



جمهوری اسلامی ایران
وزارت فرهنگ و آموزش عالی
شورای عالی برنامه ریزی

مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس

دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی

گرایشهای:

- سیستمهای انرژی
- تکنولوژی انرژی
- انرژی و محیط زیست



گروه فنی و مهندسی

کمیته بین رشته ای

مصوب سید و شصت و ششمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی

مورخ: ۱۳۷۷/۹/۲۲

بسم الله الرحمن الرحيم

برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی



گروه: فنی و مهندسی
رشته: مهندسی سیستمهای انرژی
دوره: کارشناسی ارشد

کمیته تخصصی: بین رشته‌ای
گرایشهای: - سیستمهای انرژی
- تکنولوژی انرژی
- انرژی و محیط زیست

کد رشته:

شورای عالی برنامه ریزی در سیصد و شصت و ششمین جلسه مورخ ۱۳۷۷/۹/۲۲ بر اساس طرح دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی که توسط گروه فنی و مهندسی تهیه شده و به تأیید رسیده است، برنامه آموزشی این دوره را در سه فصل (مشخصات کلی، برنامه و سرفصل دروس) به شرح پیوست تصویب کرده، و مقرر می‌دارد:

ماده ۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی از تاریخ تصویب برای کلیه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی کشور که مشخصات زیر را دارند لازم‌الاجرا است.
الف: دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی که زیر نظر وزارت فرهنگ و آموزش عالی اداره می‌شوند.
ب: مؤسساتی که با اجازه رسمی وزارت فرهنگ و آموزش عالی و بر اساس قوانین، تأسیس می‌شوند و بنابراین تابع مصوبات شورای عالی برنامه ریزی می‌باشند.
ج: مؤسسات آموزش عالی دیگر که مطابق قوانین خاص تشکیل می‌شوند و باید تابع ضوابط دانشگاهی جمهوری اسلامی ایران باشند.

ماده ۲) از تاریخ ۱۳۷۷/۹/۲۲ کلیه دوره های آموزشی و برنامه‌های مشابه مؤسسات آموزشی در زمینه دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی در همه دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی مذکور در ماده ۱ منسوخ می‌شوند و دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی یاد شده مطابق مقررات می‌توانند این دوره را دایر و برنامه جدید را اجرا نمایند.

ماده ۳) مشخصات کلی، برنامه درسی و سرفصل دروس دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی در سه فصل برای اجرا به وزارت فرهنگ و آموزش عالی ابلاغ می‌شود.

رأی صادره سیصد و شصت و ششمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۹/۲۲
در خصوص برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی

۱) برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی
که از طرف گروه فنی و مهندسی پیشنهاد شده بود، با اکثریت آراء به
تصویب رسید.

۲) این برنامه از تاریخ تصویب قابل اجرا است

رأی صادره سیصد و شصت و ششمین جلسه شورای عالی برنامه ریزی مورخ ۱۳۷۷/۹/۲۲ در
مورد برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی صحیح است، به مورد اجرا
گذاشته شود.

دکتر مصطفی معین
وزیر فرهنگ و آموزش عالی

مورد تأیید است .



دکتر علیرضا رهایی
رییس گروه فنی و مهندسی

رونوشت : به معاونت محترم آموزشی وزارت فرهنگ و آموزش عالی
خواهشمند است به واحدهای مجری ابلاغ فرمایید.

دکتر سید محمد کاظم نائینی
دبیر شورای عالی برنامه ریزی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۱	تعریف ۱
۱	هدف ۲
۱	شرایط پذیرش دانشجو ۳
۲	زمان و برنامه آموزش ۴
۲	دروس اصلی (مشترک دو گرایش) ۴-۱
۳	دروس تخصصی ۴-۲
۳	گرایش انرژی ۴-۲-۱
۳	گرایش محیط زیست ۴-۲-۲
۴	سمینار ۴-۳
۴	پایان نامه ۴-۴
۵-۲۸	سرفصل دروس ۵



فصل اول

مشخصات کلی





بسم الله الرحمن الرحيم

فصل اول

مشخصات کلی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی

مقدمه

تداوم فعالیتها در کلیه فرآیندهای تولیدی و خدماتی در جامعه با مصرف انرژی امکان پذیر است و ترکیب انرژی مفید با عوامل تولید (کار، سرمایه، مواد و دانش فنی) در بخشهای اقتصادی و اجتماعی، مجموعه تکنولوژی تولید را شکل می دهد. الزامی بودن جریان انرژی در فرایندها و توسعه پرشتاب نظامهای اقتصادی و اجتماعی در یک سده گذشته و گسترش کاربرد تکنولوژیهای نوین تولید سبب شده است که مصرف انرژی در جوامع مختلف سیر صعودی داشته باشد.

روند فزاینده تقاضای انرژی از طریق گسترش سیستمهای عرضه انرژی و بهره برداری از منابع انرژی فسیلی تامین می شود و این امر تا پایان قرن حاضر تداوم دارد. رشد سریع مصرف انرژی و سهم بالای انرژیهای فسیلی در تامین انرژی مورد نیاز جوامع، تسریع امر پایان پذیری منابع انرژی فسیلی و پخش حجم زیادی از مواد آلاینده در محیط زیست را در پی داشته است. علاوه بر موارد مزبور، وابستگی اقتصاد جمهوری اسلامی ایران به درآمدهای ناشی از صادرات منابع انرژی فسیلی، تاثیر پذیری نظام اقتصادی از تحولات بازار جهانی انرژی را موجب شده است.

جریان انرژی در یک جامعه مجموعه فرایندهای استخراج و استحصال، فرآورش، تبدیل، انتقال، توزیع و مصرف حاملهای انرژی را شامل می شود و در هر یک از مراحل مزبور از تکنولوژیهای استخراج، فرآورش، تبدیل، انتقال و مصرف انرژی بطور گسترده بهره برداری می گردد. تحولات نظام اقتصادی و اجتماعی، سطح زندگی مردم و پیشرفتهای علمی و فنی بر جریان انرژی تاثیر وسیعی می گذارد و گسترش هر یک از زیربخشهای انرژی دیگر اجزاء سیستم انرژی را متاثر می سازد.

ارتباط گسترده بخش انرژی با تحولات اقتصادی و اجتماعی و فنی و تاثیرات وسیع تحولات علمی و فنی بر تکنولوژیهای انرژی و همچنین آثار تولید و مصرف حاملهای انرژی بر محیط زیست ایجاب می کند طراحی، توسعه و بهره برداری از سیستمهای انرژی بر اساس نگرش نظام گرانه و با تکیه بر شناخت ابعاد مختلف کنش و واکنشهای سیستم انرژی با سایر زیرمجموعههای فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی صورت پذیرد. لذا تحلیل نظام گرانه توسعه بخش انرژی و طراحی سیستمهای انرژی بر اساس آن یک امر ضروری است و آموزش و تربیت کارشناسان ورزیده را لازم می نماید.

مهندسی سیستم‌های انرژی علم فرا رشته‌ای است که طراحی، توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های انرژی را مدنظر قرار می‌دهد و در دوره تحصیلات تکمیلی ارائه می‌شود.

شالوده مهندسی سیستم‌های انرژی نگرش نظام‌گرا است و در این چارچوب تاکید بر آن است که طراحی، توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های انرژی با ملحوظ نمودن اثرات اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و تکنولوژیکی انجام گیرد.

بخش انرژی در ایران دارای اهمیت دو گانه است. از یک طرف صادرات انرژی اولیه مهمترین منبع کسب درآمد ارزی است و از سوی دیگر، انرژی به عنوان یک عامل تولید در فرآیندهای تولیدی و خدماتی مورد نیاز می‌باشد. روند فزاینده مصرف انرژی در چنددهه گذشته، پایان‌پذیری منابع انرژی کشور و وابستگی نظام اقتصادی به درآمدهای حاصل از صادرات انرژی سبب شده است تا تحولات در بخش انرژی تأثیرات گسترده‌ای بر توسعه کشور داشته باشد. در حال حاضر بهره‌برداری بهینه از منابع و تکنولوژیهای انرژی، کاهش وابستگی نظام اقتصادی به بازار جهانی انرژی و گسترش کاربرد منطقی انرژی و مدیریت جریان انرژی در کلیه بخش‌های جامعه به موضوعهای مهم اجتماعی و توسعه جامعه تبدیل شده است. حل مسائل مزبور ایجاب می‌کند که کارشناسهای ورزیده و مسلط به اصول مهندسی سیستم‌های انرژی تربیت شوند.

فارغ‌التحصیلان رشته مهندسی سیستم‌های انرژی متخصصینی خواهند بود که در پالایشگاهها، نیروگاهها، کلیه رشته‌های صنعتی، سیستم حمل و نقل، طراحی تاسیسات ساختمانها، وزارت نفت، شرکت ملی گاز ایران، وزارت نیرو، سازمان انرژی اتمی ایران، سازمان برنامه و بودجه، سازمان حفاظت از محیط‌زیست و کلیه شرکتهای تولید و توزیع حاملهای انرژی فعالیت داشته باشند و نقش موثری در بهبود امور در هر یک از نهادها و بخش‌های مورد اشاره ایفاء نمایند.

تأمین نیروی انسانی آموزش دیده و کارآمد در زمینه‌های مختلف انرژی و ضرورت حل مسائل مبرم انرژی کشور ایجاب می‌کند تعمیق توانمندیهای جامعه در بخش انرژی و گسترش تحقیق و توسعه انرژی مورد توجه قرار گیرد و پژوهشگران توانمند تربیت شوند.



۱- تعریف و هدف

برنامه آموزشی و تحقیقاتی کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های انرژی مجموعه‌ای است شامل دروس نظری و علمی جهت تربیت متخصصین انرژی، هدف از ارائه مهندسی سیستم‌های انرژی آن است که کارشناسان آموخته برای طراحی، توسعه و بهره‌برداری از سیستم‌های استخراج، فرآوری، تبدیل،

انتقال، توزیع و مصرف انرژی تربیت شوند.

۲- طول دوره و شکل نظام

طول زمان لازم برای اتمام این دوره ۱/۵ سال است و حداکثر مدت زمان مجاز برای اتمام این دوره مناطق آئین نامه دوره کارشناسی ارشد می باشد. نظام آموزشی این دوره واحدی است و کلیه دروس در سه نیم سال عرضه می شود.

۳- واحدهای درسی



تعداد واحدهای درسی بترتیب زیر می باشد:

دروس اصلی	۱۲ واحد
دروس تخصصی و انتخابی *	۱۲ "
سمینار	۲ "
پایان نامه	۶ "
جمع	۳۲ "

* دروس تخصصی و انتخابی باید از دو گرایش فرعی برگزیده شوند. انتخاب حداقل سه درس از یکی از گرایش های فرعی الزامی است.

۴- نقش و توانایی

فارغ التحصیلان این دوره زمینه های تخصصی لازم جهت احراز مسئولیتهای زیر را کسب خواهند نمود.
الف - طراحی و توسعه سیستمهای فنی فرآورش، تبدیل و انتقال و تکنولوژیهای صرفه جویی انرژی و کنترل آلودگی محیط زیست.

ب - مدیریت انرژی در سطح خرد و کلان (در سطح واحدهای تولید و منطقه ای و ملی)

ج - برنامه ریزی بخشی، منطقه ای و ملی و انرژی

د - برنامه ریزی و مدیریت واحدهای فرآورش و تبدیل انرژی

ه - انجام پروژه های تحقیقاتی در زمینه انرژی

و - پشتیبانی علمی - فنی - خدماتی نهادهای بخش انرژی (وزارت نفت، سیستمهای نفت رسانی،

شرکت ملی گاز ایران و شبکه گازرسانی، وزارت نیرو و شبکه برق رسانی، سازمان برنامه و بودجه،

سازمان حفاظت محیط زیست، سازمان انرژی اتمی ایران، وزارت صنایع، وزارت معادن و فلزات، وزارت مسکن، وزارت راه و ترابری).

