جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فنّاوری

برنامه درسی

دوره: دکتری

رشته: مهندسی نقشه برداری

گرایش : ۱- سیستم اطلاعات مکانی ۲- سنجش از دور ۳- فتوگرامتری ۴- ژئودزی

گروه : مهندسی نقشه برداری

پیشنهادی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مصوب جلسه ۸۸۳ مورخ ۱۳۹۶/۰۲/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی

بسم الله الرّحمن الرّحیم

عنوان برنامه: دکتری مهندسی نقشه برداری

تدوین شده توسط دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

۱ـ به استنادآیین نامه واگذاری اختیارات برنامه ریزی درسی مصوب جلسه شماره ۸۸۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی ، برنامه درسی تدوین شده دوره دکتری مهندسی نقشه برداری براساس نامه ۶۱۶۲۲ مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۱۱ از دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی دریافت شد.

۲ـ برنامه درسی فوق در جلسه شماره ۸۸۳ مورخ ۱۳۹۶/۲/۲۳ شورای عالی برنامه ریزی آموزشی به تصویب رسیده است.

۳ـ برنامه درسی مذکور در سه فصل: مشخصات کلی، جدول واحد های درسی و سرفصل دروس تنظیم شده وبرای تمامی دانشگاه ها ومؤسسه های آموزش عالی و پژوهشی کشور که طبق مقررات مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری فعالیت می کنند، برای اجرا ابلاغ می شود.

۴ـ این برنامه درسی از شروع سال تحصیلی ۱۳۹۷ـ۱۳۹۶ به مدت ۵ سال قابل اجراست و پس از آن نیازمند بازنگری می باشد.

مجتبی شریعتی نیاسر

نایب رئیس شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

عبدالرحیم نوه‌ابراهیم

دبیر شورای عالی برنامه‌ریزی آموزشی

جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

دوره دکتری

مهندسی نقشه‌برداری

گروه فنی و مهندسی

فهرست

عنوان صفحه

مقدمه ۱

مشخصات کلی دوره دکتری ۲

۱- تعریف و هدف ۳

۲- نقش و توانایی ۳

۳- طول دوره ۳

۴- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی ۳

برنامه درسی دوره آموزشی دکتری ۴

۱- گرایش سیستم اطلاعات مکانی (GIS) ۵

۱-۱- معرفی گرایش ۵

۱-۲- دروس گرایش ۵

۲- گرایش سنجش از دور ۶

۲-۱- معرفی گرایش ۶

۲-۲- دروس گرایش ۶

۳- گرایش فتوگرامتری ۶

۳-۱- معرفی گرایش ۶

۳-۲- دروس گرایش ۷

۴- گرایش ژئودزی ۷

۴-۱- معرفی گرایش ۷

۴-۲- دروس گرایش ۸

سرفصل دروس ۹

سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته ۱۰

تحلیل مکانی پیشرفته در GIS ۱۲

سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب سرویس‌های مکانی ۱۴

هوش محاسباتی در GIS ۱۷

تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی ۲۰

هستی شناسی مکانی و وب معنایی ۲۲

سیستم‌های اطلاعات مکانی توزیع یافته ۲۴

سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر ۲۶

رایانش مکانی غیرمتمرکز ۲۸

سیستم‌های اطلاعات مکانی فراگیر و خدمات مکان مبنا ۳۰
اطلاعات مکانی مردم گستر و شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا ۳۳
بهینه سازی مکانی با روش‌های فرا ابتکاری ۳۶
سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی ۳۸
دیدارسازی مکانی سه بعدی و واقعیت افزوده ۴۰
سیستم‌های اطلاعات مکانی و مدل‌سازی محیطی ۴۲
برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین ۴۴
داده‌کاوی مکانی ۴۶
فیزیک سنجش از دور ۴۸
فتوگرامتری فضایی ۴۹
سنجش از دور مایکروویو ۵۲
تشخیص الگو از تصاویر سنجش از دور ۵۴
طیف سنجی و پردازش داده‌های ابرطیفی ۵۶
سنجش از دور حرارتی ۵۹
کاربردهای سنجش از دور در مطالعات شهری ۶۱
کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی ۶۲
کاربردهای سنجش از دور در زمین شناسی و پوشش گیاهی ۶۴
سنجش از دور پارامترهای جوی ۶۷
پویشگرهای لیزری پیشرفته: پردازش و کاربردها ۶۹
پردازش و مدلسازی ابر نقاط سه بعدی ۷۱
منطق فازی و شبکه‌های عصبی در فتوگرامتری و سنجش از دور ۷۳
اصول کالیبراسیون دوربین‌های هوایی و فضایی از دیدگاه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور ۷۵
الگوریتم‌های بهینه‌سازی و کاربردهای آن در فتوگرامتری و سنجش از دور ۷۷
تشخیص تغییرات و بروزرسانی نقشه در فتوگرامتری و سنجش از دور ۷۹
فتوگرامتری برد کوتاه پیشرفته ۸۱
فتوگرامتری رقومی ۸۴
رادارگرامتری ۸۷
ماشین بینایی ۸۹
سنسورهای فعال برد کوتاه: تئوری و کاربردها ۹۱
کاربرد رباتیک در مهندسی ژئوماتیک ۹۳
ویدئوگرامتری ۹۵

فتوگرامتری پهپاد مبنا ۹۸
تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری با سیستم‌های اطلاعات مکانی ۱۰۰
مدل‌سازی رقومی زمین ۱۰۲
سیستم تعیین موقعیت جهانی و کاربردهای آن در مهندسی ژئوماتیک ۱۰۴
تئوری تقریب ۱۰۶
آنالیز تنسوری تغییر شکل ۱۰۹
ژئودزی فیزیکی پیشرفته ۱۱۱
ژئودزی هندسی ماهواره‌ای ۱۱۵
ژئودینامیک ۱۱۸
ژئودزی دینامیکی ماهواره‌ای ۱۲۱
ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای ۱۲۳
تلفیق سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای و اینرسی ۱۲۵
هیدروگرافی پیشرفته ۱۲۷
روش‌های عددی در ژئودینامیک ۱۲۹
مکانیک تحلیلی ۱۳۱
آنالیز ذاتی تغییر شکل ۱۳۳
پایدارسازی ۱۳۵
مدل‌سازی ژئودینامیکی ۱۳۷
گرانی‌سنجی ماهواره‌ای ۱۳۹
سنجش از دور با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی ۱۴۱
سیستم‌های مبنا در ژئودزی ۱۴۴
مکانیک محیط‌های پیوسته ۱۴۶
پیش‌بینی عددی وضع هوا ۱۴۸

بسم الله الرحمن الرحیم

مقدمه

مهندسی نقشه‌برداری (Geomatics Engineering) شاخه‌ای از علوم مهندسی است که به تولید، جمع‌آوری، آماده‌سازی، ذخیره‌سازی، پردازش، مدیریت، تحلیل، تلفیق، بازیابی و به اشتراک‌گذاری داده‌های مکان‌مرجع می‌پردازد. این شاخه مهندسی مشتمل بر اصول تئوری و علمی، ابزارها و تکنیک‌های مورد استفاده در نقشه‌برداری زمینی، ژئودزی، فتوگرامتری، سنجش از دور، سیستم‌های اطلاعات مکانی و هیدروگرافی می‌باشد.

پیشرفت شگرف فناوری در دهه اخیر، افق جدید و گسترده‌ای را در رشته مهندسی نقشه‌برداری گشوده است. از آن جمله می‌توان به پیشرفت‌های قابل توجه در زمینه‌ی فناوری اطلاعات و ارتباطات، سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی، ماهواره‌های سنجش از دور، پویشگرهای لیزری زمینی و هوایی، سنجنده‌های قابل نصب روی هواپیماهای بدون سرنشین و ... اشاره نمود. در کنار پیشرفت فناوری، توسعه علوم نظری و ابداع روش‌های محاسباتی و پردازشی نوین منجر به پیشرفت عمده مهندسی نقشه‌برداری شده است.

متناسب با این تحولات و با در نظر گرفتن نیازمندی‌های کشور، لازم است آموزش و پژوهش دانشگاهی مهندسی نقشه‌برداری نیز مورد بازنگری قرار بگیرد. به این منظور پس از به‌هنگام‌رسانی سرفصل‌های دوره کارشناسی پیوسته، و دوره کارشناسی ارشد مهندسی نقشه‌برداری، تدوین سرفصل‌های دوره دکتری از طرف وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی محول گردید. در این راستا، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی در یک فعالیت مشارکتی با حضور اساتید و متخصصین برجسته کشور در دانشگاه‌های مختلف، اقدام به تدوین سرفصل‌های دوره دکتری مهندسی نقشه‌برداری نمود.

نظر بر اینکه برنامه درسی دوره دکتری رشته مهندسی نقشه‌برداری با در نظر گرفتن آئین‌نامه‌های مصوب شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی تدوین و بازنگری شده است، از ذکر مواد و تبصره‌های مندرج در آن آئین نامه خودداری شده است.

مشخصات کلی دوره دکتری

دوره دکتری

۱- تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی نقشه‌برداری بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی است که به اعطای مدرک در این زمینه می‌انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه‌ای خاص در گسترش مرزهای دانش و تحلیل جامع و رفع نیازهای کشور موثر باشند. این دوره مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی با گرایش های زیر می‌باشد.

- سیستم اطلاعات مکانی
- سنجش از دور
- فتوگرامتری
- ژئودزی

محور اصلی فعالیت‌های علمی دوره دکتری به تناسب موضوع تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله تکمیل دانسته‌های داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می‌باشد.

هدف از دوره دکتری مهندسی نقشه‌برداری، ضمن احاطه یافتن بر آثار علمی مهم در یک زمینه خاص از این رشته، رسیدن به یک یا چند مورد از موارد زیر است:

- نوآوری در زمینه‌های علمی، تحقیقات و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- آشنا شدن با روش‌های پیشرفته تحقیق و کوشش برای نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری

۲- نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره دکتری انتظار می‌رود، ضمن اشراف به آخرین یافته‌های نظری و کاربردی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه، راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده از آموزه‌های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و پژوهشی)، راه‌حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه‌ای ارائه نمایند. بخش دیگری از فعالیت فارغ‌التحصیلان این دوره تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی و انجام تحقیقات در مراکز پژوهشی مرتبط می‌باشد که بالطبع انتظار می‌رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش موثری داشته باشند.

۳- طول دوره

طول مدت تحصیل دانشجویان دکتری آموزشی- پژوهشی و پژوهش محور حداقل شش نیم‌سال و حداکثر هشت نیم‌سال تحصیلی است.

۴- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

دوره دکتری مهندسی نقشه‌برداری (آموزشی- پژوهشی و پژوهش محور) شامل ۳۶ واحد به شرح زیر می‌باشد:

- دوره دکتری آموزشی- پژوهشی: ۱۲ واحد آموزشی و ۲۴ واحد پژوهشی (مربوط به تنظیم رساله)
- دوره دکتری پژوهش محور: ۶ واحد آموزشی و ۳۰ واحد پژوهشی (مربوط به تنظیم رساله)

واحدهای آموزشی دوره دکتری از میان دروس تخصصی که به تفکیک گرایش در جداول دروس آمده است اخذ می‌شوند. اخذ مجدد دروسی که دانشجو در یکی از مقاطع تحصیلی قبلی گذرانده است مجاز نیست و جزء واحدهای دوره محسوب نمی‌شود.

برنامه درسی دوره آموزشی دکتری

۱- گرایش سیستم اطلاعات مکانی (GIS)

۱-۱- معرفی گرایش

علوم و سیستم‌های اطلاعات مکانی به بخشی از دنیای علم و فناوری گفته می شود که از سویی به مسائل مربوط به جمع‌آوری، مدیریت، نمایش و تحلیل اطلاعات مکانی می پردازد و از سوی دیگر در جهت حل مشکلات مختلف در مدیریت شهری و منطقه‌ای، محیط زیست، آمایش سرزمین، بهداشت، صنایع و غیره استفاده می‌شود.

بسیاری از سازمان‌های دولتی به نحوی تولید کننده انواعی از اطلاعات مکانی هستند. اغلب سازمان‌ها و وزارتخانه‌ها نظیر نیرو، راه و شهرسازی، جهاد کشاورزی، شهرداری و غیره از این اطلاعات مکانی در جهت حل مسائل خود، تصمیم‌گیری‌های مختلف و انجام امور روزمره استفاده می‌کنند. فارغ التحصیلان رشته GIS می توانند در سازمان‌های تولید کننده اطلاعات جهت ارتقای کیفی اطلاعات تولیدی و بهبود روند تولید اطلاعات، و در سایر سازمان‌ها در رابطه با اخذ، به روز رسانی، مدیریت و استفاده از اطلاعات مکانی فعالیت نموده و موجب بکارگیری بهتر اطلاعات مکانی و علم و فن GIS در جهت حل مشکلات و ارتقای خدمات‌رسانی آن سازمان ها شوند. بخش خصوصی نیز، به عنوان مجری بسیاری از پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای کشور که مرتبط با GIS و اطلاعات مکانی هستند، محل استخدام مناسبی برای فارغ التحصیلان این رشته می‌باشد. همچنین فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری در رشته GIS می‌توانند به امر تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی، و انجام فعالیت‌های پژوهشی مرتبط بپردازند.

۱-۲- دروس گرایش

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته	۳
۲	تحلیل مکانی پیشرفته در GIS	۳
۳	سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب سرویس‌های مکانی	۳
۴	هوش محاسباتی در GIS	۳
۵	تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی	۳
۶	هستی شناسی مکانی و وب معنایی	۳
۷	سیستم‌های اطلاعات مکانی توزیع یافته	۳
۸	سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر	۳
۹	رایانش مکانی غیرمتمرکز	۳
۱۰	سیستم‌های اطلاعات مکانی فراگیر و خدمات مکان مبنا	۳
۱۱	اطلاعات مکانی مردم گستر و شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا	۳
۱۲	بهینه سازی مکانی با روش‌های فرا ابتکاری	۳
۱۳	سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی	۳
۱۴	دیدارسازی مکانی سه بعدی و واقعیت افزوده	۳
۱۵	سیستم‌های اطلاعات مکانی و مدلسازی محیطی	۳
۱۶	برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین	۳
۱۷	داده‌کاوی مکانی	۳

۲- گرایش سنجش از دور

۲-۱-معرفی گرایش

سنجش از دور به بخشی از دنیای علم و فناوری گفته می‌شود که از سویی به مسائل مربوط به اخذ، استخراج و آنالیز اطلاعات کمی و کیفی اشیاء از سطح زمین با استفاده از تصاویر عمدتا ماهواره‌ای می پردازد و از سوی دیگر از این علم و فناوری در جهت حل مشکلات مختلف در کاربردهای متنوعی مانند زمین شناسی، جغرافیا، محیط زیست، مدیریت بحران، هواشناسی، مطالعات شهری، صنایع و غیره استفاده می کند. بسیاری از سازمان‌های دولتی و وزارتخانه‌ها جزو کاربران و استفاده‌کنندگان فنآوری سنجش از دور در کاربردهای متنوع هستند. فارغ التحصیلان رشته سنجش از دور می‌توانند در سازمان‌های مرتبط مانند سازمان فضایی کشور، سازمان نقشه برداری، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، پژوهشکده‌های مرتبط با پردازش داده‌های ماهواره‌ای و ... فعالیت نمایند و موجب بکارگیری بهتر علم و فن سنجش از دور در جهت حل مشکلات و ارتقای خدمات‌رسانی آن سازمان‌ها شوند. بخش خصوصی نیز، به عنوان مجری بسیاری از پروژه-های عمرانی و توسعه‌ای کشور که مرتبط با سنجش از دور هستند، محل استخدام مناسبی برای فارغ التحصیلان این رشته می‌باشد. همچنین فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری در رشته سنجش از دور می‌توانند به امر تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی، و انجام فعالیت‌های پژوهشی مرتبط بپردازند.

۲-۲- دروس گرایش

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فیزیک سنجش از دور	۳
۲	فتوگرامتری فضایی	۳
۳	سنجش از دور مایکروویو	۳
۴	تشخیص الگو از تصاویر سنجش از دور	۳
۵	طیف سنجی و پردازش داده‌های ابرطیفی	۳
۶	سنجش از دور حرارتی	۳
۷	کاربردهای سنجش از دور در مطالعات شهری	۳
۸	کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی	۳
۹	کاربردهای سنجش از دور در زمین شناسی و پوشش گیاهی	۳
۱۰	سنجش از دور پارامترهای جوی	۳
۱۱	پویشگرهای لیزری پیشرفته: پردازش و کاربردها	۳
۱۲	پردازش و مدلسازی ابر نقاط سه بعدی	۳
۱۳	منطق فازی و شبکه‌های عصبی در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۴	اصول کالیبراسیون دوربین‌های هوایی و فضایی از دیدگاه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۵	الگوریتم‌های بهینه‌سازی و کاربردهای آن در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۶	تشخیص تغییرات و بروزرسانی نقشه در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳

۳- گرایش فتوگرامتری

۳-۱-معرفی گرایش

فتوگرامتری علم و فناوری استخراج اطلاعات سه بعدی دقیق و قابل اطمینان از تصاویر رقومی می‌باشد. تصاویر رقومی شامل تصاویر اخذ شده از سکوی ماهواره، هواپیما، پهپاد و یا برد کوتاه می‌باشند. این علم و فناوری در جهت حل مشکلات مختلف در کاربردهای متنوعی

مانند تولید نقشه‌های توپوگرافی و موضوعی در مقیاس‌های مختلف، طرح‌های عمرانی، واقعیت مجازی و بازسازی سه بعدی عوارض، مستند نگاری آثار باستانی، مهندسی پزشکی، صنعتی و غیره استفاده می‌شود.

بسیاری از سازمان‌های دولتی و وزارتخانه‌ها می‌توانند جزو کاربران و استفاده‌کنندگان فناوری فتوگرامتری در کاربردهای متنوع باشند. فارغ التحصیلان رشته فتوگرامتری می‌توانند در سازمان‌های مرتبط مانند سازمان نقشه برداری، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، سازمان ثبت اسناد (کاداستر) و غیره فعالیت نمایند. بخش خصوصی نیز، به عنوان مجری بسیاری از پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای کشور که مرتبط با فتوگرامتری هستند، محل استخدام مناسبی برای فارغ التحصیلان این رشته می‌باشد. همچنین فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری در رشته فتوگرامتری می‌توانند به امر تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی، و انجام فعالیت‌های پژوهشی مرتبط بپردازند.

۳-۲- دروس گرایش

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	فتوگرامتری برد کوتاه پیشرفته	۳
۲	فتوگرامتری رقومی	۳
۳	فتوگرامتری فضایی	۳
۴	رادارگرامتری	۳
۵	ماشین بینایی	۳
۶	سنسورهای فعال برد کوتاه: تئوری و کاربردها	۳
۷	کاربرد رباتیک در مهندسی ژئوماتیک	۳
۸	ویدئوگرامتری	۳
۹	فتوگرامتری پهپاد مبنا	۳
۱۰	تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری با سیستم‌های اطلاعات مکانی	۳
۱۱	مدل‌سازی رقومی زمین	۳
۱۲	سیستم تعیین موقعیت جهانی و کاربردهای آن در مهندسی ژئوماتیک	۳
۱۳	پردازش و مدلسازی ابر نقاط سه بعدی	۳
۱۴	منطق فازی و شبکه‌های عصبی در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۵	اصول کالیبراسیون دوربین‌های هوایی و فضایی از دیدگاه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۶	الگوریتم‌های بهینه‌سازی و کاربردهای آن در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
۱۷	تشخیص تغییرات و بروزرسانی نقشه در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳

۴- گرایش ژئودزی

۴-۱-معرفی گرایش

ژئودزی علم و فناوری تعیین شکل زمین (دریا، خشکی و اتمسفر) در مقیاس‌های جهانی، محلی و منطقه‌ای، تعیین میدان ثقل زمین و تعیین دوران زمین می‌باشد. از جمله فعالیت‌های اصلی این رشته عبارتند از تعیین شکل و ابعاد زمین، تعیین موقعیت سه بعدی دقیق و ناوبری بر روی زمین و خارج آن، تعیین میدان ثقل زمین، هیدروگرافی، مدلسازی و پایش دقیق تغییر شکل سازه‌ها، مدل‌سازی و پایش اتمسفر با استفاده از فناوری ژئودزی فضایی، استفاده از سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای جهانی جهت تعیین سطح زمین و دریاها و تغییرات آن، مطالعه و مدل کردن پدیده‌های ژئودینامیکی نظیر حرکات قطبی، دوران زمین و تغییر شکل پوسته زمین.

در برنامه‌ریزی این دوره، تربیت نیروهای انسانی با هدف‌های زیر مورد توجه قرار دارد:

- توانایی تجزیه و تحلیل سیستم‌های مرتبط با علوم ژئودزی و ژئوماتیک و ارائه پیشنهاد و راهکار جهت ارتقاء و بهینه سازی آن‌ها
- تربیت افراد متخصص جهت انجام فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در مراکز آموزشی و تحقیقاتی مرتبط با علوم ژئودزی و ژئوماتیک
- تلاش در جهت تولید علم و برقراری ارتباط با مجامع معتبر بین‌المللی مرتبط با علوم ژئودزی و ژئوماتیک به منظور بالا بردن سطح علمی کشور

فارغ التحصیلان گرایش ژئودزی قابلیت فعالیت و اشتغال در سازمان نقشه برداری کشور، سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، سازمان ثبت اسناد و املاک کشور، وزارت نفت، وزارت راه و شهرسازی، شرکت‌های مهندسین مشاور و پیمانکار، دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی و پژوهشی را دارا می‌باشند. همچنین فارغ‌التحصیلان مقطع دکتری در رشته ژئودزی می‌توانند به امر تدریس در دانشگاه‌ها و تربیت مهندسین توانمند در دوره‌های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی، و انجام فعالیت‌های پژوهشی مرتبط بپردازند.

۴-۲- دروس گرایش

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	تئوری تقریب	۳
۲	آنالیز تنسوری تغییر شکل	۳
۳	ژئودزی فیزیکی پیشرفته	۳
۴	ژئودزی هندسی ماهواره‌ای	۳
۵	ژئودینامیک	۳
۶	ژئودزی دینامیکی ماهواره‌ای	۳
۷	ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای	۳
۸	تلفیق سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای و اینرسی	۳
۹	هیدروگرافی پیشرفته	۳
۱۰	روش‌های عددی در ژئودینامیک	۳
۱۱	مکانیک تحلیلی	۳
۱۲	آنالیز ذاتی تغییر شکل	۳
۱۳	پایدارسازی	۳
۱۴	مدل‌سازی ژئودینامیکی	۳
۱۵	گرانی‌سنجی ماهواره‌ای	۳
۱۶	سنجش از دور با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی	۳
۱۷	سیستم‌های مبنا در ژئودزی	۳
۱۸	مکانیک محیط‌های پیوسته	۳
۱۹	پیش‌بینی عددی وضع هوا	۳

سرفصل دروس

سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته

Advanced GIS

تعداد واحد: ۳ (نظری)

گرایش: سیستم اطلاعات مکانی

نوع درس: تخصصی- الزامی

جمع ساعات تدریس: ۴۸

پیشنیاز: دروس مبانی سیستم اطلاعات مکانی و تحلیل‌های مکانی از دوره کارشناسی نقشه برداری

همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان دوره دکتری با مبانی نظری سیستم اطلاعات مکانی، زیرساخت داده مکانی، و مراحل طراحی و ایجاد یک سیستم اطلاعات مکانی و پایگاه اطلاعات مکانی می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
طراحی و ایجاد GIS • مروری بر مدیریت و ارکان پروژه • طرح راهبردی سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS Strategic Plan) • مدل‌های طراحی و ایجاد (آبشاری، حلزونی، UML و RUP) • نیاز سنجی در پروژه‌های سیستم‌های اطلاعات مکانی • تدوین استاندارد و دستورالعمل‌های اجرایی • طراحی و پیاده‌سازی پایگاه داده‌های مکانی • جمع آوری، ویرایش و ورود داده‌های مکانی و توصیفی • توسعه نرم افزار (انتخاب محیط، طراحی معماری نرم افزار، ویژه سازی و تست) • اطلاع‌رسانی، آموزش و فرهنگ‌سازی • پشتیبانی و توسعه سیستم	۱۰
زیرساخت داده مکانی (SDI) • اصول، مفاهیم، اجزا و ارکان SDI • سلسله‌مراتب SDI • نسل‌های SDI • تجربیات SDI و ارزیابی SDI • مدل‌ها و تئوری‌های همکاری برای جلب مشارکت در SDI • مروری بر استانداردهای SDI • کاتالوگ سرور و ژئوپورتال • چالش‌های اصلی در توسعه SDI	۱۰
پایگاه اطلاعات مکانی • طراحی پایگاه داده (مدل مفهومی، مدل منطقی و مدل فیزیکی) • نرمالسازی پایگاه داده • زبان‌های پرسش (Query Languages) • فهرست‌گذاری و ذخیره سازی	۱۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• نوع داده مکانی • فهرست گذاری مکانی • پرسش‌های مکانی • مطالعه نمونه‌هایی از سیستم‌های مدیریت پایگاه داده مکانی	
GIS چندبعدی (سه بعدی و زمانمند) • مروری بر مفاهیم GIS سه بعدی • مدل‌های داده سه بعدی و کاربردهای آن‌ها • مروری بر مفاهیم GIS زمانمند • مدل‌های داده زمانمند و کاربردهای آن‌ها	۶
دیداری سازی • مروری بر مفاهیم اولیه دیداری سازی شامل نقشه، عکس- نقشه، نمایش سه بعدی، جنبه های جدید دیداری سازی (واقعیت مجازی، واقعیت افزوده و غیره) • ابزارها و المان‌های کارتوگرافیکی (رنگ، تیرگی، بافت، اندازه، شکل، و جهت) • نحوه نمایش انواع داده (کیفی، کمی، زمانی، و غیره) با ابزارهای کارتوگرافیکی • دیداری سازی به عنوان بخشی از تحلیل‌های مکانی	۴

مراجع:

1- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J. and D.W. Rhind. (2005). Geographic Information Systems and Science. John Wiley (Second Edition).

2- Harmon, J.E., and S.J. Anderson (2003). The Design and Implementation of Geographic Information System. John Wiley.

3- Onsrud, H. (2007), Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts, ESRI Press, Redlands, California, 293 pages.

4- Rigaux, P., Scholl, M.O., and A. Voisard (2002). Spatial databases with applications to GIS. Morgan Kaufmann.

5- Abdol- Rahman A., Pilouk M., 2008, Spatial data modeling for 3D GIS, Springer.

۶- مفاهیم بنیادی پایگاه داده، دکتر محمد تقی روحانی رانکوهی، انتشارات جلوه، ۱۳۸۱

تحلیل مکانی پیشرفته در GIS
Advanced Spatial Analysis in GIS

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: دروس آمار و احتمالات، تئوری خطاها، اجستمنت و تست، مبانی سیستم اطلاعات مکانی و تحلیل‌های مکانی از دوره کارشناسی نقشه برداری
همنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته

هدف: آشنایی با انواع مسائل و مدل سازی مکانی، تجزیه و تحلیل انواع داده‌های مکانی، و طراحی و اجرای روش‌های تحلیل مکانی و مکانی - زمانی.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
تحلیل مکانی و زمین آمار • مروری بر توابع و عملگرهای تحلیل مکانی (توابع حریم، پنجره‌ای، همسایگی و فاصله، همپوشی و جبر نقشه‌ای، عملگرهای برداری و رستری و انواع تبدیل داده) • مفاهیم آماری و زمینِ آمار • ویژگی داده‌های مکانی • خود همبستگی فضائی • وابستگی و همبستگی مکانی • تداخل مکانی • فرایندها و الگوها در تحلیل مکانی • فرایندها و الگوها در تحلیل مکانی	۱۲
تحلیل اکتشافی و مدلسازی مکانی • روش‌های تحلیل اکتشافی در داده‌های مکانی • تست فرضیه و نتیجه‌گیری آماری در تحلیل داده‌های مکانی • تست فرضیه و نتیجه‌گیری آماری در تحلیل داده‌های مکانی • مدل‌های همبستگی مکانی و روش‌های آماری و زمین آماری در مدلسازی مکانی • تشخیص آنومالی و نقاط بحرانی (Hot Spots) در داده‌های مکانی • روش‌های دانش پایه و داده مبنا در مدلسازی مکانی • کاربرد منطق فازی و شبکه‌های عصبی در مدلسازی مکانی • طراحی و اجرای پروژه‌های تحلیل و مدلسازی مکانی	۲۰
تحلیل مکانی و مکانی - زمانی • تجزیه و تحلیل و مدلسازی روندها • روش‌های تحلیل در داده‌های گسسته (نقطه‌ای، خطی و ناحیه‌ای) و پیوسته • تحلیل و کشف الگوهای مکانی- زمانی	۸
بهینه سازی مکانی • انواع مسائل مکانی در بهینه سازی	۴

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• مروری بر روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه سازی • ابزارها و نرم افزارهای موجود • مثالی از کاربردهای بهینه سازی در مسائل مکانی	
داده‌کاوی مکانی • پیش پردازش، پالایش و کاهش ابعاد داده‌ها • فرایندها و مراحل استخراج دانش و قوانین وابستگی‌ها و همبستگی‌ها • طبقه بندی، خوشه بندی و پیش بینی • ابزارها و کاربردهای داده کاوی در مسائل مکانی	۴

مراجع:

1- Oyana, Tony J. and Margai, Florence M. 2016. Spatial Analysis: Statistics, Visualization and Computational Methods, CRC Press, Taylor & Francis Group.
2- O'Sullivan, D. and Unwin, D. 2010. Geographic Information Analysis, J Wiley, New Jersey.
3- Smith, M J de, Goodchild, M.F. and Longley, P. A. 2007. Geospatial Analysis, A comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools, Matador, Leicester, UK.
4- Burrough, P A, & McDonnel, R A 1998. Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, Oxford.
5- Haining, R. 2003. Spatial data analysis, theory and practice. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
6- Longley, P. A, and Batty, M. 2003. Advanced spatial analysis- the CASA book of GIS. ESRI Press, Redlands, CA, USA.
7- Miller, H. and Han, J. (eds.), 2005. Geographic Data Mining and Knowledge Discovery. CRC Press.
8- Fotheringham, A.S., Brundson, C., and M. Charlton (2003). Geographically Weighted Regression, John Wiley & Sons.

سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب سرویس‌های مکانی
Geospatial Web Services and Internet Geographic Information Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز:

گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: این درس مبانی سیستم‌های اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب سرویس‌های مکانی را ارائه می‌کند. تکنولوژی‌های وابسته و پیشرفت‌های اخیر آن از دیگر موارد مطرح در این درس می‌باشد. ساختار و معماری‌های مطرح در این حوزه، مشکلات ناهمگونی و استانداردها و راهکارهای فنی برای دستیابی به تعامل پذیری (با تاکید بر تعامل پذیری نحوی)، فناوری‌ها و ابزارهای توسعه و ایجاد سیستم‌های مکانی تحت اینترنت از اهداف دیگر این درس می‌باشد. در این درس مبانی مورد نیاز درس‌های اختیاری دیگری همچون سیستم اطلاعات مکانی مشارکتی، سیستم اطلاعات مکانی معنایی و پردازش ابری ارائه می‌گردد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مقدمه • تعاریف و تاریخچه • مزایا، معایب و روند گسترش (از دید اقتصادی، فناوری) • اجزای اصلی (Internet GIS ، Distributed GIS و Geospatial Web Services) • اصول وب (HTTP, URL, HTML) • کاربردهای Web GIS و وب‌سرویس‌های مکانی	۴
مبانی شبکه و معماری • مدل‌های ارتباطات (TCP/IP Reference Model OSI) • انواع شبکه ها • معماری شبکه‌ها (دو لایه، سه لایه و چند لایه) • معماری و محاسبات خادم- مخدوم • توزیع پردازش‌ها در خادم و مخدوم (مخدوم سبک، سنگین و ...) • معماری سیتم‌های توزیع یافته DCOM و CORBA (Common Object Request Brakes)، P2P، GRID و Cluster • معماری‌های Web GIS	۱۰
استانداردها • Open GIS • ISO 19101 و ISO/TC 211 • مقایسه استانداردها • استانداردهای تعامل پذیری	۹

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
وب‌سرویس‌های مکانی • مروری بر فعالیت‌های OGC برای دستیابی به تعامل پذیری مکانی • GML • کاتالوگ سرویس تحت وب (CSW) • سرویس ارائه نقشه (WMS) • سرویس ارائه عارضه (WFS) • سرویس ارائه داده‌های پوشش (WCS) • سرویس‌های پردازشی (WPS) • CityGML • سرویس سه بعدی (W3DS) • سرویس‌های سنجنده‌ها (SOS, SPS, ...) • مبانی زنجیره‌سازی وب سرویس‌های مکانی • کیفیت سرویس‌های مکانی و چالش‌های امنیتی آن‌ها • ساختار تعامل میان سرویس‌ها (REST, SOAP)	۹
نقشه سازی تحت وب (Web Mapping) • انتشار نقشه‌های ایستا • انتشار نقشه‌های پویا • مشخصات رابط کاربر	۴
معرفی فناوری‌ها و زبان‌های برنامه نویسی • معرفی فناوری‌های برنامه نویسی سمت مخدوم (JavaScript, AJAX, Adobe Flex, Microsoft Silverlight) • ساختارهای تبادل داده (XML, JSON, AFM) • فناوری‌های سرور کاربردی (IIS, Apache) • معرفی فناوری‌های سرور GIS (ArcGIS Server, Geoserver, Map Server) و زبان‌های تحت خادم (.NET, Java, Python)	۶
مقدمه‌ای بر رایانش مکانی • محاسبات ابری • سیستم اطلاعات مکانی همراه • سیستم اطلاعات مکانی فراگستر • خدمات مکان مبنا	۶

مراجع:

1- Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the internet and wireless networks, by Ming- hsiang Tsou, Zhong- Ren Peng, John Wiley & sons, 2003
2- Online GIS and spatial Metadata, by David Green, Terry Richard, John Bossomaier, CRC Press 2002.
3- Telegeoinformatics, Location- Based Computing and Services, by H.A.Karimi and Hammad (Eds.):", CRC Press, 2004.
4- Dynamic and Mobile GIS by J.Drummond, R.Billen, E.Joae, D. Forrest (Eds.): "CSC Press, 2007.
5- Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability. By Peisheng Zhao and Liping Di, Information Science Reference, 2011.
6- Web Mapping and Geospatial Web Services: An Introduction, by Emmanuel Stefanakis, CreateSpace Publishing Platform, 2015

7- Web GIS, Principles and Applications, by Pinde Fu and Jiulin Sun, ESRI Press, 2011

هوش محاسباتی در GIS
Computational Intelligence in GIS

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: دروس مبانی سیستم اطلاعات مکانی و تحلیل‌های مکانی از دوره کارشناسی نقشه برداری
همنیاز:

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم ریاضی و پایه هوش محاسباتی همچون توپولوژی، گراف و منطق، و نیز مهم‌ترین بخش‌های هوش محاسباتی شامل خودکاره سلولی، عامل و شبکه عصبی می‌باشد. همچنین تشریح کاربردهای این مباحث در علوم اطلاعات مکانی (GIS) بخشی از این درس می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
توپولوژی • روابط مکانی و انواع آن • روابط توپولوژی • تعریف توپولوژی، پیوستگی، هوموموفیسم، ناوردای توپولوژیکی و روابط توپولوژی • مناطق توپولوژی و استخراج روابط توپولوژی • توپولوژی زمانی • مثال‌هایی از کاربرد توپولوژی در اطلاعات مکانی	۶
گراف • تعریف گراف، انواع گراف، انواع دور، گذر، گشت و مسیر • محاسبه ژئودزی در فضای گراف • الگوریتم‌های تعیین بهترین مسیر • مثال هایی از کاربرد گراف در اطلاعات مکانی	۸
نظریه مجموعه و منطق فازی • مقدمه‌ای بر نظریه مجموعه‌ها و منطق کلاسیک • مجموعه فازی، توابع عضویت و عملگرهای مجموعه‌های فازی • اصل گسترش و روابط فازی • موتور استنتاج فازی و سیستم‌های خبره فازی • تئوری فازی شهودی • مثال‌هایی از کاربرد مجموعه و منطق فازی در اطلاعات مکانی	۱۰
اتوماتای سلولی • تعاریف، مبانی و اجزای اصلی مدل‌های اتوماتای سلولی (شامل سلول، حالات، انواع همسایگی ها، و قواعد انتقال) • اتوماتای برداری، اتوماتای سلولی فازی • کاربردهای اتوماتای سلولی در مدل سازی پدیده‌های مکانی زمانی	۳
مدل های عامل مبنا و سیستم‌های اطلاعات مکانی	۱۱

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• تعاریف و مبانی و مثال‌هایی از پدیده‌های مکانی پویا • اهداف، مزایا و محدودیت‌های سیستم‌های عامل مبنا در مدل سازی پدیده های مکانی پویا • طراحی مدل عامل مبنا (تعریف عامل‌ها و ویژگی‌ها، رفتارها، استراتژی‌ها و تعاملات آن‌ها) • اجرا، کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های عامل مبنا • کاربرد مدل عامل مبنا در تصمیم گیری‌های مکانی • مدل‌های عامل مبنای یادگیرنده • زبان‌های برنامه نویسی عامل مبنا و محیط‌های توسعه عامل مبنا	
شبکه‌های عصبی • تعاریف و مبانی و اهداف به کارگیری • مفهوم یادگیری (آموزش) و انواع آن • انواع شبکه‌های عصبی و مزایا و محدودیت‌های آن‌ها در رابطه با مسائل مکانی • کاربردهای شبکه‌های عصبی و GIS در حل مسائل مکانی	۱۰

مراجع:

1- Lin Padgham & Michael Winikoff, (2004), Developing Intelligent Agent Systems, A practical guide, John Wiley & Sons.

