده‌کاوی پیشرفته	٤	٤		*	۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۱۱	مدل‌های گرافی و احتمالاتی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۲	تحلیل و پردازش کلان‌داده	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۱۳	یادگیری عمیق	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱٤	متن‌کاوی و وب‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۱٥	گراف‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۱٦	یادگیری آنلاین	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۷	نظریه یادگیری محاسباتی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۸	نظریه یادگیری پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۹	مباحث ویژه در داده‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	

جدول (۸)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش محاسبات علمی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعات*		پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		نظری	عملی		
۱	داده‌کاوی محاسباتی	٤	٤			۳۲	٦٤		-	
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	٤	٤			۳۲	٦٤		-	
۳	محاسبات علمی با عملکرد بالا	٤	٤			۳۲	٦٤		-	

جدول (۹)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش محاسبات علمی

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد ساعات	پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه است.			
۱	نرم‌افزار ریاضی پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۲	برنامه‌ریزی خطی عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۳	بهینه‌سازی غیرخطی عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	برنامه‌ریزی خطی عددی	
٤	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	-	

۵	بهینه‌سازی غیرخطی پیشرفته	٤	٤			۳۲		*	٦٤	برنامه‌ریزی خطی پیشرفته	
٦	جبر خطی عددی پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۷	معادلات دیفرانسیل و انتگرال عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۸	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۹	فناوری ماتریس‌های تنک	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۰	مدل‌سازی و طراحی هندسی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۱	برنامه‌ریزی صحیح و شبکه	٤	٤			۳۲			٦٤	برنامه‌ریزی خطی عددی	
۱۲	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۳	الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱٤	معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۵	معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱٦	شبیه‌سازی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۷	بهینه‌سازی محدب	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۸	مباحث ویژه در محاسبات علمی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	

جدول (۱۰)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی گرایش علوم تصمیم و دانش

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	تعداد ساعت*			پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		نظری	عملی			
۱	داده‌کاوی محاسباتی	٤	٤			۳۲	٦٤			-	
۲	الگوریتم‌های پیشرفته	٤	٤			۳۲	٦٤			-	
۳	بهینه‌سازی محدب	٤	٤			۳۲	٦٤			-	

جدول (۱۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی (اختیاری) گرایش علوم تصمیم و دانش

ردیف	عنوان درس	تعداد واحد	تعداد واحد به تفکیک نوع			تعداد جلسات	وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		تعداد ساعات	پیش‌نیاز	هم نیاز
			نظری	عملی	نظری - عملی		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست.	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه است.			
۱	تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۲	محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
۳	یادگیری ماشین پیشرفته	٤	٤			۳۲			٦٤	-	
٤	اطلاعات و عدم قطعیت	٤	٤			۳۲			٦٤	-	

۵	سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
٦	ریاضیات یادگیری	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۷	بهینه‌سازی ترکیبیاتی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۸	فرایندهای تصادفی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۹	نظریه بازی‌ها	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۰	داده‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱۱	داده‌کاوی پیشرفته	٤	٤			۳۲		*	٦٤	داده‌کاوی	
۱۲	متن‌کاوی و وب‌کاوی	٤	٤			۳۲			٦٤	داده‌کاوی	
۱۳	شبکه‌های عصبی مصنوعی	٤	٤			۳۲			٦٤	–	
۱٤	سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع شده	٤	٤			۳۲			٦٤	--	
۱۵	مباحث ویژه در علوم تصمیم و دانش	٤	٤			۳۲			٦٤	–	

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

الف) عنوان درس به فارسی:	**داده‌کاوی محاسباتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Data Mining		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه) نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ■ عملی □
تعداد واحد:	حل تمرین: ۴		تخصصی اختیاری □ نظری - عملی □
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه □
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری □
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

۱. آشنایی دانشجویان با الگوریتم‌های محاسباتی پایدار و کارآمد برای مسائل اساسی جبر خطی، با تأکید بر کاربردها در داده‌کاوی، یادگیری ماشین و محاسبات علمی

۲. توسعه توانایی تحلیل خطاهای عددی، پایداری الگوریتم‌ها و انتخاب روش مناسب برای مسائل بزرگ‌مقیاس.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه بر محاسبات عددی در داده‌کاوی: محاسبات نقطه شناور، خطا، شرطی‌سازی، پایداری و اهمیت آن‌ها در داده‌های واقعی .

۲. حل دستگاه‌های خطی و کاربرد در رگرسیون و مدل‌های خطی داده‌کاوی.

۳. تجزیه QR و کاربرد در حل مسائل کمترین مربعات و متعامدسازی ویژگی‌ها.

۴. تجزیه مقادیر تکین :خواص، محاسبه و کاربردهای کلیدی در داده‌کاوی (PCA) ، تقریب کم رتبه، کاهش بعد، فشرده‌سازی داده.

۵. مسائل مقادیر ویژه و کاربرد در تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تحلیل طیفی و خوشه‌بندی طیفی.

۶. روش‌های تکراری و زیر فضای کریلف برای مسائل بزرگ‌مقیاس داده‌کاوی.

۷. الگوریتم‌های تصادفی جبر خطی مانند SVD تصادفی و تقریب بازه‌ای تصادفی و کاربرد آن‌ها در داده‌های حجیم.

۸. کاربردهای مستقیم در داده‌کاوی: کاهش بعد و استخراج ویژگی، PCA، LDA، Truncated SVD، خوشه‌بندی مبتنی بر ماتریس (خوشه‌بندی طیفی)، مدل‌های خطی و رگرسیون در ابعاد بالا، تشخیص ناهنجاری با روش‌های ماتریسی

۹. تحلیل پیچیدگی، پایداری عددی و انتخاب روش مناسب برای مسائل واقعی داده‌کاوی.

۱۰. پیاده‌سازی عملی الگوریتم‌ها روی مجموعه‌داده‌های واقعی داده‌کاوی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و خطاهای عددی.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم پیشرفته روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده. امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰): تمرکز روی تحلیل تئوری، پایداری و انتخاب روش مناسب

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Björck, Å. (2015). *Numerical methods in matrix computations*. Springer.
[2] Blum, A., Hopcroft, J., & Kannan, R. (2020). *Foundations of data science*. Cambridge University Press.
[3] Golub, G. H., & Van Loan, C. F. (2013). *Matrix computations* (4th ed.). Johns Hopkins University Press.
[4] Jure, L., Rajaraman, A., & Ullman, J. D. (2014). *Mining of massive datasets*. Cambridge University Press.
[5] Stewart, G. W. (2001). *Matrix algorithms: Volume I, basic decompositions*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه)	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ■	عملی □
تعداد واحد:	۴ (حل تمرین:)	تخصصی اختیاری □	نظری - عملی □
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه □	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری □	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

دانشجو پس از گذراندن این درس با مفاهیم و تکنیک‌های طراحی الگوریتم در مدل‌های محاسباتی مختلف (تصادفی، تقریبی، برخط) آشنا شده و قادر خواهد بود متناسب با ماهیت مسئله و محدودیت‌های منابع (زمان، حافظه، دسترسی به داده)، الگوریتم مناسبی طراحی و تحلیل کند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مدل‌های محاسباتی و الگوریتمی: حافظه دسترسی تصادفی، حافظه خارجی، جویباری؛ مدل‌های قطعی، تقریبی، تصادفی، برخط و موازی؛ معیارهای ارزیابی (بهترین/بدترین/حالت متوسط، تحلیل سرشکنی، تحلیل رقابتی)، تکنیک‌های تحلیل پیشرفته مانند رابطه‌های بازگشتی و قضیه اصلی برای حل روابط بازگشتی

۲ .ساختارهای داده پیشرفته: هرم‌های دودویی، دوجمله‌ای، فیبوناچی و چاق؛ درخت خودتنظیم؛ درخت و آرایه پسوندی و کاربرد در تطابق رشته‌ها.

۳. مروری بر تکنیک‌های طراحی و تحلیل الگوریتم‌ها: تکنیک‌های تقسیم و غلبه، مرتب‌سازی سریع، یافتن میانه در زمان خطی، الگوریتم‌های حریصانه شامل اصول طراحی، اثبات درستی و مثال‌های کلاسیک فعالیت‌گزینی و کوله‌پشتی کسری؛ برنامه‌ریزی پویا شامل اصول زیرمسئله‌های بهینه، همپوشانی زیرمسئله‌ها، جدول‌سازی پایین‌به‌بالا و بالابه‌پایین با بازسازی جواب، مثال‌های میله‌بری، ضرب زنجیره‌ای ماتریس‌ها و طولانی‌ترین زیرتوالی مشترک؛

۴ .نظریه پیچیدگی و سختی مسائل: کلاس‌های قابل‌حل در زمان چندجمله‌ای، مسائل سخت NP, NP-Hard, Np-Complete ؛ روش‌های کاهش و اثبات NP-Hard بودن مسائل (ارضاپذیری، ارضاپذیری سه‌تایی، مجموعه مستقل، پوشش رأس)؛ معرفی کلاس‌های بالاتر، فضای چندجمله‌ای غیرقطعی و قضیه ساویچ؛ مفهوم مسائل PSPACE.

۵. الگوریتم‌های تقریبی: تعریف ضریب تقریب و دسته‌بندی مسائل از نظر تقریب‌پذیری؛ تکنیک‌های طراحی حریصانه، برنامه‌ریزی خطی و پویا؛ مسائل کلاسیک پوشش مجموعه، پوشش رأس و فروشنده دوره‌گرد ؛ قضایای عدم تقریب‌پذیری؛ طرح‌های تقریبی با ضریب دلخواه و طرح تقریبی کاملاً چندجمله‌ای با مثال کوله‌پشتی؛

۶. الگوریتم‌های تصادفی: دسته‌بندی لاس‌وگاس و مونته‌کارلو؛ تحلیل احتمال خطا و زمان موردانتظار؛ مثال‌های شاخص الگوریتم برش کمینه کارگر، تست اول بودن میلر - رابین و ضرب ماتریس‌ها فریوالدز؛ روش احتمالاتی و کاربرد در اثبات وجود جواب (مانند برش بزرگ در گراف)؛ الگوریتم‌های تصادفی برای مسائل برخط و تحلیل رقابتی تصادفی.

۷ .مباحث ویژه و پیشرفته (باتوجه‌به زمان باقی‌مانده): الگوریتم‌های جویباری شامل شمارش فراوانی، لحظه‌ها و نمونه‌گیری؛ الگوریتم‌های موازی در مدل ماشین دسترسی تصادفی موازی و الگوریتم‌های ابتدایی؛ تحلیل پیشرفته پیچیدگی و کران‌های پایین ساده.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۵)، آزمون پایان ترم (٪۴۵).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.
[2] Motwani, R., & Raghavan, P. (1995). *Randomized algorithms*. Cambridge University Press.
[3] Vazirani, V. V. (2010). *Approximation algorithms*. Springer.
[4] Hromkovič, J. (2004). *Algorithmics for hard problems* (2nd ed.). Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**یادگیری ماشین پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Machine Learning		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ■ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	**حل تمرین:**	تخصصی اختیاری ☐ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

توسعه توانایی تحلیل، پیاده‌سازی و ارزیابی مدل‌های یادگیری ماشین پیشرفته برای حل مسائل پیچیده و بزرگ‌مقیاس، با تأکید بر جنبه‌های نظری و عملی.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مرور مفاهیم پایه یادگیری ماشین: یادگیری نظارت‌شده (رگرسیون خطی، لجستیک، درخت تصمیم)، یادگیری نظارت‌نشده (خوشه‌بندی k-میانگین، تحلیل مؤلفه‌های اصلی)، ارزیابی مدل‌ها، سوگیری - واریانس، اعتبارسنجی متقاطع.

۲. روش‌های هسته‌ای: ماشین‌های بردار پشتیبان، توابع هسته و کاربرد در طبقه‌بندی غیرخطی.

۳. روش‌های گروهی و خلاصه‌سازی: Bagging، تقویت (آدابوست، تقویت گرادیانی)، جنگل تصادفی.

۴. پیش‌بینی ساختاری: مدل‌های مارکوف پنهان، زمینه‌های تصادفی شرطی.

۵. کاهش بعد و تخمین در ابعاد پایین: تحلیل مؤلفه‌های اصلی، نمایش کم‌بعدی استوکاستیک همسایگی، یادگیری منیفولد، تخمین چگالی.

۶. بهینه‌سازی در داده‌های بزرگ: گرادیان کاهشی و انواع آن، روش‌های توزیع‌شده و موازی.

۷. یادگیری توزیع‌شده و بزرگ‌مقیاس: الگوریتم‌های مقیاس‌پذیر برای داده‌های حجیم.

۸ . یادگیری طیفی: روش‌های مبتنی بر تجزیه طیفی برای خوشه‌بندی و جاسازی.

۹. یادگیری بیزی: استنباط بیزی، مدل‌های احتمالاتی گرافی، استنباط تقریبی.

۱۰. طبقه‌بندی چندکلاسه و چندبرچسبه، انطباق دامنه و حذف سوگیری.

۱۱. انتقال یادگیری، یادگیری نیمه‌نظارت‌شده، یادگیری فعال و پیش‌بینی سری زمانی.

۱۲. یادگیری حافظ حریم خصوصی: حریم خصوصی تفاضلی، یادگیری فدرال؛ پروژه‌های عملی روی مجموعه‌داده‌های واقعی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها. ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم پیشرفته روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده.

امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Alpaydin, E. (2014). *Introduction to machine learning* (3rd ed.). MIT Press.
[2] Marsland, S. (2015). *Machine learning: An algorithmic perspective* (2nd ed.). CRC Press.
[3] Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2018). *Foundations of machine learning* (2nd ed.). MIT Press.
[4] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری**		
عنوان درس به انگلیسی:	Soft Computing and Metaheuristic Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	**حل تمرین:**	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم پیشرفته محاسبات نرم و الگوریتم‌های فراابتکاری الهام‌گرفته از پدیده‌های طبیعی و زیستی، به‌منظور حل مسائل بهینه‌سازی پیچیده، غیرمحدب، چندهدفه و مقید که روش‌های کلاسیک ریاضی برای آن‌ها کارآمد نیستند. هدف درس توانمندسازی دانشجویان در طراحی، تحلیل، تنظیم پارامتر و پیاده‌سازی این الگوریتم‌ها و کاربرد آن‌ها در مسائل واقعی علوم کامپیوتر، مهندسی و تصمیم‌گیری است.

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مقدمه بر محاسبات سخت و محاسبات نرم؛ جایگاه الگوریتم‌های فراابتکاری

۲ .منطق فازی، مجموعه‌های فازی، محاسبات فازی و سیستم‌های خبره فازی

۳ .الگوریتم‌های جستجوی محلی: تپه‌نوردی، قدم‌زدن تصادفی، شبیه‌سازی تبرید Simulated Annealing ، جستجوی Tabu

۴ .الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت و هوش جمعی: بهینه‌سازی ازدحام ذرات، کلونی مورچگان ، الگوریتم زنبور عسل، کرم شب‌تاب، جستجوی فاخته و الگوریتم‌های مشابه

۵ .الگوریتم‌های تکاملی: چارچوب کلی، عملگرهای تنوع و انتخاب، الگوریتم ژنتیک، استراتژی تکاملی، برنامه‌نویسی ژنتیکی، تکامل تفاضلی

۶ .مدیریت محدودیت‌ها در الگوریتم‌های فراابتکاری

۷ .بهینه‌سازی چندقله‌ای (Multi-modal) و حفظ تنوع

۸ .بهینه‌سازی چندهدفه با الگوریتم‌های فراابتکاری

۹ .تنظیم پارامترها و روش‌های تطبیقی در الگوریتم‌های فراابتکاری

۱۰ .شبکه‌های عصبی-فازی و سیستم‌های ترکیبی

۱۱ .روش‌های پیشرفته و هیبرید: الگوریتم‌های موازی، سلسله‌مراتبی و ترکیب با یادگیری ماشین

۱۲ .کاربردها و مطالعات موردی در بهینه‌سازی شبکه، تشخیص الگو، طراحی سیستم‌ها، یادگیری ماشین و مسائل تصمیم‌گیری

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (۱۰٪)- آزمون میان‌ترم (۴۰٪)- آزمون پایان ترم (۴۰٪)- پروژه‌های عملی (۱۰٪)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس هوشمند با ویدئو پروژکتور و برد مناسب، دسترسی به سرور محاسباتی یا رایانه‌های مجهز به GPU برای پیاده‌سازی پروژه‌های عملی

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Jang, J. S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing*. Prentice Hall.
[2] Ross, T. J. (2010). *Fuzzy logic with engineering applications*. Wiley.
[3] Davis, L., & Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms: Search, optimization and machine learning*. Addison-Wesley.
[4] Rajasekaran, S., & Pai, G. V. (2003). *Neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms*. Prentice Hall.
[5] Eberhart, R., Simpson, P., & Dobbins, R. (1996). *Computational intelligence: PC tools*. AP Professional.
[6] Duckstein, L. (2022). *Fuzzy rule-based modeling with applications to geophysical, biological, and engineering systems*. CRC Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**هوش مصنوعی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced AI		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ■

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف این درس آشنایی دانشجویان با تکنیک‌های پیشرفته هوش مصنوعی در زمینه‌های یادگیری، استدلال، برنامه‌ریزی و عامل‌های هوشمند است تا بتوانند سیستم‌های پیچیده و هوشمند طراحی و پیاده‌سازی کنند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مروری بر مباحث پیشرفته جستجو و بهینه‌سازی

۲. استدلال در عدم قطعیت: شبکه‌های بیز، مدل‌های مارکوف پنهان

۳.یادگیری تقویتی MDP ، Q-Learning، Policy Gradient، Deep RL

۴. پردازش زبان طبیعی پیشرفته: مدل‌های زبانی بزرگ(LLM) ، Transformer

۵. عامل‌های هوشمند و سیستم‌های چندعامله BDI، مذاکره، هماهنگی

۶. برنامه‌ریزی خودکار و تصمیم‌گیری

۷. یادگیری عمیق و نمایش دانش

۸. مباحث نوظهور AI :اخلاقی، توضیح‌پذیری(XAI) ، هوش مصنوعی هیبریدی .

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و نحوه پیاده‌سازی آنها ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰)، آزمون پایان ترم (٪۴۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Russell, S. J., & Norvig, P. (2022). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
[2] Poole, D. L., & Mackworth, A. K. (2010). *Artificial intelligence: Foundations of computational agents*. Cambridge University Press.
[3] Gelfond, M., & Kahl, Y. (2014). *Knowledge representation, reasoning, and the design of intelligent agents: The answer set programming approach*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**سیستم‌های تصمیم‌یار**		
عنوان درس به انگلیسی:	Decision Support Systems		**نوع درس و واحد**
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ / نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ / عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ / نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم، معماری‌ها، روش‌های طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های تصمیم‌یار هوشمند، با تأکید بر تلفیق دانش خبره، روش‌های داده‌محور و تکنیک‌های هوش مصنوعی نوین. هدف درس توانمندسازی دانشجویان در طراحی سامانه‌هایی است که از دانش، داده و مدل‌های هوشمند برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری در شرایط پیچیدگی و عدم قطعیت استفاده می‌کنند.

پ) سرفصل‌ها:

۱.مفاهیم پایه، تاریخچه و تکامل سامانه‌های تصمیم‌یار و سیستم‌های خبره

۲.معماری سامانه‌های تصمیم‌یار: اجزا، پایگاه دانش، موتور استنتاج و رابط کاربری

۳. روش‌های نمایش دانش: قواعد، فریم‌ها، شبکه‌های معنایی، هستی‌شناسی و گراف‌های دانش

۴. استنتاج و استدلال: استنتاج پیشرو و پسرو، استدلال مبتنی بر مورد، استدلال مبتنی بر مدل

۵. مدیریت عدم قطعیت: روش‌های احتمالی، فازی، نظریه شواهد و رویکردهای ترکیبی

۶. مهندسی دانش: استخراج، اعتبارسنجی، نگهداری و به‌روزرسانی دانش

۷. تلفیق سامانه‌های تصمیم‌یار با یادگیری ماشین و داده‌کاوی

۸. قابلیت تبیین ، شفافیت و اعتمادپذیری در سامانه‌های تصمیم‌یار

۹. سامانه‌های تصمیم‌یار مبتنی بر هوش مصنوعی مولد و مدل‌های زبانی بزرگ

۱۰.طراحی، پیاده‌سازی، ارزیابی و استقرار سامانه‌های تصمیم‌یار

۱۱. کاربردها در پزشکی، صنعت، مالی، امنیت، مدیریت زنجیره تأمین و سایر حوزه‌ها

۱۲. روندهای نوین و چالش‌های اخلاقی و اجتماعی سامانه‌های تصمیم‌یار

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه مفاهیم نظری، حل مثال، تحلیل مطالعات موردی، انجام تمرین و پروژه، ارائه سمینار و پیاده‌سازی نمونه‌هایی از سیستم‌های خبره.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه، سمینار، آزمونک)، آزمون میان‌ترم و پایان ترم.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Power, D. J., Sharda, R., & Burstein, F. (Eds.). (2021). *Handbook on decision support systems* 2. Springer.
[2] Turban, E., Aronson, J. E., & Liang, T.-P. (2020). *Decision support systems and intelligent systems* (10th ed.). Pearson.
[3] Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson.
[4] Negnevitsky, M. (2005). *Artificial intelligence: A guide to intelligent systems*. Pearson.
[5] Hopgood, A. A. (2021). *Intelligent systems for engineers and scientists: A practical guide to artificial intelligence*. CRC Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**پردازش زبان‌های طبیعی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Natural Language Processing		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	یادگیری ماشین پیشرفته		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با اصول، تکنیک‌ها و مدل‌های پیشرفته پردازش زبان طبیعی برای درک، تولید و تحلیل متن و گفتار با استفاده از روش‌های آماری و یادگیری عمیق

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و پیش‌پردازش Tokenization ، Normalization، POS Tagging.

