



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 برنامه ریزی 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 دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم الاجرا است:

الف) دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اداره می شوند.

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

**ماده ۲:** این برنامه بازنگری شده از تاریخ ۹۲/۳/۲۶ جایگزین برنامه های درسی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی عمران - محیط زیست مصوب دویست و پنجاه و ششمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۲/۲/۵ و سازه، سازه های هیدرولیکی، آب، مکانیک خاک و پی، برنامه ریزی حمل و نقل و مهندسی راه و ترابری مصوب سیصد و شصت و هفتمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۷/۱۰/۶ و زلزله مصوب مصوب سیصد و هشتاد و چهارمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۸/۲۳، و مهندسی مدیریت ساخت مصوب سیصد و نودمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۱۲/۱۵ و مهندسی سازه های دریایی مصوب سیصد و هشتاد و چهارمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۸/۸/۲۳ و مهندسی رودخانه مصوب چهارصدمین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۹/۷/۱۰ و مهندسی عمران - آب وفاضلاب مصوب سیصد و چهل سومین جلسه شورای برنامه ریزی آموزش عالی مورخ ۷۶/۴/۸ و دکتری مهندسی عمران مصوب پانصد و هشتاد و نهمین جلسه شورای برنامه ریزی 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 می شوند، لازم الاجرا 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 دانشگاه ها و موسسات آموزش عالی ابلاغ می شود.

رأی صادره هشتصد و سی و چهارمین جلسه شورای برنامه ریزی 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 برنامه ریزی 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 برنامه ریزی آموزش عالی



سعید قدیمی

دبیر شورای برنامه ریزی 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 خودداری 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 پروژه های 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



## ۱۰-۲ کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست

### واحدهای درسی (۳۲ واحد)

| ردیف | نوع واحد           | تعداد واحد | ملاحظات  |
|------|--------------------|------------|--|
| ۱    | درس اجباری         | ۱۲         | بر اساس جدول ۲-۱۹ لیست دروس اجباری اختیار شود. |
| ۲    | درس اختیاری        | ۱۲         | بر اساس جدول ۲-۲۰ لیست دروس اختیاری اخذ شود.   |
| ۳    | سمینار و روش تحقیق | ۲          |  |
| ۴    | پایان نامه         | ۶          |  |

### جدول ۲-۱۹

#### دروس اجباری - مهندسی محیط زیست

| ردیف | نام درس  | تعداد واحد |
|------|--|------------|
| ۱    | مبانی انتقال و انتشار و مدلسازی آلاینده ها CE4901  | ۳          |
| ۲    | اصول مهندسی تصفیه آب و فاضلاب CE4902   | ۳          |
| ۳    | گذراندن دو درس از سه درس زیر:<br>اصول مهندسی و مدیریت پسماند CE4903<br>اصول مهندسی آلودگی هوا CE4904<br>توسعه پایدار و مدیریت محیط زیست CE4905 | ۳          |



جدول ۲-۲۰

دروس اختیاری- مهندسی محیط زیست

| ردیف | مجموعه الف   | مجموعه ب                                       | مجموعه ج                                | مجموعه د   | مجموعه هـ   | مجموعه و                                       |
|------|--|--|---|--|---|--|
|      | مبانی ریاضی و محاسباتی                             | منابع آب (سطحی و زیر زمینی)                    | آب و فاضلاب                             | خاک و پسماند                                     | هوا و صدا   | مدیریت محیط زیست                               |
| ۱    | روش های عددی در مهندسی محیط زیست CE4911            | مدیریت کیفیت منابع آب CE4915                   | آب و فاضلاب پیشرفته CE4920              | ژئوتکنیک زیست محیطی CE4209                       | سنجش، پایش و ارزیابی آلودگی هوا CE4935            | شناخت برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست CE4941    |
| ۲    | محاسبات نرم CE4001                                 | مهندسی محیط زیست دریایی CE4916                 | طراحی تصفیه خانه های آب و فاضلاب CE4921 | مهندسی، مدیریت و برداروش و بازیافت پسماند CE4931 | مدلسازی جریان و آلودگی هوا CE4936                 | ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح های عمرانی CE4942 |
| ۳    | آمار و احتمالات پیشرفته CE5008                     | مدلسازی جریان و آلودگی آب های سطحی CE4917      | طراحی شبکه های آب و فاضلاب CE4922       | مهار زیاله و فناوری بازیابی (۲ واحد) CE5210      | آلودگی صوتی و کنترل آن CE4937                     | مبانی طراحی توسعه پایدار CE4943                |
| ۴    | هیدروانفورماتیک CE4704                             | مدل سازی جریان و آلودگی آب های زیرزمینی CE4918 | آزمایشگاه محیط زیست (۱ واحد) CE4923     | طراحی مدفن زیاله (۲ واحد) CE5211                 | هواشناسی و تغییر اقلیم CE4938                     |  |
| ۵    | کاربرد GIS و RS در مهندسی عمران و آزمایشگاه CE4010 | هیدرولیک پیشرفته CE4601                        | بازیافت و بازاستفاده پساب CE4924        |  | کنترل نشر آلاینده ها از منابع ساکن و متحرک CE4939 |  |
| ۶    | ریاضیات عالی مهندسی CE4000                         | هیدرولوژی مهندسی پیشرفته CE4701                | بیوتکنولوژی محیط زیست CE4925            |  |   |  |

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



۳-۱۰ مهندسی محیط زیست



|                   |  |                                |
|-------------------|--|--------------------------------|
| ۳ واحد<br>۴۸ ساعت | میانی انتقال و انتشار و مدلسازی آلاینده ها (CE4901)<br>Fundamentals of Advection and Diffusion and<br>Pollution Modeling | نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) |
|                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   | روش ارزشیابی                   |

سرفصل:

| تعداد جلسات | مباحث   | ردیف |
|-------------|---|------|
|             | رفتار پدیده های انتقال و انتشار در محیط (سیال هم فاز، غیر هم فاز، ذرات) | ۱    |
|             | جابجایی <sup>۰</sup> مواد (محلول، روغن، رسوب) در آب                     | ۲    |
|             | جابجایی مواد (محلول، نامحلول) در خاک و آب زیر زمینی                     | ۳    |
|             | جابجایی مواد (دود، گرد و غبار) در هوا                                   | ۴    |
|             | اشاره به فرآیندهای همراه با جابجایی (فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی)        | ۵    |
|             | بررسی معادلات تعادل جرم و معادلات جریان                                 | ۶    |
|             | بررسی معادلات جابجایی   | ۷    |
|             | حل تحلیلی یک بعدی معادله جابجایی (منبع نقطه ای، منبع خطی، تلفیق منابع)  | ۸    |
|             | آشنایی با روشهای عددی   | ۹    |
|             | منقطع سازی و حل معادلات یک بعدی انتشار خالص، انتقال خالص و جابجایی      | ۱۰   |
|             | اشاره به نکات مربوط به حل عددی دو بعدی و سه بعدی معادله جابجایی         | ۱۱   |
|             | اشاره به مدلها و نکات مدلسازی جابجایی در آبهای سطحی                     | ۱۲   |
|             | اشاره به مدلها و نکات مدلسازی جابجایی در خاک و آبهای زیرزمینی           | ۱۳   |
|             | اشاره به مدلها و نکات مدلسازی جابجایی در هوا                            | ۱۴   |

