دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم اداری و اقتصاد

گروه اقتصاد

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی علوم اقتصادی

بهینه یابی اقتصادی سیستم هیبریدی برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در ایران : مورد مطالعه استان اصفهان

استاد راهنما:

دکتر علیمراد شریفی

استادان مشاور:

دکتر غلامحسین کیانی

دکتر رحمان خوش اخلاق

پژوهشگر:

محمدرضا رضائی

مهر ماه ۱۳۹۱

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتـایج مطالعـات، ابتکـارات و نـوآوری هـای ناشـی از تحقیـق موضوع این پایان نامـه متعلـق بـه دانشـگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم اداری و اقتصاد

گروه اقتصاد

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی علوم اقتصادی آقای محمدرضا رضائی تحت عنوان:

بهینه یابی اقتصادی سیستم هیبریدی برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در ایران : مورد مطالعه استان اصفهان

در تاریخ ۹۱,۷,۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر علیمراد شریفی	با مرتبه ی علمی دانشیار	امضا
۲- استادان مشاور پایان نامه	دکتر غلامحسین کیانی	با مرتبه علمی استادیار	امضا
	دکتر رحمان خوش اخلاق	با مرتبه ی علمی استاد	امضا
۳- استاد/ استادان داور داخل گروه	دکتر کریم آذربایجانی	با مرتبه ی علمی دانشیار	امضا
۴- استاد/ استادان داور خارج از گروه	دکتر مجید اسماعیلیان	با مرتبه ی علمی استاد یار	امضا

امضای مدیر گروه

الهی:

ای آرنـده غـم پشیمـانی در دل‌هـای آشنایـان و ای افکننـده سـوز در دل تائبـان ...

ای پذیرنده گناه کاران و معترفـان..کسی بازنیآمد تا باز نیاوردی وکسی راه نیـافت تا

*دست نگرفتی... **دستگیر**، که چون تو دستگیری نیست . .**دریاب**، که جز تو پناه نیست*

و پرسش ما را جز تو جواب نیست و درد ما را جز تو دوا نیست ...

و از این غم ، جز تو ما را راحت نیست.

به رسم ادب و احترام برخود لازم می‌بینم تا از عزیزانی که مرا یاری کردند تا به این توفیق دست یابم قدر دانی هر چند کوچکی در این کوچک مجال بنمایم. در ابتدا خدا را شاکرم که به این بنده کوچک درگاهش توفیق داد تا وقت و زندگی خود را وقف تحصیل علم نماید، که همه از نعمات الهی است. خدا را شاکرم که پدر و مادری عزیز و دلسوز به این بنده حقیر عطا کرد که مرا در راه کسب علم با تمام مشقات و تنگناهای که داشتند یاری کردند. خدا را شاکرم که مرا هدایت کرد تا با اساتیدی آشنا شوم که به مانند پدری دلسوز یاری گرم بودند، به خصوص اساتید راهنما و مشاور آقایان دکتر رحمان خوش اخلاق، دکتر علیمراد شریفی و دکتر غلامحسین کیانی. همچنین دیگر اساتیدی که به نحوی در این موفقیت یاری گرم بودند. برخود لازم میدانم از عزیزانی که در شرکت برق منطقه‌ای اصفهان، شرکت توزیع برق بوشهر و اصفهان حضور داشتند و بنده را در جمع آوری اطلاعات یاری کردند کمال قدردانی را داشته باشم. درآخر لازم است تا از دوست عزیزم آقای نبی طاهری که در برنامه نویسی یاری گرم بود تشکر نمایم.

الهم عجل لولیک الفرج

محمدرضا رضایی

پاییز ۱۳۹۱

تقدیم به تمامی
شهدای گمنامی
که با نثار خون خود
موجب سرافرازی ما شدند.

چکیده

در آستانه هزاره سوم میلادی، با توجه به تحولات بنیادی که به ویژه طی دودهه گذشته در بسیاری ازکشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به لحاظ صنعتی و اقتصادی به وقوع پیوسته است؛ و با عنایت به چشم انداز پیش روی جهان از دیدگاه اقتصادی، سیاسی، فنی و اجتماعی یکی از مهم ترین نیازهایی که ذهن تمامی مسئوولان و کارشناسان را در کشورهای مختلف جهان به خود مشغول داشته است، موضوع تامین انرژی طی سال‌های آتی است. در این میان بهینه سازی انرژی و بکارگیری و استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی گریزناپذیر برای سوخت های فسیلی می باشد. در حال حاضر انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر یک درصد از کل مصرف کشور را تامین می‌کنند، طبق مطالعات انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که برای کاهش هزینه‌های جانبی باید سهم این انرژی‌ها در سال‌های آینده افزایش چشمگیری داشته باشد.