۲. مدل‌های زبانی N-grams ، Hidden Markov Models

۳. Embedding ها: Word2Vec، GloVe، FastText، Contextual Embedding

۴. مدل‌های Sequential: RNN ، LSTM، GRU

۵. معماری Transformer و مدل‌های زبانی بزرگ، (BERT, GPT)

۶. کاربردها: ترجمه ماشینی، خلاصه‌سازی، تحلیل احساسات، Question Answering

۷. پردازش گفتار و چندزبانه

۸. مباحث پیشرفته Few-Shot Learning ، Ethical NLP، Evaluation Metrics

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و نحوه پیاده‌سازی آنها

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰)، آزمون پایان ترم (٪۴۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و دسترسی به GPU برای مدل‌های عمیق.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2013). *Speech and language processing*. Pearson.
[2] Eisenstein, J. (2019). *Introduction to natural language processing*. MIT Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**یادگیری آماری**		
عنوان درس به انگلیسی:	Statistical Learning		
دروس پیش‌نیاز:	-		
دروس هم‌نیاز:	-		
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	
تعداد ساعت:	۶۴		
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			

نوع درس و واحد		
نظری ■	پایه ☐	
عملی ☐	تخصصی الزامی ☐	
نظری - عملی ☐	تخصصی اختیاری ■	
	پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	

مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه
نیست ☐	است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس، آشنایی با برخی از مهم‌ترین ابزارهای یادگیری و بررسی آن‌ها از منظر آماری است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر یادگیری آماری: پارادایم پیش‌بینی در مقابل استنباط، یادگیری نظارت‌شده و بدون نظارت، ریسک پیش‌بینی، خطای تعمیم و مفهوم بیش برازش، تجزیه اریبی - واریانس

۲. روش‌های منظم‌سازی و داده‌های با بعد بالا، رگرسیون ستیغی(Ridge) ، لاسو و الاستیک نت، انتخاب متغیر در ابعاد بالا، مسیرهای منظم‌سازی و الگوریتمCoordinate Descent ، مقدمه‌ای بر ویژگی‌های نظری لاسو

۳. روش‌های مبتنی بر هسته و تقریب‌های انعطاف‌پذیر: توابع پایه و بسط‌های سری، اسپلاین‌های هموارشده، رگرسیون هسته‌ای، روش‌های نزدیک‌ترین همسایه(KNN) کرنل‌ها و ایده فضای ویژگی،

۴. روش‌های مبتنی بر درخت: درخت‌های رگرسیون و طبقه‌بندی: هرس درخت، Bagging جنگل تصادفی، Boosting و Gradient Boosting

۵. ارزیابی و انتخاب مدل: اعتبارسنجی متقابل، Bootstrap، معیارهای AIC، BIC و Cp، ROC Curve وAUC ، ارزیابی مدل‌های طبقه‌بندی و رگرسیون

۶. روش‌های پیشرفته یادگیری بدون نظارت: کاهش بعد برای داده‌های با بعد بالا، t-SNE و UMAP، خوشه‌بندی طیفی، مدل‌های آمیخته گاوسی، مقدمه‌ای بر تشخیص ناهنجاری

۷. شبکه‌های عصبی و یادگیری عمیق: پرسپترون چندلایه، الگوریتم پس انتشار خطا، گرادیان تصادفی و بهینه‌سازی، Regularization در شبکه‌های عصبی معرفی شبکه‌های عمیق و کاربردهای آنها

۸. مباحث منتخب در یادگیری آماری: مقدمه‌ای بر یادگیری تقویتی، مقدمه‌ای بر یادگیری انتقالی، تفسیرپذیری مدل‌ها ملاحظات اخلاقی و سوگیری الگوریتمی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (٪۲۵)، پروژه پایانی (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۲۵)، آزمون پایان ترم (٪۳۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2013). *An introduction to statistical learning* (2nd ed.). Springer.
[2] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning* (2nd ed.). Springer.
[3] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An introduction to statistical learning: With applications in R* (2nd ed.). Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع‌شده**		
عنوان درس به انگلیسی:	Multi-Agent Systems and Distributed Artificial Intelligence	**نوع درس و واحد**	
دروس پیش‌نیاز:	یادگیری ماشین پیشرفته	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مبانی نظری، معماری‌ها، الگوریتم‌ها و روش‌های طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع‌شده، به‌گونه‌ای که بتوانند سیستم‌هایی را تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی کنند که در آن‌ها چندین عامل هوشمند به‌صورت مستقل، همکارانه یا رقابتی عمل می‌کنند. اهداف ویژه شامل درک تفاوت سیستم‌های متمرکز و توزیع‌شده، تسلط بر مفاهیم ارتباط، هماهنگی، مذاکره، یادگیری چندعاملی و کاربردهای عملی در حوزه‌های رباتیک، اینترنت اشیا و سامانه‌های خودمختار است.

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مفاهیم پایه، تاریخچه و کاربردهای سیستم‌های چندعاملی و هوش مصنوعی توزیع‌شده

۲ .عامل‌های هوشمند: تعریف، ویژگی‌ها، معماری‌ها (BDI، واکنشی، ترکیبی) و مدل‌های محیط چندعاملی

۳ .تفاوت هوش مصنوعی متمرکز و توزیع‌شده؛ چالش‌های مقیاس‌پذیری، ناهمگونی و عدم قطعیت

۴ .ارتباطات و تعامل میان عامل‌ها: زبان‌های ارتباطی، پروتکل‌ها و استانداردها

۵ .هماهنگی، همکاری و رقابت: روش‌های هماهنگی، تخصیص وظایف و حل تعارض

۶ .مذاکره و توافق: پروتکل‌های مذاکره، چانه‌زنی، حراج و نظریه بازی در سیستم‌های چندعاملی

۷ .یادگیری در سیستم‌های چندعاملی: یادگیری تقویتی چندعاملی، یادگیری مشارکتی و رقابتی

۸ .برنامه‌ریزی، استدلال و سازمان‌دهی عامل‌ها در محیط‌های توزیع‌شده

۹ .امنیت، اعتماد، حریم خصوصی، تحمل خطا و صحت در سیستم‌های چندعاملی

۱۰ .مدل‌سازی، شبیه‌سازی و ارزیابی سیستم‌های چندعاملی

۱۱ .کاربردها: رباتیک چندرباته، اینترنت اشیا، شبکه‌های هوشمند، سامانه‌های توصیه‌گر، مدیریت منابع، حمل‌ونقل هوشمند و سامانه‌های خودمختار

۱۲ .روندهای نوین: هوش مصنوعی توزیع‌شده در مقیاس بزرگ، عامل‌های مبتنی بر مدل‌های زبانی بزرگ، و سیستم‌های هیبریدی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف

ترکیب تئوری با مطالعه موردی سیستم‌های واقعی و انجام پروژه‌های شبیه‌سازی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (۳۰٪)، پروژه پایانی (۲۵٪)، آزمون میان‌ترم (۲۰٪)، آزمون پایان ترم (۲۵٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور، نصب نرم‌افزارهای شبیه‌سازی چندعامله بر روی سیستم‌ها، دسترسی به منابع کتابخانه‌ای و آنلاین.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Wooldridge, M. (2009). *An introduction to multiagent systems* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
[2] Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2008). *Multiagent systems: Algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge University Press.
[3] Weiss, G. (Ed.). (2013). *Multiagent systems* (2nd ed.). MIT Press.
[4] Durfee, E. H. (2001). Distributed problem solving and planning. In G. Weiss (Ed.), *Multiagent systems*. MIT Press.
[5] O'Hare, G., & Jennings, N. (1996). *Foundations of distributed artificial intelligence*. John Wiley & Sons.
[6] Greenwood, D., Bellifemine, F., & Caire, G. (2007). *Developing multi-agent systems with JADE*. John Wiley & Sons.
[7] Yadav, S. P., Mahato, D. P., & Linh, N. T. D. (Eds.). (2020). *Distributed artificial intelligence: A modern approach*. CRC Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**یادگیری تقویتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Reinforcement Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**یادگیری ماشین پیشرفته**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

۱. آشنایی دانشجویان با الگوریتم‌های محاسباتی پایدار و کارآمد برای مسائل اساسی جبر خطی، با تأکید بر کاربردها در داده‌کاوی، یادگیری ماشین و محاسبات علمی

۲. توسعه توانایی تحلیل خطاهای عددی، پایداری الگوریتم‌ها و انتخاب روش مناسب برای مسائل بزرگ‌مقیاس.

اهداف ویژه: درک تفاوت یادگیری تقویتی با دیگر الگوهای یادگیری ماشین، توانایی پیاده‌سازی الگوریتم‌های پایه مانند Q-Learning و Policy Gradients، آشنایی با مباحث پیشرفته‌ای مانند یادگیری تقویتی عمیق، یادگیری چندعاملی و اکتشاف در برابر بهره‌برداری.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر یادگیری تقویتی: تفاوت با یادگیری نظارت‌شده و نظارت‌نشده، مثال‌های کاربردی .

۲. فرایند تصمیم‌گیری مارکوف (MDP): تعاریف، حالت‌ها، اقدامات، تابع پاداش، تابع ارزش .

۳. برنامه‌ریزی پویا: الگوریتم‌های ارزش‌تکرار و سیاست‌تکرار .

۴. روش‌های مونت‌کارلو: یادگیری مبتنی بر نمونه‌های تجربی .

۵. تفاوت‌های زمانی: الگوریتم‌های SARSA و Q-Learning.

۶. تقریب تابع و یادگیری تقویتی با تقریب خطی .

۷. یادگیری تقویتی عمیق DQN، پیاده‌سازی و چالش‌های آن .

۸. روش‌های مبتنی بر سیاست (Policy Gradients): نظریه و پیاده‌سازی.

۹. الگوریتم‌های Actor-Critic: ترکیب مزایای روش‌های مبتنی بر ارزش و سیاست، معرفی معماری پایه و الگوریتم‌های پیشرفته‌تر مانند A2C/A3C.

۱۰. اکتشاف در یادگیری تقویتی: روش‌های مبتنی بر اعتماد و آنتروپی .

۱۱. یادگیری تقویتی چندعاملی: همکاری و رقابت .

۱۲. مباحث انتخابی: یادگیری تقلیدی و تقویتی معکوس، کنترل مبتنی بر مدل، کاربرد یادگیری تقویتی در بینایی کامپیوتر یا پردازش زبان طبیعی، یادگیری تقویتی چندسطحی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با حل مثال‌های تشریحی و پروژه‌های عملی. استفاده از شبیه‌سازهای محیط‌های استاندارد مانند OpenAI Gymبرای درک بهتر الگوریتم‌ها. برگزاری جلسات بحث و ارائه دانشجویان روی مقالات و کاربردهای جدید.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (٪۲۵)، پروژه پایانی (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۲۵)، آزمون پایان ترم (٪۳۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و سیستم صدا، دسترسی دانشجویان به رایانه و اینترنت برای انجام پروژه‌ها، استفاده از محیط‌های شبیه‌سازی نرم‌افزاری.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction* (2nd ed.). MIT Press.
[2] Wiering, M., & Van Otterlo, M. (Eds.). (2012). *Reinforcement learning: State-of-the-art*. Springer.
[3] Szepesvári, C. (2010). *Algorithms for reinforcement learning*. Morgan & Claypool Publishers.
[4] Vincent, F. L., Peter, H., Riashat, I., Marc, G. B., & Joelle, P. (2018). *An introduction to deep reinforcement learning*. Foundations and Trends in Machine Learning.
[5] Zai, A., & Brown, B. (2020). *Deep reinforcement learning in action*. Manning.
[6] Russell, S. J., & Norvig, P. (2009). *Artificial intelligence: A modern approach* (3rd ed.). Pearson.
[7] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**یادگیری عمیق**		
عنوان درس به انگلیسی:	Deep Learning	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**یادگیری ماشین پیشرفته**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐

ب) هدف کلی:

۱.ارائه دانش نظری و عملی در مورد معماری‌های مختلف شبکه‌های عصبی عمیق.

۲. آموزش مهارت‌های لازم برای طراحی، آموزش، ارزیابی و بهینه‌سازی مدل‌های یادگیری عمیق برای مسائل واقعی است.

اهداف ویژه: درک مفاهیم پایه‌ای شبکه‌های عصبی مصنوعی و یادگیری عمیق، توانایی پیاده‌سازی شبکه‌های پیش‌خور، کانولوشنی و بازگشتی، آشنایی با مباحث پیشرفته مانند تولید داده، یادگیری انتقالی و توجه، کاربرد یادگیری عمیق در حوزه‌هایی مانند بینایی کامپیوتر و پردازش زبان طبیعی.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر یادگیری عمیق و تاریخچه آن .

۲. مبانی شبکه‌های عصبی: نورون مصنوعی، توابع فعال‌ساز، انتشار جلو و عقب .

۳. آموزش شبکه‌های عمیق: بهینه‌سازی گرادیان کاهشی، نرخ یادگیری، بیش برازش و روش‌های تنظیم، مهندسی ویژگی‌ها، هنجارسازی.

۴. شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN): معماری، لایه‌های کانولوشن و Pooling، شبکه‌های پیشرفته مانند Inception و ResNet.

۵. شبکه‌های عصبی بازگشتی (RNN) و حافظه‌های بلندمدت کوتاه (LSTM): مدل‌سازی داده‌های سری زمانی .

۶. معماری‌های مبتنی بر توجه (Attention) و تبدیل‌کننده (Transformer).

۷. مدل‌های مولد: خودکدگذارهای تغییرناپذیر (VAE) و شبکه‌های مولد تخاصمی (GAN).

۸. یادگیری انتقالی و تنظیم دقیق یا Fine tuning.

۹. یادگیری عمیق تقویتی: ترکیب یادگیری تقویتی و یادگیری عمیق.

۱۰. مباحث پیشرفته: معماری‌های عصبی - نمادین، یادگیری خودنظارتی، مدل‌های بزرگ زبانی یا LLM ها، نمونه‌های خصمانه (Adversarial)، شبکه‌های دوگان.

۱۱. پیاده‌سازی عملی با استفاده از چارچوب‌هایی مانند TensorFlow یا PyTorch (ترجیحا PyTorch).

۱۲. کاربردها در بینایی کامپیوتر، پردازش گفتار، پردازش زبان طبیعی، سیستم‌های توصیه‌گر.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه مفاهیم به همراه مثال‌های عملی و کدنویسی در کلاس. تاکید بر انجام پروژه‌های مرحله‌ای و نهایی در حوزه‌های مختلف، استفاده از منابع آنلاین و دیتاست‌های استاندارد برای تمرین عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (٪۲۵)، پروژه پایانی (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۲۵)، آزمون پایان ترم (٪۳۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و سیستم صدا، دسترسی دانشجویان به رایانه (حتی‌الامکان با GPU) برای انجام پروژه‌ها، استفاده از محیط‌های کدنویسی، دسترسی ابری.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
[2] Lewis, N. D. (2016). *Deep learning made easy with R: A gentle introduction for data science*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
[3] Heaton, J. (2015). *Artificial intelligence for humans: Volume 3. Deep learning and neural networks*. Heaton Research, Inc.
[4] Patterson, J., & Gibson, A. (2017). *Deep learning: A practitioner's approach*. O'Reilly Media.
[5] Chollet, F. (2025). *Deep learning with Python* (3rd ed.). Manning Publications.

الف) عنوان درس به فارسی:	**داده‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Data Mining		
دروس پیش‌نیاز:	-		
دروس هم‌نیاز:	-		
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	
تعداد ساعت:	۶۴		
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			

نوع درس و واحد		
نظری ■	پایه ☐	
عملی ☐	تخصصی الزامی ☐	
نظری - عملی ☐	تخصصی اختیاری ■	
	پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	

مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه
نیست ☐	است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی: در این درس با روش‌های اصلی در داده‌کاوی، نظیر مفاهیمی چون پیش‌پردازش، ذخیره‌سازی و پردازش داده، کاهش بعد و مدل‌های یادگیری با ناظر و بدون ناظر آشنا می‌شویم.

پ) سرفصل‌ها:

۱. تعاریف اولیه داده‌کاوی، مفاهیم مرتبط، تمایز آن با سایر موضوعات مشابه، جایگاه آن در صنایع و علوم امروزی

۲. گام‌های پردازش داده (پاک‌سازی داده، تجمیع و تبدیل داده، کاهش داده، گسسته‌سازی داده)

۳. مفهوم ویژگی و روش‌های کاهش بعد (اصول انتخاب ویژگی به کمک روش‌های آماری، رتبه‌بندی ویژگی‌ها بر اساس آنتروپی)

۴. بررسی الگوریتم‌ها و مفاهیم مرتبط با الگوهای تکراری شامل سبدهای پرتکرار، الگوهای پرتکرار

۵. استخراج الگوهای نادر، استخراج الگوهای پرتکرار مقید، استخراج الگوهای فشرده یا تقریبی، استخراج قواعد همباشی منفی)

۶. معرفی و بررسی روش‌های یادگیری با ناظر مانند دسته‌بندی و رگرسیون: معرفی روش‌های مرتبط با درخت تصمیم مانند ID3, C4.5, CART-مرور روش‌های طبقه‌بندی همراه با زمان استفاده آن‌ها مانند Naive Bayes، روش‌های مبتنی بر قاعده Rule-Based Classification، KNN، SVM و شبکه‌های عصبی - بررسی روش‌های مختلف ارزیابی و انتخاب مدل‌ها

۷. معرفی روش‌های یادگیری بدون ناظر: روش‌ها افرازی، روش‌های سلسله‌مراتبی: روش جمع‌شونده (Agglomerative) و تقسیم شونده (Divisive)، روش‌های چگالی پایه (Density-Based) روش‌های DBSCAN، OPTICS، DENCUE، روش‌های توری‌پایه (Grid-Based) روش‌های STING، Wave Cluster، روش‌های خوشه‌بندی داده‌های ابعاد بالا: روش‌های CLIQUE، PROCLUS، الگوهای مکررپی، روش‌های خوشه‌بندی طیفی، روش‌های خوشه‌بندی مقید، روش‌های خوشه‌بندی نیمه نظارت شده

۸. روش‌های تشخیص داده‌های پرت (Outliers): روش‌های آماری (پارامتری و ناپارامتری)، روش‌های مجاورتی (فاصله‌پایه، چگالی پایه و توری‌پایه

۹. داده‌های پرت در داده‌های با ابعاد بالا، تشخیص داده‌های پرت در داده‌های رسته‌ای، روش‌های ترکیبی در تشخیص داده‌های پرت.

۱۰. معضل نفرین بُعد (Curse of Dimensionality)، استخراج و انتخاب ویژگی.-روش‌های کاهش بعد: تحلیل تفکیک خطی (LDA)، تحلیل عاملی، مقیاس‌گذاری چندبعدی MDS، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، تحلیل مؤلفه‌های اصلی مبتنی بر هسته (KPCA)، تحلیل مؤلفه‌های مستقل ((ICA، ISOMAP، جاسازی محلی خطی (Locally Linear Embedding)-روش‌های انتخاب ویژگی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (٪۳۰)، پروژه پایانی (٪۲۵)، آزمون میان‌ترم (٪۲۰)، آزمون پایان ترم (٪۲۵).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Elsevier.
[2] Aggarwal, C. C. (2015). *Data mining: The textbook*. Springer.
[3] Kantardzic, M. (2011). *Data mining and analysis: Fundamentals and algorithms* (2nd ed.). Wiley-IEEE Press.
[4] Zaki, M. J., & Meira, W. (2014). *The handbook of data mining*. Cambridge University Press.
[5] Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2011). *Data mining: Practical machine learning tools and techniques* (3rd ed.). Elsevier.

الف) عنوان درس به فارسی:	**بهینه سازی شبکه پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Network Optimization		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری – عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی – اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف این درس آشنایی دانشجو با مبانی، مدل‌ها، الگوریتم‌ها و روش‌های پیشرفته بهینه‌سازی در شبکه‌ها و به‌کارگیری آن‌ها در طراحی، تحلیل و مدیریت شبکه‌های ارتباطی، رایانه‌ای، حمل‌ونقل، انرژی و سایر شبکه‌های پیچیده است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مبانی بهینه‌سازی شبکه، مدل‌سازی و تحلیل مسائل شبکه.

۲. الگوریتم‌های کلاسیک بهینه‌سازی شبکه و تحلیل پیچیدگی آن‌ها.

۳. مسائل جریان در شبکه، کوتاه‌ترین مسیر، بیشینه جریان و کمینه هزینه.

۴. مسائل طراحی، مکان‌یابی، تخصیص، مسیریابی و زمان‌بندی در شبکه‌ها.

۵. روش‌های برنامه‌ریزی خطی، عدد صحیح و پویا در بهینه‌سازی شبکه.

۶. الگوریتم‌های تقریبی، ابتکاری و فراابتکاری در مسائل شبکه.

۷. . بهینه‌سازی چندهدفه و مقاوم در شبکه‌ها.

۸. بهینه‌سازی در شبکه‌های پویا، توزیع‌شده و مقیاس‌پذیر.

۹. کاربرد بهینه‌سازی در شبکه‌های رایانه‌ای، مخابراتی، حسگر، حمل‌ونقل، انرژی و اینترنت اشیا.

