



جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

برنامه درسی

(بازنگری شده)

مقطع تحصیلات تکمیلی

(کارشناسی ارشد و دکتری)

مهندسی عمران



گروه فنی و مهندسی

کمیته مهندسی عمران

مصوبه هشتصد و سی و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری مورخ ۹۲/۳/۲۶

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه درسی بازنگری شده مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) مهندسی عمران

کمیته: تخصصی مهندسی عمران

گروه: فنی و مهندسی

گرایش: -

رشته: مهندسی عمران

کد رشته:-

مقطع: تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری)

شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی، در هشتصد و سی و چهارمین جلسه مورخ ۹۲/۳/۲۶، برنامه درسی بازنگری شده مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) رشته مهندسی عمران را به شرح زیر تصویب کرد:

ماده ۱: برنامه درسی بازنگری شده مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) رشته مهندسی عمران از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم‌الاجراء است:

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

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

ماده ۲: این برنامه بازنگری شده از تاریخ ۹۲/۳/۲۶ جایگزین برنامه‌های درسی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست مصوب دویست و پنجاه و ششمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۲/۲/۵ و سازه، سازه‌های هیدرولیکی، آب، مکانیک خاک و پی، برنامه‌ریزی حمل و نقل و مهندسی راه و ترابری مصوب سیصد و شصت و هفتمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۷/۱۰/۶ و زلزله مصوب مصوب سیصد و هشتاد و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۸/۲۳، و مهندسی مدیریت ساخت مصوب سیصد و نودمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۱۲/۱۵ و مهندسی سازه‌های دریایی مصوب سیصد و هشتاد و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۸/۲۳ و مهندسی رودخانه مصوب چهارصدمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۹/۷/۱۰ و مهندسی عمران - آب وفاضلاب مصوب سیصد و چهل سومین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۷۶/۴/۸ و دکتری مهندسی عمران مصوب پانصد و هشتاد و نهمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۸۵/۴/۳۱ به غیر از گرایش نقشه برداری شده است و برای دانشجویانی که از این تاریخ به بعد وارد دانشگاه می‌شوند، لازم‌الاجراء است.

ماده ۳: برنامه درسی بازنگری شده مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) رشته مهندسی عمران در سه فصل: مشخصات کلی، جداول دروس و سرفصل دروس برای اجراء به دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی ابلاغ می‌شود.

رأی صادره هشتصد و سی و چهارمین جلسه شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی مورخ ۹۲/۳/۲۶ درخصوص برنامه درسی بازنگری شده

مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) رشته مهندسی عمران:

۱. برنامه درسی بازنگری شده مقطع تحصیلات تکمیلی (ارشد و دکتری) رشته مهندسی عمران که از سوی گروه فنی و مهندسی شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به تصویب رسید.
۲. این برنامه از تاریخ تصویب به مدت پنج سال قابل اجراء است و پس از آن نیازمند بازنگری است.

حسین نادری منشی

نایب رئیس شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی



سعید قدیمی

دبیر شورای برنامه‌ریزی آموزش عالی

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



فصل اول

مشخصات کلی



یکطرف و اعتقاد عمیق مراکز صنعتی به نیاز به ارتقاء کیفیت تولیدات خود از طرف دیگر به سادگی میسر می نماید. به امید آنکه در آینده ای نزدیک مجدداً شاهد زعامت مسلمین در علوم و فناوری باشیم.

با توجه به اینکه از آخرین دوره بازنگری دوره کارشناسی ارشد و همچنین دکتری مهندسی عمران مدت زمان طولانی گذشته است و از طرف دیگر رشد روز افزون علوم مهندسی در دنیا، بازنگری این دوره ها ضروری به نظر رسید. برای انجام این امر ضمن آنکه آموزش در دانشگاههای معتبر دنیا مورد بررسی دقیق قرار گرفت یا نظرخواهی از متخصصین که در این صنعت در کشور مشغول به فعالیت می باشند سعی شده است تا نقطه ضعف های قبلی برطرف و پاسخگوی نیاز عمرانی کشور باشد و در عین حال در مقایسه با دوره های مشابه سایر دانشگاههای معتبر دنیا نقطه قوت بیشتری داشته باشد. دوره های کارشناسی ارشد و دکتری حاضر در مقایسه با دوره های قبلی خود دارای انعطاف پذیری بیشتر می باشد تا بتواند با پیشرفتهای آینده و همچنین ارضاء دامنه گسترده ای از سلیقه های مخاطبین هم راستا گردد. از دیگر مزایای این دوره با دوره های قبلی تعریف و تعیین دروس در مقطع تحصیلات تکمیلی بدون تفکیک دکتری و کارشناسی ارشد می باشد که حق انتخاب بیشتری را در راستای شکوفایی توانمندی دانشجویان فراهم می آورد.

نظر بر اینکه برنامه تحصیلات تکمیلی رشته مهندسی عمران شامل دوره های کارشناسی ارشد و دکتری با در نظر گرفتن آئین نامه دوره های مصوب شورای عالی برنامه ریزی تدوین و بازنگری شده است، از ذکر مواد و تبصره های مندرج در آن آئین نامه خوداری شده است.

الف- دوره کارشناسی ارشد

۱- تعریف و هدف

دوره کارشناسی ارشد یکی از دوره های آموزشی و پژوهشی آموزش عالی است. این دوره، شامل تعدادی دروس نظری، کاربردی، آزمایشگاهی و برنامه تحقیقاتی جهت افزایش اطلاعات متخصصان مهندسی عمران می باشد که زمینه کافی جهت درک و توسعه آنچه در مرزهای فن و اجرا در این رشته در زمان حال می گذرد را فراهم می آورد. هدف آن تربیت افرادی است که توانایی لازم جهت طراحی و نظارت بر اجرای پروژههای تخصصی در زمینه گرایش مربوطه را داشته باشند. ضمناً دانش آموختگان این دوره توان تحقیقاتی کافی جهت حل مسائلی را که در زمینه حرفه خود با آن مواجه می شوند را دارا هستند.

دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران متشکل از گرایش های مهندسی زیر می باشد:

۱. سازه



۲. ژئوتکنیک
۳. زلزله
۴. مهندسی و مدیریت ساخت
۵. راه و ترابری
۶. حمل و نقل
۷. مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی
۸. مهندسی و مدیریت منابع آب
۹. مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۱۰. مهندسی محیط زیست

ده مجموعه فوق دارای برنامه کاملا مستقل از یکدیگر می باشند و انتقال از یک گرایش به گرایش دیگر تابع قوانین انتقال از یک رشته به رشته دیگر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد.

۲- نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره کارشناسی ارشد عمران انتظار می رود در طرح های عمرانی مهم کشور نقش بسیار موثر داشته و ضمن اشراف بر کلیه روش های علمی و فنی طرح و اجرای پروژه ها، بتوانند بهترین گزینه موجود طراحی و اجرا را انتخاب و پروژه های عمرانی را در بهترین کیفیت طراحی و اجرا نمایند.

۳- طول دوره و شکل نظام

طول دوره و شکل نظام، مطابق آیین نامه کارشناسی ارشد و دکتری می باشد.

۴- تعداد واحدهای درسی و پژوهشی

تعداد واحدهای درسی و پژوهشی این دوره ۳۲ واحد به شرح زیر می باشد:

- دروس تخصصی اجباری: ۱۲ واحد
- دروس اختیاری: ۱۲ واحد
- سمینار و روش تحقیق: ۲ واحد
- پایان نامه: ۶ واحد



۵- نحوه اخذ واحدهای درسی در دوره کارشناسی ارشد

اخذ واحدهای درسی برای دوره کارشناسی ارشد باید طبق جدول دروس ارائه شده برای گرایشهای مختلف در بخش دروس اجباری و اختیاری و همچنین مطابق بندهای زیر باشد.

۱. در دوره کارشناسی ارشد، در صورت تایید استاد راهنما و گروه مربوطه، دانشجو می‌تواند حداکثر یک درس اختیاری خود را از سایر گرایش‌های عمران یا سایر رشته‌های مرتبط اخذ نماید.
۲. در حالتی که درس اجباری از بین دو یا چند درس تعیین شده باشد، پس از انتخاب واحد اجباری از لیست فوق، مابقی دروس به عنوان درس اختیاری در همان گرایش در نظر گرفته می‌شود.
۳. در دوره‌های کارشناسی ارشد آموزش محور، دانشجو موظف است درس سمینار و روش تحقیق را گذرانده و معادل واحد پایان نامه (۶ واحد)، درس اختیاری از گرایش مربوط به خود اخذ نماید.
۴. درس سمینار و روش تحقیق (۲ واحد) همانند سایر دروس دارای سیلابس بوده و اصول روش انجام تحقیق توسط استاد مربوطه تدریس خواهد شد. هدف از این درس ایجاد توانمندی در دانشجو برای ارائه شفاهی نتایج یک تحقیق و آشنایی با روش تحقیق می‌باشد.
۵. اگر دانشکده‌ای مایل به ارائه یک یا چند درس اختیاری باشد که در لیست دروس ارائه شده توسط وزارت نباشد، می‌باید سیلابس درس پیشنهادی را پس از بررسی مراجع ذیصلاح دانشگاه به دفتر برنامه ریزی درسی وزارت ارسال نماید.
۶. دانشجو می‌تواند از تمامی بسته‌های دروس اختیاری مربوط به گرایش تحصیلی خود درس اخذ نماید و هیچ‌گونه محدودیتی از بابت تعداد انتخاب از هر بسته وجود ندارد. بسته‌های موجود بیشتر جنبه راهنمایی تخصصی برای دانشجو دارد.

ب: دوره دکتری

۱- تعریف و هدف

دوره دکتری مهندسی عمران بالاترین مقطع تحصیلی دانشگاهی در این زمینه است که به اعطای مدرک می‌انجامد و رسالت آن تربیت افرادی است که با نوآوری در زمینه‌های مختلف علوم و فناوری در گسترش مرزهای دانش و رفع نیازهای کشور موثر باشند. این دوره مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی با گرایش‌های مهندسی زیر می‌باشد.



۱. سازه
۲. ژئوتکنیک
۳. زلزله
۴. مهندسی و مدیریت ساخت
۵. راه و ترابری
۶. حمل و نقل
۷. مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی
۸. مهندسی و مدیریت منابع آب
۹. مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۱۰. مهندسی محیط زیست

ده مجموعه فوق دارای برنامه کاملا مستقل از یکدیگر می باشند و انتقال از یک گرایش به گرایش دیگر تابع قوانین انتقال از یک رشته به رشته دیگر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد. محور اصلی فعالیت های علمی دوره دکتری به تناسب موضوع، تحقیق نظری، تحقیق تجربی و یا تلفیقی از این دو است و آموزش وسیله برطرف ساختن کاستی های اطلاعاتی داوطلب و هموار ساختن راه حصول به اهداف تحقیق می باشد.

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

- آشنا شدن با روش های پیشرفته تحقیق و کوشش برای نوآوری در این زمینه
- دستیابی به جدیدترین مبانی علمی، تحقیقاتی و فناوری
- نوآوری در زمینه های علمی، تحقیقی و کمک به پیشرفت و گسترش مرزهای دانش
- تسلط یافتن بر یک یا چند امر. همچون ۱- تعلیم، تحقیق و برنامه ریزی؛ ۲- طراحی، اجرا، هدایت، نظارت و ارزیابی،
- ۳- تجزیه و تحلیل و حل مسائل علمی در مرزهای دانش و ۴- حل مشکلات عملی جامعه در یکی از زمینه های مهندسی عمران

۲- نقش و توانایی

از فارغ التحصیلان دوره دکتری انتظار می رود که ضمن اشراف به آخرین یافته های علمی و اجرایی تخصص مربوط به خود، در مواردی که در حین طرح و اجرای یک پروژه عمرانی راه حل مشخص و مدونی وجود ندارد قادر باشند با استفاده



از آموزه های دوران تحصیل خود (بخش آموزشی و پژوهشی)، راه حل مناسب، بهینه و قابل قبول در سطح جامعه حرفه ای ارائه نمایند. بخش دیگری از فعالیت فارغ التحصیلان این دوره تدریس در دانشگاه ها و تربیت مهندسين عمران توانمند در دوره های کارشناسی و تحصیلات تکمیلی می باشد که بالطبع انتظار می رود در تولید علم و تبدیل علم به ایده و ثروت نقش موثری داشته باشند.

۳- طول دوره و شکل نظام

دوره دکتری مهندسی عمران دارای دو مرحله آموزشی و پژوهشی (تدوین رساله) می باشد. نحوه ورود و خاتمه هر مرحله، و حداقل و حداکثر طول دوره مطابق آیین نامه دوره دکتری است.

۴- مرحله آموزشی

در مرحله آموزشی دوره دکتری مهندسی عمران، گذراندن ۱۲ تا ۱۸ واحد درسی از دروس دوره های تحصیلات تکمیلی (علاوه بر واحدهای قبلی گذرانده شده در مقطع کارشناسی ارشد) اجباری است و دانشجوی می باید در پایان مرحله آموزشی، علاوه بر واحدهایی که طبق مقررات به عنوان دروس اجباری و اختیاری در دوره کارشناسی ارشد گذرانده است از گرایش مربوطه یا سایرگرایشها طبق ضوابط واحد درسی اخذ نماید. ضمناً تعداد واحد رساله دکتری ۱۸ می باشد که بعد از گذراندن امتحان جامع قابل اخذ می باشد.

تبصره: دانشجوی موظف است در بدو ورود به دوره، استاد راهنمای خود را انتخاب نماید. در همین زمان کلیات زمینه تحقیقاتی دانشجوی و ریز دروس مربوطه باید توسط دانشجو وزیر نظر استاد راهنما تهیه و به تصویب شورای تحصیلات تکمیلی دانشکده برسد.

۵- امتحان جامع

دانشجویانی که حداقل ۱۲ واحد دروس مرحله آموزشی خود را با موفقیت گذرانده باشند لازم است در آزمون جامع که براساس آیین نامه موسسه برگزار می گردد شرکت نمایند. این آزمون بصورت کتبی یا شفاهی برگزار شده و دانشجوی حداکثر دوبار می تواند در آن شرکت نماید.

۶- دروس مرحله آموزشی دوره دکتری



دروس تخصصی تحصیلات تکمیلی قابل ارائه در دوره دکتری همان عناوین دروس ارائه شده برای دوره کارشناسی ارشد می باشد که می تواند در تعیین دروس زمینه اصلی و فرعی مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً دانشجویان در مقطع دکتری نباید دروسی را اخذ نمایند که در دوره کارشناسی ارشد آن دروس را اخذ نموده اند.