۵- ارتباط دوره با سایر دوره های کارشناسی ارشد

با توجه به تنوع زمینه های پژوهشی موضوع این دوره و نیز ماهیت بین رشته ای بودن آن، ارتباط بسیار نزدیکی در سطح کارشناسی ارشد با مجموعه های اکتشاف و استخراج معادن، مهندسی شیمی، مهندسی مکانیک، مهندسی برق و فیزیک دارد.

۶- شرایط پذیرش دانشجو

دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی سیستم های انرژی از طریق آزمون از بین فارغ التحصیلان دوره کارشناسی کلیه رشته های مهندسی و فیزیک و شیمی و ریاضی کاربردی انتخاب می شوند.

۷- مواد آزمون ورودی



<u>ضرایب</u>	<u>دروس عمومی</u>
۲	۱- زبان انگلیسی
۲	۲- ریاضیات مهندسی

از دروس تخصصی زیر دو درس با انتخاب داوطلب امتحان گرفته می شود.

<u>ضرایب</u>	<u>دروس تخصصی</u>
۱	۱- کنترل در مهندسی برق
۱	۲- بررسی سیستم های قدرت
۱	۳- ترمودینامیک
۱	۴- انتقال حرارت
۱	۵- برنامه ریزی خطی
۱	۶- آمار و احتمالات

۸- دوره‌س دوره

۸-۱- دروس جبرانی

درس مبانی اقتصاد برای کلیه دانشجویان کارشناسی ارشد جبرانی است.

۸-۲- دروس اصلی

هر دانشجو موظف است ۱۲ واحد دروس اصلی مندرج در جدول (۱) را بگذراند. این دروس برای کلیه دانشجویان الزامی است.

۸-۳- دروس تخصصی انتخابی

هر دانشجو موظف است ۴ درس به ارزش ۱۲ واحد از دروس مندرج در جدول (۲) را با نظر استاد راهنما و تایید گروه و بقیه دروس انتخابی مورد لزوم را با نظر استاد راهنما انتخاب نماید. دروس تخصصی و انتخابی باید از دو گرایش فرعی مندرج در جدول (۲) انتخاب شوند و برای این منظور لازم است حداقل ۳ درس (به ارزش ۹ واحد) از هر یک از گرایش‌های فرعی باشد.

۹- سمینار و پایان نامه

بعنوان بخشی از فعالیتهای مربوط به این دوره، دانشجو موظف است در کلاس سمینار به ارزش دو واحد ثبت نام نماید. چگونگی نحوه انجام سمینار توسط استاد یا گروه آموزشی دانشکده مجری اعلام می‌گردد. همچنین دانشجو موظف است در یک زمینه تحقیقاتی در این رشته و تحت نظارت یک استاد راهنما، پایان نامه‌ای به ارزش ۶ واحد تنظیم، تدوین و ارائه نماید. نمونه‌هایی از زمینه‌های تحقیقاتی عبارتند از:



- توسعه مدل‌های اقتصادی و عرضه و تقاضای انرژی
- توسعه مدل‌های اقتصاد-انرژی - محیط زیست
- برنامه‌ریزی انرژی در سطوح مختلف
- طراحی سیستم‌های فرآورش، تبدیل و انتقال انرژی
- مدیریت انرژی در واحدهای تولیدی - خدماتی
- طراحی تکنولوژی‌های صرفه‌جویی انرژی و کنترل آلودگی محیط زیست در سیستم‌های انرژی

جدول ۱- دروس اصلی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی

ردیف	نام درس #	تعداد واحد	ساعت			درس پیشنهادی یا همزمان
			نظری	عملی	جمع	
۱۱	تحلیل سیستمهای انرژی ۳	۳	۵۱	-	۵۱	-
۱۲	برنامه ریزی ریاضی پیشرفته	۳	۵۱	-	۵۱	
۱۳	مهندسی فرآیند	۳	۵۱	-	۵۱	
۱۴	قابلیت اطمینان و تحلیل ریسک	۳	۵۱	-		
۱۵	مبانی اقتصاد	۳	۵۱	-	۵۱	-

* دروس جبرانی از طرف گروه و بر اساس سوابق تحصیلی دانشجویان تعیین خواهد شد.

درس با شماره ۱۵ تحت عنوان "مبانی اقتصاد" یک درس جبرانی است.





جدول ۲- دروس تخصصی و انتخابی دوره کارشناسی ارشد مهندسی سیستمهای انرژی

ردیف	نام درس *	تعداد واحد	ساعت			درس پیشنهادی یا همزمان
			نظری	عملی	جمع	
گرایش سیستمهای انرژی						
۱	گرایش سیستمهای انرژی					
۱-۱	مدلسازی انرژی	۳	۵۱	-	۵۱	۱۱
۲-۱	انرژی و محیط زیست	۳	۵۱	-	۵۱	۱۱
۳-۱	توسعه بهینه سیستمهای انرژی الکتریکی	۳	۵۱	-	۵۱	۱۵، ۱۲، ۱۱
۴-۱	اقتصاد منابع انرژی پایان پذیر	۳	۵۱	-	۵۱	۱۵
۵-۱	بهینه سازی جریان انرژی	۳	۵۱	-	۵۱	-
۶-۱	تکنولوژی Pinch	۳	۵۱	-	۵۱	-
۷-۱	اقتصادسنجی	۳	۵۱	-	۵۱	۱۵
۸-۱	انرژی و اقتصاد	۳	۵۱	-	۵۱	۱۵، ۱۱
گرایش تکنولوژیهای انرژی						
۱-۲	تکنولوژیهای نیروگاههای بادی، آبی، بیوماس و امواج	۳	۵۱	-	۵۱	-
۲-۲	تکنولوژی نیروگاههای حرارتی، خورشیدی و هیدروژن خورشیدی	۳	۵۱	-	۵۱	-
۳-۲	مهندسی پالایش نفت	۳	۵۱	-	۵۱	-
۴-۲	صنایع انرژی بر	۳	۵۱	-	۵۱	۱۳
۵-۲	مصرف انرژی در مهندسی مواد	۳	۵۱	-	۵۱	-
۶-۲	بهره برداری از سیستمهای قدرت پیشرفته	۳	۵۱	-	۵۱	-
۷-۲	سیستمهای توزیع انرژی الکتریکی	۳	۵۱	-	۵۱	-
۸-۲	تکنولوژیهای تبدیل و ذخیره انرژی	۳	۵۱	-	۵۱	۱۳
۹-۲	طراحی سیستمهای حرارتی	۳	۵۱	-	۵۱	-
گرایش انرژی و محیط زیست						
۱-۳	مکانیک سیالات پیشرفته	۳	۵۱	-	۵۱	برنامه ریزی ریاضی پیشرفته
۲-۳	ترمودینامیک پیشرفته	۳	۵۱	-	۵۱	برنامه ریزی ریاضی پیشرفته
۳-۳	آشنایی با محیط زیست	۲	۳۴	-	۳۴	-
۴-۳	اثرات زیست محیطی انرژی	۳	۵۱	-	۵۱	-
۵-۳	آلودگیهای محیط زیست	۳	۵۱	-	۵۱	-
۶-۳	تکنیکهای آلوده دایی	۳	۵۱	-	۵۱	شناخت محیط زیست - آلودگی محیط زیست

درس پیشنهادی یا همزمان	ساعت			تعداد واحد	نام درس #	ردیف
	جمع	عملی	نظری			
شناخت انرژی و محیط زیست - مبانی اقتصاد	۳۴	-	۳۴	۲	اقتصاد محیط زیست	۷-۳
-	۳۴	-	۳۴	۲	سیستمهای بازیافت	۸-۳
-	۳۴	-	۳۴	۲	ارزیابی زیست محیطی	۹-۳
-	۳۴	-	۳۴	۲	شناسایی آلایندههای (صنایع غذایی)	۱۰-۳



تحلیل سیستم‌های انرژی



ردیف: ۱۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف:

- ۱- تشریح ارتباطات پیچیده سیستم انرژی بعنوان بخشی از نظام اقتصادی و اجتماعی
- ۲- توضیح ابعاد گسترده و پیچیدگی (Complexity) سیستم انرژی
- ۳- تبیین روش ارزیابی مهمترین پارامترهای فنی، اقتصادی و نهادی موثر بر توسعه بخش انرژی
- ۴- آشنا نمودن دانشجویان با روش‌شناسی تحلیل سیستم و شیوه بکارگیری ابزارهای تحلیلی

سرفصل دروس:

۱- اهمیت اقتصادی و اجتماعی بخش انرژی:

وابستگی به انرژی، انرژی بعنوان عامل تولید، مصرف منابع و آلودگی محیط زیست برای تولید انرژی، اهمیت اقتصادی بخش انرژی، انرژی و جامعه، روش محاسبه کشش‌های انرژی اقتصاد، برآورد ضرایب اهمیت انرژی در اقتصاد کلان.

۲- انرژی و توسعه جامعه بشری

انسان بعنوان تبدیل‌کننده انرژی، مراحل مختلف توسعه جامعه بشری، کشفیات مهم فنی -انرژی، پیشرفت فنی و کاربرد منطقی انرژی، پیچیدگی و تمرکز و تحولات شتابان در بخش انرژی، برآورد ضرایب ارتباط با مراحل توسعه، محاسبه کشش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت کشش‌های انرژی و ارزیابی تغییرات آن در فراگرد توسعه.

۳- مبانی اقتصاد انرژی و تعاریف اولیه

تعریف انرژی، کاربرد مبانی فیزیکی (قوانین ترمودینامیک)، تعاریف برخی مفاهیم اولیه، ضرایب و واحدها، روش‌شناسی تهیه تراز انرژی سیستم‌های اقتصادی و فنی

۴- تقاضای انرژی و کاربرد منطقی انرژی

۱-۴ تعاریف اولیه

۲-۴ تقاضای انرژی در بخش خانگی

تبیین عوامل موثر بر تقاضای انرژی در بخش خانگی شهری و روستایی، توضیح فراگرد تحول تقاضای انرژی در بخش خانگی، روش‌شناسی محاسبه آثار عوامل موثر بر تقاضای انرژی خانگی، بحث و بررسی منحنی بی‌تفاوت خانوار (Household Indifference Curve)، توضیح روش‌شناسی ارزیابی جایگاه انرژی در سبد کالاهای مصرفی خانوار

۳-۴ تقاضای انرژی در بخش صنعت

تبیین عوامل موثر بر تقاضای انرژی در بخش صنعت، توضیح فرآیند تحول تقاضای انرژی در بخش صنعت، روش‌شناسی محاسبه آثار عوامل موثر بر تقاضای انرژی در بخش صنعت، بحث و بررسی منحنی‌های تولید یکسان (Iso Quant) و هزینه یکسان (Iso Cost) در بخش صنعت، توضیح روش‌شناسی ارزیابی جایگاه انرژی در ترکیب عوامل تولید بخش صنعت

۴-۴ تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل

تبیین عوامل موثر بر تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل، توضیح روند تغییرات تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل، روش‌شناسی محاسبه آثار عوامل موثر بر تقاضای انرژی حمل و نقل، روش‌شناسی ارزیابی جایگاه انرژی در ترکیب عوامل تولید حمل و نقل

۵-۴ تقاضای انرژی در سایر بخشهای اقتصادی و اجتماعی

۶-۴ کاربرد منطقی انرژی

تعاریف مفاهیم بنیانی، روش‌شناسی برآورد سطح بهینه مصرف انرژی، روش‌شناسی ارزیابی پتانسیل صرفه‌جویی انرژی، تبیین موانع در فراراه کاربرد منطقی انرژی، توضیح دستاوردهای کاربرد منطقی انرژی

۵- ساختار سیستم عرضه انرژی و توسعه آن

۱-۵ روش‌شناسی بررسی تحول ساختار سیستم انرژی

۲-۵ مصرف انرژی اولیه و نهایی در جهان و ساختار آن

۳-۵ مصرف انرژی اولیه و نهایی و ساختار آن در ایران



۶- ذخائر انرژی در جهان و ایران

- ۱-۶ تعاریف اولیه و تشریح ساختار جدول De` Movre
- ۲-۶ روش ارزیابی منابع و ذخایر انرژی
- ۳-۶ بحث و بررسی منابع و ذخایر انرژی جهان و توزیع آن در مناطق مختلف
- ۴-۶ بحث و بررسی منابع و ذخایر انرژی ایران و توزیع آن در مناطق مختلف

