



دانشکده : فنی مهندسی

رساله برای دریافت درجه دکتری تخصصی (Ph.D)

رشته مهندسی صنایع، گرایش: صنایع

برنامه ریزی بلند مدت تولید و توسعه تامین انرژی الکتریکی کشور

نگارنده:

نجمه نشاط

استاد راهنما:

محمد رضا امین ناصری

استاد مشاور:

دکتر حامد شکوری گنجوی

دکتر عیسی نخعی کمال آبادی

آذر ۱۳۹۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

خانم نجمه نشاط رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان برنامه ریزی بلندمدت تولید و توسعه سیستم تامین انرژی الکتریکی کشور در تاریخ ۱۳۹۳/۹/۲۴ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی صنایع - مهندسی صنایع پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمد رضا امین ناصری	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر حامد شکوری گنجوی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر عیسی نخعی کمال آبادی	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمد مهدی سپهری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر نسیم نهاوندی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر فریبرز جولای	استاد	
استاد ناظر	دکتر سید فرید قادری	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد مهدی سپهری	دانشیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی رساله در تاریخ ۱۳۹۳/۹/۲۴ تایید شده است.
امضای استاد راهنما:

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی صنایع است که در سال ۱۳۹۳ در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر محمد رضا امین ناصری، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر عیسی نخعی کمال آبادی و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر: حامد شکوری گنجوی از آن دفاع شده است.»

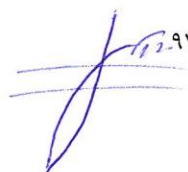
ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند. ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب نجمه نشاط دانشجوی رشته مهندسی صنایع مقطع دکتری تخصصی تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: نجمه نشاط

تاریخ و امضا: ۱۳۹۳/۹/۲۵



دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی: نجمه نشاط

امضاء



چکیده

در بازارهای انرژی، رقابت بر روی قیمت و کمیت می‌تواند به عنوان انگیزه‌ای در جهت توسعه بخش انرژی پایدار استفاده شود، و همچنین می‌تواند استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر را افزایش دهد و در سمت عرضه و تقاضا کارایی انرژی را بهبود بخشد. بر همین اساس لازم است با درک درستی از مسائل مذکور سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری قابل اطمینانی برای برنامه ریزی توسعه تولید پایدار ایجاد شود. اخیراً در این زمینه مدل‌های مبتنی بر نظریه بازیها به عنوان ابزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری توجه روزافزون محققان بسیاری را به خود جلب کرده است؛ در هر حال، فرض این مدلها به این صورت است که عاملهای تأمین‌کننده بدون توجه به دینامیک‌های زمانی بخش بازار و همچنین تأثیرات تعاملات سمت تقاضا بر تصمیمات توسعه ظرفیت یک استراتژی بلندمدت را برای توسعه ظرفیت تولید انرژی اتخاذ می‌کنند. در این تحقیق، یک چهارچوب دو سمتی مبتنی بر رویکرد چند عاملی را پیشنهاد می‌کنیم که این ملاحظات را با استفاده از یک رویکرد شبیه‌سازی مبتنی بر نظریه بازیها اعمال نموده است. برای توضیح مفید بودن رویکرد برنامه ریزی پیشنهادی و همچنین برای بحث درباره اثربخشی آن از یک مطالعه موردی (سیستم انرژی الکتریکی ایران) استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان دادند که رویکرد یکپارچه پیشنهادی نه تنها یک طرح توسعه تولید مقرون به صرفه تر بوده بلکه در مقایسه با رویکرد نظریه بازی طرحی سازگارتر با محیط زیست نیز ارائه می‌کند.