هدف این پژوهش بررسی نحوه برق رسانی به مناطق دور افتاده مرکزی ایران(استان اصفهان) با در نظر گرفتن شرایط مختلفی مانند اثرات زیست محیطی، نرخ تنزیل اجتماعی و همچنین هزینه تمام شدهٔ آن است تا اقتصادی ترین شیوه بکار گیری آن را محاسبه کند. در واقع این پژوهش بدنبال بهینه یابی اقتصادی سیستم هیبریدی به منظور تامین برق مورد نیاز مناطق دور افتاده در منطقه مرکزی ایران است. تا به این روش هزینه بکار گیری این سیستم‌ها به حداقل رسیده و استفاده از آنها مبنای اقتصادی پیدا کند.

نتایج بهینه‌یابی سیستم هیبریدی نشان می‌دهد برای حداقل کردن هزینه برای تأمین برق مورد نیاز در این منطقه از کشور یا هر نقطه‌ی دیگری که از پتاسیل بالای تابشی برخوردار است، می‌بایست از نیروگاه خورشیدی استفاده شود. همچنین می‌توان برای داشتن قابلیت اطمینان بالا در تأمین برق مورد نیاز، در کنار استفاده از نیروگاه خورشیدی از توربین‌های بادی (در صورت داشتن پتانسیل خوب وزش باد در منطقه مورد بررسی) و باتری استفاده کرد.

کلید واژه: انرژی باد، انرژی خورشید، سیستم هیبریدی، بهینه یابی، نرخ تنزیل اجتماعی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- شرح و بیان مساله پژوهشی ۲

۱-۳- اهمیت و ارزش تحقیق ۴

۱-۴- کاربرد نتایج تحقیق ۴

۱-۵- اهداف تحقیق ۵

۱-۶- فرضیه (گزاره) یا سوال تحقیق ۵

۱-۷- روش تحقیق ۵

۱-۷-۱- نوع مطالعه و روش بررسی فرضیه ها ۵

۱-۷-۲- جامعه آماری ۵

۱-۷-۳- نمونه آماری ۶

۱-۷-۴- ابزار گردآوری داده ها ۶

۱-۸- تعریف واژه‌های کلیدی ۷

فصل دوم: ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- معرفی و تقسیم بندی منابع طبیعی ۱۰

۲-۲-۱- منابع طبیعی تجدید شونده ۱۰

۲-۲-۲- منابع طبیعی پایان پذیر ۱۱

۲-۳- انرژی باد ۱۲

۲-۳-۱- باد ۱۲

۲-۳-۲- تاریخچهٔ و ضرورت به کارگیری انرژی باد ۱۲

۲-۳-۳- مباحث مهم در استفاده از انرژی باد ۱۴

۲-۳-۴-۱-توزیع سرعت باد ۱۴

۲-۳-۴-۲- ضریب ظرفیت ۱۵

۲-۳-۴-۳- محدودیت‌های ادواری و نفوذ ۱۵

۲-۳-۴-۴- پیش‌بینی پذیری ۱۶

۲-۳-۴-۵- جایگذاری توربین بادی ۱۶

۲-۳-۵- مزایای انرژی باد نسبت به سایر منابع ۱۷

عنوان **صفحه**

۲-۴- انرژی خورشیدی ۱۷
۲-۴-۱- لزوم استفاده از انرژی خورشیدی..... ۱۸
۲-۴-۲- کاربردهای انرژی خورشید ۱۹
۲-۴-۳- کابردهای غیر نیروگاهی ۱۹
۲-۴-۴- کاربردهای نیروگاهی..... ۲۰
۲-۴-۴-۱- مزایای نیروگاه‌های خورشیدی ۲۰
۲-۴-۴-۲- نیروگاه‌های حرارتی خورشید از نوع سهموی خطی ۲۰
۲-۴-۴-۳- نیروگاه‌های حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی ۲۱
۲-۴-۴-۴- نیروگاه‌های حرارتی از نوع بشقابی..... ۲۱
۲-۴-۴-۵- دودکش‌های خورشیدی..... ۲۱
۲-۴-۵- نیروگاه فتوولتاییک..... ۲۲
۲-۴-۵-۱- پنل‌های خورشیدی..... ۲۲
۲-۴-۵-۲- مصرف کننده یا بار الکتریکی..... ۲۲
۲-۴-۵-۳- مصارف و کاربردهای فتوولتائیک..... ۲۳
۲-۴-۵-۴- آینده سیستم‌های فتوولتائیک..... ۲۴
۲-۴-۵-۵- مزایا و ویژگی‌های اقتصادی سیستم‌های فتوولتائیک ۲۴
۲-۴-۶- سیستم‌های هیبرید ۲۴
۲-۴-۶-۱- انواع سیستم‌های هیبرید..... ۲۶
۲-۵- نگاهی به تحولات جهانی در زمینه انرژی خورشیدی و انرژی باد..... ۲۷
۲-۵-۱- بررسی آماری استفاده از انرژی باد در جهان تا سال ۲۰۱۱ ..... ۳۰
۲-۶- پتانسیل انرژی های بادی و خورشیدی در ایران ۳۲
۲-۶-۱- ایران و گرمایش خورشیدی ۳۲
۲-۶-۱-۱- اقدامات انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در ایران..... ۳۳
۲-۶-۲- انرژی باد در ایران ۳۴
۲-۶-۲-۱- اطلس باد ایران ۳۵
۲-۶-۲-۲- پتانسیل استفاده از انرژی باد در کشور..... ۳۶
۲-۶-۲-۳- خلاصه دو مطالعه برای تعیین محل نصب توربین بادی در ایران..... ۳۶
۲-۶-۲-۴- اقدامات انجام شده در زمینه انرژی بادی در ایران..... ۳۷