۱۰. روندهای نوین و کاربردهای پژوهشی در بهینه‌سازی شبکه.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه مفاهیم نظری، حل مثال، انجام تمرین و پروژه، تحلیل مطالعات موردی، پیاده‌سازی الگوریتم‌ها و ارائه سمینار

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه – سمینار – آزمونک) آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور – در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2011). *Linear programming and network flows*. Wiley.
[2] Williamson, D. P. (2019). *Network Flow Algorithms*. Cambridge University Press.
[3] Pavón Mariño, P. (2016). *Optimization of Computer Networks: Modeling and Algorithms* – A Hands-On Approach. Wiley.
[4] Munapo, E., Kumar, S., Nyamugure, P., & Tawanda, T. (2025). *Network Optimization: An Introduction to the Network Reconstruction Approach*. River Publishers.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مباحث ویژه در محاسبات نرم و هوش مصنوعی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Soft Computing and AI		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

پ) سرفصل‌ها:

مباحث پیشرفته و یا جدید در محاسبات نرم و هوش مصنوعی که با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می‌شود

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

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

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه محاسبه پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Theory of Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ■	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ☐	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس، یادگیری مسائل پیشرفته در محاسبه‌پذیری و به‌دست آوردن مهارت بیشتر در منطق و مدل‌های محاسباتی متفاوت است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. برنامه‌ها و توابع محاسبه‌پذیر،

۲. ماکروها، توابع بازگشتی - مقدماتی، ترکیب و بازگشت،

۳. طبقات PRC، گزاره‌های بازگشتی - مقدماتی و سور محدود،

۴. کمینه‌سازی،

۵. اعداد گودل،

۶. مسئله‌ی توقف،

۷. مجموعه‌های بازگشتی شمارش‌پذیر، قضیه‌ی پارامتر(s-m-n) ، قضیه‌ی بازگشت، نقطه ثابت و رایس و رایس - شاپیرو،

۸. محاسبه‌ی رشته‌ها و بازنمایش عددی آن‌ها،

۹. برنامه‌های Post-Turing،

۱۰. فراروندها و گرامرها، فراروندهای Thue-Semi ،

۱۱. مسئله‌ی تناظر - Post،

۱۲. نظریه‌یQuantification ،

۱۳. زبان منطق گزاره‌ها، معناشناسی، قضیه‌ی هربراند، فشردگی و شمارش‌پذیری،

۱۴. قضایای ناتمامیت گودل.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها به همراه تعریف پژوهش‌های روزآمد دررابطه‌با مطالب تدریس شده برای دانشجویان در قالب ارائه سمینار کلاسی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف دوره‌ای و مشارکت در کلاس (۲۰٪)، امتحان میان‌ترم (۴۰٪) و امتحان پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Davis, M. D., Sigal, R., & Weyuker, E. J. (1994). *Computability, complexity and languages* (2nd ed.). Academic Press.
[2] Bridges, D. S. (1994). *Computability: A mathematical sketchbook*. Springer-Verlag.
[3] Simovici, D. A., & Tenney, R. L. (1999). *Theory of formal languages with applications*. World Scientific Publishing.
[4] Rogers, H. (1967). *Theory of recursive functions and effective computability*. McGraw-Hill.
[5] Simovici, D. A. (2024). *Introduction to the theory of formal languages*. World Scientific.

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبه‌پذیری**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computability		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		■ نظری ☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-		☐ عملی ☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	☐ نظری - عملی ■ تخصصی اختیاری
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارتی - اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه ☐ است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با نظریه محاسبه است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اصلی نظیر مفاهیم مساله و محاسبه

۲. بررسی دقیق مدل‌های کلاسیک محاسبه برای مسائل تصمیم و سلسله‌مراتب چامسکی

۳. مدل‌های اتوماتون و اتوماتون پشته‌ای

۴. بحث کامل ماشین تورینگ

۵. مفهوم محاسبه از دیدگاه مدل و همچنین ارتباط مفاهیم تحویل و قطری‌سازی

۶.. قضایای مقایسه گودل

۷. مفهوم محاسبه در حالت کلی توابع محاسبه‌پذیر بحث شده و قضایای اصلی نظریه توابع بازگشتی نظیر قضیه smn و قضیه Rice و قضایای بازگشت و نقطه ثابت.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها به همراه تعریف پژوهش‌های روزآمد دررابطه‌با مطالب تدریس شده برای دانشجویان در قالب ارائه سمینار کلاسی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف دوره‌ای و مشارکت در کلاس (٪۲۰)، امتحان میان‌ترم (٪۴۰) و امتحان پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Weber, R. (2012). *Computability theory*. American Mathematical Society.
[2] Bridges, D. S. (1994). *Computability: A mathematical sketchbook*. Springer-Verlag.
[3] Simovici, D. A., & Tenney, R. L. (1999). *Theory of formal languages with applications*. World Scientific Publishing.
[4] Davis, M., Sigal, R., & Weyuker, E. (1994). *Computability, complexity, and languages*. Morgan Kaufmann.
[5] Kozen, D. C. (2006). *Theory of computation*. Springer-Verlag.
[6] Brattka, V., & Hertling, P. (Eds.). (2021). *Handbook of computability and complexity in analysis*. Springer International Publishing.

الف) عنوان درس به فارسی:	**پیچیدگی محاسبه**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Complexity		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		نظری ■ / پایه □
دروس هم‌نیاز:	-		عملی □ / تخصصی الزامی □
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	نظری - عملی □ / تخصصی اختیاری ■
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه □
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری □
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با پیچیدگی محاسبه است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. 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.

۲.حافظه تعریف کلاس‌های اصلی پیچیدگی زمانی بالاخص P ، NP ، EXP.

۳. تعریف کلاس‌های اصلی پیچیدگی حافظه بالاخص L ، NL ، PSpace، NP-Completeness و قضیه Cook-Levin.

۴. روش‌های مختلف تحویل (Reduction) بالاخص تحویل‌های Karp و Turing.

۵. تکنیک قطری سازی و اثبات قضیه Ladner.

۶. قضایای سلسله‌مراتبی زمانی و حافظه، تعریف NL-Completeness، قضیه Savitch، قضیه Immerman - Szelepcsenyi، سلسله‌مراتب چندجمله‌ای.

۷. ماشین‌های تورینگ Alternating، ماشین‌های تورینگ مجهز به Oracle.

۸. پیچیدگی غیر یکنواخت، پیچیدگی مداری و کلاس P/Poly.

۹. نسبی سازی (relativization) و قضیه‌های اصلی مربوطه، (مباحث تکمیلی با نظر استاد).

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها به همراه تعریف پژوهش‌های روزآمد دررابطه‌با مطالب تدریس شده برای دانشجویان در قالب ارائه سمینار کلاسی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف دوره‌ای و مشارکت در کلاس (٪۲۰)، امتحان میان‌ترم (٪۴۰) و امتحان پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Arora, S., & Boaz, B. (2009). *Computational complexity: A modern approach*. Cambridge University Press.
[2] Du, D. Z., & Ko, K. I. (2000). *Theory of computational complexity*. Wiley-Interscience.
[3] Papadimitriou, C. H. (1993). *Computational complexity*. Addison-Wesley Publishing Company.

[4] Goldreich, O. (2008). *Computational complexity: A conceptual perspective*. Cambridge University Press.
[5] Papadimitriou, F. (2020). *Spatial complexity: Theory, mathematical methods and applications*. Springer Nature.
[6] Brattka, V., & Hertling, P. (Eds.). (2021). *Handbook of computability and complexity in analysis*. Springer International Publishing.

الف) عنوان درس به فارسی:	**پیچیدگی محاسبه پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Computational Complexity	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**پیچیدگی محاسبه**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با پیچیدگی محاسبه پیشرفته است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. یادآوری مفاهیم اصلی، کلاس‌های پیچیدگی زمانی و حافظه بسیار کوچک و قضایای مربوطه.

۲. ماشین‌های تورینگ تصادفی و کلاس‌های پیچیدگی مربوطه و روابط آنها BPP ، PP ، ZPP ، RP ، Derandomization.

۳. اثبات‌های تعاملی و کلاس‌های IP ، AM و MA و قضیه اصلی IP=PSPACE و بحث در مورد تکنیک‌های آن.

۴. قضیه PCP و بحث در مورد اثبات‌های مختلف آن.

۵. کلاس‌های مرتبط با الگوریتم‌های تقریبی و بحث تقریب‌پذیری و نتایج منتج از قضیه PCP در این رابطه.

۶. پیچیدگی مداری، قضیه Razborov و کلاس‌های NC، لم Hastad.

۷. پیچیدگی حسابی (Arithmetic) و مسائل مربوط به آن، پیچیدگی شمارشی و کلاس #P و قضیه Toda، (مباحث تکمیلی با نظر استاد: نظیر Fine-grained Complexity یا Parametrized Complexity یا Communication Complexity و تولید اعداد شبه تصادفی، Expander ها و Extractorها و توابع یک طرفه و ارتباط آن‌ها یا مباحث تکمیلی دیگر)

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها به همراه تعریف پژوهش‌های روزآمد دررابطه‌با مطالب تدریس شده برای دانشجویان در قالب ارائه سمینار کلاسی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف دوره‌ای و مشارکت در کلاس (٪۲۰)، امتحان میان‌ترم (٪۴۰) و امتحان پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Arora, S., & Barak, B. (2009). *Computational complexity: A modern approach*. Cambridge University Press.
[2] Du, D. Z., & Ko, K. I. (2000). *Theory of computational complexity*. Wiley-Interscience.
[3] Papadimitriou, C. H. (1993). *Computational complexity*. Addison-Wesley Publishing Company.
[4] Goldreich, O. (2008). *Computational complexity: A conceptual perspective*. Cambridge University Press.
[5] Papadimitriou, F. (2020). *Spatial complexity: Theory, mathematical methods and applications*. Springer Nature.

[6] Brattka, V., & Hertling, P. (Eds.). (2021). *Handbook of computability and complexity in analysis*. Springer International Publishing.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های موازی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Parallel Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مبانی نظری و عملی طراحی و تحلیل الگوریتم‌های موازی و حل مسائل سخت.

پ) سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با مفاهیم پایه و انگیزه‌ها: محدودیت‌های فیزیکی و تکنولوژی، دلایل نیاز به پردازش موازی و کاربردهای آن در دنیای واقعی، معرفی سطوح موازات در برنامه‌ها، چالش‌های پردازش موازی (قانوان امدال، قانون گوستافسون و سربارهای موازی‌سازی) و ...

۲. ساختار کامپیوترهای موازی: طبقه‌بندی فلین(SISD, SIMD, MISD, MIMD) ، مدل‌های حافظه (حافظه مشترک و توزیعی شده) و شبکه‌های درون ارتباطی

۳. تجزیه‌وتحلیل وابستگی داده

۴. تحلیل پیچیدگی الگوریتم‌های موازی و سنجش کارایی

۵. مدل‌های انتزاعی محاسبات موازی: مدل‌های Data Flow، PRAM، BSP، LogP و توسعه الگوریتم‌های همانند Parallel Prefix Sum برای مدل PRAM و تحلیل پیچیدگی‌های آن‌ها

۶. الگوریتم‌های موازی بر روی مدل‌های حافظه مشترک

۷. الگوریتم‌های موازی بر روی شبکه‌های همانند Mesh، Torus، Hypercube و بیان مزایا، معایب و تحلیل پیچیدگی آنها.

۸. کاربرد الگوریتم‌های موازی در حل مسائلی همانند مرتب‌سازی، جستجو، الگوریتم‌های گراف

۹. کاربرد الگوریتم‌های موازی در حل مسائل ریاضی مانند ریشه‌یابی، ضرب ماتریس‌ها و ...

۱۰. الگوریتم‌های موازی مدرن و کاربردی در حوزه‌های نوین هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

۱۱. معرفی الگوهای برنامه‌نویسی موازی به شیوه حافظه مشترک (OpenMP)، تبادل پیام ((MPI و برنامه‌نویسی پردازنده‌های گرافیکی (CUDA).

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (۲۰٪)- پروژه‌های عملی (۲۰٪)- آزمون میان‌ترم (۳۰٪) - آزمون پایان ترم (۳۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس هوشمند با ویدئو پروژکتور و برد مناسب، دسترسی به سرور محاسباتی یا رایانه‌های مجهز به GPU برای پیاده‌سازی پروژه‌های عملی - نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی OpenMP، MPICH، OpenMPI، CUDA Toolkit

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Leighton, F. T. (1992). *Introduction to parallel algorithms and architectures: Arrays, trees, hypercubes*. Morgan Kaufmann.
[2] Parhami, B. (2000). *Introduction to parallel processing: Algorithms and architectures*. Plenum Press.
[3] Rauber, T., & Rünger, G. (2013). *Parallel programming for multicore and cluster systems* (3rd ed.). Springer.
[4] Trobec, R., Slivnik, B., Bulić, P., & Robič, B. (2018). *Introduction to parallel computing: From algorithms to programming on state-of-the-art platforms*. Springer.
[5] Kirk, D. B., & Hwu, W. (2022). *Programming massively parallel processors: A hands-on approach* (4th ed.). Morgan Kaufmann.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های تصادفی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Randomized Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

۱ .آشنایی عمیق با مبانی نظری و پارادایم‌های طراحی الگوریتم‌های تصادفی و تحلیل امید ریاضی زمان اجرا و صحت آن‌ها .

۲ .توانایی تحلیل حدود احتمال شکست با استفاده از نامساوی‌های و ابزارهای پیشرفته احتمالاتی، درک تفاوت الگوریتم‌های تصادفی مونت‌کارلو و لاس‌وگاس و کاربرد آن‌ها در مسائل سخت محاسباتی.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و چارچوب نظری: مدل‌های محاسباتی تصادفی، الگوریتم‌های مونت‌کارلو و لاس‌وگاس، تحلیل امید ریاضی زمان اجرا، تقویت احتمال موفقیت.

۲. ابزارهای احتمالاتی پیشرفته: متغیرهای تصادفی، امید ریاضی، واریانس، نامساوی مارکف، چبیشف، چرنوف و ...

۳. روش احتمالی: اثبات وجودی، لم لوواس، کاربردها در ترکیبیات و طراحی ساختارها.

۴. نمونه‌برداری و تکنیک‌های کاهش تصادفی: نمونه‌برداری تصادفی، تخمین گرها، الگوریتم‌های تقریبی تصادفی، کاهش واریانس.

۵. ساختارهای داده و هشینگ تصادفی: Universal Hashing، Perfect Hashing، Bloom Filters، Skip Lists، تحلیل موردانتظار.

۶. الگوریتم‌های تصادفی در گراف: مینیمم برش تصادفی، تطابق، الگوریتم‌های پیمایش و انتخاب تصادفی یال‌ها.

۷. الگوریتم‌های تصادفی در هندسه محاسباتی و برنامه‌ریزی خطی: الگوریتم‌های تصادفی LP در ابعاد ثابت.

۸. زنجیره‌های مارکف و پیمایش تصادفی: مفاهیم پایه، روش‌های MCMC ، کاربرد در تقریب شمارش و نمونه‌گیری.

۹. الگوریتم‌های جبری و تصادفی‌سازی در محاسبات عددی: تست چندجمله‌ای، الگوریتم‌های تصادفی برای ضرب ماتریس، کاربرد در داده‌های بزرگ.

۱۰. کاربردها در حوزه‌های نوین: کاربرد در یادگیری ماشین، یادگیری فدرالی، بهینه‌سازی تصادفی و تحلیل داده‌های بزرگ.

۱۱. ارائه و تحلیل مقالات منتخب روز دنیا در حوزه الگوریتم‌های تصادفی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و ارائه سمینار توسط دانشجویان.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (۲۰٪)، پروژه تحلیلی یا پژوهشی پایانی (۲۰٪)، امتحان میان‌ترم (۳۰٪) و نهایی (۳۰٪): تمرکز روی تحلیل تئوری.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Motwani, R., & Raghavan, P. (1995). *Randomized algorithms*. Cambridge University Press.
[2] Hromkovič, J. (2005). *Design and analysis of randomized algorithms*. EATCS Series, Springer-Verlag.
[3] Hromkovič, J. (2001). *Algorithms for hard problems*. Springer-Verlag.
[4] Kneusel, R. T. (2024). *The art of randomness: Randomized algorithms in the real world*. No Starch Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه رمزنگاری**		
عنوان درس به انگلیسی:	Theory of Cryptography	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

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

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمات: رمزنگاری کلاسیک و مدرن، امنیت کامل و محدودیت‌های آن، امنیت محاسباتی، تمایزناپذیری محاسباتی، لم هیبرید.

۲. رمزنگاری کلید خصوصی (متقارن): نحو سیستم رمز متقارن، تعاریف امنیتی مختلف برای رمز متقارن (تک‌پیامی، چندپیامی، متن اصلی انتخابی، متن رمزی انتخابی)، مولدهای شبه‌تصادفی، توابع شبه‌تصادفی، جایگشت‌های شبه تصادفی.

۳. کد اصالت‌سنجی پیام: تفاوت محرمانگی و اصالت پیام، نحو کد اصالت‌سنجی پیام، تعاریف امنیتی (جعل‌ناپذیری ضعیف و قوی)، ساختارهای اصالت‌سنجی پیام (برای پیام‌های با طول ثابت و متغیر)، رمزنگاری احراز اصالت شده.

۴. توابع چکیده‌ساز و کاربردها: نحو و تعاریف امنیتی تابع چکیده‌ساز، ساخت کد اصالت‌سنجی پیام با استفاده از تابع چکیده‌ساز، حملات عام، مدل پیشگوی تصادفی، کاربردها (پروتکل‌های تعهد، درخت مرکل).

۵. رمزهای متقارن و توابع چکیده‌ساز عملی: معرفی چند رمزهای دنباله‌ای معروف (مانند RC۴ و 8/20Salsa)، معرفی چند رمز قالبی معروف (مانند DES و AES)، روش‌های طراحی رمزهای قالبی (شبکه‌های فایستل و جاینشینی - جایگشتی)، شیوه‌های بکارگیری رمزهای قالبی، روش‌های طراحی توابع چکیده‌ساز (ساختارهای مرکل - دمگارد و اسفنجی)، چند تابع چکیده‌ساز معروف (مانند MD۵ و 3-SHA).

۶. رمزنگاری کلید عمومی (نامتقارن): مرور کلی (تاریخچه، سناریوی استفاده، نحو و ...)، ناممکن بودن امنیت کامل، تعاریف امنیتی (متن اصلی انتخابی، متن رمزی انتخابی)، فرض‌های سختی (مساله لگاریتم گسسته، مساله‌های دیفی - هلمن محاسباتی و تصمیمی، مساله‌های تجزیه و محاسبه ریشه در هنگ اعداد مرکب)، سیستم‌های رمز نامتقارن الجمال و RSA، رمزنگاری ترکیبی و پارادایم DEM-KEM.

۷. امضای رقمی (دیجیتال): نحو و تعاریف امنیتی امضای رقمی، پارادایم sign-and-hash، امضای RSA و امضاهای مبتنی بر لگاریتم گسسته (DSA و اشنور).

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها همراه با شرح کاربردهای عملی به همراه تعریف پژوهش‌های روزآمد دررابطه‌با مطالب تدریس شده برای دانشجویان در قالب ارائه سمینار کلاسی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف و مشارکت در کلاس (٪۲۰)، پروژه و ارائه سمینار (٪۲۰)، امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و امتحان پایان ترم (٪۳۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور، سه جلسه آزمایشگاه (سایت کامپیوتری).

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Katz, J., & Lindell, Y. (2025). *Introduction to modern cryptography* (3rd ed.). CRC Press.
[2] Boneh, D., & Shoup, V. (2023). *A graduate course in applied cryptography*. Stanford University.
[3] Goldreich, O. (2001). *Foundations of cryptography: Volume 1, basic techniques*. Cambridge University Press.
[4] Goldreich, O. (2004). *Foundations of cryptography: Volume 2, basic applications*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه بازی‌ها**		
عنوان درس به انگلیسی:	Game Theory		
دروس پیش‌نیاز:	-		
دروس هم‌نیاز:	-		
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
نظری ■	پایه □		
عملی □	تخصصی الزامی □		
نظری - عملی □	تخصصی اختیاری ■		
	پروژه/ رساله / پایان‌نامه □		
	مهارتی - اشتغال‌پذیری □		
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			
مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □	مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □		

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مبانی نظریه بازی‌ها و کاربردهای آن در علوم و مهندسی رایانه است. دانشجو بعد از گذراندن این درس باید با مهم‌ترین انواع مدل‌های بازی آشنا شده باشد و بتواند از آن مدل‌ها برای تحلیل رفتار و تعامل عامل‌های هوشمند در دنیای واقعی استفاده کند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. نظریه بازی‌ها: مبانی، تاریخ، دسته‌بندی‌ها، کاربردها

۲. بازی‌های همزمان: بازی‌های مجموع - صفر، راهبردهای محض، راهبردهای ترکیبی، قضیه کم - بیش، راهبردهای غالب و راهبردهای مغلوب، حالت‌های تعادل نش، حل بازی‌ها با کمک نمودار، حل بازی‌ها با الگوریتم‌های بهینه‌سازی خطی

۳. بازی‌های همزمان: بازی‌های غیر مجموع - صفر، بازی‌های با اطلاعات ناکامل، بازی‌های بیزی، بازی‌های پیوسته

۴. بازی‌های ترتیبی: بازی‌های شکل - باز، راهبردهای محض، راهبردهای ترکیبی، راهبردهای رفتاری، حالت‌های تعادل نش، حالت‌های تعادل نش کامل، حالت‌های تعادل بیزی کامل، حالت‌های تعادل ترتیبی

۵. بازی‌های تکراری: حالت‌های تعادل کامل، حالت‌های تعادل نش

۶. بازی‌های تکاملی: بازی‌های دونفره متقارن، راهبردهای پایدار تکاملی، بازی‌های دونفره نامتقارن

۷. بازی‌های همکارانه: هسته، مجموعه‌های پایدار، مقدار شپلی، مسائل چانه‌زنی

۸. طراحی بازی: انتخاب اجتماعی، طراحی با پول، طراحی بدون پول، مزایده‌ها

۹. کاربردها: بازی‌های رایانه‌ای، طراحی سامانه‌های چندعامله، رمزنگاری، امنیت سامانه‌ها، شبکه‌های ارتباطی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Nisan, N., Roughgarden, T., Tardos, E., & Vazirani, V. V. (Eds.). (2007). *Algorithmic game theory*. Cambridge University Press.
[2] Bauso, D. (2016). *Game theory with engineering applications*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[3] Han, Z., Niyato, D., Saad, W., Başar, T., & Hjørungnes, A. (2012). *Game theory in wireless and communication networks: Theory, models, and applications*. Cambridge University Press.
[4] Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). *Multiagent systems: Algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge University Press.
[5] Peters, H. (2015). *Game theory: A multi-leveled approach*. Springer-Verlag.
[6] Roughgarden, T. (2016). *Twenty lectures on algorithmic game theory*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های تکراری و وردشی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Iterative and Variational Algorithms		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف این درس آشنایی با مبانی نظری الگوریتم‌های تکراری و وردشی است که بر مبنای اصل وردشی گیبز و روش تکرار انتروپی نسبی حاصل می‌شوند و در نهایت انواع الگوریتم‌های از جنس Expectation-Maximization یا انواع الگوریتم‌های از جنس Belief Propagation را نتیجه می‌دهند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. توضیح مفاهیم مرتبط با انتروپی نسبی و نقش آن در تمرکز اندازه و Large Deviation و دوگانی آن با تابع پارش لگاریتمی به همراه قضیه Donsker-Varadhan و تبیین دوگانی مسائل Maximum Entropy و Maximum Likelihood.