2- Engelbrecht A. P., (2007). Computational Intelligence, an Introduction, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England.

3- Munakata T., (2008), Fundamentals of the New Artificial Intelligence: Neural, Evolutionary, Fuzzy and More, Second Edition, Springer- Verlag London.

4- Petry F. E., V. B. Robinson, M. A. Cobb, (2005), Fuzzy Modeling with Spatial Information for Geographic Problems, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

5- Lodwick W., (2008). Fuzzy Surfaces in GIS and Geographical Analysis Theory, Analytical Methods, Algorithms, and Applications, Taylor & Francis Group, LLC. USA.

6- McNeill F. M., E. Thro, (1994). Fuzzy logic: a practical approach, Academic Press, Inc. USA.

7- Liu Y., (2009). Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata, Taylor & Francis Group, LLC, USA.

8- Castle, C; A. Crooks (2006). "Principles and Concepts of Agent- Based Modelling for Developing Geospatial Simulations". Working paper 110, Centre for Advanced Spatial Analysis, University College London.

9- MacAl C.M., M.J. North, (2010), Tutorial on agent- based modelling and simulation. Journal of Simulation 4, 151–162.

10- Valbuena D, P. H. Verburg, A. K. Bregt, (2008). A method to define a typology for agent- based analysis in regional land- use research, Agriculture, Ecosystems and Environment 128: 27–36

11- Mas J.F., H. Puig, J.L. Palacio, A. Sosa- Lo´pez, (2004). Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks, Environmental Modelling & Software 19: 461–471.

12- Barbounis T.G., J.B. Theocharis, (2007a). Locally recurrent neural networks for wind speed prediction using spatial correlation, Information Sciences, 177: 5775–5797.

13- Barbounis T.G., J.B. Theocharis, (2007b). A locally recurrent fuzzy neural network with application to the wind speed prediction using spatial correlation, Neurocomputing, 70: 1525–1542.

14- Li X.; A. Gar- On Yeh, (2002). Neural- network- based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS, International Journal of Geographical Information Science, (16) 4: 323 – 343.

15- Kanungo D.P., M.K. Arora, S. Sarkar, R.P. Gupta, (2006). A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas, Engineering Geology 85: 347–366.

تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی
Spatial Multi - Criteria Decision Making (SMCDM)

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: -

گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با مبانی نظری، مدل‌ها، ابزار و کاربرد تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی و گروهی و نحوه کاربرد آن‌ها در بهبود نتایج حاصل از تحلیل‌های مکانی در حل مسائل تصمیم‌گیری مختلف.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
ارزیابی چندمعیاره مکانی • انواع مسائل از لحاظ ساختاریافتگی و تصمیم‌گیری مکانی • مقدمه‌ای بر ارزیابی و تصمیم‌گیری چند معیاره (مفاهیم، ساختاردهی مسأله، طبقه بندی مسائل تصمیم‌گیری، مدل تصمیم‌گیری، روش‌های نرمال‌سازی، روش‌های وزن‌دهی، روش‌های اولویت بندی) • تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی (SMCDM) • نقش GIS در تحلیل چندمعیاره و روش‌های تولید نقشه معیار در GIS	۱۰
روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره • تئوری MAUT و MAVT • روش های AHP و ANP • روش های Outranking شامل PROMETHEE و ELECTRE • روش‌های مبتنی بر فاصله شامل: TOPSIS و VIKOR • استراتژی‌های تصمیم‌گیری و روش OWA • تحلیل حساسیت در فرآیند تصمیم‌گیری • معرفی برخی نرم افزارها و نمونه‌های کاربردی حل مسائل مکانی با کمک تحلیل چند معیاره	۱۰
روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره فازی • فازی AHP • فازی ANP • فازی OWA • فازی TOPSIS • فازی AHP- TOPSIS	۸
روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه • مبانی بهینه‌سازی و فرایند تصمیم‌گیری چند هدفه • روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه (Multi- Objective Simplex Method، Goal Programming، Weighting methods and e- constraint، ISWT Method) • نمونه‌های کاربردی حل مسائل مکانی با کمک روش‌های تحلیل چند هدفه	۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
تصمیم‌گیری چند معیاری گروهی- مکانی • مقدمه‌ای بر مدل‌ها، فرآیندها و ابزار مشارکت در فرایند تصمیم‌گیری گروهی- مکانی (SGDM) • تصمیم‌گیری گروهی- مکانی مبتنی بر تشریک مساعی (C- SDSS) • روش‌ها و تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره • تصمیم‌گیری مشارکتی و مردم گستر • معرفی برخی نمونه‌های کاربردی تصمیم‌گیری گروهی در حل مسائل مکانی	۱۲

مراجع:

۱- پرهیزکار، ا.، غفاری گیلانده، ع.(مترجم)،۱۳۸۵، "سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل چند معیاری"، انتشارات سمت

(Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley, New York.)

2- Piotr Jankowski and Timothy Nyerges, 2003 Edition.3, Geographic Information Systems for Group Decision Making: Towards a participatory, geographic information science, Taylor & Francis.

3- Jie Lu, Guangquan Zhang, Da Ruan & Fengjie Wu, (2007), Multi- Objective Group Decision Making: Methods, Software and Applications with Fuzzy Set Techniques, Series in Electrical and Computer Engineering - Vol. 6, Imperial College Press.

4- Balramand, S. and Dragievi, S. (eds), (2006), Collaborative Geographic Information Systems, Idea Group Publishing (386 pages), ISBN:1591408458.

5- Piotr Jankowski., 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. Int. J. Geogr. Syst. 9 (3), 251–273.

6- Nolberto Munier, 2011. A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision- Making, Springer.

7- Tzeng, G- H. & Huang, J- J. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, Chapman and Hall/CRC, 2011.

8- Cohon, J.L., Multiobjective Programming and Planning, Dover Publications, 2004.

۹- مقالات در موضوعات مختلف کاربردی (مطالعات موردی)

هستی شناسی مکانی و وب معنایی
Spatial Ontology and Semantic Web

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان دوره دکتری با هستی شناسی، وب معنایی، منطق، کاربردهای هستی شناسی و وب معنایی در دولت الکترونیک.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مقدمه (مروری بر تاریخچه، تعاریف و اهمیت موضوع)	۴
هستی شناسی (Ontology) • اجزای هستی شناسی (اصول متعارف (Axioms)، نمونه‌ها (Instances)، ارتباطات (Relations) و مفاهیم (Concepts)) • انواع هستی شناسی (Domain Ontologies, Metadata Ontologies, Generic Ontologies, Representational Ontologies, Method Ontologies) • ایجاد هستی شناسی (Ontology Scope, Ontology Capture, Ontology Encoding, Ontology Integration, Ontology Evaluation, Ontology documentation) • فناوری‌های هستی شناسی (زبان‌ها و ابزارها)	۸
هم‌ترازیابی هستی شناسی (Ontology Alignment) • ناهمگونی واژه‌ای • ناهمگونی معنایی (Semantic Heterogeneity) • ناهمگونی عملی • روش‌های پایه، نام مبنا، ساختار مبنا، نمونه مبنا، و معنایی	۸
وب معنایی • لایه‌های وب معنایی (Semantic Web Layers) • Unicode+URI • XML+Namespaces • RDF(Models, Elements, Attributes, Schemas) • Ontology • Logic • Proof • Trust • ابزارهای وب معنایی (OWL) • موتورهای جستجوی معنایی (Semantic Web Engine)	۸
دولت الکترونیک • چالش‌های دولت الکترونیک	۴

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• تعامل پذیری • جستجوی معنایی • نقش هستی شناسی مکانی و وب معنایی در ایجاد دولت الکترونیک	
کاربرد منطق در هستی شناسی • منطق گزاره‌ای و منطق محمولات • استنتاج منطقی • معنا در استنتاج منطقی	۸
کاربردها • هستی شناسی برای مکان‌یابی • کاربرد وب معنایی در مدیریت دانش مکانی • کاربرد وب معنایی در سامانه‌های موبایل و بافت آگاه • کاربرد وب معنایی در علوم زیستی	۸

مراجع:

۱- مهدیه قدسی نژاد و علی اصغر آل شیخ (۱۳۹۰). مبانی وب معنایی. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

2- Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e- Commerce and the Semantic Web. by Asuncion Gomez- Perez,Oscar Corcho, and Mariano Fernandez- Lopez, Springer. 2004.

3- Semantic Web: Concepts, Technologies and Applications. by K.K. Breitman,M.A. Casanova, and W. Truszkowski, Springer.2007.

4- Spinning the Semantic Web, Bringing the World Wide Web to Its Full Potential, Edited by Dieter Fensel, James A. Hendler, Henry Lieberman and Wolfgang Wahlster Foreword by Tim Berners- Lee . 2005.

5- Ontology- based and User- centric Spatial Modeling in GIS: Basics, Concepts, Methods, Applications by Abolghasem Sadeghi- Niaraki,VDM Verlag , 2009.

6- The Description Logic Handbook Theory, Implementation and ApplicationsEdited by Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, Peter Patel- SchneiderPublished January 2003

7- Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Network by Zhong- Ren Peng and Ming- Hsiang Tsou, Wiley2003.

8- An Introduction to Ontology 1st Edition by Nikk Effingham .Polity; 1 edition 2013

سیستم‌های اطلاعات مکانی توزیع یافته
Distributed GIS

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز:

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجویان با سیستم‌های اطلاعات مکانی توزیع یافته مکانی، چارچوب‌ها، استانداردها، کاربردها و نیز طراحی آن‌ها به همراه تکنولوژی‌های وابسته و پیشرفت‌های اخیر آن‌ها می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مبانی نظری • مروری بر سیستم‌های توزیع یافته • مزایای سیستم‌های توزیع یافته • تاریخچه و پیشرفت • نمونه‌ای کاربردی از سیستم‌های توزیع یافته ArcGIS Server • پروتکل‌های کنترل ارتباط و انتقال، Remote Procedure Call، Message- Oriented Middleware Publish and Subscribe	۸
چارچوب سیستم‌های توزیع یافته • رابط کاربر و معماری DCOM • رابط کاربر و معماری .NET • رابط کاربر و معماری CORBA • JAVA • ارزیابی معماری‌ها	۱۰
استانداردهای سیستم‌های توزیع یافته • استانداردهای OGC • KML • GeoRSS • JASON	۴
GIS توزیع یافته (Distributed GIS) • اجزای GIS توزیع یافته: جزء داده، جزء نمایش، جزء منطق • مدیریت جریان داده‌ها (data stream management) • توپولوژی شبکه و مدیریت شبکه در سیستم‌های توزیع یافته • مزایا و معایب	۹
طراحی سیستم‌های توزیع یافته • طراحی سرور (Server Design) • برنامه‌نویسی شبکه و نام‌گذاری (Network programming and naming)	۱۱

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• امنیت و تحمل خطا (security and fault tolerance) • باز یافت و Back- up (Recover In Distributed GIS) • کنترل همزمانی (Concurrency Control) • هماهنگ‌سازی و سازگاری (Synchronization and Consistency)	
کاربردهای GIS توزیع یافته در • ترافیک راه‌ها • شهرداری‌ها • هواشناسی	۶

مراجع:

1- Distributed Computing Concepts & Applications. Addison Wesley, 2003
2- Internet GIS: Distributed Geographic Information Services, John Wiley & sons, 2003
3- Distributed GIS: HTML, Local search (Internet), Internet, Geographic information system, Processing, Interface, Web application, Grid computing, Data, Standard, Information technology, Alpha Press , 2010.
4- Distributed GIS: Federation and performance evaluations: High performance, Federated, Service-oriented Geographic Information Systems and Geo- science Applications by Ahmet Sayar . LAP Lambert Academic Publishing و 2009
5- Distributed GIS Technology by Rifaat Abdalla . Springer International Publishing, 2016.

سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر
Ubiquitous GIS (UBGIS)

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز:

هدف: این درس مبانی سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر را ارائه کرده و به تعاریف و مفاهیم، تاریخچه، معماری و کاربردهای آن به تفصیل پرداخته می‌شود. مواردی مانند استانداردسازی و مفاهیم محیط آگاه از دیگر موارد مطرح در این درس می‌باشد. این درس همچنین به ارتباط مباحث فراگستر در نسل چهارم با مفاهیم زیرساخت داده مکانی و واقعیت افزوده می پردازد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
معماری‌ها و استانداردها • تعاریف و مفاهیم رایانش فراگستر و سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر • نسل‌های سامانه‌های اطلاعات مکانی • معماری کلی پیاده‌سازی رایانش فراگستر • خصوصیات انواع معماری‌ها • معماری‌های متمرکز و غیرمتمرکز برای سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر • معماری سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر کاربر مبنا • انواع معماری‌های مرتبط (معماری سرویس، معماری معنایی و آنتولوژی) • استانداردهای سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر (ISO 19133، ISO 19134، ISO 19141 و ISO/TC 204، ISO/TC 211و...)	۱۰
زمینه آگاهی (محیط یا بافت آگاهی) در نسل چهارم • تعریف و دیدگاه‌های مرتبط با زمینه • انواع زمینه/ بافت و استفاده آن در GIS فراگستر • نسل‌های چهارگانه تکامل سامانه‌های اطلاعاتی • نسل چهارم که سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر • سهولت استفاده بر مبنای اطلاعات مکانی Ease- of- use for GI و زمینه آگاهی در نسل چهارم • محدودیت‌های توسعه و پیاده‌سازی زمینه در نسل چهارم • برچسب‌های مکانی Geo- Labels و برچسب‌های مکانی مجازی • روش‌های زمینه جریانی Context Streaming • روش‌های نگاشت زمینه آگاهی Context- Aware Mapping • روش‌های استنتاجی زمینه مبنا • پردازش‌های "در شبکه In- Network Analytics " فراگستر • روش‌های مدل‌سازی و پیاده‌سازی زمینه درGIS فراگستر • پیاده‌سازی و ملزومات روش‌های هم‌ترازی زمینه آگاهی	۱۶

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• نحوه استفاده از مکان و جهت به‌عنوان زمینه • انواع حسگرها (مکانی و حرکتی) • روش‌های کنترل کیفیت و مدل‌سازی عدم قطعیت در GIS فراگستر • پارامترهای کارایی و کیفی حسگرها • شبکه حسگرها (فضای عملیاتی، پوشش، همبندی، ابعاد فضا، انرژی موردنیاز، نوع ارتباط حسگرها، تبادل اطلاعات، استانداردها، توپولوژی شبکه، ....)	
سرویس‌ها و کاربردها • انواع سرویس‌های اطلاعات مکانی فراگستر • خصوصیات سرویس‌ها و کاربردها • سرویس‌های مرتبط با ناوبری • سرویس‌های راه‌یابی • سرویس‌های مکانی برای شهر و خانه فراگستر (U- Home,U- City) • حریم خصوصی در سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر	۱۲
واقعیت افزوده در محیط GIS فراگستر • ساختار و فناوری‌های پایه سیستم واقعیت افزوده • محاسبات هندسی در پیاده‌سازی واقعیت افزوده در محیط فراگستر • پیاده‌سازی واقعیت افزوده در فضای فراگستر • کاربردهای واقعیت افزوده در فضای فراگستر	۶
زیرساخت داده مکانی فراگستر • نسل‌های SDI با تاکید بر نسل زمینه مبنا SDI • زیرساخت داده مکانی فراگستر (USDI) • تجربیات SDI فراگستر در دنیا و چالش‌های آن	۴

مراجع:

1- Ubiquitous Computing Fundamentals by John Krumm, Chapman and Hall/CRC 2009,ISBN: 1420093606.

2- Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions,by Stefan Poslad,Wiley,2009,ISBN 0470035609.

3- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ,اطلاعات مکانی محیط آگاه و حسابگری هرجاگاه، محمدرضا ملک ۱۳۹۱

4- Smart Things: Ubiquitous Computing User Experience Design by Mike Kuniavsky, Morgan Kaufmann, 2010, ISBN: 0123748992.

5- Design and Implementation of Ubiquitous Health System,2015, by V. Razavi&A.Sadeghi Niaraki,ISPRS, Vol. XL- 1/W5.

6- Seng Loke:"Context- Aware Pervasive Systems", Auerbach Publications, 2007.

7- Ontology- based and User- centric Spatial Modeling in GIS: Basics, Concepts, Methods, Applications by Abolghasem Sadeghi- Niaraki,VDM Verlag , 2009, ISBN: 3639186362.

8- Developing Spatial Data Infrastructures: From Concept to Reality by Ian Williamson , Mary- Ellen F . Feeney , and Abbas Rajabifard. CRC Press 2003. ISBN: 978- 0- 415- 30265- 4

رایانش مکانی غیرمتمرکز
Decentralized Spatial Computing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز: سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر (Ubiquitous Computing)

هدف: این درس مبانی «رایانش مکانی غیرمتمرکز» را معرفی می‌نماید. به مفاهیم، تعاریف، انگیزه‌ها و کاربردهای آن به تفصیل می‌پردازد. مبانی و مدل‌های قراردادی و صوری طراحی الگوریتم‌های مکانی غیرمتمرکز را شرح داده و به بررسی و ایجاد الگوریتم‌های بهینه دست می‌یازد. همچنین با ارائه‌ی الگوریتم‌های بنیادین مکانی غیرمتمرکز، راه را برای طراحی الگوریتم‌های پیچیده‌تر و کاربردی‌تر در رایانش فراگستر می‌گشاید. در پایان نیز به شبیه‌سازی، استوارسازی و توسعه‌ی هرچه بیشتر این الگوریتم‌ها تأکید می‌کند. هم نیاز این درس سامانه‌های اطلاعات مکانی فراگستر می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مبانی و اجزا • تعاریف و مفاهیم رایانش مکانی غیرمتمرکز • مفاهیم شبکه‌های حسگر مکانی (Geosensor Networks) • مفاهیم هوش مکانی محیطی • دسته‌بندی و انواع رایانش غیرمتمرکز • خصوصیات انواع معماری‌های متمرکز و غیرمتمرکز	۶
مبانی قراردادی (صوری) • مدل همسایگی مبنا (Neighborhood- based Model) • مدل مکان‌مبنا (Location- based Model) • مدل مکانی- زمانی (Spatiotemporal Model) • ساختارهای همسایگی شامل: گراف دیسکی واحد (UDG)، گراف‌های مسطح مثلث‌بندی دلونی (DT)، گراف گابریل (GG)، گراف همسایگی نسبی (RNG)، درخت‌ها و درخت پوشای کمینه (MST)	۸
مراحل طراحی و آنالیز الگوریتم‌های غیرمتمرکز • تعیین مشخصات الگوریتم‌ها • آنالیزهای پیچیدگی محاسباتی • آنالیزهای پیچیدگی ارتباطی • آنالیز تهاجمی • تکرار طراحی الگوریتم و عیب‌یابی آن	۱۰

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
الگوریتم‌های مکانی غیرمتمرکز • الگوریتم‌های همسایگی مبنا (سیل‌آسا (Flooding)، شایعه‌پراکنی (Gossiping)، ساختار درخت (Tree)، انتخاب رهبر (Leader Election)، روابط توپولوژیکی ناحیه‌ها) • الگوریتم‌های مکان‌مبنا (شبکه‌های هم پوشانی (Overlay Networks)، مسیریابی جغرافیایی (Georouting)، مسیریابی جغرافیایی آزمند و GPSR، مسیریابی وجهی (Face Routing)، تعیین مرزهای ناحیه و چرخه‌های مرزی، توپولوژی اشیای مساحتی پیچیده (Complex Areal Objects)، محاسبه‌ی مساحت و مرکزوار به روش غیرمتمرکز) • الگوریتم‌های مکانی- زمانی (پیشینه‌های محیط‌های پویا، پیشینه‌های اشیای درحال‌حرکت (MO)، رویدادنامه-های محیط‌های پویا، تغییرات توپولوژیکی ناحیه‌ها در طول زمان)	۱۴
رایانش مکانی غیرمتمرکز پیشرفته • شبیه‌سازی الگوریتم‌های مکانی غیرمتمرکز (بسترهای نرم‌افزاری، گردآوری داده‌های آزمایشی، طراحی آزمایش (DoE)، بررسی تجربی مقیاس‌پذیری) • طراحی الگوریتم‌های استوار (Robust Algorithms) (رایانش تحت عدم قطعیت و عدم اطمینان، توازن کارایی و استواری (Efficiency and robustness trade of f)، تاب‌آوری در برابر عیب) • پودمانگی (Modularity) و شکستن الگوریتم به اجزای ساده‌تر • رایانش الهام گرفته از زیست‌شناختی • کاربرد رایانش مکانی غیرمتمرکز در رایانش فراگستر (Ubiquitous Computing) • ارتباط با کاربر خدمات مکانی غیرمتمرکز و دیداری‌سازی خدمات • آنالیز محاسباتی حرکت به روش غیرمتمرکز (CMA)	۱۰

مراجع:

1- M. Duckham, Decentralized Spatial Computing, Springer- Verlag Berlin Heidelberg 2013.
2- P. Laube, Computational Movement Analysis, SpringerBriefs in Computer Sciences, 2014.
3- Santoro, N. Design and Analysis of Distributed Algorithms. Wiley, New Jersey, 2007.
4- Ubiquitous Computing Fundamentals by John Krumm, Chapman and Hall/CRC 2009,ISBN: 1420093606

سیستم‌های اطلاعات مکانی فراگیر و خدمات مکان مبنا
Pervasive GIS and Location Based Services

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز:

هدف: هدف اصلی درس آشنایی دانشجویان با رایانش فراگیر، همه‌جاگاه و خدمات مکان‌مبنا است. دانشجو می‌تواند با استفاده از آن‌ها در پردازش‌ها و آنالیزهای مکانی بخصوص با بکارگیری بافت و شرایط کاربر خدمات و تحلیل‌های مکانی را بهبود و پیشرفت دهد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مفاهیم و مبانی رایانش همراه و همه‌جاگاه • رایانش همراه • رایانش همه‌جاگاه یا فراگیر • خدمات مکان مبنا • تعاریف و دیدگاه‌های مختلف برای تعریف سیستم‌های اطلاعات مکانی همراه و فراگیر • محدودیت‌ها و مشخصات محیط‌های همراه • محدودیت‌ها و مشخصات محیط‌های فراگیر	۸
شبکه‌های بی‌سیم • مبانی شبکه‌های بی‌سیم و مؤلفه‌های اصلی آن • شبکه‌های بی‌سیم وسیع WWAN • شبکه‌های بی‌سیم محلی WLAN • شبکه‌های بی‌سیم شخصی WPAN • شبکه‌های بی‌سیم کلان‌شهری WMAN	۶
روش‌های تعیین موقعیت فراگیر و همراه • تعاریف، مبانی و معماری‌های مختلف • روش‌های شبکه مرکزی • روش‌های کاربر مرکزی • تعیین موقعیت در فضاهای بسته • تعیین موقعیت بدون مرز	۱۰

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
تجهیزات همراه، سنجنده و شبکه حسگر بی‌سیم • انواع سنجنده‌ها از لحاظ فناوری پایه • ملاک‌های ارزیابی سنجنده‌ها • صفحات لمسی و مشخصات آن‌ها • تلفیق سنجنده‌های مختلف با استفاده از پالایه کالمن • شبکه حسگر بی‌سیم (توپولوژی، مقیاس‌پذیری، توان مصرفی گره، امنیت، هماهنگی، تحرک گره، ناهمگنی و کاربردها) • معرفی استانداردهای مرتبط مانند IEEE 802.15.4 • مسیریابی و الگوریتم‌های آن در شبکه حسگر بی‌سیم • مکان‌یابی برای شبکه حسگر بی‌سیم	۸
برنامه نویسی در ناحیه کلاینت • انواع سیستم عامل و طبقه بندی آن‌ها • برنامه‌نویسی با جاوا • نمونه‌هایی از محیط‌ها و زبان‌های برنامه‌نویسی برای انواع سیستم عامل • معماری‌های پیاده‌سازی	۶
خدمات مکان‌مبنا • تعاریف و تاریخچه مبحث • زنجیره تامین در خدمات مکان‌مبنا • بافت و بافت‌آگاهی • انواع بافت و مدلسازی آن‌ها • استفاده از بافت‌های مکانی در خدمات اطلاعاتی • نمونه‌های کاربردی	۱۰

مراجع:

1- H.A.Karimi and Hammad (Eds.): "Telegeoinformatics, Location- Based Computing and Services:, CRC Press, 2004.
2- A.Kupper: "Location- Based Services: Fundamentals and Operation, Wiley, 2005.
3- J.Drummond, R.Billen, E.Joae, D. Forrest (Eds.): "Dynamic and Mobile GIS", CSC Press, 2007.
4- Gartner and Catwright W. and Peterson.M. (Eds.)", Location- Based Services and Teleocartography, 2007.
5- Seng Loke:"Context- Aware Pervasive Systems", Auerbach Publications, 2007.
6- Jane Drummond, Roland Billen, Elsa João, David Forrest (Ed.s): "Dynamic and
7- Mobile GIS, Investigating Changes in Space and Time", CRC Press, Taylor & Francis Group, 2007
8- Judith Symonds (editor):"Ubiquitous and Pervasive Computing: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications", Information Science Reference, 2010
9- H.A. Karimi: "Universal Navigation on Smartphones", Springer, 2011
10- H.A. Karimi: "Indoor Wayfinding and Navigation", CRC Press, 2015
۱۱- محمد رضا ملک: " اطلاعات مکانی هرجاگاه و حساب‌گری بافت‌آگاه"، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، ۱۳۹۱ .ISBN: 978- 600- 6383- 38- 5

۱۲- محمد رضا ملک:" هوش محدوده‌ای مکانی"، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، ۱۳۹۴

اطلاعات مکانی مردم گستر و شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا
Volunteered Geographic Information and Location Based Social Networks (VGI&LBSN)

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته، و سامانه اطلاعات مکانی تحت اینترنت و وب‌سرویس‌های مکانی
همنیاز:

هدف: هدف این درس آموزش مبانی محیط‌های اطلاعاتی بوده که مردم نه تنها مصرف‌کننده، بلکه تولیدکننده اطلاعات نیز هستند. محتوای تولیدی کاربر در حوزه اطلاعات مکانی به شکل اطلاعات مکانی مردم‌گستر و شبکه‌های اجتماعی به صورت روز افزون مورد استفاده قرار می‌گیرند. این درس مبانی مباحث اساسی این حوزه مانند کیفیت اطلاعات، فناوری‌های لازم و موارد مشابه را تشریح می‌کند.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
تعاریف، مفاهیم و اصطلاحات • محتوای مکانی کاربر تولید (User Generated Spatial Content) و جمع‌سپاری (Crowdsourcing) • اطلاعات مکانی مردم‌گستر • شبکه اجتماعی و شبکه اجتماعی مکان مبنا • Citizen Science و eScience و وب مکانی • سامانه‌های مکانی با مشارکت همگانی (PPGIS) • هوش و هوش تجمعی	۸
کلان داده • تعریف، مشخصات حجمی، قالبی و تغییرات زمانی داده • ساختار نیافتگی و سایر چالش‌های پیش‌رو • کلیات رویکرد رایانش در این محیط در مقایسه با محیط‌های اطلاعاتی متداول • اطلاعات مکانی مرم‌گستر به عنوان کلان داده	۴
ویژگی‌ها و مبانی اطلاعات مکانی‌مردم‌گستر • اهمیت اطلاعات مکانی مردم‌گستر • ویژگی‌های اطلاعات مکانی مردم‌گستر • چالش‌های اطلاعات مکانی مردم‌گستر	۳
پروژه‌های اطلاعات مکانی مردم‌گستر • طبقه‌بندی پروژه‌های مردم‌گستر • نمونه‌هایی از پروژه‌های مکانی مردم‌گستر • OpenStreetMap	۲
کیفیت اطلاعات مکانی مردم‌گستر • عناصر کیفیت داده‌های مکانی • کیفیت داده‌های مکانی مردم‌گستر	۳

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
برآورد دقت مکانی داده‌های مکانی مردم‌گستر • تعریف پارامترها • تعیین شاخص دقت موقعیت • انتخاب پارامترهای مناسب • تشریح یک نمونه	۶
مبانی شبکه و شبکه‌های اجتماعی • انواع شبکه • شبکه اجتماعی و مشخصات آن • روابط در شبکه اجتماعی • ارتباط کنشگر با کنشگران دیگر • ارتباط کنشگر با کل شبکه • شبکه اجتماعی مجازی • جایگاه افراد در شبکه اجتماعی	۱۰
شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا • مبانی نظریه گراف • مبانی شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا • انواع شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا • معماری شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا • معرفی نمونه‌هایی از شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا • ویژگی‌های مکانی، زمانی و اجتماعی شبکه‌های اجتماعی مکان مبنا	۶
تحلیل شبکه اجتماعی • طبقه‌بندی انواع تحلیل‌ها • داده در شبکه اجتماعی • تحلیل مکانی بر مبنای روابط اجتماعی • تحلیل مکانی بر مبنای تحلیل رفتار کاربران • الگوریتم‌های توصیه مکان • الگوریتم‌های توصیه افراد • حسابگری شهری	۶

مراجع:

۱- محمد رضا ملک: "اطلاعات مکانی مردم‌گستر: نظریه و کاربرد". انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۵.

2- Nazila Mohammadi and Mohammad Reza Malek: " Artificial intelligence- based solution to estimate the spatial accuracy of volunteered geographic data", Journal of Spatial Science, 60(1), pp. 119- 135, 2015.

3- Nazila Mohammadi and Mohammad Reza Malek: "VGI and Reference Data Correspondence Based on Location- Orientation Rotary Descriptor and Segment Matching", Accepted to publish in Transactions in GIS, DOI: 10.1111/tgis.12116, 2014.

4- "Crowdsourcing Geographic Knowledge Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice", Editors: Daniel Sui, Sarah Elwood, Michael Goodchild, Springer, 2013.

5- "Introduction to Social Network Methods", Robert A. Hanneman , University of California, 2005

6- "THE DEVELOPMENT OF SOCIAL NETWORK ANALYSIS A STUDY IN THE SOCIOLOGY OF SCIENCE", Linton C. Freeman, Emprical Press, 2004.
7- "Social Network Analysis", Christina Prell, SAGE, 2012.
8- "Computing with Spatial Trajectories", Editors: Yu Zheng and Xiaofang Zhou, Springer, 2011.

بهینه سازی مکانی با روش‌های فرا ابتکاری
Spatial Optimization Using Metaheuristic Methods

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته

گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم پایه الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش جمعی و نیز تشریح کاربردهای آن‌ها در علوم اطلاعات مکانی (GIS) با هدف حل مسائل مکانی می‌باشد. ضمن تشریح اصول بهینه‌سازی مکانی، رایج‌ترین و تواناترین انواع الگوریتم‌های فراابتکاری تشریح شده و از آن‌ها جهت حل تعدادی مسئله مکانی نمونه استفاده می‌شود.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مروری بر مفاهیم کلی و روش‌های بهینه سازی • مفهوم بهینه‌سازی و مدل‌های آن (پیچیدگی مسائل و الگوریتم‌ها، بهینه‌سازی‌های چند هدفه، فازی، پویا و ...) • فضای جواب و فضای اهداف و ارتباط آن‌ها • روش‌های بهینه‌سازی (روش‌های ریاضی و دقیق، تقریبی، ابتکاری، فرا ابتکاری)	۴
الگوریتم‌های تک جوابی • مفاهیم مشترک درالگوریتم‌های تک جوابی و مشکلات آن‌ها در حل مسائل مکانی • بازپخت شبیه سازی شده • جستجوی ممنوعه • جستجوی همسایگی متغیر • حل نمونه‌هایی از مسائل مکانی با الگوریتم‌های تک جوابی	۶
حل مسائل مکانی با الگوریتم‌های تکاملی • مفاهیم اولیه و انواع الگوریتم‌های تکاملی • عملگرهای اصلی الگوریتم‌های تکاملی • الگوریتم ژنتیک و کاربرد آن در حل مسائل مکانی • حل نمونه‌هایی از مسائل مکانی با الگوریتم ژنتیک	۸
بهینه‌سازی مکانی گسسته و ترکیبی و الگوریتم کلونی مورچه • فضاهای مکانی گسسته و ترکیبی و ویژگی‌های آن‌ها • تعریف فضای جواب در مسائل مکانی و تشکیل گراف مربوطه • نحوه کارکرد الگوریتم، مفهوم فرمون و به روزآوری آن • انواع و نسخه‌های الگوریتم کلونی مورچه و تفاوت‌های آن‌ها • حل نمونه‌هایی از مسائل مکانی با الگوریتم کلونی مورچه	۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
بهینه‌سازی در فضای پیوسته و الگوریتم ازدحام ذرات • فضاهای مکانی پیوسته و بهینه‌سازی در فضای پیوسته • مفهوم جواب (ذره)، همسایگی و حرکت در فضای جواب در پدیده‌های مکانی • نحوه کارکرد الگوریتم ازدحام ذرات و تعیین پارامترهای الگوریتم • حل نمونه‌هایی از مسائل مکانی با الگوریتم ازدحام ذرات	۶
الگوریتم کلونی زنبور • تعاریف و مفاهیم اولیه • انواع زنبور، رفتار زنبور در طبیعت و الهام‌گیری از آن در فضای الگوریتم • نحوه کارکرد الگوریتم کلونی زنبور و بهبود جواب‌ها در جریان آن • تعریف و تعیین پارامترهای الگوریتم کلونی زنبور در مسائل مکانی • حل نمونه‌هایی از مسائل مکانی با الگوریتم زنبور	۴
بهینه‌سازی مکانی چند هدفه • روش‌های ترکیب اهداف، غالب بودن جواب‌ها و جبهه جواب پارتو • حل مسائل مکانی با الگوریتم NSGAII • حل مسائل مکانی با الگوریتم کلونی مورچه چند هدفه • حل مسائل مکانی با الگوریتم کلونی زنبور چند هدفه • حل مسائل مکانی با الگوریتم PSO چند هدفه	۶
مروری بر سایر الگوریتم‌های موجود و قابلیت‌ها و محدودیت‌های آن‌ها	۶

مراجع:

1- Talbi, E. G. (2009). Metaheuristics: from design to implementation (Vol. 74). John Wiley & Sons.
2- Engelbrecht A. P., (2007). Computational Intelligence, an Introduction, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd, England.
3- Chiong R., T. Weise and Z. Michalewicz, editors: (2011). Variants of Evolutionary Algorithms for Real- World Applications, Springer- Verlag, Berlin/Heidelberg.
4- Bonabeau E., M. Dorigo, G. Theraulaz.(1999). Swarm Intelligence, from Natural to Artificial Systems, Oxford University Press.
5- C. A. C Coello, G. B. Lamont and D. A. Van Veldhuizen, (2007). Evolutionary Algorithms for Solving Multi- Objective Problems, Second Edition, Springer Science+Business Media, LLC.
6- Dereli, T., Seckiner, S.U., Das, G.S., Gokcen, H., and Aydin, M.E., (2009), "An exploration of the literature on the use of 'swarm intelligence based techniques' for public service problems", European Journal of Industrial Engineering, 3(4), 379- 423.
7- Teodorovic D., M.Selmic,T.Davidovic, (2011). Bee Colony Optimization: The Applications Survey, ACM Transactions on Computational Logic Pages 1- 20.
8- Magnus E. and H. Pedersen, (2010). Good Parameters for Differential Evolution, Hvass Laboratories, Technical Report no. HL1002.
9- Magnus E. and H. Pedersen, (2010). Good Parameters for Particle Swarm Optimization, Hvass Laboratories, Technical Report no. HL1001, 2010
10- Ghnemat R., C. Bertelle, and G.H.E. Duchamp. Modeling spatial organization with swarm intelligence processes. International Journal of Bio- Inspired Computation, 2(6):374- 382, 2010.
11- Swagatam D., A. Abraham, and B. K. Panigrahi,(2010). Computational Intelligence: Foundations, Perspectives, and Recent Trends, In: Maulik U., S. Bandyopadhyay, and J. T. L. Wang (Eds.), Computational Intelligence and Pattern Analysis in Biological Informatics, John Wiley & Sons, Inc., 2010.

سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی
Spatial Decision Support System (SDSS)

تعداد واحد: ۳ (نظری) **گرایش:** سیستم اطلاعات مکانی

نوع درس: تخصصی- اختیاری **جمع ساعات تدریس:** ۴۸

پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته و تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی **همنیاز:** -

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجویان با مبانی نظری، مدل‌ها، اجزا، ابزارها و کاربردهای سامانه‌های تصمیم‌یار مکانی در حل مسائل تصمیم‌گیری مختلف می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
سامانه تصمیم یار مکانی (SDSS) • جایگاه سامانه تصمیم‌یار در حل مسائل مکانی • سیر و روند تکامل و توسعه SDSS • انگیزه‌های توسعه SDSS • نقش DSS در توسعه SDSS • نقش GIS در توسعه SDSS	۶
مراحل طراحی و توسعه SDSS • اجزا و مؤلفه‌های SDSS • طراحی و توسعه یک SDSS • انواع SDSS (MADSS، MODSS، GDSS، IDSS، Web- based DSS، SDSS) • روند طراحی و توسعه یک SDSS مبتنی بر وب • معرفی برخی نرم افزارهای SDSS و کاربردهای آن‌ها • چالش‌ها و آینده‌ی SDSS	۱۴
سامانه تصمیم‌یار مشارکتی و مردم گستر • برنامه ریزی مشارکتی • نقشه‌های تعاملی • روند تکامل و اجزای PPGIS • طراحی و توسعه یک PPGIS • تصمیم‌گیری مشارکتی مبتنی بر وب • چالش‌ها و فرصت‌ها در توسعه و کاربرد PPGIS در حل مسائل مکانی • معرفی برخی سامانه‌ها و نمونه‌های کاربردی PPGIS در حل مسائل مکانی	۱۴
سامانه توصیه گر مکانی • اصطلاحات، مبانی و اهداف توصیه‌گری • مدل‌های پایه در سامانه‌های توصیه‌گر • انواع سیستم های توصیه‌گر (مدل مبنا، محتوی مبنا، دانش مبنا و ترکیبی) • فناوری‌های پیاده سازی سیستم‌های توصیه‌گر	۱۴

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• مسائل و چالش‌ها در توسعه سامانه‌های توصیه‌گر مکانی • سامانه‌های توصیه‌گر گروهی • معرفی برخی سامانه‌های توصیه‌گر مکانی و کاربرد آن‌ها	

مراجع:

1- Ramanathan Sugumaran, John DeGroote, 2011, Spatial Decision Support Systems: Principles and Practices, Taylor and Francis Group.

2- Piotr Jankowski and Timothy Nyerges, 2003 Edition.3, Geographic Information Systems for Group Decision Making: Towards a participatory, geographic information science, Taylor & Francis.

3- Balramand, S. and Dragievi, S. (eds), (2006), Collaborative Geographic Information Systems, Idea Group Publishing (386 pages), ISBN:1591408458.

4- Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A. and Friedrich, G. (2010) Recommender Systems: An Introduction. Available at: https://www.cambridge.org/core/books/recommender- systems

۵- مقالات در موضوعات مختلف کاربردی (مطالعات موردی)

دیدارسازی مکانی سه بعدی و واقعیت افزوده
3D Geo- Visualization and Augmented Reality

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته
همنیاز:

هدف: هدف درس آشنایی دانشجویان تحصیلات تکمیلی با مبانی نظری و روش‌های نمایش، تحلیل، کاربرد و تفسیر مدل سه بعدی عوارض در GIS، دیداری‌سازی و کارتوگرافی و کاربرد واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در GIS می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
دیدار سازی اطلاعات مکانی • مروری بر اصول و مفاهیم پایه دیداری سازی و کارتوگرافی (علوم ادراکی، مکعب کارتوگرافی، المانهای گرافیکی و ....) • نمایش توپوگرافی و کاربردهای آن • نمایش اطلاعات آماری در نقشه • مدلسازی، نمایش و تحلیل چندمقیاسی • نمایش پدیده‌ها و فرایندهای زمانی • استفاده از کارتوگرافی برای نمایش نتایج تحلیل‌های مکانی • کارتوگرافی به عنوان ابزار تصمیم‌گیری	۱۲
مدلسازی و پایگاه داده سه‌بعدی • مقدمه‌ای بر GIS سه بعدی و کاربردهای آن • انواع مدل داده سه بعدی • طراحی مفهومی پایگاه داده سه بعدی مبتنی بر TIN • طراحی منطقی پایگاه داده سه بعدی مبتنی بر TIN	۱۰
دیدار سازی اطلاعات مکانی سه بعدی • روش‌های دیدارسازی سه بعدی • پویا نمایی و متحرک سازی سه بعدی • نمایش سه‌بعدی در Web • تحلیل‌ها و کاربردهای 3D GIS	۸
واقعیت مجازی/ افزوده • مبانی نظری و فناوری‌های واقعیت مجازی/ افزوده • ردیابی • ناوبری • محاسبات دیداری در واقعیت مجازی/ افزوده (گرافیک کامپیوتری، rendering، ...) • کالیبراسیون و تثبیت (registration) • تعامل با محیط مجازی/ افزوده	۱۰

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
کاربردهای واقعیت مجازی/ افزوده در GIS • شهر مجازی و کاداستر سه بعدی • مدل سازی ساختمان (BIM) و (3DGIS) • AR مبتنی بر نقشه (دو بعدی و سه بعدی) • دیداری‌سازی در محیط AR • بررسی چند کاربرد نمونه	۸

مراجع:

1- Abdol- Rahman A., Pilouk M., 2008, Spatial data modeling for 3D GIS, Springer.
2- Otto Huisman and Rolf A. de By (editor), 2009, Principles of Geographic Information Systems: An introductory textbook, Published by: The International Institute for Geo- Information Science and Earth Observation (ITC),
3- Stephen Cawood, Mark Fiala,2008, Augmented Reality: A Practical Guide. 1st Edition.
4- Kraak, M. J., & Ormeling, F. (2003). Cartography: Visualization of geospatial data . Harlow.
۵- مقالات مختلف در زمینه کاربرد واقعیت مجازی و واقعیت افزوده در GIS

سیستم‌های اطلاعات مکانی و مدلسازی محیطی
GIS and Environmental Modeling

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته
همنیاز:

هدف: آشنایی با مفاهیم اکوسیستم، توسعه پایدار، تحلیل سیستمی، روش‌ها و مسائل مدلسازی، مدیریت و پایش محیط و چگونگی استفاده از GIS و مدلسازی محیطی برای تجزیه و تحلیل و مدیریت کیفیت و عدم اطمینان در حل مسائل محیطی.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مبانی نظری • اکوسیستم و اکولوژی صنعتی • رویکرد سیستمی در تجزیه و تحلیل مسائل محیطی • اصول و قوانین مهم حاکم بر اکوسیستم‌ها • مفهوم ظرفیت برد و خدمات اکوسیستم • رابطه و جایگاه Geocomputation GIS و مدل‌های محیطیْ در فهم و حل مسائل محیطی	۱۰
روشهای مدلسازی در محیط • تیپ شناسی مدل‌ها • مراحل ساخت مدل • تلفیق GIS و مدل‌های محیطی • مسائل و روش‌های ارزیابی و استفاده از مدل‌ها	۸
انواع مدل‌ها در محیط • رویکرد سیستمی و یکپارچه درمدلسازی • ارزیابی اثرات زیست محیطی، ظرفیت برد و خدمات اکوسیستم • مفاهیم خطر، حساسیت و ریسک • مدل‌های مفهومی و تجربی • مدل‌های استفاده کننده از هوش مصنوعی • مدل‌های شبیه ساز فرآیند	۱۲
مسائل مربوط به کیفیت در مدل‌های محیطی • تاریخچه ارزیابی و مدیریت کیفیت در GIS • اندازه‌گیری کیفیت داده‌های مکانی • مدلسازی خطا و عدم اطمینان در GIS • تحلیل حساسیت در مدل‌های محیطی • طراحی سیستم‌های کنترل و مدیریت کیفیت	۱۰
مسائل و چالش‌های مدلسازی در محیط • چالش مقیاس	۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• چالش الگوریتم • چالش ساختار و کالیبره کردن مدل • چالش ابزارها و نرم افزارها • چالش کیفیت و قابلیت اطمینان مدل‌ها • ابزارها و منابع موجود برای مدلسازی و تصمیم گیری محیطی	

مراجع:

1- Brimicombe, A., 2010. GIS, Environmental Modeling and Engineering. CRC Press.
2- Campacna, M., (editor), 2006. GIS for Sustainable Development. CRC Press.
3- Sanders, L. (editor), 2007. Models in Spatial Analysis. John Wiley.
4- Openshaw, S., and Abrahart, R. J., 2000. Geocomputation. Taylor & Francis, London, UK.
5- Bonham- Carter, G.F., 1994.Geographic Information Systems for Geoscientists, Modelling with GIS. Pergamon, Oxford, 398pp.
6- Demers, M. N., 2002. GIS Modeling in Raster, J Wiley, New York.
7- Guido Guerra and John Lewis, M. 2002. Spatial Optimization and GIS. Mc Gill University, Arc- User April- June.

برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین
Spatial and Land Use Planning

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته
همنیاز:

هدف: هدف این درس آشنایی دانشجویان با تئوری‌ها، مدل‌ها و ابزار برنامه‌ریزی فضایی و آمایش سرزمین و کاربرد عملی آنها در بهبود نتایج حاصل از تحلیل‌های مکانی مختلف می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مدل‌های آمایش سرزمین • مقدمه و مبانی نظری آمایش • رویکردهای برنامه ریزی فضایی • اهداف و دیدگاه‌های آمایش سرزمین • مدل مخدوم • مدل فائو • مدلRIKS • مدل CLUE • مدل What if? • مدل‌های جامع حمل و نقل- کاربری زمین • مدل‌های تجمعی مبتنی بر جاذبه و برهمکنش مکانی • مدل‌های ریزشبیه‌سازی از قبیل (مدل‌های فعالیت- مبنا، مدل‌های عامل- مبنا و مدل‌های مبتنی بر سلول‌های خودکار) • مروری بر مدل‌های مهم آمایش در ایران و سایر کشورها (فرانسه، هلند، و آمریکا)	۱۵
تخصیص کاربری اراضی • مدلسازی تناسب اراضی شامل تناسب فیزیکی، دسترسی، همسایگی و محدودیت‌ها • مدلسازی تقاضا شامل روش‌های آماری، روش‌های برنامه‌ریزی چند هدفه و فرمول‌ها و روابط تجربی • مدلسازی تخصیص اراضی شامل مدلسازی قوانین و ضوابط، روش‌های تعدیل تقاضا و متغیر زمان • تعریف و پیاده‌سازی سناریوهای مختلف تخصیص کاربری	۱۵
مدلسازی تغییرات کاربری اراضی • مدلسازی تغییرات کاربری در سطح منطقه‌ای • مدلسازی تغییرات کاربری در سطح شهری	۶
ارزیابی کاربری اراضی • ارزیابی کاربری در سطح منطقه‌ای • ارزیابی کاربری در سطح شهری	۶
سیستم های حامی برنامه ریزی مکانی (SPSS)	۶

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• اجزای PSS • تلفیق PSS و GIS • اجزای SPSS • انواع SPSS • قابلیت‌های SPSS • کاربردهای SPSS • طراحی و توسعه SPSS • مروری بر ابزارها و نرم افزارهای مرتبط و بررسی دو SPSS نمونه در سطح منطقه‌ای و شهری	

مراجع:

1- F. A. O., 1976. A framework for land evaluation. F.A.O soils bulletin. pb No 32. Rome.

2- Faludi, A. (1973) Planning Theory. Oxford, Pergamon Press.

3- Hagoort, M.J., 2006. The neighbourhoodrules: land- use interactions, urban dynamics and cellular automata modelling. Utrecht University, Utrecht, The Netherlands.

4- Sharifi, Boerboom, et al. (2002). Reader on introduction to planning and scenarion development.

5- Greetman, S., stillwel, J., 2003. Planning Support System in Practice, Springer, Heidelberg.

۶- مخدوم، مجید؛ ۱۳۷۸، شالوده آمایش سرزمین. (چاپ سوم با تجدید نظر کلی)، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۲۰۳.

۷- کلانتری، خلیل (۱۳۸۰)، برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای (تئوریها و تکنیکها)، تهران، انتشارات خوشبین.

۸- شیعه، ا؛ ۱۳۸۹، "مقدمه‌ای برمبانی برنامه‌ریزی شهری،" مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت.

داده‌کاوی مکانی

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: سامانه اطلاعات مکانی پیشرفته

گرایش: سیستم اطلاعات مکانی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز: تحلیل مکانی پیشرفته در GIS

هدف:

داده‌های مکانی منبع بسیار با ارزشی برای کشف روابط منطقی و الگوهای موجود میان پدیده‌ها و عوامل مختلف برای مقاصد مدلسازی و پیش‌بینی هستند. داده‌کاوی مکانی به معرفی روش‌های مختلف استخراج الگوها از میان حجم عظیم داده‌های مکانی می‌پردازد. هدف از این درس آشناسازی دانشجویان با تکنیک‌های داده‌کاوی مکانی می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مقدمه • مثال‌های انگیزشی درباره کاربردهای داده‌کاوی مکانی • فعالیت‌های جاری تحقیقاتی و اجرایی در زمینه داده‌کاوی مکانی • مسائل و چالش‌های داده‌کاوی مکانی مناطق توپولوژی و استخراج روابط توپولوژی	۲
مبانی داده‌کاوی مکانی • تعاریف • ویژگی‌های داده‌کاوی مکانی • هرم داده‌کاوی مکانی • طبقه بندی سیستم‌های داده‌کاوی مکانی (برحسب پایگاه داده مورد استفاده، نوع دانش مورد نظر، روش و یا کاربرد) • داده‌کاوی مکانی در وب • حرکت از داده مکانی به دانش مکانی • نحوه ارایه دانش مکانی	۴
منابع داده • اخذ داده مکانی • فرمت‌های داده مکانی (بردار، رستر و بردار - رستر) • مدل داده‌های مکانی (مدل‌های درختی و شبکه‌ای، رابطه‌ای و شی گرا) • ذخیره‌سازی در پایگاه داده‌های مکانی • انبار داده مکانی • ارایه داده مکانی به صورت سرویس	۴
پیش‌پردازش داده‌ها برای داده‌کاوی مکانی • کشف خطا • کدگذاری داده‌ها	۴

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• روش‌های کاهش داده • روش‌های نرمالسازی داده‌ها • روش‌های پاکسازی و ترمیم داده‌ها • روش‌های ترکیب داده‌ها • گسسته‌سازی و تبدیل داده‌ها	
تکنیک‌های مختلف در داده‌کاوی مکانی • روش‌های آماری • روش‌های گروه‌بندی • درخت تصمیم و قوانین تصمیم • قوانین وابستگی و همبستگی • شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ژنتیک	۱۰
داده‌کاوی مکانی • مفهوم OLAP و ارتباط آن با داده‌کاوی • مفاهیم مکعب داده و مکعب نقشه • روابط مکانی مطرح در داده‌کاوی مکانی • نحوه مدیریت روابط مکانی برای داده‌کاوی مکانی • مدل خود همبستگی مکانی (Spatial Autoregressive Model) • کاوش قوانین وابستگی مکانی (Spatial Association Rule Mining) • روش‌های گروه‌بندی و طبقه‌بندی مکانی (Spatial Clustering) • دیداری سازی مکانی برای داده‌کاوی و کشف دانش • کاربردهای داده‌کاوی مکانی	۲۰
مروری بر ابزارها و نرم‌افزارهای تخصصی در زمینه داده‌کاوی مکانی	۴

مراجع:

1- Miller, H.J., Han, J. (2001).Geographic data mining and knowledge discovery, Taylor & Francis, London and New York, 372 pages.
2- Kantardzic, M. (2003).Data Mining: Concepts, Models, Methods and Algorithms, IEEE Press, Wiley Interscience, 345 pages.
3- Han, J., Kamber, M. (2006).Data Mining: Concepts and Techniques, Elsevier, USA, 770 Pages.
4- Shekhar, S., Lu, C.T., Zhang, P. (2006).A Unified Approach to Detecting Spatial Outliers, GeoInformatica, 7:2, 139- 166.
5- Mennis, J., Guo, D. (2009).Spatial data mining and geographic knowledge discovery- An introduction, Computer, Environment and Urban Systems, 33, 403- 408.
6- Kim, C. (2009). Spatial data mining, Geovisualization, International Encyclopedia of Human Geography, 332- 336.

فیزیک سنجش از دور
Physics of Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی با نور و بر هم کنش آن با محیط و رفتار طیفی مواد در سنجش از دور.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
طبیعت تابش الکترومغناطیسی، شناخت طیف الکترومغناطیسی، معادله موج الکترومغناطیسی، معادلات حاکم بر برهمکنش نور و ماده.	۱۰
امواج همدوس، قطبش، پراکنش و شکست امواج، اثر داپلر، جذب، عبور، بازتابندگی	۶
اصطلاحات و یکاهای تابش سنجی، انرژی تابشی، شارتابشی، چگالی شار ، شدت تابش، تابندگی	۲
طبیعت تابش‌های حرارتی، تابش جسم سیاه، تابش توامان زمین و خورشید	۴
منابع طبیعی تابش، قانون کیرشهف، گسیلمندی	۴
فیزیک، ساختار و مدل سنجنده‌های ماهواره‌ای	۸
جذب و پراکنش درجو	۶
برهمکنش سطوح خشکی با امواج الکترومغناطیسی	۳
برهمکنش سطوح دریا با امواج الکترومغناطیسی	۳
قدرت تفکیک طیفی، رادیومتری، زمانی و مکانی و استفاده از آن‌ها	۲

مراجع:

۱- مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره(ویرایش‌دوم) ۱۳۸۹، دکتر محمدرضامباشری، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

2- Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces, 2004. Shunlin Liang, JOHN WILEY & SONS. INC. PUBLICATIO

3- Schowengerdt, R. A., 1997, Remote Sensing Models and Methods for Image processing, 2e, Academic, MA.

فتوگرامتری فضایی
Space Photogrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با مفاهیم و مدل‌های ریاضی به منظور استخراج اطلاعات موقعیتی از تصاویر ماهواره‌ای.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • توجیه فتوگرامتری فضایی • مروری بر اطلاعات خام در فتوگرامتری و سنجش از دور	۳
سنجنده‌های تصویربرداری • انواع مختلف سنجنده‌ها از نقطه نظر نحوه ثبت تصویر • انواع مختلف سنجنده‌ها از نقطه نظر هندسه تصویربرداری • انواع مختلف سنجنده‌ها از نقطه نظر روند توسعه فناوری ○ سیستم‌های تصویربرداری فتوگرافیک ○ سیستم‌های تصویربرداری مکانیکی- نوری • مروری بر مأموریت‌های مهم فضایی از دیدگاه فتوگرامتری فضایی	۴
سکوهای فضایی • سیستم‌های مختصات C.I. و C.T. • المان‌های کپلری و اغتشاشات مداری • انواع مختلف مدارها با تأکید بر مأموریت‌های فضایی سنجش از دوری ○ Geo- Synchronous Orbits ○ Sun- Synchronous Orbits ○ Exactly Repeating orbits • ارسال اطلاعات به ایستگاه‌های زمینی	۳
مدل‌های ریاضی پارامتریک به منظور تصحیح هندسی تصاویر فضایی • فضای تصویر و پالایش آن با تأکید بر تصاویر فضایی • توسعه مدل شرط هم‌خطی برای تصاویر با هندسه پویا ○ مدل مراکز تصاویر چندگانه ○ مدل پارامترهای اضافه ○ مدل پارامترهای مداری • حل مدل شرط هم‌خطی- ترفیع فضایی • حل مدل شرط هم‌خطی با شبه مشاهدات • حل مدل شرط هم‌خطی- ترفیع فضایی و تقاطع فضایی به صورت همزمان • یکپارچگیری مدل شرط هم‌خطی برای تصاویر خاص	۱۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• هندسه اپی پولار در تصویر با هندسه پویا با تاکید بر تصاویر پوش بروم • چالش‌های پیش رو در تولید مدل رقومی زمین و تصاویر اورتو از تصاویر با هندسه پویا با تاکید بر تصاویر پوش بروم • تولید DEM و Ortho- image از تصاویر پوش بروم در آزمایشگاه به صورت عملی	
مدل‌های ریاضی دوبعدی مبتنی بر درون‌یابی • چند جمله‌ای دو بعدی فراگیر ○ Ordinary Polynomials ○ Orthogonal Polynomials • جبران اثرات ارتفاعی در مدل‌های ریاضی دوبعدی • مدل‌های ریاضی منطقه‌ای و محلی	۶
تبدیلات ریاضی پایه در فتوگرامتری فضایی • هندسه پرسپکتیو و تبدیل پرژکتیو • هندسه موازی و تبدیل افاین • اصلاح و توسعه مدل افاین سه بعدی	۳
مدل‌های ریاضی سه بعدی جایگزین سنجنده (Sensor Replacement Models) • مدل درون‌یاب شبکه‌ای (Grid Interpolation Model) • چندجمله‌ای های سه بعدی • مدل توابع کسری (Rational Function Models- RFM) ○ نرمال‌سازی و حل ضرایب ❖ روش مستقیم ❖ روش تکرار شونده ❖ روش دیفرانسیلی ○ پایدارسازی ○ مدل توابع کسری مستقل و وابسته به زمین ○ بازسازی سه بعدی با مدل توابع کسری (RFM 3D Reconstruction) • مدل فراگیر هندسه تصویر (Universal Image Geometry Model)	۹
بهینه‌سازی و اصلاح مدل توابع کسری • مفاهیم و روش‌های بهینه‌سازی • بهینه‌سازی مکاشفه‌ای – الگوریتم ژنتیک (Heuristic Optimization- Genetic Algorithm) • بهینه‌سازی ساختار توابع کسری با الگوریتم ژنتیک • اصلاح و توسعه مدل توابع کسری ○ روش‌های مستقیم (Direct Refining Methods) ○ روش‌های غیرمستقیم (Indirect Refining Methods) ❖ در فضای زمین ❖ در فضای تصویر	۶

مراجع:

1- Seeber, G., 2003. Satellite Geodesy (2nd completely revised and extended edition), Walter de Gruyter GmbH & Co. Publication, 589 pages.

2- Konecny, G., 2014. Geoinformation, Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information Systems, CRC Press Publication, 414 pages.

3- Li, Z., J. Chen, and S. Baltsavias, 2008. Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book, CRC Press Publication, 527 pages.
4- Li, D., J. Shan, J. Gong, 2009. Geospatial Technology for Earth Observation, Springer Publication, 556 pages.
5- McGlone J.C. (editor), 2013. Manual of Photogrammetry, 6th edition, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1372 pages.

سنجش از دور مایکروویو
Microwave Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان دوره دکتری با مبانی و کاربرد های سنجش از دور مایکروویو (فعال و غیر فعال) و اصول آنالیز تصاویر SAR

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه (مروری بر تاریخچه، تعاریف اولیه و ضرورت استفاده از داده‌های مایکروویو)	۲
مروری بر اصول فیزیک موج و مایکروویو • معادله موج و اجزاء آن • معادلات قطبش • تداخل امواج	۶
مایکروویو غیر فعال • اصول مایکروویو غیر فعال • کاربردها • سکوها و سنجنده‌های مایکروویو غیر فعال	۴
اصول مایکروویو فعال • هندسه تصویربرداری راداری (جهت آزیموت، جهت رنج، طول مایل، طول افق، دامنه نزدیک، دامنه دور، عرض برداشت، زاویه ارسال و زاویه فرود و ...) • خطاهای هندسی (سایه، کوتاه شدگی و خوابیدگی) • پارامترهای رادار • دقت‌ها در جهت رنج و آزیموت • رادارهای غیر تصویری	۶
تشخیص سیگنال و اصول کلی آنتن وسنسورها • تعریف آنتن و انواع آن و قانون برگشت پذیری آنتن • الگوی تشعشعی آنتن • معادله رادار برای اهداف نقطه‌ای و توزیع یافته	۳
پارامترهای موثر هدف و محیط اطراف بر روی سیگنال • بررسی پارامترهای سنجنده (زاویه فرود، فرکانس، پلاریزاسیون و جهت دید) • بررسی پارامترهای هدف (زبری، ضریب دی الکتریک، شکل و زاویه فرود محلی ...) • انواع پراکنش	۶
تصاویر راداری و خصوصیات آن • المان‌های تصویر در پردازش • اسپکل و بررسی پدیده نویز و کاهش نویز در تصاویر SAR	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• نحوه تشکیل تصویر از داده‌های خام • کالیبراسیون تصویر • مدل داده‌های راداری شامل توزیع دامنه، فاز، شدت و اسپکل	
پلاریمتری راداری • تعریف بیضی پلاریزاسیون، بردار جونز و استوکس • توصیفگرهای پلاریمتریک مرتبه اول • توصیفگرهای پلاریمتریک مرتبه دوم • الگوریتم‌های تجزیه هدف • طبقه‌بندی تصاویر پلاریمتری	۶
تداخل سنجی راداری • اندازه‌گیری ارتفاع زمین در هندسه تداخل سنجی راداری • تداخل نما و اصلاح فاز آن • تکنیک تداخل سنجی تفاضلی به روش سنتی • تکنیک پراکنش‌گرهای دائمی	۵
معرفی سکوها و سنجنده‌های راداری • سنجنده‌های هوابرد و فضابرد • سنجنده‌های راداری غیر تصویری	۲
کاربردهای مایکروویو فعال	۲

مراجع:

1- Woodhouse, I. (2006) Introduction to Microwave Remote Sensing. CRC Press; First Edition, 208 p.

2- Richards J. A. (2009) Remote Sensing with Imaging Radar (Signals and Communication Technology). Springer, 381 p.

3- Henderson F. M. and Lewis, A. J. (1998) Principles and applications of imaging radar. Third Edition, Vol. 2, John Wiley & Son Inc., NY, 866 p.

4- Rees, W.G. (2003) Physical Principles of Remote sensing. Second Edition. Cambridge Press, Cambridge, UK. 343 p.

5- Elachi, C. (1988) Spaceborne radar remote sensing: Application and techniques, IEEE press, New York, 255 p.

6- Ulaby, F. T., Moore, R. K. and Fung, A. K. 1982. Microwave remote sensing active and passive. Artech House, Ann Arbor Ltd., Vol. I, II, III.

7- Sullivan, R. J. (2000) Microwave radar, imaging and advanced concepts. Artech House Pub., Boston, 475 p.

8- Elachi, C. and Van Zyl, J. (2006) Introduction to the physics and techniques of Remote Sensing, John Wiley & Son Inc.,552 p.

۹- مبانی سنجش از دور راداری، تالیف: یاسر مقصودی، ساحل مهدوی، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۹۴

تشخیص الگو از تصاویر سنجش از دور
Pattern Recognition from Remote Sensing Images

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: سنجش از دور
نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز:
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مفاهیم، روش‌ها و کاربردهای بازشناسی الگو و استخراج عوارض از تصاویر رقومی.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر تشخیص الگو • سیستم‌های تشخیص الگو • فرآیند تشخیص الگو (تصویربرداری، انتخاب ویژگی، انتخاب مدل، آموزش مدل و ارزیابی)	۲
تئوری تصمیم‌گیری بیز • مقدمه‌ای بر تئوری بیز • طبقه‌بندی با استفاده از احتمالات اولیه و احتمالات ثانویه • طبقه‌بندی با استفاده از حداقل کردن ریسک • تابع توزیع نرمال تک متغیره و چند متغیره • توابع discriminant با استفاده از توزیع نرمال • کران چرنوف و فاصله باتاچاریا • آزمون گوسی بودن	۶
برآورد پارامترهای آماری • برآورد به روش بیشینه احتمال (Maximum Likelihood) • روش بیز • روش Expectation Maximization	۶
روش‌های غیر پارامتریک • برآورد تابع چگالی به روش پنجره parzen • برآورد تابع چگالی به روش روش k همسایه نزدیک	۴

روش‌های آموزش نظارت شده
• طبقه بندی به روش k همسایه نزدیک
• مقدمه‌ای بر طبقه‌بندی با استفاده از شبکه های عصبی
• طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبان (SVM)
  ○ SVM خطی
  ○ SVM غیر خطی
  ○ کرنل
	۱۰

روش‌های آموزش نظارت نشده • اصول خوشه‌بندی • روش k- means • روش fuzzy c- means	۸

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• خوشه‌بندی به روش سلسله مراتبی • خوشه‌بندی به روش‌های Agglomerative و divisive • روش expectation- maximization algorithm • شاخص‌های اعتبارسنجی خوشه‌بندی	
طبقه‌بندی کننده‌های بافت مبنا • استفاده از اطلاعات مجاورت • الگوریتم Label Relaxation • مدل Markov Random Field	۶
روش‌های طبقه بندی ترکیبی • روش‌های ایجاد یک ترکیب(Bagging, Boosting, AdaBoost) • مکانیسم‌های ترکیب • درخت تصمیم‌گیری • روش جنگل تصادفی	۶

مراجع:

Textbook:

1- R. O. Duda, P. E. Hart, D. G. Stork, Pattern Classification, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., 2000.

Other references:

2- S. Theodoridis, K. Koutroumbas, Pattern Recognition, 3rd edition, Academic Press, 2006.
3- K. Fukunaga, Introduction to Statistical Pattern Recognition, Academic Press, 1990.
4- C. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
5- D. Koller, N. Friedman, Probabilistic Graphical Models: Principals and Techniques, MIT Press, 2009.
6- A. Webb, Statistical Pattern Recognition, 2nd edition, John Wiley & Sons, Inc., 2002.
7- T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer, 2003.
8- R. Schalkoff, Pattern Recognition: Statistical, Structural and Neural Approaches, John Wiley & Sons, Inc., 1992.
9- A. K. Jain, R. C. Dubes, Algorithms for Clustering Data, Prentice Hall, 1988.