۰- جابجایی - انتقال - انتشار





|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول مهندسی تصفیه آب و فاضلاب (CE4902)<br>Basics of Water and Wastewater Treatment | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| تعداد<br>جلسات | مباحث  | ۳  |
|----------------|--|----|
|                | <b>تصفیه آب</b>  |    |
|                | مروری بر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه آب  | ۱  |
|                | کیفیت آب، استانداردهای کیفی آب، اهداف و روشهای متداول تصفیه آب   | ۲  |
|                | هواهی: تعریف، کاربرد، انواع سیستمهای هواهی متداول  | ۳  |
|                | ته نشینی: تعریف، کاربرد، انواع حوضچه های ته نشینی و ته نشینی به کمک مواد شیمیایی شامل تعریف، کاربرد، انعقاد، اختلاط و...   | ۴  |
|                | سختی گیری: تعریف، کاربرد، انواع فرایندهای سختی گیری  | ۵  |
|                | راکتور های بی هوازی تصفیه فاضلاب   | ۶  |
|                | تصفیه نهایی: گندزدائی، حذف ازت و فسفر، زدایش مواد معلق و تخم انکلی، زدایش مواد غیر قابل تجزیه بیولوژیکی  | ۷  |
|                | تصفیه لجن مازاد: محاسبه مقدار لجن مازاد، تغلیظ، هضم، آبیگری و دفع آن   | ۸  |
|                | اجزای تصفیه خانه های آب (اجزای تصفیه خانه ها، اصول انتخاب فرایندهای مناسب تصفیه خانه با توجه به کیفیت آب)  | ۹  |
|                | <b>تصفیه فاضلاب</b>  |    |
|                | مروری بر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه فاضلاب  | ۱۰ |
|                | مشخصات فاضلاب شهری و مقایسه آن با فاضلابهای صنعتی، ضرورت و اهمیت تصفیه فاضلاب، پیش بینی، جمع آوری و اندازه گیری داده ها و اطلاعات مورد نیاز، منابع ایجاد فاضلاب، اهداف تصفیه، روشهای متداول تصفیه فاضلاب         | ۱۱ |
|                | تصفیه فیزیکی: آشغالگیری، متعادل سازی، دانه گیری، شناورسازی، ته نشینی (توری، انواع، عوامل موثر در ته نشینی)   | ۱۲ |
|                | تصفیه بیولوژیکی: اصول تصفیه بیولوژیکی، راکتورهای بیولوژیکی، فرایندهای بیولوژیکی، آشنایی با سیستمهای متداول تصفیه بیولوژیکی شامل: برکه طبیعت، لاکون یا هواه، لجن فعال، صافی چکنده، بستریهای چرخنده بیولوژیکی و... | ۱۳ |
|                | کنترل طعم و بو: منشأ طعم و بو، اندازه گیری و استانداردهای موجود، جلوگیری و کنترل طعم و بو  | ۱۴ |
|                | فیلتراسیون: تعریف، کاربرد، انواع روشهای متداول، صافی ماسه ای کند و تند   | ۱۵ |
|                | گندزدائی: تعریف و کاربرد، انواع روشهای متداول گندزدائی   | ۱۶ |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول مهندسی و مدیریت پسماند (CE4903)<br>Basics of Solid Waste Engineering and Management | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر مدیریت پسماند (تاریخچه و سیر تحولات، اثرات بهداشتی، قوانین، اقتصاد، عناصر موظف و پشتیبانی)   |             |
| ۲    | مبانی تولید، طبقه بندی، ترکیب و خواص (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) مواد زاید   |             |
| ۳    | مواد زاید خطرناک شهری و صنعتی  |             |
| ۴    | پارامترهای پسماند (رطوبت، دانسیته ظاهری و واقعی، اندازه ذرات، ارزش حرارتی، ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی، تراکم پذیری، تجزیه پذیری بیولوژیکی و ...)  |             |
| ۵    | تشریح مدیریت نوین پسماند (کاهش زایدات، تولید، ذخیره سازی و تفکیک از مبدا، جمع آوری، حمل و نقل، پردازش، دفع و پایش پس از دفع)   |             |
| ۶    | استفاده مجدد و بازچرخش زایدات  |             |
| ۷    | کمیوست هوازی (ویزگی کمیوست، روش‌های تولید، فرایند، پارامترهای موثر، مدیریت و تصفیه شیرابه، تجهیزات و ماشین آلات، محاسبه ابعاد محوطه تخمیر، محاسبه میزان هوای مورد نیاز)  |             |
| ۸    | کمیوست بی‌هوازی (انواع، تشریح فرایند، محاسبات میزان تولید گاز، محاسبه ابعاد راکتور)  |             |
| ۹    | سوزاندن و بازیافت انرژی (فرایند احتراق، انواع زیاله سوز، دفع خاکستر باقیمانده و ...)   |             |
| ۱۰   | زیاله سوزی (کنترل آلاینده‌های اتمسفری، محاسبه انرژی حرارتی و هوای مورد نیاز جهت احتراق)  |             |
| ۱۱   | دفن بهداشتی (الزامات و مشکلات ناشی از دفن زیاله، روش‌ها، انتخاب محل، جزئیات مدفن، اندرکنش آلاینده - خاک)   |             |
| ۱۲   | هدایت آلاینده در خاک (قوانین و روابط حاکم بر جریان، هدایت الکتریکی، بدیده الکتروکینتیک، تئوری الکترواسمز)  |             |
| ۱۳   | انتقال جرم در محیط اشباع (انتقال در اثر گرادیان غلظت، انتقال توسط گرادیان هیدرولیکی، پراکنش مکانیکی، معادله عمومی انتشار آلودگی در خاک، برآورد پارامترهای انتقال، ایزوترم های جذب، سیستم های مدلسازی انتقال آلودگی در خاک) |             |
| ۱۴   | دفن بهداشتی (عایقکاری مدفن، کاربرد ژئوسینتتیک ها، بستن مرکز دفن، پایش پس از دفن، جمع آوری و مدیریت شیرابه و گاز، محاسبه کمیت و کیفیت شیرابه و گاز)   |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | اصول مهندسی آلودگی هوا (CE4904)<br>Basics of Air Pollution Engineering | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر آلودگی هوا (تعریف آلودگی هوا، مواد تشکیل‌دهنده جو، طبقه‌بندی عمومی آلاینده‌های هوا، تاریخچه آلودگی هوا، حوادث آن و برنامه‌های کنترلی)  |             |
| ۲    | منابع تولید آلودگی هوا (منابع طبیعی و منابع انسان‌ساخت شامل منابع ساکن و متحرک)  |             |
| ۳    | قوانین و استانداردهای آلودگی هوا (ساختار قوانین آلودگی هوا، نگرش‌های کنترلی در قوانین آلودگی هوا، استانداردهای کیفیت هوای آزاد، استانداردهای منابع انتشار ثابت، استانداردهای منابع انتشار متحرک)                   |             |
| ۴    | اندازه‌گیری و سنجش آلاینده‌های هوا (نمونه معرف، تعیین غلظت، متوسط‌گیری، روش‌های استاندارد، اندازه‌گیری دبی جریان و نمونه‌برداری ایزوکینتیک، ضرایب نشر)   |             |
| ۵    | هواشناسی آلودگی هوا (گردش عمومی جو، توازن نیروهای جوی، بادهای زمینگرد، حرکت قائم جو، پایداری جو و وارونگی، ارتفاع اختلاط، جریان باد، لایه مرزی و تلاطم جوی)  |             |
| ۶    | مدلسازی بخش و براکنش آلاینده‌های جوی (اهمیت و کاربرد مدلسازی، مدلسازی به روش جعبه‌ای (BOX MODEL)، مدلسازی به روش گاوس)   |             |
| ۷    | آلودگی هوای محیط‌های بسته (کیفیت هوا، اثرات کاری، روشهای کاهش آلودگی)  |             |
| ۸    | کنترل آلاینده‌های هوا (دیدگاه‌های اصلی کنترل آلاینده‌های هوا، اصول کلی سیستم‌های کنترل ذرات، دستگاهها و سیستم‌های کنترل ذرات، کنترل آلاینده‌های گازی)  |             |
| ۹    | اثرات آلودگی هوا بر سلامتی انسان و محیط زیست (آلاینده‌های گازی، آلاینده‌های ذره‌ای)  |             |
| ۱۰   | اثرات منطقه‌ای آلودگی هوا (۱- ریزگردها و طوفان‌های گرد و غبار شامل منابع انتشار، دلایل انتشار، تصاویر ماهواره‌ای، روش‌های کنترل و روش‌های مدلسازی -۲- باران‌های اسیدی -۳- انتقال آلاینده‌ها بین کشورها و منطقه ها) |             |
| ۱۱   | اثرات جهانی آلودگی هوا و گازهای گلخانه‌ای (گازهای گلخانه‌ای، گرمایش جهانی، تغییرات آب و هوا، مدل‌های گردش کلی جو (IGCM)، تخریب لایه ازن)   |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | توسعه پایدار و مدیریت محیط زیست (CE4905)<br>Sustainable Developments and Environmental<br>Management | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد<br>جلسات |
|------|---|----------------|
| ۱    | بررسی اهمیت و جایگاه مهندسی محیط زیست در مجموعه مهندسی عمران          |                |
| ۲    | توسعه پایدار، تعاریف، تاریخچه و شاخصها                                |                |
| ۳    | چارچوبهای تدوین شاخصهای توسعه پایدار (PSR, DPSIR)                     |                |
| ۴    | قوانین، معیارها و عهدنامه‌های مهم در زمینه حفاظت محیط زیست            |                |
| ۵    | آمایش سرزمین: مبانی، لوازم و راهکارها                                 |                |
| ۶    | مدیریت زیست محیطی منابع آب سطحی و زیرزمینی و روش‌های کنترل آلودگی     |                |
| ۷    | مدیریت زیست محیطی آب دریا و روش‌های کنترل آلودگی                      |                |
| ۸    | مدیریت زیست محیطی خاک و روش‌های بهسازی خاک‌های آلوده                  |                |
| ۹    | مدیریت زیست محیطی پسماند شهری و صنعتی و مواد زائد خطرناک              |                |
| ۱۰   | مدیریت زیست محیطی آلودگی هوا، شاخص‌ها، منابع آلاینده و روش‌های کنترل  |                |
| ۱۱   | مدیریت زیست محیطی آلودگی صوتی، شاخص‌ها، منابع آلاینده و روش‌های کنترل |                |
| ۱۲   | مدلهای شبیه‌سازی کلاسیک و نوین و ابزارکارهای موجود                    |                |
| ۱۳   | مدلهای بهینه‌سازی تک‌هدفه و چندهدفه و ابزارکارهای موجود               |                |
| ۱۴   | کاربرد نگرش سیستمی در برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های مختلف زیست‌محیطی |                |
| ۱۵   | ارزیابی، ممیزی و حسابرسی زیست محیطی                                   |                |
|      | ارائه چند مطالعه موردی  |                |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | روشهای عددی در مهندسی محیط زیست (CE4911)<br>Numerical Methods in Environmental Engineering | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
|      | بخش اول: مبانی تئوریک روشهای عددی  |             |
| ۱    | لزوم و موارد کاربرد روش های عددی و مدل سازی ریاضیدر مهندسی محیط زیست   |             |
| ۲    | تبیین مراحل مختلف مدل سازی عددی (درک فیزیک مسئله، معادله حاکم، منقطع کردن محیط فیزیکی، منقطع کردن معادلات حاکم، مراحل حل عددی، اعمال شرایط اولیه و مرزی، ارزیابی، واسنجی)                                      |             |
| ۳    | معرفی کلی روش های عددی (اختلاف محدود یا تفاضل محدود، حجم کنترل و حجم محدود، جزء محدود، جزء مرزی، روش مشخصات، روش های طیفی)   |             |
| ۴    | تبیین دقت، سازگاری، پایداری و همگرایی روش عددی   |             |
| ۵    | انواع معادلات دیفرانسیل پاره ای و طبقه بندی آنها (بیضوی، سهموی، هذلولوی)   |             |
| ۶    | شیوه های حل معادلات بیضوی (معادله لاپلاس و بواسون) سهموی (معادله انتشار) هذلولوی (معادله انتقال و معادله موج) با روش اختلاف محدود یا یکی دیگر از روش های عددی بند ۳ (که در بخش دوم کاربردهای آن گفته خواهد شد) |             |
|      | بخش دوم: کاربرد روشهای عددی در هیدرولیک محاسباتی   |             |
| ۷    | معادلات حاکم بر جریان (جریان در محیط متخلخل، جریان یک بعدی رودخانه یا سنت و نانت، جریان دوبعدی درقائم، جریان دوبعدی در پلان، جریان سه بعدی)  |             |
| ۸    | معادلات انتقال انتشار (یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی) و تبیین ترمهای معادله برای مدل سازی انواع کمیتهای (شوری، دما، مواد آلاینده محلول و مواد آلاینده نامحلول روغنی، مواد آلاینده معلق)                            |             |
| ۹    | مدلسازی توزیع پارامترهای کیفی آب و مواد آلاینده (محلول و نامحلول روغنی و معلق) در رودخانه  |             |
| ۱۰   | نکات مدل سازی تغییرات غلظت و دما و مواد آلاینده در مخزن سد   |             |
| ۱۱   | نکات مدل سازی تغییرات دما و مواد آلاینده در دریا و آبگیرهای ساحلی  |             |
| ۱۲   | مدلسازی آلودگی آبهای زیر زمینی   |             |
| ۱۳   | نکات مدل سازی آلودگی ناشی از دقن پسماند  |             |
| ۱۴   | مدلسازی توزیع پارامترهای آلاینده هوا ناشی از دودکش ها  |             |
| ۱۵   | نکات مدل سازی آلودگی هوا در فضاهای بسته و کارخانجات  |             |
| ۱۶   | نکات مدل سازی بزرگ مقیاس منطقه ای و شهری باد و آلاینده های هوا   |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مدیریت کیفیت منابع آب (CE4915)<br>Water Quality Management | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                                 |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با اصول مدیریت کیفیت آب در سیستمهای منابع آب و نحوه مدلسازی، برنامه‌ریزی و مدیریت کیفیت آب است.

سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | اهداف، مطلوبیت‌ها، محدودیت‌ها و ابزارکارها در مدیریت کیفیت آب در سیستمهای منابع آب |             |
| ۲    | مروری بر متغیرهای کیفیت آب، معیارها و استانداردهای کیفیت آب                        |             |
| ۳    | نگرشی به مدل‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی سیستمهای منابع آب                          |             |
| ۴    | مدلسازی کیفیت آب رودخانه‌ها و مرور مدل QUAL2Kw                                     |             |
| ۵    | مدل‌های برنامه‌ریزی و مدیریت کیفیت آب در رودخانه‌ها                                |             |
| ۶    | مدلسازی کیفیت آب مخازن و دریاچه‌ها   |             |
| ۷    | مدل‌های بهره‌برداری بهینه از مخازن سدها با توجه به کیفیت آب                        |             |
| ۸    | آلودگی آبهای زیرزمینی و روشهای مدیریت آن   |             |
| ۹    | بایش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی  |             |
| ۱۰   | طراحی و بهینه‌سازی سامانه‌های بایش کیفیت آب  |             |
| ۱۱   | نجات مجوزهای تخلیه بار آلودگی  |             |
| ۱۲   | روشهای تخمین جریان حداقل زیست محیطی  |             |



|                                   |  |                   |
|-----------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد<br>واحد<br>(نظری) | مهندسی محیط زیست دریایی (CE4916)<br>Marine Environmental Engineering | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                      | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

توضیح: آشنایی دانشجویان با انواع و منابع آلاینده های دریایی، اثر آلایندهها بر روی محیط زیست دریا و ساحل و روش های جلوگیری، کنترل و کاهش اثرات آلاینده ها  
سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد<br>جلسات |
|------|--|----------------|
| ۱    | تعریف آلودگی دریایی، اولویت بندی و راهکار مطالعه و ارزیابی آلودگی دریایی |                |
| ۲    | انواع، گروه بندی و منابع آلاینده های دریایی و اثرات زیست محیطی آنها      |                |
| ۳    | آلاینده های نفتی و روشهای کاهش و کنترل آن                                |                |
| ۴    | آلاینده های شیمیایی و آلاینده های بهداشتی و آلاینده های پایدار           |                |
| ۵    | منابع آلاینده حرارتی و تاثیرات آنها                                      |                |
| ۶    | آلودگی ناشی از مواد زائد جامد ورودی به دریا                              |                |
| ۷    | آلودگی ناشی از لایروبی و رسوبگذاری و توسعه طرحهای عمرانی                 |                |
| ۸    | آلودگی ناشی از تغییرات رشد جمعیت آبزیان (گاهی و حیوانی و جلبکها)         |                |
| ۹    | اولویت بندی در بررسی آلودگی دریایی                                       |                |
| ۱۰   | محدوده تاثیر آلاینده ها در مناطق دریایی و مناطق ساحلی                    |                |
| ۱۱   | مبانی و روشهای کنترل اقسام آلودگی دریایی                                 |                |
| ۱۲   | مبانی و روشهای سیستم های تخلیه فاضلاب در دریا                            |                |
| ۱۳   | مبانی و روشهای سنجش پارامترهای جریان و آلودگی های دریایی                 |                |
| ۱۴   | مدلسازی عددی آلودگی های دریایی   |                |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مدلسازی جریان و آلودگی آبهای سطحی (CE4917)<br>Surface Water Flow and Pollution Modeling | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | کلیات، مفاهیم پایه - تعاریف، منابع و مصارف آب - انواع منابع آلاینده آبهای سطحی - قوانین مرتبط با کیفیت آب و استانداردهای کیفی مصارف مختلف  |             |
| ۲    | کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب - کلاسه بندی آلاینده ها، نشانگرها و اندیس های کیفی آب - کیفیت آب طبیعی و پاسخ اکوسیستم به فشارهای کیفی - مواد سمی   |             |
| ۳    | مروری بر معادلات حاکم بر جریان - مروری بر معادلات انتقال انتشار - مروری بر مبانی مدلسازی و حل عددی معادلات   |             |
| ۴    | مبانی مدلسازی جریان آب سطحی - مدل جریان یک بعدی در رودخانه - مدل جریان دو بعدی در قائم (مخزن سد) - مدل جریان دو بعدی در پلان (آب کم عمق) - مدل جریان سه بعدی   |             |
| ۵    | مبانی مدلسازی کیفی آب سطحی - مفاهیم پایه مدلسازی ریاضی - توازن جرمی و مدل جریان ماندگار - معادله انتشار - پخش (Advection-Dispersion) - حل عددی معادله انتقال - پخش (به روش تفاضل های محدود یا روش های دیگر) - مدل سازی رسوبات چسبنده   |             |
| ۶    | مدلسازی کیفی رودخانه ها و خورها - معادلات جریان در رودخانه ها - اکسیژن محلول و مدل پایه و معادله استریتر-فلیس در رودخانه ها - حل معادله انتقال - پخش در رودخانه ها - کاربرد مدل های بهینه سازی در مدیریت کیفی رودخانه ها (تخصیص بار آلاینده) - مبانی هیدرولوژی و هیدرولیک خورها - مدل سازی کیفی خورها  |             |
| ۷    | مدلسازی کیفی دریاچه ها و مخازن - مشخصه های مخازن و دریاچه ها - دینامیک مخزن و بیلان انرژی - توزیع قائم جریان و اثر لایه بندی جریان بر کیفیت - مدل سازی کیفی مخازن و دریاچه ها  |             |
| ۸    | تغذیه گرایی (Eutrophication) و آلودگی حرارتی - تعاریف، حالت و اندکس تروفیک - عوامل موثر بر تغذیه گرایی - مدل سازی تغذیه گرایی - احیای مجدد (Rehabilitation) دریاچه ها و مخازن - اثرات حرارت بر محیط های آبی و حیات آبریان - بالانس حرارتی و ورودی ها و خروجی های حرارتی - مدل سازی حرارتی محیط های آبی |             |
| ۹    | نرم افزارهای مدل سازی کیفی آبهای سطحی - معرفی و کار عملی با یکی از نرم افزارهای شناخته شده کیفی (مثلا CE-QUAL)، مدلسازی کیفی رودخانه و مخزن با نرم افزار مربوطه  |             |
| ۱۰   | ارائه مثالها و مطالعات موردی مدلسازی جریان و کیفیت آب سطحی   |             |