۲. استخراج الگوریتم BP از تقریب Bethe و همچنین قضیه اساسی Csiszar برای همگرایی روش تکرار روی انتروپی نسبی، و نظریه mean field.

۳. کاربردهای جدی الگوریتم‌های بیان شده در بالا، مدل‌های مخلوط (Mixture) و HMM.

۴. استاد باتوجه‌به سلیقه و کلاس درس میتواند مباحث زیر را نیز مورد بحث قرار دهد: نمایش Loop Series و روش تقریب ناحیه‌ای Bethe در قسمت نظری و فیلترهای کالمن، کاربردها در یادگیری تقویتی، کاربردها در دیکدینگ و کدهای LDPC، مدل‌های Ising و بحث انتقال فاز.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Mézard, M., & Montanari, A. (2009). *Information, physics, and computation*. Oxford University Press.
[2] Byrne, C. L. (2014). *Iterative optimization in inverse problems*. CRC Press.
[3] Csiszár, I., & Shields, P. C. (2004). *Information theory and statistics: A tutorial*. Foundations and Trends in Communications and Information Theory, 1(4), 417–528.

[4] Wainwright, M. J., & Jordan, M. I. (2008). *Graphical models, exponential families, and variational inference*. Foundations and Trends in Machine Learning, 1(1–2), 1–30

الف) عنوان درس به فارسی:	**گراف‌ها و الگوریتم‌ها**		
عنوان درس به انگلیسی:	Graphs and Algorithms		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ■

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف درس آشنایی با مسائل کاربردی گراف و الگوریتم‌های آنها است. دانشجو بعد از گذراندن این درس باید با تعدادی از مهم‌ترین مسائل (ساده یا سخت) گراف و الگوریتم‌های کارا برای حل (دقیق یا تقریبی) آنها آشنا شده باشد و بتواند از آن مسائل به‌عنوان مدلی برای حل مسائل دنیای واقعی استفاده کند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. نظریه گراف: تعاریف، اصطلاحات، قضیه‌ها، کاربردها

۲. مسئله پیمایش گراف‌ها: الگوریتم پیمایش عمقی، الگوریتم پیمایش سطحی، کاربردها

۳. مسئله کوتاه‌ترین مسیرها: الگوریتم دایکسترا، الگوریتم بلمن - فرد، الگوریتم فلوید، کاربردها

۴. مسئله درخت پوشای کمینه: الگوریتم پریم، الگوریتم کراسکال، الگوریتم بوروکا، کاربردها

۵. مسئله جریان بیشینه: الگوریتم‌های جریان‌افزا، الگوریتم‌های پیش‌جریان - رانش، کاربردها

۶. مسائل جریان شبکه: مسئله کم‌هزینه‌ترین جریان، مسئله کم‌هزینه‌ترین چرخش، مسئله جریان چندکالایی، الگوریتم‌ها، کاربردها

۷. مسائل تطابق: تطابق بیشینه در گراف‌های دوبخشی بی‌وزن، تطابق بیشینه در گراف‌های دوبخشی وزن‌دار، تطابق بیشینه در گراف‌های کلی، الگوریتم‌ها، کاربردها

۸. مسئله فروشنده دوره‌گرد: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

۹. مسئله درخت اشتاینری: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

۱۰. مسئله خوشه: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

۱۱. مسئله مجموعه مستقل: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

۱۲. مسئله پوشش رأسی: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

۱۳. مسئله رنگ‌آمیزی: الگوریتم‌های دقیق، الگوریتم‌های تقریبی، کاربردها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.
[2] Gonzalez, T. (Ed.). (2018). *Handbook of approximation algorithms and metaheuristics* (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC Press.
[3] Thulasiraman, K., Arumugam, S., Brandstädt, A., & Nishizeki, T. (Eds.). (2016). *Handbook of graph theory, combinatorial optimization, and algorithms*. Chapman & Hall/CRC Press.
[4] Williamson, D. P. (2019). *Network flow algorithms*. Cambridge University Press.
[5] Williamson, D. P., & Shmoys, D. B. (2011). *The design of approximation algorithms*. Cambridge University Press.
[6] Shimon, E. (2011). *Graph algorithms* (2nd ed.). Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های تقریبی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Approximation Algorithms	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

۱. تسلط بر پارادایم‌های اصلی طراحی الگوریتم‌های تقریبی شامل روش‌های حریصانه، برنامه‌ریزی خطی و نیمه‌معین، توانایی به‌کارگیری تکنیک‌های تقریبی در مسائل گراف، پوشش، زمان‌بندی، مکان‌یابی و کاربردهای داده‌محور

۲. آشنایی با کلاس‌های پیچیدگی تقریبی مانند PTAS و FPTAS و حدود نظری تقریب‌پذیری .

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مقدمه و مبانی نظری: مرور NP-Complete و NP-Hard ، مفهوم نسبت تقریب، الگوریتم‌های تقریبی چندجمله‌ای، تحلیل بدترین حالت.

۲. روش‌های حریصانه و محلی: Vertex Cover، Set Cover، Max-SAT، تحلیل تضمین تقریب، الگوریتم‌های جستجوی محلی.

۳. برنامه‌ریزی خطی و تعدیل‌سازی :فرمول‌بندی مسائل به‌صورت ILP ، تعدیل‌سازی خطی، گردکردن قطعی و تصادفی.

۴. روش‌های Primal-Dual : طراحی الگوریتم‌های تقریبی با استفاده از دوگانگی خطی، کاربرد در مسائل پوشش و شبکه.

۵. برنامه‌ریزی نیمه‌معین : تعدیل‌سازی نیمه‌معین، کاربرد در Max-Cut و مسائل گراف، تحلیل تضمین تقریب.

۶. طرح‌های تقریب پیشرفته: PTAS، FPTAS، EPTAS، تکنیک‌های مقیاس‌بندی و برنامه ریزی پویای تقریبی.

۷. حدود سختی تقریب‌پذیری: قضایای PCP ، کاهش‌های تقریب‌نگهدار (Approximation-preserving reductions) ، نتایج عدم تقریب‌پذیری.

۸. الگوریتم‌های تصادفی در تقریب: گردکردن تصادفی پیشرفته، روش‌های مبتنی بر نمونه‌برداری و تحلیل امید ریاضی.

۹. کاربردها در مسائل گراف: فروشنده دوره‌گرد، درخت اشتینر، جانمایی امکانات.

۱۰. الگوریتم‌های تقریبی در داده‌های بزرگ و یادگیری ماشین: مسائل خوشه‌بندی تقریبی، کاربرد در یادگیری ماشین و بهینه‌سازی مقیاس‌پذیر.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و ارائه سمینار توسط دانشجویان.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (۲۰٪)، پروژه تحلیلی یا پژوهشی پایانی (۲۰٪)، امتحان میان‌ترم (۳۰٪) و نهایی (۳۰٪): تمرکز روی تحلیل تئوری.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Williamson, D. P., & Shmoys, D. B. (2011). *The design of approximation algorithms*. Cambridge University Press.
[2] Vazirani, V. V. (2001). *Approximation algorithms*. Springer-Verlag.
[3] Hromkovič, J. (2001). *Algorithms for hard problems*. Springer-Verlag.

الف) عنوان درس به فارسی:	**هندسه محاسباتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Geometry	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ (حل تمرین:)	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس، این است که دانشجویان با تعدادی از مهم‌ترین الگوریتم‌ها و ساختار داده‌ها برای حل مسائل هندسی آشنا شوند. دانشجو بعد از گذراندن این درس باید با چند مسئله هندسه کاربردی و شیوه حل الگوریتمی آنها آشنا شده باشد و این را نیز بداند که هر یک از این مسائل چگونه در حوزه‌های کاربردی مختلف موردنیاز خواهد بود.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: مروری بر مفاهیم و تعاریف و قضایای هندسه اقلیدسی، مسائل هندسی و کاربردهای آنها،

۲. ساختار داده‌های هندسی: انواع اشیا هندسی، ساختار داده‌های پایه‌ای، ساختار داده‌های ویژه، اصول طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم-های هندسی.

۳. پاره‌خط‌ها و خطوط: تعیین وضعیت دو خط نسبت به یکدیگر، تعیین وضعیت دو پاره‌خط نسبت به یکدیگر، تعیین نقاط تقاطع مجموعه‌ای از پاره‌خط‌ها، آرایش خطوط.

۴. تثلیث: تثلیث چندضلعی‌ها، تثلیث مجموعه‌ای از نقاط، تثلیث دلونی، دیگر تثلیث‌های ویژه.

۵. پوسته‌های محدب: تعریف تحدب و پوسته محدب، الگوریتم‌های ساخت پوسته‌های محدب دوبعدی، الگوریتم‌های ساخت پوسته-های محدب سه‌بعدی.

۶. نمودارهای ورونوی: تعریف و ویژگی‌های هندسی، الگوریتم‌های ساخت، ارتباط با تثلیث دلونی، ارتباط با پوسته‌های محدب.

۷. جستجوی چندبعدی: مسئله نقطه‌یابی، مسئله جستجوی محدوده‌ای، مسئله شناسایی نزدیک‌ترین همسایه.

۸. کاربردها: مسئله نگارخانه، خوشه‌بندی، رده‌بندی، نقشه‌برداری، تصویربرداری پزشکی، پویانمایی، طرح‌ریزی حرکت ربات

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] de Berg, M., Cheong, O., van Kreveld, M., & Overmars, M. (2010). *Computational geometry: Algorithms and applications* (3rd ed.). Springer.
[2] O'Rourke, J. (1998). *Computational geometry in C* (2nd ed.). Cambridge University Press.

[3] Devadoss, S. L., & O'Rourke, J. (2011). *Discrete and computational geometry*. Princeton University Press.
[4] Goodman, J., Toth, C., & O'Rourke, J. (Eds.). (2018). *Handbook of discrete and computational geometry* (3rd ed.). CRC Press.
[5] Samet, H. (2006). *Foundations of multidimensional and metric data structures*. Morgan Kaufmann.

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبات کوانتومی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Quantum Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با محاسبات کوانتومی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمات جبر خطی و ماتریس‌ها شامل بردارها، فضای برداری، نشان‌گذاری برا - کت (Bra-Ket)، عملگرهای خطی، نمایش ماتریسی یک عملگر خطی.

۲. فضای هیلبرت، ضرب داخلی، مقدار ویژه و بردار ویژه، الحاق یک ماتریس، ماتریس (عملگر) های خودالحاق، ماتریس‌های پائولی، ضرب تانسوری، تابع اثر، تجزیه قطبی و تجزیه به مقدار منفرد (SVD).

۳. مقدمات مکانیک کوانتومی شامل معرفی اجمالی مکانیک کوانتومی، مکانیک ماتریسی (هایزنبرگ)، مکانیک موجی (شرودینگر)، معادله شرودینگر، برهم‌نهی کوانتومی، فضای حالت، درهم‌تنیدگی.

۴. مقدماتی از رایانش کوانتومی شامل اندازه‌گیری کوانتومی، اندازه‌گیری‌های تصویری، اندازه گیری‌های POVM.

۵. سیستم‌های ترکیبی، کدگذاری چگال، ماتریس (عملگر) چگالی، خالص‌سازی، نامساوی بل.

۶. تحلیل مسائل محاسباتی شامل ماشین تورینگ، مدارها و رده‌های پیچیدگی کوانتومی P و NP، الگوریتم‌های کوانتومی شامل الگوریتم سایمون، الگوریتم تجزیه شور، الگوریتم جستجوی گروور و الگوریتم دویچ - جوزا است.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2011). *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبات کوانتومی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Quantum Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**محاسبات کوانتومی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با مباحث پیشرفته در زمینه محاسبات کوانتومی علی‌الخصوص الگوریتم‌های کوانتومی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مدارهای کوانتومی، گیت‌های کوانتومی جهانی، شبیه‌سازی سیستم‌های کوانتومی.

۲. تبدیل فوریه کوانتومی و کاربردهای آن شامل مساله زیرگروه مخفی.

۳. الگوریتم جستجوی کوانتومی، شمارش کوانتومی، سرعت بخشی به حل مسائل NP-کامل.

۴. بهینه سازی الگوریتم جستجو، رایانه‌های کوانتومی و محاسبات کوانتومی آنها شامل رایانه کوانتومی نو سانگر هارمونیک، رایانه کوانتومی فوتون نوری و رایانه کوانتومی حفره نوری.

۵. نظریه اطلاعات کوانتومی کانال‌های کلاسیک و کانال‌های کوانتومی نویزدار یا بدون نویز، تشخیص حالت های کوانتومی، کران هولوو و کاربردهای آن، نویز کوانتومی.

۶. انتروپی، اندازه های فاصله (فاصله اثر - پایبندی) تصحیح خطای کوانتومی شامل کد های کوانتومی، گسسته سازی خطاها.

۷. مدارهای کوانتومی برای رمزگذاری، رمزگشایی و تصحیح. رمزنگاری کوانتومی شامل رمزنگاری با کلید خصوصی، توزیع کلید کوانتومی و امنیت توزیع کلید کوانتومی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (تکلیف، پروژه - سمینار - آزمونک)-آزمون میان‌ترم و پایان ترم

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2011). *Quantum computation and quantum information*. Cambridge University Press.
[2] Childs, A. M. (2017). *Lecture notes on quantum algorithms*. University of Maryland.

الف) عنوان درس به فارسی:	**آنالیز محاسباتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Analysis	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه)	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی)	عملی □
تعداد واحد:	۴ (حل تمرین:)	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی □
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه □	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری □	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با آنالیز محاسباتی و انتقال دانشجو از دنیای محاسبات گسسته (الگوریتم‌ها بر روی رشته‌ها و اعداد صحیح) به دنیای محاسبات روی اشیای پیوسته (اعداد حقیقی، توابع، فضاهای توپولوژیک) با استفاده از ابزارهای نظریه محاسبات است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. منطق ساختی.

۲. اعداد حقیقی و توابع حقیقی محاسبه‌پذیر.

۳. مجموعه‌های بسته و فشرده محاسبه‌پذیر.

۴. محاسبه‌پذیری و ماشین‌های تورینگ نوع۲.

۵. محاسبه‌پذیری روی فضای کانتور.

۶. انتگرال و مشتق روی فضای توابع پیوسته و تحلیلی.

۷. پیچیدگی محاسبه (پیدا کردن صفر توابع).

۸. فضاهای هیلبرت، قضیه هان - باناخ، قضیه بیر.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و خطاهای عددی.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم محاسباتی روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده. امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Brattka, V., Hertling, P., & Weihrauch, K. (Eds.). (2021). *Handbook of computability and complexity in analysis*. Springer.
[2] Bridges, D., & Vita, L. S. (2006). *Techniques of constructive analysis*. Springer.
[3] Weihrauch, K. (2000). *Computable analysis: An introduction*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه شبکه محاسباتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Network Theory		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		■ نظری ☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-		☐ عملی ☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری ☐ نظری - عملی
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارتی - اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			☐ نیست مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ است مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با الگوریتم‌هایی است که برای تحلیل شبکه‌های پیچیده که نوعا دارای ساختار نامشخص و سایز بزرگ هستند به کار می‌رود. این مدل‌های شبکه اصولا در بسیاری از موارد نظیر شبکه‌های عصبی، شبکه‌های زیستی، شبکه‌های اجتماعی یا شبکه‌های کامپیوتری یا اینترنت نمود پیدا می‌کنند و این موارد می‌توانند به‌عنوان مثال‌ها یا حالات خاص برای تفهیم بهتر الگوریتم‌ها در درس به کار برده شوند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. بررسی الگوریتم‌های مربوط به تحلیل و استخراج ساختار شبکه.

۲. الگوریتم‌های مختلف خوشه‌بندی و Community Detection و الگوریتم‌های مختلف کشف Motif بر اساس آخرین تحولات.

۳. الگوریتم‌های مختلف مربوط به شبکه‌ها در حالت ایستا ولی برای شبکه‌های پیچیده که از ساختار غیر مشخص و سایز بزرگ برخوردار هستند.

۴. معرفی الگوریتم‌هایی برای مسائل مسیریابی یا مسائل توضیع بار و ظرفیت.

۵. الگوریتم‌های مربوطه برای شبکه‌های پویا که در زمان در حال تغییر هستند مورد بحث قرار می‌گیرند که در آن الگوریتم‌های مربوط به مدل‌های گراف‌های تصادفی یا مدل‌های دیگر انواع گراف‌های دینامیک مورد بحث قرار.

۶. بنا به تشخیص استاد درس می‌تواند از سطح الگوریتم‌های پایه خارج شده و در سطح پروتوکل‌ها نیز بر روی شبکه‌های پویا نظیر سیستم‌های چند عاملی یا سلولار نیز بحث شود.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری، ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم محاسباتی روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده. امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Dehmer, M., Emmert-Streib, F., & Pickl, S. (2015). *Computational network theory: Theoretical foundations and applications*. Wiley-Blackwell.
[2] Erciyes, K. (2017). *Complex networks: An algorithmic perspective*. CRC Press.
[3] Barabási, A.-L. (2016). *Network science*. Cambridge University Press.
[4] Barrat, A., Barthélemy, M., & Vespignani, A. (Eds.). (2008). *Dynamical processes on complex networks*. Cambridge University Press.

<table>
<tr><td colspan="2">الف) عنوان درس به فارسی:</td><td colspan="3">مباحث ویژه در نظریه محاسبه</td></tr>
<tr><td colspan="2">عنوان درس به انگلیسی:</td><td colspan="3">Special Topics in Theory of Computing</td></tr>
<tr><td colspan="2">دروس پیش‌نیاز:</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">دروس هم‌نیاز:</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td rowspan="3">تعداد واحد:</td><td rowspan="3">۴</td><td rowspan="3">حل تمرین:</td><td colspan="2">نوع درس و واحد</td></tr>
<tr><td>پایه ☐</td><td>نظری ■</td></tr>
<tr><td>تخصصی الزامی ☐</td><td>عملی ☐</td></tr>
<tr><td rowspan="3">تعداد ساعت:</td><td rowspan="3">۶۴</td><td>تخصصی اختیاری ■</td><td>نظری - عملی ☐</td></tr>
<tr><td>پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐</td><td></td></tr>
<tr><td>مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)</td><td>مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐</td><td>مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐</td></tr>
</table>

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

پ) سرفصل‌ها:

مباحث پیشرفته و یا جدید در نظریه محاسبه که با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می‌شود

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

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

الف) عنوان درس به فارسی:	**مبانی ریاضی داده‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Mathematical Foundations of Data Mining		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		■ نظری ☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-		☐ عملی ☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	☐ نظری – عملی ■ تخصصی اختیاری
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارتی – اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه ☐ است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی :

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

پ) سرفصل‌ها :

۱. جبر خطی: ماتریس‌ها، تجزیه‌ها(SVD, PCA) ، فضاهای برداری و نرم ها

۲. احتمال و آمار: متغیرهای تصادفی، توزیع‌ها، استنباط آماری، آزمون فرضیه.

۳. بهینه‌سازی: گرادیان، لاگرانژ، بهینه‌سازی محدب و محدب غیرخطی

۴. نظریه یادگیری: تعمیم‌پذیری، bias-variance tradeoff، VC dimension

۵. روش‌های هندسی: فاصله‌ها، خوشه‌بندی، یادگیر منیفلد

۶. روش‌های توپولوژیک persistence homology و کاربرد در داده‌کاوی.

۷. تحلیل ماتریسی داده‌ها: کمترین مربعات، regression و dimensionality reduction

۸. مباحث پیشرفته: یادگیری آماری، نظریه اطلاعات و کاربرد در داده‌های بزرگ.

ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰)، امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاسی مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2018). *Foundations of machine learning*. MIT Press.
[2] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning*. Springer.
[3] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
[4] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Elsevier.
[5] Blum, A., Hopcroft, J., & Kannan, R. (2020). *Foundations of data science*. Cambridge University Press.
[6] Peyré, G. (2020). *Mathematical foundations of data sciences*. https://mathematicaltours.github.io/book/

الف) عنوان درس به فارسی:	**بهینه سازی محدب**		
عنوان درس به انگلیسی:	Convex Optimization		
دروس پیش‌نیاز:	-		
دروس هم‌نیاز:	-		
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	
تعداد ساعت:	۶۴		
نوع درس و واحد			
■ نظری	□ پایه		
□ عملی	□ تخصصی الزامی		
□ نظری - عملی	■ تخصصی اختیاری		
	□ پروژه/ رساله / پایان‌نامه		
	□ مهارتی - اشتغال‌پذیری		
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			
□ مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست	□ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است		

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم، تحلیل و حل مسائل بهینه‌سازی محدب و کاربردهای آن در علوم کامپیوتر، یادگیری ماشین، شبکه‌ها و سیستم‌های هوشمند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مجموعه‌های محدب، توابع محدب. خواص توابع محدب و عملیات حفظ محدبیت. مثال‌های کاربردی در علوم کامپیوتر

۲. بهینه‌سازی: فرم استاندارد مسائل محدب و قیود محدب. شرایط ضروری و کافی بهینگی و شرایط Karush-Kuhn-Tucker (KKT) و شرایط بهینگی در مسائل خطی و غیرخطی محدود.

۳. کاربردهای متنوعی از رده‌هایی از مسائل بهینه‌سازی محدب در علوم کامپیوتر مانند کم‌ترین مربعات، برنامه‌ریزی خطی و مربعی، برنامه‌ریزی نیمه‌معین و برنامه‌ریزی هندسی.

۴. روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی هموار با قید تساوی.

۵-الگوریتم‌های کلاسیک از جمله روش گرادیان و روش نیوتن و شبه نیوتن و الگوریتم نقطه داخلی برای مسائل با قیدهای نامساوی.

۶. روش‌های مختلف بهینه‌سازی محدب شامل روش زیرگرادیان، روش گرادیان مزدوج، روش صفحه برشی، روش بیضوی، روش پراکسیمال، روش مسیر متناوب ضرایب

۷. مباحث پیشرفته در روش‌های بهینه‌سازی توزیع شده، بهینه‌سازی استوار، بهینه‌سازی تصادفی، بهینه‌سازی مجموع مربعات.

۸. روش‌های بهینه‌سازی سراسری مانند شاخه و کران و ارتباط آن‌ها با بهینه‌سازی محدب و آزادسازی‌های محدب.

۹. مثال‌های متنوع کاربردی از سامانه‌های زیستی، هندسه‌ی محاسباتی، آمار، یادگیری ماشین، مهندسی برق با مدل‌های بهینه‌سازی بررسی می‌شوند.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

درس به‌صورت ترکیبی از تدریس نظری همراه با حل تمرین و مثال‌های عملی ارائه می‌شود و دانشجویان با پروژه‌های برنامه‌نویسی و مطالعه موردی توانایی مدل‌سازی و حل مسائل بهینه‌سازی محدب را کسب می‌کنند.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (۱۰٪)، پروژه نهایی (۱۰٪): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم پیشرفته روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده .امتحان میان‌ترم (۴۰٪) و نهایی (۴۰٪):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Boyd, S., & Vandenberghe, L. (2004). *Convex optimization*. Cambridge University Press.
[2] Nesterov, Y. (2018). *Lectures on convex optimization*. Springer.
[3] Vishnoi, N. K. (2021). *Algorithms for convex optimization*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**بهینه سازی ترکیبیاتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Combinatorial Optimization	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**برنامه‌ریزی خطی عددی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم، مدل‌ها و الگوریتم‌های اصلی بهینه‌سازی ترکیبیاتی و توانمندسازی آنان در تحلیل و حل مسائل بهینه‌سازی گسسته که در علوم کامپیوتر، شبکه‌ها و هوش مصنوعی کاربرد گسترده دارند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و مفاهیم پایه : تعریف مسائل بهینه‌سازی ترکیبیاتی تفاوت بهینه‌سازی پیوسته و گسسته مروری بر نظریه پیچیدگی نقش الگوریتم‌ها و تقریب در بهینه‌سازی ترکیبیاتی

۲. مدل‌سازی مسائل ترکیبیاتی: مدل‌سازی با گراف مدل‌سازی با مجموعه‌ها و ماترویدها هم چنین فرموله‌سازی مسائل به‌صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح.

۳. گراف‌ها و الگوریتم‌های پایه: حل مسئله‌های درخت پوشای مینیمال و کوتاه‌ترین مسیر. مسئله‌های جریان در شبکه، جریان ماکسیمال و برش مینیمال. الگوریتم‌های اولیه و دوگان برای مسئله جریان با کمترین هزینه.

۴. برنامه‌ریزی خطی و عدد صحیح

۵. تطابق و تخصیص و کاربردها در زمان‌بندی و تخصیص منابع و الگوریتم مجارستانی

۶. حل مسئله برنامه‌ریزی صحیح مربوط، مسئله فروشنده دوره‌گرد و پیچیدگی آن، روش‌های شهودی برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد.

۷. ماترویدها و الگوریتم حریصانه، رده مسائل NP، NP- کامل‌بودن.

۸. الگوریتم‌های دقیق و برنامه‌ریزی پویا و روش شاخه و حد، شاخه و برش.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (۱۰٪)، پروژه نهایی (۱۰٪): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم پیشرفته روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده .امتحان میان‌ترم (۴۰٪) و نهایی (۴۰٪):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Korte, B., & Vygen, J. (2018). *Combinatorial optimization: Theory and algorithms*. Springer-Verlag.
[2] Chen, D. S., Batson, R. G., & Dang, Y. (2010). *Applied integer programming: Modeling and solution.* Wiley.
[3] Cook, W. J., Cunningham, W. H., Pulleyblank, W. R., & Schrijver, A. (1998). *Combinatorial optimization.* John Wiley & Sons.
[4] Nemhauser, G., & Wolsey, L. A. (1999). *Integer and combinatorial optimization*. Wiley.
[5] Schrijver, A. (2003). *Combinatorial optimization*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبات ماتریسی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Topics in Theory of Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با محاسبات ماتریسی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر محاسبات ماتریسی:. مقدمات: برداری و ماتریسی، تعریف پایداری ریاضی و پایداری عددی، آنالیزهای پایداری پسرو و پیشرو، ضریب وضعیت دستگاه معادلات خطی، تاثیرات اختلال در دستگاه معادلات خطی، زیرفضاهای سطری، ستونی و پوچ.

۲.روش‌های تجزیه مستقیم: روش حذفی گاوس، آنالیز پایداری و بررسی فاکتور رشد، روش‌های تجزیه LU و چولسکی.

۳. تجزیه QR به کمک ماتریس‌های هاسهولدر و ماتریس‌های گیونز و الگوریتم گرم - اشمیت، تصویر به کمک تجزیه QR، حل کمترین مربعات به کمک تجزیه QR .

۴. تجزیه مقادیر تکین SVD، تصویر به کمک SVD، حل کمترین مربعات به کمک SVD.

۵. روش‌های تکراری و آنالیز همگرایی کلی؛ روش‌های ژاکوبی، گاوس - سایدل و SOR؛ روش‌های زیرفضاهای کریلف.

۶. روش‌های عددی در مقادیر ویژه: خاستگاه‌های فیزیکی مقادیر و بردارهای ویژه؛ روش توانی؛ روش تکرار خارج قسمت ریلی؛ تبدیل به ماتریس‌های متشابه از راه قطری سازی و کاهش به فرم هسنبرگ؛ روش تکرار QR، روش هسنبرگ - QR، روش تکرار QR ضمنی؛ فرم حقیقی شور، تجزیه شور؛ محاسبه بردارهای ویژه.

۷. تصویرسازی روی فضاهای برد و پوچ، مسائل رتبه ناقص.

۸. روش‌های مسیرهای مزدوج و گرادیان‌های مزدوج.

۹. حساسیت دستگاه‌های خطی و پیچیدگی الگورریتم‌ها.

۱۰. پیاده‌سازی برخی از الگوریتم‌ها توسط نرم‌افزارهای محاسباتی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Björck, Å. (2015). *Numerical methods in matrix computations*. Springer.
[2] Golub, G. H., & Van Loan, C. F. (2013). *Matrix computations* (4th ed.). Johns Hopkins University Press.
[3] Demmel, J. (1997). *Applied numerical linear algebra*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[4] Trefethen, L. N., & Bau, D. (1997). *Numerical linear algebra*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[5] Stewart, G. W. (1998). *Matrix algorithms, Volume I: Basic decompositions*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[6] Datta, B. N. (2010). *Numerical linear algebra and applications* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
[7] Bai, Z. Z., & Pan, J. Y. (2021). *Matrix analysis and computations*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

الف) عنوان درس به فارسی:	**روش‌های توپولوژیک در داده‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Topological Data Mining	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**داده‌کاوی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف این درس آشنایی با روش‌های توپولوژیک در علوم داده است

پ) سرفصل‌ها:

۱. فلسفه تحلیل داده از نگاه توپولوژی و ترسیم شکل کلی و بیان کاربردهای مختلف.

۲. داده و مجتمع‌های سادکی (مقدمه‌ای بر مجتمع‌های سادکی، معرفی و بررسی مجتمع‌های سادکی از جمله، ریپ، چک و ویتنس)

۳. گروه‌های همولوژی سادکی (معرفی گروه‌های همولوژی سادکی بر روی میدان دلخواه، معرفی رسته گروه‌های همولوژی سادکی و ساخت فانکتور همولوژی از رسته فضاهای توپولوژیک به رسته گروه‌های همولوژی، ساخت رسته همولوژی سادکی موضعی، بیان ویژگی‌های اصلی گروه‌های همولوژی، محاسبه گروه‌های همولوژی کره، چنبره، بطری کلاین)

۴. همولوژی پایدار (فیلتریشن و معرفی همولوژی پایدار، بیان الگوریتم پایدار، بیان دیاگرام پایدار، بیان کاربردها)

۵. ساخت و استنتاج شکل‌های توپولوژیکی از روی داده (ساخت منحنی از روی داده، ساخت رویه در فضای سه‌بعدی از روی داده، محاسبه همولوژی از روی داده)

۶. توابع مورس (بیان مفاهیم اصلی، توابع مورس، ترانسورسالیتی و توابع تکه‌ای خطی، معرفی گراف ریپ، مجتمع سادکی مورس - اسمیل، الگوریتم و کاربردها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Edelsbrunner, H., & Harer, J. (2010). *Computational topology: An introduction*. American Mathematical Society.
[2] Dey, T. K., Edelsbrunner, H., & Guha, S. (1999). Computational topology. *Contemporary Mathematics*, 223, 109-144.
[3] Zomorodian, A. J. (2005). *Topology for computing* (Vol. 16). Cambridge University Press.
[4] Nakahara, M. (2003). *Geometry, topology and physics*. CRC Press.

[5] Gasparovic, E., Robins, V., & Turner, K. (Eds.). (2022). *Research in computational topology 2*. Springer Nature.
[6] Peters, J. F. (2020). *Computational geometry, topology and physics of digital images with applications*. Springer International Publishing.

الف) عنوان درس به فارسی:	**روش‌های هندسی در داده‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Geometric Methods for Data Mining	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**داده‌کاوی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

تمرکز این درس بر آموزش روش‌های هندسی در مدل‌سازی، نمایش و استخراج ساختار داده‌ها است که بخش مهمی از آن به کاهش بُعد غیرخطی استوار است

پ) سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اصلی (فضای اقلیدسی، متر، اندازه، خم، خمینه ریمانی، ژئودزیک، گراف‌های متریک، گراف نزدیک‌ترین فاصله، گراف شباهت داده‌ها)

۲. یادگیری خمینه

۳. الگوریتم‌های Isomap و Local Linear Embedding

۴. روش‌های طیفی (الگوریتم Laplacian Eigenmaps و رابطه شکل و ساختار داده با مقادیر ویژه لاپلاسین)

۵. PCA غیرخطی

۶. هسته گرمایی (Heat Kernel) ارتباط با مقادیر ویژه لاپلاسین و خواص داده)

۷. مباحث انتخابی (کاربردهای یادگیری خمینه در فشرده‌سازی داده، کاهش بُعد، حذف نویز، نمایش و مصورسازی داده، یادگیری خمینه نظارت شده)

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Ma, Y., & Fu, Y. (2011). *Manifold learning: Theory and applications*. CRC Press.
[2] Ryckelynck, D., Casenave, F., & Akkari, N. (2024). *Manifold learning: Model reduction in engineering*. Springer Nature.
[3] Ghojogh, B., Crowley, M., Karray, F., & Ghodsi, A. (2023). *Elements of dimensionality reduction and manifold learning* (Vol. 25). Berlin/Heidelberg, Germany: Springer

الف) عنوان درس به فارسی:	**مدل‌سازی و پردازش داده‌ها با بُعد بالا**		
عنوان درس به انگلیسی:	High Dimensional Data Modeling and Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری-عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی-اشتغال پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

در اثر پیشرفت‌های سریع در روش‌های جمع‌آوری داده در سال‌های اخیر، آماردانان با مسائلی مواجه شده‌اند که در آن‌ها تعداد متغیرهای اندازه‌گیری شده بسیار زیاد و گاه بسیار بیشتر از تعداد مشاهدات است. به چنین داده‌هایی داده‌های با بُعد بالا می‌گویند و تحلیل آن‌ها از جمله چالش‌های اصلی علوم داده در دوره جدید است. هدف این درس آشنایی با مبانی ریاضی و آماری تحلیل داده‌های با بُعد بالا است

پ) سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم اولیه (استنباط آماری کلاسیک و بلای بُعد، فضاهای اقلیدسی با ابعاد بالا، تجمع اندازه)

۲. مدل‌های خطی در ابعاد بالا (رگرسیون ستیغی و لاسو، انتخاب متغیر، درجه آزادی)

۳. مدل‌های خطی تعمیم‌یافته در ابعاد بالا (رگرسیون لجستیک و پوآسون در ابعاد بالا)

۴. مدل‌های گرافیکی (گراف‌های وابستگی، خواص مارکوف، مدل‌های گوسی)

۵. آزمون‌های فرض همزمان ($\mathbf{p}$– مقدارها، کنترل خطای جمعی، نرخ کشف خطا، روش بنجامینی و هوشبرگ)

۶. مباحث انتخابی (گذار فاز، انتخاب مدل، جنگل‌های تصادفی، بیز تجربی)

ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۳۰)، آزمون میان ترم (٪۳۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Bühlmann, P., & van de Geer, S. (2011). *Statistics for high-dimensional data: Methods, theory and applications*. Springer.
[2] Efron, B., & Hastie, T. (2016). *Computer age statistical inference: Algorithms, evidence, and data science*. Cambridge University Press.
[3] Giraud, C. (2015). *Introduction to high-dimensional statistics*. CRC Press.
[4] Hastie, T., Tibshirani, R., & Wainwright, M. (2015). *Statistical learning with sparsity: The lasso and generalizations*. CRC Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**داده کاوی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Data Mining	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**داده‌کاوی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ■

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف اصلی این درس آشنایی با مفاهیم و روش‌های پیشرفته در داده‌کاوی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. شبکه‌های عصبی: روش‌های فیدفوروارد، Error Backpropagation، The Hessian Matrix ، منظم سازی، Mixture Bayesian Neural Networks، Density Networks

۲. روش‌های هسته - پایه: Relevance Vector Machines، Maximum Margin Classifiers

۳. مدل‌های گرافیکی: شبکه‌های بیزی، استقلال شرطی، میدان‌های مارکف تصادفی، استنتاج در مدل‌های گرافیکی،

۴. مدل‌های درهم: الگوریتم k-means، ترکیب توزیع‌های گاوسی، نگاه به EM از دید ترکیب گاوسی

۵. استنتاج تقریبی: روش‌های وردشی (Variational)، درهم‌سازی وردشی توزیع‌های گاوسی، انتشار امید ریاضی (Expectation Propagation)

۶. متغیرهای پنهان پیوسته: PCA، PCA احتمالاتی، PCA هسته

۷. داده‌های دنباله‌ای: مدل‌های مارکف، مدل‌های پنهان مارکف، سیستم‌های دینامیکی خطی

۸. روش‌های نمونه‌گیری: روش‌های پایه، مونت‌کارلو، گیبس (Gibbs)

۹. ترکیب مدل‌ها: میانگین‌گیری مدل‌های بیزی (Bayesian Model Averaging)، کمیته‌ها، تقویت (Boosting)، مدل‌های درخت - پایه، مدل‌های درهم شرطی

۱۰ مروری بر مفاهیم پیچیدگی داده: پیچیدگی داده‌ها، پیچیدگی طبقه‌بندها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی + مثال‌های عملی + پروژه‌های پیاده‌سازی با نرم‌افزارهای مختلف.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Elsevier.
[2] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
[3] Psaltis, A. (2017). *Streaming data: Understanding the real-time pipeline*. Manning Publications.

[4] Zaki, M. J., & Meira, W. (2014). *The handbook of data mining*. Cambridge University Press.
[5] Basu, M., & Ho, T. K. (Eds.). (2006). *Data complexity in pattern recognition*. Springer.
[6] Cleve, J., & Lämmel, U. (2026). *Data Mining: Data Analysis for Artificial Intelligence*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مدل‌های گرافی احتمالاتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Probabilistic Graphical Models	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با گونه‌هایی از مدل‌های گرافی احتمالاتی و الگوریتم‌های کارا برای حل آنها است. دانشجو بعد از گذراندن این درس باید با تعدادی از مهم‌ترین مدل‌های گرافی آشنا شده باشد و بتواند از آن مدل‌ها برای حل مسائل در حوزه‌های کاربردی مختلف استفاده کند.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه: نظریه گراف، نظریه احتمال

۲. زنجیره‌های مارکفی گسسته - زمان: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

۳. زنجیره‌های مارکفی پیوسته - زمان: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

۴. مدل‌های مارکفی مخفی: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

۵. میدان‌های مارکفی تصادفی: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

۶. فرایندهای تصمیم‌گیری مارکفی: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

۷. شبکه‌های بیزی: نمایش، ساخت، کاربردها

۸. شبکه‌های بیزی: الگوریتم‌های استنتاج دقیق، الگوریتم‌های استنتاج تقریبی

۹. شبکه‌های بیزی پویا: نمایش، ساخت، الگوریتم‌های استنتاج دقیق، الگوریتم‌های استنتاج تقریبی، کاربردها

۱۰. شبکه‌های بیزی علّی: نمایش، ساخت، الگوریتم‌ها، کاربردها

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی + مثال‌های عملی + پروژه‌های پیاده‌سازی با نرم‌افزارهای مختلف.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ترکیبی از فعالیت‌های کلاسی، آزمون میان‌ترم و آزمون پایان ترم.

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Koller, D., & Friedman, N. (2009). *Probabilistic graphical models: Principles and techniques*. MIT Press.
[2] Dechter, R. (2019). *Reasoning with probabilistic and deterministic graphical models: Exact algorithms* (2nd ed.). Morgan & Claypool.
[3] Pearl, J. (2009). *Causality: Models, reasoning, and inference*. Cambridge University Press.

[4] Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
[5] Sucar, L. E. (2021). *Probabilistic graphical models: Principles and applications* (2nd ed.). Springer-Verlag.
[6] Sayed, A. H. (2022). *Inference and learning from data*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**تحلیل و پردازش کلان‌داده**		
عنوان درس به انگلیسی:	Big Data Analysis and Processing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:	-	☐ تخصصی الزامی	☐ عملی
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری	☐ نظری - عملی
		☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه	
تعداد ساعت: ۶۴		☐ مهارتی - اشتغال‌پذیری	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه ☐ است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم، چالش‌ها، معماری‌ها، الگوریتم‌ها و فناوری‌های مرتبط با مدل‌سازی، ذخیره‌سازی، پردازش و تحلیل داده‌های حجیم (کلان‌داده). هدف درس توانمندسازی دانشجویان در طراحی و پیاده‌سازی راهکارهای مقیاس‌پذیر برای مدیریت و استخراج دانش از داده‌های بزرگ در محیط‌های توزیع‌شده است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و مفاهیم پایه کلان‌داده: تعریف، ویژگی‌های ۵ V (حجم، سرعت، تنوع، صحت، ارزش)، چالش‌ها و کاربردها

۲. معماری‌های کلان‌داده: معماری‌های Lambda و Kappa ، لایه‌های ذخیره‌سازی، پردازش

۳. ذخیره‌سازی توزیع‌شده: سیستم فایل توزیع‌شده(HDFS) ، پایگاه‌های داده NoSQL (MongoDB, HBase)

۴. مدل‌های پردازشی: پردازش دسته‌ای (Batch) و جریانی(Stream)

۵. چارچوب‌های پردازشی توزیع‌شده MapReduce ، Apache Hadoop

۶. پردازش جریان داده Apache Kafka ، Spark Streaming، Flink و مفاهیم پنجره‌بندی

۷. الگوریتم‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین مقیاس‌پذیر روی کلان‌داده

۸. تحلیل گراف‌های بزرگ و شبکه‌های اجتماعی در مقیاس کلان

۹. مدیریت کیفیت داده، پاک‌سازی و یکپارچه‌سازی داده‌های حجیم

۱۰. امنیت، حریم خصوصی و ملاحظات اخلاقی در کلان‌داده

۱۱. ابزارها و اکوسیستم‌های مدرن Spark MLlib ، TensorFlow on Spark

۱۲. مطالعات موردی و پیاده‌سازی عملی روی مجموعه‌داده‌های واقعی حجیم

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی نظری با مثال‌های عملی، کار با چارچوب‌های توزیع‌شده، انجام تمرین‌های آزمایشگاهی و پروژه عملی گروهی روی داده‌های واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ارائه و فعالیت کلاسی (۴۰ درصد)، میان‌ترم (۳۰ درصد)، پایان ترم (۳۰ درصد)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: -

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Alvo, M. (2022). *Statistical inference and machine learning for big data*. Springer.
[2] Fuleky, P. (2020). *Macroeconomic forecasting in the era of big data: Theory and practice*. Springer.
[3] Izenman, A. J. (2008). *Modern multivariate statistical techniques: Regression, classification, and manifold learning*. Springer.
[4] Qian, H. (2025). *Bayesian econometric modelling for big data*. CRC Press.
[5] Suthaharan, S. (2015). *Machine learning models and algorithms for big data classification: Thinking with examples for effective learning*. Springer
[6] Guller, M. (2015). *Big data analytics with Spark*. Apress.