۷- محاسبات اقتصادی

- ۱-۷ مبانی روشهای محاسبات اقتصادی در بخش انرژی
- ۲-۷ روش استاتیک
- ۳-۷ روش پویا
- ۴-۷ منحنی ترکیب سیستمهای تبدیل انرژی (Screening Curve)
- ۵-۷ محاسبه هزینه نیروگاهها در شرایط معین (Deterministic)
- ۶-۷ محاسبه هزینه نیروگاهها در شرایط نامعین (Stochastic)

۸- اقتصاد نفت

- ۱-۸ تعاریف اولیه و توضیح انواع نفت و کیفیتهای آن
- ۲-۸ روشهای استخراج نفت خام و هزینههای آن در نقاط مختلف جهان
- ۳-۸ سیستمهای فرآوری نفت خام و هزینههای استخراج آن
- ۴-۸ بازار بین المللی نفت خام و ساختار آن
- ۵-۸ قیمت نفت خام در بازار جهانی و عوامل موثر بر تغییرات آن



۹- اقتصاد گاز

- ۱-۹ تعاریف اولیه و طبقه بندی انواع گازها
- ۲-۹ استخراج و فرآوری، انتقال و ذخیره گاز طبیعی و هزینههای آنها
- ۳-۹ روشهای قیمت گذاری گاز طبیعی

۱۰- اقتصاد ذغال سنگ

- ۱-۱۰ تعاریف اولیه، ترکیبات ذغالسنگ، خصوصیات و معیارهای طبقه‌بندی ذغالسنگ
- ۲-۱۰ روشهای فنی استفاده و فرآورش ذغالسنگ و هزینه‌های آنها
- ۳-۱۰ تجارت بین‌المللی ذغالسنگ و قیمت‌گذاری ذغالسنگ

۱۱- انرژی هسته‌ای

- ۱-۱۱ مبانی شکافت و گداحت هسته‌ای
- ۲-۱۱ مبانی فیزیک راکتور
- ۳-۱۱ تکنولوژیهای راکتورهای هسته‌ای
- ۴-۱۱ ایمنی نیروگاه هسته‌ای
- ۵-۱۱ چرخه سوخت هسته‌ای
- ۶-۱۱ توسعه انرژی هسته‌ای

۱۲- منابع انرژی تجدیدپذیر

- ۱-۱۲ انواع انرژیهای تجدیدپذیر
- ۲-۱۲ انرژی خورشیدی
- روشهای فنی بهره‌برداری از انرژی خورشیدی و هزینه‌های آن
- ۳-۱۲ انرژی باد
- روشهای فنی بهره‌برداری از انرژی باد و هزینه‌های آن
- ۴-۱۲ پتانسیل آبی
- ۵-۱۲ بیوماس
- ۶-۱۲ حرارت محیط
- ۷-۱۲ زمین‌گرمایی

۱۳- اقتصاد برق

- ۱-۱۳ مبانی تعارف اولیه
- ۲-۱۳ تکنولوژیهای نیروگاه



۳-۱۳ اقتصاد برق در جهان و ایران

۱۴- انرژی و محیط زیست

۱-۱۴ آلودگی‌های ناشی از تولید و مصرف انرژی

۲-۱۴ پخش و انباشت مواد آلاینده

۳-۱۴ تأثیرات آلاینده‌ها بر سلامتی انسان و محیط زیست

۴-۱۴ روشهای اولیه و ثانویه کنترل آلودگی محیط زیست

۵-۱۴ روشهای سالم‌سازی محیط زیست

۶-۱۴ هزینه‌های اجتماعی آلودگی محیط زیست و روشهای برآورد آنها

۱۵- خط مشی انرژی

۱-۱۵ ساختار سلسله مراتبی مدیریت انرژی

۲-۱۵ خط مشی کاربرد منطقی انرژی

۳-۱۵ خط مشی بهینه‌سازی انرژی

۴-۱۵ سیاستهای بلندمدت و کوتاه‌مدت انرژی

۵-۱۵ ارتباطات خط مشی مدیریت انرژی در سطح کلان و خرد با یکدیگر



برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته

ردیف: ۱۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: محاسبات عددی پیشرفته و ریاضیات مهندسی

هدف: تسلط به روش‌های بهینه‌سازی و آشنائی با کاربرد آنها در امور مدل‌سازی

سرفصل دروس:

۱- تنظیم و فرموله کردن مدل بهینه‌سازی

۲- برنامه‌ریزی خطی

مدل برنامه‌ریزی خطی، روش سمپلکس، هندسه روش سمپلکس، برنامه ثانویه، برنامه‌ریزی خطی پارامتریک، تحلیل حساسیت‌ها، برنامه اولیه و ثانویه مسائل انتقال (Transportation)، برنامه‌ریزی خطی سیستم‌های بزرگ (Multidivisionnal) و چند دوره زمانی (Multi-period)، روش تجزیه مدل‌های بزرگ (Decomposition)

۳- برنامه‌ریزی اعداد صحیح و ترکیبی

مسائل برنامه‌ریزی اعداد صحیح و ترکیبی (Mixed Interger)، روش‌های حل مسائل برنامه‌ریزی اعداد صحیح

۴- برنامه‌ریزی غیرخطی

مبانی برنامه‌ریزی غیرخطی، شرایط Kuhn-Tucker، روش‌های حل مدل‌های غیرخطی

۵- مدل‌های کنترل بهینه

مدل‌های کنترل بهینه با شرایط اولیه، روش‌های حل مدل‌های کنترل بهینه

۶- حل تمرین با نرم افزار GAMS

1- Katta G. Jurty

Linear and Combinational Programming

2- M.D. Intrilligator

" Mathematical Optimization and Economic Theory "

Prentic - Hall Inc./ Englewood Cliffs/N.J.



مهندسی فرآیند

تعداد واحد : ۳

ردیف : ۱۳

نوع واحد : نظری

پیشنیاز :

هدف :

۱- تشریح مهمترین پارامترهای مربوط به خصوصیات و مصرف انرژی‌های اولیه و ثانویه، با تاکید بر محاسبات مربوط به فرآیند احتراق

۲- آشنائی با سیکل‌های حرارتی و روش‌شناسی ارزیابی سیکل‌های حرارتی

سرفصل دروس :

۱- آزمایشات (اندازه‌گیری‌های سوخت)

شامل انجام آزمایشات متفاوت برای اندازه‌گیری پارامترهای خاص در سوخت‌ها از قبیل آزمایش اندازه‌گیری ارزش حرارتی، اندازه‌گیری پارامترهای چگالی، گران روی، نقطه اشتعال، عدد اکتان، عدد سیتان و اندیکس دیزل، اندازه‌گیری کربن باقیمانده، تشریح دستگاههای اندازه‌گیری، برای سوخت‌های گازی، آزمایشات مربوط به جذب فیزیکی و جذب شیمیایی و تشریح دستگاههای اندازه‌گیری مربوطه.

۲- تبدیل انرژی بوسیله احتراق

شامل احتراق سوخت‌های گاز، مایع و جامد، طراحی مشعل‌های گازی و نفتی، تجهیزات احتراق شامل دیگ‌ها، کوره‌ها، موتورهای احتراق داخلی و کنترل سیستم‌های احتراق، تبدیل مستقیم انرژی شامل تبدیل مستقیم انرژی حرارتی به الکتریکی و انرژی شیمیایی به الکتریکی.

۳- سیکل حرارتی استفاده از انرژی هسته‌ای

نیروگاههای حرارتی، نیروگاههای زاینده سریع، نیروگاهها با دمای بالا، گداخت هسته‌ای



۴- سیکل‌های حرارتی انرژی خورشیدی

سیستم‌های گرمایش، سیستم‌های بهم‌پیوسته گرمایش و سرمایش، انواع نیروگاههای خورشیدی.

۵- سیکل‌های حرارتی سیستم‌های تبدیل انرژی

انواع نیروگاههای حرارتی

۶- محاسبات در سوخت و انرژی

شامل تعریف واحدها، برآورد خصوصیت‌های سوخت با توجه به نتایج آزمایشات، توازن جرم و انرژی، استوکیومتری در احتراق، برآورد حجم هوای لازم برای احتراق و برآورد ترکیب سوخت از طریق آنالیز مواد حاصل از احتراق، برآورد راندمان حرارتی دیگ‌ها و کوره‌ها، برآورد احجام و مقادیر سوخت و هوا و تلفات حرارتی در نیروگاههای حرارتی.

منابع :

- 1- J.H. Harker + J.R. Backhurst
Fuel & Energy
Academic Press, 1981, U.K.
- 2- W. Francis & M.C. Peters
Fuel & Fuel Technology
Second Edition
Pergamon Press, 1980, U.K.
- 3- J.W. Rose
J.R. Cooper
Technical Data on Fuel
Seventh Edition, 1977, British National Committee
World Energy Conference
- 4- M.M. El. WAK.L, second print
Power Plant Technology
1988, Mc. Graw- Hill international Editions.



قابلیت اطمینان و تحلیل ریسک

ردیف: ۱۴

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: آمار و احتمال مهندسی

هدف: مراحل مختلف انتخاب، طراحی و ساخت سیستمهای انرژی متضمن پذیرش انواع ریسکها و سپس در مرحله بهره‌برداری، انتظار عملکرد موثق و ایمن از آنها وجود دارد. هدف اصلی از ارائه این درس - آشنایی دانشجویان با مبانی تحلیلی کاربرد دیدگاه تصادفی و احتمالاتی در طراحی و تحلیل سیستمهای مهندسی انرژی است.

سرفصل دروس:

۱- مقدمه

مروری سریع بر متغیرهای تصادفی، توزیع‌های معروف احتمالی پیوسته و گسسته، توابع توزیع چند متغیره، تجزیه و تحلیل مدل‌های اساسی فرآیندهای تصادفی (قدم‌زدن تصادفی (یک‌بعدی)، فرآیند پواسون، زنجیرها و فرآیندهای مارکف، فرآیندهای احیاء)



۲- تعاریف و مفاهیم اولیه قابلیت اعتماد

قابلیت اعتماد، شاخصهای قابلیت اعتماد و کاربردهای آن در سیستمهای مهندسی

۳- قابلیت اعتماد

قابلیت اعتماد یک جزء (قطعه) از سیستم به قطعات غیر قابل تغییر، قطعات قابل تعمیر، قابلیت اطمینان با نگهداری پیشگیرانه (Preventive Maintenance)، مدل‌های خطر (Hazard Models) و توابع خطر (Bath Tube)

۴- قابلیت اعتماد یک سیستم

۱-۴ روشهای شبکه مشتمل بر مقدمات اولیه، دیاگرامهای منطقی، ساختارهای یکنواخت

(Structures Monotonic)، قابلیت اعتماد ساختارهای سری - موازی، روش تجزیه (Decomposition)
(برای ساختارهای غیرسری - موازی)، روشهای حداقل گره و برش (Minimal Tic-Cut Method)
۲-۴ روش فضای حالت شامل نمایش وضعیات سیستم، وضعیتهای ترکیبی
(Combining States)، تحلیل اثرات خرابی (Failure Effect Analysis)، روش شمارش وضعیات
(State Enumeration Method)، کاربرد روش فضای حالت در سیستمهای بازمانهای تعمیر غیرنمایی،
سیستمهای فرعی و یدکی (Systems Standby) و سیستمهای غیرقابل تعمیر.

۵- مفاهیم و تعاریف اولیه ریسک

ریسک و اهمیت آن در ارزیابی و تصمیم‌گیری پیرامون پروژه‌های مهندسی

۶- بررسی مدل‌های ریسک، مشتمل بر

۱-۶ نمایش توابع توزیع احتمال بر حسب CIM

(Controlled Interval & Memory)

۲-۶ دیاگرام‌های درخت خطا (Fault-Tree Analysis)

۳-۶ روشهای PERT و GERT

۷- کاربرد مدل‌های ریسک در تصمیم‌گیری مصالحه‌ای (Trade-Off)

بین چندین هدف:

۱-۷ روش Cognitive Mapping

۲-۷ Contingency Response Analysis

۳-۷ Risk Level Model

منابع و مراجع پیشنهادی



1- by : Cooper P., Chapman c.