|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مدل سازی جریان و آلودگی آبهای زیرزمینی (CE4918)<br><b>Groundwater Flow and Pollution Modeling</b> | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
|      | <b>جریان آب زیرزمینی</b>  |             |
| ۱    | معادله جریان آب زیرزمینی و حل تحلیلی (قانون داری و تعمیم آن، معادله جریان در آبخوان های آزاد و تحت فشار، جریان یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی، جریان شعاعی، تئوری پتانسیل و جریان های ترکیبی، اشاره به اعداد مخلط و نگاشت همدیس در حل جریان دوبعدی ماندگار)  |             |
| ۲    | اشاره به حل عددی معادله جریان آب زیرزمینی (انواع روش های عددی حل معادله دیفرانسیل جزئی آب زیرزمینی، حل عددی جریان ماندگار در آبخوان های تحت فشار و آزاد به روش تفاضل محدود، حل عددی جریان غیرماندگار در آبخوان های تحت فشار و آزاد به روش تفاضل محدود، روش اجزای محدود و کاربرد آن در حل معادلات جریان ماندگار و غیرماندگار، شیوه منقطع سازی مکانی و منقطع سازی زمانی، تعیین شرایط اولیه و شرایط مرزی سیستم)  |             |
| ۳    | مدل سازی کامپیوتری جریان آب زیرزمینی (آشنایی با نرم افزارهای شناخته شده جریان آب زیرزمینی (ازجمله MODFLOW)، اطلاعات مورد نیاز مدل سازی و منابع آنها، ساخت مدل کالیبراسیون مدل و حل معکوس (آشنایی با نرم افزارهای MODOPTIM و PEST، صحت سنجی مدل، کاربرد مدل در پیش بینی اثرات ستاریوهای آبی، کاربرد مدل در بهینه سازی بهره برداری آب زیرزمینی، نقش مدل سازی کمی در مدل سازی کیفی آب زیرزمینی)  |             |
| ۴    | شبیه سازی جریان و انتقال در ناحیه غیر اشباع (مفاهیم اولیه محیط ناحیه غیر اشباع، معادله جریان در حالت نیمه اشباع، انتقال محلول تحت جریان نیمه اشباع، کدهای عمومی مدل سازی حالت اشباع متغیر)  |             |
|      | <b>آلودگی آب زیرزمینی</b>   |             |
| ۵    | کیفیت آب زیرزمینی (کیفیت آب زیرزمینی طبیعی، معیارهای کیفیتی آب، نمونه برداری کیفی آب زیرزمینی، واکنش های شیمیایی، تعادل و واکنش کینتیک، اجزای اولیه (کلسیم، منگنز، سدیم، آهن، کربنات و بیکربنات، سولفات، کلرید، نیترات، نیلیکات)، اجزای ثانویه (فسفات، فلوراید، آرسنیک، کروم، مواد آلی)، مواد رادیواکتیو (رادیوم، اورانیوم، رادون)، ایزوتوپ های زیست محیطی و تعیین سن آبهای زیرزمینی، آنالیزهای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اجزای فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، نمایش های گرافیکی، گازهای محلول، دما، توزیع و انتقال آن در آب زیرزمینی، منابع شوری و آبهای زیرزمینی شور) |             |
| ۶    | آلودگی آب زیرزمینی (معیارها و استانداردهای کیفی آب (شرب، صنعت، کشاورزی)، آلودگی های مرتبط با استفاده های آب (شرب، صنعت و کشاورزی)، سایر عوامل آلاینده آب زیرزمینی، LNAPL و DNAPL ها، ترقیق آلودگی و مکانیسم های مرتبط)  |             |
| ۷    | معادله انتقال و انتشار آلاینده ها در آب زیر زمینی (قانون داری و انتقال انتشاری (Advective)، انتقال بخشی (Dipersive) و انتقال جرم، انتقال یا واکنش های شیمیایی، مدل های ریاضی و راه حل های تحلیلی)   |             |
| ۸    | اشاره به حل عددی معادله انتقال و انتشار (شبیه سازی انتقال Advective (روش ردیابی ذرات (Particle Tracking)، تبیین ناحیه گیرش (Capture Zone))، شبیه سازی انتقال Advective-Dipersive (روش های اولپری، لاگرانژی و ترکیبی)، شبیه سازی فرایندهای غیر تعادلی و انتقال واکنشی (Reactive)، شیوه منقطع سازی مکانی و منقطع سازی زمانی، تعیین شرایط اولیه و شرایط مرزی)  |             |



|  |   |    |
|--|---|----|
|  | <p>مدل سازی کامپیوتری انتقال و انتشار آلاینده (مدل سازی عددی و کامپیوتری، تعریف اهداف، جمع اوری اطلاعات و توسعه مدل مفهومی، ورودی ها و خروجی ها (Sinks and Sources)، پارامترهای جریان، پارامترهای انتقال، پارامترهای شیمیایی، کالیبراسیون مدل و تحلیل حساسیت، تحلیل عدم قطعیت، معرفی و کار با نرم افزار MT3DMS)</p> | ۹  |
|  | <p>شبهه سازی جریان و انتقال چگالی وابسته (معادله جریان در شرایط چگالی متغیر، معادله انتقال محلول، مراحل عمومی حل مدل، کدهای عمومی چگالی متغیر، مدل سازی نفوذ آب دریا، معرفی و کار با نرم افزار SEAWAT)</p>  | ۱۰ |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | آب و فاضلاب پیشرفته (CE4920)<br>Advanced Water and Wastewater | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                                    |                   |

سرفصل :

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
|      | <i>الف) سیستمها و تاسیسات آب و شبکه های توزیع</i>   |             |
| ۱    | محاسبه میزان تقاضا و مصرف شامل: مصارف کوتاه مدت، میان مدت، بلند مدت، ماهیت احتمالی مصرف و تقاضا، تغییرات مصرف و تقاضا در دوره های زمانی مختلف، عوامل موثر مختلف بر میزان مصرف آب  |             |
| ۲    | معرفی روشهای تحلیل شبکه (معرفی روشهای جدید حل معادلات هیدرولیکی از قبیل روش گرادیان Gradient Method - معرفت روش تحلیل هیدرولیکی مبتنی بر بر فشار Pressure Dependent Analysis)   |             |
| ۳    | معرفی آب بدون درآمد، پارامترها و عوامل موثر و راهکارهای کاهش آن و مباحث تئوریک و مدلسازی نشت  |             |
| ۴    | شناخت پارامترهای کیفی موثر، نحوه مدلسازی پارامترهای کیفی آب و انواع روشها و مدلها   |             |
| ۵    | قابلیت اطمینان، افزونگی و برگشت پذیری، تعریف، عوامل موثر، نحوه محاسبه و انواع روشهای مدلسازی Reliability, Resiliency, Vulnerability. امنیت سیستمهای آب و مدیریت بحران و ریسک در آنها  |             |
| ۶    | کالیبراسیون انواع مدلها تحلیل هیدرولیکی شبکه های آب و انواع روشهای کالیبراسیون  |             |
| ۷    | شناخت روشهای بهینه سازی شامل انواع روشهای سنتی (برنامه ریزی خطی و غیرخطی، برنامه ریزی دینامیک، برنامه ریزی عدد صحیح) و روشهای جدید جستجو (الگوریتم ژنتیک، دسته مورچگان، جستجوی ممنوعه، شبیه سازی گداخت و ...) و کاربرد آنها در سیستمها و شبکه های توزیع آب در مراحل طراحی و بهره برداری |             |
| ۸    | مانیتورینگ پارامترهای هیدرولیکی و کیفی بوسیله سیستمهای SCADA، تله متری و تله کنترل  |             |
| ۹    | مدیریت بهره برداری شبکه های آبرسانی: (مدیریت مصرف و تقاضا در شبکه های آبرسانی Demand Management) - مدیریت حوادث و مدیریت بهسازی و بازسازی لوله ها و اجزای سیستمهای آبرسانی - مدیریت فشار در شبکه های آبرسانی (Pressure Management)  |             |
| ۱۰   | مدلسازی شبکه های آبرسانی: (مدلسازی سیستمهای امور مشترکین در سیستمهای آبرسانی - آزمایشات لازم در سیستمهای آبرسانی - شاخصهای قابلیت عملکرد در شبکه های آب (Performance Indicators)  |             |
| ۱۱   | کاربردهای GIS در مدلسازی، مدیریت و بهره برداری از شبکه های آب و تلفیق آن با مدلها هیدرولیکی   |             |
| ۱۲   | آشنایی با انواع سیستمهای خیره شامل شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی و نروفازی و کاربرد آنها در مدلسازی و مدیریت سیستمهای آبرسانی (ANN, Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems)   |             |
|      | <i>ب) سیستمها، تاسیسات و شبکه های جمع آوری فاضلاب خانگی و سطحی</i>  |             |
| ۱۳   | معرفی هیدرولیک شبکه های فاضلاب و انواع روشهای حل معادلات  |             |
| ۱۴   | تعریف انواع شبکه ها در سیستمهای فاضلاب خانگی و سطحی و معرفی انواع روشهای مدلسازی  |             |
| ۱۵   | توضیحات تکمیلی در مورد بندهای ۴ تا ۱۲ برای سیستمها و شبکه های فاضلاب خانگی و سطحی   |             |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی تصفیه خانه های آب و فاضلاب (CE4921)<br>Design of Water and Wastewater Treatment | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با اصول طراحی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب می‌باشد. در این درس، مبانی طراحی واحدهای مختلف تصفیه‌خانه، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای موجود معیارهای انتخاب ساختار تصفیه‌خانه مناسب و برآورد هزینه و انجام تحلیل‌های اقتصادی برای انتخاب تصفیه‌خانه مناسب مورد بحث قرار می‌گیرد. پیش‌نیاز این درس، درس فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه آب و فاضلاب می‌باشد. بنابراین در این درس، این فرایندها به طور کلی و برای یادآوری مورد بحث قرار می‌گیرند و تأکید بر اصول طراحی واحدها می‌باشد.

سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مروری بر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی تصفیه آب و فاضلاب       |             |
| ۲    | نگرشی بر اجزای تصفیه خانه های آب و فاضلاب                              |             |
| ۳    | نگرشی بر اصول انتخاب فرایندهای مناسب با توجه به کیفیت آب یا فاضلاب خام |             |
| ۴    | طراحی واحدهای آشناگیرها - کانالهای دانه گیر - زلال‌سازها               |             |
| ۵    | طراحی واحدهای هوادهمی  |             |
| ۶    | طراحی واحدهای انعقاد و لخته سازی                                       |             |
| ۷    | طراحی واحدهای سختگیری- فیلترها   |             |
| ۸    | طراحی واحد های گندزدایی  |             |
| ۹    | طراحی سیستم لجن فعال   |             |
| ۱۰   | طراحی برکه ها و لاگونها  |             |
| ۱۱   | طراحی فیلترهای چکنده   |             |
| ۱۲   | نگرشی به دیگر روشهای تصفیه بیولوژیکی فاضلاب                            |             |
| ۱۳   | طراحی هاضمهای لجن فاضلاب   |             |
| ۱۴   | طراحی واحدهای تبادل یونی و جذب سطحی                                    |             |
| ۱۵   | برآورد هزینه در طراحی تصفیه خانه های آب و فاضلاب                       |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | طراحی شبکه های آب و فاضلاب (CE4922)<br>Design of Water and Wastewater Networks | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روشن ارزشیابی                  | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سر فصل :

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
|      | شبکه های توزیع آب   |             |
| ۱    | مروزی بر مشخصات و هیدرولیک سیستمها و شبکه های توزیع آب  |             |
| ۲    | محاسبه میزان تقاضا و مصرف برای طراحی شبکه های آب شامل (مصارف کوتاه مدت، میان مدت، بلند مدت، حداکثر مصرف روزانه و ساعتی در پایان دوره طرح، ماهیت احتمالی مصرف و تقاضا (Probabilistic Demand)، تغییرات مصرف و تقاضا در دوره های زمانی مختلف، عوامل موثر مختلف بر میزان مصرف آب، معرفی آب بحساب نیامده (Unaccounted For Water) و آب غیر درآمدزا (Non Revenue Water)، پارامترهای آنها، عوامل موثر بر آنها و راهکارهای کاهش آنها |             |
| ۳    | هیدرولیک شبکه های آب (معرفی هیدرولیک شبکه های آب و انواع روشهای دسته بندی معادلات و روشهای حل معادلات هیدرولیکی، تعریف انواع شبکه ها شاخه ای، حلقه ای و در هم در سیستمهای آبرسانی)  |             |
| ۴    | معرفی انواع روشهای مدل سازی شبکه های آب شامل تحلیل مبتنی بر تقاضا (Demand Driven Simulation Method) و مبتنی بر فشار (Head Driven Simulation Method) و نحوه طراحی مبتنی بر عملکرد (Performance base design)  |             |
| ۵    | جریان ناماندگار در سیستمهای انتقال و شبکه های توزیع آب و انواع روشهای مدل سازی آن (ضربه قوچ Water Hammer) در سیستمهای انتقال و شبکه های توزیع آب و راههای جلوگیری از آن)  |             |
| ۶    | مدلهای تحلیل هیدرولیکی (شناخت و نحوه کار با انواع مدلهای تحلیل هیدرولیکی از قبیل WaterCad, MikeNet, Epanet, H2O، نحوه استفاده از GIS در مدلهای تحلیل هیدرولیکی، نحوه استفاده از مدلهای تحلیل هیدرولیکی در مسائل بهینه سازی سیستمهای آبرسانی)  |             |
| ۷    | شناخت ضوابط و معیارهای هیدرولیکی طراحی سیستمهای انتقال و شبکه های توزیع آب  |             |
| ۸    | شناخت تاسیسات شبکه آبرسانی (شناخت انواع لوله ها، نقاط، ضعف و قوت، انواع اتصالات و پیوندیها، کیفیت مصالح و کیفیت اجرا در سیستمهای آبرسانی، شناخت انواع پمپها، طراحی ایستگاههای پمپاژ در سیستمهای آبرسانی، شناخت انواع مخازن ذخیره و نحوه طراحی و اجرای آنها در سیستمهای آبرسانی)   |             |
| ۹    | شبکه های جمع آوری فاضلاب  |             |
| ۱۰   | مروزی بر مشخصات و هیدرولیک سیستمها و شبکه های جمع آوری فاضلاب خانگی و سطحی  |             |
| ۱۱   | محاسبه میزان تولید فاضلاب برای طراحی سیستمها و شبکه های فاضلاب خانگی و سطحی شامل: موارد کوتاه مدت، میان مدت، بلند مدت، مقادیر دبی حداکثر و حداقل، ماهیت احتمالی میزان فاضلاب تولیدی و تغییرات آن در دوره های زمانی مختلف، عوامل موثر مختلف بر میزان مصرف آب و تولید فاضلاب  |             |
| ۱۲   | هیدرولیک شبکه های فاضلاب (معرفی هیدرولیک شبکه های فاضلاب خانگی و سطحی و انواع روشهای دسته بندی معادلات و روشهای حل معادلات، تعریف انواع شبکه ها در سیستمهای فاضلاب خانگی و سطحی، معرفی انواع روشهای   |             |



|    |  |  |
|----|--|--|
|    | مدلسازی و تحلیل هیدرولیکی شبکه های فاضلاب خانگی و سطحی)  |  |
| ۱۳ | شناخت و نحوه کار با انواع مدل‌های تحلیل هیدرولیکی از قبیل StormCAD, Sewer, SewerCAD, Mouse نحوه اتصال نرم افزارهای تحلیل هیدرولیکی با مدل‌های GIS و بهینه سازی در سیستم‌های فاضلاب خانگی و سطحی                                  |  |
| ۱۴ | شناخت ضوابط و معیارهای هیدرولیکی طراحی در سیستم‌های فاضلاب خانگی و سطحی  |  |
| ۱۵ | شناخت تأسیسات شبکه فاضلاب (شناخت انواع لوله ها، نقاط ضعف و قوت، انواع اتصالات و پیوندیها، کیفیت مصالح و کیفیت اجرا در سیستم‌های فاضلاب خانگی و سطحی، شناخت انواع پمپها، طراحی ایستگاههای پمپاژ در سیستم‌های فاضلاب خانگی و سطحی) |  |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(عملی) | آزمایشگاه محیط زیست (CE4923)<br>Environmental Laboratory | ۱ واحد<br>۱۶ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                               |                   |

توضیح: آشنایی دانشجویان با پارامترهای مهم زیست محیطی و آشنایی با روشها و دستگاههای اندازهگیری پارامترهای آبی و غیر آبی در محیط های مختلف

سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | آزمایش تعیین سختی دائم و موقت در آب و پساب   |             |
| ۲    | آزمایش تعیین قلیائیت آب PH   |             |
| ۳    | آزمایش جارتست  |             |
| ۴    | آزمایش تعیین کلر در آب   |             |
| ۵    | آزمایش اندازه گیری اکسیژن حل شده   |             |
| ۶    | آزمایش اندازه گیری نیترات و نیتریت   |             |
| ۷    | آزمایش اندازه گیری BOD و COD   |             |
| ۸    | آزمایش اندازه گیری فسفات   |             |
| ۹    | آزمایش اندازه گیری دترجنتها  |             |
| ۱۰   | آزمایش اندازه گیری خواص فیزیکی آب و پساب شامل باقی مانده تیخیر، ذرات معلوق، هدایت الکتریکی |             |
| ۱۱   | آزمایش اندازه گیری CO و CO2 هوا  |             |
| ۱۲   | آزمایش اندازه گیری میزان صوت   |             |



|                             |  |                   |
|-----------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد (نظری) | بازیافت و بازاستفاده پساب (CE4924)<br>Wastewater Recycling and Reuse | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | بررسی و ستاسایی منابع آب با تکیه بر مشکلات استفاده از آب شیرین، مصارف آب و ...            |             |
| ۲    | تاریخچه، وضعیت موارد استفاده، ضرورت و فواید استفاده مجدد از پساب در ایران و جهان          |             |
| ۳    | قوانین و استانداردهای استفاده مجدد از فاضلاب  |             |
| ۴    | اثرات و ضوابط بهداشتی استفاده مجدد از فاضلاب  |             |
| ۵    | شناسایی آلاینده‌های پساب با تکیه بر منابع تولید آنها                                      |             |
| ۶    | استفاده مجدد از پساب در صنعت  |             |
| ۷    | استفاده مجدد از پساب در کشاورزی   |             |
| ۸    | استفاده مجدد از پساب در تغذیه آب‌های زیرزمینی و ذخیره‌سازی آن برای مهار خشکسالی‌های آینده |             |
| ۹    | استفاده مجدد از پساب در پرورش ماهی و کاربردهای تفریحی                                     |             |
| ۱۰   | مدیریت و برنامه‌ریزی سامانه‌های بازیافت پساب  |             |
| ۱۱   | فرایندهای تصفیه فاضلاب، با توجه به مصارف پس‌آب تصفیه شده                                  |             |
| ۱۲   | دفع فاضلاب در زمین  |             |