الف) عنوان درس به فارسی:	**متن‌کاوی و وب‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Text Mining and Web Mining	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:		پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی :

آشنایی دانشجویان با تکنیک‌ها و الگوریتم‌های پیشرفته استخراج دانش از متون غیرساخت‌یافته و داده‌های وب، با تأکید بر پردازش زبان طبیعی، یادگیری ماشین و کاربردهای عملی.

پ) سرفصل‌ها :

۱. مقدمه بر متن‌کاوی: پیش‌پردازش متن، مدل کیسه کلمات(Bag of Words) ، TF-ID

۲. طبقه‌بندی و خوشه‌بندی متن Naive Bayes ، SVM، K-Means، LDA

۳. استخراج اطلاعات Named Entity Recognition ، Relation Extraction

۴. تحلیل احساسات (Sentiment Analysis) و خلاصه‌سازی خودکار

۵. مدل‌های زبانی و یادگیری عمیق برای متن BERT ، (GloVe، Word2Vec) Word Embeddings

۶. وب‌کاوی: ساختار وب، Crawling، Indexing، PageRank

۷. کاوش الگوها در وب Association Rules ، Link Analysis، Community Detection

۸. مباحث پیشرفته Text Mining :در داده‌های بزرگ، حفظ حریم خصوصی، کاربرد در شبکه‌های اجتماعی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف :

سخنرانی + مثال‌های عملی + پروژه‌های پیاده‌سازی با نرم‌افزارهای مختلف.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰)، آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه :

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و دسترسی به محیط برنامه‌نویسی Python.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Aggarwal, C. C. (2018). *Text mining and natural language processing*. Springer.
[2] Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed.). Elsevier.
[3] Manning, C. D., & Schütze, H. (1999). *Foundations of statistical natural language processing*. MIT Press.
[4] Liu, B. (2011). *Web data mining* (2nd ed.). Springer.
[5] Zong, C., Xia, R., & Zhang, J. (2021). *Text data mining*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**گراف‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Graph Mining		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	حل تمرین: ۴		تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با تکنیک‌ها و الگوریتم‌های پیشرفته استخراج الگو، دانش و ساختار از گراف‌های بزرگ (مانند شبکه‌های اجتماعی، وب و بیولوژیکی) با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، یادگیری ماشین و تحلیل شبکه.

پ) سرفصل‌ها :

۱. مقدمه بر گراف‌کاوی: مدل‌سازی گراف، انواع گراف‌ها و کاربردها

۲. کاوش الگوهای مکرر Frequent Subgraph Mining (Apriori-based, gSpan) :

۳. تشخیص جوامع (Community Detection): Modularity ، Louvain، Spectral Clustering.

۴. تحلیل لینک (Link Analysis): PageRank ، HITS، Link Prediction

۵. طبقه‌بندی و خوشه‌بندی گراف Graph Kernels :، Graph Neural Networks (GNN)

۶. کاوش گراف‌های پویا و زمانی

۷. تشخیص ناهنجاری و تقلب در گراف‌ها

۸. کاربردها: شبکه‌های اجتماعی، بیوانفورماتیک، وب‌کاوی و توصیه‌گرها.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف :

سخنرانی تئوری + مثال‌های واقعی + پروژه‌های پیاده‌سازی با نرم‌افزارها.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰)، آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه :

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و دسترسی به محیط برنامه‌نویسی Python.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Aggarwal, C. C. (2011). *Social network data analytics*. Springer.
[2] Easley, D., & Kleinberg, J. (2010). *Networks, crowds, and markets*. Cambridge University Press.
[3] Leskovec, J., Rajaraman, A., & Ullman, J. D. (2020). *Mining of massive datasets*. Cambridge University Press.
[4] Chakrabarti, S. (2002). *Mining the web*. Morgan Kaufmann.

الف) عنوان درس به فارسی:	**یادگیری آنلاین**		
عنوان درس به انگلیسی:	Online Learning		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس، آشنایی با برخی از مهم‌ترین ابزارهای یادگیری آنلاین است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. یادگیری برخط: صورت‌بندی مساله، مفهوم پشیمانی، مساله‌های قابل یادگیری و غیرقابل یادگیری

۲. بهینه‌سازی محدب برخط: محدب‌سازی، کاهش گرادیان برخط، منظم‌سازی

۳. یادگیری بندیت (Bandit): بندیت‌های تصادفی، بندیت‌های تخاصمی

۴. چند مدل ساده: تحلیل و بررسی مدل‌های اسباب‌بازی از یادگیری برخط و مساله‌های بندیت

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Shalev-Shwartz, S. (2011). *Online learning and online convex optimization*. Foundations and Trends in Machine Learning, 4(2), 107–194.
[2] Hazan, E. (2016). *Introduction to online convex optimization*. Now Publishers.
[3] Lattimore, T., & Szepesvári, C. (2020). *Bandit algorithms*. Cambridge University Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه یادگیری محاسباتی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Computational Learning Theory		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		■ نظری ☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-		☐ عملی ☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری ☐ نظری - عملی
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارتی - اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه ☐ است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

موضوع این درس، آشنایی با مدل‌های ریاضی و محاسباتی دقیق از یادگیری و تحلیل رفتار الگوریتم‌ها و درک میزان سختی ذاتی مساله‌های مختلف در حوزه‌ی یادگیری است. امکان تعمیم‌پذیری از داده‌های محدود، طراحی الگوریتم‌های کارآمد و درک توازن آماری - محاسباتی در مساله‌های یادگیری از دیگر اهداف درس است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مدل‌های اولیه‌ی یادگیری، یادگیری PAC

۲. یادگیری‌پذیری و همگرایی یکنواخت

۳. توازن اریبی و پیچیدگی محاسبه

۴. توابع رشد و بعد VC، قضیه اساسی یادگیری PAC

۵. پیچیدگی محاسباتی و زمان یادگیری

۶. بررسی الگوریتم‌های خاص: مدل‌های خطی، بوستینگ، درخت‌های تصمیم، شبکه‌های عصبی

۷. مباحث بیشتر: پیچیدگی رادماخر و اعداد پوششی، یادگیری‌پذیری چندمقیاسی، PAC بیزی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Shalev-Shwartz, S., & Ben-David, S. (2014). *Understanding machine learning: From theory to algorithms*. Cambridge University Press.
[2] Kubat, M. (2021). Computational learning theory. In *An introduction to machine learning* (pp. 145–159). Springer International Publishing.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نظریه یادگیری پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Learning Theory	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف این درس آشنایی با موضوعات پیشرفته‌تر در حوزه‌ی یادگیری است. یادگیری منصفانه و اجتناب از سوگیری نسبت به زیرگروه‌های خاص، یادگیری مقاوم نسبت به حملات دشمنانه و استنباط‌های پیش‌رفته تر در مدل‌های یادگیری از قبیل ارائه‌ی بازه‌های اطمینان پیش‌بینی به‌جای پیش‌بینی نقطه‌ای.

پ) سرفصل‌ها:

۱. یادگیری منصفانه: منابع سوگیری در داده‌های بزرگ، شاخص‌های آماری تبعیض، قضایای توازن و عدم امکان، گروه‌های نابرابر و پیش‌بینی منصفانه، استنباط علی منصفانه

۲. یادگیری دشمنانه: انواع حمله‌ها به فرآیند یادگیری، حمله در زمان تصمیم و راه‌های مقابله، مسموم‌سازی داده و راه‌های مقابله، حمله به شبکه‌های عصبی و راه‌های مقاوم‌سازی

۳. اندازه‌گیری عدم قطعیت و پیش‌بینی تطبیقی: تعویض‌پذیری و بازه‌های اطمینان، پیش‌بینی تطبیقی با مدل‌های احتمالاتی و فراتر از مدل‌های احتمالاتی، پیش‌بینی تطبیقی در یادگیری برخط

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Joseph, A. D., Nelson, B., Rubinstein, B. I. P., & Tygar, J. D. (2019). *Adversarial machine learning*. Cambridge University Press.
[2] Balasubramanian, V. N., Ho, S. S., & Vovk, V. (Eds.). (2014). *Conformal prediction for reliable machine learning*. Elsevier.
[3] Barocas, S., Hardt, M., & Narayanan, A. (2023). *Fairness and machine learning*. MIT Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مباحث ویژه در داده‌کاوی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Data Mining		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

پ) سرفصل‌ها:

مباحث پیشرفته و یا جدید در علوم داده که با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می‌شود.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

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

الف) عنوان درس به فارسی:	**محاسبات علمی با عملکرد بالا**		
عنوان درس به انگلیسی:	High Performance Scientific Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:	-	☐ تخصصی الزامی	☐ عملی
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری	☐ نظری - عملی
		☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه	
تعداد ساعت: ۶۴		☐ مهارتی - اشتغال‌پذیری	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		☐ مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست	☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی :آشنایی دانشجویان با اصول، الگوریتم‌ها و ابزارهای محاسبات علمی در مقیاس بزرگ با تمرکز بر عملکرد بالا، محاسبات موازی، بهینه‌سازی کد، و استفاده از معماری‌های مدرن (CPU/GPU/Cluster/Cloud) برای حل مسائل پیچیده علمی و مهندسی.

پ)سرفصل‌ها :

۱. مقدمه بر محاسبات با عملکرد بالا: مفاهیمFLOPS ، Scalability، Parallel Efficiency، قانون آمدال

۲. معماری کامپیوترهای موازیShared Memory :، Distributed Memory، GPU، Tensor Core

۳. الگوریتم‌های موازی پایهPartitioning :، Communication، Synchronization، Load Balancing

۴. برنامه‌نویسی موازیMPI :، OpenMP، CUDA، OpenACC

۵. کتابخانه‌های عددی با عملکرد بالاBLAS :، LAPACK، ScaLAPACK، PETSc

۶. محاسبات ماتریسی موازی و تجزیه‌های بزرگ‌مقیاس ۷

۷. روش‌های عددی موازی برای معادلات دیفرانسیل (PDE) و بهینه‌سازی

۸. محاسبات علمی روی GPU و Heterogeneous Computing

۹. مدیریت داده‌های بزرگ در محیط HPC (Parallel I/O , Checkpointing) ،

۱۰. بهینه‌سازی عملکردProfiling :، Vectorization، Cache Optimization

۱۱. کاربردها در شبیه‌سازی علمی، یادگیری عمیق مقیاس‌پذیر، فیزیک محاسباتی، بیوانفورماتیک و مالی

۱۲. روندهای نوظهورQuantum Computing :، Edge Computing، Cloud HPC

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی نظری، حل تمرین، آزمایشگاه عملی (کار با کلاستر یاGPU) ، پروژه گروهی پیاده‌سازی الگوریتم موازی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و حل تمرین (۲۰٪)، پروژه عملی و ارائه (۴۰٪)، آزمون میان‌ترم (۱۵٪)، آزمون پایان ترم (۲۵٪)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه :

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور، دسترسی به سرور/کلاستر HPC یاGPU Server ، نرم‌افزارهایMPI ، CUDA، OpenMP

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Grama, A., Gupta, A., Karypis, G., & Kumar, V. (2003). *Introduction to parallel computing* (2nd ed.). Addison-Wesley.
[2] Eijkhout, V. (2023). *Introduction to high performance scientific computing* (2nd ed.). Open access.
[3] Sterling, T., Anderson, M., & Brodowicz, M. (2025). *High performance computing*. Morgan Kaufmann.
[4] Kirk, D. B., & Hwu, W. W. (2022). *Programming massively parallel processors* (4th ed.). Morgan Kaufmann.
[5] Snir, M. (1998). *MPI: The complete reference*. MIT Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**نرم‌افزار ریاضی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Mathematical Software	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با نرم‌افزارهای ریاضی پیشرفته است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. افزار ریاضی برای انجام محاسبات علمی، قابلیت اعتماد، سرعت، انعطاف.

۲. انتقال‌پذیری نرم‌افزار ریاضی دررابطه‌با الگوریتم‌های عددی برای محاسبه توابع اولیه (شامل توابع مثلثاتی و لگاریتمی، دستگاه‌های خطی و غیرخطی، درونیابی، بهینه‌سازی، تقریب توابع، مشتقات، انتگرال های معین و معادلات دیفرانسیل.)

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Rice, J. R. (2014). *Numerical methods, software, and analysis* (2nd ed.). Academic Press.
[2] Buchanan, J. L., & Turner, P. R. (1992). *Numerical methods and analysis*. McGraw-Hill College.
[3] O'Regan, G. (2023). *Mathematical Foundations of Software Engineering*. Springer, Berlin.

الف) عنوان درس به فارسی:	**برنامه ریزی خطی عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Linear Programming	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ (حل تمرین:)	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس تجزیه‌وتحلیل مسائل بهینه‌سازی خطی و روش حل عددی این گونه از مسائل است. سپس کاربردهایی از این مسائل را مورد بررسی قرار می دهیم.

پ) سرفصل‌ها:

۱. روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی خطی.

۲. مجموعه ها و مخروطهای چند وجهی، نقاط راسی و جهت های راسی، قضیه نمایش و شرایط بیکرانی.

۳. روش‌های کلاسیک سیمپلکس اولیه، دوگان و اولیه - دوگان، شرایط بهینگی، سیمپلکس اصلاح شده و روش سیمپلکس برای متغیرهای کراندار.

۴. لم فارکاس و شرایط کروش - کان - تاکر (KKT) برای مسائل برنامه‌ریزی خطی

۵. دوگانی و قضایای آن، روش سیمپلکس دوگان، تحلیل حساسیت و برنامه‌ریزی پارامتری در برنامه‌ریزی خطی

۶. آشنایی با برخی از کابردهای مهم بهینه‌سازی خطی مثل: نظریه بازی، رگرسیون، کاربردهای مالی، مسائل شبکه و ....

۷. آشنایی با روش نقطه درونی برای مسائل خطی.

۸. روش‌های شاخه و کران و صفحه برشی برای مسئله‌های برنامه‌ریزی صحیح.

۹. حل مسئله‌های جریان در شبکه.

۱۰. حمل‌ونقل تخصیص، تحلیل حساسیت.

۱۱. روش کارمارکار و ارتباط با بهینه‌سازی غیرخطی و تبدیلات تصویری.

۱۲. پیاده‌سازی روش‌های تدریس شده توسط نرم‌افزار.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Luenberger, D. G., & Ye, Y. (2016). *Linear and nonlinear programming* (4th ed.). Springer.
[2] Padberg, M. (1999). *Linear optimization and extensions* (2nd ed.). Springer-Verlag.
[3] Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). *Linear programming and network flows* (4th ed.). John Wiley & Sons.
[4] Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. N. (2008). *Introduction to linear optimization*. Athena Scientific.
[5] Vanderbei, R. J. (2020). *Linear programming: Foundations and extensions* (Vol. 285). Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**بهینه سازی غیرخطی عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Nonlinear Optimization		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	**برنامه‌ریزی خطی عددی**		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس طرح و تحلیل و پیاده‌سازی الگوریتم‌های متنوع برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی نامقید و مقید، مقایسه نظری و عملی روش‌ها است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. معرفی روش‌های عددی برای حل مسائل بهینه‌سازی مقید و مسائل بهینه‌سازی نامقید.

۲. روش گرادیان و مسیرهای کاهشی.

۳. روش نیوتن و شبه نیوتن.

۴. روش‌های سکانت و جهت‌های مزدوج

۵. برنامه‌ریزی درجه ۲.

۶. روش‌های جستجوی خطی و ناحیه اعتماد.

۷. مسائل بهینه‌سازی روی یک مجموعه محدب، روش‌های عددی برای حل ینگونه از مسائل از جمله روش‌های جهت‌های موجه، روش تصویر گرادیان، روش مجموعه فعال، روش شاخه و کران.

۸. روش‌های مربوط به بهینه‌سازی مقید از جمله روش ضرایب لاگرانژ، روش جریمه، روش مانع، روش‌های نقطه درونی.

۹. همگرایی و نرخ همگرایی

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ارائه سمینار توسط دانشجویان در ارتباط با موضوع‌های جدید مطرح شده در پژوهش‌ها در ارتباط با مطالب تدریس شده در درس همراه با شرح کاربردهای عملی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال و انجام پروژه مرتبط (٪۲۰)، آزمون میان‌ترم (٪۴۰) و آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Bertsekas, D. P. (2016). *Nonlinear programming* (3rd ed.). Athena Scientific.
[2] Bonnans, J.-F., Gilbert, J. C., Lemaréchal, C., & Sagastizábal, C. A. (2013). *Numerical optimization: Theoretical and practical aspects*. Springer.
[3] Nocedal, J., & Wright, S. J. (1999). *Numerical optimization*. Springer.
[4] Walter, É. (2014). *Numerical methods and optimization: A consumer guide*. Springer.
[5] Fletcher, R. (2001). *Practical methods of optimization* (2nd ed.). John Wiley & Sons.

الف) عنوان درس به فارسی:	**برنامه ریزی خطی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Linear Programming	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	■ نظری	☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-	☐ عملی	☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد:	۴	☐ نظری – عملی	■ تخصصی اختیاری
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارت‌ی – اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموری‌ت‌ی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموری‌ت مؤسسه ☐ نیست	مرتبط با مأموری‌ت/آمایش ☐ مؤسسه است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با برنامه‌ریزی خطی پیشرفته و برخی کاربردهای آن در علوم کامپیوتر است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با اصول نظری روش سیمپلکس

۲. تحلیل حساسیت

۳. روش سیمپلکس دوگان و روش سیمپلکس اولی‌ه – دوگان

۴. پیچیدگی الگوریتم سیمپلکس

۵. سیمپلکس شبکه

۶. مسئله ترابری

۷. مسئله واگذاری

۸. کاربردهای عملی در علوم کامپیوتر

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردن‌ی‌از برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور -نرم‌افزارهای بهینه‌سازی.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2011). *Linear programming and network flows*. John Wiley & Sons.
[2] Luenberger, D. G., & Ye, Y. (2016). *Linear and nonlinear programming* (4th ed.). Springer.
[3] Vanderbei, R. J. (2014). *Linear programming: Foundations and extensions* (Vol. 196). Springer.
[4] Nash, S. G., & Sofer, A. (2008). *Linear and nonlinear optimization* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.

الف) عنوان درس به فارسی:	**بهینه سازی غیرخطی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Nonlinear Optimization	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**برنامه‌ریزی خطی پیشرفته**	☐ پایه	■ نظری
دروس هم‌نیاز:	-	☐ تخصصی الزامی	☐ عملی
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری	☐ نظری - عملی
		☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه	
تعداد ساعت: ۶۴		☐ مهارت‌ی - اشتغال‌پذیری	
وضعیت آمایشی/مأموریت‌ی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست	مرتبط با مأموریت/آمایش ■ مؤسسه است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با اساس نظری مسائل بهینه‌سازی غیرخطی نامقید و مقید و روش‌های شناخته شده عددی برای حل این مسائل است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مبانی نظری بهینه‌سازی نامقید

۲. روش‌های جستجوی خطی با مشتق و بدون مشتق

۳. روش‌های ناحیه اعتماد

۴. روش‌های گرادیان و گرادیان مزدوج

۵. روش‌های نیوتن و شبه نیوتن

۶. مبانی نظری بهینه‌سازی مقید، بهینه‌سازی محدب و مسائل درجه دوم

۷. روش‌های جریمه و لاگرانژ افزوده

۸. روش‌های جهت موجه

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنی‌از برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - نرم‌افزارهای بهینه‌سازی.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Nocedal, J., & Wright, S. J. (2006). *Numerical optimization* (2nd ed.). Springer-Verlag.
[2] Ruszczyński, A. (2011). *Nonlinear optimization*. Princeton University Press.
[3] Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (2006). *Nonlinear programming: Theory and algorithms*. John Wiley & Sons.
[4] Luenberger, D. G., & Ye, Y. (2016). *Linear and nonlinear programming* (4th ed.). Springer.
[5] Nash, S. G., & Sofer, A. (2008). *Linear and nonlinear optimization* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
[6] Sun, W., & Yuan, Y.-X. (2006). *Optimization theory and methods: Nonlinear programming*. Springer US.

الف) عنوان درس به فارسی:	**جبر خطی عددی پیشرفته**		
عنوان درس به انگلیسی:	Advanced Numerical Linear Algebra	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

۱. تعمیق دانش دانشجویان در مبانی نظری و الگوریتم‌های محاسباتی پیشرفته جبر خطی، با تمرکز بر حل کارآمد سیستم‌های معادلات خطی بزرگ و مقیاس‌پذیر.