※ نحوه کدگذاری دروس دوره های مختلف عمران:

کد اختصاص یافته به دروس رشته مهندسی عمران در دوره های مختلف به صورت یک کد ۶ حرفی و عددی می باشد. رقم سوم پس از دو حرف اول CE از سمت چپ نشانگر مقطع تحصیلی در این رشته می باشد. این رقم برای دوره کارشناسی ارشد عدد ۴ و دوره دکتری عدد ۵ می باشد. رقم چهارم از سمت چپ، گرایش مربوطه را مشخص می نماید. دو رقم پنجم و ششم نیز شماره درس در گرایش مربوطه می باشد که ظرفیت ۱۰۰ درس برای هر گرایش را فراهم می سازد. در جدول بالا کد در نظر گرفته شده برای دروس دوره های مختلف رشته مهندسی عمران ارائه شده است.



جدول شماره گذاری دروس دوره های مختلف رشته مهندسی عمران

کد تخصیص یافته		گرایش	مقطع تحصیلی
تا	از		
CE4099	CE4000	دروس مشترک	کارشناسی ارشد
CE4199	CE4100	سازه	
CE4299	CE4200	ژئوتکنیک	
CE4399	CE4300	زلزله	
CE4499	CE4400	مدیریت ساخت	
CE4549	CE4500	حمل و نقل	
CE4599	CE4550	راه و ترابری	
CE4699	CE4600	مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی	
CE4799	CE4700	مهندسی و مدیریت منابع آب	
CE4899	CE4800	مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی	
CE4999	CE4900	مهندسی محیط زیست	
CE5099	CE5000	دروس مشترک	دکتری
CE5199	CE5100	سازه	
CE5299	CE5200	ژئوتکنیک	
CE5399	CE5300	زلزله	
CE5499	CE5400	مدیریت ساخت	
CE5549	CE5500	حمل و نقل	
CE5599	CE5550	راه و ترابری	
CE5699	CE5600	مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی	
CE5799	CE5700	مهندسی و مدیریت منابع آب	
CE5899	CE5800	مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی	
CE5999	CE5900	مهندسی محیط زیست	



فصل دوم

برنامه و عناوین دروس



۲-۲ کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک

واحدهای درسی (۳۲ واحد)

ردیف	نوع واحد	تعداد واحد	ملاحظات
۱	دروس اجباری	۱۲	بر اساس جدول ۲-۳ لیست دروس اجباری اختیار شود.
۲	دروس اختیاری	۱۲	بر اساس جدول ۲-۴ لیست دروس اختیاری اخذ شود.
۳	سمینار و روش تحقیق	۲	
۴	پایان نامه	۶	

جدول ۲-۳

دروس اجباری-مهندسی ژئوتکنیک

ردیف	نام درس	تعداد واحد
۱	دینامیک خاک CE4200	۳
۲	مهندسی بی پیشرفته CE4201	۳
۳	مکانیک خاک پیشرفته CE4202	۳
۴	یکی از دروس : - روش اجزاء محدود CE4002 - مکانیک محیط پیوسته CE4116 - ریاضیات عالی مهندسی CE4000	۳



جدول ۲-۴

دروس اختیاری - مهندسی ژئوتکنیک *

ردیف	مجموعه الف	مجموعه ب	مجموعه ج	مجموعه د	مجموعه ه	مجموعه ز
دروس طراحی و کاربردی	ژئوتکنیک لرزه ای	ژئوتکنیک زیست محیطی	سنگ	دروس عددی و ریاضی	دروس نظری	
۱	بهسازی خاک CE4205	ژئوتکنیک لرزه ای CE5205	ژئوتکنیک زیست محیطی CE4209	مکانیک سنگ CE4210 (۲ واحد)	اجزاء محدود پیشرفته (غیر خطی) CE5000	مدلسازی رفتار خاک CE4212
۲	زمین شناسی مهندسی پیشرفته CE4206 (۲ واحد)	اندرکنش خاک و سازه CE5117	مهار زیاله و فناوری بازیابی CE5210 (۲ واحد)	طراحی و اجراء تونل و فضاهای زیر زمینی CE4211 (۲ واحد)	روش اجزاء مرزی CE5002	تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مهندسی ژئوتکنیک CE4213
۳	سدهای خاکی CE4207	لرزه شناسی و زلزله CE5207	طراحی مدفن زیاله CE5211 (۲ واحد)	مکانیک سنگ پیشرفته CE5212 (۲ واحد)	روش اجزاء مجزا CE5004	کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک (۲ واحد) CE4214
۴	ژئوتکنیک دریایی CE5200	اکتشافات ژئوفیزیک (۲ واحد) CE5208	آزمایشگاه	آزمایشگاه مکانیک سنگ CE5213 (۱ واحد)	محاسبات نرم (Soft Computation) CE4001	مکانیک شکست CE5006
۵	تحقیقات صحرایی CE5201	آزمایشگاه دینامیک خاک CE4208 (۲ واحد)			ریاضیات عالی مهندسی CE4000	مکانیک محیط پیوسته CE4116
۶	خاک مسلح CE5202	تئوری انفجار و طراحی سازه ها در برابر آن CE5116			پردازش سیگنال CE5005	رفتار خاکهای غیر اشباع CE5219



مکانیک محیطهای متداخل CE5220					آزمایشگاه مکانیک خاک پیشرفته CE4208 (۱ واحد)	۷
مبانی مدلسازی فیزیکی CE5221 (۲ واحد)					پی های خاص CE5204 (۲ واحد)	۸
روشهای حدی در مکانیک خاک CE5222					مهندسی شمع در سازه های دریایی CE5223	۹

* غیر از دروسی که تعداد واحد آنها -داخل برانتز- در جدول مشخص شده است، سایر دروس اختیاری ۳ واحدی می باشند.



۲-۳ ژئوتکنیک



نام درس و تعداد واحد (نظری)	دینامیک خاک (CE4200) Soil Dynamics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه، کاربرد دینامیک خاک در مسائل مهندسی عمران، ماهیت بارهای دینامیکی و انواع آن	
۲	مروری بر مهندسی زلزله: زمین لرزه و عوارض ناشی از آن (زمین لغزه، روانگرایی و ...). عوامل ایجاد زلزله، اطلاعات کلی در مورد لرزه خیزی ایران، انواع امواج لرزه ای ایجاد شده در اثر زلزله، حرکات زمین و نحوه ثبت آن، خصوصیات زلزله ها (مرکز بزرگی، شدت و ...). کاهندگی شتاب و سرعت (روابط کاهندگی معروف)، معرفی طیف فوریه	
۳	مروری بر ارتعاشات سیستم های یک و چند درجه آزادی: تعریف درجات آزادی، فرکانس طبیعی و تشدید، ارتعاش سیستم های یک درجه آزادی، ارتعاش آزاد با و بدون میرایی، ارتعاش اجباری با و بدون میرایی، ارتعاش تحت بارهای تناوبی و گذرا، انواع میرایی در خاک (میرایی ویسکوز و هیسترزیس خطی)، سیستم های چنددرجه آزادی، ارتعاش آزاد سیستم دو درجه آزادی- وابسته و غیروابسته (Couple, Uncouple)- با و بدون میرایی، ارتعاش اجباری سیستم دو درجه آزادی- وابسته و غیروابسته- با و بدون میرایی	
۴	انتشار امواج یک بعدی، معادله موج و سرعت آن (امواج حجمی، برشی، میله و ...). رفتار میله تحت تاثیر ارتعاش آزاد و نیروی اعمالی بریودیک، ارتعاشات گذرا در میله کشاوند (میله همگن و غیرهمگن)، میرایی تشعشعی، بستر یکنواخت و لایه ای تحت اثر حرکات پایه تناوبی، اثر ساختمان در حالت یک بعدی (تقویت شتاب حداکثر، شکل طیفی، پاسخ ساختمان های ترم به شتاب های کوچک سنگ بستر و ...)	
۵	انتشار امواج دو و سه بعدی: امواج کروی و امواج رابلی، انعکاس و انکسار در مرزها، امواج سطحی در محیط لایه ای، مختصری از اثر توبوگرافی بر روی امواج زلزله و اثر دو و سه بعدی دره	
۶	مشخصات دینامیکی خاکها: نحوه برآورد سرعت موج برشی و مدول برشی بر اساس آزمون های آزمایشگاهی، آزمون های صحرائی، معرفی تعدادی از روابط تجربی برای محاسبه مدول برشی حداکثر، روابط تجربی محاسبه تغییرات نسبت مدول برشی و میرایی با کرنش برشی، تاثیر پارامترهای مختلف خاک بر مدول برشی (تاثیر	