طیف سنجی و پردازش داده‌های ابرطیفی
Spectrometry and Hyperspectral Data Processing

تعداد واحد: ۳ (نظری) **گرایش:** سنجش از دور

نوع درس: تخصصی- اختیاری **جمع ساعات تدریس:** ۴۸

پیشنیاز: فیزیک سنجش ازدور، تشخیص الگو از تصاویر سنجش ازدور **همنیاز:**

هدف: آشنایی با اصول تشکیل، تصحیح، پردازش و استخراج اطلاعات از تصاویر ابرطیفی سنجش از دور.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مروری بر اصول طیف‌سنجی • مفاهیم فیزیکی و یکاهای طیف‌سنجی • طیف‌سنجی آزمایشگاهی و میدانی ○مدل عملکرد دستگاه‌های طیف‌سنج ○روش‌های اندازه‌گیری ❖ پیکربندی: تک واحدی، دو واحدی ❖ هندسه: دو مخروطی، کسینوسی مخروطی ○عوامل محیطی موثر بر طیف‌سنجی و ملاحظات اجرایی • کتابخانه‌های طیفی و ماهیت اطلاعات جانبی • معرفی کتابخانه‌های طیفی مهم	۸
معرفی داده‌های ابرطیفی و انواع تصحیحات آن • ماهیت تصاویر ابرطیفی (نحوه تشکیل تصویر و عوامل موثر برآن) • تصحیحات تصویر: ضرورت، انواع، روش‌ها • معیارهای رادیومتریک عملکرد یک سیستم ابرطیفی • کالیبراسیون دقیق (فیزیکی) ○تصحیح اثرات طیف خورشیدی ○مدل‌های تصحیحات جوی مدل‌های فیزیکی (Radiative Transfer Models) مثل 6S، FLAASH، ATCOR و ATREM ○مدل‌های تصحیحات توپوگرافی • مدل‌های تجربی یا تصویرمبنا ○روش خط تجربی Empirical Line Method (EML) ○روش بازتاب نسبی میانگین Internal Average Relative Reflectance (IARR) ○روش منطقه همگن Flat Field Correction (FFC) ○مدل‌های تصحیحات توپوگرافی ○نرمالسازی Data Normalization	۳
پیش‌پردازش و کاهش ابعاد داده‌های ابرطیفی • پیش‌پردازش داده‌های ابرطیفی	۹

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○کشف مشاهدات اشتباه وحذف باندهای نویزی ○حذف پیوستار Continuum Removal ○نرم‌سازی و کاهش نویز ○مشتقات طیفی (روش عددی، روش برازش چندجمله‌ای) ○کدگذاری اطلاعات طیفی ○کشف و استخراج ویژگی‌های طیفی (موقعیت، عمق، مساحت و تقارن باندهای جذبی) • انتخاب ویژگی (Feature Selection) ○معیارهای انتخاب ویژگی ○روش‌های کاهش ابعاد و تولید زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها (Feature reduction) • استخراج ویژگی(Feature Extraction) ○روش‌های استخراج ویژگی بدون نظارت(Unsupervised) ○روش‌های استخراج ویژگی با نظارت(Supervised)	
استخراج مشخصات کمی عوارض از داده‌های ابرطیفی • بررسی همبستگی آماری کمیت مورد نظر با باندها یا ویژگی‌های طیفی • مدلسازی کمیت مورد نظر از روی باندها یا ویژگی‌های طیفی همبسته ○برازش خطی Linear Regression ○برازش مولفه‌های اصلی Principal Component Regression ○برازش کمترین مربعات جزیی Partial Least Square Regression ○برازش غیرخطی Non- Linear Regression • معیارهای ارزیابی دقت برازش و تست‌های آماری مربوطه	۴
طبقه‌بندی تصاویر ابرطیفی • فضاهای مختلف در پردازش داده‌های ابرطیفی (فضای تصویر، فضای طیفی، فضای ویژگی، فضای پدیده) • دیدگاه‌های مختلف در طبقه‌بندی داده‌های ابرطیفی ○روش‌های داده‌مبنا (Data Centered)، روش‌های تصویرمبنا (Image Centered) ○روش‌های نظارت‌شده، روش‌های بدون نظارت ○روش‌های قطعی، روش‌های فازی ○طبقه‌بندی، شناسایی اهداف، کشف ناهنجاری، کشف تغییرات ○تشخیص موضوعی پدیده‌ها، تخمین کمی پارامترهای یک پدیده • طبقه‌بندی کننده‌های سنتی- محدودیت‌ها و روش‌های مقابله • معرفی طبقه‌بندی کننده‌های مدرن	۶
شناسایی عوارض از طریق تفسیر طیفی داده‌های ابرطیفی • جستجو و تطبیق طیفی ○جستجو بر مبنای کدگذاری طیفی ○جستجو بر مبنای ویژگی‌های جذبی (روش Spectral Feature Fitting) ○جستجو بر مبنای معیارهای شباهت/عدم شباهت طیفی • معیارهای تمایز طیفی (بررسی تطابق یا عدم تطابق یک طیف با مجموعه‌ای از طیف‌های مرجع)	۵

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
شناسایی اهداف (Target Detection) • معرفی مفهوم Information processed Matched Filter (IPMF) • تکنیک‌های تصویر به زیرفضای قائم (Orthogonal Subspace Projection) ○ A priori OSP ○ A posteriori OSP ○ تکنیک‌های کمینه واریانس مقید خطی (Linearly Constrained Minimum Variance) ○ Constrained Energy Minimization (CEM) ○ Target Constrained Interference Minimized Filter (TCIMF) • تکنیک‌های آماری ○ (Adaptive coherence/cosine estimator (ACE))	۵
کشف ناهنجاری (Anomaly Detection) • الگوریتم‌های مبتنی بر روش Reed- Xiaoli (RX) • الگوریتم‌های مبتنی بر مدل اختلاط گوسی (Gaussian Mixture Model- Based Anomaly Detectors) • الگوریتم‌های مبتنی بر زیرفضاهای طیفی (Subspace Based Anomaly Detectors)	۳
جداسازی طیفی (Unmixing) • مسئله اختلاط طیفی و تعریف اجزاء خالص • مدل‌های اختلاط طیفی خطی و غیر خطی • مراحل اصلی جداسازی طیفی • تخمین ابعاد داده‌های ابرطیفی Virtual Dimensionality of Hyperspectral Data • الگوریتم‌های استخراج اجزاء خالص ○ روش‌های پارامتریک (UTGP، UVQ، UNCLS و ...) ○ روش‌های مبتنی بر تفسیر هندسی (PPI، N- Finder، SPA، SMACC و ...) ○ استفاده از اطلاعات مکانی تصویر در شناسایی اجزاء خالص (روش های مورفولوژیک) • الگوریتم‌های معکوس Inversion Algorithms ○ Un- Constrained ○ Sum to One Constrained ○ Non- Negativity Constrained	۵

مراجع:

1- Chein I. Chang.2007. Hyperspectral Data Exploitation, John Wiley, ISBN: 978- 0- 471- 74697- 3

2- Chein I. Chang.2006. Recent Advances in Hyperspectral and Signal Processing, Transworld Research Network, ISBN: 81- 7895- 218- 1

3- C. I. Chang, Hyperspectral Imaging: Techniques for Spectral Detection and Classification. New York: Kluwer Academic, 2003.

4- F'ukunaga, K., 1990. Introduction to Statistical Pattern Recognition. Academic Press.

5- Richards A. J. , Xiuping J., 200, 4th Edition, Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer, ISBN- 10 3- 540- 25128- 6

سنجش از دور حرارتی
Thermal Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: فیزیک سنجش از دور

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مبانی تئوری سنجش از دور حرارتی و کاربردهای آن.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر سنجش از دور حرارتی • مبانی • طیف الکترومغناطیسی • تاریخچه سنجش از دور حرارتی • نواحی سنجش از دور حرارتی در طیف • پنجره‌های جوی در فروسرخ حرارتی • ناحیه طیفی حساس به بخار آب جوی	۵
اصول سنجش از دور حرارتی • قوانین فیزیکی انتقال انرژی و تابش • جسم سیاه و قانون پلانک • قانون استفان بولتزمن • قانون جابجایی وین- استفان • گسیلندگی • گسیلندگی طیفی • روش‌های محاسبه گسیلندگی طیفی و پهن باند • اثر پیکسل‌های مختلط بر گسیلندگی • دمای درخشندگی • مشخصات حرارتی سطح زمین و اجسام • روش‌های استخراج دمای واقعی از باندهای حرارتی	۱۱

اخذ داده‌های سنجش از دور حرارتی و تفسیر
• آشنایی با سنجنده‌های فرو سرخ حرارتی
  ○ لندست
  ○ استر
  ○ مادیس
  ○ MISR
  ○ AVHRR
• داده‌های شب و روز
• تصویربردارهای حرارتی
	۱۱

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○ چندطیفی ○ ابرطیفی • بررسی خطا در سنجنده‌های حرارتی	
تجهیزات میدانی سنجش از دور حرارتی • طیف‌سنجی حرارتی آزمایشگاهی و میدانی • پرنده‌های بدون سرنشین و سنجش از دور حرارتی • تلفیق تصاویر حرارتی و تصاویر بازتابی سنجش از دور	۶
پردازش و آنالیز تصاویر حرارتی • تصحیحات هندسی • تصحیحات رادیومتریک و جوی • پردازش و آنالیز داده‌های سری زمانی حرارتی • اعتبارسنجی نتایج	۴
چند نمونه از کاربرد سنجش از دور حرارتی در علوم زمین • تشخیص و ماسک ابر • کشف حریق در جنگل و منابع طبیعی • جزایر حرارتی شهری • کاربرد در زلزله • کاربرد در معدن • ارزیابی خسارات وارده به محصولات کشاورزی • رطوبت خاک و محاسبه تبخیر و تعرق • بیلان انرژی • پایش آلودگی با استفاده از باندهای حرارتی • LST • SST	۱۱

مراجع:

1- John R. Jensen, Remote Sensing of environment, 592 pages, 2007.

2- Dale A. Quattrochi, Jeffrey C. Luvall, Thermal Remote Sensing in Land Surface Processing, 440 pages, 2005.

3- Kuenzer, C. and S. Dech, 2013, Thermal Infrared Remote Sensing – Sensors, Methods, Applications. Remote Sensing and Digital Image Processing Series. Volume 17, 572 pp., ISBN 978- 94- 007- 6638- 9.

٤- کاظم علوی پناه، ۱۳۸۸. سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، نشر دانشگاه تهران، ۵۲۴ صفحه، شابک: 978- 964- 03- 5363- 9

کاربردهای سنجش از دور در مطالعات شهری
Applications of Remote Sensing in Urban Studies

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مبانی تئوری سنجش از دور شهری و کاربردهای آن.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه و مباحث تئوریک در زمینه کاربرد شهری سنجش از دور • ساختار ابنیه شهری و نحوه شکل گیری آنها • تعریف مناطق شهری • تعریف زیرساخت‌های مناطق شهری • مفاهیم طیفی تصاویر اخذ شده در مناطق شهری • مفاهیم مکانی و زمانی عوارض شهری در تصاویر اخذ شده	۹
بررسی و ارزیابی سیستم‌های پردازش تصاویر سنجش از دوری در زمینه کاربردهای شهری	۳
طبقه بندی مناطق شهری و استخراج کاربری • تعریف استاندارد لایه های شهری و عوارض • شناسایی و استخراج لایه‌ها و عوارض مناطق شهری • تهیه نقشه توپوگرافی از مناطق شهری با استفاده از داده‌های هوایی و فضایی • تهیه نقشه موضوعی از مناطق شهری با استفاده از داده‌های هوایی و فضایی • طبقه بندی نواحی شهری بر اساس کیفیت زندگی • طبقه بندی و تخمین جمعیت شهری با استفاده از سنجش از دور	۱۸
تشخیص تغییرات در مناطق شهری	۴
قطعه بندی و آنالیز شی‌گرای تصاویر فضایی در محدود شهری	۴
تلفیق داده‌های سنجش از دور در مناطق شهری	۴
بررسی و آنالیز توسعه محدوده‌های شهری در مناطق مختلف	۲
انجام یک پروژه کاربردی سنجش از دور در محدوده‌های شهری	۴

مراجع:

1- Rashed, Tarek, Jürgens, Carsten, Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, 2010, 352pages
2- QihaoWeng, Dale A. Quattrochi, Urban Remote Sensing, 2006 by CRC Press, 432 Pages
3- George Z. Xian, Remote Sensing Applications for the Urban Environment, 2015 by CRC Press, 220 Pages
4- John Jensen, Remote Sensing of the Environment, 2007, 583 pages.

کاربردهای سنجش از دور در مدیریت بلایای طبیعی
Remote Sensing Applications in Natural Disaster Management

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با کاربرد سنجش از دور در شناسایی، پیش بینی و برآورد میزان تخریب ناشی از بلایای طبیعی می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • مقدمه‌ای بر انواع بلایای طبیعی • ضرورت استفاده از سنجش از دور در بلایای طبیعی	۲
کاربرد سنجش از دور در زلزله • ارزیابی سنجنده‌ها (لایدار، رادار، اپتیک) • پیش پردازش‌ها • شناسایی و ارزیابی تخریب عارضه ساختمان • شناسایی و ارزیابی تخریب شریان‌های حیاتی • تولید نقشه تخریب	۸
کاربرد سنجش از دور در سیل (لایدار، رادار، اپتیک) • ارزیابی سنجنده‌ها • پیش‌پردازش‌ها • پیش‌بینی وقوع سیل قبل از وقوع • شناسایی محدوده سیل حین وقوع • برآورد میزان تخریب بعد از وقوع سیل • هدایت عملیات امداد و نجات قبل از وقوع و حین وقوع سیل	۸
کاربرد سنجش از دور در آتش سوزی جنگل‌ها • ارزیابی سنجنده‌ها (لایدار، رادار، اپتیک) • پیش‌پردازش‌ها • بررسی فیزیکی پدیده آتش • پیش‌بینی وقوع آتش در جنگل‌ها • شناسایی آتش در جنگل • پیش‌بینی گسترش آتش و مدل آن • برآورد میزان تخریب بعد از وقوع آتش • بررسی پارامترهای محیطی در وقوع آتش • هدایت عملیات امداد و نجات قبل از وقوع و حین وقوع آتش	۹

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
کاربرد سنجش از دور در پدیده ریزگردها • ارزیابی سنجنده‌ها (لایدار، رادار، اپتیک) • پیش پردازش‌ها • بررسی فیزیکی پدیده گرد و غبار • پیش‌بینی وقوع ریزگردها • شناسایی منبع ریزگردها • پایش ریزگردها و تراکم آنها • بررسی پارامترهای محیطی بر تراکم ریزگردها و مسیر آن • تولید نقشه محدوده خطر ریزگردها برای اهداف سلامت جامعه	۸
دیگر بلایای طبیعی (سونامی، فرونشست، وقوع بهمن و ...)	۴
ابزارهای محاسباتی پیشرفته در سنجش از دور کاربردی بلایای	۳
بررسی سیستم‌های کاربردی سنجش از دوری موجود در زمینه بلایای طبیعی	۲
انجام یک پروژه در سنجش از دور کاربردی بلایای طبیعی	۴

مراجع:

1- Bikila Teklu Wodajo, 2009. Geospatial Analysis of Spaceborne Remote Sensing Data for Assessing Disaster Impacts and Modeling Surface Runoff in the Built- environment, University of Mississippi, 430 pages. ISBN: 1109175795, 9781109175790

2- John C. Pine, 2014. Natural Hazard Analysis: Reducing the impact of Disasters; CRC Press, 338 pages. ISBN 9781482228915

3- Tarek Abushufa, 2011. Evaluating Different Remote Sensing Techniques for Detection of Saharan Dust and Characterisation of Dust Sources, King's College London (University of London), 708 pages.

4- Venkat Lakshmi, 2016. Remote Sensing of Hydrological Extremes, Springer, 251 pages. ISBN: 978- 3319437439.

5- Anupam Pandey, 2012. Flood Damage Assessment: A Remote Sensing and GIS Approach, LAP LAMBERT Academic Publishing, 192 pages. ISBN: 978- 3659150210.

6- John J. Qu, William Sommers, Ruixin Yang, Allen Riebau, Menas Kafatos, 2013. Remote Sensing Modeling and Applications to Wildland Fires, Springer, 374 pages, ISBN: 978- 3642325298.

7- Rees, W. G., 2013. Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press, 460 pages. ISBN: 9780521181167.

8- Jonathan Li, Sisi Zlatanova, Andrea Fabbri (Eds.), 2007. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography: Geomatics Solutions for Disaster Management, Springer publications, 405 pages, ISBN 13 978- 3- 540- 72106- 2.

9- Shailesh Nayak, Sisi Zlatanova (Eds.), 2008, Environmental Science and Engineering: Remote Sensing and GIS Technologies for Monitoring and Prediction of Disasters, 266 pages, ISBN: 978- 3- 540- 79258- 1.

کاربردهای سنجش از دور در زمین شناسی و پوشش گیاهی
Applications of Remote Sensing in Geology and Vegetation

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مفاهیم، روش‌ها و کاربردهای سنجش از دور در حوزه مطالعات زمین‌شناسی و پوشش‌های گیاهی.

شرح درس:

عنوان سرفصل ها	ساعات ارائه
مقدماتی بر مطالعات زمین‌شناسی • کانی‌ها و صخره‌ها • ویژگی‌های ساختاری و طیفی کانی‌ها • روش‌های مطرح زمین‌شناسی در مطالعه کانی‌ها • خاک و تعامل انرژی با آن • پاسخ طیفی خاک و عوامل موثر بر آن	۴
مقدماتی بر طیف‌سنجی کانی‌ها • مفاهیم اولیه در اسپکتروسکوپی کانی‌ها • عوامل جذب • فرآیندهای پراکنش	۴
روش‌های تحلیلی در سنجش از دور چندطیفی زمین شناسی • شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها • اهمیت داده‌های استر در مطالعات زمین‌شناسی • شناسایی صخره‌های هیدروترمال • مراحل پردازش تصویر • روش‌های متداول ○ نسبت‌های باندی، شاخص‌های طیفی، طبقه‌بندی و گرادیان‌های طیفی	۶
روش‌های تحلیلی در سنجش از دور ابرطیفی زمین شناسی • مقدماتی بر سنجش از دور ابرطیفی در زمین شناسی • پیش‌پردازش‌ها • تکنیک‌های انطباق طیفی در زمین شناسی • تکنیک‌های جزء پیکسل در زمین شناسی • اکتشاف کانی‌ها در مناطق پوشیده از گیاه	۸
بررسی ویژگی‌های طیفی گیاهان • مروری بر ساختار فیزیکی- شیمیایی برگ • فاکتورهای اساسی دربازتاب از سطح برگ	۶

عنوان سرفصل ها	ساعات ارائه
• تعامل امواج با پوشش گیاهی • محدوده نوری • محدوده مادون قرمز نزدیک • محدوده مادون قرمز میانی	
مشخصه‌های طیف بازتابندگی پوشش گیاهی: تابع توزیع بازتابندگی دوراستایی (BRDF) • LAI(Leaf Area Index) • LAD(Leaf Area Density) • DBH(Diameter Base Height) • BRDF(Bidirectional Reflectance Distribution Function)	۴
مروری بر مدل‌های انتقال تابشی برگ • مدل‌های انتقال تابشی در سطح برگ • مدل PROSPECT • مدل‌های انتقال تابشی در سطح تاج پوشش • مدل SAIL • مدل Li- Strahler	۴
مطالعه ویژگی‌های زمانی رفتار برگ • مطالعه چرخه‌های فنولوژیک پوشش‌های گیاهی • مطالعه سری زمانی تصاویر در دوره های رشد پوشش گیاهی • کشف تغییرات • مطالعه زیست توده پوشش‌های گیاهی	۲
شاخص‌های گیاهی • شاخص‌های چندطیفی • نسبت‌های باندی ابرطیفی	۶
مطالعه سلامت پوشش گیاهی و مانیتورینگ پوشش‌ها • رگرسیون شاخص‌های پوشش گیاهی با شاخص‌های خشکی گیاهان • استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای ظاهری به منظور شناسایی مناطق خشکسالی • مطالعه آفت‌ها در پوشش‌های گیاهی • طبقه‌بندی چند زمانه و روش‌های سلسله مراتبی جهت تفکیک محصولات کشاورزی	۴

مراجع:

Textbook:

1- J. R. Jensen, Remote Sensing of the Environment. United states of America: Pearson Prentice Hall, Inc., 2007

Other references:

2- R. N. Clark, "Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy " Manual of Remote Sensing, vol. 3, pp. 3- 58, June 25, 1999 1999

3- J. C. R. F.E. Nicodemous, J.J. Hsia, "Geometrical Considerations and Nomenclature for Reflectance," Dr. Sidney Harman, Under Secretary Jordan J. Baruch, Assistant Secretary for Science and Technology, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, Juanita M. Kreps, Secretary1997

4- Van der Meer, F.D., 2012. Multi- and Hyperspectral geologic remote sensing: A review, International Journal of Applied earth observation and geoinformation.

5- Schaepman- strub, G., Schaepman, M.E., Painter, T.H., Dangel, S., Martonchick, J.V., 2006. Reflectance Quantities in Optical Remote sensing- Definition and case studies, Remote Sensing of environment.
6- Sabins, F.F., 1999. Remote Sensing for mineral exploration, ORE GEOLOGY REVIEWS, Elsevier's Science.
7- Milton, E.J., 1987. Principles in field spectroscopy, Review article, INT. J REMOTESENSING.
8- Milton, E.J., Schaepmann, M.E., Anderson, K., Knebuhler, M., Fox, N., 2009. Progress in field spectroscoypy, Remote Sensing of environment.
9- "Introduction to physical geology book, Thompson & Turk,
10- Liang, Shunlin. Quantitative remote sensing of land surfaces. Vol. 30. John Wiley & Sons, 2005.
11- Jones, Hamlyn G., and Robin A. Vaughan. Remote sensing of vegetation: principles, techniques, and applications. Oxford university press, 2010.

سنجش از دور پارامترهای جوی
Remote Sensing of Atmospheric Parameters

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: فیزیک سنجش از دور

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مبانی تئوری سنجش از دور پارامترهای جوی و کاربردهای آن.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه ای بر فیزیک و دینامیک جو • مدار زمین و فصول، عقب افتادگی فصول • ساختار شیمیایی جو • ساختار دمایی جو • ساختار رطوبتی جو • ترمودینامیک جو، تحول‌های جوی، تحول آدیاباتیک، نقطه میعان، دمای تر، دمای شبنم، دمای پتانسیل خشک، دمای پتانسیل هم‌ارز، تولید ابر، نمودار اشتوه، ردگیری توده‌های جوی • رطوبت مطلق، نم ویژه، نسبت آمیزه، رطوبت نسبی • هم‌مقدارها و نیروهای گرادیان و کوریولیس • انواع بادها و جبهه‌های جوی • آشنایی با انواع ابرها • گردش عمومی جو	۱۰
آشنایی با داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک • تجهیزات جمع‌آوری داده‌های جوی در ایستگاه‌های سینوپتیک و دقت آن‌ها • پارامترهای مورد اندازه‌گیری در ایستگاه‌های سینوپتیک و دوره تناوب آن‌ها • کدها و نحوه شناسایی ایستگاه‌های سینوپتیک در سطح جهان • آشنایی با رادیو ساوند و رادارهای هواشناسی	۸
اصول فیزیک سنجش از دور پارامترهای جوی • جسم سیاه و قانون پلانک • قانون استفان بولتزمن • قانون جابجایی وین- استفان • گسیلندگی سطوح • گسیلندگی طیفی و باندی سنجنده‌های مختلف • قوانین فیزیک در انتقال انرژی و تابش در جو • روزنه‌های جوی و کاربرد آنها در اصلاح اثر جو	۱۰
آشنایی با الگوریتم‌های تفسیر و استخراج اطلاعات جوی از تصاویر ماهواره‌ای • ضخامت نوری (عمق اپتیکی) و روش‌های محاسبه و استخراج از تصاویر • استخراج اطلاعات از باندهای حساس به بخارآب جوی در سنجنده‌های مختلف اپتیکی، حرارتی و	۲۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مایکروویو • استخراج اطلاعات در رابطه با سایر گازهای جوی در سنجنده‌های مختلف • استخراج اطلاعات در رابطه با هوآویزهای جوی و روشهای تشخیص آن‌ها • استخراج اطلاعات در رابطه با ابر و خصوصیات فیزیکی آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای در باندهای مختلف • روش‌های تشخیص ابر در مقیاس زیر پیکسل • روش‌های استخراج پروفایل دما و رطوبت جو • روش‌های تشخیص و استخراج اطلاعات وارونگی، منابع آلاینده، ساختار دینامیکی طوفان‌ها، پروفایل فشار، فشار و دمای بالای جو • آشنایی با روش‌های اصلاح اثر جو در تصاویر ماهواره‌ای	

مراجع:

۱- هواشناسی عمومی. هاریس رابرت بایرز. ترجمه تاج‌الدین بنی‌هاشم. بهروز حاجبی، علیرضا بهروزیان. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۷.

۲- آشنایی با فیزیک هوا. محمدرضا مباشری. انتشارات بهنشر (آستان قدس رضوی)۱۳۷۹.

۳- مبانی فیزیک در سنجش از دور و فناوری ماهواره. محمدرضا مباشری. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۱۳۹۳. چاپ سوم

4- Stanley Q Kidder; Thomas H VonderHaar. 1995. Satellite meteorology: an introduction. San Diego: Academic Press, ©1995.

پویشگرهای لیزری پیشرفته: پردازش و کاربردها
Advanced Laser Scanners: Processing and Applications

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با پویشگرهای لیزری و پردازش‌های پیشرفته آن در فتوگرامتری و سنجش از دور

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر پویشگرهای لیزری • بررسی جایگاه پویشگرهای لیزری درمقایسه با دیگر سنجنده‌های سنجش از دور • کاربردهای پویشگرهای لیزری • مقایسه محصولات فتوگرامتری و سنجش از دوری فعال و غیر فعال با محصولات حاصل از پردازش داده-های پویشگرهای لیزری	۳
انواع پویشگرهای لیزری و ویژگی‌های آن‌ها • قواعد الکترو مغناطیسی حاکم بر پویشگرهای لیزری • فاصله سنجی لیزری ودقت آن • خصوصیات بنیادی داده‌های پویشگرهای لیزری • بررسی انواع پویشگرهای لیزری و خصوصیات آن‌ها ○ پویشگرهای لیزری زمینی ○ پویشگرهای لیزری هوایی توپوگرافی چند برگشتی ○ پویشگرهای لیزری هوایی توپوگرافی موج پیوسته ○ پویشگرهای لیزری هوایی هیدروگرافی ○ پویشگرهای لیزری اتمسفری ○ پویشگرهای لیزری اقیانوس‌شناسی ○ پویشگرهای لیزری دستی	۴
مراحل کلی اخذ، پردازش داده‌ها و اصول اندازه گیری	۲
پیش‌پردازش‌های داده‌های پویشگرهای لیزری	۲
فیلترینگ داده‌های پویشگرهای لیزری و تولید زمین لخت • الگوریتم BVMS • الگوریتم Progressive TIN densification • الگوریتم Morphological Filter/Slope Based Filter • الگوریتمMorphological filter • بررسی و آنالیز یک الگوریتم جدید فیلترینگ لایدار • ارزیابی خصوصیات الگوریتم‌های فیلترکردن	۴
اجسمنت نوارها و زمین مرجع نمودن داده‌ها	۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
هندسه و کالیبراسیون سیستم‌های پویشگرهای لیزری	۶
پردازش‌های پیشرفته داده‌های لیزری • در مباحث جنگل و گیاه • در مباحث خطوط انتقال انرژی • در مباحث شهری (استخراج و مدلسازی ساختمان) • در مباحث شهری (استخراج راه) • در مباحث پالایشگاه و آثار باستانی • در مباحث نقشه برداری همراه (Mobile Mapping)	۲۰
کنترل کیفیت و آنالیز دقت محصولات	۳

مراجع:

1- Jie Shan and Charles K. Toth, Topographic laser ranging and scanning : principles and processing, 300 pages, 2009
2- Zhilin Li, Qing zhu, Christopher Gold, 2005, Digital Terrain Modeling: Principles and Method logy, CRC press.
3- Earl F. Barkholder, 2008, The 3D Global Spatial data model, CRC press.
4- George Vosselman, Hans- Gerd Maas, Airborne and Terrestrial Laser Scanning, 342 pages, 2010

پردازش و مدلسازی ابر نقاط سه بعدی
3D Point Cloud Processing and Modeling

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و مبانی پردازش ابر نقاط و چگونگی استخراج اشیاء و مدلسازی از ابر نقاط.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر پردازش ابر نقاط • ضرورت پردازش ابر نقاط • کلیات پردازش ابر نقاط • معرفی PCL و آشنایی با برنامه‌نویسی پردازش ابر نقاط • کاربردها	۴
نمونه‌برداری و انتخاب نقاط کلیدی • Sampling • Subsampling • resampling	۳
فشرده‌سازی و وافشاری (Compression and decompression) • باز نمونه‌گیری (Resampling) • فیلترینگ • تهیه Look Up Table ○ کمی سازی برداری (Vector Quantization) ○ تولید دفترچه کد (Codebook) • ذخیره‌سازی سلسله مراتبی (Hierarchy) • وافشاری (Decompression)	۸
تشخیص اشیاء • استخراج عوارض • توصیف ابر نقطه • تناظریابی • هم مرجع سازی • الگوریتم ICP (Iterative Closet Point)	۸
تولید مدل رقومی سطح از ابر نقاط • انواع مدل سه بعدی • مدلسازی در داخل ابر نقطه • تولید پلات دو بعدی • تولید پلات سه بعدی	۱۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• روش‌های تولید mesh • بازسازی سه بعدی اتوماتیک	
تولید بافت روی مدل سه بعدی (Visualization) • نمایش ابر نقطه به فرم تصویر عمق • رندرینگ سه بعدی • تلفیق ابر نقطه و تصویر • ایجاد بافت	۶
مدلسازی سه بعدی ساختمان ها • روندها اتوماتیک تشخیص عوارض ساختمان ○ در ○ پنجره ○ سقف ○ کف و طبقات ○ دیوار • نرم افزارهای پردازش ابر نقطه ○ Cyclone ○ Geomagic	۹

مراجع:

1- Roy L. Streit, 2010, Poisson Point Processes:Imaging, Tracking, and Sensing,
2- ISBN 978- 1- 4419- 6922- 4, 280 pages. (Book)
3- Raphaële Héno and Laure Chandelier, 2014, 3D Modeling of Buildings: Outstanding Sites, First Edition, Chapter 5: Point Cloud Processing, Published by ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
4- Ruwen Schnabel, 2009, Efficient Point- Cloud Processing with Primitive Shapes, Bonn University, Germany, PhD Thesis.

منطق فازی و شبکه‌های عصبی در فتوگرامتری و سنجش از دور

Fuzzy Logic and Artificial Neural Networks in Photogrammetry and Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با مبانی تئوری شبکه‌های عصبی و منطق فازی و زمینه های کاربردی آن در فتوگرامتری و سنجش از دور.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
منطق فازی • مقدمه‌ای بر منطق فازی • مجموعه‌های فازی و عملیات اساسی بر روی مجموعه فازی • عملگرهای فازی اشتراک و اجتماع فازی • روابط فازی و اصل توسعه • قواعد فازی و متغیرهای زبانی • استنتاج فازی و پایگاه قوانین • فازی ساز و غیر فازی ساز • کاربرد منطق فازی در طبقه بندی تصاویر فتوگرامتری و سنجش از دور • کاربرد منطق فازی در شناسایی لبه ها در تصاویر فتوگرامتری و سنجش از دور • کاربرد منطق فازی در یکنواخت سازی هیستوگرام	۲۲
شبکه‌های عصبی • مقدمه‌ای بر شبکه‌های عصبی و شبکه پرسپترون • توابع فعالیت، تابع هزینه و ابعاد شبکه • آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی o الگوریتم پس از انتشار خطا Back Propagation • شبکه‌های خود سازمانده SOM • شبکه‌های Hopefield • شبکه‌های RBF • بررسی نحوه انتخاب پارامترهای شبکه • کاربرد شبکه‌های عصبی در طبقه بندی تصاویر فتوگرامتری و سنجش از دور • کاربرد شبکه‌های عصبی در تقریب توابع • کاربرد شبکه‌های عصبی در شناسایی لبه‌ها	۲۰
سیستم‌های نرو- فازی در فتوگرامتری و سنجش از دور	۶
انجام یک پروژه در یکی از کاربردهای شبکه‌های عصبی و فازی در فتوگرامتری و سنجش از دور	...

مراجع:

1- Arun D. Kulkarni, Computer Vision and Fuzzy- Neural Systems Prentice Hall, 2001, 503 pages.

۲- محمد باقر منهاج، ۱۳۹۳، هوش محاسباتی – جلد اول: مبانی شبکه های عصبی، نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۷۱۶ صفحه شابک: 978-964-463-087-3

۳- محمد باقر منهاج، ۱۳۹۴، هوش محاسباتی – جلد سوم: محاسبات فازی، نشر دانش نگار، ۶۴۰ صفحه شابک: 978-964-5777-91-1

اصول کالیبراسیون دوربین‌های هوایی و فضایی از دیدگاه مهندسی فتوگرامتری و سنجش از دور

Calibration of Aerial and Space Cameras From Photogrammetry and Remote Sensing Point of View

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان دوره کارشناسی ارشد و دکتری با مفاهیم و اصول کلی کالیبراسیون هندسی و رادیومتریک دوربین‌های هوایی و فضایی در محدوده نور اپتیک و مادون قرمز نزدیک.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مروری بر فرآیند طراحی و ساخت دوربین‌های سنجش از دوری	۳
بررسی وضعیت فعلی ماهواره‌های عملیاتی با ماموریت فتوگرامتری و سنجش از دور از نقطه نظر فنی	۱.۵
ضرورت، اهداف و مفاهیم اصلی کالیبراسیون دوربین‌های هوایی و فضایی	۱.۵
استانداردها و دستورالعمل‌های کالیبراسیون	۱.۵
انواع کالیبراسیون از دیدگاه محیط انجام کار • کالیبراسیون آزمایشگاهی • کالیبراسیون میدانی • کالیبراسیون درون سنجنده‌ای	۳
انواع کالیبراسیون از دیدگاه نوع سکو • کالیبراسیون سنجنده‌های هوایی • کالیبراسیون سنجنده‌های ماهواره‌ای	۳
تجهیزات مورد نیاز کالیبراسیون	۳
سایت‌های کالیبراسیون میدانی و ویژگی‌های آنها	۱.۵
کالیبراسیون هندسی دوربین‌های تصویربرداری (با آرایش صفحه‌ای و خطی) • شکل و اندازه پیکسل • کالیبراسیون فاصله کانونی • اعوجاجات عدسی • قدرت تفکیک مکانی عدسی‌ها و سیستم تصویربرداری • تعیین مختصات نقطه اصلی	۶
کالیبراسیون رادیومتریکی و طیفی سنجنده‌های تصویربرداری • کارایی سنجنده در تشکیل تصویر • کالیبراسیون رادیانس	۹

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• کالیبراسیون طیفی • کالیبراسیون مطلق • کالیبراسیون نسبی • کالیبراسیون بین سنجنده‌ای	
کالیبراسیون سنجنده‌های راداری • کالیبراسیون آزمایشگاهی • کالیبراسیون رادیومتریکی میدانی ○ اهداف گسترده ○ اهداف نقطه ای • کالیبراسیون هندسی میدانی ○ اهداف گسترده ○ اهداف نقطه ای	۱۲
مروری بر اهم ماموریت‌های کالیبراسیون دوربین‌های عملیاتی	۳

مراجع:

1- Remote Sensing Calibration Systems (An Introduction), H.S. Chen,1996 ,ISBN 0- 937194- 38- 7
2- Post- Launch Calibration of Satellite Sensors, S.A. Morian and A. M. Budge, 2003, ISBN 9058096939
3- Calibration Test Sites Selection and Characterisation – WP210, Philippe BLANC, 2008, VEGA Group PLC, Hard Copy File name:TN- WP210- 001- ARMINES- Ed0.2.doc
4- Calibration Test Sites Selection and Characterisation – WP210, Sebastien Saunier, Sultan Kocaman, 2008, VEGA Group PLC, Hard Copy File name: CALIB- TN- WP210- GAEL_ETH_001.doc
5- Calibration Test Sites Selection and Characterisation – WP221- WP223, Richard SANTER; Béatrice BERTHELOT;, 2009, VEGA Group PLC, Hard Copy File name: CALIB- TN- WP221- 223- VEGA_001.doc
6- Radiometric Calibration of Ikonos by University of Arizona Remote Sensing Group, K. J. Thome, 2001, Presented to High Spatial Resolution Commercial ImageryWorkshop
7- Catalog of World- wide Test Sites for Sensor Characterizations, Gyander Chandesh, 2008, JACIE 2008 Workshop, USGS.
8- Remote Sensing of Land Use and Land Cover: Principles and Applications, Chandra P. Gir, 2012, CRC Press. ISBN 9781420070743
9- Remote Sensing with Imaging Radar (Signals and Communication Technology). Richards J. A. (2009) Springer, 381 p.