Risk Analysis for Large Projects models, methods, cases.

John Wiley & Sons, 1987.

2- Chieken, J.C.

Hayns The Risk Rankig Technique in Decision Making

M.R.Pergamon Press 1989.

3- Gendenko, B.V., et al

Mathematical Methods of Reliability Theory

Academic Press, New York, 1969.

4- John Wiley & Sons Systems

Reliability Modelling in Electric Power Endrenyi 1978.



مبانی اقتصاد



ردیف: ۱۵

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ندارد

هدف: آشنائی دانشجویان با اصول و مبانی علمی اقتصاد در زمینه‌های خرد و کلان

سرفصل دروس: (۵۱ ساعت)

۱- مقدمه

تعریف علم اقتصاد، ابزارهای تجزیه و تحلیل اقتصادی، عرضه و تقاضا و بازار، دولت در اقتصاد مختلط

۲- اقتصاد خرد

اثرات قیمت و درآمد بر مقادیر تقاضا، تئوری انتخاب مصرف کننده، تئوری رفتار بنگاه، تئوری عرضه (هزینه‌ها و تولید بنگاه)، ساختار بازار در حالت رقابت کامل و انحصار کامل، ساختار بازار و رقابت ناقص، تجزیه و تحلیل بازار عوامل (نیروی کار و سرمایه)

۳- مباحثی از اقتصاد رفاه

کارایی پارتیو، شکست بازار، اثرات خارجی، مالیات و مخارج دولت، سیاست رقابتی و سیاست صنعتی، ملی کردن و خصوصی سازی، تعادل عمومی

۴- اقتصاد کلان

محاسبه حسابهای ملی، تعیین درآمد ملی، تقاضای کل و سیاست مالی و تجارت خارجی، پول و بانک، سیاستهای پولی و مالی، کل و سطح قیمت‌ها و سرعت تعدیل، بیکاری، تورم، اقتصاد کلان یک اقتصاد باز، بازار نرخ ارز، تراز پرداخت‌ها، تعدیل داخلی و خارجی، سیاست‌های پولی و مالی در نظام‌های ارزی ثابت و شناور

۵- مباحثی از اقتصاد رشد

مفهوم رشد و دانش فنی، رشد از طریق پیشرفت فنی، تئوریهای سیکل تجاری

۶- مباحثی از اقتصاد بین الملل

تجارت بین الملل و سیاست های تجاری، سیستم پولی بین الملل، مسائل و مشکلات کشورهای در حال توسعه

ماخذ:

Begg, D; Fischer, S; Dornbusch,R
(1994) : Economics (Fourth Edition),
Mc. Graw-Hill,



مدل سازی انرژی

تعداد واحد : ۳ ردیف : ۱-۱

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : ۱- تحلیل سیستم‌های انرژی ۲- برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته

هدف :

۱- آشنائی با مفاهیم بنیادی برنامه‌ریزی و روشهای برنامه‌ریزی

۲- آشنائی با روش‌شناسی توسعه مدل‌های انرژی بعنوان ابزارهای تحلیلی انرژی

۳- کاربرد مدل‌های انرژی



سرفصل دروس :

۱- مقدمه‌ای بر مبانی سیستمها و پژوهش سیستمها

۲- برنامه‌ریزی انرژی، تشریح مبانی برنامه‌ریزی و کاربرد روش تحلیل سیستمها در عرصه برنامه‌ریزی انرژی

۳- مدل‌های تقاضای انرژی

۱-۲ روش‌شناسی توسعه مدل‌های اقتصادسنجی و تحلیل تحولات تقاضای انرژی به کمک آنها

۲-۲ روش‌شناسی توسعه مدل‌های شبیه‌سازی و مهندسی و کاربرد آنها

۴- مدل بهینه سیستم عرضه انرژی

۱-۴ روش‌شناسی توسعه مدل‌های بهینه‌سازی تک سوختی

۲-۴ روش‌شناسی توسعه مدل‌های بهینه‌سازی سیستم عرضه انرژی

۵- مدل انرژی - اقتصاد

۱-۵ مدل‌های مبتنی بر بهینه‌سازی (Optimization) و تعادل کلی (General Equilibrium)

۶- مدل‌های انرژی - محیط زیست - اقتصاد

- ۱-۶ مدل‌های بهم‌پیوسته
- ۲-۶ مجموعه مدل‌های انرژی - اقتصادی - محیط زیست
- ۳-۶ مدل‌های بهینه‌سازی چندمعیاری

۷- مدل‌های نامعین (Non-Deterministic)

- ۱-۷ روش‌های تحلیل عدم قطعیت‌ها
- ۲-۷ مدل‌های احتمالی (stochastic)
- ۳-۷ مدل‌های منطبق بر منطق فازی

۸- کاربرد مدل‌های انرژی

- این فصل مربوط به کار عملی است و لازم است کاربرد مدل‌های زیر آموزش داده شود.
- ۱-۸ توسعه مدل تقاضای انرژی مبتنی بر اقتصادسنجی و ارزیابی کشش‌های انرژی
 - ۲-۸ کاربرد مدل تقاضای انرژی (MADE-II)
 - ۳-۸ کاربرد مدل سیستم عرضه انرژی (MESSAGE-III)
 - ۴-۸ کاربرد مدل کنترل بهینه بهره‌برداری از منابع انرژی فسیلی (OCM)
 - ۵-۸ کاربرد مدل تاثیر قیمت‌های انرژی بر اقتصاد (EPI)



گرایش سیستم‌های انرژی



انرژی و محیط زیست

ردیف: ۲-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: ۱- تحلیل سیستم‌های انرژی

هدف:

- ۱- آشنائی با روشهای ارزیابی آثار تولید و مصرف انرژی بر محیط زیست
 - ۲- تسلط بر روش‌های ارزیابی تاثیرات سیاست حفاظت از محیط زیست بر توسعه بخش انرژی و اقتصاد
- سرفصل دروس:

۱- مقدمه

۱-۱ انرژی و محیط زیست

۲-۱ آلودگی محیط زیست

۳-۱ هدف حفاظت از محیط زیست

۲- تراز تشعشعات و موادگازی در جو زمین

۳- تراز انرژی زمین و چرخه مواد در جو زمین

۱-۳ چرخه کربن

۲-۳ چرخه اکسیژن و ازن

۳-۳ چرخه ازت

۴-۳ چرخه آب

۵-۳ چرخه مواد دیگر

۴- دخالت در چرخه مواد

۱-۴ دی اکسید کربن

۲-۴ ازن

۳-۴ سایر موادگازی



۵- گازهای اتمسفر و آب و هوا

- ۱-۵ تاثیرات متقابل شیمیایی و آب و هوایی
- ۲-۵ تغییرات دما
- ۳-۵ تاثیرات آلودگی بر موجودات زنده
- ۴-۵ تاثیرات زنجیره‌ای آلودگی بر جنگلها

۶- انرژی و مواد آلاینده

- ۱-۶ پخش، انتقال و انباشت مواد آلاینده در هنگام تولید، انتقال و مصرف
- ۲-۶ پخش، اکسیدهای کربن، ازت، گوگرد، هیدروکربورها، سرب و گرد و غبار
- ۳-۶ عوامل موثر بر پخش آلاینده‌ها در هنگام تولید، انتقال و مصرف حاملهای انرژی

۷- کنترل پخش مواد آلاینده در بخش انرژی

- ۱-۷ کنترل اولیه شامل اصلاح سوختها و تغییر ساختار تولید و مصرف انرژی
- ۲-۷ کنترل ثانویه پخش مواد آلاینده و انواع تکنولوژیهای زدایش مواد آلاینده
- ۳-۷ کاربرد منطقی انرژی و پخش مواد آلاینده

۸- تحلیل ریسک ناشی از آلودگی محیطزیست

- ۱-۸ ترسیم درخت حوادث ناشی از آلودگی محیطزیست
- ۲-۸ ارزیابی احتمال وقوع حوادث ناشی از آلودگی محیطزیست
- ۳-۸ ارزیابی پیامدهای حوادث ناشی از آلودگی محیطزیست
- ۴-۸ برآورد ریسک ناشی از تولید و مصرف انرژی

۹- هزینه‌های بیرونی (External costs) بخش انرژی

- ۱-۹ هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی آلودگی محیطزیست
- ۲-۹ هزینه کنترل پخش مواد آلاینده
- ۳-۹ محیط زیست بعنوان یک عامل تولید
- ۴-۹ داخلی کردن (Intenalizing) هزینه‌های بیرونی



توسعه بهینه سیستم‌های انرژی الکتریکی

ردیف: ۳-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: تحلیل سیستم‌های انرژی، محاسبات عددی پیشرفته و مبانی اقتصاد

هدف: آشنایی با برنامه‌ریزی تولید، انتقال و توزیع سیستم برق‌رسانی

سرفصل دروس:

۱- برنامه‌ریزی برق بخشی از برنامه‌ریزی انرژی

۱-۱ مراحل برنامه‌ریزی انرژی

۲-۱ برآورد تقاضای انرژی

۳-۱ ارزیابی منابع انرژی

۴-۱ ارزیابی تکنولوژیهای عرضه انرژی

۵-۱ تحلیل بهم‌پیوسته بخش انرژی

۲- برنامه‌ریزی سیستم برق

۱-۲ مفاهیم اولیه برنامه‌ریزی سیستم برق

۲-۲ موارد برنامه‌ریزی سیستم برق

۳- برآورد تقاضای بار و انرژی

۱-۳ اصول برآورد و ارزش برآورد دقیقتر

۲-۳ روش‌های برآورد

۴- محاسبات اقتصادی تولید برق

۱-۴ ارزش زمانی پول و فرمول سود

۲-۴ تورم، افزایش بها و نرخ تنزیلی



۳-۴ استهلاك

۴-۴ معيارهاى ارزىابى پروژه

۵-۴ تعريف هزينه‌هاى برق و هزينه سيكل سوخت هسته‌اى

۶-۴ هزينه يكنواخت توليد برق

۷-۴ عوامل موثر بر هزينه عرضه برق

۸-۴ تحليل عدم اطمينان

۹-۴ تحليل هزينه، توليد و انتخاب نوع نيروگاه

۵- هزينه‌هاى نهايى برق

۱-۵ هزينه نهايى کوتاه‌مدت و بلندمدت

۲-۵ هزينه نهايى با ظرفيت ثابت

۳-۵ هزينه نهايى با تقاضاى متغير: بارپيك

۴-۵ اثر تامين بار با سيستم ذخيره بر هزينه نهايى

۵-۵ قيمت زمان استفاده (Time-of-use)

۶- قابليت اطمينان سيستم توليد برق

۱-۶ اندازه‌گيرى قابليت اطمينان سيستم قدرت

۲-۶ عوامل موثر بر قابليت اطمينان

۳-۶ ارزش قابليت اطمينان و نحوه ارزىابى آنها

۷- برنامه‌ريزى سيستم برق آبي

۱-۷ مباني نيروگاههاى آبي

۲-۷ ويژگيهاى نيروگاههاى آبي

۳-۷ مدلهاى تصادفى جريان آب

۴-۷ تعيين خط مشى عملياتى سيستم و ارزىابى قابليت اطمينان پيك



۸- عوامل موثر بر توسعه سیستم برق

- ۱-۸ نوع نیروگاهها
- ۲-۸ عملیات نیروگاهها و مدیریت بار
- ۳-۸ عوامل زیست محیطی، ایمنی، تاثیرات اقتصادی و اجتماعی

۹- مدل‌های تحلیل سیستم برق

- ۱-۹ روشهای مدلسازی
 - ۲-۹ مدل‌های توسعه برق
- (CERES, PROMOD, PRcost, MNI, EGEAS, OGP, WASP, ...)