عنوان **صفحه**

۲-۷- بررسی وضعیت صنعت برق در ایران ۳۸
۲-۷-۱- بررسی برق رسانی به روستاهای کشور ۴۰
۲-۷-۲- بررسی وضعیت صنعت برق در استان اصفهان ۴۱
۲-۷-۲-۱- تاریخچه برق در اصفهان ۴۱
۲-۷-۲-۲- عملکرد شرکت توزیع برق اصفهان در سال ۱۳۹۰ ..... ۴۲
۲-۸- بررسی سناریوهای مختلف برق رسانی به مناطق دور افتاده در ایران ۴۴
۲-۸-۱- گسترش شبکه سراسری ۴۵
۲-۸-۲- نیروگاه دیزلی ۴۶
۲-۸-۳- نیروگاه فتوولتائیک/باتری ۴۶
۲-۸-۴- نیروگاه ترکیبی (هیبرید) باد/فتوولتائیک/دیزل/باتری ۴۶
۲-۸-۵- مقایسه سناریوهای مختلف برق رسانی به مناطق دور افتاده در ایران ۴۷
۲-۹- مقدمه‌ای بر بهینه سازی ۴۸
۲-۹-۱- الگوریتم‌های کمینه‌یابی ۴۸
۲-۹-۱-۱- روش جستجوی سراسری ۴۹
۲-۹-۱-۲- بهینه سازی تحلیلی ۴۹
۲-۹-۱-۳- روش سادک سرازیر شونده‌ی ندلر-مید ۵۰
۲-۹-۱-۴- روش‌های بهینه سازی طبیعی ۵۰
۲-۹-۲- الگوریتم ژنتیک ۵۰
۲-۹-۲-۱-مزایای الگوریتم ژنتیک ۵۱
۲-۹-۲-۲- محدودیت‌های الگوریتم ژنتیک ۵۱
۲-۱۰- مطالعات انجام شده ۵۲
۲-۱۰-۱- مطالعات خارجی ۵۲
۲-۱۰-۲- مطالعات داخلی ۵۵
۲-۱۱- نتیجه گیری ۵۶

فصل سوم:روش پژوهش

۳-۱- مقدمه ۵۸
۳-۲- روشهای ارزیابی اقتصادی سیستمهای انرژی ۵۹
۳-۳- مدل سازی اقتصادی برای محاسبه هزینه تولید انرژی ۶۲
۳-۴- الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله بهینه یابی سیستم هیبریدی ۷۵

عنوان **صفحه**

۳-۴-۱-تفاوت الگوریتم ژنتیک با روش‌های مرسوم بهینه سازی ۷۶
۳-۴-۲- عملگرهای اصلی الگوریتم ژنتیک ۷۶
۳-۴-۲-۱- روش‌های کدگذاری ۷۶
۳-۴-۲-۲- جمعیت اولیه ۷۷
۳-۴-۲-۳- تابع برازندگی ۷۸
۳-۴-۲-۴ گزینش ۷۸
۳-۴-۲-۵- پیوند ۸۰
۳-۴-۲-۶- جهش ۸۱
۳-۴-۲-۷- روش‌های جایگزینی ۸۳
۳-۴-۲-۸- معیار همگرایی ۸۳
۳-۴-۲-۹- معیار عملکرد ۸۳
۳-۴-۲-۱۰- معیارهای توقف الگوریتم ۸۴
۳-۴-۳- مراحل حل مسئله بهینه‌یابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۸۵

فصل چهارم: تجزیه و تحلیل اطلاعات (نتایج تجربی مدل)

۴-۱- مقدمه ۸۷
۴-۲- محاسبه اقتصادی سیستم هیبریدی (باد/ فتوولتائیک/دیزل/ باتری) ۸۸
۴-۳- اطلاعات بار منطقه مورد بررسی ۱۰۱
۴-۵-۱- نتایج محاسبه های الگوریتم ژنتیک ۱۰۲
۴-۶- محاسبه اقتصادی هزینه مولد دیزلی ۱۰۶
۴-۷- نتیجه گیری ۱۰۸