الگوریتم‌های بهینه‌سازی و کاربردهای آن در فتوگرامتری و سنجش از دور
Optimization Algorithms and Its Applications in Photogrammetry and Remote Sening

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: امروزه بهینه‌سازی نقش مهمی در سنجش از دور و بسیاری از کاربردهای آن دارد. هدف این درس آموزش روش‌هایی است که بتوان با استفاده از آن‌ها اقدام به بهینه سازی مدل‌های ریاضی مورد استفاده در فتوگرامتری و سنجش از دور نمود.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مقدمه شامل معرفی بهینه سازی و کاربرد های آن	۲
روش های مختلف بهینه سازی: مقدمه و معرفی • روش‌های بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم‌های سنتی مانند روش گرادیان نزولی ○ پایه‌های ریاضی لازم برای بهینه سازی مانند ماتریس هسین، بردار گرادیان ○ روش‌های استاندارد برای یافتن مینیمم بدون قید ○ روش جدید برای یافتن مینیمم بر اساس گرادیان نزولی • روش‌های بهینه سازی مبتنی بر الگوریتم‌های تکاملی (الگوریتم ژنتیک، پرندگان و ...) ○ مفاهیم کلی و اصول حاکم بر الگوریتم های تکاملی ○ مفاهیم مختلف کدینگ مسئله ❖ کد گذاری باینری ❖ کد گذاری پیوسته ○ روش‌های مختلف بازتولید نمونه ها ❖ روش تک نقطه‌ای ❖ روش دو نقطه‌ای ❖ روش ماسک تلفیقی ○ مفاهیم مربوط به همگرایی الگوریتم ها ○ تکنیک‌های انتخاب والدین ❖ روش تبدیل صریح شایستگی ❖ روش تبدیل ضمنی شایستگی ○ مشکلات ناشی از محدوده مقادیر تابع شایستگی ❖ همگرایی ناقص ❖ خاتمه کند ○ روش‌های مقابله با مشکلات ناشی از محدوده مقادیر تابع شایستگی ❖ Fitness scalling ❖ Fitness windowing ❖ Fitness ranking ○ روش‌های تلفیق و تولید نسل‌ها و جمعیت‌ها • مقایسه روش‌های مختلف بهینه سازی	۲۲

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مفاهیم پیشرفته در بهینه سازی • بهینه سازی چند هدفع و چند قیدی • روش‌های دانش پایه • کروموزم‌های دارای طول متغیر	۱۰
کاربردهای بهینه سازی در حل مسائل سنجش از دور • انتخاب بردار ویژگی • انتخاب اعضاء خالص در تصاویر فراطیفی • خوشه بندی تصاویر سنجش از دور	۱۰
مروری بر مباحث روز دنیا و زمینه‌های تحقیقاتی آینده	۴

مراجع:

1- Jan A. Snyman (2005). Practical Mathematical Optimization: An Introduction to Basic Optimization Theory and Classical and New Gradient- Based Algorithms. Springer Publishing.
2- Hartmut Pohlheim (2005). Evolutionary Algorithms: Overview, Methods and Operators
3- Thomas Baeck, D.B Fogel, Z Michalewicz, Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators

تشخیص تغییرات و بروزرسانی نقشه در فتوگرامتری و سنجش از دور
Change Detection and Map Updating Using Photogrammetry and Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: فتوگرامتری - سنجش از دور
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز:
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با پردازش‌های پیشرفته تصویر برداری نوری و رادارای با روند ترکیبی و در رابطه با موضوع شناسایی تغییرات عوارض

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مروری بر طبقه‌بندی (Classification) و خوشه‌بندی (Segmentation)	۴
تشخیص تغییرات در تصاویر رقومی • دسته‌بندی تکنیک‌های تشخیص تغییرات در تصاویر رقومی • مراحل مختلف و شرایط تشخیص تغییرات • الگوریتم‌های تشخیص تغییرات ○ روش درج تابع حافظه الحاقی(Write function memory Insertion) ○ روش ترکیب چند داده‌ای تصویر (Multi- data Composite Image) ○ روش های جبری (Algebra) ○ مقایسه پسا طبقه بندی (Post Classification Comparison) ○ روش ماسک باینری(Binary Mask) ○ منبع داده کمکی (Ancillary data source) ○ آنالیز برداری تغییرات طیفی (Spectral change vector analysis) ○ روش تبدیل Chi square (Chi square transformation) ○ روش همبستگی تطبیقی(Cross correlation) ○ سامانه دیداری مبتنی بر دانش(knowledge- based vision system) ○ روش‌های مبتنی بر هوش محاسباتی (CI algorithms) ○ روش‌های مبتنی بر طبقه بندی طیفی- زمانی (Spectral- Temporal Classification) ○ روش حد آستانه‌گذاری (Thresholding) ○ روش Tasselled Cap ○ روش‌های خوشه‌بندی(Kmeans, FCM, GKC,..) ○ روش شیئ مبنا(Object- Based Change Detection (OBCD)) • دقت و کنترل کیفیت و بررسی خطاها • پارمترهای موثر در انتخاب تکنیک/ تکنیک های تشخیص تغییرات	۲۵
تشخیص تغییرات توسط داده‌های SAR • آشکارسازی تغییرات توسط تصاویر تک پلاریزاسیون • آشکارسازی تغییرات توسط تصاویر پلاریمتری • آشکارسازی تغییرات توسط روش تداخل سنجی راداری	۶

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
بازشناسی هدف در تصاویر SAR و InSAR	۴
تلفیق داده‌ها (Data Fusion) • مقدمه • الگوریتم‌های تلفیق داده • استفاده از تلفیق داده در تشخیص عوارض و تغییرات	۵
انجام یک پروژه	۴

مراجع:

1- Duda R., Hart, P.E, Stork, G. (2000) Pattern Classification, Weily, 654 page
2- Bishop (2007) Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 738 Page
3- Jensen J.R. (2006) Remote Sensing of Environment Prentice Hall
4- R.A. Schowengerdt (2006) Remote Sensing, Model & Method for image Processing Academic Press, 560 page

فتوگرامتری برد کوتاه پیشرفته

Advanced Close Range Photogrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)

نوع درس: تخصصی- الزامی

پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری

جمع ساعات تدریس: ۴۸

همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با اصول و کاربردهای فتوگرامتری برد کوتاه و کسب مهارت‌های پایه عملی.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر فتوگرامتری برد کوتاه • تعریف و تاریخچه فتوگرامتری بردکوتاه • انواع سیستم‌های فتوگرامتری بردکوتاه (آنی و غیرآنی، آنالوگ و رقومی، متریک و غیر متریک) • تفاوت‌ها با فتوگرامتری هوایی • شباهت‌ها و تفاوت‌ها با دید ماشینی • کلیاتی از کاربردهای فتوگرامتری بردکوتاه به همراه چندین مثال اجرایی • مروری بر محتوی درس • معرفی منابع و مراجع	۳
محاسبات ریاضی در فتوگرامتری بردکوتاه • مروری بر مدل‌های غیرخطی کلاسیک فتوگرامتری در پیکربندی‌های تک عکس، استریو و چند عکس • سرشکنی شبکه (پارامتریک و ترکیبی، آزاد و وزندار، مقید و شرطی، یکجا، جداگانه و متوالی، بدوضعی و برآورد پایدار، برآورد LEP و TEP) • مرور مفاهیم ارزیابی صحت، دقت، قابلیت اعتماد و حساسیت شبکه و تست‌های آماری • مدلسازی دو بعدی و سه بعدی خط، منحنی و رویه‌های خاص در فتوگرامتری	۹
منابع خطا و کالیبراسیون سیستم • منابع خطای دوربین شامل اعوجاجات هندسی و رادیومتریک مربوط به عدسی، سنجنده‌های رقومی و وضعیت نسبی آن‌ها • منابع خطای دیگر شامل اعوجاجات ناشی از فیلترها، فیلم‌های آنالوگ، بازسازیFM، ذخیره‌سازی داده، تارگت‌ها، منابع روشنایی و محیط • مفاهیم کالیبراسیون سیستم شامل داخلی و نسبی، رادیومتریک، هندسی و زمانی • مدلسازی اعوجاجات سنجنده و پارامترهای اضافی (Brawn، DLT، RF، اجزای محدود) • مدلسازی اعوجاج سنجنده های استریو • روش‌های کالیبراسیون دوربین (میدان آزمون، آزمایشگاهی، ضمن کار، خودکالیبراسیون، Plumb- line) • روش‌های ارزیابی پایداری دوربین	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
طراحی شبکه‌های فتوگرامتری بردکوتاه • تعریف طراحی شبکه، مفهوم PreAnalysis، مروری بر طراحی شبکه در فتوگرامتری هوایی، مفاهیم قبل و بعد از تصویربرداری • پارامترهای طراحی شبکه (مقیاس، حدتفکیک، شکل شبکه) • قیود دید (مرتبط با قابلیت دید تارگت‌ها، قابلیت دسترسی دوربین و فاصله دوربین- شئ) • مراتب طراحی در فتوگرامتری بردکوتاه • مفهوم شبکه‌های ژنریک و قواعد طراحی شبکه • انواع روش‌های طراحی شبکه (تجربی، تحلیلی، شبیه سازی، هوشمند) • نکات اجرایی در طراحی شبکه: پوشش‌ها، چینش تارگت‌ها، فاصله کانونی، همگرایی تصاویر، حالات خود و پیش کالیبراسیون (زاویه roll)	۸
فناوری‌های فتوگرامتری بردکوتاه • سنجنده رقومی تصویربرداری شامل انواع، نحوه کارکرد، جنبه‌های هندسی و رادیومتریک • عدسی‌ها شامل انواع، پارامترهای کلیدی • دوربین تصویربرداری شامل انواع، ساختار، تنظیمات، معیارهای انتخاب • تجهیزات جانبی: انواع تارگت‌ها، منابع روشنایی، فیلترها، FG، ScaleBar، Coded/Feature Target، EO-Probe JIG.Device • لیزر اسکنر زمینی و صنعتی: ساختار، خصوصیات، منابع خطا و کاربردها • اسکنرهای نوری: ساختار، خصوصیات، منابع خطا و کاربردها • دوربین‌های پانورامیک: انواع، تفاوت‌ها و خصوصیات، مدل‌های ریاضی، کاربردها • اسکنرهای دستی مانند کینکت: اصول عملکرد، منابع خطا، کاربردها • سامانه‌های موبایل مپینگ: ساختار، زمین مرجع‌سازی مستقیم، تلفیق سنجنده‌ها • پهپادها: انواع، خصوصیات، کاربردها • فتوگرامتری زیرآب، فتوگرامتری x- ray، فتوگرامتری میکروسکپی، فتومتری و ...	۸
کاربردهای فتوگرامتری برد کوتاه • مراحل کلی اجرای یک پروژه فتوگرامتری برد کوتاه • فتوگرامتری معماری و باستان شناسی: نیازمندی‌ها، محدودیت‌ها و ویژگی‌های اندازه‌گیری در معماری • فتوگرامتری پزشکی: ویژگی‌ها و کاربردها، مقایسه با روش‌های دیگر اندازه‌گیری در پزشکی • فتوگرامتری صنعتی: مقایسه با روش‌های دیگر اندازه‌گیری صنعتی (Gauging, CMM) و خصوصیات آن، ویژگی‌های خطوط تولید صنعتی و جایگاه فتوگرامتری صنعتی در آن، مثال‌هایی عملی از کاربردهای صنعتی	۶
آموزش جنبه‌های عملی در فتوگرامتری بردکوتاه • تصویربرداری رقومی (مهارت‌های نورپردازی، تارگت‌های بازتاباننده، تنظیمات دوربین، مهارت‌های عمومی تصویربرداری) • پروژه عملی کالیبراسیون دوربین (ساخت میدان آزمون، اخذ شبکه تصویربرداری همگرا، آموزش نرم افزار Australis و تهیه خروجی) • پروژه عملی تصویربرداری پانوراما، عملیات ترمیم و ساخت نقشه نما با استفاده از نرم افزار ICE و اعمال انتقال پروژکتیو دو بعدی • پروژه عملی بازسازی سه بعدی (تصویربرداری همگرا بر مبنای اصول طراحی شبکه، آموزش یک نرم افزار بازسازی سه بعدی مانند AGISoft Photoscan و بدست آوردن مدل سه بعدی بافت دار جسم	۸

مراجع:

1- Close Range Photogrammetry and 3D imaging, Luhmann, et. Al., 2014.
2- Close Range Photogrammetry and Machine Vision, K.B. Atkinson, 2001.
3- Manual of Photogrammetry, ASPRS, 2013.

فتوگرامتری رقومی
Digital Photogrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و کاربردهای فتوگرامتری رقومی.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • مروری بر فتوگرامتری تحلیلی و مدل‌های ریاضی آن • مفهوم ژنریک فتوگرامتری رقومی • ویژگی‌ها و خصوصیات تصاویر رقومی ○ تعریف تصویر رقومی ○ قدرت تفکیک فضائی، رادیومتریکی و اسپکترال • فرآیندها و وظایف اصلی فتوگرامتری رقومی و تعریف وظایف سطوح مختلف ایستگاه‌های فتوگرامتری رقومی • ارتباط فتوگرامتری رقومی با سایر علوم	۲
مقدمه‌ای بر سیستم‌های تصویربرداری رقومی • آشنائی با اصول و کاربرد دوربین‌های Solid- State • آشنائی با اصول و کاربرد Charge- Coupled Devices، Frame grabbers • آشنائی با اصول و مفاهیم اسکنرها و منابع ایجاد خطا	۲
اصول و مفاهیم سامانه‌های فتوگرامتری رقومی (Digital Photogrammetric Workstations) • ارتباط بین سامانه‌های فتوگرامتری رقومی و محیط فتوگرامتری رقومی • تاریخچه توسعه سامانه‌های فتوگرامتری رقومی • انواع سامانه‌های فتوگرامتری رقومی • اجزاء اصلی سامانه‌های فتوگرامتری رقومی • توابع پایه سامانه‌های فتوگرامتری رقومی • توابع کاربردی سامانه‌های فتوگرامتری رقومی • مقایسه پلاترهای تحلیلی و سامانه‌های فتوگرامتری رقومی	۲
اصول و مفاهیم پایه تناظریابی تصاویر • مقدمه و تاریخچه تناظریابی • تعریف و دسته بندی (روش‌های ناحیه مبنا، عارضه مبنا و روش‌های ترکیبی) • چالش های تناظریابی ○ انواع اعوجاجات هندسی ○ اعوجاجات رادیومتریکی	۲
تناظریابی مبتنی بر ناحیه (Area Based Image Matching)	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• مقدمه و تعریف • معیارهای مختلف تناظریابی مبتنی بر ناحیه ○ معیارهای آماری (... ,SAD, SSD, ZSAD, NSAD) ○ معیار ضریب همبستگی (CC) ○ معیار اطلاعات متقابل (MI) • استراتژی‌های تناظریابی ناحیه مبنا ○ شکل، ابعاد پنجره و وزن دهی آن ○ استفاده از قیود هندسی و محدود نمودن فضای جستجو (خط اپی پولار، Vertical Line Locus، هرم تصویر) • تناظریابی بطریقه کمترین مربعات (LSM)	
تناظریابی مبتنی بر عوارض • استخراج عوارض ○ عوارض نقطه‌ای (...Harris, Forstner, SUSAN, FAST, Phase Congruency, CSS) ○ عوارض مستقل از مقیاس (...LOG, Harris\Hessian Laplace, SIFT, SURF,) ○ عوارض مستقل از تغییرشکل افاین (...MSER, Harris\Hessian Affine, IBR, EBR) • ایجاد توصیفگر (... ,SPIN image, Shape Context, SIFT, LBP, LSS, BERIF) • تناظریابی عوارض و حذف اشتباهات (بررسی سازگاری هندسی، RANSAC، تناظریابی گراف‌ها) • استفاده از عوارض خطی در تناظریابی	۱۰
تناظریابی رابطه‌ای (Relational Matching) • مفاهیم ارتباطات (Relations)و Primitives • تابع ارزیابی	۲
تناظریابی مبتنی بر عارضه از پیش تعریف شده (Template Matching) • استراتژی تناظریابی • تشخیص تارگت • روش‌های مختلف تشخیص تارگت (وابستگی درجات خاکستری، FBM و Histogram Thresholding و ...) • کلیاتی دررابطه با تناظریابی بین نقشه و تصویر نوری، ابرنقاط و تصویر نوری، تصاویر راداری و نوری	۴
نرمالیزه نمودن تصاویر رقومی • استفاده از هندسه اپی‌پولار در نرمالیزه کردن • تبدیل تصاویر خام به نرمالیزه شده ○ معادلات شرط هم خطی ○ تبدیل پروژکتیو ○ کاربرد تصاویر نرمالیزه شده	۴
توجیه داخلی اتوماتیک • تعیین توجیه داخلی ○ تبدیل از فضای پیکسل به فضای تصویر ○ پالایش تصویر • توجیه داخلی محاوره‌ای • توجیه داخلی کاملاً اتوماتیک (Interior orientation) ○ اهداف مهم در توجیه داخلی کاملاً اتوماتیک	۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○ فرضیات ○ روش‌ها (Precise Localization, FBM, ABM)	
توجیه نسبی اتوماتیک • مقایسه روش‌های قراردادی و اتوماتیک • مدل‌های ریاضی • توجیه نسبی محاوره‌ای • توجیه نسبی اتوماتیک با استفاده از نقاط متمایز(Interest Points) • توجیه نسبی اتوماتیک با استفاده از پیکسل‌های لبه‌ای • توجیه نسبی اتوماتیک با استفاده از موجودیت‌های لبه ○ محاسبه پارامترهای توجیه و سطح • برجسته بینی رقومی • روش‌های توجیه مطلق نیمه اتوماتیک	۴
توجیه خارجی اتوماتیک • توجیه مستقیم و غیرمستقیم • توجیه خارجی اتوماتیک با استفاده از نقاط کنترل ○ تشخیص اتوماتیک تارگت‌ها ○ تشخیص اتوماتیک نقاط کنترل توپوگرافی • توجیه خارجی اتوماتیک با عوارض کنترل • توجیه خارجی اتوماتیک با استفاده از سطوح کنترل و نقشه‌های موجود	۲
مثلث بندی هوائی اتوماتیک • انتخاب و ترانسفر نقاط گرهی (Tie points, Pass points) • تهیه اندکس عکسی به روش اتوماتیک • تناظریابی چندنقطه ای و چند تصویری در مثلث‌بندی هوائی	۲
تولید DEM و ارتوفتو به صورت اتوماتیک	۲

مراجع:

1- T.Schenk, "Digital Photogrametry", Terra Science. 2004.
2- H.Ebadi, "Advanced Analytical Aerial Triangulation" Lecture Note. KNToosi University of Technology.
3- J. C. McGlone, E. M. Mikhail, and J. Bethel, "Manual of Photogrametry", (5th Edition), American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.
4- M. Kasser, and. Y. Egels, "Digital Photogrametry". Taylor and Francis, 2003.
5- Tuytelaars, T. and K. Mikolajczyk "Local invariant feature detectors: a survey." Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision 3(3): 177- 280, 2008.
6- Goshtasby, A. AImage registration methods Principles, Tools and Methods, Springer: 441, 2012
7- Li, J. and N. M. Allinson "A comprehensive review of current local features for computer vision." Neurocomputing 71(10): 1771- 1787, 200

رادارگرامتری
Radargrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: فتوگرامتری

نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸

پیشنیاز:
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان دوره دکتری با اصول و مبانی آنالیز تصاویر SAR، تصحیحات هندسی و تکنیک‌های رادارگرامتری و تداخل سنجی راداری جهت تهیه مدل رقومی زمین و کشف جابجایی‌ها.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه (مروری بر تاریخچه، تعاریف اولیه و اصول کلی داده های راداری)	۲
اصول سیستم‌های راداری • ویژگی‌های سیگنال راداری • هندسه تصویربرداری راداری • انواع خطا در سیستم های راداری	۶
تصویربرداری سیستم‌های راداری • قدرت تفکیک مکانی در جهت رنج و آزیموت • فرکانس تکرار پالس • مدهای تصویربرداری راداری	۶
اسپکل • تعریف اسپکل و دلایل شکل گیری • مدل داده های راداری • روش‌های کاهش اسپکل	۶
بازپراکنش راداری • پارامترهای هدف (زبری سطح، ضریب دی الکتریک، شکل و زاویه فرود محلی) • پارامترهای سیستم (طول موج، زاویه فرود، پلاریزاسیون، جهت دید) • انواع مکانیزم‌های بازپراکنش	۶
رادارگرامتری • اندازه گیری با تک تصویر راداری • تبدیل فاصله مایل(slant range) به فاصله زمینی(ground range) • تعریف پارالاکس • استخراج ارتفاع با استفاده از پدیده سایه(shadow) و روی هم افتادگی (layover) • تناظریابی تصاویر راداری (radar image matching) • تصحیح هندسی تصاویر راداری • اندازه‌گیری در تصاویر استریو راداری • معادلات اساسی رادارگرامتری	۱۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• استخراج ارتفاع با استفاده از اختلاف پارالاکس	
تداخل سنجی راداری • هندسه تصویربرداری سه بعدی در تداخل سنجی راداری • اندازه‌گیری ارتفاع زمین در هندسه تداخل سنجی راداری • اصلاح فاز تداخل نما و حذف عوامل مزاحم • تکنیک تداخل سنجی تفاضلی به روش سنتی • تکنیک پراکنش گرهای دائمی	۸

مراجع:

1- Leberl, F. W., 1990. Radargrammetric Image Processing, Artech House Inc.

2- Woodhouse, I. (2006) Introduction to Microwave Remote Sensing. CRC Press; First Edition, 208 p.

3- Richards J. A. (2009) Remote Sensing with Imaging Radar (Signals and Communication Technology). Springer, 381 p.

۴- مبانی سنجش از دور راداری، تالیف یاسر مقصودی، ۱۳۹۴، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

ماشین بینایی
Machine Vision

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و مبانی ماشین بینایی و کاربرد آن در شناسایی، استخراج و بازسازی پدیده‌ها به صورت ۲ بعدی و ۳ بعدی از مجموعه از تصاویر متوالی رقومی.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • تعریف ماشین بینایی • کاربردهای ماشین بینایی	۳
نور و رنگ • طیف نور • فضاهای رنگ	۳
نحوه شکل‌گیری تصویر در دوربین • مدل دوربین سوزنیpinhole • اعوجاجات دوربین و کالیبراسیون دوربین در ماشین بینایی • انواع لنزها و مدل‌های آن‌ها	۳
پردازش تصاویر • عملگرهای تکی (هیستوگرام، تصحیح گاما، حدآستانه و ...) • عملگرهای دوتایی (عملگرهای ریاضی و منطقی روی دو عکس) • عملگرهای فضایی (عملگرهای کرنل ، حذف نویز، تشخیص لبه و ...) • مورفولوژی ریاضی	۹
نمایش موقعیت و دوران در فضا • نمایش موقعیت و دوران در فضای دوبعدی • نمایش موقعیت و دوران در فضای سه بعدی	۳
انواع ترانسفورماسیون ها در بینایی ماشین • ترانسفورماسیون های دو بعدی • ترانسفورماسیون های سه بعدی	۳
تبدیل مختصات سه بعدی شئی به دو بعدی تصویر • تعیین ماتریس ترانسفورماسیون از فضای سه بعدی به دو بعدی • استفاده از کمترین مربعات برای تبدیل بین تصاویر	۳
تخمین موقعیت سه بعدی با استفاده از تصاویر • تعیین موقعیت Pose و مختصات سه بعدی نقاط با استفاده از روش‌های غیر خطی	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• استفاده از DLT برای تعیین Pose دوربین • استفاده از DLT برای استخراج مختصات سه بعدی نقاط	
هندسه اپی پولار و ماتریس ضروری (Essential matrix) • هندسه اپی پولار (Epipolar Geometry) • شرط هم صفحه‌ای و ماتریس ضروری	۶
بینایی استریو (Stereo- Vision) • ترمیم تصاویر استریو (Rectification) • تناظریابی متراکم (الگوریتم های Local و Global) • تخمین عمق از تصاویر استریو	۳
تکنیک structure from motion • تعریف تکنیک Structure From Motion • محاسبه ماتریس ضروری با استفاده از نقاط مدل • محاسبه Motion (المان های توجیه دوربین ها) • محاسبه Structure (مختصات سه بعدی نقاط) • Bundle Adjustment	۳
Fundumental matrix • آشنایی با Fundamental matrix و نحوه استفاده از آن • تکنیک رنسک (Ransac) • استفاده از تکنیک رنسک و ماتریس اساسی برای بهبود دقت تناظریابی	۳

مراجع:

1- P. Corke, "Robotics, Vision and Control", Springer, 2011.
2- R. Szeliski, "Computer Vision: Algorithms and Applications", Springer, 2010.
3- D.A. Forsyth and J. Ponce, "Computer vision: A Modem Approach", Prentice Hall, 2002.
4- N. Sebe, I. C. Ashutosh, G. Thomas, S.Huang, "Machine Learning in Computer Vision", 2005.
5- W. Burger, " Principles of Digital Image Processing – advanced methods", Springer, 2013.

سنسورهای فعال برد کوتاه: تئوری و کاربردها
Active Close Range Sensors: Theory and Applications

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با اصول کار سنسورهای فعال برد کوتاه و نحوه کالیبراسیون و برنامه نویسی با آن‌ها به منظور تولید ابر نقطه.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • اصول سنسورهای Time of Flight (ToF) • اصول سیستم‌های تصویر برداری و سنسور کینکت ○ مدل دوربین pin- hole ○ پارامترهای داخلی و خارجی دوربین ○ سیستم های دید استریو ○ نور ساختار یافته • اصول سیستم‌های پویشگر لیزری برد کوتاه	۴
سنسورهای ToF • اصول عملکرد سنسورهای ToF ○ بسته بندی فاز ○ اعوجاج هارمونیک ○ انواع نویزها در سنسورهای ToF ○ خطاهای ناشی از حرکت و اشیاع شدگی • اصول عملکرد پویشگرهای لیزری ○ ویژگی های اشعه لیزری ○ نحوه اندازه‌گیری فاصله ○	۶
سنسور کینکت • مبانی پایه در سنسور کینکت ○ نور ساختار یافته در کینکت ○ نحوه تخمین فاصله در کینکت • تشخیص و ردیابی اسکلت بدن با استفاده از کینکت ○ نحوه تشخیص اسکلت بدن و دست در کینکت ○ شناسایی مفاصل و ردیابی آن‌ها با استفاده از کینکت • تولید ابر نقطه با استفاده از کینکت ○ نمایش ابر نقطه	۸
سنسور پویشگر لیزری برد کوتاه	۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• نحوه عملکرد پویشگر لیزری برد کوتاه • زمین مرجع سازی مستقیم • زمین مرجع سازی غیر مستقیم	
کالیبراسیون سنسورهای فعال • کالیبراسیون دوربین ToF • کالیبراسیون کینکت • کالیبراسیون سیستم‌های ترکیبی ناهمگن • کالیبراسیون پویشگرهای لیزری بردکوتاه	۸
ترکیب داده عمق حاصل از سنسورهای فعال با داده های دوربین های استاندارد • هم مرجع سازی داده‌ها • بهبود کیفیت حدتفکیک فضایی ○ روش‌های احتمالی ○ روش‌های تخمینی • تلفیق داده‌ها از سنسورهای مختلف	۶
استفاده از سنسورهای فعال در تهیه نقشه سه بعدی و تعیین موقعیت همزمان (SLAM) • هم مرجع سازی ابر نقاط به صورت دو بعدی و سه بعدی • بهره‌گیری از دوربین برای SLAM • مزایای استفاده از کینکت برای SLAM	۴
تولید مدل سه بعدی از داده‌های سنسورهای فعال • محاسبه نرمال های سطح • مثلث بندی ابر نقاط • برازش یک مدل پارامتریک به ابر نقاط	۴
مباحث پیشرفته در سنسورهای فعال • استفاده از چند سنسور فعال • واقعیت افزوده با استفاده از سنسورهای فعال • بهره‌گیری از سیستم‌های فعال بصورت کینماتیک • بهره‌گیری از سیستم‌های فعال در شناسایی اجسام مستتر • بهره‌گیری از سیستم‌های فعال در شناسایی اجسام متحرک فضایی	۴

مراجع:

1- Mutto, C. D., Zanuttigh, P., Cortelazzo, G. M., 2012, "Time- of- Flight Cameras and Microsoft Kinect™", SpringerBriefs in Electrical and Computer Engineering, 108 pages.

2- Webb, J., Ashley, J.,2012, "Beginning kinect programming with the microsoft kinect SDK, Apress, 306 pages.

3- Kramer, J., Burrus, N., Echtler, F., Herrera C., D., Parker, M., 2012, "Hacking the Kinect", Apress, 251 pages.

4- Yuriy Reshetyuk, 2009, Self- calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning, PhD thesis.

5- Hans Martin Zogg, 2008, Investigations of High Precision Terrestrial Laser Scanning with Emphasis on the Development of a Robust Close- Range 3D- Laser Scanning System, PhD thesis.

کاربرد رباتیک در مهندسی ژئوماتیک

Robotics Applications in Geomatics Engineering

تعداد واحد: ۳ (نظری)

گرایش: فتوگرامتری

نوع درس: تخصصی- اختیاری

جمع ساعات تدریس: ۴۸

پیشنیاز:

همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و مبانی رباتیک و کاربرد آن در ژئوماتیک در مباحثی همچون پهپادها (UAV)، طراحی و ساخت ربات‌ها.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر رباتیک • تعاریف • انواع ربات‌ها • مکانیک ربات‌ها • الکترونیک ربات‌ها • برنامه نویسی ربات‌ها و زبان‌های برنامه نویسی مناسب ربات‌ها • انواع موتورها و سنسورها در ربات‌ها	۱۲
ربات‌های متحرک • نحوه حرکت • ربات‌های از نوع اتومبیل • ربات‌های پرنده	۶
ناوبری (Navigation) در ربات‌ها • طراحی مسیر و الگوریتم‌های آن • طراحی مسیر بدون تصادف در محیط‌های با اشیاء متحرک	۶
تعیین موقعیت ربات (Localization) • تعیین موقعیت در فضاهای باز • تعیین موقعیت در فضاهای بسته • تعیین موقعیت و ایجاد نقشه به طور همزمان (Simulatinous Localization and Mapping (SLAM))	۶
الگوریتم‌های SLAM برای رباتهای متحرک اسکن کننده محیط • فیلتر کالمن Kalman • الگوریتم کالمن توسعه یافته (EKF) در SLAM • دیگر الگوریتم‌های مشابه EKF • الگوریتم‌های نوین SLAM ○ الگوریتم FastSLAM ○ الگوریتم Visual SLAM	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
خصوصیات ربات‌های پرنده فتوگرامتری و کاربرد آنها در مهندسی ژئوماتیک • اجزاء یک پهپاد مناسب فتوگرامتری • طراحی مسیر برای یک ربات پرنده • زبان‌های برنامه نویسی و نحوه برنامه نویسی برای هدایت یک ربات پرنده • کاربردهای ربات پرنده در مهندسی ژئوماتیک	۹
یک ربات نقشه بردار • اجزاء تشکیل دهنده یک ربات نقشه برداری • روش ناوبری مناسب برای ربات نقشه بردار • تعیین موقعیت مناسب برای یک ربات نقشه بردار • سنسورهای مناسب اسکن محیط برای تولید ابر نقطه با استفاده از ربات نقشه بردار • حل مسئله SLAM برای ربات نقشه بردار	۳

مراجع:

1- Corke, P. 2011, "Robotics, Vision and Control, Springer, 558 pages.
2- Nüchter, A., "3D Robotic Mapping: The Simultanious Localization and Mapping Problem with Six Degrees of Freedom", Springer Tracts in Advanced Robotics, Vol. 52, 219 pages.
3- Siciliano, B., Khatib, O., 2008, "Springer Handbook of Robotics", 1595 pages.
4- Mautz, R. 2012, " Indoor Positioning Technologies", Habilitation Thesis, ETH Zurich, 128 pages

ویدئوگرامتری
Videogrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: فتوگرامتری رقومی

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و کاربردهای ویدئوگرامتری و الگوریتم‌های مورد استفاده.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • تعریف ویدئو و ویدئوگرامتری • مزایای ویدئوگرامتری • ارتباط ویدئوگرامتری با سایر علوم • کاربردهای ویدئوگرامتری ○ کاربردهای ویدئوگرامتری در بازسازی، اندازه گیری، آنالیز حرکات و غیره ○ کاربردهای ویدئوگرامتری (صنعتی، ورزشی، نظارتی و غیره) • ویدوگرامتری با تک دوربین و چند دوربین و مزایای و معایب آنها • ویدئوگرامتری با مارکرها و بدون مارکرها ○ مارکرهای فعال ○ مارکرهای غیر فعال ○ مارکرهای فعال مدوله شده براساس زمان ○ مارکرهای غیر محسوس نیمه غیر فعال ○ سیستم های بدون مارکر • شبکه و بلوک ویدئوگرامتری	۴
مدل‌های ریاضی مورد استفاده در ویدئوگرامتری • مروری بر مدل‌های ریاضی (شرط هم خطی، DLT و ...) • تخمین حرکت (روش‌های مستقیم شامل Phase correlation . Block- matching algorithm Pixel recursive algorithms.Frequency و Optical flow) • روش‌های غیر مستقیم شامل تکنیک‌های عارضه مبنا همچون تشخیص گوشه‌ها و تناظریابی آن‌ها در تصاویر متوالی ویدئویی	۴
اصول اندازه گیری‌ها در ویدئوگرامتری • اخذ تصویر ○ دوربین و المان‌های آن(CCD cameras, video recorders, frame grabbers) ○ وسایل کالیبراسیون ○ تارگت‌ها • پیش‌پردازش‌ها • پردازش‌ها	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○ ابزارها و واسط کاربر ○ کالیبراسیون ○ آشکارسازی تارگت ○ اندازه‌گیری مختصات عکسی ○ تناظریابی ○ تعیین موقعیت سه بعدی و ایجاد ابر نقاط ○ ردیابی • پس پردازش‌ها ○ ارزیابی دقت و قابلیت اعتماد ❖ معیارهای موثر روی دقت ❖ تاثیر هندسه تصویربرداری روی دقت ○ بصری سازی	
انواع روش‌های کالیبراسیون در ویدئوگرامتری • مقدمه و تعریف کالیبراسیون • کالیبراسیون آزمایشگاهی • کالیبراسیون با فریم مرجع • کالیبراسیون با ابر نقاط • سلف کالیبراسیون • کالیبراسیون سنجنده‌های omnidirectional	۴
آشنایی با فضاهای ویژگی • انواع فضاهای رنگ • انواع ویژگی‌های بافت	۲
روش‌های استخراج ویژگی • استخراج ویژگی‌های نقطه‌ای • استخراج خطوط • استخراج ویژگی‌های حبابی	۶
استخراج فریم‌های کلیدی • مقدمه و تعریف • روش‌های استخراج فریم‌های کلیدی شامل ○ Sequential Comparison between Frames ○ Global Comparison between Frames ○ Reference Frame ○ Clustering ○ Curve Simplification ○ Objects/Events	۶
آشکارسازی اشیاء در تصاویر ویدئو • مقدمه‌ای بر آشکارسازی • روش‌های طبقه‌بندی تصاویر • روش‌های خوشه‌بندی تصاویر • روهای ناحیه‌بندی • روش‌های جداسازی پس زمینه • روش‌های مدل مبنا	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• سایر روش‌ها • روش‌های ارزیابی آشکارسازی	
ردیابی اشیاء در تصاویر ویدئو • مقدمه‌ای براصول و مبانی ردیابی • کاربردهای ردیابی • روش‌های ردیابی ○ مبانی روش‌های ردیابی یک شیء ○ مبانی روش‌های ردیابی چند شیء • ردیابی از تک منظر و چند منظر • روش‌های ارزیابی ردیابی	۶
مرتبط سازی • ایجاد موزاییک از تصاویر ویدئو • مرتبط‌سازی تصاویر ویدئو با زمین (geo- registering)	۳
فشرده‌سازی ویدئو	۳

مراجع:

1- Armin Gruen. Fundamentals of videogrammetry- A review. Human movement science, vol. 16, pp. 155- 187, 1997.

2- Daniel Svensson. "Target Tracking in Complex Scenarios," Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Chalmers University of Technology, Department of Signals and Systems, Goteborg, Sweden, 2010.

3- Peter M. Roth and Martin Winter. Survey of appearance- based methods for object recognition, Inst. for Computer Graphics and Vision, Graz University of Technology, Austria, Technical Report. January 15, 2008.

4- Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid. A Performance Evaluation of Local Descriptors, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, NO. 10, 2005

فتوگرامتری پهپاد مبنا

UAV- Based Photogrammetry

تعداد واحد: ۳ (نظری)

نوع درس: تخصصی- اختیاری

پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری

جمع ساعات تدریس: ۴۸

همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و کاربردهای فتوگرامتری پهپاد مبنا.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه‌ای بر فتوگرامتری پهپاد مبنا • تعریف و تاریخچه • انواع سیستم‌های پروازی بدون سرنشین • تفاوت‌ها با سیستم‌های با سرنشین • کاربردهای نقشه برداری و رباتیک • مروری بر محتوی درس • معرفی منابع و مراجع	۴
اجزاء مختلف یک وسیله پرنده بدون سرنشین • بدنه ○ فریم ○ باطری ○ موتورها ○ میکرو کنترلرها ○ گیمبال • سنسورها ○ شتاب سنج ○ ژیروسکپ ❖ GPS و قطب نما ❖ بارومتر ❖ دوربین • کینماتیک و دینامیک ○ کینماتیک ○ دینامیک یک پرنده ❖ تراست ❖ گشتاور	۸
مراحل ساخت یک مولتی روتور • طراحی ○ انتخاب موتور	۸

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○ انتخاب ملخ ○ انتخاب باطری مورد نیاز ○ طراحی بدنه • ساخت بدنه ○ نصب اجزاء ○ سیم کشی • تنظیم و راه‌اندازی ○ نصب رادیو کنترل و دیتا لینک ○ نصب نرم افزارهای مورد نیاز ○ کالیبراسیون پرنده ○ تنظیم رادیو کنترل ○ تست پرواز	
برنامه نویسی یک ربات پرنده • روند توسعه یک برنامه هدایت اتوماتیک یک ربات پرنده • نحوه ارتباط با سخت افزار پرنده • آشنایی با NODEJS و ROS • دستورات مقدماتی • برنامه های ترتیبی • برنامه های اتوماتیک • برنامه نویسی با ROS	۱۶
تعیین موقعیت پرنده با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده توسط سنسورها • مروری بر جبر خطی سه بعدی و ترانسفورماسیون‌های closed form • مدل‌های حرکتی (motion models) و سنسور (sensor models) • قانون فیلتر و Bays • فیلتر کالمن • تعیین موقعیت پرنده با استفاده از اندازه گیری‌های سنسورها	۶
تعیین موقعیت پرنده با استفاده از تصاویر • توابع هزینه • الگوریتم‌های تشخیص گوشه • ردیاب KLT • تکنیک‌های تعیین موقعیت تصویر مبنا (visual odometery)	۶

مراجع:

1- Autonomous flying robots- unmanned aerial vehicles and micro aerial vehicles; By K. Nonami, F. Kendoul, S. Suzuki, W. Wang, D. Nakazawa; Springer 2010, 330 pages.

تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری با سیستم‌های اطلاعات مکانی
Integration of Photogrammetric and Spatial Information Systems

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف:

- آشنایی دانشجویان با مشکلات موجود در یکارگیری سیستم‌های فتوگرامتری و سیستم‌های اطلاعات مکانی به صورت مجزا و مستقل
- آشنایی دانشجویان با روش‌ها و نیازمندی‌های تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و سیستم‌های اطلاعات مکانی و نحوه پیاده‌سازی یک سیستم تلفیقی برای کاربردهای تخصصی

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
روند تولید داده مکانی برای ورود به سیستم اطلاعات مکانی با بهره‌گیری از تکنیک فتوگرامتری و بررسی مشکلات موجود: • ارزیابی اهمیت داده‌های مکانی تولید شده به کمک تکنیک فتوگرامتری به عنوان یکی از مهمترین منابع داده برای GIS • بررسی روند تولید داده مکانی به کمک تکنیک فتوگرامتری و مراحل آماده‌سازی این داده‌ها برای ورود به GIS • تشریح مشکلات ناشی از یکارگیری سیستم‌های فتوگرامتری و GIS به صورت مجزا و مستقل	۴
خدمات متقابل سیستم‌های فتوگرامتری و سیستم‌های اطلاعات مکانی: • لزوم مدیریت داده‌های مکانی استخراج شده توسط سیستم‌های فتوگرامتری و قابلیت سیستم GIS برای مدیریت حجم زیادی از داده‌های مکانی • نیاز سیستم‌های GIS به داده‌های مکانی تولید شده به کمک تکنیک فتوگرامتری • خدمات متقابل سیستم‌های فتوگرامتری و GIS به عنوان دو سیستم مکمل بر اساس وابستگی این دو سیستم	۶
نیازمندی‌های تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و سیستم‌های اطلاعات مکانی: • بررسی محدودیت سیستم‌های فتوگرامتری تجاری از نظر امکان توسعه سیستم • بررسی مشکلات موجود در روند یکارگیری امکانات سیستم‌های اطلاعات مکانی برای توسعه سیستم-هایی با قابلیت اتصال عمومی به سایر سیستم‌ها • تشریح لزوم و اهمیت ایجاد یک سیستم رابط میان سیستم‌های فتوگرامتری و GIS به عنوان اولین قدم برای تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و GIS • تعیین نیازمندی‌های ایجاد یک سیستم رابط میان سیستم‌های فتوگرامتری و GIS	۱۰
سطوح تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و سیستم‌های اطلاعات مکانی: • تشریح روش‌های قابل استفاده جهت تبادل داده میان سیستم‌های فتوگرامتری و GIS • تشریح سطوح مختلف تلفیق سیستم‌های فتوگرامتری و GIS بر اساس روش‌های تبادل داده شامل:	۱۰

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
○ تلفیق غیر مستقیم ○ تلفیق مستقیم ○ تلفیق مستقیم با کنترل فعال	
استفاده از سیستم‌های تلفیقی در زمینه‌های کاربردی: • بررسی کاربرد سیستم‌های تلفیقی در زمینه‌های: ○ تولید داده‌های ساختاریافته برای GIS ○ مدلسازی واحدهای صنعتی ○ بهنگام‌رسانی پایگاه‌های داده مکانی و سایر موارد	۸
روند طراحی سیستم رابط به منظور توسعه یک سیستم تلفیقی برای کاربردهای تخصصی: • بررسی تاثیر طرح و معماری سیستم رابط بر ویژگی‌ها و نوع عملکرد سیستم تلفیقی • تشریح روش طراحی سیستم رابط به منظور توسعه یک سیستم تلفیقی برای کاربردهای تخصصی با توجه به نیازمندی این کاربردها	۱۰

مراجع:

1- Dowman L., 1990, Progress and Potential of Digital Photogrammetric Workstations, International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, 28(2), 239- 248.

2- Ebadi H., Farnood Ahmadi F., 2006, On- line Integration of Photogrammetry and GIS to Generate Fully Structured Data for GIS, International Symposium & Exhibition on GeoInformation, Malaysia.

3- Edwards D., Simpson J., Woodsford P., 2000, Integration of Photogrammetric and Spatial Information System, International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing, 33(B2):603- 609.

4- Ellul C., Haklay M., 2006, Requirements for Topology in 3D GIS, Review Paper, Transaction in GIS, 10(2), 157- 175.

5- Hardy P. G., 2000, Integrating Active Objects with Stereo Images for Map Production, Kartdagar, Gothenburg.

6- Heipke Ch., Pakzad K., Willrich F., 2004, Integration of Geodata and Images for Automated Refinement and Update of Spatial Data, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Issue 58.

7- Heipke Ch., 2004, Some Requirements for Geographic Information Systems: A Photogrammetric Point of View, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 2, pp. 185- 195.

8- Madani M., 2001, Importance of Digital Photogrammetry for a Complete GIS, 5th Global Spatial Data Infrastructure Conference, Colombia.

9- Sarjakoski T., Lamini J., 1993, Requirements of a Stereo Workstation for the GIS Environment, Journal of Visual Languages and Computing, Volume 4, Issue 2, 127- 142.

10- Waters R. S., 1996, Photogrammetry for GIS: The Multimedia Revolution, Photogrammetry Record, Volume 15, Issue 87, 353- 364.

11- Woodsford P. A., 2004, System Architecture for Integrating GIS and Photogrammetric Data Acquisition, ISPRS, Istanbul.

مدل‌سازی رقومی زمین
Digital Terrrain Model

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری، روش‌های تولید مدل رقومی زمین و کاربردهای آن در فتوگرامتری و سنجش از دور.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مقدمه: • تعریف، تاریخچه، اصطلاحات، نکات مهم (دقت و حد تفکیک، فضای ۲.۵ بعدی DTM)	۲
مباحث مقدماتی • مروری بر مراحل کلی تهیه DTM • نمونه برداری • تهیه مدل DTM ○ روش‌های تشکیل سطح ○ مثلث بندی	۴
روش‌های انترپولاسیون: • قطعی • آماری	۲
مروی بر روش‌های هوشمند انترپولاسیون شامل: • شبکه‌های عصبی مصنوعی • الگوریتم‌های ژنتیک	۶
منابع و روش‌های جمع آوری داده	۱
پارامترهای موثر در انتخاب روش مناسب	۱
تولید DTM با روشهای فتوگرامتری و Laser • بحث و بررسی روش Laser • بحث و بررسی روش تولید DTM به روش IFSAR • بحث و بررسی روش‌های تولید DTM استفاده از نقشه‌های موجود	۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
تغییر و اصلاح DTM • Editing • Filtering • Merging • Data Structure Conversion	۴
تفسیر DTM • بررسی خصوصیات شکل زمین • ارزیابی کیفی • مدلسازی با استفاده از DTM	۶
نمایش DTM • روش‌های دو بعدی شامل (منحنی میزان، Hipsometric Tints ،Hill Shading و ترکیب با نقشه‌ها و تصاویر) • روش‌های سه بعدی شامل (دینامیک، Block Diagram، دید پانورامیک و مدل‌های بافت دار) • مدل‌های سه بعدی واقعی • نمایش محصولات DTM	۱۰
کاربردها و نرم افزار های مربوطه • کاربرد های DTM در سد سازی، راهسازی ، باستان شناسی، تعیین میدان‌های دید و طراحی خطوط لوله انتقال آب • مروری بر مباحث مطرح در DTM شامل تولید، تغییر و اصلاح، استخراج اطلاعات از DTM و نمایش محصولات استخراج شده از آن • نرم افزارهای DTM	۴

مراجع:

1- Zhilin Li, Qing zhu, Christopher Gold, 2005, Digital Terrain Modeling: Principles and Method logy, CRC press.
2- Earl F. Barkholder, 2008, The 3D Global Spatial data model, CRC press.
3- Abdol- Rahman A., Pilouk M., 2008, Spatial data modeling for 3D GIS, Springer.

سیستم تعیین موقعیت جهانی و کاربردهای آن در مهندسی ژئوماتیک
GPS and Its Applications in Geomatics Engineering

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: فتوگرامتری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با تئوری و کاربردهای GPS در مهندسی ژئوماتیک.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
مروری بر مفاهیم • تعریف سیستم تعیین موقعیت جهانی • اجزای GPS • ساختار فعلی GPS • توسعه آینده GPS	۶
تعیین مختصات ۳ بعدی با استفاده از GPS • مروری بر انواع روش‌های تعیین موقعیت • تعیین موقعیت کنماتیک و دینامیک • تکنیک‌های مشاهداتی و گیرنده های GPS • مدل‌های ریاضی پیشرفته GPS مورد استفاده در تعیین موقعیت ۳ بعدی • طراحی یک پروژه GPS o طراحی قبل از اجرای پروژه (Presurvey Planning) o شناسائی منطقه o طراحی سازمانی o جمع آوری اطلاعات (روش برداری یا چند نقطه‌ای) o پردازش داده‌های GPS o کنترل کیفیت اطلاعات	۱۰
ناوبری با GPS و بررسی دقت‌های قابل ارائه برای کاربردهای مختلف زمینی، هوایی و دریایی با استفاده از روش‌های زیر: • Standalone GPS • Local Differential GPS • Long Distance Differential GPS • Wide Area Differential GPS • Global Differential GPS • Real time Kinematic GPS • Network – based RTK GPS	۶
سیستم‌های ناوبری و تعیین موقعیت هوشمند وسائط نقلیه (IVLNS) • ماژول‌های سیستم o پایگاه داده نقشه‌های رقومی o تعیین موقعیت	۱۰

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
○ تناظریابی نقشه‌ای ○ طراحی مسیر ○ هدایت مسیر ○ رابط ماشین – انسان (Human Machine Interface) ○ مخابرات بی سیم • ناوبری و تعیین موقعیت Autonomous • ناوبری و تعیین موقعیت مبتنی بر مرکز کنترل Centralized Approach • ناوبری و تعیین موقعیت مبتنی بر وسائل نقلیه (Decentralized Approach)	
کاربردهای GPS در GIS • تعریف سیستم اطلاعات مکانی پویا • اجزای سیستم اطلاعات مکانی پویا • انواع پایگاه داده‌های پویا • طراحی و پیاده‌سازی سیستم اطلاعات مکانی پویا • کاربردهای سیستم اطلاعات مکانی پویا	۸
کاربردهای GPS در فتوگرامتری و سنجش از دور • ناوبری پرواز • تعیین موقعیت نقاط کنترل زمینی • تعیین موقعیت مرکز دوربین عکسبرداری • مثلث بندی هوائی بدون نقاط کنترل زمینی • تعیین مستقیم عناصر توجیه خارجی سنسورهای فتوگرامتری و سنجش از دور	۸

مراجع:

1- B,Hoffinan and J. Coilins, "Global Positioning System (Theoray and Practise)". Springer, 2008.
2- P.Vanicek. D.Wells. "Guide to GPS Positioning". University of New Brunswick. Frederieton. Canada. 1999.
3- J.B. Bullock 'A Prototype Portable Vehicle Navigation System Utilizing Map Aided GPS", University of Calgary, Canada., 1996.
4- Y.Zhao, "Vehicle Location and Navigation Systems', Artech House inc., 1997.
5- A. Vafaeenejad. 'Design and Implementation of a Dynamic GIS with Emphasis on Analysis of Optimum Route Finding'. MS.c. Thesis, K.N.Toosi University of Technology. 2002.
6- N.Chrisman, "Exploring Geographic Information Systems", John Wiley & Sons,1997.

تئوری تقریب
Approximation Theory

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ریاضیات مهندسی دوره کارشناسی مهندسی نقشه‌برداری
همنیاز:

هدف: آشنایی با روش‌های تقریب مورد استفاده در مهندسی نقشه‌برداری.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مبانی آنالیز تابعی • اصول فضای برداری • فضاهای تابعی • تعریف پایه و بعد فضاهای برداری • فضاهای نرم‌دار • انواع مختلف نرم (نرم ۱، نرم ۲، نرم ماکزیمم) • همگرایی در فضای نرم‌دار خطی • فضاهای کامل (L_2) • فضاهای ضرب داخلی و هیلبرت • پایه‌های متعامد و بسط توابع در فضای هیلبرت • تقریب در فضای هیلبرت • نظریه اشترم لیوویل • مقدمه‌ای بر تئوری توزیع • تعریف تابع تعمیم‌یافته • حساب توابع توزیع • تابع تعمیم‌یافته چندبعدی	۱۲
آنالیز فوریه و موجک • سری فوریه و فضای هیلبرت • تبدیل فوریه • برخی از ویژگی‌های تبدیل فوریه • تبدیل فوریه برخی از توابع • نمونه برداری و خطای اختلاط • تئوری موجک • تجزیه و ترکیب سیگنال با موجک • تبدیل موجک گسسته • موجک دو بعدی	۸
درونیابی و تقریب	۱۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• مقدمه‌ای بر درونیابی • درونیابی چندجمله‌ای • درونیابی لاگرانژ • درونیابی نیوتن • درونیابی هرمیت • درونیابی اسپیلاین مکعبی • درونیابی ترکیبی • خطای درونیابی • کولوکیشن کمترین مربعات • مقدمه‌ای بر تقریب • تقریب یکنواخت • تقریب کمترین مربعات • آنالیز طیفی کمترین مربعات	
توابع کروی • آنالیز فوریه بر روی کره • توابع پایه شعاعی کروی • اسپیلاین کروی • اسپیلاین کروی • موجک کروی	۶
فیلتر کالمن • تعریف مسأله • روابط فیلتر کالمن در مراحل پیش بینی و به‌روز رسانی • فیلترکالمن توسعه‌یافته و بی‌اثر • فیلترکالمن گروهی • فیلتر کالمن کاهش یافته • فیلتر کالمن بازه‌ای • برآورد مؤلفه‌های واریانس	۱۲

مراجع:

1- Griffel, D. H. (1985). Applied Functional Analysis. Ellis Horwood Limited.
2- Kreyszig, E. (1978). Introductory functional analysis with applications. John Wiley & Sons.
3- Davis, P. J. (1975). Interpolation and Approximation, Dover Publications.
4- Vanicek, P. and Wells, D. (1972). The Least Squares Approximation. Technical Report No. 22, UNB, Canada.
5- Wells, D., Vanicek, P., Pagiatakis, S. (1985). Least- Squares Spectral Analysis (Revised). Technical Report No. 84, UNB, Canada.
6- Moritz, H., and Sünkel, H. (1978). Approximation Methods in Geodesy. Wichmann, Germany.
7- Brigham, E. O. (1988). The fast Fourier transform and its applications. Prentice- Hall signal processing series.
8- Burrus, C. S., A. Gopinath, R., Guo, H. (1998). Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 268.
9- Freeden, W., Schreiner, M. (2009). Spherical Functions of Mathematical Geosciences, A Scalar, Vectorial, and Tensorial Setup. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
10- Chui, C.K., Chen, G. (2009). Kalman Filtering with Real- Time Applications. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

11- Brown, R.G., and Hwang, P. (2012). Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering. John Wiley & Sons, Inc.
12- Fan, H. (2010) Theory of Errors and Least Squares Adjustment. Royal Institute of Technology (KTH), Division of Geodesy and Geoinformatics, 100 44 Stockholm, Sweden.
13- Persson C.G. (1980) MINQUE and Related Estimators for Variance Components in Linear Models. Ph.D. Thesis. Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
14- Rao C.R. and Kleffe J. (1988) Estimation of Variance Components and Applications. North-Holand, Amsterdam, the Netherlands.

آنالیز تنسوری تغییر شکل
Tensorial Deformation Analysis

تعداد واحد: ۳ (نظری) **گرایش:** ژئودزی

نوع درس: تخصصی- الزامی **جمع ساعات تدریس:** ۴۸

پیشنیاز: ریاضیات مهندسی و هندسه دیفرانسیل دوره کارشناسی مهندسی نقشه‌برداری **همنیاز:**

هدف: آنالیز تغییرشکل و مبانی نظری آن در مکانیک محیط‌های پیوسته مطرح و معرفی می‌گردد. در این درس مفاهیم ریاضی آنالیز تغییر شکل با معرفی تنسورهای تغییر شکل و مباحثی که جنبه هندسی تغییر شکل اجسام را مورد بررسی قرار می‌دهند، طرح می‌گردند. بطور کلی می‌توان کاربردهای جبر و آنالیز تنسوری و همچنین هندسه دیفرانسیل را بعنوان مبانی ریاضی و هندسی در آنالیز تغییرشکل اجسام، محور اصلی و هدف این درس نامید.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • سیستم‌های مختصات کارتزین و منحنی الخط درژئودزی • مروری بر جبر و آنالیز برداری • مروری بر هندسه دیفرانسیل خم‌ها و رویه‌ها • بردار در سیستم های مختصات کارتزین (متعامد و نامتعامد) و منحنی الخط • تبدیل مختصات‌های همگشت و ناهمگشت بردارها	۹
جبر و آنالیز تنسورها • تعریف تنسور به روش اندیسی • جبرتنسورها • تنسور متریک در فضاهای اقلیدسی و ریمانی • آنالیز تنسورها (نمادهای کریستوفل، مشتق کوواریانت و بیان تنسوری گرادیان، دیورژانس و کرل)	۱۲
تنسورهای تغییرشکل • نگرش‌های لاگرانژی و اولری در آنالیز تغییرشکل • تنسورهای گرادیان تغییرشکل لاگرانژی و اولری • تنسورهای تغییرشکل کوشی و گرین • تنسورهای تغییرشکل کرنش (استرین) لاگرانژی و اولری • تنسورهای تغییرشکل بر حسب بردار جابجایی	۱۵
معیارهای اسکالر تغییرشکل • معیارهای تغییر شکل طولی • معیارهای تغییر شکل زاویه‌ای • معیارهای تغییر شکل سطحی و حجمی	۶
کاربردهای آنالیز تغییرشکل در ژئودزی و ژئودینامیک • کاربرد در مطالعه تغییر شکل زمین	۶

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• کاربرد در مطالعه تغییر شکل میدان ثقل زمین • کاربرد در سیستم‌های تصویر	

مراجع:

1- Vanicek, P. (1990): Tensors, Department of Surveying Eng., University of New Brunswick, Canada.

2- Spiegel, R. (1959): Vector analysis and introduction to tensor analysis, Schaum's outline series.

3- Grafarend, E.W. (2004): Tensor algebra, linear algebra, multilinear algebra, Technical report, Department of geodesy and geoinformatics, University of Stuttgart, Germany.

4- A.C. Eringen (1962): Nonlinear theory of continuous media, Mc Grow Hill Company.

5- Z.Martinec (1999): Continuum mechanics for geophysicists and geodesists, Technical report Nr.1999.2, dep of geodesy and geoinformatics, university of Stuttgart.

6- Fernando Sanso and Antonio J. Gil (2005): Geodetic Deformation Monitoring, From geophysical to engineering roles, IAG Symposium, Jaen, Spain.

ژئودزی فیزیکی پیشرفته
Advanced Physical Geodesy

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- الزامی
پیشنیاز: ژئودزی فیزیکی دوره کارشناسی

گرایش: ژئودزی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز: آنالیز تابعی

هدف: هدف از درس ژئودزی فیزیکی، مدلسازی میدان ثقل زمین در نقاط خارج و روی سطح آن است. به عبارت دیگر، هدف ارائه یک رابطه ریاضی است، که پارامترهای ثقل زمین را به صورت تابعی از موقعیت نسبت به یک سیستم مرجع بیان کند. این رابطه ریاضی از حل معادله دیفرانسیل جاذبه که همان معادله لاپلاس است، حاصل می‌گردد. مشاهدات ژئودتیکی مانند مشاهدات ثقلی، داده‌های ترازیابی دقیق، طول و عرض نجومی و ... توابعی از میدان ثقل زمین بوده و به عنوان شرایط مرزی در حل معادله لاپلاس مورد استفاده قرار می گیرند. از دیگر مباحث مهم در ژئودزی فیزیکی تعریف سطح مبنای ارتفاعی و یکسان‌سازی دیتوم‌های ارتفاعی است. این سطح که نخستین بار توسط گاوس تعریف شد، ژئوئید نام دارد. و تعیین آن یکی از مسائل بسیار مهم در ژئودزی فیزیکی است و نخستین بار استوکس معادله‌ای انتگرالی برای حل آن ارائه نمود. تعیین ژئوئید در نواحی خشکی به کمک انتگرال استوکس، نیازمند اطلاعات دقیق از دانسیته درون زمین است، و از آنجا که چنین اطلاعاتی در حال حاضر با دقت و تراکم مناسب در دست نیست، لذا تعیین ژئوئید با دقت بالا امکان‌پذیر نخواهد بود. در راستای رفع این مشکل، ایده استوکس هلمرت را می‌توان گامی در جهت بهبود نتایج روش استوکس دانست. گام بسیار موثر دیگر در این راستا توسط مالدونسکی برداشته شد. او به جای ژئوئید سطح مبنای دیگر به نام شبه ژئوئید را معرفی نمود که تعیین آن نیازمند اطلاعات دانسیته نیست. برای بهبود هر چه بیشتر دقت و انطباق بهتر به زمین واقعی، در دهه‌های اخیر تلاش-هایی در جهت حل مسئله مقدار مرزی ژئودزی فیزیکی در سیستم مختصات بیضوی صورت گرفته که امکان استفاده از تمام مشاهدات ژئودیتکی را به طور همزمان در تعیین ژئوئید فراهم می‌آورد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مروری بر مفاهیم تئوری پتانسیل • میدان جاذبه و پتانسیل جاذبه یک جسم، انتگرال نیوتن • شکل دیفرانسیلی قانون جاذبه، معادلات لاپلاس و پوآسن و ارتباط با انتگرال نیوتن، مسئله معکوس گراویتی • مسائل مقدار مرزی معادله لاپلاس • حل معادله لاپلاس در سیستم مختصات کروی و بسط سری هارمونیک های کروی • شکل صریح جواب مسائل مقدار مرزی معادله لاپلاس، انتگرال آبل- پوآسن • سری هارمونیک‌های کروی برای میدان ثقل زمین، مفهوم قضیه رنگه و کابرد آن در ژئودزی فیزیکی، میدان ثقل جهانی • مدل‌سازی میدان ثقل زمین در ژئودزی فیزیکی، مفهوم میدان ثقل نرمال و کمیت‌های تفاضلی • تابعک‌های مشاهداتی میدان ثقل و ارتباط بین آن‌ها	۱۰
میدان ثقل بیضوی تراز و میدان ثقل نرمال • مختصات منحنی الخط بیضوی ژاکوبی	۱۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• معادله لاپلاس در سیستم مختصات بیضوی و جواب آن • بسط تابع عکس فاصله به هارمونیک‌های بیضوی • ضرایب هارمونیک بیضوی • میدان ثقل سومیگلیانا پیزتی • مسئله مقدار مرزی میدان ثقل سومیگلیانا پیزتی و حل آن • پتانسل ثقل نرمال و شتاب ثقل نرمال • تئوری کلرو • پارامترهای ژئودتیک اصلی و مقادیر مختلف آن‌ها • تعیین ابعاد بهینه بیضوی میدان ثقل سومیگلیانا پیزتی به کمک مشاهدات ثقلی • تعیین بیضوی با استفاده از مشاهدات استرو- ژئودتیک	
مسائل مقدار مرزی ژئودتیک • مفهوم مسئله مقدار مرزی ژئودتیک • استفاده از مشاهدات ثقلی به عنوان داده‌های مرزی • معادله بنیادی فیزیکال ژئودزی • مسائل مقدار مرزی استوکس و هوتین • انتگرال استوکس و هوتین در تعیین ژئوئید و تقریب کروی آن‌ها • فرمول ونینگ- مایتز • انتقال به سمت پایین مشاهدات ثقلی، اثر توپوگرافی و روش‌های نوین در محاسبه اثر توپوگرافی در تعیین ژئوئید • روش استوکس هلمرت • فرمولاسیون شرط مرزی در مسئله استوکس- هلمرت • ژئوئید استوکس- هلمرت • تئوری مالدونسکی • مفهوم مختصات کارتزین و گراویمتریک نقاط سطح زمین، ایده‌ی مالدونسکی • مفهوم تلوروئید و سیستم ارتفاع نرمال • قضیه دیورژانس و اتحاد سوم گرین • معادله انتگرالی مالدونسکی و ایده تعیین شکل زمین با کمک مشاهدات ژئودتیکی • خطی سازی معادله انتگرالی مالدونسکی • مسئله مقدار مرزی مالدونسکی • خطیسازی مسئله مقدار مرزی مالدونسکی • شرط مرزی در مسئله مقدارمرزی مالدونسکی • راستای همزنیت و تفسیر شرط مرزی در مسئله مقدار مرزی مالدونسکی • تقریب کروی مسئله مقدار مرزی مالدونسکی • مفهوم توزیع دانسیته تک لایه، پتانسیل جاذبه حاصل از آن، و ویژگی تابع پتانسیل در این حالت • حال مسئله مقدار مرزی مالدونسکی به کمک تابع پتانسیل تک لایه • سری مالدونسکی • مسئله مقدار مرزی ژئودتیک بیضوی یا مرز معلوم • بسط تابع پتانسیل به هارمونیکهای بیضوی • انتگرال آبل- پوآسن بیضوی • انتگرال آبل- پوآسن اصلاح شده در سیستم مختصات بیضوی	۲۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• تعریف مسئله مقدار مرزی بیضوی با مرز معلوم • قدر مطلق شتاب ثقل به عنوان مقدار مرزی • طول و عرض نجومی به عنوان داده مرزی • بردار نوسان جاذبه سطحی به عنوان شرط مرزی • میدان ثقل مرجع بیضوی • داده‌های مرزی تفاضلی • انتگرال آبل پواسن برای کمیت‌های تفاضلی • فرمول برنز تعمیم یافته	
مدلسازی میدان ثقل محلی • مدل‌های جهانی و دقت آن‌ها در مدلسازی میدان ثقل محلی • تلفیق انتگرال نیوتن و مدل های ژئوپتانسیل در مدلسازی میدان ثقل محلی • مدلسازی محلی به کمک توابع پایه شعاعی • هارمونیک‌های کلاهک کروی و مدلسازی محلی میدان ثقل • روش کولوکیشن • روش استوکس و مالدونسکی در مدلسازی میدان ثقل محلی	۸

مراجع:

1- Ågren J. (2004) Regional geoid determination methods for the era of satellite gravimetry, Numerical investigations using synthetic Earth gravity models, Doctoral thesis in Geodesy, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
2- Eshagh M. (2011) Sequential Tikhonov Regularization: an alternative way for inverting satellite gradiometric data, ZeitschriftfuerVermessungswesen, 136: 113- 121..
3- Eshagh M. (2009) On satellite gravity gradiometry, Doctoral thesis in Geodesy, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
4- Featherstone W.E., Evans J.D. Olliver J.G. (1998) A Meissl- modified Vanicek and kluesberg kernel to reduce the truncation error in gravimetric geoid computations, J Geod. 72: 154- 160.
5- Fotopoulos G. (2005) Calibration of geoid error models via a combined adjustment of ellipsoidal, orthometric and gravimetrical geoid height data. JGeod.79:111- 123.
6- Hagiwara Y. (1972) Truncation error formulas for the geoidal height and the deflection of the vertical, Bull. Geod. 106:453- 466.
7- Hansen P.C. (1998) Rank- deficient and discrete ill- posed problems: numerical aspects of linear inversion. SIAM, Philadelphia.
8- Hansen P. C. (2007) Regularization Tools version 4.0 for Matlab 7.3, Numerical Algorithms, 46: 189- 194.
9- Heiskanen W. and Moritz H. (1967) Physical Geodesy.W.H Freeman and company, San Fransisco and London.
10- Martinec Z.(1998) Boundary- value problems for gravimetric determination of a precise geoid, Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York.
11- Martinec Z. (2003) Green's function solution to spherical gradiometric boundary- value problems, J Geod.77: 41- 49.
12- Moritz H. (1980) Advanced physical Geodesy, HerberWichmannVerlag in Germany and Abacus Press in UK.
13- Molodensky M.S., Eremeev V.F. and Yurkina M.I. (1962) Methods for study of the external gravity field and figure of the Earth. Trans. From Russian (1960), Israel program for scientific translation, Jerusalem.
14- Paul M.K. (1978) Recurrence relations for integrals of associated Legendre functions, Bull. Geod. 52:177- 190.
15- Pan M. and Sjöberg L.E. (1998) Unification of vertical datum by GPS and gravimetric geoid models with application to Fennoscandia, J Geod., 72: 64- 70.
16- Rummel R. and Tuenissen P. (1988) Height datum definition, height datum connection and the role of the geodetic boundary value problem, Bull. Geod. 62: 477- 498.
17- Sjöberg L.E. (2006) A refined conversion from normal height to orthometric height, Stud. Geophys.Geod. 50: 595- 606.
18- Sjöberg L.E. (2003) Ellipsoidal Corrections to order e2 of geopotential coefficients and Stokes' formula, J Geod. 77: 139- 147.
19- Sjöberg L.E. (2004) A spherical harmonic representation of the ellipsoidal correction of the modified Stokes formula, J Geod. 78: 180- 186.