	تش همه جانبه، نسبت متافذ، فرکانس، نسبت پواسون، OCR، پلاستیسیته و ...)	
۷	تحلیل و طراحی یی ماشین آلات: روش های آنالیز قدیمی و نوین، روش اجزاء محدود، روش نیم فضای کشایند، روش دوبری و گزتاس	
۸	روش های طراحی لرزه ای دیوارهای حائل، رفتار دیوارحائل در هنگام زلزله، روش های طراحی مبتنی بر نیرو، روش شبه استاتیکی (روش مونتونوبه-آکابه، سید و ویتمن)، روش شبه دینامیکی (روش استیدمن-زنگ، نیمبالکار- چاودوری)، روش های طراحی بر مبنای تغییرمکان، روش بلوک لغزان نیومارک، روش ریچارد-المس	
۹	روانگرایی خاک، روش های ارزیابی و پیشگیری از آن: تعریف روانگرایی (روانگرایی جریانی، نرم شونذگی تناوبی)، روش های تعیین استعداد روانگرایی، گسترش جانبی و ارزیابی تغییرمکان حاصله، معرفی روش های بهسازی خاک جهت پیشگیری وقوع روانگرایی.	
۱۰	مبانی و کاربرد آیین نامه های مرتبط ملی (مباحث مقررات ملی ساختمان و استاندارد - - ۲۸۰۰) و بین المللی.	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مهندسی پی پیشرفته (CE4201) Advanced Foundation Engineering	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	شالوده های سطحی: محاسبه و برآورد ظرفیت باربری و نشست پی های سطحی، با استفاده مستقیم از نتایج آزمایشات صحرائی با مروری بر آزمون های صحرائی (SPT, CPT, PMT, DMT, PLT و VST)، با استفاده از روش های تحلیلی: معرفی روش های تحلیل (آنالیز حدی، تعادل حدی)، موارد خاص در محاسبات ظرفیت باربری پی های سطحی (انر پی های مجاور، پی واقع بر شیب، پی های مسلح شده، پی های رینگ و ...)، محاسبه ضریب عکس العمل بستر، ملاحظات طراحی پی های سطحی تحت انر زلزله، مسائل ژئوتکنیکی اجرای پی ها (گودبرداری در مجاور ساختمان همسایه، گودبرداری زیر سطح آب و ...)، طراحی پی های سطحی بر مبنای روش LRFD	
۲	شالوده های عمیق: انواع شمع ها و روشهای اجرا، تحلیل و طراحی شمع تحت بار محوری فشاری و کششی، بدیده اصطکاک منفی، تحلیل و طراحی شمع تحت بار جانبی، گروه شمع، اندرکش شمع پی-رادیه (Pile-Raft)، آزمایشات استاتیکی و دینامیکی شمع، تحلیل فرو رفت شمع تحت ضربه شمعکوب، ملاحظات طراحی پی های عمیق تحت انر زلزله، طراحی شمع بر اساس روش LRFD	
۳	فشار جانبی خاکها و طراحی اینبه نگهبان، معرفی روش های تحلیل دیوارها: آنالیز حدی و تعادل حدی، انواع اینبه نگهبان، یادآوری اصول طراحی دیوارهای صلب وزنی و انعطاف پذیر طره ای، روشهای طراحی و اجرای سیرها، تحلیل و طراحی دیوارهای مهاربندی شده، باینداری کف گود، آشنایی با خاک مسلح (مکانیزم تسلخ خاک، معرفی انواع المان های تسلخ، طراحی دیوارها و شیب های خاک مسلح با تسمه و با ژئوسینتیک ها)، کوله پل ها و سایر اینبه خاص تحت فشار جانبی، طراحی دیوارهای حائل بر اساس روش LRFD	
۴	طراحی پی واقع بر خاک های مسئله دار و بهسازی خاک ها، معرفی خاک های مسئله دار، طراحی پی بر روی خاک ضعیف با قابلیت فشرده گی بالا، طراحی پی بر روی خاک منبسط شونده، طراحی پی بر روی خاک رمند، آشنایی با روش های مختلف بهسازی خاک جهت بهبود ظرفیت باربری خاک، مبانی و کاربرد آیین نامه های مرتبط ملی (مباحث مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰) و بین المللی.	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مکانیک خاک پیشرفته (CE4202) Advanced Soil Mechanics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تنش مؤثر، مفهوم تنش مؤثر و ضرورت تعریف آن، تاثیر سطح تماس دانه ها، تاثیر تراکم پذیری دانه های جامد، تاثیر سایر عوامل، ارزیابی تنش مؤثر ترزاقی	
۲	اصول مکانیک خاکهای نیمه اشباع، رابطه پیشاب برای تنش مؤثر، نظریه متغیرهای حالت تنش مستقل، مقاومت برشی خاکهای نیمه اشباع، تغییر شکل خاکهای نیمه اشباع، کاربرد در مسائل متداول مکانیک خاک	
۳	خواص خاکهای رسی: انواع کانی های رسی، اثر نوع کانی در خواص فیزیکی و مکانیکی رسها، تاثیر نیروهای فیزیکی و شیمیایی بر تنش مؤثر	
۴	مبانی روشهای تحلیل در مکانیک خاک، حل کامل مسئله در محیط های بیوسنه، تحلیل‌های الاستیک، آنالیز حدی، تعادل حدی، روش خطوط مشخصه	
۵	تحکیم: کلیات، تئوری تحکیم ترزاقی و محدودیتهای آن، تحکیم خاکهای غیرهمگن و با ضخامت متغیر، تحکیم غیرخطی، تحکیم سه بعدی، تئوری بیوت، تحکیم ناتویه	
۶	مقاومت برشی خاکها، معرفی معیار گسیختگی موهر-کولمب، خط حالت بحرانی و مقاومت برشی زهکشی نشده، خط حالت بحرانی و فشار آب خفزه ای در گسیختگی، مقاومت برشی خاکهای چسبنده، مقاومت برشی خاکهای دانه ای، آزمونهای آزمایشگاهی تعیین پارامترهای مقاومت برشی، تحلیل های تنش کل و مؤثر، مقاومت حالت بحرانی و مقاومت یسماند	
۷	مکانیک خاک حالت بحرانی، رفتار خاکها در حالتها و مسیرهای مختلف تنش، مسیرهای تنش و کرنش و مستقل های آن و آزمایشات خاک، حالت بحرانی در خاک های رسی، سطوح حالت مرزی (خط حالت بحرانی، سطح روسکو و غیره)، رفتار نمونه های بیش تحکیم شده (سطح ورسلف)، حالت بحرانی در خاک های ماسه ای و سایر خاکهای دانه ای، مدل حالت بحرانی CAM-CLAY	
۸	معرفی خاک های مسئله دار: خاک های با قابلیت فشردگی بالا، خاک های منبسط شونده، خاک های رمبنده، معرفی آزمایشات مربوطه	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	بهبودی خاک (CE4205) Soil Improvement	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه و کلیات، لزوم بهبودی خاک، مطالعات ژئوتکنیکی، برداشت خاک	
۲	خاکریزه‌های سبک، تراکم مکانیکی (بهبودی سطحی)	
۳	تراکم دینامیکی، تثبیت فیزیکی - شیمیایی، بهبودی گیاهی، اختلاط درجای خاک در عمق	
۴	انواع روش‌های تزریق، تزریق با فشار بالا (جت گروتینگ)	
۵	بهبودی ارتعاشی در عمق، ستونهای سنگی و آهکی، انفجار	
۶	آبکشی، زهکشی‌های عمودی، سیستم‌های خلاء، پیش‌بارگذاری	
۷	متمدهای حرارتی و انجماد، روش‌های الکتریکی	
۸	المان‌های سازمائی خارجی و داخلی، ژئوسنتتیک‌ها	
۹	کنترل کیفیت بهبودی	
۱۰	ملاحظات زیست‌محیطی، انتخاب روش بهبودی (ملاحظات فنی - اجرایی - اقتصادی)	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	زمین شناسی مهندسی پیشرفته (CE4206) Advanced Engineering Grolgy	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	شناساییهای سطحی : آشنایی با کاربردها و نحوه کسب اطلاعات از نقشه های توپوگرافی ، تصاویر ماهواره ای ، عکسهای هوایی ، نقشه های زمین شناسی ، نقشه های آب شناسی و ... ب) عملیات شناسایی صحرائی و برداشت زمین شناسی ج) آشنایی با کاربردها و نحوه تهیه انواع نقشه های زمین شناسی مهندسی	
۲	اکتشافات زیر زمینی : آشنایی عمومی با روش های ژئوفیزیکی مسائل لرزه نگاری ، مقاومت مخصوص ، گرانی سنجی و ... ب) حفاری و برداشت چاهک ، ترانشه ، گمانه و تونل ج) طراحی شبکه اکتشافات زیر زمینی	
۳	نمونه گیریهای ژئوتکنیکی : الف) انواع و مشخصات نمونه ها ب) انواع نمونه گیریها ج) روش های نمونه گیری در سنگ و خاک و در دریا و خشتکی	
۴	بردازش داده های ژئوتکنیکی : الف) تعیین وضعیت لایه ها و رسم نیم رخها ب) روش تهیه و کاربرد نقشه های ساختاری و نمودارهای سه بعدی ج) تحلیل اطلاعات توسط تصاویر استریوگرافیک د) تدوین مطالب و تهیه گزارش ژئوتکنیکی	
۵	عملیات اکتشافی ویژه : جهت سازه هایی چون راه ، تونلها و فضاهای زیر زمینی ، دامنه های نا پایدار ، سد و مخزن و ...	
۶	بازدید صحرائی	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	سدهای خاکی (CE4207) Earth-Fill Dams	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه: تاریخچه سد سازی در دنیا و ایران، معرفی سدهای مهم ایران و جهان و ویژگیهای مهم آن، اهداف ایجاد سد	
۲	انواع سدهای خاکی (همگن، یا هسته رسی، یا هسته آسفالتی، RCC)، ناحیه بندی سدهای خاکی، معرفی زهکشهای مختلف، روشهای مختلف اجرای سد، عوامل موثر ژئوتکنیکی در انتخاب نوع سد، عوامل مختلف خرابی سدها (بر اساس آمارهای مختلف)، تخصصهای مورد نیاز در طراحی سدهای خاکی	
۳	انواع هسته سد (از نظر شکل، مصالح، انتخاب مناسب عرض هسته، درصد رطوبت مناسب)	
۴	مطالعات ژئوتکنیکی لازم جهت احداث سد (انتخاب محل سد، تعیین خصوصیات مخزن و منطقه احداث سد، تعیین موقعیت و انتخاب منابع قرضه)	
۵	عوامل موثر در طراحی سد (عملکرد، منابع قرضه، اوضاع جوی منطقه، زمین شناسی، اهمیت سد...)	
۶	معیارهای اختصاصی طراحی سد (تراوش، سرریز شدن، رگاب، پایداری شیب، عمل موج در بالادست، ترک و...)، بررسی عوامل افزایش تراوش و روشهای مقابله با آن، محاسبه حجم تراوش، محاسبه فشار بالا برنده سد، محاسبه گرادیان سد، رسم شبکه جریان برای سد ویی آن	
۷	رگاب، دلایل وقوع، عوامل موثر، روشهای جلوگیری از آن، طراحی فیلتر، شبکه جریان در سدهای خاکی، سرریز شدن و محاسبه و انتخاب ارتفاع آزاد (Free Bord)	
۸	عمل موج در بالا دست (تقریب، عوامل موثر در انتخاب روشهای مختلف در مقابل آن، محاسبه Rip Rap)	
۹	ترک، عوامل ایجاد و انواع آن، منابع قرضه با مقاومت در برابر ترکها	
۱۰	محاسبه نشست سد و درصد فشار آب حفره ای با استفاده از تئوری تحکیم)	
۱۱	پایداری شیب: در حالت استاتیکی با محاسبه فشار آب منفذی، بررسی ضریب اطمینان در حین ساخت سد و پس از آن، معرفی روشهای مختلف محاسبه پایداری استاتیکی، مقایسه ضریب اطمینان بدست آمده، در حالت شبه استاتیکی با محاسبه ضریب زلزله و انتخاب ضریب اطمینان مناسب، در حالت دینامیکی (معرفی روش باریکه برشی، تعیین پریود طبیعی سد و بزرگنمایی در سد)	
۱۲	معرفی روشهای عددی، تاثیر دوبعدی و سه بعدی (دره باریک و غریض)، مقطع بحرانی در دره باریک، بزرگنمایی در سد	



۱۳	محاسبه تغییر مکان سد در اثر زلزله: روش بلوک لغزنده نیومارک (سابقه، تئوری کلی)، روش سارما و سید و مکدیسی، اصلاحات جدید روش بلوک لغزنده (وابسته و غیروابسته)
۱۴	روانگرایی در سدها و روشهای بهسازی سد
۱۵	معرفی ابزار دقیق برای سدها و کاربرد آنها
۱۶	بازدید از یک سد خاکی در حال اجرا و یا ساخته شده



نام درس و تعداد واحد (نظری)	ژئوتکنیک دریایی (CE5200) Marine Geotechnics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	شناسایی هاین ژئوتکنیکی در دریا: مغزه‌گیرهای سطحی از بستر دریا- گمانه‌زنی و نمونه‌برداری در اعماق کم دریا (زیر ۲۰ متر) - گمانه زنی و نمونه‌برداری در اعماق زیاد آب (بالای ۲۰ متر) - آزمونهای برجا در دریا- نقش بررسی‌های ژئوفیزیکی	
۲	خواص و رفتار ویژه خاکهای دریایی: رس‌های بسیار سست لجنی- ماسه‌های سست و احتمال رونگرایی- خاکهای کربناتی- زمین‌های مرجانی- سایر خاکهای ویژه در دریا	
۳	آب شستگی بستر دریا: انواع آب شستگی در دریا - روشهای پیش‌بینی آب شستگی - آب شستگی در مجاورت اینیه دریایی- مقابله با آب شستگی	
۴	ژئوتکنیک موج شکن و سازه‌های خرده سنگی در دریا: خواص فیزیکی و مکانیکی مصالح خرده سنگی - فشار آب حفره‌ای در بدنه متوجه شکن خرده سنگی- فشار آب حفره‌ای در بدنه موج شکن تحت موج- جریان حفره‌ای در بدنه - پایداری بدنه موج‌شکن- تغییر شکل‌های برشی و حجمی بدنه موج‌شکن - پایداری و نشست خاک بستر - آزمایش بارگذاری صفحه (قائم و افقی) - آزمایش نفوذ مخروط CPT - آزمایش نفوذسنجی دینامیکی Dynamic Probing - آزمایش پرسیومتری - آزمایش دیلاتومتر (خاک و سنگ) - آزمایش‌های تعیین نفوذپذیری - آزمایش شکست هیدرولیکی - آزمایش برش مستقیم برجا- آزمونهای ژئوفیزیکی	
۵	آزمونهای آزمایشگاهی: کاربرد آزمایشهای مقاومتی، تغییرشکلی و نفوذپذیری- کاربرد آزمایشهای دینامیکی- کاربرد آزمونهای شیمیایی - تجویز نوع و تعداد آزمونهای مناسب خاک و سنگ	
۶	تهیه گزارش شناسایی ها: اصول ارائه داده‌های حاصل - تحلیل نتایج و ارائه پیشنهادات- اجزا گزارش‌های بدون تفسیر- اجزا گزارش‌های مهندسی	
۷	ویژگیهای خاص شناسایی زمین در پروژه‌های مختلف: تونل و سازه‌های زیرزمینی- سدسازی و اینیه مربوطه- راهسازی و اینیه فنی راه و پل - سازه‌های دریایی - ساختمان‌های بلند- ساختمانهای سبک و ارزان	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	تحقیقات صحرایی (CE5201) Site Investigation	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه و برنامه‌ریزی مطالعات؛ لزوم شناسایی زمین در پروژه‌های عمرانی - مراحل شناسایی ژئوتکنیکی زمین - شناسایی در فاز یک و دو مطالعات و فاز چرا - مطالعات دفتری و بازدید محلی - عمق مناسب گمانه - تعداد و محل حفر گمانه - آرایش مناسب گمانه‌ها و Probing	
۲	گمانه زنی؛ روشهای حفر گمانه - حفاری دستی - حفاری در سنگ - حفاری در خاک - مشخصات مکانیکی ماشین های حفاری - استقرار دستگاه حفاری در خشکی و دریا	
۳	نمونه‌برداری؛ روشهای تهیه نمونه دست نخورده - روشهای تهیه نمونه دست خورده - تهیه نمونه بدون گمانه‌زنی - ارزیابی دست خوردگی نمونه - نمونه‌گیری از سنگ - تهیه نمونه برای آزمونهای آزمایشگاهی	
۴	آزمونهای محلی؛ آزمایش نفوذ استاندارد SPT - آزمایش نفوذ مخروط، آزمایش برش برای، آزمایش برش مستقیم در محل و ارائه نمودارها و جداول مربوطه، نحوه استنتاج نتایج	
۵	بازدید از یک پروژه در حال انجام تحقیقات صحرایی	



۳ واحد	خاک مسلح (CES202) Reinforced Soil	نام درس و تعداد واحد (نظری)
۴۸ ساعت		
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		روش ارزشیابی

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	شناسایی، انواع، مزایا و معایب خاک مسلح	
۲	معرفی انواع ژئوسنتتیکها و کاربرد آنها	
۳	بررسی خصوصیات مصالح خاک مسلح (انواع ژئوسنتتیکها و تسمه های فلزی و...)	
۴	تحلیل و طراحی خاک مسلح با استفاده از تسمه فلزی	
۵	تحلیل و طراحی خاک مسلح با استفاده از ژئوسنتتیکها (ژئوگرید...)	
۶	بررسی اجزا دیوارهای میخ کوبی و تحلیل و طراحی دیوارهای میخ کوبی	
۷	تحلیل و طراحی سیستمهای مهار شده و بررسی انواع مهارها و آزمایشهای آنها	
۸	تحلیل و طراحی پی دیوارهای خاک مسلح	