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه ۱۰۹
۵-۲- نتیجه گیری ۱۱۰
۵-۳- پیشنهادها ۱۱۴
۵-۴- محدودیت‌های پژوهش ۱۱۶
۵-۵- موضوعات پیشنهادی جهت انجام مطالعات بیشتر ۱۱۷
پیوست: ۱۱۸
منابع و مآخذ ۱۲۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: ظرفیت تجمعی نصب شده توربینهای بادی، نیروگاههای فتوولتائیک و زمین گرمایی سازمان توسعه و همکاری اقتصادی کشورهای توسعه یافته در انتهای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۹ ..... ۲۹
جدول۲-۲ : تولید برق خورشیدی کشور طی سال های ۸۹-۱۳۸۳ ..... ۳۳
جدول ۲-۳:خلاصه وضعیت روستاهای برقدار شده استان اصفهان در سال ۱۳۹۰ ..... ۴۳
جدول ۲-۴:تعداد خانوار و آمار شبکه توزیع روستاهای برقدار شده استان اصفهان در سال ۱۳۹۰ ..... ۴۳
جدول ۲-۵: آمار روستاهای برقدار شده استان اصفهان به تفکیک شهرستان ۴۴
جدول ۴-۱: مشخصات پانل PV ۹۰
جدول ۴-۲: مشخصات فنی و هزینهای باتری و اینورتر ۹۲
جدول ۴-۳: قیمت انواع سوخت ۹۶
جدول ۴-۴: مشخصات فنی توربین بادی ۹۸
جدول۴-۵ : نتایج بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در حالت کمترین هزینه برای کل شبانه روز ۱۰۳
جدول۴-۶ : نتایج بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در حالت کمترین هزینه برای ۱۲ ساعت در روز ۱۰۴
جدول ۴-۷: نتایج بهینه سازی با در نظر گرفتن نرخ ۸ درصد به عنوان نرخ تنزیل اجتناعی ۱۰۵
جدول۵-۱: مقایسه هزینه نهایی تولید برق با ترکیب گزینه های مختلف ۱۱۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: نمودار میزان و استفاده از برق بادی از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۰..... ۳۲
شکل ۲-۲:کل ظرفیت نصب شده تا سال ۲۰۱۱(به مگاوات) ۳۲
شکل ۳-۱: توان تولیدی برق توسط توربین بادی با تغییر سرعت باد..... ۷۲
شکل ۳-۲: فرد a و چهار ژن مربوط به آن ۷۸
شکل ۳-۳: انتخاب چرخ گردان ۷۹
شکل۳-۴: پیوند یک نقطه‌ای ۸۱
شکل ۳-۵: جهش فرد a ۸۲
شکل۳-۶ : نمای کلی از بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک ۸۶
شکل ۴-۱: میانگین ماهانه‌ی انرژی خورشیدی برای سطوح افقی در منطقه خور و بیابانک..... ۹۷
شکل ۴-۲: پراکنش وزش باد در بهار۱۳۸۹ ..... ۱۰۰
شکل ۴-۳ : منحنی تداوم بار در ۱۷ تیر ماه ۱۳۹۰ شهرستان خور..... ۱۰۲
شکل ۴-۴: منحنی تداوم بار در روزی که پیک بار وجود داشته است..... ۱۰۲
شکل۴-۵: مقایسه انواع هزینه ها در سیستم ترکیبی ۱۰۶
شکل ۵-۱: محاسبه الگوریتم ژنتیک..... ۱۱۲

فصل اول:
کلیات پژوهش

۱-۱- مقدمه

تا پایان قرن بیست و یکم، اگر اوضاع و شرایط جهان بر همین منوال کنونی باشد، شاید جمعیت جهان دو برابر شده و ثروت آنها هشت تا شانزده برابر خواهد شد. تقاضای انرژی جهانی با وجود بهبود در بازدهی انرژی، دو تا چهار برابر خواهد شد، این تقاضای عظیم انرژی چگونه به صورت پاک، ایمن و پایدار تأمین خواهد شد؟ حتی با سطح مصرف انرژی کنونی، سامانه‌های انرژی کنونی، عوارض زیانباری روی سلامتی انسان‌ها و محیط زیست دارد. گازهای گلخانه‌ای که توسط احتراق سوخت‌های فسیلی آزاد می‌شوند، به صورت تهدید کننده‌ای موجب تغییرات بی سابقه آب و هوایی زمین شده است. منابع انرژی‌های نو اساساً بدون کربن بوده و اغلب پایدارتر از انرژی‌های فسیلی هستند. اگرچه هنوز تمام فناوری‌های آن تکامل و توسعه نیافته و قیمت برخی از آنها هنوز بالا است. به طور کلی انرژی‌های نو شامل انرژی‌های گرمایش خورشیدی، فتوولتائیک، زیست انرژی، برق آبی، کشندی(جزر و مدی)، باد، موج و زمین گرمایی است. پژوهش و کاربرد این هشت نوع انرژی در ایران(به جز برقابی که از سال‌های قبل‌تر آغاز شده بود) از سال ۱۳۵۴ آغاز شده است(بویل[1]،۲۰۰۴/۱۳۸۷).