کلید واژه‌ها: برنامه ریزی توسعه ظرفیت، مدلسازی مبتنی بر چند عاملی، تئوری بازیها، سیستم برق ایران

فهرست مطالب

۱	فصل ۱ مقدمه.....
۱	۱-۱ مقدمه‌ای برای برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی.....
۳	۲-۱ چالش‌های برنامه‌ریزی انرژی ایران.....
۴	۳-۱ انگیزه تحقیق.....
۴	۴-۱ شناسایی مسئله.....
۵	۵-۱ اهداف و سؤالات تحقیق.....
۶	۶-۱ سازماندهی تحقیق.....
۷	فصل ۲ تعاریف و مفاهیم اولیه.....
۷	۱-۲ اجزاء سیستم انرژی.....
۹	۱-۲-۱ فن‌آوری‌های تبدیل انرژی.....
۹	۲-۱-۲ عملکرد فنی.....
۱۱	۲-۲ سیستم انرژی مرجع.....
۱۱	۳-۲ مدل‌های انرژی.....
۱۲	۱-۳-۲ رویکردهای توصیف مدل‌های انرژی.....
۱۲	۱-۳-۲-۱ نوع مدل.....
۱۲	۲-۳-۲-۱ هدف.....
۱۳	۳-۳-۲-۱ الگوی مدلسازی.....
۱۴	۴-۳-۲-۱ متدولوژی مدل.....
۱۷	۵-۳-۲-۱ تکنیک حل.....
۱۷	۶-۳-۲-۱ پوشش جغرافیایی.....
۱۸	۷-۳-۲-۱ پوشش ناحیه‌ای.....
۱۹	۸-۳-۲-۱ گستره زمانی.....
۱۹	۹-۳-۲-۱ نوع داده‌ها.....

۱۹	..... ۲-۳-۱-۱۰ درجه بومی سازی
۲۰	..... ۲-۳-۱-۱۱ سمت مورد توجه
۲۲	..... ۲-۴ مدل سازی مبتنی بر عامل
۲۲	..... ۲-۵ رویکرد مدل سازی مبتنی بر تئوری بازیها
۲۵	..... فصل ۳ سیستم انرژی ایران
۲۵	..... ۳-۱ سیستم مرجع انرژی ایران
۳۰	..... ۳-۲ تقاضای برق
۳۰	..... ۳-۲-۱ منحنی بار تقاضا
۳۱	..... ۳-۳ سوخت برای تولید برق
۳۱	..... ۳-۳-۱ قیمت سوخت
۳۲	..... ۳-۴ فن آوری های تبدیل
۳۴	..... فصل ۴ مرور ادبیات
۳۴	..... ۴-۱ مدل های انعطاف پذیر انرژی
۳۷	..... ۴-۲ مدل های تک هدفه
۳۷	..... ۴-۲-۱ رویکرد تحلیلی
۴۰	..... ۴-۲-۲ فرمول بندی مساله
۴۰	..... ۴-۲-۳ محیط مساله
۴۱	..... ۴-۲-۴ معیارهای پایدار
۴۲	..... ۴-۲-۵ تکنیک های حل
۴۶	..... فصل ۵ طراحی تحقیق
۴۶	..... ۵-۱ پیشگفتار
۴۶	..... ۵-۲ بیان فنی مسئله
۴۷	..... ۵-۳ مفروضات
۴۸	..... ۵-۴ رویکرد راه حل
۴۸	..... ۵-۵ چهارچوب مفهومی مساله