نام درس و تعداد واحد (نظری و عملی)	آزمایشگاه مکانیک خاک پیشرفته (CE4208) Advanced Soil Mechanics Laboratory	۱ واحد ۱۶ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نوشتاری و عملی	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	قسمت نظری (با ارزش ۵- / واحد) : - معرفی ابزار اندازه گیری، کنترل و ثبت داده‌ها در آزمایشهای استاتیکی و دینامیکی خاک - اصول آزمایش‌های مکانیک خاک با اعمال یا کنترل تنش، کرنش و رطوبت - روش‌های آماده‌سازی، اشباع و تحکیم نمونه قبل از آزمایش - آزمایش سه محوری - آزمایش برش مستقیم، ساده و بیجشی - آزمایش ستون تشدید - آزمایش‌های تحکیم و نفوذپذیری - مبانی مدل سازی فیزیکی - مبانی آزمایش‌های شیمیایی و ارتباط با مکانیک خاک و مباحث ژئوتکنیک زیست محیطی	
۲	قسمت عملی (با ارزش ۱۰/۵ واحد) - انجام آزمایش تحکیم با استفاده از Rowe Cell - انجام آزمایش سه محوری CU با اندازه‌گیری فشار آب به منظور تعیین پارامترهای گسیختگی و پارامترهای حالت نهایی - انجام یک آزمایش ساده مدل فیزیکی بی سطحی یا یک شیروانی یا هر مسأله دیگر	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	بی های خاص (CE5204) Special Foundations	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	ملاحظات تحلیل و طراحی فونداسیون ها: تعیین ظرفیت باربری در حالات مختلف، تخمین نشست تحت بارهای استاتیکی و دینامیکی، تحلیل و طراحی سازه ای، ملاحظات کنترل پایداری	
۲	بی های سطحی خاص: بی های رادیه سخت شده با عناصر طولی و عرضی، فونداسیونهای رادیه مجوف و بلوکی، بی های منفرد چسیان، بی های فولادی (Grillage Foundations)	
۳	فونداسیون های شناور استفاده از اصل شناوری در بی سازی، افزایش ظرفیت باربری به کمک شناورسازی - باربرداری جهت کاهش نشست، عمق بحرانی و کنترل تورم کف	
۴	سیستم های نیمه عمیق در بی سازی: بی های باکسی یا جعبه ای، بی های چاهی (شمعک ها)	
۵	بی های ریشه ای (Root Foundations)، ریزشمع های انبوهی قائم و مایل، مهارها، شمع های بیجشی، بره ای، شمع های مته ای	
۶	رادیه مرکب: بستر مناسب، جهت ساخت رادیه مرکب، اندرکنش اجزا، طراحی در برابر بارهای نقلی و جانبی، ملاحظات طراحی بهینه	
۷	دال های بتنی یا کف های صنعتی متکی بر بهسازی عمیق: کاربرد دالهای صنعتی، ستونهای سنگی و بیره ای، ستونهای تثبیت شده با تزریق جت (Jet Grouting)، اختلاط خاک در عمق (DSM)	
۸	شمع ها (بی های عمیق)، انتخاب سیستم بر اساس شاخص های روسازه، زیرسازه و خاک بستر، تعیین توان باربری با تحلیل استاتیکی، آزمایشات استاتیکی و دینامیکی، عملکرد شمع ها در برابر بارهای سیکلی، لرزه ای، و جانبی	
۹	بی های عمیق - عملکرد گروهی: ملاحظات اندرکنشی، راندها و اثرات گروه، گسیختگی بلوکی، تعیین نشست با استفاده از تئوری صفحه خنثی، عملکرد گروهی در برابر بارهای جانبی	
۱۰	کیسون ها، اجرای درجا و پیش ساخته، ملاحظات طراحی در مقابل بارهای فشاری و کششی	
۱۱	بی سازی در بسترهای سنگی: ملاحظات اجرایی، ظرفیت باربری سنگ زیر بی، شمع های مستقر در سنگ (Rock Socketed Piles)	
۱۲	شمع های مکشی های (Suction Piles) استفاده از تکنیک مکش در اجرای فونداسیون ها، مهارها و بی های نیمه عمیق مکشی در دریا	
۱۳	بی های پوسته ای و گنبدی: کاربرد، انواع بی های پوسته ای- بی های گنبدی با مهار خاک	
۱۴	ساخت همزمان روسازه و زیرسازه (Top-Down Construction): ملاحظات طراحی بهینه با اجرای همزمان، دیوارهای جداکننده، گودبرداری، اجرای دالهای میانی و کف	
۱۵	موارد عملی، معرفی چند مورد سازه های خاص، سنگین یا بلند، شرایط بسترهای غیرمعمول، ابزارگذاری و بایش، مقایسه نتایج حاصل از طراحی با موارد عملی اندازه گیری شده	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مهندسی شمع در سازه‌های دریایی (CE5223) Pile Engineering in Marine Structures	۳ واحد ۴۸ ساعت
روشن ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	انواع کاربرد و عملکرد سازه‌های شمع در سازه‌های دریایی (عملکردهای فشاری، کششی و خمشی در اسکله‌ها و سکوها، عملکرد شمع در تحمل فشار جانبی خاک در اسکله‌ها، مقابله شمع با فشار برخاست Uplift در حوضچه‌ها)	
۲	کاربرد و عملکرد شمع در مهار شناور (عملکرد شمع در جذب انرژی در فندرها، عملکرد شمع در اسکله‌های دلفینی به عنوان دلفین مهار و دلفین به‌لوگیری، عملکرد شمع به عنوان لنگر و مهار شناور)	
۳	انواع مصالح شمع در دریا (فولادی، پروفیل فولادی اج، شمع لوله‌ای، لوله اسپیرال، شمع بتنی، بتن پیش ساخته، لوله بتنی سانتیفریز، شمع چوبی، اتصالات و وصله در انواع شمع، تقویت نوک و رأس شمع‌های کوبیدنی)	
۴	انواع روش‌های اجرای شمع در دریا (انواع روش اجرای شمع در دریا از بالای سطح آب، انواع روش اجرای شمع در زیر سطح آب، مقایسه روش‌های اجرا و مصالح و تأثیر طراحی سازه‌های دریایی)	
۵	تحلیل عملکرد شمع تکی تحت بار قائم (تحلیل ظرفیت باربری، اصطکاک منفی و کماتش، تحلیل اثرات روش اجرا بر ظرفیت باربری، تغییر شکل قائم و نشست شمع، تحلیل باربری قائم در خاک‌های ویژه دریایی مثل رس‌های نرم لجنی، تحلیل باربری قائم در خاک‌های کریستالی)	
۶	تحلیل عملکرد شمع تکی تحت بار افقی (روش‌های حدی تحلیل ظرفیت باربری افقی شمع‌های کوتاه و بلند، ارزیابی آنالیز P-Y و سایر روش‌های کلاسیک تحلیل شمع تحت بار افقی، تحلیل P-Y در خاک‌های خاص مثل خاک‌های کریستالی، تحلیل افقی شمع‌های دریایی با قطر بزرگ)	
۷	تحلیل گروه شمع در اسکله‌های شمع-عرشه (روش استاتیکی معین، روش تیر معادل، فنرهای غیر کوبه، فنرهای کوبه، ضرایب اندرکنش، مکانیک محیط‌های پیوسته، ارزیابی و مقایسه روش‌های تحلیل)	
۸	تحلیل گروه شمع در سایر سازه‌های دریایی (تحلیل دلفین‌های متشکل از شمع تکی و گروهی، روش تحلیل گروه شمع در سکوها دریایی، تحلیل اسکله شمع‌های ردیفی-سیر شامل شمع‌های اصلی و شمع‌های مهار، تحلیل گروه شمع برای مقابله با uplift در حوضچه‌ها)	
۹	آنالیز فرورفت شمع در حال کوبش (کاربردهای آنالیز فرورفت، مدل اسمیت، مدل‌های غیرخطی، تحلیل چکش مناسب برای شمع کوبی، SRD)	
۱۰	آزمایش‌های برجا شمع در دریا (آزمایش بارگذاری قائم تا گسیختگی، آزمایش بارگذاری قائم جزئی، آزمایش بارگذاری افقی، تحلیل موج در شمع و PDA، استاتنامیک، آزمایش کنترل سلامت شمع، برنامه‌ریزی و تناوب آزمایش در اسکله‌ها، تناوب آزمایش در سکوها دور از ساحل)	
۱۱	مطالعه موردی یک اسکله شمع و عرشه واقعی (معرفی، مراحل طراحی، مراحل اجرا)	
۱۲	مطالعه موردی یک سکوی فولادی دور از ساحل (معرفی، مراحل طراحی، مراحل اجرا)	
۱۳	مطالعه موردی یک اسکله سبزی متشکل از شمع‌های ردیفی (معرفی، مراحل طراحی، مراحل اجرا)	

ملاحظات: مطالعات موردی از پروژه‌های واقعی انجام می‌شود و می‌تواند با کمک دانشجویان و به صورت تحقیق و ارائه در کلاس انجام گیرد.



نام درس و تعداد واحد (نظری)	ژئوتکنیک لرزه‌ای (CE5205) Geotechnical Earthquake	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مروری بر مباحث ژئوتکنیک لرزه ای، لرزه شناسی و زمین شناسی مهندسی	
۲	روشهای برآورد خطر زلزله (روش آماری، روش تعینتی)	
۳	اثرات ساختگاه (جنس لایه های خاک و اثر تبه و دره)	
۴	بررسی پارامترهای مدول برشی و نسبت میرایی خاکها در بارگذارهای دینامیکی و ارائه مدل‌های مختلف	
۵	مدلهای مختلف رفتار دینامیکی خاک	
۶	محاسبه تغییرمکان شیب با استفاده از بلوک لغزنده نیومارک (معرفی روشهای Couple و Decouple)	
۷	طراحی لرزه ای دیوارهای حائل مبتنی بر تغییرمکان	
۸	معرفی آخرین یافته ها در ارزیابی روانگرایی، محاسبه گسترش جانبی و معرفی روشهای مختلف آن	
۹	روشهای کاهش پتانسیل روانگرایی در خاک ها و تکنیک های بهسازی	
۱۰	پدیده گسلش و اندرکنش آن با سازه های زیرزمینی (تونلها) و سازه های سطحی (پی ها و سازه ها)	
۱۱	معرفی اثر حوزه نزدیک زلزله بر سازه ها	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	لرزه شناسی و مهندسی زلزله (CE5207) Siesmology and Earthquake Engineering	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مبانی لرزه زمینساخت، شناخت گسل های فعال و روشهای مدلسازی چشمه های لرزه ای	
۲	مبانی زلزله شناسی و شبکه های لرزه نگاری، لرزه خیزی و مدلسازی پارامتر های لرزه ای	
۳	شبکه های شنابنگاری و پردازش شنابنگاشتها، مبانی و روشهای برآورد خطر زلزله، تعیین زلزله طرح در پروژه های مهم، روشهای محاسبه طیف پاسخ و تولید طیف طرح	
۴	روش انتخاب شنابنگاشتها برای تحلیل های مهندسی زلزله	
۵	پاسخ لرزه ای سیستم های خطی	
۶	پاسخ لرزه ای سیستم های غیر خطی	
۷	روش های تحلیل امین نامه ای در برابر زلزله از جمله روش های طیفی و دینامیکی براساس عملکرد	
۸	مبانی و کاربرد امین نامه های مرتبط ملی (مباحث مقررات ملی ساختمان و استاندارد ۲۸۰۰) و بین المللی	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	اکتشافات ژئوفیزیک (CE5208) Geophysics Explorations	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث
۱	معرفی و مفاهیم پایه
۲	مروری بر روشهای ژئوفیزیک و امواج لرزه ای
۳	روشهای جمع آوری-پردازش و تفسیر داده های لرزه ای
۵	بررسی روشهای اکتشافی گران سنجی
۶	بررسی روشهای اکتشافی مغناطیسی
۷	بررسی روشهای اکتشافی الکتریکی
۸	بررسی روشهای اکتشافی لرزه ای

پروژه:

در دانشکده هایی که دارای تجهیزات کارگاهی می باشند، بعضی موارد سرفصل به صورت عملی توسط دانشجویان باید انجام شود. در غیر اینصورت دانشجویان باید با توجه به نتایج ژئوفیزیک یک ساختمانگاه یک گزارش کامل به همراه تفسیرهای مربوطه ارائه دهند.



نام درس و تعداد واحد (نظری و عملی)	آزمایشگاه دینامیک خاک (CE4208) Soil Dynamics Laboratory	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نوشتاری و عملی	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	آشنایی با تجهیزات صحرایی دینامیکی (ژئوسیسیمیک و میکروترومر)	
۲	انجام آزمایشات صحرایی دینامیک در صورت امکان (ژئوسیسیمیک و میکروترومر)	
۳	آشنایی با دستگاه آزمایش ستون شدید	
۴	انجام آزمایش ستون شدید برای تعیین تغییرات مدول برشی و میرایی بر حسب کرنش برشی	
۵	آشنایی با دستگاه سه محوری دینامیکی	
۶	انجام آزمایش سه محوری دینامیکی برای تعیین تغییرات مدول برشی و میرایی بر حسب کرنش برشی	
۷	انجام آزمایش سه محوری دینامیکی برای تعیین مقاومت خاک در نسبت تنش های مختلف	
۸	انجام آزمایش ارزیابی پتانسیل روانگرایی در خاک با استفاده از دستگاه سه محوری دینامیکی	
۹	آشنایی با آزمایشات مدل فیزیکی (میز لرزه و سانتریفیوز)	



نام درس و تعداد واحد	ژئوتکنیک زیست محیطی (CE4209)	۳ واحد
(نظری)	Environmental Geotechnics	۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تولید و دفع پسماند، پسماند و مدیریت مواد زائد، طبقه بندی پسماند های خطرناک، پسماند و تلفات ناشی از آن، الزامات و مشکلات ناشی از دفن زباله در زمین	
۲	کانی شناسی خاک: اهمیت کانی شناسی خاک در مهندسی. کانی های غیر رسی در خاک. طبقه بندی کانی های رس. پیوندهای بین ورقه ای و بین لایه ای در کانی های رس. سطوح خاک و بارهای الکتریکی	
۳	سیستم الکترولیت آب-خاک: توزیع یون در سیستم آب- خاک رس. نظریه لایه آب دوگانه. تأثیرات متغیرهای سیستم در لایه آب دوگانه. تبادل کاتیون در کانی های رسی	
۴	اندرکش آلاینده- خاک: مکانیزمهای اندرکش آلاینده- خاک. جذب آلاینده ها. جذب توسط اجزای خاک	
۵	پدیده هدایت در خاک: قوانین و روابط حاکم بر جریان. هدایت الکتریکی. پدیده الکتروکینتیک. تئوری	
۶	انتقال جرم در محیط اشباع: انتقال در اثر گرادیان غلظت (Concentration Gradients)، انتقال توسط گرادیان هیدرولیکی (Advection)، براکش مکانیکی (Mechanical Dispersion)، معادله عمومی انتشار آلودگی در خاک، برآورد پارامترهای انتقال، ایزوترم های جذب، سیستم های مدلسازی انتقال آلودگی در خاک	
۷	فن آوری های جدید رفع آلودگی از خاک: گودبرداری و دفع / تصفیه، استخراج بخارات موجود در خاک (SVE)، پاشش هوا (Air Sparging)، دیواره های واکنش پذیر تراوا، سیستم های محصور کننده، روش زیست اصلاحی در جا، روش تقلیل طبیعی غلظت آلاینده ها Natural Attenuation رفع آلودگی یا استفاده از پوشش گیاهی Phytoremediation، کاربرد روش بلور سازی در رفع آلودگی In-Situ Vitrification	
۸	اصول دفن مهندسی پسماند: هدف، معیارهای انتخاب محل، سیستم های اجرایی مدفن های مهندسی، جزئیات ساخت مدفن، آستر های غشایی انعطاف پذیر (FML)، سیستم های جمع آوری شیرابه، گاز تولیدی در مدفن (بروزه کارخانه برق)، پایش کیفیت آبهای زیرزمینی و عملکرد مدفن پسماند، ارزیابی عملکرد هیدروژئولوژیکی مدفن (مدل HELP)، اقدامات اصلاحی	
۹	کاربرد ژئوسینتتیک ها در مراکز دفن پسماند: ژئوممبرین ها، ژئوتکستایل ها، ژئونت ها، ژئوگریدها، آسترهای مرکب ژئوسینتتیکی - رسی	