20- Shepperd S. W. (1982) A recursive algorithm for evaluating Molodeski- type truncation error coefficients at altitude, Bull. Geod. 56: 95- 105.
21- Sjöberg L.E. (1986) Comparison of some methods of modifying Stokes' formula, Bollettino di geodesia e scienzeaffini, 3: 26- 30.
22- Sjöberg L.E. (1980) Least- squares combination of satellite harmonics and integral formulas in physical geodesy, GerlandsBeitr.Geophysik, Leipzig 89(5):371- 377.
23- Tikhonov A.N.(1963) Solution of incorrectly formulated problems and regularization method, Soviet Math.Dokl., 4: 1035- 1038, English translation of Dokl. Akad.Nauk. SSSR, 151:501- 504
24- Xu P. (1998) Truncatd SVD method for discrete linear ill- posed problems, Geophys. J. int. 135: 505- 514.
25- Xu P. (1992) Determination of surface gravity anomalies using gradiometric observables, Gephys. J. int. 110: 321- 332.
26- Xu P. and Rummel R. (1991) A quality investigation of global vertical datum connection.Netherlands Geodetic Commission, New Series, No 34, Delft.
27- Novak, P. (1990), Evaluation of gravity data for the Stokes- Helmert solution to the geodetic boundary value problem, Ph.D thesis, THE UNIVERSITY OF NEW BRUNSWICK.
28- Ardalan, A. A. (1999), High Resolution Regional Geoid Computation in The World Geodetic Datum 2000, Ph.D thesis, university of Stuttgart

ژئودزی هندسی ماهواره‌ای
Geometric Satellite Geodesy

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- الزامی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی ماهواره‌ای دوره کارشناسی
همنیاز:

هدف: هدف این درس معرفی روش‌های هندسی در ژئودزی ماهواره‌ای است. برخلاف روش‌های جاذبی، هدف اصلی در این دسته از روش‌های ماهواره‌ای، تعیین موقعیت است. در این ارتباط طبیعتاً آشنایی با سیستم‌های مختصات مختلف مورد نیاز در روش‌های هندسی ماهواره‌ای، چگونگی تعیین مدار ماهواره‌ها، توسعه مدل‌های ریاضی مربوطه، شناخت منابع مختلف خطا و نحوه تعامل با آن‌ها و نهایتاً روش‌های پردازش یا سرشکنی خطاهای مشاهدات برای رسیدن به موقعیت مطلق یا نسبی نقاط ضروی است. از طرف دیگر با توسعه کاربردهایی جدید برای سامانه‌های تعیین موقعیت و ناوبری، آشنایی با روش‌های مورد نیاز برای پردازش مشاهدات این سیستم‌ها به منظور تحقق اهداف مورد توجه در هریک از کاربردهای این سیستم‌ها قابل ملاحظه است.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
تاریخچه پیشرفت در ژئودزی ماهواره‌ای • تعریف ژئودزی ماهواره‌ای و معرفی شاخه‌های مختلف آن به همراه ارتباط آن با سایر علوم • تاریخچه پیشرفت ژئودزی ماهواره‌ای در دنیا • تاریخچه پیشرفت فعالیت های فضایی و ژئودزی ماهواره‌ای در ایران	۲
تعیین مدار کپلری ماهواره • بررسی قانون دوم نیوتن در یک سیستم مختصات غیر اینرشیال • استخراج معادلات دیفرانسیل حاکم بر حرکت مداری ماهواره بر مبنای فرضیات مطرح در کپلری یک ماهواره • حل تحلیلی معادلات دیفرانسیل حاکم بر حرکت کپلری ماهواره (معرفی پارامترهای کپلری) • معرفی مسائل مستقیم و معکوس در تعیین مدار کپلری ماهواره • ارزیابی فرضیات مطرح در حرکت کپلری و بررسی سهم عوامل اغتشاشی مختلف • معرفی الگوریتم تعیین مختصات کارتزین ماهواره در سیستم ECEF با استفاده از اطلاعات مداری ارسالی (در نظر گرفتن اثر ترم $C_{2,0}$ بر پارامترهای کپلری) • معرفی محصولات مداری دقیق سرویس IGS و روش درون‌یابی لاگرانژ برای درونیابی مختصات مداری دقیق ماهواره‌ها • معرفی اثر دورانی زمین از طریق استخراج معادلات دیفرانسیل حاکم براین اثر و حل آن‌ها • معرفی سرویس IERS و نقش آن در تعیین سهم اثر دورانی زمین در تعیین تغییرات سیستم ECEF نسبت به سیستم ECSF • معرفی سایر عوامل سیستماتیک موثر بر سیستم ECEF در مقایسه با سیستم ECSF شامل پرسشن و نوتیشن و معرفی روابط تبدیل بین این دو سیستم بر اساس یکی از مدل‌های IERS	۱۲
معادلات مشاهدات یا مدل‌های ریاضی تعیین موقعیت در ژئودزی ماهواره‌ای • استخراج معادلات مشاهدات کد	۱

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• استخراج معادلات مشاهدات فاز • استخراج معادلات مشاهدات دایلر	
منابع خطای موثر بر مشاهدات در ژئودزی ماهواره‌ای • خطای یونوسفر ○ معرفی خطای یونوسفر از طریق استخراج معادله میزان تقدم و تاخیر زمانی این منبع بایاس ○ چگونگی استفاده از دو فرکانس حامل برای حذف این منبع خطا در تقریب مرتبه اول یا ترکیب عاری از یونوسفر، استاندارد سازی این ترکیب، طول موج و فرکانس این ترکیب ○ چگونگی استفاده از سه فرکانس حامل برای حذف اثر این خطا در تقریب مرتبه دوم، استانداردسازی این ترکیب و طول موج و فرکانس مربوطه ○ توابع نگاشت کروی و بیضوی برای تصویر کردن تاخیر زنیتی به امتدادی دلخواه • خطای تروپوسفر ○ معرفی خطای تروپوسفر از طریق استخراج معادله میزان تاخیر زمانی دو بخش خشک و تر این منبع بایاس ○ معرفی دو نمونه از مدل‌های موجود جهانی موجود برای حذف یا کاهش اثر این منبع بایاس شامل مثلاً مدل سستاموینین تغییر یافته و مدل تغییر یافته هاپفیلد ○ چگونگی پارامتر سازی این منبع بایاس در معادلات مشاهدات ○ توابع نگاشت برای تصویر کردن تاخیر زنیتی به امتدادی دلخواه • اثرات نسبیتی ○ معرفی اجمالی دو تئوری نسبیت خاص و عام ○ معرفی اثرات نسبیتی بر مشاهدات GPS • اثرات ناشی از جزر و مد زمین صلب و جزر و مد ناشی از بارگذاری اقیانوسی ○ جابجایی ناشی از جزر و مد زمین صلب در ایستگاه‌های GPS ○ جابجایی جزر و مدی ناشی از بارگذاری اقیانوسی • خطاهای ساعت • خطای چند مسیری ○ ارتفاع سنجی با استفاده از مشاهدات انعکاسی ○ تعیین موقعیت مطلق با استفاده از مشاهدات انعکاسی • اثرات AS و SA • افست و تغییرات مرکز فاز آنتن • بایاس‌های ابزاری	۸
ترکیب‌های تفاضلی مشاهدات • خطی‌سازی معادلات مشاهدات • استخراج روابط مربوط به ترکیب‌های مشاهدات یک گیرنده شامل ○ ترکیب عاری از یونوسفر و معرفی کاربرد آن ○ ترکیب عاری از هندسی و معرفی کاربرد آن ○ ترکیب استاندارد فاز- کد ○ باقیمانده‌های یونوسفری ○ دایلر تفاضلی و انتگرال دایلر ○ نرم کردن مشاهدات کد • استخراج روابط مربوط به ترکیب‌های مشاهدات چند گیرنده شامل ○ ترکیب تفاضلی یگانه	۱۲

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
○ ترکیب تفاضلی دوگانه ○ ترکیب تفاضلی سه گانه • هم ارزی الگوریتم‌های ترکیبی و غیر ترکیبی ○ الگوریتم‌های غیر ترکیبی پردازش مشاهدات GPS ○ الگوریتم‌های ترکیبی پردازش مشاهدات GPS • الگوریتم‌های ثانویه پردازش مشاهدات GPS • هم ارزی الگوریتم‌های تفاضلی و غیر تفاضلی	
روش‌های سرشکنی و فیلترینگ • سرشکنی کمترین مربعات با مدل پارامتریک • سرشکنی کمترین مربعات به روش ترتیبی • سرشکنی کمترنی مربعات با معادلات شرط یا قیود بین مجهولات • سرشکنی کمترین مربعات به روش ترتیبی با معادلات شرط یا قیود بین مجهولات • سرشکنی کمترین مربعات بلوکی • فیلترینگ کالمن ○ فیلترینگ کالمن کلاسیک ○ فیلترینگ کالمن پایدار ○ فیلترینگ کالمن تطبیقی پایدار • سرشکنی کمترین مربعات با قیود اولیه (پارامترهای وزن‌دار)	۶
تشخیص جهش فاز و حل ابهام فاز • تشخیص جهش فاز ○ مقایسه فاز – کد ○ باقیمانده‌های یونوسفری فاز – فاز ○ انتگرال‌گیری داپلر • حل ابهام فاز ○ محاسبه جواب شناور ○ جستجوی عدد صحیح ابهام فاز در حوزه ابهام ○ جستجوی عدد صحیح ابهام فاز در حوزه مختصات ○ تابع ابهام	۴
کاربردهای ژئودزی هندسی ماهواره‌ای • استفاده از GPS در مدل‌سازی توموگرافیک اتمسفر • استفاده از GPS در لرزه‌نگاری	۳

مراجع:

1- Parkinson, B. W. and J. J. Spilker (1996). Global Positioning System: Theory and Applications, American Institute of Aeronautics & Astronautics.

2- Gunter Seeber (2003), Satellite Geodesy, 2nd Edition, de Gruyter, 612 pp, ISBN- 13: 978-3110175493.

۳- گوچان ژو (۲۰۰۷) تئوری، الگوریتم‌ها و کاربردهای GPS، ترجمه دکتر مسعود مشهدی حسینعلی و مهندسی رویا موسویان، انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

4- Leick, A. A. and S. Lambert (1990). GPS Satellite Surveying, Wiley.

ژئودینامیک
Geodynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: آنالیز تنسوری تغییر شکل
همنیاز:

هدف: ژئودینامیک یکی از مباحث گسترده و حائز اهمیت در علوم زمین است که به مطالعه‌ی تغییرات زمانی و دینامیک زمین در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای می‌پردازد. زمینه‌های مختلف این علم شامل مطالعه‌ی زلزله، آتشفشان، جزر و مد اقیانوس‌ها و زمین صلب، انتقال حرارت و تکتونیک صفحه‌ای است. امروزه به واسطه‌ی در اختیار قرار داشتن مشاهدات ژئودزی و گراویتی، مطالعه و مدلسازی پدیده‌های فوق و درک مکانیزم آنها امکان‌پذیر شده و ژئودزی نقش بسزایی در توسعه و شناخت این پدیده‌ها ایفا نموده است. مدلسازی نظری پدیده‌های ژئودینامیکی به کمک قوانین مکانیک محیط‌های پیوسته صورت می‌پذیرد که تغییر شکل‌های حاصل از آن از حل یک مسئله‌ی مقدار مرزی حاصل می‌گردند. در نهایت مشاهدات ژئودزی به عنوان اطلاعات کمکی در کنار معادلات فوق می‌توانند در غالب یک مسئله‌ی معکوس به منظور تعیین پارامترهای مختلف زمین مورد استفاده قرار گیرند.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مروری بر مفاهیم مکانیک محیط‌های پیوسته، تئوری تغییر شکل و تنش • مفهوم محیط پیوسته و فرضیه‌ی پیوستگی • نظریه‌ی تغییر شکل، تانسور کرنش، نگرش لاگرانژی و اویلری، تغییر شکل بی‌نهایت کوچک • مفهوم تنش، تعریف بردار تنش و تانسور تنش • تنش‌ها و کرنش‌های اصلی • معادلات حرکت محیط پیوسته، قضیه‌ی کوشی- پوآسن • معادله‌ی پیوستگی	۶
معادلات رفتاری • مفهوم کلی معادلات رفتاری • تئوری ارتجاعی، قانون هوک، مواد ارتجاعی گرین و کوشی • مواد ایزوتروپ، ایزوتروپ جانبی و اورتوتروپ و معادلات رفتاری آن‌ها • معادلات کلی مسائل تئوری ارتجاعی بر حسب بردار تغییر مکان و نمایش آن‌ها برای مواد ایزوتروپ • مسائل مدار مرزی در تئوری ارتجاعی و ارتباط آن با مدلسازی پدیده‌های ژئودینامیکی • مواد با حافظه و معادلات رفتاری وابسته به زمان، مواد ویسکوالاستیک • تئوری خطی ویسکوالاستیسیته و معادلات رفتاری آن • رئولوژی کلوین و ماکسول • کاربرد تئوری ویسکوالاستیسیه در مطالعه‌ی پدیده‌های ژئودینامیکی، رفتارهای بازگشتی طولانی مدت در زمین، حرکت‌های پس لرزه	۱۲
پدیده‌های زلزله و آتشفشان • مکانیک زلزله، نظریه نابجایی در تئوری ارتجاعی و نقش آن در مدلسازی حرکات گسل‌ها • آشنایی با امواج لرزه‌ای و لرزه‌نگارها و مطالعه خصوصیات درونی زمین به کمک توموگرافی امواج	۱۸

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
لرزه‌ای • انواع گسل‌ها، پارامترهای هندسی گسل و نمایش استروگرافیک گسل‌ها • تغییر شکل‌های هم‌لرزه در محیط ایزتروپ و نیم‌بینهایت، معرفی مدل اوکادا • تغییر شکل هم‌لرزه در محیط لایه‌ای و مدل‌های مختلف آن • مدل‌های زلزله در محیط‌های کروی • مدل‌های پس‌لرزه و اثرات ویسکوالاستیک • زلزله و تغییر در میدان جاذبه‌ی زمین، مدل نیم‌بینهایت اکوبو، مدل‌های کروی و لایه‌ای • نظریه نابجایی و مطالعه تغییر شکل‌های ناشی از حرکات آتشفشانی، گسل‌های کششی • مدل ماگمی در مطالعات آتشفشانی • اثرات انتقال حرارت و مدلسازی منشا حرارتی ناشی از انتقال ماگما، مدل‌های ترموالاستیک	
پدیده جزر و مد و مدل‌های جزر و مدی • جزر و مد اقیانوسی، جزر و مد زمین صلب • پتانسیل جزر و مد و شتاب جزرومد • معرفی عدد Doodson و بررسی تغییرات پتانسیل و یا نیروی جزر و مد نسبت به زمان و مکان شامل مولفه‌های tesseral، sectorial و zonal به همراه برخی از مولفه‌های فرکانسی، تیلت بردار شتاب ثقل و بالاآمدگی سطوح هم پتانسیل در اثر جزر و مد • جزر و مد پوسته، جزر و مد زمین غیر صلب • اعداد لاو و مفهوم فیزیکی آن‌ها، پتانسیل تغییر شکل و عدد شیدا • اثرات جزر و مد بر مشاهدات ژئودتیکی • اثرات غیر مستقیم جزر و مد و اعداد لود • مدل‌های جزر و مدی، مدل فارل، مدل جان وار و ...	۶
نقش مشاهدات ژئودزی در مطالعه‌ی پدیده‌های ژئودینامیکی • مشاهدات سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) و حل مسائل معکوس در لرزه‌نگاری • مشاهدات راداری و نقش آنها در مطالعات زلزله و آتشفشان • مدلسازی جزر و مد به کمک مشاهدات ارتفاع سنجی ماهواره‌ای • تعیین اعداد لاو به کمک مشاهدات ژئودزی • ماهواره‌ی گریس و تغییرات زمانی میدان ثقل • مطالعه تغییرات آب‌های زیرزمینی به کمک ماهواره‌ی گریس • حل مسائل معکوس لرزه‌نگاری به کمک مشاهدات ماهواره‌ی گریس، مطالعه‌ی حرکات پس‌لرزه	۶

مراجع:

1- Mase G. E. (1970), Theory and Problems of Continuum Mechanics, Schaum's Outline Series, McGraw- Hill Book Company, 220pp.
2- Giorgio, R. (1995). Rheology of the Earth, Springer, 409 pp.
3- Vanicek P. (1972), The Earth Tide, University of New Brunswick, 37 pp.
4- Turcotte, D. L., Schubert, G., (2002), Geodynamics, Cambridge university Press
5- Akii, K, Richards, P, (1980), Quantitative seismology, University science book
6- Segall, P, (2010), Earthquake and Volcano deformation, Princeton University Press
7- Melchoir, P, (1983), Tide of the Planet Earth, Oxford, Pergamon Press.
8- Teisseyre, R, Beilski, W., (1986), Continuum theories in solid Earth physics, Butterworth-Heinemann Limited
9- Krasana, H, Bohm, J, Schuhb, H, (2013), Tidal Love and Shida numbers estimated by geodetic VLBI, Journal of Geodynamics, 70, 21- 27

10- Seitz, F., Kirschner, S., Neubersch, D., (2012), Determination of the Earth's pole tide Love number, k2 from observations of polar motion using an adaptive Kalman filter approach, Journal of Geophysical research, 117(B9), 1- 11.
11- Wahr, J., (2004), Time variable gravity field from GRACE, lecture not, university of Colorado
12- Fatolazadeh, F., Voosoghi, B., Raoofian Naeeni, M., (2013), Wavelet and Gaussian Approaches for Estimation of Groundwater Variations Using GRACE Data, Groundwater.

ژئودزی دینامیکی ماهواره‌ای
Dynamic Satellite Geodesy

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی ماهواره‌ای دوره کارشناسی
همنیاز:

هدف: هدف از تکنیک‌های ژئودزی ماهواره‌ای، گسترش روش‌های اندازه‌گیری بر پایه سیستم‌های فضایی است. مشاهدات ژئودزی کلاسیک که از روش‌های اندازه‌گیری زمینی بدست می‌آیند به سبب تراکم کم و هزینه بالای جمع‌آوری داده، جوابگوی نیازهای امروز علوم زمین نخواهند بود. همچنین تعیین موقعیت یکپارچه‌ی سه‌بعدی در یک سیستم مختصات زمین‌مرجع نیز به کمک شبکه‌های ژئودتیک کلاسیک امکان‌پذیر نمی‌باشد. بر این اساس ایده به کار گیری تکنیک‌های اندازه‌گیری فضایی مطرح گردید. در روش‌های تعیین موقعیت فضایی، ماهواره‌هایی که به دور زمین در حال دوران می‌باشند، به عنوان نقاط مبنای ژئودزی مدنظر قرار می‌گیرند و مختصات آن‌ها در سیستم‌های اینرشیال از طریق معادله حرکت آن‌ها به صورت تابعی از زمان مشخص می‌گردد. حل معادله حرکت ماهواره‌ها و تعیین موقعیت آن‌ها در مدار نیازمند اطلاع از نیروهای وارد بر ماهواره می‌باشد. مهم‌ترین سهم در حرکت ماهواره‌ها ناشی از هارمونیک مرتبه صفر میدان جاذبه زمین بوده که منجر به حرکت در مدار کپلری می‌گردد. اثر هارمونیک‌های مرتبه بالای میدان جاذبه زمین در کنار سایر نیروهای وارد بر ماهواره به صورت ترم‌های اغتشاشی مطالعه شده و سبب انحراف حرکت از مدار کپلری می‌گردند که در مبحث تعیین مدار دینامیکی مورد مطالعه قرار می‌گیرند.

علاوه بر ماهواره‌های تعیین موقعیت، سایر سیستم‌های اندازه‌گیری فضای مانند ماهواره‌های ثقل‌سنجی، سیستم‌های ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای، ماهواره‌های تجسس و سنجنده‌های حرارتی، به نحوی با مشاهدات ژئودزی سرکار داشته و از داده‌های آن‌ها به منظور کاربردهای مختلف در علومی نظیر ژئوفیزیک، ناوبری، کاربردهای نظامی و ...استفاده می‌گردد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مسئله دو جسمی • تعریف مسئله و مروری بر تاریخچه مسئله دو جسمی • قوانین کپلر و قوانین بقای انرژی، ممانتوم زاویه‌ای و بردار مداری • معادله کپلر و حرکت در سیستم مداری • المان‌های مداری (کپلری، دلونی و TLE) و تقسیم‌بندی مدارات • گذر ماهواره، قدرت تفکیک مکانی و زمانی و پوشش زمینی	۱۲
تعیین مدار • معرفی روش‌های تحلیلی و عددی در تعیین مدار • انواع مشاهدات مورد استفاده در تعیین مدار • انواع مدار (دینامیک، کینماتیک و هیبریدی) • روش‌های متداول در تعیین عددی مدار • سیستم‌های مختصات و زمان در ژئودزی ماهواره‌ای	۱۵
نیروهای اغتشاشی و مدار مغشوش • انواع نیروهای اغتشاشی (پایستار و غیرپایستار) و نحوه اثر آن‌ها بر مدار • معادلات سیاره‌ای لاگرانژ و اثر نیروهای اغتشاشی پایستار بر مدار	۱۳

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• معادلات گوسی و اثر نیروهای اغتشاشی غیر پایستار بر مدار • حرکت در میدان J_2 ، المانهای متوسط و بوسان و تعاریف دوره تناوب در حرکت اغتشاشی	
ماموریت‌های فضایی در ژئودزی و کاربردهای آن‌ها • تعیین المان‌های مداری در ماهواره‌های خورشید آهنگ، گذر تکراری و ... • هندسه مشاهدات و ارتباط آن‌ها با المان‌های مداری • خوشه‌های ماهواره‌ای و کاربردهای آن در ژئودزی	۸

مراجع:

1- Seeber, G. 2003, Satellite Geodesy, Walter de Gruyter, 2003.
2- Capderou, M., 2005, Satellites: Orbits and missions, 364 p. With CD- ROM. 2- 287- 21317- 1. Berlin: Springer.
3- VALLADO, A. D., 2001, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 2nd edn, Space Technology Laboratory, Vol. 12 (Dordrecht: Kluwer Academic).
4- Montenbruck O., Gill E.; 2000, Satellite Orbits - Models, Methods, and Applications; Springer Verlag Heidelberg .
5- Sandau,R., Roeser H., P,. Valenzuela A,. 2010 Small Satellite Missions for Earth Observation New Developments and Trends; Springer
6- Elachi, C., Van Zyl, J., 2006, Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, John Wiley & Sons, Inc.,
7- Olsen, R., C., 2007, Remote Sensing from Air and Space, SPIE—The International Society for Optical Engineering

ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای
Satellite Altimetry

تعداد واحد: ۳ (نظری) **گرایش:** ژئودزی

نوع درس: تخصصی- اختیاری **جمع ساعات تدریس:** ۴۸

پیشنیاز: ژئودزی فیزیکی و ژئودزی ماهواره‌ای دوره کارشناسی **همنیاز:**

هدف: مباحث ارتفاع سنجی ماهواره‌ای دارای نقش و اهمیت اساسی در ژئودزی می‌باشد. این درس با هدف آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مفاهیم پایه ارتفاع سنجی ماهواره‌ای تعریف گردیده و دانشجو با گذراندن این درس قادر خواهد بود از اصول ارتفاع-سنجی در مطالعه و تعیین سطح متوسط دریا و تعیین توپوگرافی سطح دریا، و مدل سازی جزر و مدی و یا تلفیق مشاهدات ژئودزی بعنوان یک منبع اطلاعاتی در کنار منابع اطلاعاتی دیگر استفاده نماید و کاربردهای آن را در شاخه‌های مختلف ژئودزی و اقیانوس نگاری و جزر و مد و سطوح دریا و سطوح مبنای ارتفاعی و ژئوئید بررسی و مدل‌سازی نماید.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مبانی ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای • مروری بر ماموریت‌های ارتفاع سنجی توسط ماهواره‌ها و کاربردهای آن • مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری با ارتفاع سنج‌ها • تعیین مدار ماهواره‌ها توسط ایستگاه‌های زمینی و آنالیز اغتشاشات • اصول هندسی ارتفاع سنجی • اصول فیزیکی ارتفاع سنجی • مشاهدات ارتفاع سنجی	۱۴
نوع موج و تصحیحات • فرکانس‌های به کار گرفته شده در ارتفاع‌سنجی راداری و تأثیرات آن‌ها • تصحیحات ژئوفیزیکی • اندازه‌گیری‌های ارتفاع‌سنجی و شکل موج و روش‌های باز تعقیب شکل موج بازگشتی	۱۰
کالیبراسیون و پردازش • کالیبراسیون ماهواره‌های ارتفاع سنجی • پردازش اطلاعات ارتفاعی و شبکه بندی اطلاعات • توپوگرافی سطح دریا، اقیانوس ها و مدل ژئوئید و تعیین ژئوئید دریایی • مسئله معکوس • محاسبه آنامولی های ثقل و جرم	۱۲
کاربردهای ارتفاع‌سنجی ماهواره‌ای • کاربرد اطلاعات ماهواره‌های ارتفاع سنجی در تعیین تغییرات ناشی از آب لرزه • کاربرد اطلاعات ماهواره‌های ارتفاع سنجی در اقیانوس‌ها و مدل‌سازی جزر و مد اقیانوس‌ها • کاربرد اطلاعات ماهواره‌های ارتفاع سنجی در اکتشاف ژئوفیزیکی ومطالعات ژئودینامیکی دریاها • کاربرد اطلاعات ماهواره‌های ارتفاع سنجی در تغییرات جهانی سطح آب • کاربردهای اخیر و تحقیقات جدید در این رشته در نمایش سطح دریاچه‌های بزرگ و نمایش حجم قله‌های یخی	۱۲

مراجع:

1- Lee- Lueng Fu and Anny Cazenave (2001), Satellite Altimetry and Earth Sciences
2- Arthur James Edward Smith, Application of Satellite Altimetry for Global Ocean Tide Modeling
3- Stefano Vignudelli • Andrey G. Kostianoy Paolo Cipollini • Jérôme Benveniste, Costal Altimetry

تلفیق سیستم‌های ناوبری ماهواره‌ای و اینرسی
GNSS/INS Integration

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی ماهواره‌ای دوره کارشناسی
همنیاز:

هدف: سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی نیازمند دید مستقیم بین گیرنده و ماهواره بوده و در نتیجه امکان استفاده در محل‌های مسقف و زیر آب را ندارد و همچنین فرکانس نویز خطای مشاهدات آن بالا می‌باشد. سیستم ناوبری اینرسی مستقل بوده و فرکانس نویز خطای مشاهدات آن پایین است و با توسعه مدل‌های جهانی جاذبه، محدودیت بکارگیری آن کمتر شده است. در نتیجه تلفیق این دو سیستم ناوبری می‌تواند امکان حذف معایب و بهره‌گیری از مزایای آن‌ها را فراهم نماید. هدف از این درس معرفی سیستم ناوبری اینرسی و برخی از کاربردهای تلفیق آن با سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی می‌باشد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
کاربردهای سیستم‌های اینرسی و تلفیق GNSS/INS در مهندسی نقشه‌برداری	۲
چارچوب های مختصات و انتقال‌ها • چارچوب‌های اینرسی، ECEF و ناوبری • انتقال‌ها: کسینوس‌های هادی، زوایای اولری، Quaternions، بردارهای محوری، نرخ زاویه‌ای، معادلات دیفرانسیلی انتقال	۶
دستگاه‌های اندازه‌گیری اینرسی • ژیروسکوپ ○ ژیروسکوپ‌های مکانیکی: ژیروسکوپ با یک درجه‌ی آزادی SDF Gyroو خطاهای آن، ژیروسکوپ با دو درجه‌ی آزادی TDF، Gyroو خطاهای آن ○ ژیروسکوپ‌های نوری: ژیروسکوپ‌های حلقه لیزری Ring Laser Gyro و خطاهای آن، ژیروسکوپ‌های فیبر نوری و خطاهای آن • شتاب‌سنج ○ شتاب در سیستم غیر اینرسی ○ شتاب‌سنج‌های آونگی، شتاب‌سنج‌های ارتعاشی، شتاب‌سنج‌های پیزوالکتریک ○ شتاب‌سنج و سنجش ثقل در ژئودزی	۱۰
سیستم‌های ناوبری اینرشیال • انواع مکانیزه‌کردن INS، مکانیزاسیون پایدار شده مکانی Space Stabilized: تنظیم شولر، آزیموت سرگردان، مکانیزاسیون دوربسته Strapdown: بدست آوردن ماتریس انتقال • معادلات ناوبری: معادلات ناوبری در چارچوب‌های مختلف: i- Frame ,e- Frame, n- Frame, w- Frame • انتگرال‌گیری معادلات ناوبری	۸
دینامیک خطاهای سیستم • بررسی اثر ثقل در ایجاد خطا در INS	۸

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• دینامیک خطاها در چارچوب‌های مختلف • اثر خطاهای IMUها • مدل اساسی خطاها	
شروع به‌کار و تنظیم اولیه INS • تنظیم اولیه و تقریبی Coarse Alignment • تنظیم نهایی و دقیق Fine Alignment • تنظیم در حال حرکت	۶
تلفیق GNSS و INS • تبیین مزایا و معایب هر یک از سیستم‌ها و اهمیت تلفیق • تلفیق غیر متمرکز: فیلتر مربوطه و معادلات آن، مشکلات و مزایای روش • تلفیق متمرکز: معادلات و اصول روش و محسنات و مشکلات روش • ترمیم لغزش فاز، حل ابهام فاز مجدد با استفاده از تلفیق GNSS/INS • ثقل‌سنجی هوایی (اسکالر و برداری) با استفاده از تلفیق GNSS/INS	۸

مراجع:

1- C.Jekeli, "Inertial Navigation Systems With Geodetic Applications", Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2001.
2- M.S. Grewal, L.R. Weill, and A.P.Andrews, " Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Innegration", John Wiley & Sons, Inc., 2001.
3- P.D. Groves, "Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems", Artech House, 2008.
4- R.M. Rogers, "Applied Mathematics in Integrated Systems", AIAA Education Series 3rd Edition, 2007.
5- P. Aggarwal, Z. Syed, A. Noureldin, " MEMS- Based Integrated Navigation (GNSS Technology and Applications) ", Artech House, 2010.
6- D. Titterton, J. Weston, "Strapdown Inertial Navigation Technology", 2nd Edition, IEE Radar, Sonar, Navigation & Avionics, 2005.

هیدروگرافی پیشرفته
Advanced Hydrography

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: هیدروگرافی دوره کارشناسی
همنیاز:

هدف: مباحث هیدروگرافی پیشرفته نقش و اهمیت اساسی در ژئودزی می‌باشد. این درس با هدف آشنایی دانشجویان کارشناسی ارشد با مفاهیم پایه از هیدروگرافی و پیشرفت‌های آن تعریف گردیده و دانشجو با گذراندن این درس قادر خواهد بود که در مطالعه اصول کارکرد دستگاه‌های هیدروگرافی و کاربردهای آن در شاخه‌های مختلف ژئودزی و اقیانوس‌نگاری و جزر و مد و سطوح دریا و سطوح مبنای ارتفاعی را بررسی و مدل‌سازی نماید.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
فیزیک دریا • مشخصات آب و اقیانوس‌ها • امواج، جریان‌های دریایی، جزر و مد و سطوح دریا سطوح مبناء ارتفاعی، پتانسیل جزر و مد، تغییرات سطح دریا • سرعت امواج صوتی درآب دریا • پارامترهای سونار و معادلات سونار • تاثیرات اتمسفریک در دریا • جهت و سرعت جریان‌های دریایی	۱۴
هندسه تعیین موقعیت در دریا • اساس انتشار امواج رادیویی واندازه گیری با آن‌ها • تعیین موقعیت ماهواره‌ای • تعیین موقعیت آکوستیکی • منابع خطاها • بررسی تکان‌ها درشناور هیدروگرافی	۱۰
سیستم‌های تعیین موقعیت در دریا • لیزری • نوری • امگا • لورن سی • سیستم تعیین موقعیت جهانی	۱۲
عمق‌یابی • عمق یابی تک پرتویی • عمق یاب‌های چند پرتویی • ترانسدیوسرها و پردازش سیگنال • پوشش و دقت سامانه های چند پرتوی	۱۲

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• آشکار سازی عوارض • عمق یابی لیزری (LiDAR) • عمق یابی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های سنجش از دور • روش‌های مکانیکی • روش‌های جستجو • سامانه‌های ساید اسکن سونار	

مراجع:

1- Hydrography C.D. de Jong G. Lachapelle S. Skone I.A. Elema 2010
2- SECRETS OF THE TIDE, John D. Boon 2011

روش‌های عددی در ژئودینامیک
Numerical Methods in Geodynamics

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ریاضیات مهندسی دوره کارشناسی، ژئودینامیک دوره ارشد
همنیاز:

هدف: ارائه روش‌های عددی مختلف در مطالعه پدیده‌های ژئودینامیکی و مدل‌سازی آن

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مفاهیم پایه روش‌های محاسباتی در ژئودینامیک • مقدمه‌ای بر روش‌های عددی و کاربرد آن‌ها در مسائل ژئودینامیکی • معادلات پایه در مسائل ژئودینامیکی ○ معادله‌ی حرکت ○ معادله پیوستگی ○ معادله انتقال حرارت ○ معادلات رفتاری • شرایط مرزی و اولیه در مسائل ژئودینامیکی • مروری بر روش‌های تحلیلی و عددی در حل مسائل ژئودینامیک • محدودیت‌های روش‌های عددی و نحوه کاربرد آن‌ها در مسائل ژئودینامیکی • تلفیق روش‌های تحلیلی و عددی	۱۲
مروری بر روش تفاضل محدود و کاربرد آن در حل معادلات ژئودینامیکی • مفاهیم پایه در روش تفاضل محدود • تکنیک سویپ در روش تفاضل محدود • دقت و پایداری در روش تفاضل محدود • حل معادلات ژئودینامیکی به کمک روش تفاضل محدود	۸
روش حجم محدود • مقدمه‌ای بر روش حجم محدود • مفهوم حجم کنترل و شبکه ساختاریافته • مقایسه روش حجم محدود با روش تفاضل محدود • حل معادلات مختلف در ژئودینامیک به کمک روش حجم محدود	۸
روش المان محدود • مقدمه‌ای بر روش المان محدود • نمایش اویلری و لاگرانژی • روش باقیمانده‌های وزن‌دار • روش پترو- گالرکین • روش تابع جبران	۱۲

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• گسسته‌سازی در روش المان محدود • روش المان محدود به کمک توابع درونیاب کوبیک اسپلاین • المان محدود در مسائل دوبعدی و سه‌بعدی	
روش المان‌های مرزی • مقدمه‌ای بر روش المان‌های مرزی و نحوه عملکرد این روش در حل معادلات دیفرانسیل • جواب اساسی و توابع گرین • اتحاد گرین و روش المان‌های مرزی در حل مسائل تنوری پتانسیل • انتگرال بتی و روش المان‌های مرزی در تئوری الاستیسیته	۸

مراجع:

1- Mase G. E. (1970), Theory and Problems of Continuum Mechanics, Schaum's Outline Series, McGraw- Hill Book Company, 220pp.
2- Giorgio, R. (1995). Rheology of the Earth, Springer, 409 pp.
3- Vanicek P. (1972), The Earth Tide, University of New Brunswick, 37 pp.
4- Turcotte, D. L., Schubert, G., (2002), Geodynamics, Cambridge university Press
5- Akii, K, Richards, P, (1980), Quantitative seismology, University science book
6- Segall, P, (2010), Earthquake and Volcano deformation, Princeton University Press
7- Melchoir, P, (1983), Tide of the Planet Earth, Oxford, Pergamon Press.
8- Teisseyre, R, Beilski, W., (1986), Continuum theories in solid Earth physics, Butterworth-Heinemann Limited
9- Krasana, H, Bohm, J, Schuhb, H, (2013), Tidal Love and Shida numbers estimated by geodetic VLBI, Journal of Geodynamics, 70, 21- 27
10- Seitz, F., Kirschner, S., Neubersch, D., (2012), Determination of the Earth's pole tide Love number, k2 from observations of polar motion using an adaptive Kalman filter approach, Journal of Geophysical research, 117(B9), 1- 11.
11- Wahr, J., (2004), Time variable gravity field from GRACE, lecture not, university of Colorado
12- Fatolazadeh, F., Voosoghi, B., Raoofian Naeeni, M., (2013), Wavelet and Gaussian Approaches for Estimation of Groundwater Variations Using GRACE Data, Groundwater.

مکانیک تحلیلی
Analytical Mechanics

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: ژئودزی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: ژئودزی دانشی است که به مطالعه هندسه، میدان ثقل زمین و تغییرات آن می‌پردازد. میدان ثقل زمین برآیند دو نیروی مختلف است. یکی نیروی جاذبه، که به واسطه جرم زمین بر اجسام دیگر وارد شده، و دیگری گریز از مرکز، که در اثر حرکت دورانی زمین و اتمسفر آن به صورت یک نیروی مجازی اثر می‌کند. شناخت ماهیت این دو نیرو و نحوه اثر آن‌ها در حرکت اجسام، نیازمند آشنایی با تعریف این دو نیرو بر پایه اصول مکانیک کلاسیک است. به‌علاوه تعریف سیستم‌های زمین مرکز که موقعیت نقاط زمینی نسبت به آن‌ها تعریف می‌گردد، نیازمند مطالعه حرکت زمین در فضا تحت اثر نیروهای مختلف است که منجر به رخداد اثرات تقدیمی و رقص محوری در زمین می‌گردند. حرکت انتقالی زمین به دور خورشید نیز بر پایه قوانین سیاره‌ای کپلر صورت می‌گیرد. مبانی تئوریک حرکات فوق در مباحث دینامیک نقطه مادی و دینامیک جسم صلب که از بخش‌های اصلی در مکانیک کلاسیک است، مورد بررسی قرار می‌گیرند. مباحث ژئودزی ماهواره‌ای و طراحی مدار ماهواره‌ها و قرار دادن آن‌ها در مدار نیز مباحثی از مکانیک کلاسیک می‌باشند. مکانیک کلاسیک از دو بخش تشکیل شده است. ۱- بخش کینماتیک که حرکات اجسام را، بدون توجه به اثر نیروها و جرم آن‌ها، تنها از منظر هندسی مورد مطالعه قرار می‌دهد. قوانین کینماتیک بر پایه اصول حساب دیفرانسیل و انتگرال توابع برداری استوار است. ۲- بخش دینامیک که قوانین حاکم بر حرکت اجسام را تحت اثر نیروهای خارجی مورد مطالعه قرار می‌دهد. اصول دینامیک بر مبنای تعریف نیرو و قوانین نیوتن استوار است.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
کینماتیک ذرات و اجسام صلب • توصیف حرکت ذرات بر پایه پارامتری سازی طبیعی و توصیف مختصاتی • سرعت و شتاب ذرات در نمایش‌های مختلف حرکت • حرکت انتقالی جسم صلب • حرکت دورانی جسم صلب حول محور ثابت • سرعت و شتاب نقاط جسم صلب در حرکت دورانی حول محور ثابت • معادله حرکت جسم صلب در صفحه • تعیین سرعت و شتاب نقاط جسم در حرکت صفحه‌ای جسم صلب • حرکت سه بعدی جسم صلب • تئوری اویلر در حرکت سه‌بعدی جسم صلب • سرعت و شتاب نقاط جسم در حرکت سه‌بعدی جسم صلب • حرکت ذرات در چهارچوب غیر اینرشیال، حرکت نسبی، شتاب گریز از مرکز و کوریولیس • حرکت نسبی جسم صلب و معادلات کینماتیک اویلر در حرکت سه‌بعدی جسم صلب	۲۰
دینامیک ذرات و اجسام صلب • قوانین دینامیک و تعاریف و اصول پایه در مکانیک کلاسیک • معادله دیفرانسیل حرکت ذرات	۲۸

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
• قضایای اساسی در دینامیک ذرات ○ انرژی جنبشی و ممانتوم خطی ذرات ○ قضیه تغییر ممانتوم خطی ذرات ○ کار حاصل از یک نیرو، نیروهای پایستار و انرژی پتانسیل ○ قضیه کار و انرژی ○ ممانتوم زاویه‌ای ذرات ○ قضیه تغییر در ممانتوم زاویه‌ای ذرات • سیستم‌های غیراینرشیال و نیروهای مجازی • دینامیک سیستم ذرات • قضایای اساسی در حرکت سیستم ذرات ○ تعریف مرکز جرم ○ حرکت مرکز جرم سیستم ذرات ○ قضیه تغییر ممانتوم خطی ذرات ○ قضیه تغییر در ممانتوم زاویه‌ای سیتم ذرات ○ قضیه تغییر در انرژی جنبشی سیستم ذرات • دینامیک جسم صلب ○ تعمیم قضایای دینامیک سیستم ذرات به جسم صلب ○ تانسور ممان اینرسی جسم صلب ○ اندازه حرکت زوایه‌ای جسم صلب ○ دینامیک حرکت صفحه‌ای و سه‌بعدی جسم صلب، معادلات دینامیک اویلر	

مراجع:

1- Symon, K. R. 1965, Mechanics, Addison- Wesley, Lonson,
2- Targ, S., 1976, Theoretical Mechanics A Short Course, Mir publishing, Moscow.
3- Hand, L. N, Finch, Analytical Mechanics, J. D, 1998, Cambridge University Press.