۲. تحلیل مسائل مقادیر ویژه در محیط‌های محاسباتی مدرن.

۳. آشنایی با روش‌های تکراری نوین، مبانی نظری زیرفضاهای کریلف، و الگوریتم‌های بهینه‌سازی عددی.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مبانی جبر خطی: بازنگری در مفاهیم فضای برداری، نرم‌ها و شرایط مسائل خطی. معیارهای همگرایی و تحلیل خطای الگوریتم‌های مستقیم (LU ، QR، Cholesky) در مقیاس بزرگ. مقدمه‌ای بر سیستم‌های خطی با ساختار خاص (متقارن، هرمیتی، پراکنده).

۲. الگوریتم‌های تکراری برای سیستم‌های خطی: تحلیل روش‌های تکراری (Jacobi, Gauss-Seidel). الگوریتم‌های زیر فضای کریلف (Krylov Subspace Methods)تئوری، ساختار و ارتباط با ماتریس‌های هسنبرگ کاهشی. الگوریتم‌های لانچوز (Lanczos)و گرادیان‌های مزدوج(Conjugate Gradient - CG) اثبات همگرایی و پیاده‌سازی‌های آن. مفهوم مینیمم‌سازی انرژی درCG .

۳. روش‌های مبتنی بر زیرفضاهای تقریب: مبانی نظری ساخت زیرفضاهای تقلیل‌یافته. الگوریتم‌های مستقیم مبتنی بر تصویر بر زیرفضاهای برد و پوچ برای حل سیستم‌های سازگار و ناسازگار. معرفی و کاربرد رده الگوریتم‌های ABS (Abaffy-Brodie-Spedicato)برای حل دستگاه‌های خطی حقیقی و صحیح (مسائل دیوفانتی خطی).

۴. مسائل کمترین مربعات: تحلیل عددی مسئله کمترین مربعات خطی مقید.. حل با استفاده از شرایط (KKT Conditions). روش‌های مبتنی بر تجزیه (SVD) .

۵. مسائل مقادیر ویژه(Eigenvalue Problems) : الگوریتم‌های محاسباتی برای حل مسائل مقادیر ویژه و مسائل مقادیر ویژه وارون. روش‌های زیر فضای تقریب و روش آرنولدی (Arnoldi) برای یافتن چندین مقدار ویژه. تئوری طیفی (Spectral Theory)و مسائل مقادیر ویژه وارون(Inverse Eigenvalue Problems) .

۶. روش‌های پیشرفته و کاربردها: مقدمه‌ای بر تکنیک‌های پیش‌شرط‌گذاری (Preconditioning) مانندILU ، SSOR و تأثیر آن بر همگرایی. روش‌های عددی برای حل دستگاه‌های غیرخطی با استفاده از خطی‌سازی Newton's Method و شبه - نیوتنی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی‌های تخصصی .تحلیل و شبیه‌سازی الگوریتم‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی مانند MATLAB یا Python با کتابخانه‌های NumPy/SciPy .مطالعه و ارائه مقالات پیشرفته در حوزه جبر خطی عددی (سمینار).

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Chu, M. T., & Golub, G. H. (2005). *Inverse eigenvalue problems*. Oxford University Press.
[2] Stewart, G. W. (2001). *Matrix algorithms, Volume 2: Eigensystems*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[3] Saad, Y. (2003). *Iterative methods for sparse linear systems* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
[4] Abaffy, J., & Spedicato, E. (1989). *ABS projection algorithms: Mathematical techniques for linear and nonlinear equations*. Ellis Horwood Ltd.
[5] Huckle, T., & Oshchepkov, I. (2021). *Numerical linear algebra with applications*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**معادلات دیفرانسیل و انتگرال عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Differential and Integral Equations	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**داده‌کاوی محاسباتی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مبانی نظری و الگوریتم‌های عددی مورداستفاده برای حل تقریبی معادلات دیفرانسیل معمولی (ODE)، معادلات دیفرانسیل جزئی (PDE) و معادلات انتگرال است. تمرکز بر روی دقت، پایداری و کارایی روش‌های مختلف است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مبانی و کاربرد مدل‌های ODE در سیستم‌های دینامیکی: مرور ساختار کلی معادلات دیفرانسیل عادی(ODE) ، شرایط اولیه و مرزی. بررسی کاربرد مدل‌سازی در دینامیک جمعیت (مانند مدل‌های رقابتی)، مکانیک (سیستم‌های نوسانی) و سیستم‌های خطی.

۲. روش‌های عددی برای حل مسائل مقدار اولیهODE معرفی و تحلیل روش‌های اصلی: روش‌های اویلر صریح و ضمنی، رانگه - کوتا مرتبه‌های ۲ و ۴ .(معرفی روش‌های چند گامی (مانند روش‌های آدامز). روش‌های پیشگو و اصلاح‌گر -Predictor) (Correctorو بررسی پایداری و کارایی هریک از این روش‌ها.

۳. روش‌های عددی برای حل مسائل مقدار مرزی وPDE : مقدمه‌ای بر معادلات دیفرانسیل جزئی(PDE) ، استفاده از روش‌های پرتابی (Shooting Methods) برای تبدیل مسائل مقدار مرزی ODE به مسائل مقدار اولیه قابل‌حل. معرفی و پیاده‌سازی روش تفاضل محدود (Finite Differences) برای معادلات دیفرانسیل جزئی از نوع انتشار و موج.

۴. تحلیل خطای الگوریتم‌های عددیبررسی منابع خطا در فرآیند حل عددی. تحلیل خطاهای موضعی (Local Truncation Error) و خطاهای سراسری (Global Error) مطالعه رابطه بین مرتبه دقت روش و نرخ کاهش خطا.

۵. همگرایی، پایداری و برازش الگوریتم‌ها بررسی مفاهیم اساسی همگرایی (Convergence) و پایداری (Stability) الگوریتم‌ها (مانند شرط پایداری برای روش‌های صریح). معرفی طیف پایداری مطلق (Absolute Stability Region) روش‌های برآورد خطا و انتخاب گام مناسب در نرم‌افزارهای حل عددی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی تعاملی: ارائه مفاهیم نظری، اثبات‌های پایه‌ای مربوط به خطا و پایداری، و استخراج فرمول‌ها. حل مثال‌های دسته‌جمعی: حل گام‌به‌گام مثال‌های ساده (مانند معادله لجستیک یا نوسانگر هارمونیک) بر روی تخته و تشویق دانشجویان به شرکت در محاسبات. کار با نرم‌افزار: تخصیص زمان‌هایی برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های اصلی مانند RK4 یا تفاضل محدود (در محیط‌های برنامه‌نویسی مانند MATLABیا Python برای مشاهده عملی تأثیر تغییر پارامترها مثل طول گام h بر دقت و پایداری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌ها و مشارکت در کلاس (٪۱۰). آزمون میان‌ترم (٪۳۰) پروژه/گزارش برنامه‌نویسی (٪۲۰). آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: کلاس مجهز به سیستم ویدئو پروژکتور. دسترسی به منابع دیجیتال و پایگاه‌های اطلاعاتی علمی. دسترسی دانشجویان به نرم‌افزارهای تخصصی مانندMATLAB ، Octave، یا محیط‌های برنامه‌نویسی Python به همراه کتابخانه‌هایی مانند NumPy و SciPy.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Atkinson, K., Han, W., & Stewart, D. (2009). *Numerical solution of ordinary differential equations*. John Wiley & Sons.
[2] Atkinson, K. E. (2009). *Numerical solution of integral equations of the second kind*. Cambridge University Press.
[3] Gear, W. C. (1971). *Numerical initial value problems in ordinary differential equations*. Prentice-Hall.
[4] Burden, R. L., & Faires, J. D. (2011). *Numerical analysis* (9th ed.). Cengage Learning.
[5] Delic, G. (2025). Numerical solution of ordinary differential equations. In *Guide to numerical algorithm design and development: Including legacy examples from Fortran and MathCAD in high precision* (pp. 197–232). Springer Nature Switzerland.

الف) عنوان درس به فارسی:	**معادلات دیفرانسیل پاره‌ای عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Partial Differential Equations		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مبانی نظری و روش‌های عددی حل معادلات دیفرانسیل پاره‌ای (PDEs) در کلاس‌های هذلولی، بیضوی و سهموی و کاربردهای آن‌ها در رشته‌های مهندسی و علوم محیطی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه و دسته‌بندی معادلات: معادلات هذلولی، بیضوی و سهموی، و کاربردهای آن‌ها در مسائل فیزیکی (انتقال حرارت، آلودگی محیط زیست، دینامیک مایعات و آنالیز سازه).

۲. مبانی حل تقریبی: خطای بریدن و مفاهیم پایه در تقریب‌زدن جواب معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره‌ای.

۳. روش‌های پایه: روش‌های حجم محدود (Finite Volume Method) و تفاضلات متناهی (Finite Difference Methods) برای حل دسته‌ای از معادلات.

۴. روش‌های پیشرفته: معرفی روش‌های تکراری و روش‌های مبتنی بر مانده‌های وزنی (مانند گرادیان‌های مزدوج، گالرکین، نوثر، تفاضل‌های محدود و المان‌های محدود).

۵. تحلیل پایداری و همگرایی: بررسی پایداری و همگرایی روش‌های عددی، با تمرکز بر قضایای مهم تحلیلی مانند قضایای ریمن و کوشی - کاوالادسکی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی و ارائه مفهومی: برای توضیح تئوری‌ها و اثبات‌ها. حل مسئله تحلیلی و عددی: حل دستی نمونه‌های ساده و سپس اجرای روش‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای محاسباتی مانند MATLAB یا Python برای حل مسائل پیچیده‌تر.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت کلاسی و مشارکت در کلاس (٪۱۰). آزمون میان‌ترم (٪۳۰) پروژه برنامه‌نویسی (٪۲۰). آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به سیستم ویدئو پروژکتور. دسترسی به منابع دیجیتال و پایگاه‌های اطلاعاتی علمی. دسترسی دانشجویان به نرم‌افزارهای تخصصی مانندMATLAB ، Octave، یا محیط‌های برنامه‌نویسی Python به همراه کتابخانه‌هایی مانند NumPy و SciPy.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Larsson, S., & Thomée, V. (2003). *Partial differential equations with numerical methods*. Springer.
[2] Quarteroni, A., & Valli, A. (1997). *Numerical approximation of partial differential equations*. Springer-Verlag.
[3] Iserles, A. (2005). *A first course in the numerical analysis of differential equations*. Cambridge University Press.
[4] Hundsdorfer, W., & Verwer, S. M. (2014). *Numerical solution of time-dependent advection-diffusion-reaction equations*. Springer.
[5] Coleman, M. P., & Bukshtynov, V. (2024). *An introduction to partial differential equations with MATLAB*. CRC Press.
[6] Arendt, W., & Urban, K. (2023). *Partial differential equations: an introduction to analytical and numerical methods*. Springer Nature.

الف) عنوان درس به فارسی:	**فناوری ماتریس‌های تنک**		
عنوان درس به انگلیسی:	Sparse Matrix Technology	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴ (حل تمرین:)	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با فناوری ماتریس‌های تنک است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. روش‌های مستقیم و تکراری برای محاسبات جبر خطی عددی.

۲. تکنولوژی ماتریس‌های تنک شامل ساختمان داده‌های متنوع.

۳. روش‌های مبتنی بر نظریه گراف و روش‌های تکراری.

۴. الگوریتم‌های موازی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنی‌از برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Saad, Y. (2003). *Iterative methods for sparse linear systems* (2nd ed.). Society for Industrial and Applied Mathematics.
[2] Pissanetsky, S. (1983). *Sparse matrix technology*. Academic Press.
[3] George, A., & Liu, J. (1981). *Computer solution of large sparse positive definite systems*. Prentice-Hall.
[4] Scott, J., & Tůma, M. (2023). *Algorithms for sparse linear systems*. Springer Nature.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مدل‌سازی و طراحی هندسی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Geometric Modeling and Design		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		☐ پایه ■ نظری
دروس هم‌نیاز:	-		☐ تخصصی الزامی ☐ عملی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	■ تخصصی اختیاری ☐ نظری – عملی
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت:	۶۴		☐ مهارتی – اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه ☐ نیست / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه ☐ است

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با مدل‌سازی و طراحی هندسی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. الگوریتم‌های مؤثر نمایش منحنی‌ها و رویه‌ها شامل درونیابی و تقریب با B–اسپلاین‌ها، بتا اسپلاین‌ها.

۲. پیوستگی پارامتری و هندسی، با تأکید بر مقایسه الگوریتم‌ها و پیاده‌سازی‌های عملی آنها.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنی‌از برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Golovanov, N. (2014). *Geometric modeling: The mathematics of shapes*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
[2] Farin, G. (2001). *Curves and surfaces for computer-aided geometric design* (5th ed.). Morgan Kaufmann.
[3] Bartels, R. H., Barsky, B. A., & Beatty, J. C. (1995). *An introduction to splines for use in computer graphics and geometric modeling*. Morgan Kaufmann.
[4] Jaffard, S., Meyer, Y., & Ryan, R. D. (2001). *Wavelets: Tools for science and technology*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[5] Bi, Z., & Wang, X. (2020). *Computer-aided design and manufacturing*. John Wiley & Sons.

الف) عنوان درس به فارسی:	**برنامه ریزی صحیح و شبکه**		
عنوان درس به انگلیسی:	Integer Programming and Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	**برنامه‌ریزی خطی عددی**	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت: ۶۴		مهارت‌ی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموری‌ت‌ی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموری‌ت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموری‌ت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح و شبکه است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. برنامه‌ریزی صحیح و کران‌های اولیه و دوگان.

۲. درخت پوشای مینیمال در شبکه (روش‌های گرافی و الگوریتم کروسکال).

۳. کوتاه‌ترین مسیر در شبکه (الگوریتم فورد - بلمن و دایسترا).

۴. جریان ماکسیمال در شبکه، قضیه جریان ماکسیمال - برش مینیمال. جریان با کمترین هزینه.

۵. مسئله‌های تخصیص و حمل‌ونقل.

۶. روش‌های برنامه‌ریزی پویا، شاخه و کران.

۷. صفحه برشی و آزادسازی لاگرانژی.

۸. با تأکید درس بر مقایسه الگوریتم‌ها، بررسی پیچیدگی‌های محاسباتی و پیاده‌سازی آنها

ت) روش ی‌اددهی - ی‌ادگی‌ری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب مطالب با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنی‌از برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - نرم‌افزارهای بهینه‌سازی

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Wolsey, L. A. (2020). *Integer programming* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
[2] Schrijver, A. (1999). *Theory of linear and integer programming*. John Wiley & Sons.
[3] Nemhauser, G., & Wolsey, L. A. (1999). *Integer and combinatorial optimization*. Wiley.

الف) عنوان درس به فارسی:	**الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Parallel Algorithms for Scientific Computing	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	■ نظری	☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-	☐ عملی	☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	☐ نظری – عملی	■ تخصصی اختیاری
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت: ۶۴			☐ مهارتی – اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است	☐ مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با الگوریتم‌های موازی برای محاسبات علمی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱ . مقدمه‌ای بر الگوریتم موازی: رده‌بندی معماری‌های موازی، مدل‌های برنامه‌نویسی موازی (حافظه اشتراکی، حافظه توزیع‌شده و ترکیبی)، معیارهای ارزیابی الگوریتم‌های موازی

۲. معرفی الگوهای برنامه‌نویسی موازی به شیوه حافظه مشترک (OpenMP)، تبادل پیام (MPI) و برنامه‌نویسی پردازنده‌های گرافیکی (CUDA)

۳. آشنایی با روش‌های بهینه‌سازی کد و ابزار مربوطه (gprof، VTune و NVProf)

۴. رده‌بندی مدل‌های محاسبه و الگوریتم‌ها، الگوریتم‌های اولیه شامل پویش، جستجو و مرتب‌سازی.

۵. روش‌های حل موازی برای دستگاه‌های خطی شامل حذف گاوسی، حل مسئله‌های چگال و تنک.

۶. روش‌های موازی حل عددی معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی (PDEs)

۷. روش‌های شبکه‌ای، پیش حالت‌سازی کریلوف، تقسیم‌بندی و افرازبندی.

۸. ضرب ماتریسی، تبدیل سریع فوریه، مسئله مقادیر ویژه.

۹. روش‌های اجزای متناهی، چند شبکه‌ای و گرادیان‌های مزدوج.

۱۰. الگوریتم‌های گراف موازی: پیمایش گراف (BFS موازی)، مؤلفه‌های همبندی، کوتاه‌ترین مسیر

ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

سخنرانی تئوری + مثال‌های واقعی + پروژه‌های پیاده‌سازی با نرم‌افزارها.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال (٪۲۰)- پروژه‌های عملی (٪۲۰)- آزمون میان‌ترم (٪۳۰)- آزمون پایان ترم (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس هوشمند با ویدئو پروژکتور و برد مناسب – دسترسی به سرور محاسباتی یا رایانه‌های مجهز به GPU برای پیاده‌سازی پروژه‌های عملی - نرم‌افزارهای برنامه‌نویسی OpenMP، MPICH، OpenMPI، CUDA Toolkit

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Grama, A., & Sameh, A. H. (2020). *Parallel algorithms in computational science and engineering*. Birkhäuser.

[2] Grama, A., Karypis, G., Kumar, V., & Gupta, A. (2003). *Introduction to parallel computing* (2nd ed.). Addison-Wesley.
[3] Bisseling, R. (2003). *Parallel scientific computations: A structured approach using BSP and MPI*. Oxford University Press.
[4] Heath, M. T. (2005). *Scientific computing: An introductory survey* (2nd ed.). McGraw-Hill.
[5] Andrews, G. R. (1999). *Foundations of multithreaded, parallel, and distributed computing*. Addison-Wesley.
[6] Chopp, D. L. (2019). *Introduction to high performance scientific computing*. Society for Industrial and Applied Mathematics.
[7] Heroux, M. A., Padua, R., & Simon, H. D. (Eds.). (2006). *Parallel processing for scientific computing*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

الف) عنوان درس به فارسی:	**معادلات دیفرانسیل تصادفی عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Stochastic Differential Equations		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه) ■ نظری
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی) □ عملی
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی □
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه □
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری □
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □ / مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با معادلات دیفرانسیل تصادفی و روش‌های گسسته‌سازی عددی و حل عددی این دسته از معادلات است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. معرفی حرکت براونی، فرایند پواسون، فرایند پواسون مرکب و روش‌های شبیه‌سازی آن‌ها.

۲. مروری بر حسابان تصادفی ایتو: انتگرال ایتو، فرمول ایتو، انتگرال استراتونوویچ.

۳. معرفی معادلات دیفرانسیل تصادفی، قضیه وجود و یگانگی قوی معادلات دیفرانسیل تصادفی با ضرایب لیپشیتز، حل صریح معادلات دیفرانسیل تصادفی خطی، بسط تیلور - ایتو تصادفی، روش اویلر - ماریاما و روش اویلر - میلشتاین.

۴. بررسی مفهوم مرتبه همگرایی قوی وضعیف، معرفی خانواده روش‌های رانگ - کوتای تصادفی، معرفی خانواده روش‌های چند - گامی تصادفی، معرفی مفهوم پایداری تصادفی و انواع آن (پایداری میانگین مربعات، پایداری مجانبی، پایداری نمایی).

۵. تقریب‌های قوی صریح و ضعیف، تقریب ضعیف و قوی تیلور، پایداری ضعیف و قوی خطاها، پایداری لیاپانوف معادلات دیفرانسیل تصادفی.

۶. فضای احتمال گوسی، چندجمله‌ای هرمیت، نیم‌گروه اورنشتاین - اولنبک، حرکت براونی، بسط آشوب وینر.

۷. عملگر مشتق، انتگرال جزءبه‌جزء، عملگر دیورژانس و انتگرال تصادفی.

۸. 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.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و روش‌های عددی.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم محاسباتی روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده .امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Chung, K. L., & Williams, J. (2014). *Introduction to stochastic integration* (2nd ed.). Birkhäuser.
[2] Kloeden, P. E., & Platen, E. (1999). *Numerical solution of stochastic differential equations* (Vol. 23). Springer-Verlag.
[3] Kloeden, P. E., Platen, E., & Schurz, H. (2003). *Numerical solution of SDEs through computer experiments*. Springer.
[4] Øksendal, B. (2010). *Stochastic differential equations: An introduction with applications* (6th ed.). Springer.
[5] Thygesen, U. H. (2023). *Stochastic differential equations for science and engineering*. CRC Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی عددی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Numerical Stochastic Partial Differential Equations	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه)	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی)	عملی □
تعداد واحد:	۴ حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی □
		پروژه/ رساله / پایان‌نامه □	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری □	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست □	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است □

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی با معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی، انواع آن و روش‌های حل عددی این دسته از معادلات است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. معرفی حرکت براونی، فرایند پواسون، فرایند پواسون مرکب و روش‌های شبیه‌سازی آن‌ها.

۲. مروری بر حسابان تصادفی ایتو: انتگرال ایتو، فرمول ایتو، انتگرال استراتونوویچ.

۳. معرفی معادله دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی، معادله دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی مرتبه اول، معادلات دیفرانسیل تصادفی پاره‌ای سهموی (مثل معادله انتقال حرارت تصادفی)، معادله واکنش - پخش، معادلات دیفرانسیل پاره‌ای تصادفی سهموی با نوفه لوی، معادلات دیفرانسیل تصادفی پاره‌ای هذلولوی (مثل معادله موج تصادفی)، معادلات دیفرانسیل تحولی تصادفی.