۲ واحد ۳۲ ساعت	مهار زیاله و فناوری بازیابی (CE5210) Waste Pollution and Remediation Technologies	نام درس و تعداد واحد (نظری)
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		روش ارزشیابی

سرفصل:

تعداد جلسات	مباحث	ردیف
	کلیات: معرفی انواع زائدات جامد، مایع و گاز و بحث روی Sources of wastes and contaminants	۱
	سیستم‌های نگهداری زائدات: خاکهای طبیعی بعنوان لایه های آب‌بند افقی و قائم و مشخصات عمومی آنها، مواد مصنوعی (پلیمری) مانند ژئوممبرین‌ها و GCL و مشخصات عمومی آنها، جمع‌آوری و بازیافت شیرابه، جمع‌آوری و بازیافت گاز	۲
	پوشش‌های خاکی متراکم شده (GCLها) انواع (خاک طبیعی و مخلوط خاک - بنتونیت و...)، مشخصات مکانیکی هریک و تراکم آنها	۳
	پوشش‌های پلیمری (مصنوعی) Geomembrane انواع ژئوممبرین‌ها (VLDPE .HDPE .PVC و...)، تکنولوژی ساخت، طراحی با ژئوممبرین‌ها	۴
	سیستم‌های زهکشی خاکی، انواع، مشخصات و نحوه طراحی زهکشی‌های خاکی، سیستم‌های زهکشی با Geosynthetic ها، انواع، مشخصات و نحوه کاربرد هریک و مقایسه آنها	۵
	زهکشی‌های نوع ژئوتکستایل Geotextile ، نحوه ساخت اتصالات، زهکشی‌های نوع ژئونت Geonet	۶
	سیستم‌های جمع‌آوری شیرابه در مدفن‌های زائدات جامد (معرفی، انواع، روشهای طراحی، اجرا و پایش)	۷
	سیستم‌های پوشش کف و جداره surface impoundment	۸
	سیستم‌های پوشش بستر محل‌های Heap Leaching و محل‌های انباشت باطله‌های درشت دانه در معادن	۹
	تزریق پساب‌های صنعتی در چاه‌های عمیق Deep waste injection	۱۰
	شرایط زمین‌شناسی، انواع چاه‌ها، مشخصات پساب‌ها، جزئیات لوله‌گذاری و casing، مسایل اجرایی	۱۱



نام درس و تعداد واحد (نظری)	طراحی مدفن زباله (CE5211) Design of Landfills	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	کلیات، ۱- تاریخچه‌ی دفن مواد زائد ۲- اجزاء مدیریت دفن مواد زائد ۳- اصول و اهداف	
۲	روشهای انتخاب محل دفن: ۱- ضوابط منطقه‌ای ۲- روشهای انتخاب مرحله‌ای ۳- ارزیابی اقتصادی ۴- تعیین محل نهایی ۵- بهره‌برداری پس از اتمام مراحل دفن	
۳	تعیین ظرفیت مرکز دفن: ۱- ابعاد مرکز دفن ۲- مشخصات و میزان تولید ضایعات جامد ۳- مشخصات و میزان تولید شیرابه ۴- مدل ارزیابی هیدرولوژیک عملکرد مرکز دفن (HELP Model)	
۴	ویزگیهای گاز تولید شده در مراکز دفن: ۱- تخمین میزان تولید گاز ۲- تغییر تولید گاز نسبت به زمان ۳- عوامل مؤثر در تولید گاز در مراکز دفن ۴- مدیریت و کنترل گاز در مراکز دفن	
۵	موازنه‌ی جرم در عملکرد مرکز دفن: ۱- اصل پیوستگی جرم ۲- مقدار آب ۳- مقدار شیرابه	
۶	اصول حرکت و نشست آلاینده‌ها در آی زیرزمینی، ۱- مشخصات و عوامل مؤثر در حرکت سیال ۲- انتقال و حرکت مواد شیمیایی ۳- مکانیزم‌های انشار آلودگی ۴- روشهای تحلیلی برای حل مسائل توزیع آلودگی	
۷	مصالح طبیعی مورد استفاده در پوشش کف مراکز دفن: ۱- ارزیابی میزان نفوذپذیری ۲- مدلسازی عملکرد پوشش رسی در آزمایشگاه ۳- پوششهای دوگانه و مرکب	
۸	کاربرد مواد مصنوعی در ساخت مراکز دفن مواد زائد، ۱- زئونت ۲- زئونکستابل ۳- پوششهای قابل انعطاف (FMLs)	
۹	طراحی مراکز دفن بر اساس کاهش غلظت طبیعی، ۱- تعیین ظرفیت کاهش غلظت طبیعی ۲- فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی ۳- عوامل ارزیابی برای محل دفن	
۱۰	اصول ساخت مراکز دفن: ۱- اجرای سلولهای دفن ۲- مصالح پوششی و تناوب کاربرد آنها ۳- بایرداری شیپها ۴- عملیات اجرایی در مرکز دفن	
۱۱	کنترل عملکرد مرکز دفن: ۱- جزئیات برنامه‌ی کنترل و مشاهده ۲- تعیین‌ی جاههای شاهد ۳- کنترل نشست شیرابه و کیفیت آب زیرزمینی ۴- کنترل گاز تولید شده ۵- تجزیه و تحلیل اطلاعات	



۲ واحد	مکانیک سنگ (CE4210) Rock Mechanics	نام درس و تعداد واحد (نظری)
۳۲ ساعت	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	روش ارزشیابی

سر فصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مکانیک سنگ و جایگاه آن در مهندسی ژئوتکنیک	
۲	تعریف و مفهوم مکانیک سنگ و کاربردهای آن - حوزه ژئومکانیک و ارتباط مکانیک سنگ و مکانیک خاک مکانیزم خرابی سنگ، توصیف منحنی کامل تنش - کرنش سنگ تحت بارهای تک محوری و سه محوری	
۳	رفتار ترد و شکننده و رفتار خمیری در سنگها، کاربرد منحنی کامل تنش - کرنش سنگ در پیش‌بینی رفتاری سازه‌های سنگی	
۴	توصیف انواع خرابی‌ها در سنگ‌ها و توده‌های سنگی شامل خرابی برشی، کششی، خمشی و خرابی در اثر فشار، آزمایش دوام و توصیف مختصر آزمایش‌ها	
۵	اهمیت آزمون‌های آزمایشگاهی و مجرایی در مطالعه رفتار سنگ‌ها و توده‌های سنگی - توصیف مختصر انواع آزمایش‌های رایج - تعیین پارامترها و ثابت‌های فیزیکی و مکانیکی سنگ‌ها	
۶	عوامل اثرگذار بر پاسخ سنگ در طول آزمایش و بارگذاری - تأثیر شرایط انتهایی، تأثیر سختی دستگاه آزمایش	
۷	دستگاه خودکنترل - شکست پایدار و ناپایدار در فرآیند خرابی سنگ‌ها	
۸	مقاومت سنگ‌ها و معیارهای خرابی در سنگ‌ها و توده سنگ‌ها - تعریف و مفهوم معیار خرابی و جایگاه آن در مکانیک سنگ	
۹	توصیف مختصر از انواع معیارها شامل معیار ترسکا، فون نیر و ...	
۱۰	معیار موهر - کولمب و کاربردهای آن - نارسایی‌های وارد بر معیار موهر - کولمب	
۱۱	معیار هوک براون - روش تعیین پارامترهای معیار هوک - براون	
۱۴	انرژی زمان و خواص تابع زمان سنگ‌ها - خزش و مدل‌های رئولوژیکی	
۱۵	تنش‌های برجا در توده‌های سنگی و مطالعه تغییر شکل‌پذیری سنگ‌ها، اهمیت تنش‌های برجا در توده‌های سنگی	



۱۶	آزمایش‌های برجا و اندازه‌گیری تغییر شکل‌پذیری سنگ‌ها، آزمایش صفحه باربری، چک تخت، آزمایش دیلاتومتر...
۱۷	نقوذپذیری سنگ و جریان آب زیرزمینی در توده سنگ‌ها - تعاریف نقوذپذیری و اهمیت جریان آب در توده‌های سنگی
۱۸	نقوذپذیری اولیه و ثانویه - جریان آب در ناپیوستگی‌ها و شبکه ناپیوستگی‌ها
۱۹	مقاومت برشی سنگ‌ها - اهمیت مقاومت برشی سنگ‌ها و جایگاه آن
۲۰	مقاومت برشی ناپیوستگی‌ها و درزها - اثر آب، زیری و سطح تنش عمودی بر مقاومت برشی سنگ‌ها
۲۱	معیارهای پیش‌بینی مقاومت برشی سنگ‌ها و ناپیوستگی
۲۲	مکانیزم‌های لغزش در شیروانی‌های سنگی، انواع لغزش‌ها و خرابی‌ها در شیروانی‌های سنگی



۲ واحد	طراحی و اجراء تونل و فضاهای زیرزمینی (CE4211) Design of Tunnels and Underground Spaces	نام درس و تعداد واحد (نظری)
۳۲ ساعت		روش ارزشیابی
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تاریخچه مهندسی تونل و الزامات برنامه‌ریزی - مشکلات طراحی تونل‌ها	
۲	مراحل طراحی - برنامه‌ریزی برای طراحی	
۳	بررسی‌های میدانی و صحرایی و توصیف زمین اطراف تونل - مطالعات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی محیط‌های خاکی و سنگی محل تونل	
۴	شناسایی ساختارها و عوارض ساختاری زمین مثل درزها، لایه‌بندی و گسل‌ها - روش‌های جمع‌آوری اطلاعات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی	
۵	تحلیل تنش‌ها و تغییرشکل‌ها در اطراف حفاری‌های زیرزمینی و تونل‌ها - توزیع تنش در اطراف حفاری‌های منفرد	
۶	روابط توزیع تنش‌ها در تونل‌های دایره‌ای - حوزه تأثیر تونل (تونل‌های مجاور هم)	
۷	تأثیر شکل مقطع تونل بر توزیع تنش‌ها - تحلیل اثر عوارض ساختاری مهم بر توزیع تنش‌ها مثل اثر گسل‌ها	
۸	روش‌های تخمین تنش‌ها در تونل‌های کم عمق - تحلیل تنش‌ها بر پایه تغییرات تنش قائم نسبت به عمق (اثر سیلو)	
۹	تخمین فشارهای وارد بر پوشش در طاق و کف تونل	
۱۰	نیروهای داخلی و خارجی وارد بر تونل - استفاده از تئوری‌های مرزی در تخمین نیروهای وارد بر پوشش	
۱۱	طراحی سیستم‌های تقویت و پوشش تونل‌ها - اصول و مفاهیم مرتبط با تقویت و پایداری تونل‌ها	
۱۲	طراحی و پایداری‌سازی گوه‌ها و بلوکهای انفرادی در معرض سقوط و لغزش	
۱۳	روش‌های نظری و تحلیلی برای تعیین مشخصات پوشش مورد نیاز تونل‌ها	



۱۴	بایدارسازی سینه کار حفاری در تونل‌ها و کنترل نشست زمین- روش‌های تقریبی برای تخمین تنش‌ها در سینه کار
۱۵	روش‌های پیش‌بینی نشست زمین بالای تونل
۱۶	روش‌های بایدارسازی سینه کار حفاری
۱۷	روش‌های مختلف حفاری تونل‌ها، روش‌های چال و انفجار- آرایش چال‌ها، مزایا و معایب روش‌های چال و انفجار، روش‌های ماشینی حفاری تونل‌ها



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مکانیک سنگ پیشرفته (CE5212) Advanced Rock Mechanics	۲ واحد
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	۳۲ ساعت

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	منشأ تشکیل سنگ‌ها و انواع آنها: - کانی‌ها و نحوه تشکیل سنگ‌ها - سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی - سیکل تشکیل سنگ‌ها - خواص فیزیکی و شاخص‌های فیزیکی سنگ‌ها	
۲	عوامل مؤثر بر رفتار توده‌های سنگی: - ناپیوستگی‌ها و نحوه اندازه‌گیری آنها و اثر مقیاس - فشار منقذی و تنش موثر - رابطه تنش - کرنش در سنگ‌ها - تنش‌های تفاضلی و غیر تفاضلی و کرنش برشی یا تفاضلی، تنش‌های ژئواستاتیک	
۳	تغییر شکل‌پذیری سنگ‌ها: - تغییر شکل‌پذیری سنگ در فشار - مکانیک ریزشکستگی - شکست سنگ در مقیاس بزرگ - مسیر تنش و کرنش - حالت بحرانی در سنگ‌ها و فرایندهای آن - رویه ورسلو و رویه رسو در سنگ‌ها	
۴	تغییر شکل‌های تابع زمان سنگ‌ها و رفتار خزشی: - کرنش خزشی و رهایی تنش - مدل‌های پدیده‌شناسی خزش - بار تناوبی در سنگ‌ها و توده‌های سنگی - بارگذاری سریع	
۵	مقاومت توده‌های سنگی و اثر ناپیوستگی‌ها: - اثر ناپیوستگی و شاخص‌های کمی کردن ناپیوستگی‌ها - مقاومت برشی ناپیوستگی، اندازه‌گیری و تحلیل آن - مدل حالت بحرانی برای مقاومت ناپیوستگی‌های سنگی - تعیین خواص ناپیوستگی‌ها با استفاده از آزمایش سه محوری - تغییر شکل برشی درزها، اتساع، سختی برشی و عمودی درزها - فراوانی ناپیوستگی‌ها و روش تحلیل و تخمین آنها - روش‌های تخمین مقاومت توده‌های سنگی	
۶	پی سنگ‌ها، ظرفیت باربری و نشست: - پی‌سازی بر بسترهای سنگی، مشکلات و بیجیدگیهای مرتبط - تنش‌های مجاز پی سنگ‌ها با استفاده از	



	آئین‌نامه‌ها	
	<p>- ظرفیت باربری پی سنگ‌ها شامل سنگ‌های ترک‌دار، سنگ‌های ضعیف و سنگ‌های با چند دسته درز، ظرفیت باربری سنگ‌های لایه‌ای و تشکیلات کارستی - محاسبه نشست پی سنگ‌های همگن و سنگ‌های ایزوتروپ و غیر ایزوتروپ- توزیع تنش در پی سنگ‌ها شامل سنگ‌های ایزوتروز و لایه‌ای - ناپایداری پی سنگ‌ها شامل تحلیل تعادل سنگ‌ها (روش مرز بالا و مرز پایین)- پایداری سنگ‌ها شامل پایداری بلوک‌های لغزشی، بلوک‌های گوه‌ای و بلوک‌های واژگونی</p>	