[1] - Boyle. Godfrey

در این میان منابع انرژی‌های بادی و خورشیدی در مناطق وسیعی از ایران از پتانسیل بالایی برخوردارند. انرژی‌های بادی و خورشیدی که در این پژوهش مبنای کار قرار گرفته است در سالیان اخیر (خصوصاً انرژی خورشیدی) برای برق رسانی به مناطق دور افتاده مورد توجه قرار گرفته‌اند. در مطالعاتی که در سال‌های اخیر انجام گرفته است، توجیه پذیری اقتصادی آنها در مقایسه با دیگر گزینه‌های برق رسانی مشخص شده است. اما نکته‌ای که این مطالعات بر آن تأکید شده است، استفاده ترکیبی از این انرژی‌ها بوده است. بر همین اساس در این پژوهش با استفاده از مدل‌های اقتصاد مهندسی، مدل‌های مهندسی محاسبه توان عملی و با کمک گرفتن از روش-های نوین بهینه‌یابی ترکیب بهینه و اقتصادی برق رسانی در میان گزینه‌های ممکن مشخص می‌شود.

۱-۲- شرح و بیان مساله پژوهشی

در آستانه هزاره سوم میلادی، با توجه به تحولات بنیادی که به ویژه طی دودهه گذشته در بسیاری ازکشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به لحاظ صنعتی و اقتصادی به وقوع پیوسته است؛ و با عنایت به چشم انداز پیش روی جهان از دیدگاه اقتصادی، سیاسی، فنی و اجتماعی یکی از مهم ترین نیازهایی که ذهن تمامی مسئوولان و کارشناسان را در کشورهای مختلف جهان به خود مشغول داشته است، موضوع تامین انرژی طی سالهای آتی است. در این میان بهینه سازی انرژی و بکارگیری و استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی گریزناپذیر برای سوخت های فسیلی می باشد. این مساله به خصوص با پیش بینی اتمام سوخت های فسیلی در آینده ای نه چندان دور، اهمیت دو چندان پیدا کرده است. چرا که در حال حاضر بیش از ۷۰ درصد از کل انرژی مصرفی جهان را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهند که با تولید گازهای گلخانه‌ای و آلاینده در فرآیند تبدیل، هزینه‌های جانبی هنگفتی را ایجاد می‌کنند که باعث گرم شدن روز به روز دمای هوای زمین می-شوند. بنابراین برای اجتناب از این هزینه‌ها توجه به انرژی‌های تجدید پذیر ضروری به نظر می‌رسد. در حال حاضر انرژی‌های تجدیدپذیر بین ۱۵ تا ۲۰ درصد از کل مصرف جهان را تامین می‌کنند(هیرپس و ام سی کوننل[1]،۲۰۱۱) که طبق مطالعات انجام شده به این نتیجه رسیده‌اند که برای کاهش هزینه‌های جانبی باید سهم این انرژی‌ها تا سال ۲۰۵۰ افزایش چشمگیری داشته باشد. چرا که استفاده از این انرژی‌ها بدلیل دور بودن نوسانات قیمت سوخت‌های فسیلی باعث امنیت پایدار در بخش انرژی می‌شود و نوسانات قیمت در بخش به حداقل ممکن می‌رسد. البته استفاده از انرژی های تجدیدپذیر در جهان علی‌رغم قدمت آنها هنوز کاری بسیار نو می باشد و به لحاظ هزینه نیز توان رقابت با سیستم‌های سنتی و سوخت‌های فسیلی را در حال حاضر ندارد.

[1]- patrick Hearps &Dylan McConnell(2011)

در میان کشورهای در حال توسعه ایران به عنوان کشوری که قسمت عمده‌ای از انرژی الکتریکی تولیدی خود را از طریق سوخت‌های فسیلی تامین می‌کند، ونیز باتوجه به اینکه در ایران مناطق دور افتاده و دور از شبکه‌ی بسیاری وجود دارد، نیاز روز افزونی به توجه انرژی‌های نو را طلب می‌کند. چرا که تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز خانوارها، چاه‌های آب کشاورزی و معادن صنعتی در مناطق دور افتاده که گسترش شبکه انتقال و توزیع نیرو به آن مستلزم صرف هزینه‌های هنگفت می باشدکه یکی از مسائل عمده در صنعت برق کشورهای در حال توسعه به ویژه ایران است. در حال حاضر انرژی الکتریکی در مناطق دور افتاده ایران به ویژه مناطق مرکزی ایران از طریق نیروگاه‌های دیزلی تامین می‌شود که دارای هزینه‌های عملیاتی قابل توجهی بوده است و علاوه بر اینکه قیمت تمام شده انرژی الکتریکی را گران می سازد، آلودگی صوتی و مشکلات زیست محیطی از پیامدهای آن است. که همگی این هزینه‌ها هزینه‌های جانبی تولید انرژی است. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده تقاضای بار الکتریکی طی سال‌های آینده در مناطق مرکزی ایران افزایش خواهد یافت، که این مسئله نیاز به سرمایه گذاری‌های جدید برای افزایش ظرفیت تولیدی همچنین جایگزینی نیروگاه‌های با سوخت فسیلی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است.