۴۹	..... ۶-۵ روش تحقیق
۵۳	..... ۷-۵ صحه گذاری نتایج
۵۵	..... ۸-۵ نوآوریهای مورد انتظار
۵۳	..... فصل ۶ رویکردهای مدلسازی CEP
۵۳	..... ۱-۶ پیشگفتار
۵۵	..... ۲-۶ مدل بهینه‌سازی مبتنی بر هزینه
۵۸	..... ۳-۶ مدل شبه بازی
۶۰	..... ۱-۳-۶ مسئله پیروی کنندگان
۶۰	..... ۲-۳-۶ مسئله تعیین قیمت بازار توسط ISO
۶۲	..... ۴-۶ مدل نظری بازی مبتنی بر چند عامل
۶۶	..... فصل ۷ نتایج اجرا
۶۶	..... ۱-۷ اطلاعات کلی
۷۰	..... ۲-۷ مقدار دهی اولیه قیمت و تقاضا
۷۲	..... ۱-۲-۷ مقدمه‌ای بر بخش‌های انرژی ایران
۷۴	..... ۲-۲-۷ توجیه برای پیشرفتهای فن آوری
۷۷	..... ۳-۲-۷ روش‌شناسی و نتایج
۸۹	..... ۳-۷ سیر تکاملی MCP
۹۱	..... ۴-۷ سیر تکاملی RM
۹۲	..... ۵-۷ طرح توسعه تولید عاملهای تأمین‌کننده
۹۴	..... فصل ۸ خلاصه و نتیجه‌گیری
۹۴	..... ۱-۸ جمع بندی
۹۷	..... ۲-۸ نتیجه‌گیری
۹۷	..... ۱-۲-۸ کاربران نتایج تحقیق
۹۹	..... ۳-۸ پیشنهادات برای تحقیقات آینده
۱۰۳	..... فهرست مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ تصویری ذهنی از سیستم انرژی و تعاملات آن با دیگر بخش‌های اجتماعی -
اقتصادی (Nakata et al., ۲۰۰۹) ۲
- شکل ۱-۲ نمایشی از زنجیره انرژی و ارتباط مابین اجزا سیستم (They and Zarate, ۲۰۰۹) ۸
- شکل ۲-۲ ساز و کار تغییر فن‌آوری: فرآیند پیوسته جایگزینی و بهبود که از تقابل و مقایسه
بین فن‌آوری‌های بالغ، جوان و خردسال در بازار منجر شده است (Gabriel et al., ۲۰۰۴) ۱۰
- شکل ۳-۲ نمودار مقایسه‌ای از ارتباطات بین راه‌های مختلف توصیف ویژگی‌های مدل ۲۱
- شکل ۱-۳ پیکره‌بندی جریان انرژی ایران ۲۷
- شکل ۲-۳ سیستم انرژی منبع برای سیستم انرژی ۲۹
- شکل ۱،۴ مدل سیستم دینامیک برای حل مساله ۳۸
- شکل ۱-۵ چهارچوب مفهومی ۴۸
- شکل ۲-۵ روش تحقیق ۵۱
- شکل ۱-۶ مدل استکلبرگ یک رهبر چند پیروی ۵۹
- شکل ۲-۶ وضعیت مکانی شبکه ۶۴
- شکل ۱-۷ سری‌های زمانی پیک تقاضای برق صنعتی (Yind) و لگاریتم و مشتق آن از سال
۱۹۹۰ تا ۷۸
- شکل ۲-۷ پیش‌بینی‌های اوج تقاضا صنعت، مسکونی، خدماتی و کشاورزی ایران تا سال ۲۰۴۰
در شرایط معمول ۸۷
- تجارت.....

- شکل ۷-۳. سیر تکاملی مازاد/ کمبود مرتبط با سطح تأمین TOMIPS و سطح
 ۹۰ $(1+RM)*D$
- شکل ۷-۴ سیر تکاملی RM_t در مدل‌های MAMIPS، TOMIMPS، و PGMIMPS در
 ۹۲ راستای گستره
- شکل ۷-۵ طرح سرمایه‌گذاری عامل‌های تأمین PGMIMPS طی گستره
 ۹۳
- شکل ۷-۶ الف و ب سهم هر فن‌آوری در توسعه ظرفیت کل مطابق با نتایج
 ۹۴PGMIPS
- شکل ۷-۷ طرح سرمایه‌گذاری عامل‌های تأمین‌کننده MAMIPS طی گستره
 ۹۴
- شکل ۷-۸ سهم فن‌آوری‌های انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تأمین برق طی دوره ۲۰۱۱-
 ۹۵ ۲۰۴۰ از لحاظ درصد در مدل PGMIPS
- شکل ۸-۱ مسیر توسعه سیستم برق ایران (میزان تجمعی ظرفیت تخصیص داده شده به تولید
 ۱۰۱ برق) در بازه برنامه ریزی تحت سناریوهای مختلف شرایط فعلی و حالت