۱۰- برنامه‌ریزی سیستم انتقال و توزیع

- ۱-۱۰ برنامه‌ریزی منطقه‌ای سیستم برق
- ۲-۱۰ ویژگیهای سیستم انتقال و توزیع
- ۳-۱۰ انعکاس سیستمهای انتقال و توزیع در مدل‌های توسعه سیستم

مراجع:

- 1- " Expansion Planning for Electrical Generation Systems ".
International Atomic Energy Agency, 1984
- 2- T.G. Weyman-Jones(1986)
" The Economics of Energy Policy "
Gower Publishing Company



اقتصاد منابع انرژی پایان پذیر

ردیف: ۴-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: کنترل بهینه سیستم‌های اقتصادی

هدف:

۱- آشنایی با مسائل منابع پایا پذیر، بویژه منابع انرژیهای فسیلی

۲- آشنایی با روش ارزیابی از بهره‌برداری بهینه از منابع پایان پذیر

سرفصل دروس:

۱- تخصیص منابع

مفهوم تعادل، تعادل در اقتصاد با رقابت آزاد، تعادل و بازده Pareto

۲- هزینه‌های بیرونی (Externalities)

تعادل بازار و بازده Pareto، بازار و هزینه‌های بیرونی، منابع با مالکیت عام.

۳- تعادل در طی زمان (Intertemporal Equilibrium)

ارجحیت سازگار، کالاهای بادوام، بازارهای آتی.

۴- منابع تجدید پذیر، مدل‌های اکولوژیکی و زیست محیطی

نمودارهای رشد جمعیت، بهره‌برداری در غیاب کنترل، ارزش کنونی حداکثر کردن سود، خط‌مشی کنترل بهینه.

۵- مقدمه‌ای بر منابع پایان پذیر

استخراج در یک صنعت واحد، منابع پایان پذیر ملی، پایان پذیری در زمان محدود، پایان پذیری منابع و تحقیق و توسعه

۶- استخراج منابع پایان پذیر

امکانات تولید و برنامه‌های بین‌زمانی، منابع پایان پذیر ضروری و غیر ضروری، بازده ایستا، برنامه‌های کارا و



غیرکارا، نرخ برگشت اجتماعی و سرمایه گذاری

۷- قابلیت اندازه گیری، مقایسه و تجمع رفاه بین نسلی
مکانیزم بازار و توزیع بین نسلی رفاه، تئوری بهره‌مندی کلاسیک.
وجود بهره‌برداری بهینه (Existence of Utility Optimum)

۸- بهره‌برداری از منابع پایان پذیر
برنامه‌های Max-Min، بهینه بهره‌مندی (Utilitarian Optimum)

۹- رقابت ناکامل و منابع پایان پذیر
انحصار، نقش کشش تقاضا، هزینه استخراج و انحصار، Monopsony، کارتل

۱۰- مالیات منابع پایان پذیر
مالیات فروش، مالیات سود، Royalty



۱۱- عدم اطمینان، اطلاعات و ریسک تخصیص
ریسک ارزش اطلاعات انواع عدم اطمینان، ارزش انتخاب، برنامه در شرایط عدم اطمینان

۱۲- عدم اطمینان و تخصیص منابع
تولید اطلاعات: تحقیق و توسعه، عدم اطمینان در مورد ذخایر و ارزش اجتماعی اکتشاف، انگیزه‌های بخش خصوصی برای اکتشاف

۱۳- حرکت قیمت‌ها در بازار منابع
هزینه‌های بیرونی (Externalities)، نبود بازار آبی، ریسک، قیمت نفت، تاثیر نرخ سود.

مراجع:

1- P.S.Dasguta & G.M.Heal

" Economic Theory & Exhaustible Resources "

Cambridge University Press, 1979.

بهبود سازی جریان اگزوزی

ردیف: ۵-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف:

سرفصل دروس:

۱- مقدمه

۲- کیفیت انرژی

۱-۲ مثالهای فیزیکی

۲-۲ تعاریف بنیانی

۳-۲ مفاهیم قانون دوم

۴-۲ نمودارهای دما-انترپی

۵-۲ اگزوزی حرارت

۶-۲ اگزوزی جریانهای فرآیند

۷-۲ تحلیل اگزوزی

۳- تحلیل اگزوزی عملیات یک واحد ساده

۱-۳ تغییر اگزوزی از انتالپی

۲-۳ روش برخورد "Across the Unit"

۳-۳ فرمول دما

۴-۳ فرمول فشار

۵-۳ فرمول اختلاط و تفکیک

۶-۳ کاربردهای اگزوزی

۷-۳ بازده قانون دوم



۴- واکنشها و واکنشگرها

۱-۴ مفاهیم واکنشها

۲-۴ تراز اگزردی واکنشگرها

۵- تلفات جبران پذیر و گریزناپذیر

۱-۵ تلفات گریزناپذیر در واکنشگرها

۲-۵ تلفات گریزناپذیر ناشی از عوامل بدیهی

۳-۵ تلفات لازم برای محدود نمودن هزینه سرمایه‌ای



تکنولوژی PINCH

ردیف: ۱-۶

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف: آشنائی با مبانی و نحوه کاربرد تکنولوژی Pinch

سرفصل دروس:

۱- تبیین بهم تنیدگی پروسه‌ها

۲- تعیین نقاط انرژی در شبکه‌های مبدل‌های حرارتی
(Energy Targeting of Heat Exchanger NetWorks)

۱-۲ مبانی بازیافت حرارت

۲-۲ بازیافت حرارت در فرایندهای چندجریانی

۳-۲ Pinch بازیافت حرارت

۳- طراحی نقاط انرژی (Design for Energy Target)

۱-۳ دیاگرام شبکه مبدل حرارتی

۲-۳ روش طراحی Pinch

۳-۳ مسائل بحرانی (Threshold)

۴-۳ Pinch های چندگانه

۴- هزینه کل تعیین نقاط شبکه‌های مبدل حرارتی

۱-۴ مقدمه‌ای بر هزینه کل

۲-۴ هدف گذاری برای حداقل هزینه کل



۵- طراحی با حداقل هزینه کل

- ۱-۵ تفکیک جریان
- ۲-۵ ترسیم نیروی محرکه
- ۳-۵ تحلیل بقیه مسائل
- ۴-۵ مراحل طراحی شبکه
- ۵-۵ بهینه‌سازی شبکه
- ۶-۵ Topology Trap
- ۷-۵ طراحی با مواد مختلط

۶- ترکیب شبکه و طراحی تجهیزات

- ۱-۶ اهمیت ملحوظ نمودن افت فشار در شبکه‌سازی
- ۲-۶ برآورد سطح شبکه با استفاده از افت فشار جریان
- ۳-۶ الگوریتم سطح منعطف

۷- Retrofit شبکه‌های مبدل حرارتی

- ۱-۷ مسائل Retrofit
- ۲-۷ مشخصه‌های اطلاعاتی
- ۳-۷ هدف‌گذاری Retrofit
- ۴-۷ فلسفه و ابزار طراحی Retrofit
- ۵-۷ روش طراحی Retrofit
- ۶-۷ استفاده از افزایش انتقال حرارت در Retrofit



اقتصادسنجی

ردیف: ۷-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: اقتصاد خرد و اقتصاد کلان

هدف: آشنائی با روشهای تخمین تک معادله و استنتاج آماری و استفاده علمی از این روشها

سرفصل دروس:

مقدمات آماری، تخمین الگوی ساده یک متغیره، آزمون فرض در الگوی یک متغیره، تخمین الگوی خطی عمومی و آزمون فرض در مورد پارامترها، مسائل موجود در تخمین خطی، همبستگی زمانی جملات خطا، عدم وجود واریانس ثابت و روشهای رفع اینگونه مسائل، کاربرد متغیرهای کمکی، روش حداقل مربعات تعمیم یافته، خطا در متغیرهای مستقل. معرفی نرم افزارهای بهنگام در مورد تخمین و تجزیه و تحلیل اقتصادسنجی.

منابع:

Robert S. Pindyck and Daniel L. Rubinfeld

" Econometric models and Economic Forecasts "

Mc Graw, Hill Company



انرژی و اقتصاد

ردیف: ۸-۱

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته

هدف: ۱- آشنائی با روش‌های بهینه‌سازی و کاربرد آنها در جهت تخصیص بهینه منابع اقتصادی و فنی

در طی زمان

۲- آشنائی با مدل‌های بهینه‌سازی انرژی و اقتصاد

سرفصل دروس:

۱- تخصیص بهینه منابع، تشریح مفاهیم بنیانی

۲- بهینه‌سازی ایستا،

۱-۲ برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی

۲-۲ تئوری بازی

۳- کاربرد بهینه‌سازی ایستا

۱-۳ تئوری خانوار

۲-۳ تئوری بنگاه

۳-۳ تعادل کلی

۴- بهینه‌سازی پویا

۱-۴ مسائل کنترل

۲-۴ محاسبه تغییرات

۳-۴ برنامه‌ریزی پویا

۴-۴ اصول ماکزیمم

۵-۴ تئوری بازی دیفرانسیل



۵- مدل بهینه‌سازی انرژی - اقتصاد

۱-۵ رشد بهینه اقتصاد

۲-۵ بهره‌برداری بهینه از منابع پایان پذیر

۳-۵ هزینه‌های اجتماعی انرژی (Social Costs)

۴-۵ مدل کنترل بهینه انرژی - اقتصاد

مراجع

1- M.D. Intrilligator

" Mathematical Optimization and Economic Theory"

Prentice - Hall Inc./ Englewood Cliffs/N.J.



گرایش تکنولوژیهای انرژی



تکنولوژیهای نیروگاههای بادی، آبی، بیوماس و امواج

تعداد واحد : ۳

ردیف : ۱-۲

نوع واحد :

پیشنیاز :

هدف :



تئوری و تبدیل انرژی باد

کلیات مربوط به باد و انرژی باد، تاریخچه استفاده از انرژی باد و توربین‌های بادی باد از دیدگاه هواشناسی، انواع مختلف دستگاههای باسنجی، بادنگاری و Data Loggerها، مدل‌های آماری سرعت و جهت باد، انواع مختلف سیستمهای بادی و تجارت کشورهای مختلف برای تولید برق و آبکشی، ساختمان توربین‌های بادی با محور چرخش افقی و قائم، استفاده از توربین‌های بادی برای تولید برق (نیروگاههای بادی متداول)، نکات فنی و اقتصادی توربین‌ها و نیروگاههای بادی.

منابع

- 1- Gary L. Johson, Wind Energy Systems, 2nd Edition.
- 2- Jens - peter Molly, Windenergie, Verlag C.F.Muller Karlsruhe, 1990.
- ۳- انرژی بادی و کاربرد آن در کشاورزی، تالیف، دکتر محمود ثقفی از انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۷۲.

تبدیل و انتقال انرژی آب و امواج دریاها

کلیات مربوط به دریاها و امواج، اختلاف حرارت در سطح داخلی آب اقیانوسها، سیکل باز یا Clavd - تغییرات سیکل باز OTEC، سیکل بسته یا Anderson - نوآوریهای جدید در سیکل OTEC، خواص و مدل‌های امواج دریایی، مدل‌های خطی، مدل‌های غیرخطی و مدل‌های آماری، تغییرات امواج، انعکاس، انکسار و تداخل امواج

- تکنیک‌های اساسی در تبدیل انرژی امواج شامل :

۱- شناورهای نوسان کننده عمودی و زاویه‌ای (Heaving & pitching Bodies)

۲- نوسان کننده‌های مخزنی (Cavity Resonators)

۳- محفظه‌های تحت فشار (Pressure Devices)

۴- مبدل‌های رفتی و برگشتی ضربه‌گیر (Surging Ware Energy Convertors)

۵- مبدل‌های پروانه‌ای ضربه‌گیر (Particle Motion Convertors)

- تکنیک‌های پیشرفته در تبدیل انرژی امواج شامل :

۱- روش بادامکهای سالتری (Saher's Nodding Duck)

۲- تخته شناورهای کالرل (Cockerell's Rafts)

۳- یکسوکننده‌های راسل (Russell's Rectifiers)

۴- تکنیک‌های تمرکز امواج (Ware Focusing Technics)

- شیوه‌های انتقال و تبدیل انرژی امواج



مرجع

1- Ocean ware Energy Conversions, By: Michael E. Mc Cormick. John Wiley & Sons, New York 1981.