نام درس و تعداد واحد (نظری و عملی)	آزمایشگاه مکانیک سنگ (CE5213) Rock Mechanics Laboratory	۱ واحد ۱۶ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نوشتاری و عملی	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه: تبیین جایگاه آزمایشگاه و آزمون‌های آزمایشگاهی در مکانیک سنگ و اهمیت آن در طراحی و تحلیل سازه‌های در سنگ و روی سنگ	
۲	آزمون‌های آزمایشگاهی و آزمون‌های صحرایی و درجا و تفاوت آنها و نقش و جایگاه هر یک در موضوعات مکانیک سنگ	
۳	آزمایش‌های تعیین خواص فیزیکی سنگ‌ها: وزن مخصوص، درصد تخلخل، میزان نفوذپذیری و آزمایش دوام در مقابل آبدیگی	
۴	آزمایش‌های تعیین پارامترهای مکانیکی سنگ در آزمایشگاه مانند: مدول الاستیسیته، ضریب بواسون، زاویه اصطکاک، چسبندگی، مقاومت فشاری تک محوری و سه محوری، مقاومت کششی تک محوری، آزمایش فشاری تک محوری، آزمایش سه محوری، آزمایش برش مستقیم، آزمایش خمش، آزمایش کشش، آزمایش خزش و آزمایش پار تپهای در سنگ	
۵	آزمایش‌های تعیین پارامترهای مکانیکی سنگ در صحرا و در محل: توضیح اهمیت اینگونه آزمایش‌ها و پارامترهای استخراجی، استانداردهای مربوطه و اهمیت روش صحیح آزمایش، انواع آزمایش‌ها شامل: آزمایش بارگذاری صفحه برای تعیین مدول تغییر شکل‌پذیری سنگ و توده‌های سنگی، روش تعیین مدول تغییر شکل دائمی سنگ و توده‌ی سنگ توسط آزمایش بارگذاری صفحه و آزمایش فشاری در آزمایشگاه آزمایش جک مسطح و کاربردهای آن، آزمایش آلتراسونیک یا اسپلکوب و سرعت موج در سنگ بصورت آزمایشگاهی و در محل	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مدلسازی رفتار خاک (CE4212) Soil Behavior Modelling	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
	معرفی مفاهیم پایه مرتبط با مقاومت مصالح خاکی	
	نظریات مختلف در ارتباط با مقاومت برشی خاک	
۳	خصوصیات برشی مصالح دانه ای خشک و اشباع	
۴	خصوصیات برشی مصالح رسی اشباع. میانی اندازه گیری مقاومت برشی خاک با استفاده از آزمایشات آزمایشگاهی (تک محوری، سه محوری، برش ساده، برش پیچشی)	
۵	برآورد پارامترهای مقاومتی خاک با استفاده از روشهای تجربی	
۶	میانی رفتار خاک در مدلسازی فیزیکی (میز لرزه و سانتریفیوژ)	
۷	صحت سنجی آزمایشگاهی مدل کم کلی	
۸	مقاومت برشی خاکهای غیر اشباع	
۹	رفتار حرارتی خاک	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	تئوری الاستیسیته و پلاستیسیته در مهندسی ژئوتکنیک (CE4213) Theory of Elasticity and plasticity in Geotechnical Engineering	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تنش : تعریف تنش بر روی یک سطح . معادلات تعادل ، تنشهای اصلی ، تنش برشی ماکزیمم ، بعضی حالات خاص تنش - معادلات تعادل در دستگاههای مختصات استوانه ای و کروی	
۲	کرنش ، کرنش در یک نقطه ، روابط کرنش و تغییر مکان ، کرنش های اصلی ، شرایط سازگاری ، بعضی حالات خاص کرنش - روابط کرنش و تغییر مکان در دستگاههای مختصات استوانه ای و کروی	
۳	روابط عمومی تنش و کرنش در حالات ارتجاعی ، بیان شرایط سازگاری بر حسب تنش	
۴	حل مسائل سه بعدی تئوری ارتجاعی با استفاده از توابع بتانسیل ، مسائل بوسینک ، کلونین - سرونی . . .	
۵	روابط عمومی تنش و کرنش برای جامدات کاملاً پلاستیک و جامدات سخت شونده ، شرایط سیستم قوانین جریان	
۶	تنش مسطح و کرنش مسطح در حالت ارتجاعی ، کاربرد آنها در حل مسائل ، حل مسائل دو بعدی متقارن محوری با استفاده از توابع تنش	
۷	تنش و کرنش مسطح در حالت پلاستیک ، معادلات تعادل	
۸	خمش خالص میله در حالت ارتجاعی	
۹	بیجش میله ها در حالت ارتجاعی بیجش در میله با مقاطع مختلف	
۱۰	بیجش در حالت پلاستیک میله های استوانه ای	
۱۱	روش های انرژی ، انرژی کرنشی ، اصل کار مجازی ، اصل کار حداقل ، اصل یکنایی ، فضاهای کاستلیانو ، حل مسائل	
۱۲	تنش های حرارتی	



۲ واحد ۳۲ ساعت	کاربرد آمار و احتمالات در مهندسی ژئوتکنیک (CE4214) Application of statistics and probabilities in Geotechnical Engineering	نام درس و تعداد واحد (نظری)
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		روش ارزشیابی

سرفصل:

تعداد جلسات	مباحث	ردیف
	مقدمه، نیاز به استفاده از آمار در مهندسی ژئوتکنیک	۱
	پارامترهای آماری خصوصیات فیزیکی خاکها	۲
	توصیف خصوصیات فیزیکی خاکها به کمک توابع توزیع احتمال	۳
	تحلیل همبستگی‌ها	۴
	کاربرد مفاهیم آماری در بررسی‌های محلی	۵
	ارزیابی نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی	۶
	اصول و روشهای تحلیل سازه‌های خاکی براساس نظریه احتمالات و آمار براساس نظریه تحلیل حدی- با استفاده از روش اجزاء محدود تصادفی (کاربرد تئوری Pururbation در مسائل پدیده‌های تصادفی)	۷
	تعیین ظرفیت باربری بی‌ها	۸
	ارزیابی نشست بی‌ها	۹
	تحلیل پایداری شیروانی‌ها	۱۰
	کنترل عملیات خاکی	۱۱



نام درس و تعداد واحد (نظری)	رفتار خاکهای غیراشباع (CE5219) Behavior of Unsaturated Soils	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه‌ای بر مکانیک خاکهای غیر اشباع (تاریخچه، لزوم و موانع)	
۲	خواص و روابط بین فازها (ذرات خاک، آب، هوا)	
۴	متغیرهای حالت تنش (معرفی تنش خالص، مکش کل و اجزای آن، و مزدوجهای کاری آنها)	
۶	روشهای اندازه‌گیری اجزای مکش در خاک غیر اشباع (مکش کل، مکشهای اسمزی و بافتی و رفتار هیسترسیز هیدرولیکی)	
۹	قوانین جریان و نفوذپذیری خاک غیراشباع نسبت به آب و هوا	
۱۲	نظریه تغییر حجم خاکهای غیر اشباع (تکیم، تورم، رهمندگی)	
۱۵	روشها و تجهیزات اندازه‌گیری حجم خاکهای غیر اشباع	
۱۷	پارامترهای فشار سیالات حفره‌ای در خاکهای غیر اشباع	
۱۹	نظری مقاومت برشی خاکهای غیر اشباع	
۲۱	روشها و تجهیزات اندازه‌گیری پارامترهای مقاومت برشی	
۲۳	شناسایی رفتار مقاومت برشی و تغییر حجمی خاکهای غیر اشباع در بارگذاری دینامیکی	
۲۵	مدلهای رفتاری در خاکهای غیر اشباع (سطوح حالت، مدل‌های الاستوپلاستیک با متغیرهای تنش خالص و مکش (BBM)، و مدل‌های الاستوپلاستیک پیشرفته)	
۲۸	مدلسازی عددی در خاکهای غیر اشباع (آشنایی با نرم‌افزارها)	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مکانیک محیط‌های متخلخل (CE5220) Pouros Media Mechanics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تاریخچه، لزوم، مفاهیم و تعاریف اولیه	
۲	مروری بر جبر تانسوری	
۳	سینماتیک فازهای مختلف در توصیف‌های مادی و فضایی	
۵	تانسورهای کرنش	
۶	فرمول بندی انواع مشتقات مادی در توصیف‌های مادی و فضایی	
۹	فرمول بندی اصل بقا جرم و قانون جریان	
۱۰	فرمول بندی اصول بقا اندازه حرکت و معادلات تعادل	
۱۲	مفاهیم متفاوت تانسور تنش	
۱۳	فرمول بندی اصل کار مجازی حاکم بر محیط	
۱۴	فرمول بندی اصل اول ترمودینامیک	
۱۶	فرمول بندی اصل دوم ترمودینامیک	
۱۹	استخراج معادله‌ی حاکم بر فشار آب جفرهای	
۲۱	جمع بندی معادلات حاکم بر تعادل دینامیکی محیط متخلخل اشباع	
۲۲	انتشار امواج در محیط متخلخل اشباع	
۲۴	بحث و بررسی اصل تنش مؤثر ترزاقی	



	فرمول‌بندی‌های تقریبی حاکم بر محیط متخلخل اشباع	۲۵
	مقدمه‌ای بر تحلیل عددی محیط متخلخل اشباع	۲۶



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مبانی مدل‌سازی فیزیکی (CE5221) Physical Modelling	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	معرفی و مفاهیم پایه مدل‌سازی	
۲	بررسی تحلیل ابعادی و قوانین مدل‌سازی	
۳	بررسی انواع روش‌های مدل‌سازی فیزیکی و مقایسه آنها	
۴	اصول مدل‌سازی فیزیکی در سانتیفریوز (بزرگداری) - نحوه مدل‌سازی و آماده سازی مدل -	
۵	اصول مدل‌سازی فیزیکی 1-g	
۶	اصول مدل‌سازی فیزیکی در میز لرزه	
۷	بررسی اندرکنش خاک و سازه در مدل‌های فیزیکی	
۸	نحوه مدل‌سازی تئوریک و مقایسه آن با مدل‌های فیزیکی	

پروژه:

در دانشکده هایی که دارای تجهیزات کارگاهی می باشند، بعضی موارد سرفصل به صورت عملی توسط دانشجویان باید انجام شود. در غیر اینصورت دانشجویان باید با روش ساخت یک مدل فیزیکی تا مرحله اجرا آشنا شوند و گزارش بررسی خود را ارائه دهند.



نام درس و تعداد واحد (نظری)	روش‌های حدی در مکانیک خاک (CE5222) Limit Analysis in Soil Mechanics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	<p>معرفی و ارائه مبانی روش آنالیز حدی طرح و بحث در مبانی پلاستیسیته در خاک (یا نگرش کاربرد در روش‌های حدی):</p> <ul style="list-style-type: none"> - سطح تسلیم - معیار تسلیم - رفتار خمیری (کامل - سخت‌شونده - نرم‌شونده) - اصل دراکر - اصل عمل - تحدب سطح تسلیم - اصل نرم‌الیته - سطح پتانسیل - قانون جریان (وابسته و غیروابسته) - میدان تنش قابل قبول - میدان سرعت قابل 	
۲	<p>روش خطوط مشخصه</p> <ul style="list-style-type: none"> - مفهوم ریاضی روش خطوط مشخصه و حل دستگاه‌های معادلات دیفرانسل با استفاده از آن‌ها - حل معادلات تعادل در خاک با استفاده از روش خطوط مشخصه تنش و ارائه مفهوم فیزیکی این خطوط - تحلیل یک یا چند مسئله پایداری و ارائه نحوه حل دستگاه معادلات خطوط مشخصه در نواحی مختلف و تحت شرایط مرزی متفاوت - معرفی روش خطوط مشخصه کرنش و راه‌حل‌های موجود مبتنی بر آن - حل ترسیمی معادلات به روش خطوط مشخصه 	
۳	<p>معرفی کاربردهای نوین روش‌های حدی در مکانیک خاک</p> <ul style="list-style-type: none"> - تحلیل عددی روش‌های مرز بالا و مرز پایین به روش اجزاء محدود - تحلیل مسائل پایداری در مصالح با قانون جریان غیر وابسته - در نظر گرفتن معیارهای تسلیم غیرخطی (تظیر هوک براون) - تحلیل مسائل پایداری در مکانیک سنگ و تونلسازی - کاربرد روش‌های حدی در خاک‌های ناهمگن - تحلیل سه بعدی مسائل پایداری - کاربرد مسائل پایداری در تحلیل‌های آماری جهت تعیین احتمال گسیختگی و قابلیت اطمینان و طراحی بر اساس عملکرد - تحلیل مسائل لرزه‌ای به روش استاتیکی - معرفی زوش سازواری (Shakedown) و کاربرد آن در مسائل لرزه‌ای 	



۳-۱۱ دروس مشترک



نام درس و تعداد واحد (نظری)	سمینار و روش تحقیق Seminar and Research Methods	۲ واحد ۳۲ ساعت
دروس پیش نیاز		
کلیات و هدف	هدف این درس آشنایی با اصول و مبانی تحقیق، روش تحقیق و همچنین نحوه ارائه مکتوب و شفاهی یافته‌های علمی می باشد. در این درس دانشجویان با حضور در کلاس با اهداف و روشهای تحقیق و همچنین روشهای جمع آوری اطلاعات آشنا می شوند. در ضمن اطلاعات گردآوری شده در یک زمینه خاص را در کلاس ارائه می کنند.	
نحوه ارائه درس	۱. دانشجویان موظف به جمع آوری اطلاعات و مرور ادبیات فنی در یک زمینه خاص و تمرین عملی بکارگیری روشهای جمع آوری اطلاعات و ارائه آنها بصورت مکتوب می باشند. ۲. ارائه یک سخنرانی علمی کوتاه توسط هر دانشجو و ارزیابی آن توسط استاد و سایر دانشجویان در برنامه کلاس گنجانده شود. ۳. تشکیل کلیه جلسات کلاس بصورت منظم مثل سایر دروس دو واحدی (۳۲ ساعته) ضروری است.	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	اصول و مبانی تحقیق - خصوصیات تحقیق (نظام یافتگی، ساده کننده، قابل بازسازی) - اهداف تحقیق (شرح، پیش بینی و بهبود پدیده ها) - انواع تحقیق و تقسیم بندی های متداول (تجربی و تحلیلی، اکتشافی و تصدیقی،...) - مراحل تحقیق (انتخاب ایده، انتخاب روش، انجام و ارائه)	