|                            |  |                                |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| ۳ واحد<br>۴۸ ساعت          | بیوتکنولوژی محیط زیست (CE4925)<br><b>Environmental Biotechnology</b> | نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) |
| آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |  | روش ارزشیابی                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر بیوتکنولوژی محیط زیست   |             |
| ۲    | مروری بر تغییرات میکروبی  |             |
| ۳    | عوامل مؤثر بر چرخه بیوتکنولوژی محیط زیست  |             |
| ۴    | بررسی پارامترهای کدورت، رنگ، جلال‌های استاندارد، pH، اسیدیته، قلیائیت، سختی، کلیسیرین باقیمانده، BOD، نیتروژن کلرید، اکسیژن محلول، آهن و منگنز، فلوراید، سولفات، فسفر و فسفات، اسیدهای فرار و تحلیل گاز |             |
| ۵    | بررسی فرآیندهای احیای بیولوژیکی و تجزیه بیولوژیکی   |             |
| ۶    | روش‌های تشخیص بانوزنها در محیط آبی  |             |
| ۷    | مشخصات ویژگی‌ها، محاسن و معایب احیاء بیولوژیکی  |             |
| ۸    | فرایندهای بیولوژیکی در تصفیه فاضلاب (الجن فعال، لاگونها، نیترات‌زایی و نیترات‌زدایی، حذف فسفر، تصفیه هوازی با متان سازها)   |             |
| ۹    | احیاء بیولوژیکی آب  |             |
| ۱۰   | احیاء بیولوژیکی خاک   |             |
| ۱۱   | بیوتکنولوژی زیست محیطی سوخت‌های فسیلی   |             |
| ۱۲   | روش‌های بیولوژیکی برای حل مشکل آلودگی هوا   |             |
| ۱۳   | بیوتکنولوژی زیست محیطی در کشاورزی   |             |
| ۱۴   | عوامل آلودگی بر فعالیت‌های میکروبی در محیط زیست   |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | مهندسی، مدیریت و پردازش و بازیافت پسماند (CE4931)<br><b>Solid Waste Management, Processing and Recycling</b> | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل :

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر مدیریت پسماند (تاریخچه و سیر تحولات، اثرات بهداشتی، قوانین، اقتصاد، عناصر موظف و پشتیبانی)  |             |
| ۲    | مبانی تولید، طبقه بندی، ترکیب و خواص (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) زایدات   |             |
| ۳    | پارامترهای پسماند (رطوبت، دانسیته ظاهری و واقعی، اندازه ذرات، ارزش حرارتی، ترکیب شیمیایی، خواص مکانیکی، تراکم پذیری، تجزیه پذیری بیولوژیکی و ...)   |             |
| ۴    | تشریح مدیریت نوین پسماند (کاهش زایدات، تولید، ذخیره سازی و تفکیک از مبدا، جمع‌آوری، حمل و نقل، پردازش، دفع و پایش پس از دفع)  |             |
| ۵    | استفاده مجدد و بازچرخش زایدات   |             |
| ۶    | کمپوست هوازی (اوزگی کمپوست، روش‌های تولید، فرایند، پارامترهای موثر، مدیریت و تصفیه شیرابه، تجهیزات و ماشین آلات، محاسبه ابعاد محوطه تخمیر، محاسبه میزان هوای مورد نیاز)   |             |
| ۷    | کمپوست بی‌هوازی (انواع، تشریح فرایند، محاسبات میزان تولید گاز، محاسبه ابعاد راکتور)   |             |
| ۸    | سوزاندن و بازیافت انرژی (فرایند احتراق، انواع زیاله سوز، دفع خاکستر باقیمانده و ...)  |             |
| ۹    | زیاله سوزی (کنترل آلاینده‌های اتمسفری، محاسبه انرژی حرارتی و هوای مورد نیاز جهت احتراق)   |             |
| ۱۰   | مدیریت مواد زاید خطرناک (مواد خطرناک خانگی - مواد خطرناک بیمارستانی - مواد خطرناک صنعتی)  |             |
| ۱۱   | اشاره به مبانی ژئوتکنیک و انتقال جرم در محیط اشباع (هدایت آلاینده در خاک) (قوانین و روابط حاکم بر جریان، هدایت الکتریکی، پدیده الکتروکینتیک، تئوری الکترواسمز، انتقال در اثر گرادیان غلظت، انتقال توسط گرادیان هیدرولیکی، پراکنش مکانیکی، معادله عمومی انتشار آلودگی در خاک، برآورد پارامترهای انتقال، ایزوترم های جذب، سیستم های مدلسازی انتقال آلودگی در خاک) |             |
| ۱۲   | دفن بهداشتی (الزامات و مشکلات ناشی از دفن زیاله، روش‌ها، انتخاب محل، جزئیات مدفن، اندرکنش آلاینده - خاک، عایقکاری مدفن، کاربرد ژئوسینتتیک ها، بستن مرکز دفن، پایش پس از دفن، جمع‌آوری و مدیریت شیرابه و گاز، محاسبه کمیت و کیفیت شیرابه و گاز)  |             |



|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | سنجش، پایش و ارزیابی آلودگی هوا (CE4935)<br><b>Air Pollution Measurement, Monitoring and Assessment</b> | ۳ واحد<br>(۲ واحد نظری، ۱ واحد عملی)<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |   |

توضیح: هدف از این درس آموزش مفاهیم اندازه‌گیری و سنجش آلاینده‌های هوا و همچنین مفاهیم مربوط به شبکه‌های پایش آلودگی می‌باشد.  
سرفصل :

| تعداد جلسات | مباحث   | زدیف |
|-------------|---|------|
|             | اهداف نمونه‌برداری (تدوین استاندارد، ارزیابی اثرات، تعیین تبعیت از مقررات، پایش روند)   | ۱    |
|             | کلیات نمونه‌برداری (شیوه‌های اصلی نمونه برداری، تعیین محل، معیارهای نمونه برداری از هوای آزاد و منابع آلوده، اندازه‌گیری سرعت و فشار و دبی در منابع ثابت) | ۲    |
|             | شبکه‌های سنجش و نظارت آلودگی (منابع ساکن، ایستگاه‌های سیار و ...)   | ۳    |
|             | اصول نمونه برداری از ذرات (معیارهای انتخاب روش نمونه برداری از منابع ساکن، متحرک و هوای آزاد، نمونه برداری ایزوکینتیک، استفاده از پیتوتوپ و ...)          | ۴    |
|             | اصول نمونه برداری از گازها (معیارهای انتخاب روش، انواع روشها و تجهیزات نمونه برداری از گازها و ...)   | ۵    |
|             | سنجش پیوسته آلاینده‌ها (آلاینده‌های دودکش، نمونه برداری با رفیق سازی، انواع روشهای سنجش از دور و ...)   | ۶    |
|             | روشهای سنجش مستقیم گازها و بخارات (رنگ سنجی، پتانسیومتری، هدایت حرارتی، اسپکتروفتومتری و ...)   | ۷    |
|             | آنالیز دستگاهی (روشهای مختلف اسپکتروسکوپی اتمی، گاز کروماتوگرافی، اسپکتروسکوپی جرمی و ...)  | ۸    |
|             | اهداف شبکه پایش کیفیت هوا   | ۹    |
|             | انواع شبکه پایش کیفیت هوا   | ۱۰   |
|             | انتخاب محل مناسب جهت نصب ایستگاه‌های شبکه پایش کیفیت هوا  | ۱۱   |
|             | کاربرد طراحی شبکه پایش کیفیت هوا جهت چند آلاینده در مناطق شهری  | ۱۲   |
|             | توسعه و طراحی شبکه پایش کیفیت هوا جهت پیش بینی ازن و دی اکسید نیتروژن   | ۱۳   |
|             | پایش فضایی کیفیت هوا با استفاده از تصاویر ماهواره ای  | ۱۴   |
|             | تحلیل داده‌ها و تهیه گزارش  | ۱۵   |



|                                   |   |                   |
|-----------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد<br>واحد<br>(نظری) | مدلسازی جریان و آلودگی هوا (CE4936)<br><b>Air flow and pollution modeling</b> | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                      | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنایی با روش‌های مدل‌سازی بخش و پراکنش آلاینده‌های هوا در جو و محاسبات و رویه‌های مختلف مدل‌سازی بخش و پراکنش آلاینده‌های هوا در جو می‌باشد.

سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد<br>جلسات |
|------|--|----------------|
| ۱    | اهمیت مدل‌سازی   |                |
| ۲    | روش‌های مختلف مدل‌سازی   |                |
| ۳    | مقیاس‌های مدل‌سازی، تاریخچه مدل‌سازی آلودگی هوا                                  |                |
| ۴    | معادلات حاکم بر جو   |                |
| ۵    | معادلات حاکم بر بخش آلاینده‌ها   |                |
| ۶    | معادلات لایه مرزی جو   |                |
| ۷    | پارامترسازی لایه مرزی جو-زبری سطح، سرعت اصطکاک، ارتفاع لایه مرزی و ارتفاع اختلاط |                |
| ۸    | نظریه مونین-پوئف و محاسبه شارهای تلاطمی  |                |
| ۹    | مدل‌سازی آلاینده‌ها به روش جعبه‌ای   |                |
| ۱۰   | مدل‌سازی به روش گاوسی  |                |
| ۱۱   | معرفی مدل‌های معروف گاوسی  |                |
| ۱۲   | ریاضیات تفاضل محدود  |                |
| ۱۳   | روش‌های عددی تفاضل محدود برای حل معادلات بخش و پراکنش آلاینده‌های هوا            |                |
| ۱۴   | گسسته‌سازی معادلات حاکم بر جو و آلاینده‌ها                                       |                |
| ۱۵   | مبانی طراحی یک مدل آلودگی هوا  |                |



|                                   |  |                   |
|-----------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد<br>واحد<br>(نظری) | آلودگی صوتی و کنترل آن (CE4937)<br>Noise pollution and control methods | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                      | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنای دانشجویان با مفاهیم آلودگی صوتی و مباحث کنترل این نوع آلودگی می‌باشد.