۲- مبانی دینامیک اقیانوسها، ترجمه دکتر پرویز مؤدب، انتشارات اطلاعات، تهران ۱۳۶۶.

۳- موجهای دریا، تالیف ناخدا محمدحسین سلیم‌زاده، ۱۳۶۵.

بیوماس

تعریف کلی بیوماس، انواع بیوماس، تغییر غیرهوازی و هوازی واکنشهای میکروبی تغییر غیرهوازی، مکانیزم بیوشیمی و تولید گاز متان، طراحی مخازن هاضم و عوامل موثر محیطی در بازدهی مخازن تغییر بررسی پتانسیل مخازن هاضم در تجزیه غیرهوازی مواد آلی مختلف، بررسی اقتصاد مخازنها.

Methane Production from Waste Organic Matter, David, A. Stafford,
Dennis L.HawKes, Rex Horton.

تکنولوژی نیروگاههای حرارتی خورشیدی و هیدروژن خورشیدی

تعداد واحد : ۳

ردیف : ۲-۲

نوع واحد :

پیشنیاز :

هیدروژن خورشیدی

مفاهیم اساسی انرژی خورشیدی، تکنولوژیهای انرژی خورشیدی، روشهای انتقال انرژی خورشیدی و هیدروژن به مسافتهای دور، روشهای تولید انبوه هیدروژن از آب، ذخیره مقدار انبوه هیدروژن، مایع سازی هیدروژن، ویژگی مواد مورد استفاده در سیستم هیدروژن خورشیدی، کاربردهای هیدروژن، هیدروژن خورشیدی و محیط زیست، اقتصاد هیدروژن خورشیدی.

انرژی خورشیدی

مقدمه‌ای بر انتقال حرارت و تشعشع، تشعشع خورشیدی، تشعشع خورشیدی قابل دستیابی، محاسبه مقادیر، زاویه‌ها، دوره‌های فصلی و پتانسیل دریافت انرژی، مشخصه تشعشی مواد کدر، انتقال تشعشع از پوششها، تئوری کلکتورها، عملکرد انواع کلکتورها، ذخیره انرژی، محاسبات حرارتی سیستم خورشیدی، گرمایش خورشیدی فعال و غیرفعال، طراحی سیستمهای گرمایش خورشیدی، سرمایه‌گذاری خورشیدی، فرایندهای صنعتی خورشیدی، روشهای طراحی حرارتی خورشیدی، تبدیل انرژی گرمایی خورشید به انرژیهای دیگر.



مهندسی پالایش نفت

ردیف: ۲-۳

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:



۱- مقدمه

۱-۱- معرفی ترکیب نفت خام و برشهای نفتی

۱-۲- معرفی اجمالی فرآیندهای پالایش

۱-۳- تعریف پارامترهای تعیین کننده خواص فیزیکی و شیمیایی برشهای نفتی از جمله درجه API، فشار بخار Reid، منحنی تقطیر ASTM، TBP، انواع ویسکوزیته، نقطه جاری شدن و ابری شدن، میزان خاکستر، میزان گوگرد، اندیس اکتان و ستان، طبقه بندی انواع روغن موتور و غیره

۱-۴- معرفی روشهای محاسباتی جهت تعیین خواص نفت خام و برشهای نفتی از جمله محاسبه دانسیته، فشار بخار، نقطه بحرانی، ثابت تعادل، انتالپی، ظرفیت حرارتی، گرمای نهان تبخیر، ویسکوزیته و غیره.

۲- تقطیر آتمسفریک و تقطیر خلاء

۲-۱- شرح فرآیند

۲-۲- بررسی پارامترهای تعیین کننده در فرآیند و نحوه تأثیر آنها روی کیفیت محصولات

۲-۳- بررسی نقش واحدهای تثبیت کننده

۲-۴- ارائه روشهای محاسباتی سریع جهت طراحی اولیه

۳- واحدهای استخراج بکمک حلال

۳-۱- معرفی اجمالی اینگونه واحدها، موارد کاربرد، پارامترهای طراحی و انواع برجهای مورد استفاده

۳-۲- واحد تولید آروماتیکها از برشهای نفتی - شرح فرآیند، معرفی انواع حلالهای مورد استفاده، بررسی نحوه تأثیر متغیرهای عملیاتی روی کیفیت محصولات

۳-۳- واحد جداسازی آسفالت از برشهای سنگین - شرح فرآیند، موارد کاربرد و بررسی پارامترهای مؤثر روی جداسازی

۳-۴- واحد جداسازی آروماتیکها از روغن پایه - شرح فرآیند، انواع حلالهای مورد استفاده و مقایسه آنها از نظر کیفیت جداسازی، مزایای استفاده از دو حلال، نحوه بازیابی حلال

۴- کراکینگ حرارتی

۴-۱- مدلسازی سینتیکی فرآیند.

۴-۲- شرح فرآیند تولید هیدروکربورهای غیر اشباع و مقایسه مشخصات محصولات در شرایط مختلف عملیاتی

۴-۳- شرح فرآیند تولید بنزین از برشهای سنگین نفتی، بررسی کیفیت بنزین تولیدی و بررسی اثر متغیرهای عملیاتی روی کیفیت محصولات

۵- کراکینگ کاتالیستی

۵-۱- مدلسازی سینتیکی

۵-۲- معرفی انواع کاتالیزورهای مورد استفاده مکانیسم واکنش و بررسی اثر پارامترهای مؤثر بر روی عملکرد کاتالیست

۵-۳- مقایسه کیفیت محصولات واحدهای کراکینگ حرارتی و کراکینگ کاتالیستی

۵-۴- معرفی و شرح فرآیندهای متداول در صنایع پالایش و بررسی اثر متغیرهای عملیاتی مانند فشار، درجه حرارت و میزان برگشت روی کیفیت محصولات

۵-۵- بررسی دلایل تقلیل فعالیت کاتالیستها و روشهای جلوگیری از آن

۶- هیدروکراکینگ

۶-۱- مدلسازی ترمودینامیکی و سینتیکی

۶-۲- معرفی انواع کاتالیزورهای مورد استفاده، بررسی نقش هیدروژن و دیگر پارامترهای مؤثر بر روی واکنش

۶-۳- مقایسه کیفیت محصولات هیدروکراکینگ با دیگر واحدهای کراکینگ

۶-۴- معرفی و شرح فرآیند و بررسی اثر متغیرهای عملیاتی روی کیفیت محصولات

۶-۵- بررسی دلایل تقلیل فعالیت کاتالیستها و روشهای جلوگیری از آن

۷- تبدیل کاتالیستی

۷-۱- معرفی واکنشهای فرآیند و مدلسازی ترمودینامیکی و سینتیکی واکنش

۷-۲- معرفی انواع کاتالیزور و موارد کاربرد



۷-۳- شرح فرآیند و بررسی اثر متغیرهای عملیاتی روی کیفیت محصولات

۷-۴- بررسی پارامترهای مؤثر بر روی تقلیل فعالیت کاتالیستها

۸- هیدروژناسیون

۸-۱- بررسی ترمودینامیکی و سینتیکی فرآیند

۸-۲- بررسی و مقایسه انواع کاتالیزور مورد استفاده

۸-۳- موارد کاربرد

۸-۴- شرح فرآیند و بررسی اثر متغیرهای عملیاتی روی کیفیت محصولات



صنایع انرژی بر

ردیف: ۴-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

۱- مقدمه شامل سهم صنعت در مصرف حامل‌های انرژی در جهان و در ایران، مقایسه شدت انرژی و روند رشد مصرف انرژی در صنعت

۲- آشنایی با عملیات و فرآیندهای واحد انرژی بر شامل

- کوره‌ها و خشک‌کن‌ها

- تبخیرکننده‌ها

- برج‌های تقطیر

- خردکن‌ها

۲- آشنایی با تکنولوژی تولید و مصرف انرژی در

- صنایع کانی غیر فلزی (کاشی و سرامیک، شیشه و سیمان)

- صنایع کانی فلزی (صنایع آهن و فولاد، مس و آلومینیم)

- صنایع شیمیایی و پتروشیمی

- صنایع قند

- صنایع تولید خمیر و کاغذ

- صنایع نساجی

- نیروگاه‌ها



مراجع:

- 1) Shreve and Austin, "Chemical Process Industries" 5th Ed. Mc-Graw Hill, Hill, 1985.
- 2) Reay, D.A., "Industrial Energy Conservation" 2nd Ed. Pergamon Press 1979.

مصرف انرژی در مهندسی مواد

ردیف: ۵-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف: آشنایی با ارتباط انرژی و مواد و روشهای تحلیل آن

سرفصل دروس:

- ۱- مقدمه بر مواد ساده و مرکب و تغییرات فیزیکی و شیمیایی آنها
- ۲- بررسی آنتالپی و انرژی مواد در فرآیند تغییرات فیزیکی و شیمیایی
- ۳- تحلیل انرژی و انرژی مواد و روشهای محاسبه انرژی بری مواد
- ۴- مدل تهیه تراز انرژی و انرژی مواد با تأکید بر مواد انرژی بر
- ۵- تأثیر کاربرد مواد مرکب و متنوع بر مصرف انرژی در فرآیندها و تجهیزات
- ۶- تأثیرات کاربرد مواد مرکب بر افزایش بازده انرژی فرآیندها و تجهیزات فرآورش، تبدیل و انتقال

انرژی



بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت پیشرفته

ردیف: ۶-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف: آشنایی دانشجویان با روش‌های مختلف بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت

سرفصل درس:

- در مدار قرارگرفتن نیروگاهها Unit Commitment
- پخش بار اقتصادی Economic Dispatch با در نظر گرفتن تلفات خطوط تلفات
- نیروگاه‌های آبی و بررسی آن در پخش بار اقتصادی Hydro Thermal planning
- تبادل اقتصادی انرژی بین سیستم‌های بهم پیوسته
- روش‌های پیشرفته و سریع پخش بار Decoupled and fast Decoupled
- تخمین حالت استاتیک Static State Estimation
- نظارت سیستم‌های قدرت Power System Monitoring
- بررسی حساسیت سیستم‌های قدرت Sensivity Analysis
- بررسی حالت‌های اضطراری Contingency Analysis

مراجع

- 1- Allen C. Wood, Power maintenapce, Operation and control
- 2- Kirchmayer : Economic Operation of Power System
- 3- Nagrath and kuttam, Modern Power System Analysis



سیستمای توزیع انرژی الکتریکی

ردیف: ۷-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف:

سرفصل دروس:

- تاریخچه مختصر
- میزان سرمایه گذاری در بخش توزیع (مسائل اقتصادی)
- تقسیم بندی سیستمهای توزیع (اروپایی - آمریکایی)
- تقسیم بندی سیستمهای توزیع (شعاعی - حلقوی - شبکه ای)
- آشنایی با مسائل بهره برداری و اصلاح شبکه های توزیع (آشنایی با مسائل طراحی و گسترش شبکه ای توزیع)
- آشنایی با اتوماسیون در توزیع
- الف - آشنایی با روشهای بهینه سازی و نتیجه گیری
- ب - مشخصات بار
- تعاریف پایه (دیموند - ضرایب بار - همزمانی)
- پیش بینی بار و تخمین بار (Load Forecasting & Load Estimation)
- اندازه گیری (Metering)
- پ - ترنسفر و ماتورهای توزیع
- یادآوری مختصر روابط ترانس
- انواع اتصالات ترانسهای توزیع و مواد استفاده
- پارالل کردن ترانسها - شرایط و مزایا
- ت - محاسبات افت ولتاژ و تلفات توان
- خازن گذاری
- تغییر ساختار Reconfiguration



ث - حفاظت سیستمهای توزیع

ج - پستهای توزیع

- تجهیزات توزیع

- جایابی پست (روشهای کلاسیک و هوشمند)

محاسبه مقادیر نامی تجهیزات

چ - طراحی سیستمهای اولیه Primary Systems

- انواع (هوایی - زیرزمینی)

- محاسبات (روشهای کلاسیک و هوشمند)

ح - طراحی سیستمهای ثانویه Secondary Systems

- انواع و تجهیزات

- محاسبه TAC (Total Annual Cost)

- بارها و ولتاژهای نامتعادل

خ - قابلیت اطمینان سیستمهای توزیع

- روشهای اندازه گیری

- روشهای محاسباتی (کلاسیک و هوشمند)

مراجع

1- T. Gonen

" Electric Power Distribution System Engineering "

2 nd ed, Mc Graw - Hill, 1987.