فهرست جداول

۳۳	جدول ۱-۳ ویژگی‌های کارخانه‌های نیروی موجود سوخت فسیلی ایران.....
۴۴	جدول ۱-۴ طرح کلی مرور ادبیات.....
۶۹	جدول ۱-۷ ویژگی‌های فن‌آوری‌های تولیدمبنتی برسوخت فسیلی وانرژی تجدیدپذیر
۷۶	جدول ۲-۷ فرضیاتی برای پارامترهای اجتماعی-اقتصادی، تقاضاهای نیرو و توسعه شاخص‌های کلیدی به تفکیک بخش‌ها.....
۷۷	جدول ۳-۷ نتایج آزمون ریشه واحد برای پاسخ سری زمان و شکل تبدیلات.....
۸۲	جدول ۴-۷ نتایج فرآیند انتخاب مدل تقاضای پیک صنعتی.....
۸۳	جدول ۵-۷ نتایج فرآیند انتخاب مدل تقاضای پیک بخش‌های خدمات و کشاورزی.....
۸۳	جدول ۶-۷ نتایج فرآیند انتخاب مدل تقاضای پیک بخش خانگی.....
۸۹	جدول ۷-۷ ویژگی‌های مدل ARIMAX پیشنهادی در مقابل مدل‌های موجود.....
۹۸	جدول ۱-۸ مقایسه ویژگی‌های سه مدل توسعه داده شده در این تحقیق برای حل مساله CEP.....

فصل ۱

مقدمه

در این فصل به معرفی و تعریف اصطلاحات و مفاهیم مورد استفاده در حوزه برنامه ریزی و مدل سازی سیستمهای انرژی پرداخته و دیدگاهی کلی از فعالیتهای برنامه ریزی سیستمهای نیرو را ارائه می دهد.

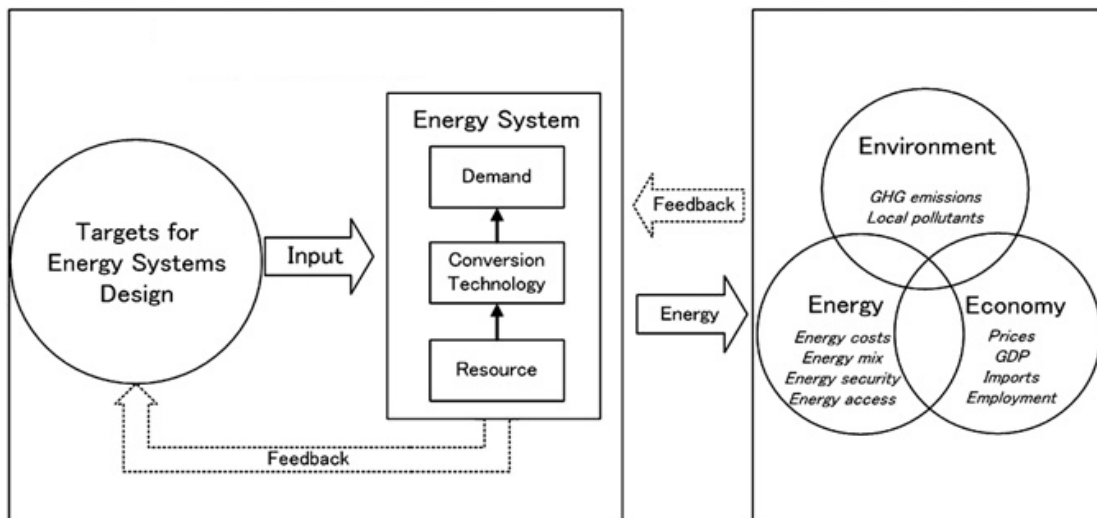
۱-۱ مقدمه‌ای برای برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی

طی سه دهه گذشته، برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی نقش مهمی را در سیاست گذاری بلند مدت اجتماعی و اقتصادی ایفا کرده است. از دیدگاه اقتصادی، انرژی به عنوان یکی از عوامل تولید برای توسعه جوامع حیاتی است. عرضه و تقاضای آن برای امنیت ملی و تولید اقتصادی هر کشوری بسیار مهم است. سیستم‌های انرژی به عنوان جزء جدایی ناپذیر سیستم‌های اجتماعی- اقتصادی جوامع برهمکنش‌های دوسویه متعددی با اقتصاد، جامعه و محیط زیست دارند. به عنوان نمونه تقابلات انرژی- اقتصاد شامل:

- تغییرات در انعطاف پذیری قیمت و تقاضای انرژی و همچنین تأثیر فعالیت کلان اقتصادی بر تقاضای انرژی در طول زمان
- تأثیرات هزینه انرژی بر بهره‌وری نیروی کار، شکل گیری سرمایه، مصرف انرژی و در نتیجه رشد اقتصادی در طولانی مدت.
- تأثیرات سیاست انرژی بر پدیده‌های محیط زیستی مانند تغییرات اقلیمی، موجودی منابع، زیست بوم و سلامت انسان که تعاملات انرژی- محیط زیست هستند.