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد<br>جلسات |
|------|--|----------------|
| ۱    | مفاهیم اساسی صوت (موج و انواع آن مانند مکانیکی، عرضی، طولی، بیجشی، صوتی، نحوه تولید صوت) انواع صوت از نظر محیط انتشار؛ انواع صوت از نظر شکل امواج؛ انواع صوت از نظر توزیع انرژی) |                |
| ۲    | اندازه گیری صوت (کمیت های فیزیکی، مانند، توان صوت، شدت صوت، فشار صوت، کمیت های لگاریتمی مانند، تراز و بلندی صوت)   |                |
| ۳    | انتشار صوت (انتشار صوت از منابع نقطه‌ای، انتشار صوت از منابع خطی و انتشار صوت از منابع سطحی)   |                |
| ۴    | روشهای اندازه گیری و ارزیابی صدا   |                |
| ۵    | اثرات صدا  |                |
| ۶    | کنترل صدا (کنترل در منبع ایجاد صدا، کنترل در مسیر انتشار صوت)  |                |
| ۷    | حفاظت فردی   |                |
| ۸    | انتشار صدا در محیط های باز و عوامل موثر بر آن  |                |
| ۹    | شاخص های تراز فشار صوت در محیط زیست  |                |
| ۱۰   | صدای رقت و آمد خودروهایی شهری و جاده   |                |
| ۱۱   | صدای ناشی از قطارها و راه آهن  |                |
| ۱۲   | صدای ناشی از هواپیما و فرودگاهها   |                |
| ۱۳   | مدل سازی آلودگی صوتی و انتشار صوت در محیط  |                |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | هواشناسی و تغییر اقلیم (CE4938)<br>Meteorology and climate change | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با مفاهیم هواشناسی و نقش فرایندهای جوی در آلودگی هوا و تغییر اقلیم می‌باشد.

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | ترکیبات و ساختار قائم جو (اجزای ثابت و متغیر جو، کیفیت هوای جو، ساختار قائم جو)  |             |
| ۲    | توازن انرژی جو (انرژی و انتقال حرارت در جو، اساس تابش، عوامل موثر در توازن انرژی جو، توازن انرژی)  |             |
| ۳    | اندازه‌گیری‌های جوی (اندازه‌گیری دما، رطوبت، فشار و باد، مقادیر محاسبه‌شده از مقادیر اندازه‌گیری، محل و چگونگی اندازه‌گیری)  |             |
| ۴    | نیروهای موثر در حرکت جو (حرکت افقی، حرکت قائم، معادله حرکت، تعادل هیدرواستاتیک)  |             |
| ۵    | مقیاس‌های حرکت (مقیاس جهانی، مقیاس همدیدی، مقیاس میانی، مقیاس خرد)   |             |
| ۶    | بایداری جوی (سازوکارهای صعود و نشست هوا، فرایندهای بی‌درو خشک و تر، جوهای پایدار، خنثی و ناپایدار)   |             |
| ۷    | لایه مرزی سیاره‌ای (تعریف لایه مرزی، عوامل موثر در لایه مرزی، فرایندهای لایه مرزی)   |             |
| ۸    | هواشناسی فیزیکی و میزان دید (هوامیزها، فیزیک ابر، میزان دید، اندازه‌گیری میزان دید)  |             |
| ۹    | مدل‌های جوی (پیش‌بینی عددی وضع هوا، روش‌های مدل‌سازی، کاربرد مدل‌های هواشناسی در مدل‌سازی کیفیت هوا و تغییر اقلیم)   |             |
| ۱۰   | پارامترهای موثر در روند تغییرات اقلیم، مدل دمایی تک بُعدی، طیف جذبی گازها، مفهوم و ویژگی گازهای گلخانه‌ای  |             |
| ۱۱   | تأثیر گازهای گلخانه‌ای، تعادل انرژی در مقیاس جهانی، تعادل انرژی در سطح زمین  |             |
| ۱۲   | اثر تشعشعی تغییرات اقلیم، پارامتر حساسیت اقلیم، محدوده پارامتر حساسیت اقلیم (۲)  |             |
| ۱۳   | مفهوم دمای واقعی و دمای تعادلی، اثر تشعشعی ناشی از گازهای گلخانه‌ای مختلف، ارتباط میان اثر تشعشعی و غلظت ترکیبات در جو   |             |
| ۱۴   | بیان مفهوم پتانسیل تغییرات اقلیم (GWP)، عوامل موثر و روند محاسبه GWP، انتشار کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای از سوخت‌های فسیلی، عملکرد کشورها در انتشار گازهای گلخانه‌ای، مفاهیم سرانه انتشار، رده‌بندی کشورها در انتشار گازهای گلخانه‌ای |             |
| ۱۵   | اثرات تغییر اقلیم و روش‌های مقابله با آن   |             |



|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | کنترل نشر آلاینده‌های از منابع ساکن و متحرک<br>(CE4939)<br>Air pollution control from mobile and stationary sources | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

توضیح: هدف از این درس آموزش مطالب مربوط به کنترل آلاینده‌های از منابع ساکن و متحرک به دانشجویان می‌باشد.

سرفصل :

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مقدمه‌ای بر کنترل آلاینده‌ها (رویه‌ها و استراتژی‌های کلی کنترل آلاینده‌ها)   |             |
| ۲    | آلاینده‌های ذره‌ای (نوع ذرات و منابع، سرعت نشست و نیروی درگ، بخش ذرات)   |             |
| ۳    | توزیع اندازه ذرات (توزیع گاوسی یا نرمال، توزیع نرمال لگاریتمی)   |             |
| ۴    | اصول کلی سیستم‌های کنترل آلاینده‌های ذره‌ای  |             |
| ۵    | دستگاه‌های کنترل ذرات (ته‌نشین کننده‌های نقلی، جداسازی سانتریفیوژی (سیکلون‌ها، رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی، فیلترهای سطحی، فیلترهای عمقی، اسکرابرها، تر، انتخاب دستگاه‌های کنترل ذرات) |             |
| ۶    | سوزاننده‌ها یا پس‌سوزی ( اصول و کاربردها، انواع و مکانیزم‌ها، مزایا و معایب و ... )  |             |
| ۷    | کنترل اکسیدهای گوگرد ( سینتیک واکنشها و روشهای مختلف کنترل ... )   |             |
| ۸    | کنترل اکسیدهای نیتروژن ( سینتیک واکنشها و روشهای مختلف کنترل ... )   |             |
| ۹    | کنترل آلاینده‌های ترکیبات آلی فرار   |             |
| ۱۰   | انواع موتورهای احتراق، چرخه اتو، عملکرد موتورهای دو زمانه و چهار زمانه   |             |
| ۱۱   | آلاینده‌های منابع متحرک، منابع انتشار در خودروها، تعاریف عملکردی موتور و ویژگی‌های هندسی آن  |             |
| ۱۲   | گشتاور و توان ترمز، نحوه عملکرد دینامومتر، محاسبات توان خودرو، کار حاصل از هر چرخه، توان سیلندر  |             |
| ۱۳   | راندمان مکانیکی، توان اسمی ناخالص، توان سر چرخه‌ها، مفهوم و محاسبات فشار موثر میانگین (mep)، مفهوم و محاسبات مصرف ویژه سوخت (sfc)، انتشار ویژه و ضرایب انتشار                            |             |
| ۱۴   | مفهوم چرخه رانندگی، انواع و مشخصات چرخه‌های رانندگی، آزمون گازهای خروجی از اگزوز، آزمون‌های TA و COP   |             |
| ۱۵   | منابع انتشار از خودروها، روش‌های کنترل انتشار از خودروها، معاینه فنی   |             |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | شناخت، برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست (CE4941)<br><b>Environmental Planning and Management</b> | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

توضیح: هدف از این درس آشنایی دانشجویان با چالش‌های زیست محیطی موجود در سطح ملی و بین‌المللی و بررسی راهکارهای لازم برای بهبود وضعیت موجود می‌باشد. در این درس همچنین، دانشجویان با اصول برنامه ریزی و مدیریت سیستم‌های محیط زیست آشنا میشوند  
سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مروری بر چالش‌های زیست محیطی در سطح ملی و بین‌المللی  |             |
| ۲    | مروری بر قوانین ملی و بین‌المللی مرتبط با حفاظت و مدیریت محیط زیست                                  |             |
| ۳    | مروری بر مانی استانداردهای بین‌المللی و ISO 14000   |             |
| ۴    | مروری بر مفاهیم توسعه پایدار و شاخصهای آن   |             |
| ۵    | بررسی نمونه‌هایی از روشهای شبیه‌سازی محیط زیست در بخشهای آب، هوا و خاک                              |             |
| ۶    | مروری بر روشهای بهینه‌سازی قطعی تک هدفه و چند هدفه و کاربردهای آن در برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست |             |
| ۷    | روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره و بررسی کاربردهای آن در مدیریت محیط زیست                               |             |
| ۸    | تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی و کاربردهای آن در مدیریت محیط زیست                                       |             |
| ۹    | فرامدلسازی (Metamodeling) و کاربردهای آن  |             |
| ۱۰   | مروری بر تئوریهای جدید (مانند تئوری بازیها) و کاربرد آنها در مدیریت سامانه‌های زیست محیطی           |             |
| ۱۱   | عدم قطعتهای مهم در سامانه‌های زیست محیطی و مرور روشهای تحلیل عدم قطعیت                              |             |
| ۱۲   | مدلهای تصمیم‌گیری مبتنی بر عدم قطعیت و کاربردهای آن در برنامه‌ریزی و مدیریت سامانه‌های زیست محیطی   |             |
| ۱۳   | بررسی چند مطالعه موردی  |             |