با توجه به مطالعات انجام گرفته، ایران در منطقه‌ای از جهان قرار گرفته که میزان انرژی قابل استحصال از منبع انرژی خورشیدی و باد اقتصادی است. و از سوی دیگر یکی از اهداف اساسی توسعه بخش کشاورزی و برنامه-ریزی‌های کلان انرژی استفاده از انرژی‌های نو در ایران است؛ استفاده از این منابع برای جایگزینی با سوخت‌های فسیلی ضروری به نظر می‌رسد. چرا که هزینه صرف شده برای راه اندازی آنها سرمایه گذاری محسوب می شود. همچنین، وزارت نیرو حتی برای واحدهای نزدیک به شبکه نیز مجبور است برای حمایت از بخش کشاورزی وصنایع کوچک انرژی مورد نیاز آنها را با قیمت پایین تری تحویل دهد که حتی از قیمت تمام شده نیز کمتر است که با بکارگیری سیستم‌های تجدید شونده می توان برق تولیدی را با قیمت واقعی به فروش رساند چرا که دیگر نیازی به فروش تعرفه‌ای برق نیست و با اضافه درآمد ایجاد شده ناشی از واقعی شدن قیمت و ذخیره منابع انرژی وصادرات برق، با ایجاد صندوق سبز از صنایع ذکر شده با تامین سرمایه مورد نیاز حمایت شود. لازم به ذکر است تا پیش از این پژوهش اقتصادی بودن این سیستم‌ها با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته نسبت به سیستم‌های فسیلی استنتاج شده است(کهربائیان و هرسینی،۱۳۸۲). با عنایت به تمامی دلایل ذکر شده استفاده بیشتر از این سیستم‌ها ضروری است. برای عملیاتی کردن و بکار گیری انرژی‌های نو با توجه به میزان نیاز به مقدار انرژی مورد نیاز هر واحد طراحی اقتصادی آنها بیش از پیش لازم به نظر می‌رسد؛ چرا که با این کار هزینه اجرای

چنین کاری به حداقل می رسد. بنابر این در این پژوهش سعی بر آن است با در نظر گرفتن شرایط مختلف مانند اثرات زیست محیطی، نرخ تنزیل اجتماعی و همچنین هزینه تمام شدهٔ آن اقتصادی ترین شیوه بکار گیری آن را محاسبه کنیم. در واقع این پژوهش بدنبال بهینه یابی اقتصادی سیستم مورد نظر به منظور تامین برق مورد نیاز مناطق دور افتاده در منطقه مرکزی ایران است. تا به این روش هزینه بکار گیری این سیستم‌ها به حداقل برسد و استفاده از آنها مبنای اقتصادی بیشتری پیدا کند.

۱-۳- اهمیت و ارزش تحقیق

در مناطق دور افتاده و جدا از شبکه و نیز مزارع کشاورزی، انرژی الکتریکی مورد نیاز از طریق ژنراتورهای دیزلی، گازی و یا بنزینی تامین می شود. در گذشته که قیمت انرژی های فسیلی پایین بود همچنین در کشور ما علاوه بر این مشمول پرداخت یارانه نیز می شد شاید کمتر کسی به فکر جایگزینی آنها بود اما در حال حاضر با هدفمندی یارانه ها و بالا رفتن قیمت حامل های انرژی و نیز بالا رفتن هزینه تمام شده محصولات کشاورزی لزوم جایگزینی سیستم‌های سنتی با سیستم‌های تجدیدپذیر بیشتر مشخص می شود. ازطرفی با این جایگزینی می توان تا حد زیادی از آلودگی‌های زیست محیطی کاست و هزینه تمام شده محصولات تولیدی را نیز کاهش داد. گذشته از این مسائل هزینه صرف شده برای راه اندازی این سیستم ها سرمایه گذاری است و پس از چند دوره برگشت داده می شود. اما در سیستم‌های سنتی هزینه‌ها به صورت جاری است. یکی دیگر از مزیت‌های سیستم‌های تجدیدپذیر سادگی نگهداری است. با توجه به تمام این مسائل می توان با طراحی الگویی مناسب بر اساس میزان انرژی مورد نیاز هزینه‌های بکارگیری آنها را به حد اقل ممکن کاهش داد. لازم به ذکر است یکی از برنامه‌های توسعه پایدار در کشورها بهره برداری مناسب از منابع انرژی به منظور حفظ سهم آینده‌گان از منابع است، با به کار گیری سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر می‌توان سهم بیشتری از منابع سوخت فسیلی را برای نسل‌های بعد حفظ کرد.