آنالیز ذاتی تغییر شکل
Intrinsic Deformation Analysis

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: آنالیز تنسوری تغییر شکل
همنیاز:

هدف: مکانیک محیط‌های پیوسته و مباحث آن دارای نقش و اهمیت اساسی در ژئودزی و ژئودینامیک می‌باشد. این درس با هدف آشنایی دانشجویان مقطع دکتری با مبحث نظریه پوسته‌ها از مکانیک محیط‌های پیوسته تعریف گردیده است. دانشجو با گذراندن این درس قادر خواهد بود که در مطالعه پدیده‌های ژئودینامیک از مشاهدات ژئودزی بعنوان یک منبع اطلاعاتی در کنار منابع اطلاعاتی از زمین شناسی و ژئوفیزیک استفاده نموده و در قالب مباحث ارائه شده در نظریه پوسته‌ها، مدل‌سازی این پدیده‌ها را به انجام رساند.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
نظریه منیفولدها (Manifolds) • منیفولدهای مشتق پذیر • میدان‌های تنسوری • منیفولدهای ریمانی	۶
کرنش (استرین) • تنسورهای تغییر شکل • تنسورهای تغییر شکل و میدان برداری جابجایی • معیارهای عددی تغییر شکل • نظریه کرنش (استرین) بی نهایت کوچک	۶
تنش (استرس) • نیروهای سطحی و جسمی • اصل تنش کوشی • بردار و تنسور استرس • رابطه تنش- کرنش (استرین – استرس)	۶
نظریه پوسته‌ها • تنسورهای اساسی نوع اول و نوع دوم • تنسورهای تغییر شکل سطحی • تنسور تغییر انحنای سطحی • نگرش‌های لاگرانژی و اولری آنالیز تغییر شکل پوسته‌ها • نگرش‌های ذاتی و غیر ذاتی در آنالیز تغییر شکل سطح	۱۸
کاربردهای آنالیز تغییر شکل ذاتی در ژئودزی و ژئودینامیک • کاربرد در مطالعه تغییر شکل سطح زمین • کاربرد در مطالعه تغییر شکل میدان ثقل زمین • کاربرد در مطالعات استخراج منابع زیرزمینی	۱۲

مراجع:

1- Martin, D. (1991): Manifold Theory: an Introduction for mathematical physicists, Ellis Herwood limited, Great Britain.
2- Eringen, A.C. (1962): Non- linear theory of continuous mechia, McGraw- Hill, New York.
3- Ernst, L.J. (1981): Ageometrically nonlinear Finite element shell theory pep of Mechanical Eng., Delft University.
4- Olszak, W. (1980): The Shell theory, new trends and applications int. center for mechanical Sciences, Lecture Note, 240, Springer- verlag.
5- Voosoghi, B. (2000): Intrinsic Deformation Analysis of the Earth Surface Based on Dimensional Displacement Fields Derived from Space Geodetic Measurements, PhD thesis, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany.

پایدارسازی
Regularization

تعداد واحد: ۳ (نظری) **گرایش:** ژئودزی

نوع درس: تخصصی- اختیاری **جمع ساعات تدریس:** ۴۸

پیشنیاز: تئوری برآورد کارشناسی، تئوری تقریب کارشناسی ارشد **همنیاز:**

هدف: شناخت روش‌های حل مسائلی که حل عددی آن‌ها به مسأله‌ای منجر می‌شود و یا ماهیتاً ناپایدارند.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مسائل خوش وضع و مسائل بد وضع • شرایط لازم برای خوش وضع بودن یک مسئله، مثال‌هایی از مسائل خوش وضع و بد وضع • تئوری اعوجاج (Perturbation Theory) در بررسی ناپایداری جواب یک دستگاه معادلات خطی و تبیین نقش عدد شرط در آن • تئوری اعوجاج در بررسی ناپایداری جواب کمترین مربعات یک دستگاه معادلات خطی و تبیین نقش عدد شرط در آن • ویژگی‌های مسائل بد وضع • شرط پیکارد در بررسی ناپایداری جواب کمترین مربعات • بررسی شرایط خوش وضع و بد وضع بودن دستگاه‌های معادلات دیفرانسیل	۱۰
روش‌های پایدارسازی مسائل بد وضع • روش Truncated Singular Value Decomposition • روش Modified Truncated Singular Value Decomposition • روش Damped Singular Value Decomposition • روش Tikhonov- philips • روش Generalized Singular Value Decomposition • استفاده از کران‌ها و قیود • «روش‌های تکراری» یا Iterative Methods نظیر روش Conjugate gradient	۱۴
تعیین بهینه پارامتر پایدارسازی • روش L- Curve در تعیین بهینه پارامتر پایدار سازی • استفاده از اطلاعات جانبی در تعیین بهینه پارامتر پایدارسازی	۱۱
مثال‌هایی از مسائل بد وضع در ژئودزی و حل آن‌ها با روش‌های پایدارسازی • تبدیل فرو سوی شتاب ثقل (Downward Continuation) • مطالعه کینماتیک تغییر شکل‌های سطحی پیوسته زمین در سه بعد • سرشکنی با قیود داخلی شبکه‌های کنترل تغییر شکل‌های ارتفاعی	۱۳

مراجع:

1- Aster, R., B. Brochers, et al. (2005). Parameter Estimation and Inverse Problems, Elsevier Academic Press.
2- Hansen, P. C. (1987). "The Truncated SVD as a Method for Regularization." BIT 27: 534- 553.
3- Hansen, P. C. (1990). "The Discrete Picard Condition for Discrete Ill- Posed Problems." BIT 30:658- 672
4- Hansen, P. C. (1992). "Analysis of Discrete Ill- Posed Problems by Meand of the L- Curve. "SIAM Review 34(4): 561- 580
5- Hossainali, M. M. (2005). A Comprehensive Approach to the Problem of the 3D- Kinematics of Deformation. Institute of Physical Geodesy. Darmstadt, Darmstadt University of Technology.

مدل‌سازی ژئودینامیکی
Geodynamical Modelling

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز: ژئودینامیک

گرایش: ژئودزی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: ژئودینامیک یکی از مباحث گسترده و حائز اهمیت در علوم زمین است که به مطالعه‌ی تغییرات زمانی و دینامیک زمین در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای می‌پردازد. زمینه‌های مختلف این علم شامل مطالعه‌ی زلزله، آتشفشان، جزر و مد اقیانوس‌ها و زمین صلب، انتقال حرارت و تکتونیک صفحه‌ای است. امروزه به واسطه‌ی در اختیار قرار داشتن مشاهدات ژئودزی و گراویتی، مطالعه و مدلسازی پدیده‌های فوق و درک مکانیزم آنها امکان‌پذیر شده و ژئودزی نقش بسزایی در توسعه و شناخت این پدیده‌ها ایفا نموده است. مدلسازی نظری پدیده‌های ژئودینامیکی به کمک قوانین مکانیک محیط‌های پیوسته صورت می‌پذیرد که تغییر شکل‌های حاصل از آن از حل یک مسئله‌ی مقدار مرزی حاصل می‌گردند. در نهایت مشاهدات ژئودزی به عنوان اطلاعات کمکی در کنار معادلات فوق می‌توانند در غالب یک مسئله‌ی معکوس به منظور تعیین پارامترهای مختلف زمین مورد استفاده قرار گیرند. هدف از این درس، مطالعه‌ی پدیده‌های ژئودینامیکی از دیدگاه مسائل مقدار مرزی در مکانیک محیط‌های پیوسته است و عمده مطالب آن به بررسی مدلسازی پدیده‌های ژئودینامیکی مختلف از دیدگاه حل مسائل مقدار مرزی می‌پردازد. تئوری نابجایی به عنوان نظریه‌ای جامع در بررسی مکانیزم زلزله و پدیده‌ی گسلش به تفصیل ارائه شده و نحوه‌ی حل مسائل به کمک آن تشریح می‌گردد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مبانی ریاضی • مروری بر آنالیز بردارها و تانسورها و روابط آن‌ها • حساب دیفرانسیل و انتگرال توابع برداری و تانسوری • قضایای استوکس، دیورژانس و هلمهولتز • مروری بر تئوری توابع تعمیم یافته، تابع دلتای دیراک	۸
تنش، کرنش و معادلات رفتاری • نظریه تنش و کرنش • معادله‌ی رفتاری در تئوری ارتجاعی، معادلات حرکت • تئوری پتی • توابع گرین در الاستودینامیک • مفهوم تقابل منبع و گیرنده در توابع گرین • جواب‌های اساسی کلوین و استوکس • توابع گرین در محیط نیم‌بینهایت • مشتق توابع گرین و تفسیر فیزیکی آن • تئوری نمایش در الاستودینامیک • ویسکوالاستیسیته • رئولوژی کلوین و ماکسول • اصل هم‌ارزی	۲۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
تئوری نابجایی و مدلسازی تغییر شکل زلزله و آتشفشان • تئوری نابجایی و مکانیک گسلش، ناپیوستگی در مولفه‌های بردار جابجایی • کاربرد تئوری نابجایی در تغییر شکل‌های ناشی از گسلش • فرمول ولترا • مکانیزم نیروها در کانون زلزله و نیروهای حجمی هم‌ارز • آنالیز ناپیوستگی در مولفه‌های بردار جابجایی و نمایش ناپیوستگی بر حسب توزیع زوج نیروها • مفهوم تانسور ممان لرزه‌ای و تفسیر آن • نابجایی در محیط نیم‌بی‌نهایت ایزوتروپ، مدل اوکادا • نابجایی در محیط ویسکوالاستیک به کمک اصل هم‌ارزی • تغییرات میدان جاذبه ناشی از گسلش، مدل اکوبو • نابجایی در محیط دولایه‌ای، متشکل از لیتوسفر الاستیک و منتل ویسکوالاستیک • مدل‌های کروی و لایه‌ای • مدل های پس‌لرزه	۲۰

مراجع:

1- Turcotte, D. L., Schubert, G., (2002), Geodynamics, Cambridge university Press
2- Akii, K, Richards, P, (1980), Quantitative seismology, University science book
3- Segall, P, (2010), Earthquake and Volcano deformation, Princeton University Press
4- Teisseyre, R, Beilski, W., (1986), Continuum theories in solid Earth physics, Butterworth-Heinemann Limited
5- Krasana, H, Bohm, J, Schuhb, H, (2013), Tidal Love and Shida numbers estimated by geodetic VLBI, Journal of Geodynamics, 70, 21- 27
6- Gurtin, M. E. (1965), Linear theory of Elasticity, Wiley.

گرانی‌سنجی ماهواره‌ای

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی فیزیکی پیشرفته و ژئودزی دینامیکی ماهواره‌ای
همنیاز:

هدف: استفاده از فناوری اندازه‌گیری ماهواره‌ای در مدل‌سازی میدان ثقل زمین.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مقدمه • میدان ثقل • هارمونیک‌های کروی سطحی • بسط هارمونیک میدان ثقل • سرشکنی کمترین مربعات • سرشکنی در حضور نویز همبسته • سرشکنی با منابع داده مختلف • پایدار سازی • پایدارسازی تیخونوف • پایدارسازی تیخونوف مرتبه ۱ • پایدارسازی تیخونوف مرتبه ۲ • برآورد پارامتر • منحنی L • اعتبارسنجی تعمیم یافته • برآورد مولفه‌های واریانس	۱۲
ثقل‌سنجی ماهواره‌ای • گرادیومتری ماهواره‌ای • اصول مشاهدات • پردازش داده‌های گرادیان جاذبه • ردیابی کردن ماهواره • ردیابی ماهواره به ماهواره (مدار بالا به مدار پایین) • ردیابی ماهواره به ماهواره (مدار پایین به مدار پایین) • تعیین مدار • تعیین میدان ثقل • روش حساب تغییرات • انتگرال انرژی • روش شتاب • روش شتاب متوسط	۱۲

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• روش شتاب نقطه‌ای • روش کمان کوتاه	
داده‌های شتاب سنج • شتاب غیرجاذبی • کراترنیون • عملگرهای کواترنیون • دوران بر داده‌ها • ماتریس‌های دوران • کالیبراسیون شتاب‌های غیرجاذبی	۱۰
وزن‌دهی داده‌ها • کواریانس نویز داده‌ها در عدم حضور گپ داده‌ها • کواریانس نویز داده‌ها در حضور گپ داده‌ها	۴
الگوریتم‌های سرشکنی عددی • روش های تکرار • روش ژاکوبی • روش گرادیان مزدوج • روش هارمونیک کروی سریع ترکیبی • ترکیب روی شبکه • درونیابی • دوران تانسوری • انتخاب مولفه‌ها • هارمونیک‌های کروی سریع هم ترکیبی • انتخاب مولفه‌های ترانهاده • دوران تانسور ترانهاده • درونیابی ترانهاده • هم ترکیبی در شبکه	۱۰

مراجع:

1- Rapp RH, Jekeli C (1980) Accuracy of the determination of mean anomalies and mean geoid undulations from a satellite gravity field mapping mission, Technical Report No. 307, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA

2- Rummel R (1980) Geoid heights, geoid differences, and mean gravity anomalies from low- low satellite- to- satellite tracking - - An error analysis, Technical Report No. 306, Ohio State University, Columbus, Ohio, USA

3- Reigber C, Balmino G, Schwintzer P, Biancale R, Bode A, Lemoine J- M, Koenig R, Loyer S, Neumayer H, Marty J- C, Barthelmes F, Perosanz F, Zhu SY (2002) A high- quality global gravity field model from CHAMP GPS tracking data and accelerometry (EIGEN- 1S), Geophys Res Lett, 29(14), doi: 10.1029/2002GL015064, 2002

4- Flechtner F, Dahle C, Neumayer KH, Koenig R, Foerste C (2010) The release 04 CHAMP and GRACE EIGEN gravity gield models, in Flechtner F, Gruber T, Guentner A, Mandea M, Rothacher M, Schoene T, Wickert J (eds.), System Earth via Geodetic- Geophysical Space Techniques, pp. 41- - 58, doi: 978- 3- 642- 10228- 8.

سنجش از دور با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی
GNSS Remote Sensing

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی ماهواره‌ای دوره کارشناسی
همنیاز:

هدف: سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی (GNSS) از قبیل سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) نقشی بی‌نظیر و مهم در ناوبری، تعیین موقعیت، تعیین زمان و بسیاری از زمینه‌های علمی دیگر دارند. امواج این سیستم‌ها در طی مسیر ماهواره تا گیرنده از اتمسفر زمین عبور کرده و تحت تأثیر اثرات انکساری این محیط قرار می‌گیرند. به روش معکوس (Inversion) می‌توان از این تأثیرات به تعیین پارامترهای مختلف اتمسفر از قبیل ضریب انکسار، فشار، دما و چگالی بخار آب در تروپسفر، چگالی الکترونی و پدیده‌های یونسفری، بهبود پیش‌بینی‌های هواشناسی و مطالعه تغییرات اقلیمی پرداخت. هم‌چنین از تحلیل امواج چندمسیری بازتاب شده از سطح زمین می‌توان در سنجش ویژگی‌های سطح زمین استفاده نمود. امروزه سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی به عنوان یک ابزار جدید و کارآمد در سنجش از دور اتمسفر و سطح زمین در سطح جهانی مطرح و مورد استفاده می‌باشد و با توجه به اینکه مطالب این درس در سرفصل‌های مصوب سایر دروس دوره تحصیلات تکمیلی ژئودزی وجود ندارد، لذا فراگیری یکپارچه و منسجم این مطالب توسط دانشجویان دوره تحصیلات تکمیلی ژئودزی بسیار ضروری و کاربردی خواهد بود.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
معرفی سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • تاریخچه سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • بخش‌های مختلف و سیگنال‌های سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • اصول تئوری و منابع خطا در سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • مشاهدات و کاربردهای سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی	۳
تأخیرات اتمسفری و چندمسیری در سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • انکسار اتمسفری • تأخیرات تروپسفری سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • تأخیر یونسفری سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • تأخیر چندمسیری در سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی	۴
مدل‌سازی تروپسفر با استفاده از مشاهدات گیرنده‌های زمینی سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • مقدمه • تئوری و روش‌ها • برآورد و تغییرات تأخیر تروپسفری زنیتی • برآورد بخار آب قابل بارش با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • توموگرافی بخار آب تروپسفر	۴
مدل‌سازی یونسفر با استفاده از مشاهدات گیرنده‌های زمینی سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی	۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• مقدمه • مدل‌سازی یونسفر با استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای ناوبری جهانی • مدل‌سازی تک لایه یونسفر • مدل‌سازی چند لایه یونسفر	
تئوری GNSS Radio Occultation • مقدمه • اصول GNSS Radio Occultation • محاسبات GNSS Radio Occultation	۳
مدل‌سازی تروپسفر با استفاده از GNSS- RO • مقدمه‌ای بر مدل‌سازی تروپسفر با استفاده از GNSS- RO • ویژگی‌های مشاهدات GNSS- RO • مطالعه فرآیندهای دینامیک با استفاده از GNSS- RO • پیش‌بینی‌های هواشناسی با استفاده از GNSS- RO • کاربردهای اقلیم‌شناسی • کاربردهای آتی GNSS- RO	۶
مدل‌سازی یونسفر با استفاده از GNSS- RO • مقدمه‌ای بر مدل‌سازی یونسفر با استفاده از GNSS- RO • مدل‌سازی یونسفر به روش معکوس • تحلیل خطا • محصولات یونسفری • کاربردهای GNSS- RO در مطالعات یونسفر	۶
تئوری GNSS Reflectometry • مقدمه • سیستم چند استاتیکی: هندسه و پوشش • پراکندگی آئینه‌ای و متفرق • تأخیر و داپلر • میزان بازتاب‌پذیری و قطبش • تئوری‌های پراکندگی • نویز و همدوسی • خطاهای سیستماتیک • روش تداخل‌سنجی PARIS • مشاهدات	۹
سنجش از دور اقیانوس‌ها با استفاده از GNSS- R • ارتفاع‌سنجی • ناهمواری سطح اقیانوس	۳
سنجش از دور آب‌شناسی و پوشش گیاهی با استفاده از GNSS- R • مقدمه • آب‌شناسی با استفاده از GNSS- R • پایش زیست‌توده جنگلی با استفاده از GNSS- R	۳
سنجش از دور کریسفر (یخ‌کره) با استفاده از GNSS- R	۳

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• پایش برف خشک • پایش برف تر • تعیین عمق یخ دریا	

مراجع:

۱- عامریان، ی. (۱۳۹۱) . مدل‌سازی منطقه‌ای توزیع چگالی الکترونی در لایه یونسفر با استفاده از آنالیز موجک و مشاهدات GPS. رساله دکتری تخصصی ژئودزی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی.

2- Jin, S., Cardellach, E. and Xie, F. (2014). GNSS Remote Sensing: Theory, Methods and Applications. Springer, 276 pp.

3- Böhm, J. and Schuh, H. (Eds.) (2013). Atmospheric Effects in Space Geodesy. Springer, 234 pp.

4- Hofmann- Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Wasle, E. (2008). GNSS – Global Navigation Satellite Systems – GPS, GLONASS, Galileo & more. Springer- Verlag, 516 pp.

5- Leick, A., Rapoport, L. and Tatarnikov, D. (2015). GPS Satellite Surveying. 4th Ed., WILEY, 840 pp.

سیستم‌های مبنا در ژئودزی
Reference Systems in Geodesy

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز: ژئودزی هندسی ماهواره‌ای
همنیاز:

هدف: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم سیستم‌های مبنا در ژئودزی و نحوه ایجاد چارچوب‌های مبنا با استفاده از تکنیک‌های اندازه‌گیری فضایی و همچنین برآورد تغییرات آن‌ها نسبت به زمان است.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
ضرورت سیستم‌های مبنا در ژئودزی • بررسی نیاز به سیستم‌های مبنا جهت مطالعات ثقل، تعیین موقعیت و تغییر شکل زمین	۲
مفاهیم اولیه سیستم‌های مختصات • مبدأ، محورها، ویژگی‌های تعامد، نرمال و تعامد نرمال بردارهای پایه سیستم‌های مختصات، سیستم‌های دست راستی و چپی، تنسور متریک ، دوران اویلری، دوران کاردانو، ترانسفورماسیون بین سیستم‌های مختصات، ترانسفورماسیون گالیله، ترانسفورماسیون لورنتز • فضاهای چهاربُعدی، فضای مینکوفسکی، انواع ژئودزیک‌ها در فضای چهاربُعدی مانند: ژئودزیک مکان-مانند، ژئودزیک زمان- مانند، ژئودزیک نور- مانند، تنسور جاذبه در فضای مینکوفسکی، تنسور ثقل در فضای مینکوفسکی • سیستم مختصات اینرشیال، ترانسفورماسیون بین سیستم مختصات اینرشیال و دوّار، بردارهای سرعت و شتاب در سیستم مختصات دوّار، شتاب‌های کوریولیس، گریز از مرکز و اویلری • معرفی انواع سیستم مختصات منحنی‌الخط (قطبی، کروی، استوانه‌ای و انواع بیضوی، مخروطی و هذلولوی)، تعریف بردارهای پایه، تنسور متریک، ضرایب لامه، فاصله و تبدیل مختصات آن‌ها به کارتزین و بالعکس	۱۳
سیستم مختصات‌های کاربردی در ژئودزی • سیستم مختصات‌های زمینی شامل انواع سیستم مختصات‌های مرکز در زمین (ژئوسنتریک) و مرکز بر زمین (توپوسنتریک) و تبدیل‌های بین آن‌ها • سیستم مختصات‌های سماوی شامل سیستم مختصات افقی، سیستم ساعتی، سیستم بُعدی و اکلپتیکی و تبدیل‌های بین آن‌ها • سیستم مختصات مداری • سیستم‌های ارتفاعی شامل ارتومتریک، دینامیکی و نرمال	۴

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
سیستم‌ها و چارچوب‌های مبنا در ژئودزی • تعریف سیستم مبنا و معرفی انواع آن (سیستم فضا- ثابت، زمین- ثابت، قراردادی، بین‌المللی، سیستم مبنای سماوی بین المللی (ICRS)، سیستم مبنای زمینی بین المللی (ITRS))، تعریف چارچوب مبنا و انواع آن، بررسی وجه تمایز سیستم و چارچوب • تعاریف مربوط به حرکت اجرام سماوی در سیستم مبنا فضا- ثابت، قانون گرانش نیوتنی بین دو جرم، سه جرم و چند جرم، تعمیم گرانش نیوتنی از طریق تئوری نسبیت انیشتین، تعریف انحنای فضا در تعریف منیفلد ۴ بُعدی فضا- زمان در حضور گرانش اجرام سماوی، تئوری‌های انبساط فضا، تعریف پدیده انتقال سرخ (Redshift) در مشاهدات نجومی (و یا VLBI) اجرام سماوی، بررسی اثر حرکت نسبی اجرام سماوی بر روی مشاهدات نجومی به صورت خطاهای پارالاکس، انحراف (Aberration) و حرکت خاص (Proper Motion) • تعریف انواع چارچوب‌های مبنا سماوی بین المللی (ICRF) و تفاوت بین آن‌ها • بیان نحوه و الگوریتم‌های ایجاد چارچوب‌های مَبنا زمینی بین‌المللی (ITRF) با استفاده از تکنیک‌های مختلف مشاهداتی شامل VLBI، DORIS، GNSS، SLR، بیان مدل‌های موجود در الگوریتم‌ها شامل پارامترهای توجیه زمین (EOP)، تغییر شکل زمین، تصحیحات اتمسفری مشاهدات، تصحیح جزرومد صلب زمین، تصحیح موقعیت مرکز زمین، تصحیح مدل ژئوپتانسیلی، تصحیح اثر نسبیت انیشتین • بررسی انواع چارچوب‌های مبنا زمینی بین المللی (ITRF) موجود و بیان تفاوت بین آن‌ها	۲۰
مقیاس زمان در ژئودزی • تعریف انواع زمان‌ها شامل زمان خورشیدی، نجومی، اتمی و دینامیکی، بیان زمان هماهنگ جهانی (UTC)، زمان هماهنگ گرانیگاهی (TCB)، زمان هماهنگ ژئوسنتریک (TCG)، زمان دینامیکی گرانیگاهی (TDB) و زمان دینامیکی زمینی (TDT)، تصحیحات موجود در هر یک از دستگاه‌های زمانی و تبدیل آن‌ها به یکدیگر	۴
ترانسفورماسیون بین سیستم‌ها و چارچوب‌های مبنا • تعریف پارامترهای توجیه زمین (EOP) شامل افست قطب سماوی (پرسیشن و نوتیشن‌های اجباری و آزاد)، افست قطب زمینی (حرکت قطب) و دوران زمین، بیان ترانسفورماسیون بین سیستم مبنا زمینی بین‌المللی (ITRS) و سیستم مبنا سماوی ژئوسنتریک (GCRS)، ترانسفورماسیون بین دو سیستم مبنای ژئوسنتریک و باریسنتریک (مرکز در گرانیگاه) • بیان ترانسفورماسیون بین دو چارچوب مبنا سماوی بین المللی (ICRF) و بررسی پارامترهای ترانسفورماسیون برای چارچوب‌های موجود • بیان ترانسفورماسیون بین دو چارچوب مبنا زمینی بین المللی (ITRF) و بررسی پارامترهای ترانسفورماسیون برای چارچوب‌های موجود	۶

مراجع:

1- Jekeli, Christopher. "Geometric reference systems in geodesy." Report, Division of Geodesy and Geospatial Science, School of Earth Sciences, Ohio State University (2012).
2- Rummel, Reiner, and Thomas Peters. "Reference Systems in Satellite Geodesy." Lecture Notes, Summer School Alpbach (2001).
3- Petit, Gérard, and Brian Luzum. IERS conventions (2010). No. IERS- TN- 36. BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES SEVRES (FRANCE), 2010.
4- Soffel, Michael, and Ralf Langhans. Space- time reference systems. Springer Science & Business Media, 2012.
5- Moritz, Helmut. "Geodetic reference system 1980." Journal of Geodesy 54, no. 3 (1980): 395- 405.

مکانیک محیط‌های پیوسته
Continuum Mechanics

تعداد واحد: ۳ (نظری)
گرایش: ژئودزی
نوع درس: تخصصی- اختیاری
جمع ساعات تدریس: ۴۸
پیشنیاز:
همنیاز:

هدف: هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم اساسی در مکانیک محیط‌های پیوسته و کاربرد آن‌ها در ژئودزی و مدلسازی ژئودینامیک است. این درس به مرور مفاهیم پایه و روش‌های حل مسائل مقدار مرزی در مکانیک محیط‌های پیوسته می‌پردازد.

شرح درس:

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
مبانی ریاضی • مروری بر آنالیز برداری • حساب تانسورها • قضیه تجزیه طیفی • حساب دیفرانسیل و انتگرال توابع برداری و تانسوری • قضایای دیورژانس، استوکس و کرل • میدان‌های سلونوئیدی و غیر چرخشی • قضیه هلمهولتز	۸
نظریه تغییر شکل • محیط پیوسته • نظریه تغییر شکل • تانسور کرنش و تانسور کرنش خطی • تغییر شکل همگن و تغییر شکل صلب، محیط تراکم‌ناپذیر • نظریه‌ی سازگاری در تانسور کرنش خطی	۱۰
تئوری تنش و معادلات حرکت • سیستم نیروها در مکانیک محیط‌های پیوسته • بردار تنش • معادلات حرکت محیط پیوسته، قوانین حرکت نیوتن برای محیط‌های پیوسته • قضیه کوشی- پوآسن، معادلات حرکت • تانسور تنش • تنش کوشی • تنش‌های پایولا و کرشهف • معادلات حرکت بر حسب تنش‌های پایولا و کرشهف	۱۰
معادلات رفتاری • مفهوم معادله‌ی رفتاری • مواد ساده و مواد دارای حافظه نسبت به تغییر شکل یا تنش	۱۰

عنوان سرفصل	ساعات ارائه
• مواد ارتجاعی و خصوصیات آن‌ها • بررسی معادلات رفتاری در تغییر شکل‌های بزرگ • معادلات رفتاری مواد ارتجاعی در تغییر شکل‌های کوچک • اصل کار مجازی و تعریف تابع انرژی کرنشی، مواد ارتجاعی گرین • تانسور ارتجاعی در مواد خطی • مواد ایزوتروپ، مواد ایزوتروپ جانبی و مواد اورتوتروپ ○ معادلات سازگاری تنش	
آشنایی با مسائل مقدار مرزی در تئوری ارتجاعی خطی و روش‌های حل آن‌ها • مفهوم مسائل مقدار مرزی • مسائل تغییر مکانی • مسائل تنشی • مسائل مخلوط • قضیه‌ی تقابل • تبدیلات انتگرالی و کاربرد در مسائل مقدار مرزی • روش توابع گرین • مسائل مقدار مرزی در فضای فرکانسی و فضای زمانی	۱۰

مراجع:

1- Eringen, C., (1970) Continuum Mechanics
2- Gurtin, M. E., (1981), Introduction to continuum mechanics, Academic Press
3- Gurtin, M., E., (1965), Linear theory of elasticity, Wiley
۴- اسکندری قادی، مرتضی (۱۳۹۲)، مقدمه‌ای بر مکانیک محیط‌های پیوسته، انتشارات دانشگاه تهران
۵- رحیمیان محمد، اسکندری قادی، مرتضی (۱۳۸۷)، تئوری ارتجاعی، انتشارات دانشگاه تهران

پیش‌بینی عددی وضع هوا
Numerical Weather Prediction

تعداد واحد: ۳ (نظری)
نوع درس: تخصصی- اختیاری
پیشنیاز:

گرایش: ژئودزی
جمع ساعات تدریس: ۴۸
همنیاز:

هدف: استفاده از مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا برای پیش‌بینی یا شبیه‌سازی‌های جوی نقش مهمی در برخی پژوهش‌های ژئودزی دارد و استفاده از آن‌ها رو به گسترش است. اهداف اصلی در این درس عبارتند از: توانایی استفاده از برونداد مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا و راستی آزمایی آن‌ها؛ طراحی آزمایش‌های مناسب برای پژوهش‌های مدل محور؛ استفاده از روش‌های آماری برای پس‌پردازش برونداد مستقیم مدل‌ها و سامانه‌های همادی.

شرح درس:

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
سامانه معادله‌های حاکم بر جو • معادله‌های بنیادی • تقریب‌های مورد استفاده در معادله‌ها	۴
روش‌های تفاضل متناهی • مفاهیم پایه • حل معادله فرارفت خطی • مفاهیم سازگاری، پایداری و همگرایی • شرایط مرزی	۵
راستی آزمایی پیش‌بینی های قطعی • راستی‌آزمایی پیش‌بینی‌های دو دویی • راستی‌آزمایی پیش‌بینی کمیت‌های پیوسته • پیش‌بینی‌های مرجع و مورد استفاده آن‌ها • داده‌های حقیقی: دیدبانی و تحلیل دیدبانی‌ها • راستی‌آزمایی برحسب رژیم جوی، روز و فصل • راستی‌آزمایی ویژگی، واقعه و شئ محور • راستی‌آزمایی برحسب مقیاس‌های جوی • انتخاب سنجه‌های مناسب راستی‌آزمایی	۵
پس پردازش آماری پیش‌بینی‌های مستقیم • حذف خطاهای سامانمند ○ روش‌های MOS و PPM ○ روش میانگین لغزان ○ روش پالایه کالمن • نرم‌افزارهای مولد وضع هوا • روش‌های ریز مقیاس نمایی	۶

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
آشوب و پیش‌بینی پذیری • پیش‌زمینه • خطای مدل و شرایط اولیه • تاثیر واداشت‌های سطح زمین روی پیش‌بینی پذیری • علل تغییر پذیری پیش‌بینی پذیری • ملاحظات ویژه برای پیش‌بینی پذیری در مدل‌سازی منطقه‌ای و میان مقیاس • پیش‌بینی پذیری و بهبود مدل‌ها • اثر پس‌پردازش روی پیش‌بینی پذیری	۵
پیش‌بینی‌های احتمالاتی • پیش‌زمینه • میانگین همادی و پراکنش همادی • منابع عدم قطعیت و تعریف اعضای یک سامانه همادی • تفسیر و راستی‌آزمایی پیش‌بینی همادی • واسنجی برونداد سامانه همادی • پیش‌بینی همادی کوتاه مدت و منطقه محدود	۶
راستی‌آزمایی پیش‌بینی‌های احتمالاتی • راستی‌آزمایی توابع توزیع احتمال پیش‌بینی • واسنجی، تیزی و تفکیک • امتیاز بریر • امتیازهای RPS و CRPS • نمودار اطمینان پذیری • نمودار ROC	۴
داده‌گواری • پیش‌زمینه • دیدبانی‌های مورد استفاده برای آغازگری مدل • روش‌های داده‌گواری پیوسته و منقطع • مدل Spinup • چارچوب آماری برای داده‌گواری • روش‌های تصحیحات متوالی • درونیابی بهینه • تحلیل وردشی سه بعدی • توازن دینامیکی در شرایط اولیه • روش‌های پیشرفته داده‌گواری	۵
طراحی آزمایش در پژوهش‌های مدل محور • مطالعات موردی برای تحلیل فرایندهای فیزیکی • آزمایش‌های شبیه سازی سامانه دیدبانی • بازپیش‌بینی • آزمایش‌های تحلیل حساسیت • شبیه‌سازی با شرایط اولیه ساختگی	۲

عنوان سرفصل‌ها	ساعات ارائه
آشنایی با کار بست یک مدل پیش‌بینی عددی وضع هوا • ساختار کلی برنامه‌های اصلی و کمکی سامانه • نحوه نصب و کامپایل کردن مدل • نحوه تهیه شرایط اولیه و مرزی برای اجرای مدل • اجرا، تهیه نقشه و استخراج پیش‌بینی از برونداد مدل	۶

مراجع:

1- Kalnay, E., 2006, Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability, Cambridge University Press, 341 pp.
2- Warner, T. T., 2011, Numerical Weather and Climate Prediction, Cambridge University Press, 526 pp.
3- Wilks, D. S., 2011, Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press, 676 pp.
4- Innes, P. and Dorling Steve, 2013, Operational Weather Forecasting, John Wiley & Sons, 231 pp.