2- A.J.Pansini

" Electrical Distribution Engineering "

2 nd ed, Mc Graw - Hill, 1988.

3- A.S. Pable

" Electric Power Distribution Systems "

2 nd ed, Mc Graw - Hill, NewDellzi, 1987.



4- J.J.Burke

" Power Distribution Engineering - Fundamentals and Application "

1st ed, Marcel Dekker, In., 1994.

5- Westinghouse Electric Corp

" Electrical Transmission and Distribution Reference Book " 4 th ed, 1964.

6- B.G.A. Skrotzki

" Electric Transmission and Distribution "

16th ed, McGraw - Hill, 1954.

7- Recent Papers Dealing with Desing, Operation & Control of Distribution Systems.



تکنولوژیهای تبدیل و ذخیره انرژی

ردیف: ۸-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

هدف: آشنایی با تکنولوژیهای پیشرفته تبدیل و ذخیره انرژی

سرفصل دروس:

۱- فرآورش ذغالسنگ

- طبقه‌بندی تکنولوژیهای فرآورش ذغالسنگ

- طبقه‌بندی ذغالسنگ به سوخت گاز

- طبقه‌بندی ذغالسنگ به سوخت مایع

۲- تکنولوژیهای انرژی هسته‌ای

- طبقه‌بندی انواع تکنولوژیهای نیروگاههای هسته‌ای

- مایل ایمنی نیروگاههای هسته‌ای

۳- تبدیل مستقیم انرژی

- مگنا توهیدرودینامیک (MHD): - مبانی و کاربردهای آن

- ترموالکتریک: - سیستمهای ترموالکتریک

- انرژی گرمایونی (Thermionic)

- سلولهای خورشیدی

- پیلهای سوختی

۴- سیستمهای ذخیره انرژی

- ذخیره انرژی حرارتی

- ذخیره انرژی الکتریکی

- ذخیره سرمایه‌گذاری

- ذخیره سوختهای مایع و گاز



- 1- Harry A. Sorensen
" Energy Conversion Systems "
- 2- G. W. Sutton Direct Energy Conversion McGrow- Hill



طراحی سیستم‌های حرارتی

ردیف: ۹-۲

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

پیشنیاز: انتقال حرارت و جرم و مبدل‌های حرارتی

(دروس دوره کارشناسی)

سرفصل دروس:

مقدمه‌ای بر مبدل‌های حرارتی و مشخصات آنان، طراحی، مبدل‌های حرارتی با پوسته و ردیف لوله، طراحی مبدل‌های حرارتی از نوع غیر از پوسته و لوله، مواد مصرفی در ساخت مبدل‌ها، بکارگیری برنامه کامپیوتر در طراحی مبدل‌ها، اوپتیموم کردن جاگیری مبدل‌ها، طراحی کندانسور یا سردکن هوا، طراحی و عملکرد مبدل‌های حرارتی بخار، طراحی و عملکرد کوره یا محفظه احتراق و اثر سوخت و مصالح مصرفی در آن، طراحی مبدل‌های حرارتی در سیستم‌های سرمائی شامل: برج‌های خنک کن و کندانسورها با سردکن هوا و اواپوراتورها، محاسبات انتقال حرارت در مبدل‌های حرارتی

کتاب پیشنهادی:

Process Heat exchange by Vincent Cavasno



گرایش انرژی و محیط زیست



مکانیک سیالات پیشرفته

تعداد واحد: ۳

ردیف: ۱-۳

نوع واحد:

پیشنیاز: برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته

سرفصل درس:

جریان غشایی دوبعدی، جریان بین دو صفحه موازی، جریان غشایی توسعه یافته روی سطح شیب‌دار، جریان توسعه یافته در لوله، اتلاف انرژی در جریان غشایی، غشاء حدی به او بدون گرادیان فشار، جریان مغشوش، تنش در جریان مغشوش، کاربرد قانون تنش برشی پرانتل و جریان داخل لوله، رابطه بین ضریب اصطکاک و عدد رینولدز، لایه مرزی مغشوش، انتگرال رابطه مقدار حرکت، جریان پتانسیل، حرکات موضعی، ضریب نیروی مقاوم، نیروی بالابر، جدایی و محوطه جریان درهم، جریان جت، جریان سیال قابل تراکم، موج ضربه‌ای، جریان در شیپوره، مقدمه‌ای بر تئوری فشار و شروع اغتشاش و تئوری اغتشاش و کاهش، کاهش نیروی پسا و اصطکاک در جریان.

مراجع پیشنهادی

1. "Viscos Fluid Flow", F.M. White.
2. "Boundary - Layer Theory", Sclichting.
3. "Fluid Dynamics" G.K. Batchelor.



ترمودینامیک پیشرفته

ردیف: ۲-۳

تعداد واحد: ۳

نوع واحد:

پیشنیاز: برنامه‌ریزی ریاضی پیشرفته

سرفصل درس:

کلیات

زمینه‌های کاربردی - مکانیک کلاسیک و کوانتیک و آماری - یادآوری ریاضیات احتمالات، تبدیلات و ترکیبات، آزمایشات تکراری، مکانیک آماری ذرات مستقل نظریه‌های بولتزمن، بوازانشتین و فرمی دیرک، توزیع ماکسول، یادآوری ترمودینامیک - انرژی و انتروپی اصل دوم و سوم - نظریه اطلاعات و انتروپی - یادآوری مکانیک کوانتیک معادله موج شرودینگر، کاربرد معادله موج، اصل استثناء پائولی، نظریه حالت جامدات - گازها و جامدات تک اتمی، گازهای چند اتمی، مکانیک آماری برای سیستم ذرات مرتبط - مجموعه رسمی (Canonical) ترمودینامیک غیربرگشتی، روابط دوجانبه انسیگر.

مراجع پیشنهادی

1. Fundamentals of Statistical Thermodynamics, by Sonntag & Vanwylen.
2. Principles of General Thermodynamics, by Hatsopoulos and Keenan.



آشنایی با محیط زیست

تعداد واحد: ۲

ردیف: ۳-۳

نوع واحد: نظری

پیشیاز:

سرفصل درس:

تعریف محیط زیست، قوانین ماده و انرژی، اکولوژی و اکوسیستم، اجزاء اکوسیستم، فعل و انفعالات در اکوسیستم، سیر انرژی در اکوسیستم، اکوسیستم‌های مختلف، اثرات آلودگی بر اکوسیستم، چرخه‌ها، مسئله جمعیت در اکوسیستم و شاخص‌های مربوطه

مراجع پیشنهادی

- ۱- کنت وات "مبانی محیط زیست" ترجمه عبدالحسین وهاب‌زاده، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، شماره ۸۱، سال ۱۳۷۴.
- ۲- "انرژی سوخت حیات" تألیف جمعی از نویسندگان دایرةالمعارف، بریتانیکا ترجمه مهندس رضاسندگل، انتشارات موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.
- ۳- عبدالرضا کرباسی، نسترن رحیمی، محمدعلی عبدسی، بهمن جباریان‌امیری، رضا صمدی، فرور آذری‌دهکردی "انرژی و محیط زیست" انتشارات وزارت نیرو، معاونت امور انرژی، سال ۱۳۷۶.



اثرات زیست محیطی انرژی



ردیف: ۴-۳

تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

سرفصل درس:

تعیین و ارزیابی صدمات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های انرژی (آلودگی هوا ناشی از بخش انرژی، آلودگی آب ناشی از بخش انرژی، آلودگی خاک ناشی از بخش انرژی).

اثرات زیست محیطی

انرژی‌های تجدیدناپذیر (انرژی‌های فسیلی، هسته‌ای)، انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی، انرژی آب، انرژی موج، انرژی بیوماس)، خصایص مهم منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و مقایسه آن با تجدیدناپذیر، محدودیت‌های موجود در بهره‌برداری گسترده از انرژی‌های پاک. کنترل و بهینه‌سازی انرژی‌های آلاینده، ارزیابی مصرف انرژی، بررسی روشها و امکانات صرفه‌جویی، بازیافت انرژی از مواد زائد، ارتباط انرژی با ازدیاد جمعیت، ارتباط انرژی با توسعه صنعتی.

مراجع پیشنهادی

1. Holt Ashley, Richard L.Ruman, Christopher Whipple Energy and Environment; A Risk Benefit Approach. Pergamen Press 1976.
2. J. Grau and Weeten "Environmental Impact Analysis of Energy" McGraw-Hill, 1980.
3. Paul lh-fei Liu, Introduction to Energy an the Environment Van Nostrand Reinold 1993.
4. Harold Wolzin Energy and the Environment; Selected Reading General Learning Corporation 1974.

۵- "انرژی سوخت حیات" تالیف جمعی از نویسندگان دایرةالمعارف بریتانیکا، ترجمه مهندس رضاسندگل، انتشارات موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی.

۶- دکتر محمدعلی عبدی "اثرات توسعه تکنولوژی انرژی بر زیست بوم" انتشارات مرکز مطالعات انرژی ایران، سال ۱۳۷۶.

۷- عبدالرضا کرباسی، نسترن رحیمی، محمدعلی عبدسی، بهمن جباریان امیری، رضا صمدی، فرور آذری‌دهکردی "انرژی و محیط زیست" انتشارات وزارت نیرو، معاونت امور انرژی، سال ۱۳۷۶.

۸- "منابع انرژی تجدیدپذیر نوین" شورای جهانی انرژی کمیته ملی انرژی جمهوری اسلامی ایران، انتشارات وزارت نیرو، امور انرژی، سال ۱۳۷۵.



آلودگی‌های محیط زیست

ردیف: ۵-۳



تعداد واحد: ۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

سرفصل درس:

- آلودگی هوا

تعریف آلودگی هوا، منابع آلاینده‌گی (منابع ثابت - منابع سیار)، آلودگی‌های ناشی از احتراق، گازهای گلخانه‌ای، اوزن، سایر آلاینده‌های گازی (ترکیبات آلی و غیره)، ذرات معلق، فلزات سنگین، آلودگی‌های غیراحتراقی، آئروسولها، آلودگی‌های پرتوی (ناشی از انفجارهای هسته‌ای)، آلودگی‌ها در ارتباط با عوامل طبیعی (آتشفشانها آتش‌سوزیهای بزرگ)، جریانهای جوی و نقش آنها در نقل و انتقال و بخش آلاینده‌ها) بارانهای اسیدی، اندازه‌گیری و پایش آلودگی هوا.

- آلودگی آب

خواص و ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، قدرت حلالی و آلوده‌گرایی آب، مشخصات و تعریف آب آلوده، منابع آلاینده (طبیعی و غیرطبیعی) از دیاد و تراکم جمعیت، صنایع و معادن، کشاورزی و دامداری، شیلات، مسائل بهداشتی آب و فاضلاب، پسابها و مسائل تخلیه آنها در آبهای جاری و ساکن، آبهای مسموم ناشی از انحلال جامدات و مایعات خطرناک و مسائل زیست محیطی آنها، نمونه‌هایی از مسائل و آلودگی‌های دریایی کشورهای صنعتی.