	<p>تحقیق در محیط های دانشگاهی و ارائه آن</p> <ul style="list-style-type: none"> - مقایسه تحقیق در کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری - نحوه ارائه پیشنهاد تحقیق (Proposal) - نحوه تهیه و انتشار مقالات تحقیقاتی و رده بندی مقالات - نحوه ارائه سخنرانی علمی - فصل بندی و نحوه نگارش پایان نامه - برنامه ریزی شخصی و سازمانی تحقیقات دراز مدت 	۲
	<p>یافتن اطلاعات تحقیقاتی</p> <ul style="list-style-type: none"> - نحوه استفاده سریع از کتاب و دایره المعارف - آشنایی با بانک های اطلاعاتی مقالات و پایان نامه ها - اینترنت و جستجوی اطلاعات پژوهشی در آن - سازماندهی اطلاعات جمع آوری شده - روزآمد بودن در طول دوره تحقیق 	۳
	<p>کلیات روشهای عمومی پژوهش در مهندسی عمران</p> <p>مبانی، انواع، مثال ها، اعتبار و کاربرد مقایسه ای روشهای ذیل برای حل مسائل مهندسی عمران:</p> <ul style="list-style-type: none"> - رفتارسنجی اینتیه واقعی و اندازه گیری ها (یا آمار برداری) میدانی - مدل های فیزیکی - حل های ریاضی و شبیه سازی های تحلیلی مانند مدل های عددی و آماری - مطالعه المانی (نمونه) مصالح عمرانی در آزمایشگاه 	۴



نام درس و تعداد واحد (نظری)	ریاضیات عالی مهندسی (CE4000) Advanced Engineering Mathematics	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	یادآوری از معادلات دیفرانسیل معمولی، حل معادلات به کمک بسط توانی و مروری بر مفاهیم بسط برحسب توابع متعامد و کاربرد در حل معادلات	
۲	کاربرد روش مجزاسازی متغیر جهت حل معادلات دیفرانسیل با مشتقات پاره‌ای در سیستم مختصات مختلف منحنی‌الخط	
۳	آشنایی با مفاهیم تبدیل‌های انتگرال و کاربرد آن در حل مسائل معادله دیفرانسیل با مشتقات پاره‌ای و استفاده از قضیه مانده در برآورد تبدیل‌های معکوس انتگرالی	
۴	کاربرد تبدیل Z در حل معادلات هارمونیک و بی‌هارمونیک با استفاده از کاربرد نگاشت همدیس	
۵	آنالیز تانسورها و کاربرد آن در مسائل هندسی.	
۶	آشنایی با حساب تغییرات شامل مفهوم تابع، معادله اولر- لاگرانژ، کاربرد قضیه مانده‌های وزنی و روش رابلی-زینر در حل معادلات دیفرانسیل به صورت تبدیل به معادلات جبری در حوزه یا مرز	



نام درس و تعداد واحد	روش اجزاء محدود (CE4002)	۳ واحد
(نظری)	Finite Element Method	۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	معرفی کلی روش اجزاء محدود و تقسیم بندی اولیه بر اساس نوع المان شامل: المان های مورد بحث تحلیل ماتریسی (محوری، تیر پیوسته، خرابا، شبکه، قاب)، المان های مورد استفاده در مسائل الاستیسته، خمش صفحه	
۲	معرفی روش باقیمانده وزندار و گالرکین و کاربرد آن در اجزا محدود برای حل مسائل یک بعدی	
۳	معرفی روش کارمجازی و انرژی و فرمولاسیون مسائل الاستیسته دو و سه بعدی به کمک روش های مذکور	
۴	ماتریس سختی المان های مثلثی سه گرهي (CST) برای حالات تنش و کرنش صفحه ای	
۵	ماتریس سختی المان های مثلثی منظم درجه بالاتر (LST, QST ...)	
۶	بردار نیروهای گره ای سازگار و معادل با اثر بارهای گسترده و ترکش ها برای مسائل دوبعدی	
۷	بحث در ارتباط یا برنامه نویسی برای المان های اجزاء محدود و توضیح در ارتباط با نحوه بهینه حل معادلات (تکنیک خط آسمان، Skyline solver or Active column solver)	
۸	ماتریس سختی المان های چهاروجهی ایزوپارامتریک دوبعدی شامل: المان هایی که گره های آن یک شبکه تشکیل می دهند (۹، ۱۶ و ۲۵ گره ای)، المان های سرندیپیتی (Serndipity) مانند المان ۸ گره ای و ...	
۹	ماتریس سختی المان مثلثی ایزوپارامتریک (LST و QST نامنظم)	
۱۰	توضیح درباره انتگرالگیری عددی و کاربرد آن در المان های چهار وجهی یا مثلثی شکل	
۱۱	ماتریس سختی المان های چهاروجهی ایزوپارامتریک با تعداد گره های متغیر (المانی با تعداد گره های متغیر مابین ۴-۹ برای استفاده در شبکه بندیهای نامنظم)	
۱۲	ماتریس سختی المان های جامد سه بعدی شامل: المان های آجری شکل (Brick) (المان های ۸، ۲۰، ۲۷ گرهي)، المان های هرمی شکل (Pyramid) (المان های ۴، ۱۰ و ... گرهي)، المان های گوه ای شکل (Wedge) (المان های ۶، ۱۵ و ... گرهي)	
۱۳	اثرات حرارت و نحوه اعمال آن در مسائل مرتبط با الاستیسته (بردار نیروهای سازگار گره ای معادل با حرارت در مسائل ۲ و ۳ بعدی)	
۱۴	کاربرد اجزاء محدود در مسائل میدان (Field Problems) بطور مثال: استفاده از اجزاء محدود برای حل معادلات دیفرانسیل مرتبط با معادله لاپلاس، هلمهولتز و غیره، توضیح درباره مسائل عملی مرتبط با معادلات فوق الذکر مانند محاسبه فشارهای هیدرودینامیک (Hydrodynamic)، فشار منفذی (Seepage Problems) یا مسائل انتقال حرارت (Heat Equation)	
۱۵	ماتریس سختی المان های با تقارن محوری (Axi-symmetric Problems) در حالت استفاده از مثلثی یا چهاروجهی	
۱۶	مقدمه ای بر خمش صفحات و المان های محدود مربوط به آن	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مکانیک محیط پیوسته (CE4116) Continuum Mechanics	۳ واحد
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	۴۸ ساعت

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تانسور تبدیل بردارهای پایه تانسور، حساب تانسور، مقادیر اصلی و جهات اصلی، قضیه Cayley-Hamilton	
۲	سینماتیک محیط پیوسته بیان مادی، بیان فضایی، بیان نسبی، نرخ زمانی مادی، نرخ تغییر شکل، نرخ چرخش	
۳	کرنش و تغییر شکل محدود، گرادینان جابجایی، بیان لاگرانژی، بیان اویلری، کشیدگی، تغییر زاویه، تغییر جهت، تغییر حجم، تغییر سطح، تانسورهای تغییر شکل راست و چپ، تانسورهای کشیدگی و چرخش، نرخ تغییرات تانسورهای کشیدگی و چرخش، سازگاری کرنشها.	
۴	بقای جرم و معادلات پیوستگی، معادلات پیوستگی، بیان مادی شرایط پیوستگی، مشتق مادی انتگرالهای حجمی	
۵	تنش و اصول ممتوم: تنش Cauchy، تنش کوبلی، تنش‌های اول و دوم Piola-Kirchhoff، انواع تنش‌ها و کرنش‌های مزدوج و ارتباط آنها، معادلات حرکت و تعادل	
۶	قوانین انرژی برای محیط پیوسته، قانون اول ترمودینامیک برای محیط پیوسته، توان تنش، انرژی داخلی، انرژی و قانون دوم ترمودینامیک، فرایندهای بازگشت‌پذیر و بازگشت‌ناپذیر، متغیرها و توابع حالت، انرژی آزاد Helmholtz، انتالپی، تابع Gibbs، تابع زوال	
۷	قوانین اساسی متشکله مواد، تانسورهای ایزوتروپیک، تغییر دستگاه مرجع و تبدیل حادثه، بردار و تانسور، عینیت، مشتقات عینی Jaumann و سایرین، تفکیک تغییرشکلهای الاستیک و غیر الاستیک.	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	مکانیک شکست (CE5006) Fracture Mechanics	۳ واحد
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	۴۸ ساعت

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه و آشنایی	
۲	ترک ریاضی در حوزه محیط الاستیک خطی : الف- ضریب شدت تنش (Stress Intensity Factor) در هندسه‌ی دوبعدی- تغییر شکل در صفحه (In-Plane Deformation) - Mode I - متقارن (Systemtric) ترک بازشونده- Mode II - پاد متقارن (Antisymmetric) ترک لغزنده- تغییر شکل خارج از صفحه (Anti-Plane Strain) - Mode III - ترک پاره شونده- جابه‌جایی لبه‌های ترک و محاسبه تغییر شکل‌ها- حل مسائل ترک با استفاده از روش متغیر مختلط (Complex variables)	
۳	مکانیک شکست الاستیک خطی (LEFM) Linear Elastic Fracture Mechanics : طاقث شکست (Fracture Toughness) ، نرخ رهایی انرژی، انرژی شکست (Fracture Energy) مد مرکب، معیار گسترش ترک، معیار مسیریابی گسترش ترک، رقابت ترک‌ها، انشقاق (Bifurcation)	
۴	مکانیک شکست الاستیک- J-integral و روشهای انرژی	
۵	رفتار پلاستیک در حول نوک ترک (مواد شکل‌پذیر)، هندسه و اندازه ناحیه پلاستیک- مدل Dugdale، کاربرد J-integral و معیار شکست، مدل‌های براساس تئوری پلاستیسیته	
۶	مکانیک شکست مواد نیمه ترد، ناحیه فرایند شکست (Fracture Process Zone) نرم شدن تنش، مدل‌های پیوسته معادل، مدل‌های الاستیک معادل، معیار بازشدگی بحرانی، روش منحنی مقاومت (R-curve)	
۷	مکانیک شکست محاسباتی، المانهای محدود ویژه برای اطراف نوک ترک، روشهای محاسبه ضرایب شدت تنش، نرخ رهایی انرژی، انتگرال J و مسیر ترک، روش المانهای مرزی، و روش گالرکین.	
۸	خستگی ترک- قانون پاریس و بار با دامنه متغیر	
۹	دینامیک گسترش ترک- شدت ترک دینامیکی، بازداشت ترک	
۱۰	موارد کاربرد- فلزات، سرامیکها، پلیمرها، سنگ، استخراج معادن، سازه‌های بتنی، سد، مخازن، سازه‌ها و اتصالات فولادی، شکست گسلها، شکست استخوان، مقیاس نانو	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	اجزا محدود پیشرفته (غیر خطی) (CE5000) Advanced Finite Element	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	تقسیم بندی انواع غیرخطی سازه به صورت هندسی و مصالح	
۲	مقدمه‌ای بر روابط تنش و کرنش مصالح در ناحیه خطی	
۳	فرمول بندی روابط تنش و کرنش مصالح در ناحیه غیرخطی	
۴	فرمول بندی اجزای محدود در آنالیز غیرخطی هندسی	
۵	فرمول بندی ماتریس سختی سخت‌شوندگی در اثر تنش تیروی محوری	
۶	فرمول بندی اجزای محدود در ناحیه غیرخطی مصالح	
۷	فرمول بندی حل متواتر در المان محدود و معیارهای همگرایی حل عددی	



۲ واحد ۳۲ ساعت	روش اجزا مرزی (CE5002) Boundary Element Method	نام درس و تعداد واحد (نظری)
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		روش ارزشیابی

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مفهوم تابع گرین و استفاده از آن در روش باقیمانده‌های وزنی و مقایسه مفهوم / اجزاء مرزی و اجزاء محدود	
۲	مفهوم فرمول‌سازی مستقیم و غیرمستقیم انتگرال مرزی	
۳	تابع گرین مسائل ازجای دو بعدی و سه بعدی و حل آن براساس فرمول‌سازی مستقیم و غیرمستقیم	
۴	حل مسائل دارای گوشه‌های تیز به کمک اجزاء مرزی	
۵	حل مسائل الاستودینامیک در حوزه تواتری و زمانی به کمک اجزاء مرزی	
۶	حل مسائل خمش صفحات و تعیین مقادیر ویژه آنها	
۷	حل مسائل ژئوتکنیکی به روش اجزاء مرزی	
۸	کاربرد روش اجزاء مرزی در حل مسائل الاستو- پلاستیک	
۹	ترکیب روش اجزاء مرزی و اجزاء محدود و فرمول‌بندی آنها	
۱۰	کاربرد نرم افزارهای مناسب	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	ارتعاشات تصادفی (CE5001) Random Vibrations	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	<ul style="list-style-type: none"> مقدمه‌ای بر بارگذاری سازه‌ها با ماهیت تصادفی ○ ضرورت مطالعه ارتعاش تصادفی ○ ساختار مدل‌های احتمالاتی ○ فرآیندهای تصادفی، تئوری احتمالاتی و آماری 	
۲	<ul style="list-style-type: none"> تحلیل فرآیندهای تصادفی ○ متغیرهای تصادفی و توابع توزیع احتمالاتی ○ تخمین میانگین و واریانس پارامترهای تصادفی ○ تعاریف: مانایی، تکسائی، حد، مشتق و انتگرال فرآیندهای تصادفی 	
۳	<ul style="list-style-type: none"> مدلهای تصادفی از پدیده‌های فیزیکی ○ شتاب زمین ناشی از ارتعاش زلزله ○ اثرات دینامیکی بر روی سازه‌ها ○ اثر نیروهای امواج دریا بر روی سازه‌های فراساحلی 	
۴	<ul style="list-style-type: none"> تحلیل دینامیک تصادفی در حوزه زمان ○ ارزیابی توابع پاسخ دینامیکی ○ ارتعاشات دینامیک ضربه‌ای(آنی) ○ پاسخ سیستم تک‌درجه خطی به دینامیک تصادفی 	
۵	<ul style="list-style-type: none"> تحلیل دینامیک تصادفی در حوزه فرکانس ○ توابع چگالی طیفی برای فرآیندهای تصادفی ○ فرآیندهای با ماهیت باند باریک تا باند پهن و نوفه سفید ○ دینامیک تصادفی سیستم‌های خطی و توابع تبدیل آنها ○ پاسخ سیستم یک درجه خطی در حوزه فرکانس 	
۶	<ul style="list-style-type: none"> تحلیل ماتریسی دینامیک تصادفی، ورودی و خروجی چندگانه ○ تحلیل سیستم چند درجه آزادی در حوزه زمان ○ تحلیل سیستم چند درجه آزادی در حوزه فرکانس ○ فرمول‌بندی فضای حالت در معادله دینامیکی حاکم با نگرش تصادفی 	
۷	<ul style="list-style-type: none"> مقدمه‌ای بر پردازش سیگنال ○ اصلاح خط مبنا و جداسازی و جداسازی سیگنال از اغتشاشات در شتابنگاشتها ○ بکارگیری لیوینو و متلب در جداسازی دیجیتال سیگنالها 	
۸	<ul style="list-style-type: none"> تخمین دقت اندازه‌گیری ○ تحلیل طیفی و واریانس اندازه‌گیرها ○ مزوری بر خطاهای اندازه‌گیری 	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	محاسبات نرم (CE4001) Soft Computation	۳ واحد ۴۸ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