۴. خوش طرح بودن، وجود و یکتایی جواب، بررسی همواری جواب تصادفی و گشتاورهای آن.

۵. مروری بر آنالیز عددی شامل روش تفاضلات متناهی، روش اجزای متناهی و نتایج اساسی در نظریهٔ تقریب.

۶. تقریب عددی مسیرهای جواب با روش تفاضلات متناهی (در زمان) و تقریب عددی مسیرهای جواب با روش اجزای متناهی (در مکان). شبیه‌سازی آن به کمک روش مونت - کارلو.

۷. نرخ همگرایی قوی و ضعیف طرح، محاسبه خطای گشتاور دوم و پی‌ام، حل عددی معادلات با نوفه لوی.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری برای تقویت درک الگوریتم‌ها و روش‌های عددی.

ارائه سمینار توسط دانشجویان روی کاربردهای خاص برای یادگیری فعال و ارتباط با مسائل واقعی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

تکالیف هفتگی، مشارکت در کلاس و ارائه سمینار (٪۲۰)، پروژه نهایی (٪۲۰): پیاده‌سازی و تحلیل یک الگوریتم محاسباتی روی مسئله واقعی با گزارش نوشته شده.

امتحان میان‌ترم (٪۳۰) و نهایی (٪۳۰)

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاسی مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Chow, P. L. (2015). *Stochastic partial differential equations* (2nd ed.). CRC Press.
[2] Lord, G. J., Powell, C. E., & Shardlow, T. (2014). *An introduction to computational stochastic PDEs*. Cambridge University Press.
[3] Øksendal, B. (2010). *Stochastic differential equations: An introduction with applications* (6th ed.). Springer.
[4] Walsh, J. B. (2005). Finite element methods for parabolic stochastic PDEs. *Potential Analysis, 23*, 1–33.
[5] Walsh, J. B. (2006). On numerical solutions of the stochastic wave equation. *Illinois Journal of Mathematics*, *50*(1–3), 991–1018.
[6] Higham, D., & Kloeden, P. (2021). *An introduction to the numerical simulation of stochastic differential equations*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

الف) عنوان درس به فارسی:	**شبیه سازی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Simulation		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری – عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی – اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

هدف از این درس آشنایی کامل با شبیه‌سازی است.

پ) سرفصل‌ها:

۱. تولید اعداد و متغیرهای تصادفی: مفاهیم پایه‌ای مونت – کارلو

۲. مولدهای هم‌نهشتی خطی (Linear Congruential Generators)

۳. پیاده‌سازی و ساختار شبکه‌ای روش LCG، روش‌های عمومی نمونه‌گیری: روش تبدیل وارون و روش رد و قبول، متغیرها و بردارهای تصادفی نرمال.

۴. تولید مسیر برای فرایندهای تصادفی: حرکت براونی یک- بعدی و چند – بعدی، حرکت براونی هندسی، تولید مسیر برای فرایندهای پخش iffusion Processes).

۵. روش‌های تقلیل واریانس: روش متغیرهای کنترلی (Control Variables Method)، روش متغیرهای متضاد (Antithetic Variables Method)، روش نمونه‌گیری لایه - لایه (Stratified Sampling)، روش نمونه‌گیری مبتنی بر اهمیت (Importance Sampling).

۶. روش‌های شبه مونت – کارلو: معیارهای پخش شدن نقاط، دنباله‌های «فان – در کورپات»، «هالتون»، «همرسلی»، «فاور» و «سوبول»، قضیه «کوکسما – هلاوکا».

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب آموزش نظری با حل تمرین، تحلیل مطالعات موردی، ارائه سمینار

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، مشارکت و ارائه سمینار (۳۰٪). آزمون میان‌ترم (۳۰٪). آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: -

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Dagpunar, J. S. (2007). *Simulation and Monte Carlo*. John Wiley & Sons.
[2] Glasserman, P. (2003). *Monte Carlo methods in financial engineering*. Springer-Verlag.
[3] Lorek, P., & Rolski, T. (2025). *Lectures on Monte Carlo Theory*. Springer Nature.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مباحث ویژه در محاسبات علمی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Scientific Computing		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

پ) سرفصل‌ها:

مباحث پیشرفته یا جدید در محاسبات علمی که با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می‌شود.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

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

الف) عنوان درس به فارسی:	**تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه**		
عنوان درس به انگلیسی:	Multiple Criteria Decision Making		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	–		پایه ☐ نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ نظری - عملی ☐
تعداد ساعت:	۶۴		پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
			مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی: آشنایی با روش‌های وزن‌دهی معیارها، رتبه‌بندی گزینه‌ها، تصمیم‌گیری چندهدفه، تصمیم‌گیری گروهی، تصمیم‌گیری در محیط‌های فازی و نامطمئن، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری در یادگیری ماشین، داده‌کاوی، سیستم‌های توصیه‌گر، انتخاب مدل، بهینه‌سازی چندهدفه و سیستم‌های هوشمند، و توانایی پیاده‌سازی و ارزیابی الگوریتم‌های تصمیم‌گیری با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی.

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مقدمه‌ای بر تصمیم‌گیری چندمعیاره :مفاهیم پایه، انواع مسائل تصمیم‌گیری، معیار، گزینه، مطلوبیت، ترجیح، تصمیم‌گیری فردی و گروهی، تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) و چندهدفه(MODM)

۲ .مدل‌سازی مسائل تصمیم‌گیری :تشکیل ماتریس تصمیم، نرمال‌سازی داده‌ها، انواع معیارهای سود و هزینه، تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی مدل.

۳ .روش‌های وزن‌دهی معیارها :روش‌های ذهنی و عینی شاملAHP ، ANP، BWM، SWARA، Entropy، CRITICو ترکیب روش‌های وزن‌دهی.

۴ .روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری :الگوریتم‌هایSAW ، WPM، TOPSIS، VIKOR، WASPAS، MOORA، COPRAS، EDAS، CODASو.MARCOS

۵ .روش‌های غیرجبرانی و برتری :روش‌هایELECTRE ، PROMETHEE، ORESTE، QUALIFLEX، روش‌های مبتنی بر تسلط و تحلیل روابط ترجیح.

۶ .تصمیم‌گیری چندهدفه :بهینگی پارتو، روش مجموع وزن‌دار، ε-Constraint، Goal Programming، روش چبیشف، بهینه‌سازی تعاملی و برنامه‌ریزی آرمانی.

۷ .بهینه‌سازی چندهدفه تکاملی :الگوریتم‌هایNSGA-II ، NSGA-III، MOEA/D، SPEA2و کاربرد آن‌ها در مسائل علوم کامپیوتر.

۸ .تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت :تصمیم‌گیری فازی، مجموعه‌های شهودی فازی، Pythagoreanو Fermatean Fuzzy Sets، نظریه مجموعه‌های Rough و سیستم‌های خاکستری.

۹ .تصمیم‌گیری گروهی و مبتنی بر ترجیحات :تجمیع نظرات، رسیدن به اجماع، عملگرهایOWA ، یادگیری ترجیحات و رتبه‌بندی مبتنی بر داده.

۱۰ .کاربردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در علوم کامپیوتر :انتخاب ویژگی، انتخاب مدل یادگیری ماشین، تنظیم ابرپارامترها، انتخاب سرویس‌های رایانش ابری، سیستم‌های توصیه‌گر، امنیت سایبری و اینترنت اشیا.

۱۱ .پیاده‌سازی عملی روش‌های :MCDM استفاده از Python ، کتابخانه‌های pymcdm و PyMOO ، MATLABو حل مطالعات موردی واقعی.

۱۲ .مباحث پیشرفته :تصمیم‌گیری قابل توضیح، تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی، تصمیم‌گیری در سیستم‌های خودمختار، اخلاق، اعتماد و حریم خصوصی در سامانه‌های تصمیم یار.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی، تمرین (٪۳۰)، پروژه پایانی (٪۲۵)، آزمون میان‌ترم (٪۲۰)، آزمون پایان ترم (٪۲۵).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه: کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور - در صورت امکان کارگاه کامپیوتر

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Springer.
[2] Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (Eds.). (2016). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (2nd ed.). Springer.
[3] Triantaphyllou, E. (2020). *Multi-criteria decision making methods: A comparative study*. Springer.
[4] Ehrgott, M. (2024). *Multicriteria optimization* (3rd ed.). Springer.
[5] Miettinen, K. (1999). *Nonlinear multiobjective optimization*. Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**اطلاعات و عدم قطعیت**		
عنوان درس به انگلیسی:	Information and Uncertainty		نوع درس و واحد
دروس پیش‌نیاز:	-		پایه ☐ / نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-		تخصصی الزامی ☐ / عملی ☐
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	تخصصی اختیاری ■ / نظری - عملی ☐
			پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐
تعداد ساعت:	۶۴		مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی با اندازه‌های اطلاعات و عدم قطعیت، نظریه اطلاعات، استنتاج بیزی، نظریه دمپستر - شیفر، نظریه امکان، مجموعه‌های فازی، مدل‌های احتمالاتی گرافی، انتشار عدم قطعیت و کاربرد این مفاهیم در هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، داده‌کاوی، سیستم‌های تصمیم یار و تحلیل داده‌های نامطمئن.

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مقدمه‌ای بر اطلاعات و عدم قطعیت :انواع عدم قطعیت، دانش ناقص، ابهام، تصادف، عدم دقت و نقش آن‌ها در سیستم‌های هوشمند.

۲ .نظریه اطلاعات :آنتروپی شانون، اطلاعات متقابل، واگرایی کولبک - لایبلر(KL Divergence) ، کراس‌آنتروپی و معیارهای اندازه‌گیری اطلاعات.

۳ .عدم قطعیت مبتنی بر احتمال :فضای احتمال، متغیرهای تصادفی، احتمال شرطی، قضیه بیز، استنتاج بیزی و شبکه‌های بیزی.

۴ .نظریه امکان :توابع امکان و الزام، توزیع‌های امکان، اندازه هارتلی، معیارهای امکان و کاربردهای آن.

۵ .نظریه شواهد :(Dempster–Shafer) توابع باور و امکان‌پذیری، تخصیص جرم، قانون ترکیب دمپستر، مدل‌سازی شواهد و تصمیم‌گیری.

۶ .مجموعه‌های فازی و توسعه‌های آن :مجموعه‌های فازی، شهودی فازی، نوع دوم، Pythagoreanو Fermatean Fuzzy Setsو ارتباط آن‌ها با نظریه امکان.

۷ .مدل‌های گرافی احتمالاتی :شبکه‌های بیزی، شبکه‌های مارکوف، استنتاج دقیق و تقریبی و انتشار باور.

۸ .اندازه‌های پیشرفته اطلاعات و عدم قطعیت :آنتروپی تعمیم‌یافته، آنتروپی رنی و تسالیس، اندازه‌های عدم قطعیت در نظریه شواهد و نظریه امکان.

۹ .انتشار و مدیریت عدم قطعیت :انتشار خطا، تحلیل حساسیت، استنتاج در محیط‌های پویا و ترکیب اطلاعات از منابع مختلف.

۱۰ .عدم قطعیت در یادگیری ماشین و هوش مصنوعی :یادگیری احتمالاتی، کالیبراسیون مدل‌ها، برآورد عدم قطعیت، یادگیری بیزی و مدل‌های مولد احتمالاتی.

۱۱ .کاربردها :سیستم‌های تصمیم یار، داده‌کاوی، بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی، اینترنت اشیا، رباتیک، امنیت سایبری و سیستم‌های توصیه‌گر

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب آموزش نظری با حل تمرین، تحلیل مطالعات موردی، ارائه سمینار

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و حل تمرین (٪۳۰)، پروژه پایانی (٪۲۵)، آزمون میان‌ترم (٪۲۰)، آزمون پایان ترم (٪۲۵).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Klir, G. J. (2006). *Uncertainty and information: Foundations of generalized information theory* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
[2] Ayyub, B. M., & Klir, G. J. (2006). *Uncertainty modeling and analysis in engineering and the sciences*. Chapman & Hall/CRC.
[3] Barber, D. (2012). *Bayesian reasoning and machine learning*. Cambridge University Press.
[4] Murphy, K. P. (2022). *Probabilistic machine learning: An introduction*. MIT Press.

الف) عنوان درس به فارسی:	**سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Fuzzy Decision Making Systems	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
	حل تمرین:	پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی با مجموعه‌های فازی و توسعه‌های آن، منطق فازی، استنتاج فازی، تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، برنامه‌ریزی ریاضی فازی، تصمیم‌گیری گروهی فازی، سیستم‌های خبره فازی، کنترل فازی، بهینه‌سازی فازی و کاربرد روش‌های فازی در یادگیری ماشین، داده‌کاوی، اینترنت اشیا، سیستم‌های توصیه‌گر و سیستم‌های هوشمند.

پ) سرفصل‌ها:

۱ .مقدمه‌ای بر سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی :مفاهیم عدم قطعیت، ابهام، نظریه مجموعه‌های فازی، انواع توابع عضویت، عملگرهای فازی و اصل تعمیم.

۲ .اعداد و محاسبات فازی :اعداد فازی، حساب فازی، روابط فازی، رتبه‌بندی اعداد فازی، فاصله و معیارهای شباهت.

۳ .منطق فازی و سیستم‌های استنتاج :منطق فازی، قواعد اگر - آنگاه، سیستم‌های استنتاج Mamdani ، Sugenoو Tsukamoto ، فازی‌سازی و غیرفازی‌سازی.

۴ .تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی :روش‌های Fuzzy AHP ، Fuzzy ANP، Fuzzy TOPSIS، Fuzzy VIKOR، Fuzzy ELECTREو تصمیم‌گیری گروهی فازی.

۵ .برنامه‌ریزی ریاضی فازی :برنامه‌ریزی خطی فازی، برنامه‌ریزی آرمانی فازی، برنامه‌ریزی غیرخطی فازی، بهینه‌سازی چندهدفه فازی و برنامه‌ریزی پویا فازی.

۶ .سیستم‌های خبره و استدلال فازی :طراحی پایگاه قواعد، استخراج دانش، استنتاج تقریبی، سیستم‌های خبره فازی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم.

۷ .مدل‌های پیشرفته عدم قطعیت :مجموعه‌های شهودی فازی، نوع دوم، Pythagorean، Fermatean، Hesitantو نظریه مجموعه‌های Rough و.Grey

۸ .تصمیم‌گیری فازی مبتنی بر داده :یادگیری قواعد فازی، سیستم‌های عصبی - فازی(ANFIS) ، خوشه‌بندی فازی، یادگیری ماشین فازی و استخراج دانش.

۹ .بهینه‌سازی و کنترل فازی :کنترل‌کننده‌های فازی، تنظیم پارامترها، الگوریتم‌های تکاملی در سیستم‌های فازی و بهینه‌سازی قواعد.

۱۰ .کاربردهای سیستم‌های تصمیم‌گیری فازی :مدیریت زنجیره تأمین، حمل‌ونقل هوشمند، برنامه‌ریزی تولید، مکان‌یابی، پزشکی، امنیت سایبری، اینترنت اشیا، رباتیک و سیستم‌های توصیه‌گر

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ترکیب سخنرانی‌های تئوری با مثال‌های عملی و پیاده‌سازی کامپیوتری.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی (٪۳۰)، پروژه پایانی (٪۲۵)، آزمون میان‌ترم (٪۲۰)، آزمون پایان ترم (٪۲۵).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Zimmermann, H.-J. (2001). *Fuzzy set theory—and its applications* (4th ed.). Springer.
[2] Ross, T. J. (2016). *Fuzzy logic with engineering applications* (4th ed.). John Wiley & Sons.
[3] Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. Prentice Hall.
[4] Kahraman, C., Cebeci, U., & Onar, S. C. (Eds.). (2022). *Fuzzy multi-criteria decision making: Theory and applications with recent developments*. Springer.
[5] Pedrycz, W., & Gomide, F. (2007). *An introduction to fuzzy sets: Analysis and design*. MIT Press.
[6] Jang, J.-S. R., Sun, C. T., & Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing*. Prentice Hall.

الف) عنوان درس به فارسی:	**فرایندهای تصادفی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Random Process	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	-	پایه ☐	نظری ■
دروس هم‌نیاز:	-	تخصصی الزامی ☐	عملی ☐
تعداد واحد:	۴	تخصصی اختیاری ■	نظری - عملی ☐
	حل تمرین:	پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐	
تعداد ساعت:	۶۴	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐	
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست ☐	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با مفاهیم بنیادین و پیشرفته فرایندهای تصادفی، مدل‌سازی پدیده‌های تصادفی و کاربرد آنها در علوم کامپیوتر، یادگیری ماشین، بهینه‌سازی و علوم تصمیم.

پ) سرفصل‌ها :

۱. مقدمه و مفاهیم پایه: فرایندهای تصادفی، توزیع‌های حاشیه‌ای و شرطی، ایستایی

۲. فرایندهای پواسون و زنجیره‌های مارکوف: تعاریف، طبقه‌بندی حالات، معادلات تعادل

۳. فرایندهای مارکوف پیوسته: فرآیند پواسون، .Birth-Death Processes

۴. فرایندهای گاوسی و حرکت براونی

۵. فرایندهای تجدیدپذیر و .renewal theory

۶. فرایندهای صف :(Queueing Theory) مدل‌های M/M/1 ، M/M/c و کاربردها .

۷. مارتینگل‌ها و کاربرد در یادگیری تقویتی .

۸. شبیه‌سازی و کاربردهای عملی در داده‌کاوی و شبکه‌ها.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف :

سخنرانی تئوری + حل مسائل + شبیه‌سازی با نرم‌افزار و پروژه کاربردی.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (٪۳۰)، آزمون میان‌ترم (٪۳۰)، آزمون پایان ترم (٪۴۰).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه :

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و دسترسی به Python (NumPy, SciPy) یا R برای شبیه‌سازی.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Ross, S. M. (1996). *Stochastic processes* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
[2] Norris, J. R. (1997). *Markov chains*. Cambridge University Press.
[3] Grimmett, G., & Stirzaker, D. (2001). *Probability and random processes* (3rd ed.). Oxford University Press.
[4] Brémaud, P. (2020). *Probability theory and stochastic processes*. Berlin: Springer.

الف) عنوان درس به فارسی:	**شبکه‌های عصبی مصنوعی**		
عنوان درس به انگلیسی:	Artificial Neural Networks	نوع درس و واحد	
دروس پیش‌نیاز:	–	■ نظری	☐ پایه
دروس هم‌نیاز:	-	☐ عملی	☐ تخصصی الزامی
تعداد واحد: ۴	حل تمرین:	☐ نظری – عملی	■ تخصصی اختیاری
			☐ پروژه/ رساله / پایان‌نامه
تعداد ساعت: ۶۴			☐ مهارتی – اشتغال‌پذیری
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)		☐ مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه است	☐ مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه نیست

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

آشنایی دانشجویان با اصول، معماری‌ها و الگوریتم‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی، از مدل‌های پایه تا معماری‌های پیشرفته، با تأکید بر پیاده‌سازی و کاربرد در مسائل واقعی یادگیری ماشین.

پ) سرفصل‌ها :

۱.مقدمه و تاریخچه: نورون مصنوعی، Perceptron، محدودیت‌ها .

۲.شبکه‌های پیش‌خور(Feedforward): Backpropagation ، توابع فعال‌ساز .

۳.بهینه‌سازی Gradient Descent ،: Momentum، Adam، Regularization.

۴.شبکه‌های کانولوشنی :(CNN) معماری، لایه‌های Convolution و Pooling.

۵.شبکه‌های بازگشتی (RNN) و :LSTM مدل‌سازی توالی‌ها .

۶.Autoencoders، GANها و مدل‌های مولد .

۷.شبکه‌های عمیق و یادگیری عمیق ResNet ،: Transformer، Transfer Learning.

۸.کاربردها: بینایی کامپیوتر، پردازش زبان طبیعی، پیش‌بینی و تصمیم‌گیری.

ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف :

سخنرانی + پیاده‌سازی عملی در کلاس + پروژه‌های کاربردی با PyTorch/TensorFlow.

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی و پروژه (۳۰٪)، آزمون میان‌ترم (۳۰٪)، آزمون پایان ترم (۴۰٪).

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه :

کلاس مجهز به ویدئو پروژکتور و دسترسی به رایانه با GPU.

چ) منابع علمی پیشنهادی:

[1] Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
[2] Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (3rd ed.). Pearson.
[3] Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning*. Springer.
[4] Chollet, F. (2021). *Deep learning with Python* (2nd ed.). Manning.

الف) عنوان درس به فارسی:	**مباحث ویژه در علوم تصمیم و دانش**		
عنوان درس به انگلیسی:	Special Topics in Decision Science and Knowledge		
دروس پیش‌نیاز:	–		
دروس هم‌نیاز:	-		
تعداد واحد:	۴	حل تمرین:	
تعداد ساعت:	۶۴		
وضعیت آمایشی/مأموریتی درس (صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)			

نوع درس و واحد			
نظری ■	پایه ☐		
عملی ☐	تخصصی الزامی ☐		
نظری - عملی ☐	تخصصی اختیاری ■		
	پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐		
	مهارتی - اشتغال‌پذیری ☐		

مرتبط با آمایش/مأموریت مؤسسه	مرتبط با مأموریت/آمایش مؤسسه
نیست ☐	است ☐

چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟ سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....

ب) هدف کلی:

پ) سرفصل‌ها:

مباحث پیشرفته یا جدید در محاسبات علمی که با نظر استاد درس و تایید شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده ارائه می‌شود.

ت) روش یاددهی - یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات موردنیاز برای ارائه:

چ) منابع علمی پیشنهادی:

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