آلاینده‌ها: زباله‌های متقاضی اکسیژن، عوامل بیماری‌زا، مواد تغذیه‌ای گیاهان (فسفات‌ها، نیترا‌تها...)، ترکیبات آلی سنتز شده (مواد سوختی، نرم‌کننده‌ها، حلالها، شوینده‌ها، رنگها، ضد آفتها، افزودنیها و کنسروکننده‌های غذایی، داروها...)، نفت و مشتقات آن، مواد شیمیایی کانی (فلزات سنگین و غیره)، رسوبات تصفیه‌خانه‌ها، مواد پرتوزا (رادیواکتیو)، گرما (افزایش درجه حرارت توسط خنک‌کننده‌های نیروگاهها)، روشهای اندازه‌گیری و سیستم‌های تصفیه آب و فاضلاب.

- آلودگی خاک

تعریف خاک، انواع خاکها، تشکیل خاک در ارتباط با آب و هوا و بیوم، مقایسه زمانی تشکیل و تخریب خاک، خاصیت تصفیه و آلوده‌زدایی خاک. آلودگی خاک ناشی از سمپاشی‌ها و کودهای شیمیایی در کشاورزی، آلودگی ناشی از مواد زاید عمران و شهرسازی، دفن غیربهداشتی مواد زائد جامد و تخلیه مایعات زائد خانگی و صنعتی در خاک، خطرات آلودگی ناشی از دفن زباله‌های رادیواکتیو، زوائد شیمیایی خطرناک و زوائد عفونی، آلودگی در اثر نزولات نظیر بارانهای اسیدی، آئروسولها ...
نمونه‌هایی از هزینه‌های گزاف آلوده‌زدایی خاک از کشورهای صنعتی.

مراجع پیشنهادی

1. Seymour Calvert, Harold M. Englund
Handbook of Air Pollution Technology
John Wiley & Sons Inc. 1989.
2. Carol J. Maslansky and Steven P. Maslansky
Air Monitoring Instrumentation
Von Nostrand Reinhold 1993.
3. P. Zannetti, C.A. Brebbia, G.E. Garcia Garden, G. Ayala Milian Air
Pollution
Computational Mechanics Publications; Cromwell Press Ltd 1993.
4. Bela G. Liptak, "Environmental Engineers, Handbook" 1974.
د. تئودور لوئیس : دستگاههای کنترل آلودگی هوا، ترجمه دکتر ایوب ترکیان، انتشارات دانشگاه علوم پزشکی اصفهان - معاونت پژوهشی، ۱۳۷۲.
6. V. Dean Adams
Water & Wastewater Examination Manual
Lewis Publishers 1980.
7. David I Gustafson
Pesticides in Drinking Water



Van Nostrand Reinhold 1993.

8. Leonhard Huetter

Wasser und Wasseruntersuchung, 6. Auflage

Salle + Sauerlaender 1994.

9. Metcalf & Eddy, Inc., Revised by: George Tchobanoglous

Wastewater Engineering: Treatment Disposal Reuse

McGraw-Hill 1972.

10. H.H. Rump / H. Krist

Laborhandbuch Fuer Die Untersuchung Von Wasser, Abwasser und oden

2. Aufl.

VCH, Weinheim 1992.

۱۱- عبدالرضا کرباسی و دیگران "انرژی و محیط زیست، انتشارات وزارت نیرو معاونت امور انرژی، ۱۳۷۶.

۱۲- رامین نبی زاده نودهی، دادمهر فائزی رازی "راهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی" ویراست دوم ۱۳۷۵ (۱۹۹۳)، سازمان بهداشت جهانی.

۱۳- دکتر محمد شریعت پناهی "مبانی بهداشت محیط زیست" انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۷۵، ۲۲۱۵.

۱۴- جی. تی. میلر "زیستن در محیط زیست، ترجمه دکتر محمد مخدوم، انتشارات دانشگاه تهران ۱۳۷۳، ۱۹۰۹.

۱۵- اکبر حاجی زاده "برخی مسائل خاکشناسی" انتشارات بامداد، ۱۳۶۸.

۱۶- ن. سیتویچ "مکانیک خاک" ترجمه محمود وفائیان، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۷۲.



تکنیکهای آلوده‌زدایی

تعداد واحد : ۳

ردیف : ۳-۶

نوع واحد : نظری

پیشنیاز : شناخت محیط زیست - آلودگی محیط زیست



سرفصل درس :

بررسی امکانات جلوگیری از تشکیل مواد زائد آلاینده و روشهای تقلیل تولید آنها، روشهای جمع‌آوری و نقل و انتقال مواد زائد (زباله‌های جامد و مایع)، جلوگیری از آلودگی هوا.

زباله‌زدایی جامدات : دفن بهداشتی زوائد، زمین‌شناسی و انتخاب مواضع دفن، لوازم و تجهیزات دفن بهداشتی، احتراق و تقلیل حجم زباله‌ها، انواع کوره‌های زباله‌سوزی، روشهای عملکرد با زباله‌های خطرناک (ترقیق و سمیت‌زدایی، ترکیب با مواد دیگر، جامدسازی، ذوب در قالبهای شیشه‌ای و یا محفظه‌های مطمئن دیگر، جداسازی و تغلیظ، حذف یا کاهش مواد زائد). آلوده‌زدایی توسط بازیافت مواد (کاغذ، شیشه، فلزات، پلاستیک...) از زباله و تقلیل حجم زوائد، کمپوست مواد آلی و تهیه کود از زباله، زباله‌زدایی دریایی و در اقیانوسی (تخلیه عناصر رادیواکتیو و مواد شیمیایی خطرناک در دریا و آبهای بین‌المللی) و عواقب ناشی از آن.

آلوده‌زدایی مایعات : پروسه‌های فیزیکی و شیمیایی در تصفیه آب و فاضلاب (جذب سطحی Adsorption، تبادل یونی، اکسیداسیون شیمیایی و بیولوژیکی، فتوسنتز، تنفس هوازی و ناهوازی...)، آشنایی با انواع فاضلاب (شهری، صنعتی و کشاورزی) و شناخت متد و تکنیکهای تصفیه آن، زوائد پس‌مانده‌های تصفیه‌خانه، امکانات کاربرد و مصرف یا مسائل آلوده‌زدایی آن.

حذف آلودگی گازها (هوا) : فیلترها، تکنیک‌های تغییر سرعت و جهت حرکت گاز، سیلکونها، روش‌های الکتریکی (الکتروستاتیک فیلتر)، روش‌های شستشو (Scrubber)، روش وزاندن (Incinerators)، تکنیک‌های تلفیقی فیزیکی-شیمیایی، دودکش‌ها در صنعت، استفاده از کاتالیست، بهینه‌کردن و افزایش راندمان صنایع، عایق‌کاری.

اقتصاد محیط زیست

تعداد واحد: ۲

ردیف: ۷-۳

نوع واحد: نظری

پیشنیاز: شناخت محیط زیست - انرژی و محیط زیست، مبانی اقتصاد

سرفصل درس:

اقتصاد (اکونومی)

اقتصاد کلان، توسعه پایدار، علل تخریب و نابودی محیط زیست (بازارها چگونه عمل می‌کنند و چرا شکست می‌خورند) اثرات تصمیم‌گیری بر محیط زیست، کنترل اقتصادی محیط زیست، محیط زیست در کشورهای در حال توسعه، روشهای ارزیابی زیست محیطی، ارزیابی آلودگی و اثرات اکولوژیکی، ارزیابی اثرات اجتماعی - اقتصادی.

مراجع پیشنهادی

- ۱- آر.ک. ترنر، دی. پیرس، ای. باتمن "اقتصاد محیط زیست" ترجمه دکتر عوض کوچکی، مهندس علی کلاهی اهری، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد ۱۸۶، سال ۱۳۷۴.
- ۲- دکتر جعفر نوری، مهندس شیدا نشاط "راهنمای صنعت و محیط زیست" انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، سال ۱۳۷۳.
- ۳- دکتر محمد شریعت پناهی، مبانی بهداشت محیط، انتشارات دانشگاه تهران ۲۲۱۵، تهران ۱۳۷۳.
4. Russel Mills/Arnun N. Toke Energy, Economics, and the Environment Prentice-Hall 1985.



سیستم‌های بازیافت

ردیف: ۸-۳

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:

سرفصل درس:

پردازش مواد و سیستم‌های بازیافت: بازیافت از طریق تبدیل شیمیایی، بیولوژیکی، بازیافت از طریق تبدیل حرارتی (احتراق زباله، تجزیه حرارتی...).
بازیافت از جامدات، (بازیافت مواد اولیه سلولزی، شیشه‌ای، فلزی، سنتزی...), بازیافت از مایعات نظیر بازیافت نفت تخلیه شده در آبها، فلزات یا سایر مواد سمی محلول در آب دریاها... تصفیه آبها.

مراجع پیشنهادی

1. Herbert F. Lund the McGraw-Hill Recycling Handbook McGraw-Hill 1993.
2. Frederick R. Jackson Energy from Solid Waste Noyes Data Corporation 1974.



ارزیابی زیست محیطی

ردیف: ۹-۳

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشیناز:

اهداف و اصول ارزیابی زیست محیطی، روش‌شناسی ارزیابی زیست محیطی، ارزیابی آلودگی و اثرات اکولوژیکی، محیط زیست موجود-محیط زیست قبل از اجرای پروژه، اثرات زیست محیطی توسعه پیشنهادی ارزیابی اثرات اجتماعی-اقتصادی، مکان‌یابی صنعتی.

مراجع پیشنهادی

- ۱- دکتر جعفر نوری، مهندس شیدانشاط "راهنمای صنعت و محیط زیست".
- ۲- مهندسین مشاور همگروه "مکان‌یابی و معیارها".
- ۳- دکتر محمدعلی عبدلی "اثرات توسعه تکنولوژی انرژی بر زیست بوم"، انتشارات مرکز مطالعات انرژی ایران، سال ۱۳۷۶.



شناسایی آلاینده‌های صنایع غذایی

ردیف: ۱۰-۳

تعداد واحد: ۲

نوع واحد: نظری

پیشنیاز:



سرفصل درس:

مروری بر صنایع غذایی، مواد اولیه مورد مصرف، روشهای فرآوری و تهیه، فرآورده‌های کنسروی و مصرف مواد شیمیایی کنسروکننده، روشها و مواد بسته‌بندی و مسائل آلاینده‌گی و آلوده‌زدایی آنها... روشهای مورد استفاده در شناسایی آلاینده‌های غذایی، روشهای آنالیز عنصری، آنالیز ترکیبات، جداسازی، اسپکتروفتومتری، کروماتوگرافی گازی، جذب اتمی، HPLC، NMR، روشهای شیمی کلاسیک در تعیین و تشخیص، بررسی و تشخیص بقایای کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی (حشره کشها، برطرف‌کننده‌های علف...)، مواد محافظ و تازه نگه‌دارنده (شیمیایی و تشعشعی) در مواد غذایی

مراجع پیشنهادی

- ۱- دکتر محمد شریعت پناهی، مبانی بهداشت محیط زیست، انتشارات دانشگاه تهران ۲۲۱۵، تهران ۱۳۷۳.
- ۲- ب.ت. هایس و آر. جی. گیلبرت، ترجمه دکتر منوچهر شهامت - یوسف سیدخراسانی، بهداشت و مسمومیت‌های مواد غذایی، ۱۳۶۴.
3. W. Buechner et al, Industrial Inorganic Chemistry VCH 1988.
4. Ernest Merian, Metals and their Compounds in the Environment Occurrence, Analysis and Biological Relevance VCH Verlagsgesellschaft mbH. Weinheim 1991.
5. Pletcher, Industrial Electrochemistry Chapman and Hall 1990.
6. Douglas A. Skoog, Instrumental Analysis Saunders College Publishing 1985.

7. H.M. Stahr, Analytical Methods in Toxicology John Wiley and Sons 1991.
8. A.L. Underwood, Quantitativ Analysis Prentice-Hall 1991.
9. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer IARC, Mnographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans Some Food Additives and Naturally Occuring Substances IARC 1983.
10. Gunther Zweig Food Additives Academic Press 1983.

۱۱- رنگهای خوراکی - آرایشی و بهداشتی

۱۲- امکانات و روش‌های ارزیابی زیست محیطی