۱-۴- کاربرد نتایج تحقیق

ایران یکی از کشورهای پر آفتاب دنیا است و در اکثر نقاط آن نیز به طور مداوم وزش باد وجود دارد. با توجه به پتانسیل‌های موجود در کشور ایران و بالا رفتن قیمت جهانی نفت در سال‌های اخیر و هدف مندی یارانه‌ها وچند برابر شدن قیمت حامل‌های انرژی؛ لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از پیش ضروری به نظر می-

رسد. در کشور ما نیازهایی وجود دارد که تامین آنها فقط از طریق سیستم‌های برق تجدیدپذیر ترکیبی امکان پذیر است وبا برق شبکه، دیزل ژنراتور ودیگر سیستم ها بلحاظ مشکلات فنی و اقتصادی امکان ندارد.

از مهمترین بخش‌ها و مراکزی که می توانند از نتایج این پژوهش استفاده کنند عبارتند از: وزارت نیرو بخش انرژی‌های نو (سازمان انرژی های نو ایران "سانا")، برای برنامه ریزی و حمایت از کاربرد این سیستم ها در مزارع کشاورزی، روستاهای پراکنده دور از شبکه به صورت واحدهای مجزا، بکارگیری در پست‌های مخابراتی دور افتاده، روشنایی تونل‌ها و غیره است.

۱-۵- اهداف تحقیق

بهینه‌یابی اقتصادی سیستم هیبریدی (بادی- خورشیدی)، به منظور به کارگیری در مناطق دور افتاده و دور از شبکه است؛ که در آن از انرژی فسیلی حداقل استفاده می‌شود و هزینه‌های بکارگیری در طول عمر پروژه نیز حداقل می‌شود.

۱-۶- فرضیه (گزاره) یا سوال تحقیق

سیستم‌های هیبریدی در مقایسه با سیستم‌های با سوخت‌های فسیلی حداقل هزینه را با در نظر گرفتن نرخ تنزیل و هزینه‌های جانبی در پی خواهد داشت.

۱-۷- روش تحقیق

۱-۷-۱- نوع مطالعه و روش بررسی فرضیه ها

این مطالعه از نوع علی- رابطه ای است. که به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده در منطقه مورد بررسی، از ترکیب تحلیل هزینه چرخه عمر و برنامه نویسی کامپیوتری الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود.

۱-۷-۲- جامعه آماری

یکی از برنامه‌های پیش روی وزارت نیرو در سال‌های آینده برق رسانی به مناطق دور افتاده و به طور خاص برق رسانی به روستاهای دور افتاده زیر ۲۰ خانوار است. در حال حاضر حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد از روستاهای زیر ۲۰ خانوار محروم از انرژی الکتریکی وجود دارد. همچنین در سال‌های اخیر لزوم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به خصوص فتوولتائیک به دلیل سادگی و سهولت نصب و راه اندازی، همخوانی با طبیعت مد نظر قرار گرفته است که تا پایان سال ۱۳۹۰، ۲۲ روستا با تعداد ۲۴۰ خانوار از طریق انرژی‌های نو برق دار شده-

اند(ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۲). از طرفی در اکثر مناطق ایران تابش متوسط سالانه در حدود ۳۰۰۰-۵۰۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع است. همچنین در اکثر مناطق ایران وزش مناسب است به طوریکه از دیرباز در ایران از آن استفاده می‌شده است(سانا،۱۳۹۱). بنابراین با توجه به بالا بودن پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران جامعه آماری این پژوهش هر نقطه از جغرافیای کشور ایران می‌تواند باشد.

۱-۷-۳- نمونه آماری

از آنجایی که این پژوهش شیوه‌ای نو در ارزیابی اقتصادی طرح‌های تولید انرژی از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر را پیشنهاد می‌کند نیاز به اطلاعات محلی بار و مصرف مورد تقاضا، تابش محلی و سرعت منطقه‌ای باد دارد باید منطقه‌ای به عنوان نمونه انتخاب گردد تا از اطلاعات آن استفاده گردد. بنابراین بنا به ضرورتی که برق رسانی به مناطق دور افتاده در استان اصفهان وجود دارد همچنین باید این برق رسانی اقتصادی باشد شهرستان خور و بیابانک انتخاب شده است چرا که بنا به نظر کارشناسان برق منطقه‌ای اصفهان این منطقه تقاضای زیادی را برای برق در سال‌های آتی دارد و باید این تقاضا به نحو بهینه تأمین شود، علارغم این که منطقه از طریق شبکه سراسری برق رسانی شده است اما به دلیل پتانسیل بالای تابش این منطقه از استان اصفهان می‌توان با ایجاد نیروگاه ترکیبی تجدیدپذیر هزینه برق رسانی به منطقه را کاهش داد و از شبکه موجود تنها در ساعات اوج بار در صورت لزوم استفاده شود؛ چرا که به دلیل طولانی بودن مسیر برق رسانی افت زیادی در شبکه ایجاد می‌شود با این کار میتوان هزینه‌های ناشی از تلفات و غیره را کاهش داد. لازم به ذکر است شیوه مورد استفاده شده در این پژوهش با استفاده از اطلاعات محلی برای هر منطقه‌ای حتی یک شهرک مسکونی قابل استفاده است.