- تأثیر سیاست بلند مدت انرژی بر رفاه و تساوی حقوق (برای مثال از طریق تغییر الگوهای اشتغال) که همچنین می‌تواند به عنوان تعاملات انرژی-اجتماع معرفی شود.

در شکل (۱-۱) برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی در مواجهه با معیارهای مرتبط با هر کدام از E^3 (انرژی، محیط زیست، اقتصاد) به تصویر کشیده شده است. این تصویر تقابل بین طراحی سیستم انرژی را با توجه به اهداف تعیین شده و جامعه‌ای مدلسازی می‌کند که انرژی را برای کارکرد در راستای توسعه پایدار نیاز دارند.



شکل ۱-۱ تصویری ذهنی از سیستم انرژی و تعاملات آن با دیگر بخش‌های اجتماعی-اقتصادی (Nakata et al., 2011)

با توسعه سریع اجتماعی-اقتصادی و رشد جمعیت، برنامه‌ریزی سیستم‌های انرژی با چالش‌های بزرگی مواجه شده است. فقدان سوخت‌های فسیلی و آلودگی‌های محیط زیست مرتبط با توسعه انرژی از مسائل دشوار به حساب می‌آیند. تولید و مصرف سوخت فسیلی در گرم شدن جهانی و باران‌های اسیدی نقش دارد. بنابراین، یک راه حل برای حفظ محیط زیست از گسترش تولید بی‌رویه انرژی و مصرف آن برنامه‌ریزی مؤثر سیستم‌های انرژی است. این موضوع به توازن بین تأمین انرژی و بخش‌های مصرف‌کننده، منابع انرژی و فن‌آوری‌ها در چهارچوبی کلی یکپارچه کرده، از اقتصاد، محیط زیست و توسعه سیاسی پایدار حمایت می‌کند و سیستمی برای پشتیبانی تصمیم‌گیری برای سیاست‌گذاران ایجاد می‌کند.

¹ Energy, Environment, Economy

۱-۲ چالش‌های برنامه‌ریزی انرژی ایران

ایران در بین ۵ تولیدکننده برتر گاز طبیعی در جهان و ۱۰ تولیدکننده برتر نفت رتبه بندی شده است، با این وجود، ایران با سرانه مصرف انرژی ۶/۵ برابر دنیا و ۱۰ برابر اتحادیه اروپا یکی از پرمصرف‌ترین کشورها از لحاظ مصرف انرژی در جهان است. ایران به عنوان یک کشور در حال توسعه با ساختار اقتصادی در حال توسعه شاهد مسائل متعدد اجتماعی، سیاسی و اقتصادی در کارهای برنامه‌ریزی انرژی خود است. به عنوان نمونه؛

- تاکنون نیازمندی‌های انرژی ایران اکثراً از طریق سوخت فسیلی تأمین شده است (تقریباً ۸۷٪). با این وجود، شواهد علمی قابل تأمل حاکی از این است که استفاده بی قید و بند از سوخت‌های فسیلی باعث تغییرات اقلیمی زمین و وخیم‌تر شدن اوضاع منابع طبیعی می‌شود.
- برخی از مسائلی که تازه بوجود آمده‌اند مربوط به سیاست‌های هدفمندی یارانه‌ها در ایران می‌باشند مانند افزایش اخیر قیمت‌های بازار سوخت و تغییرات در الگوی تقاضای برق. علاوه بر این تحریم‌های اخیر بر علیه ایران شرایط جدیدی را برای برنامه‌ریزی انرژی ایران بوجود آورده است. («انرژی در ایران - ویکی‌پدیا، دایره المعارف آزاد»، ۲۰۱۲)
- شرایط نامطمئن اقتصادی، تهدیدهای اجتماعی-سیاسی و نیاز برای استقلال، همچنین تحریم‌های اقتصادی و فن‌آوری بر علیه ایران موضوعاتی هستند که منجر به محیطی نامطمئن (مبهم) برای فعالیتهای برنامه‌ریزی می‌شوند.
- سیستم انرژی ایران در دولت متمرکز شده و تحت مالکیت آن است و همچنین یارانه سنگینی برای آن در نظر گرفته شده است. برای مثال، تولیدکننده اصلی برق در ایران وزارت برق است. در حال حاضر، ۹۳/۳٪ از نیروی برق توسط بخش‌های وابسته وزارت برق تولید و ۶/۷٪ توسط بخش‌های خصوصی تولید شده است. ایران با ۱۸/۵٪ اتلاف برق در شبکه تولید یکی از کم بازده‌ترین کشورهای جهان از لحاظ انرژی است.