توضیح: هدف این درس آشنایی با مبانی روشهای بهینه سازی تکاملی و مشخصاً الگوریتم ژنتیک، تئوری مجموعه های فازی و شبکه های عصبی مصنوعی و کاربردهای این روشها در مهندسی عمران است.
سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مقدمه‌ای بر مفهوم محاسبه دقیق، مفهوم الگوریتم، تفکیک محاسبات نرم از محاسبات دقیق	
۲	مقدمه‌ای بر مفهوم یادگیری و ارتباط آن با طبقه‌بندی داده‌ها، روش‌های مختلف طبقه‌بندی داده‌ها	
۳	مقدمه‌ای بر بهینه‌سازی کلاسیک و الگوریتم جستجو، مقدمه‌ای بر نظریه زنجیرهای مارکوف مستقل از وابسته به زمان	
	الگوریتم ژنتیک - Genetic Algorithm-GA	
۴	معرفی کلی از روشهای بهینه سازی تکاملی (الگوریتم تیرید شبیه‌سازی شده SA، الگوریتم PSO، الگوریتم ژنتیک، GA، تحلیل نظریه آن‌ها)	
۵	الگوریتم ژنتیک (مفاهیم پایه در الگوریتم ژنتیک، کدگذاری متغیرهای تصمیم، تابع ارزیابی و مشخصات آن، عملگرهای الگوریتم ژنتیک)	
۶	مدلسازی ژنتیک (عملگرهای الگوریتم ژنتیک، مدلسازی ژنتیک، روشهای بهینه سازی چند هدفه در الگوریتم ژنتیک)	
	تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی Fuzzy Logic	
۷	مفاهیم پایه در تئوری منطق فازی (مقایسه مجموعه های فازی و کلاسیک، عملگرهای فازی، روابط فازی، روشهای غیرفازی ساز)	
۸	سیستم های استنتاج فازی (FIS)	
۹	خوشه بندی فازی، رگرسیون فازی، تصمیم گیری فازی	
	شبکه های عصبی مصنوعی ANN - Artificial Neural Network	
۱۰	مبانی شبکه‌های عصبی مصنوعی (مفاهیم اولیه، نرون ها و ارتباطات آنها، انواع توابع محرک، معماری شبکه و ارتباط بین نرونها، مراحل آموزش و آزمایش و آزمون شبکه، بهینه سازی شبکه)	
۱۱	مباحث شبکه های عصبی (نورون خطی، تحقق توابع خطی با شبکه های عصبی خطی، مدلسازی خطی فرایندها با تاکید بر تاخیر در ورودیها و خروجی ها)	
۱۲	قضیه تقریب عمومی، تقریب توابع غیر خطی یا شبکه های عصبی، مقدمه ای بر مدلسازی فرایندهای غیر خطی با شبکه عصبی	
۱۳	شبکه‌های عصبی مصنوعی توسعه یافته (معماری شبکه های ساده، معرفی انواع ساختارهای کنترل کننده های عصبی مانند کنترل پیشخور و کنترل پس‌خور، شبکه پس انتشار خطا، شبکه پرسپترون چند لایه MLP، شبکه های زمانی)	



	شبکه های آماری (GRNN ...)	
	سیستمهای تلفیقی <i>Hybrid Systems</i>	
	الگوریتم های تکاملی (انواع مختلف ، الگوریتم های تکامل ترکیبی، گستردهای ترکیبات و کاربرد آنها در تحلیل الگوریتم های تکاملی و جستجوی هوشمند)	۱۴
	سیستمهای عصبی فازی (ANFIS) و طراحی کنترل کننده فازی به کمک شبکه عصبی	۱۵

ملاحظات کلی: ارائه درس همراه با مروری بر نمونه های کاربرد تئوری های الگوریتم زنتیک و مجموعه های فازی و شبکه های عصبی مصنوعی و سیستمهای تلفیقی در زمینه های مختلف مهندسی عمران و انجام پروژه در این خصوص توصیه میشود



۲ واحد	روش اجزای مجزا (CE5004) Discrete Element Method	نام درس و تعداد واحد (نظری)
۳۲ ساعت	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	روش ارزشیابی

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	کلیات - کلیاتی از روش‌های عددی در تحلیل محیط‌های پیوسته - روش تفاوت‌های محدود و ...	
۲	مطالعه رفتار تماسی دو جسم - آشنایی با ماهیت و مدل‌های ویسکوالاستیک محیط‌های پیوسته - بررسی تماس دو جسم مجزا - مدل‌سازی رفتار ارتجاعی بین المان‌ها - مدل‌سازی ویسکوزیته بین المان‌ها	
۳	اصول و مبانی روش تحلیل اجزاء مجزا - خلاصه‌ای از روش دینامیک مولکول در فیزیک - روش اجزاء مجزا و انواع آن - انواع المان‌ها و مدل‌سازی رفتار آنها - مدل‌های تکیه‌گاهها - مدل‌های بارگذاری - تعیین گام زمانی تحلیل - الگوریتم محاسباتی	
۴	مطالعه پارامتریک - اثر شکل المان‌ها - اثر اندازه المان‌ها - اثر گام زمانی - اثر سرعت بارگذاری	
۵	کاربرد: - کاربرد روش اجزای مجزا در مکانیک سنگ - کاربرد روش اجزای مجزا در مکانیک خاک - کاربرد روش اجزای مجزا در سازه‌های آجری - کاربرد روش اجزای مجزا در سازه‌های بتنی - کاربرد روش اجزای مجزا در سازه‌های فولادی	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	پردازش سیگنال (CE5005) Signal processing	۲ واحد ۳۲ ساعت
روش ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	آشنایی با دستگاه‌های شنابنگاری و لرزه‌نگاری- آشنایی با شبکه‌های شنابنگاری و لرزه‌نگاری کشور و جهان- آشنایی با بانکهای شنابنگاری	
۲	سیگنالهای در فضای زمانی- آشنایی با سیگنالهای آنالوگ، زمان گسسته و دیجیتال- خصوصیات سیگنالها در فضای زمانی (علیت، حافظه و ...) - آشنایی با سیستم‌های خطی و خصوصیات آنها- مفهوم کانولوشن و کاربردهای آن	
۳	تبدیل فوریه (سیگنالهای با زمان پیوسته- سیگنالهای با زمان گسسته)- سیستم‌های خطی در فضای فوریه- کانولوشن در فضای فوریه	
۴	نمونه‌برداری- قضیه نمونه‌برداری- پدیده تداخل فرکانسی- نقش نمونه‌برداری در کاربردهای مهندسی (زلزله- پایش سلامت سازه - انفجار) - نمونه‌برداری در فضای فوریه	
۵	آشنایی با فیلترهای دیجیتال- فیلترهای با فاز خطی و غیرخطی و اثر آن در کاربردهای مهندسی زلزله	
۶	روشهای تجزیه و تحلیل رکوردهای جنبش نیرومند زمین- تصحیح دستگاهی- تصحیح خط پایه (شنابنگاشتهای میدان دور- شنابنگاشتهای میدان نزدیک)- حذف توفه	
۷	روشهای تهیه شنابنگاشت منطبق بر طیف (فضای زمانی- فضای فرکانسی)	



نام درس به فارسی	آمار و احتمالات پیشرفته (CE5008)	۳ واحد
روش ارزشیابی	Advanced Statistics	۴۸ ساعت
آزمون نهایی، آزمون نوشتاری		

سر فصل :

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
۱	مروری بر نظریه احتمال - متغیرهای تصادفی، تابع چگالی، توزیع یک بعد و چند بعدی جدا و بیوسته	
۲	توزیعهای مهم جدا و بیوسته نظیر دو جمله ای، پواسن، هندسی، فوق هندسی دوجمله ای منفی، نمایی، نرمال، گاما، بتا، وایبل و سایر توزیعهای جدا و بیوسته مهم	
۳	سیستمهای صف و انواع آن: ویژگیها، ورود، حجم سیستم فرآیند ورود، رفتار و دیسپلین زمان سرویس و مکانیسم آن، حالت پایداری.	
۴	رفتار سیستمهای صف در طولانی مدت، زمان انتظار، سرویس، مطلوبیت و هزینه، رفتار در حالات پایداری با ورودیهای نامحدود، مدل‌های مارکوف، صفهای تک سرویسی، چند سرویسی و سایر حالات	
۵	مدلهای ریاضی و آماری و شبیه سازی سیستمهای ترافیک: جمع آوری و اطلاعات توزیع تجربی، فرض برای توزیع نظری و برآورد پارامترها، آزمون نکویی برازش برای هماهنگی توزیع نظری و تجربی، گای اسکور، کولموگروف و اسمیرنوف.	
۶	سیستمهای پیچیده ترافیکی و رگرسیون خطی - چند متغیبری و شبیه سازی آنها (تولید متغیرهای تصادفی با روش های مختلف از توزیع های مختلف نظیر یکنواخت، نمایی، نرمال، گاما و ... در حالت های یک بعدی و دو بعدی و انطباق و کاربرد آنها برای شبیه سازی سیستمهای ترافیک و)	
۷	معرفی و کاربرد نرم افزارهای شبیه سازی سیستمهای ترافیکی و رگرسیون خطی - چند متغیبری	
۸	کنترل کیفیت در سیستمهای ترافیک: سیستمهای سری و موازی و مختلط، مدل‌های خرابی سیستم، زمان خرابی سیستم، فرض های آماری برای کنترل کیفیت سیستم و تامین نیاز و موجودی برای نجات سیستم در حالات مختلف	
۹	روش های بهینه سازی در سیستمهای ترافیک: شهری، بین شهری، هوایی، دریایی، تلفن و ...	



نام درس و تعداد واحد (نظری)	کاربرد GIS و RS در مهندسی عمران و آزمایشگاه (CE4010) RS and GIS Application in Civil Engineering (Water Resources) & Laboratory	۳ واحد ۴۸ ساعت
روشن ارزشیابی	آزمون نهایی، آزمون نوشتاری	

سرفصل:

ردیف	مباحث	تعداد جلسات
	سنجش از دور (RS)	
۱	کلیات سنجش از دور (مقدمه، تاریخچه سنجش از دور، اجزای مدل دور سنجی، مفاهیم بنیادی سنجش از دور)	
۲	فیزیک سنجش از دور (ویژگی های طیف الکترو مغناطیس، تعامل انرژی خورشیدی با اتمسفر و زمین)	
۳	ماهواره ها و سنجنده ها (انواع ماهواره ها و سنجنده ها، ویژگی های سنجنده های زمینی)	
۴	ویژگی های تصاویر ماهواره ای (ساختار تصاویر ماهواره ای، انواع تفکیک در تصاویر ماهواره ای)	
۵	فرایندهای اصلی پردازش رقومی تصاویر ماهواره ای (بیش پردازش، بازسازی، طبقه بندی و پس پردازش)	
۶	روش های تصحیح خطاها (رادومتریک و هندسی تصاویر ماهواره ای) و روش های بازسازی تصاویر ماهواره ای (بسط کتراست، فیلترینگ، نسبت گیری طیفی، تجزیه به مولفه های اصلی)	
۷	روش های کلاسیک طبقه بندی تصاویر ماهواره ای (طبقه بندی نظارت نشده و نظارت شده، نمونه گیری، ارزیابی صحت طبقه بندی، بر آورد ماتریس خطا، محاسبه ضریب کاپا)	
۸	کاربرد سنجش از دور در شناسایی سطوح و پوشش آنها (جنس زمین، سطوح آب، همواری سطوح، مشخصات پوشش گیاهی، سطح برف و یخ)	
۹	اجرای پروژه	
	سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)	
۹	کلیات سیستم اطلاعات جغرافیایی (تعاریف، اجزاء، آشنائی با ساختار داده های مکانی، داده های برداری، شبکه ای)	
۱۰	آشنائی با داده های توصیفی و کاربرد آن ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی (انواع جداول توصیفی، نحوه تولید و ویرایش آن ها، انواع ارتباط جداول، نحوه اتصال آن ها به یکدیگر و به داده های مکانی)	
۱۱	رقومی سازی داده های برداری (زمین مرجع نمودن نقشه ها، رقومی سازی و ویرایش انواع داده ها ...)	
۱۲	تجزیه و تحلیل داده های مکانی برداری (یکپارچه سازی، جداسازی، ادغام، اتصال، یکسان سازی موضوعی، جریم یابی، تولید چند ضلعی های تپسن)	
۱۳	مدل رقومی زمین (ساختار مدل رقومی زمین، کاربرد مدل در تهیه نقشه های شیب، وجه شیب، هیپسومتری، نقشه های سایه و روشن، مدل های هیدرولوژیکی، تهیه نقشه حوضه آبریز، استخراج شبکه آبراه های حوضه، ترسیم میدان دید، تعیین حجم و سطح خاکبرداری و خاکریزی)	
۱۴	تجزیه و تحلیل داده های شبکه ای (مفاهیم اولیه، آشنائی با کار برخی از عملگرها و توابع محاسباتی)	
۱۵	آماده سازی نقشه ها به منظور تهیه خروجی (نماد سازی کارنوگرافیک، عوارض مکانی، استفاده از رنگ، تولید و ...)	



	تنظیم عناصر نقشه نظیر شبکه مختصاتی، راهنما، مقیاس و ...)	
۱۶	تعریف داده های عمرانی (داده های مسیر رودخانه و جاده، داده های سطوح طبیعی بیابان و کوه و جنگل، داده های سطوح آب دریاچه و دریا، داده های شهری)	
*	اجرای پروژه	