۱-۷-۴- ابزار گردآوری داده ها

در بخش نظری، اطلاعات لازم بصورت کتابخانه‌ای و با استفاده از مکتوب که در رابطه با موضوع منتشر شده است و در بخش تجربی بخشی از اطلاعات لازم مانند قیمت تجهیزات، سرمایه گذاری مورد نظر و غیره از طریق مراجعه به سازمان‌های مربوطه بدست می‌آید.

۱-۷-۵- ابزار تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از نرم افزارهای MATLAB، ArcGIS، Microsoft Excel، Global Mapper، استفاده می‌گردد.

۱-۸- تعریف واژه‌های کلیدی

بهینه یابی (Optimization): تصمیم گیری در مورد تابع به منظور رسیدن به مقدار مطلوب تابع که صرفاً به معنی حداقل یا حداکثر کردن تابع مورد نظر است(سوری،۱۳۸۶، ۱۳۹)، یا به عبارت دیگر از منظر اقتصادی عبارتند از انتخاب بهترین گزینه در میان گزینه‌های ممکن به منظور حداکثر کردن تولید یا حداقل کردن هزینه در یک بنگاه است(سالواتوره،۱۳۷۹،۲۳).

انرژی تجدیدپذیر (Renewable Energy): به مجموعه ای از منابع انرژی که در آن منابع انرژی اولیه از جریانی مداوم برخوردار است که شامل انرژی خورشیدی، بیوماس، زمین گرمایی، آبی، بادی و غیره می‌تواند باشد (کهربابیان،۱۳۷۶،۱۳).

سیستم هیبریدی (Hybrid System): به سیستمی ترکیبی از تولید انرژی شامل چند واحد از تولید انرژی تجدیدپذیر مانند باد- خورشید- آب، اطلاق می شود(کوچک زاده،۱۳۸۴،۳۳).

الگوریتم ژنتیک(Genetic Algorithm): تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی و مسائل جستجو است. الگوریتم ژنتیک نوع خاصی از الگوریتم‌های تکامل است که از تکنیکهای زیست‌شناسی فراگشتی مانند وراثت و جهش استفاده می‌کند.در واقع الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند(هابت، ۱۳۸۹،۵۷).

نرخ تنزیل اجتماعی(Social Discount Rate): نرخ تنزیل اجتماعی نرخی است که عموماً برای اعمال ارزش زمانی پول در ارزیابی اقتصادی و تحلیل هزینه- فایده پروژه‌های سرمایه گذاری، نظیر طرح‌های بخش عمومی که در جهت بهبود رفاه اجتماعی هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد(عبدلی،۱۳۸۸،۲)، نرخ تنزیل همچنین به شرایط اقتصادی کشور نیز بستگی دارد اما همیشه برآورد آن به آسانی صورت نمی‌گیرد. همچنین گاهی اوقات می‌تواند مبنایی برای اجرای سیاست‌های اقتصادی باشد(سولداتوس[۱]،۱۹۹۳،۱۹۱).

روش هزینه چرخه عمر(LCCA)(Life Cycle Cost Analysis): روشی که با توجه به نرخ تنزیل، طول عمر سیستم، هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی سیستم وغیره، هزینه واحد تولید برق را محاسبه می‌کند(یزدانی راد،۱۳۷۷،۶).

---

[۱] - Peter G. Soldatos(1993)

توان بادی(wind Power): تبدیل انرژی باد به نوعی مفید از انرژی مانند انرژی الکتریکی (با استفاده از توربین‌های بادی)، انرژی مکانیکی (مثلاً در آسیاب‌های بادی یا پمپ‌های بادی) و یاپیش‌رانش قایق‌ها و کشتی‌ها (مثلاً در قایق‌های بادبانی) است(بویل،۱۳۸۷/۲۰۰۴،۱۵۴).

انرژی خورشیدی(Solar Energy):انرژی خورشیدی یا انرژی حاصل از نور خورشید به عنوان یک منبع رایگان و تمام نشدنی، سرمنشأ حیات و شکل گیری انواع دیگر انرژی بوده و قابلیت تبدیل شدن به انرژی‌های دیگر (همچون الکتریسیته) را دارا می‌باشد(فتوحی،۱۳۷۹،۳۲).