۳-۱ انگیزه تحقیق

به صورت قابل تصویری برق بزرگترین حامل چند منظوره انرژی در اقتصاد ایران است، و بنابراین عمدتاً به توسعه سیاسی، اجتماعی و اقتصادی پیوند خورده است. تحقیقی که توسط وزارت انرژی انجام شد نشان می‌دهد که ظرفیت کل تولید انرژی الکتریک ایران در ۱۰ سال آینده (تا سال ۲۰۲۱) تا میزان ۱۲۲،۰۰۰ مگاوات افزایش خواهد یافت (Namjoo, 2012)..

از دیدگاه بلندمدت، دوبرابر شدن تقاضای کلی نیرو، حرکت به سمت نوسازی، شبکه تولید نیروی کم‌بازده، شرایط نامطمئن اقتصادی، تغییر الگوی تقاضای برق به دلیل حذف یارانه سنگین سوخت، تهدیدهای اجتماعی- سیاسی و نیازهای استقلال و همچنین تحریم‌های اقتصادی و فن‌آوری بر علیه ایران، همه مبین لزوم نگاهی نو به مساله برنامه‌ریزی بلندمدت انرژی ایران است که از عهده چالش‌های انرژی در حال ظهور بر بیاید. علاوه بر این، این مساله اولویت پژوهشی مهمی برای وزارت نیروی در سالهای اخیر بوده است.

۴-۱ شناسایی مسئله

از یک طرف، تقاضای مورد نیاز آینده برای برق در ایران دوبرابر خواهد شد در حالی که بدلیل چندگانگی موضوعات اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی و اقتصادی با عدم قطعیت همراه است از طرف دیگر، فن‌آوری‌های موجود تولید از لحاظ اقتصادی (هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه عملیات)؛ فنی (کارایی مبادله، عامل ماشین‌آلات)؛ زیست‌شناختی (انتشار آلوده کننده‌ها)؛ و ویژگی‌های اجتماعی - سیاسی متفاوت هستند. از دیدگاه بلند مدت، مساله برنامه‌ریزی توسعه ظرفیت^۱ (CEP) مساله شناسایی مناسب ترین فن‌آوری‌ها، اندازه توسعه، و زمانبندی برای تولید انرژی بمنظور برآورده کردن نیازهای آینده به برق با توجه به معیارهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی است.

¹ Capacity Expansion Planning

۱-۵ اهداف و سؤالات تحقیق

اهداف تحقیق یعنی بیانیه‌ای واضح که مشخص می‌کند پژوهشگر در نظر دارد چه کاری انجام دهد که تحت عنوان نتیجه انجام تحقیق در زیر فهرست شده است:

- تهیه چهارچوب صحیح مدلسازی برای برنامه‌ریزی و مدلسازی سیستم انرژی به طوری که تقابلات سیستم انرژی با دیگر سیستم‌های فرعی اجتماعی-اقتصادی را بدست آورد.
- معرفی مدل مجزایی از سیستم انرژی ایران برای معرفی ارتباطات بین متغیرهای برون زا و درون زا.
- دستیابی به برنامه تولید بهینه از لحاظ امتیازات فن آوری
- برنامه زمان‌بندی بهینه پیشنهادی برای نیروگاه با توجه به معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی.