|                                |   |                   |
|--------------------------------|---|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی (CE4942)<br>Environmental Assessment of Civil Engineering<br>Projects | ۳ واحد<br>۴۸ واحد |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری  |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث  | تعداد جلسات |
|------|--|-------------|
| ۱    | مفاهیم پایه (تعریف و ضرورت ارزیابی اثرات زیست محیطی، تاریخچه ارزیابی اثرات زیست محیطی، اهداف اصلی ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی)   |             |
| ۲    | توسعه پایدار و شاخص‌های پایداری  |             |
| ۳    | مفهوم نگرش اکوسیستمی در ارزیابی اثرات زیست محیطی   |             |
| ۴    | اثرات زیست محیطی طرح‌های توسعه عمرانی بر محیط‌های آبی و راهکارهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل آن  |             |
| ۵    | اثرات زیست محیطی طرح‌های سدسازی (اثرات فیزیکی و شیمیایی سدها بر محیط زیست و نحوه مدل‌سازی آنها، اثرات بیولوژیکی سدها بر محیط زیست، اثرات بر گونه‌های حیوانی و گیاهی، اثرات خاص زیست محیطی سدهای باطله، اثرات اقتصادی و اجتماعی احداث سدها) |             |
| ۶    | اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی بر محیط خاک و راهکارهای کنترل آنها   |             |
| ۷    | اثرات زیست محیطی طرح‌های عمرانی بر محیط هوا (آلودگی هوا و آلودگی صوتی) و روشهای کنترل آنها   |             |
| ۸    | اقتصاد محیط‌زیست و حسابرسی زیست محیطی  |             |
| ۹    | روش‌های ارزیابی زیست محیطی طرح‌های عمرانی (چک‌لیست‌ها، ماتریس‌ها و روشهای مبتنی بر تحلیل‌های چندمعیاره)  |             |
| ۱۰   | نگرش بر روش‌های پیشنهادی توسط سازمان‌های بین‌المللی برای ارزیابی زیست محیطی طرح‌های عمرانی (روش‌های بانک جهانی، ICID، ICOLD و UNEP)  |             |
| ۱۱   | مبانی پدافند غیرعامل و کاربرد آن در ارزیابی طرح‌های عمرانی   |             |
| ۱۲   | نحوه تهیه گزارش ارزیابی اثرات زیست محیطی   |             |
| ۱۳   | بررسی و نقد نمونه‌هایی از ارزیابی‌های زیست محیطی انجام شده در سطح ملی  |             |



|                            |  |                             |
|----------------------------|--|-----------------------------|
| ۳ واحد                     | مبانی طراحی توسعه پایدار (CE4943)        | نام درس و تعداد واحد (نظری) |
| ۴۸ واحد                    | Basics of Sustainable Development Desing |                             |
| آزمون نهایی، آزمون نوشتاری |  | روش ارزشیابی                |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | مفاهیم و اصول توسعه پایدار  |             |
| ۲    | لزوم طراحی بر مبنای توسعه پایدار و راهبردهای طراحی                          |             |
| ۳    | آمایش سرزمین و آشنایی با مبانی حفظ جنگلها و مراتع و منابع طبیعی             |             |
| ۴    | محاسبه اثر کربن در طراحی و راههای کاهش آن                                   |             |
| ۵    | روشهای پایدار ساخت، طراحی خانه های سبز و مصالح مورد استفاده در طراحی پایدار |             |
| ۶    | مدیریت انرژی در طراحی پایدار سازه ها  |             |
| ۷    | توسعه سیستمهای پایدار مدیریت رواناب سطحی و سیلاب                            |             |
| ۸    | مدیریت پایدار پسماندهای جامد و بازیافت پسابها                               |             |
| ۹    | شرایط توسعه پایدار در ساخت شهرکهای مسکونی و صنعتی                           |             |
| ۱۰   | مدیریت ترابری شهری و بین شهری با توجه به اصول توسعه پایدار                  |             |
| ۱۱   | شرایط توسعه پایدار در ساخت راهها، خطوط راه آهن و فرودگاهها                  |             |
| ۱۲   | شرایط توسعه پایدار در ساخت بندر، سکوها و تاسیسات دریایی                     |             |
| ۱۳   | شرایط توسعه پایدار در ساخت سدها و نگهداری منابع آبهای سطحی                  |             |
| ۱۴   | مدیریت سرمایه و برنامه ریزی های منطقه ای با توجه به اصول توسعه پایدار       |             |



# ۳-۱۱ دروس مشترک



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | سمینار و روش تحقیق<br><b>Seminar and Research Methods</b>  | ۲ واحد<br>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 می‌باشند.<br>۲. ارائه یک سخنرانی علمی کوتاه توسط هر دانشجو و ارزیابی آن توسط استاد و سایر دانشجویان در برنامه کلاس گنجانده شود.<br>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<br>- خصوصیات تحقیق (نظام یافتگی، ساده کننده، قابل بازسازی)<br>- اهداف تحقیق (شرح، پیش بینی و بهبود پدیده ها)<br>- انواع تحقیق و تقسیم بندی های متداول (تجربی و تحلیلی، اکتشافی و تصدیقی،...)<br>- 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"> <li>- مقایسه تحقیق در کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری</li> <li>- نحوه ارائه پیشنهاد تحقیق ( Proposal )</li> <li>- نحوه تهیه و انتشار مقالات تحقیقاتی و رده بندی مقالات</li> <li>- نحوه ارائه سخنرانی علمی</li> <li>- فصل بندی و نحوه نگارش پایان نامه</li> <li>- برنامه ریزی شخصی و سازمانی تحقیقات دراز مدت</li> </ul>                           | ۲ |
|  | <p>یافتن اطلاعات تحقیقاتی</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- نحوه استفاده سریع از کتاب و دایره المعارف</li> <li>- آشنایی با بانک های اطلاعاتی مقالات و پایان نامه ها</li> <li>- اینترنت و جستجوی اطلاعات پژوهشی در آن</li> <li>- سازماندهی اطلاعات جمع آوری شده</li> <li>- روزآمد بودن در طول دوره تحقیق</li> </ul>   | 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"> <li>- رفتارسنجی اینتیه واقعی و اندازه گیری ها (یا آمار برداری) میدانی</li> <li>- مدل های فیزیکی</li> <li>- حل های ریاضی و شبیه سازی های تحلیلی مانند مدل های عددی و آماری</li> <li>- مطالعه المانی (نمونه) مصالح عمرانی در آزمایشگاه</li> </ul> | ۴ |



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | ریاضیات عالی مهندسی (CE4000)<br>Advanced Engineering Mathematics | ۳ واحد<br>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-زیتز 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، خراب، 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 گرهی (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 گرهی)، المان های هرمی شکل (Pyramid) (المان های ۴، ۱۰ و ... گرهی)، المان های گوه ای شکل (Wedge) (المان های ۶، ۱۵ و ... گرهی)   |             |
| 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<br>(نظری) | مکانیک محیط پیوسته (CE4116)<br>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<br>(نظری) | مکانیک شکست (CE5006)<br>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 (Linear Elastic Fracture Mechanics (LEFM): 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<br>(نظری) | اجزا محدود پیشرفته (غیر خطی) (CE5000)<br>Advanced Finite Element | ۳ واحد<br>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<br>۳۲ ساعت          | روش اجزا مرزی (CE5002)<br>Boundary Element Method | نام درس و تعداد واحد<br>(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<br>(نظری) | ارتعاشات تصادفی (CE5001)<br>Random Vibrations | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روش ارزشیابی                   | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                    |                   |

سرفصل :

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



|                                |  |                   |
|--------------------------------|--|-------------------|
| نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) | محاسبات نرم (CE4001)<br>Soft Computation | ۳ واحد<br>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   |             |
|      | <b>الگوریتم ژنتیک Genetic Algorithm-GA</b>  |             |
| 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)  |             |
|      | <b>تئوری مجموعه های فازی و منطق فازی Fuzzy Logic</b>  |             |
| 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   |             |
|      | <b>شبکه های عصبی مصنوعی Artificial Neural Network - ANN</b>   |             |
| 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، گسترده های ترکیبات و کاربرد آن ها 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)<br>Discrete Element Method | نام درس و تعداد واحد<br>(نظری) |
| ۳۲ ساعت | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری                         | روش ارزشیابی                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد جلسات |
|------|---|-------------|
| ۱    | کلیات<br>- کلیاتی از روش‌های عددی در تحلیل محیط‌های پیوسته - روش تفاوت‌های محدود و ...  |             |
| ۲    | مطالعه رفتار تماسی دو جسم<br>- 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<br>- 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<br>- اثر شکل المان‌ها - اثر اندازه المان‌ها - اثر گام زمانی - اثر سرعت بارگذاری  |             |
| ۵    | کاربرد:<br>- 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<br>(نظری) | پردازش سیگنال (CE5005)<br>Signal processing | ۲ واحد<br>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<br>واحد<br>(نظری) | کاربرد GIS و RS در مهندسی عمران و آزمایشگاه (CE4010)<br>RS and GIS Application in Civil Engineering (Water Resources) & Laboratory | ۳ واحد<br>۴۸ ساعت |
| روشن ارزشیابی                     | آزمون نهایی، آزمون نوشتاری   |                   |

سرفصل:

| ردیف | مباحث   | تعداد<br>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 خوردشیدی 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  |  |