در راستای دستیابی به اهداف تحقیق سؤالات زیر مورد تاکید می‌باشند:

- ✓ حاملان ممکن انرژی و فن‌آوری‌هایی برای تولید در راستای گستره برنامه‌ریزی کدام است؟
- ✓ چه چهارچوب مدلسازی ای برای مدل سازی سیستم انرژی موردنظر مناسب است؟
- ✓ مدل مناسب برای توضیح اجزاء سیستم انرژی کدام است؟
- ✓ کدام ترکیب پایدار فن‌آوری‌های تبدیل برای برنامه ریزی بلند مدت انرژی مناسب است؟
- ✓ بهترین انتخاب انتقال انرژی برای برنامه‌ریزی طولانی مدت انرژی چیست؟
- ✓ مناسب‌ترین برنامه زمانی تصمیمات سرمایه‌گذاری کدام است؟
- ✓ اندازه بهینه فن‌آوری انتخاب شده برای توسعه ظرفیت کدام است؟

اینها سؤالاتی هستند که این تحقیق در نظر دارد به آنها پاسخ دهد و انگیزه اصلی آن است.

- ویژگی‌های چهارچوب مدلسازی مناسب برای این هدف چیست؟
- چه بخش‌هایی و کدام یک از تعاملات آنها باید در این مدل وجود داشته باشد؟
- کدام یک از فن‌آوری‌ها و حاملان انرژی در این مدل با هم در تعارض هستند؟

- پویایی‌های انرژی چیست و سایر بخش‌ها کدامند و چطور کار می‌کنند؟
- چه ملاحظات و دستورالعملی برای این مدل وجود دارد؟

۱-۶ سازماندهی تحقیق

ادامه این گزارش به صورت زیر سازماندهی شده است. فصل (۲) مبانی، مفاهیم و تعاریف اولیه در حوزه برنامه ریزی سیستم انرژی را عرضه می‌کند و فصل (۳) سیستم نیروی ایران را معرفی می‌کند. مرور ادبیات و نتایج تجزیه و تحلیل روند موجود در ادبیات در فصل (۴) بررسی شده است. فصل (۵) مسئله تحقیق را به روشی فنی بیان می‌کند و فرضیات را مورد تأکید قرار می‌دهد. دیدی کلی از رویکردهای مدلسازی CEP در فصل ۶ ارائه شده است. فصل (۷) به نتایج اجرای مدل‌های ایجاد شده اختصاص دارد. خلاصه، نتیجه‌گیری و دستورالعمل‌های تحقیقات بیشتر در فصل پایانی یعنی (۸) ارائه شده است.

فصل ۲

تعاریف و مفاهیم اولیه

این فصل تعاریف و مفاهیم اساسی و پایه ای در حوزه برنامه ریزی سیستم های انرژی را برای ایجاد همزمانی و درک بهتر مطالب این پابان نامه ارائه می کند. که شامل مقدمه ای برای اجزاء سیستم انرژی و مدل های آن است، به علاوه، مفاهیم مدلسازی مبتنی بر عاملها و رویکرد نظریه بازی به صورت خلاصه معرفی شده است.

۱-۲ اجزاء سیستم انرژی

پیکربندی سیستم انرژی الزاما شامل سه جزء است. طبقه بندی دقیق این اجزاء به صورت زیر فهرست بندی شده است:

۱. سطوح انرژی:

i. منابع طبیعی:

- فسیلی (نفت خام، زغال سنگ سخت، گاز طبیعی)

- هسته ای (اورانیوم، توریم)

- سنتی (چوب)

ii: انرژی اولیه:

- انرژی های تجدیدپذیر (زیست توده، باد، موج، خورشیدی)

- انرژی های تجدید ناپذیر (نفت خام استخراج شده، زغال سنگ سخت، گاز طبیعی)

iii. انرژی ثانویه (برق، گاز مایع، کک، بنزین)

iv. انرژی نهایی (برق توزیع شده، LG حمل شده)

۲. فن‌آوری‌های تبدیل

i. استخراج

ii. تصفیه و فرآوری

iii. تولید

iv. انتقال و توزیع

۳. مصرف‌کنندگان نهایی

i. مسکونی

ii. حمل و نقل

iii. تجاری

iv. مصرف‌کنندگان صنعتی

شکل (۱-۲) ارتباط بین اجزاء سیستم انرژی را از طریق زنجیره‌های انرژی نشان می‌دهد.