دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

گروه علوم اقتصادی

پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی‌سیستم های اقتصادی

موضوع:

انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از روش: تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)

(مطالعه موردی‌ایران)

نگارنده :

ابراهیم قائد

اساتید راهنما

دکترعلی دهقانی

دکترمحمد فتاحی

بهمن ماه ۱۳۹۷

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است.

شماره: ۳-۹۷-۵۹۱۵

تاریخ: ۹۷/۱۱/۰۷

باسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/خانم ابراهیم قائد با شماره دانشجویی ۹۵۱۶۵۰۴رشته: برنامه ریزی سیستمهای اقتصادی تحت عنوان انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از روش :*MCDM*مطالعه موردی در ایرانکه در تاریخ ۹۷-۱۱-۰۷با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی.....) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر دهقانی و دکتر فتاحی		
۲- استادراهنمای دوم	دکتر فتاحی	استادیار	
۳- استاد مشاور	-		
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	مجید عامری		
۵- استاد ممتحن اول	دکتر شیخ		
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر مولایی		

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

ماحصل آموخته هایم را تقدیم میکنم به انها که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به جاودانه ترین حضور در قلبم، روح بزرگ پدرم

و به گرم ترین پناه زندگی ام، مادر عزیزم

که هر آنچه آموخته ام در مکتب عشق شما آموخته ام و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بیکران مهربانیتان را سپاس توانم بگویم.

هم اکنون که به توفیق الهی، نگارش این تحقیق را به پایان رسانده ام برخود لازم می‌دانم از پدر ومادر عزیزم، برادران وخواهرانم به خاطر همراهیشان در طول سالیان تحصیل تشکر نمایم.

ابتدا به مصداق «من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق» شایسته است کمال تشکر و قدر دانی را از جناب آقای **دکتر علی دهقانی** و همچنین جناب آقای **دکتر محمد فتاحی** داشته باشم که مرا در تدوین این پایان‌نامه راهنمایی نمودند و در طول دوران تحصیل دلسوزانه مسیر تحصیلمان را هموار نمودند و با پیگیری‌های مستمر شان بنده را در جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در طول این پروژه یاری فرمودند وبا نکات ارزنده دقت مرا در طرح مطالب افزایش دادند.

تعهد نامه

اینجانب ابراهیم قائد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی** دانشکده **مهندسی صنایع و مدیریت** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار با استفاده از روش: تصمیم گیری چند معیاره (MCDM): (مطالعه موردی ایران)** تحت راهنمایی دکتر علی دهقانی و دکتر محمد فتاحی متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه شاهرود » و یا « University of Shahrood » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .

در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

چکیده

هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با تأکید بر اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای کمک به سیاست‌گذاران اقتصادی جهت کاهش هزینه، کاهش آلودگی زیست محیطی (تشعشعات) وهمچنین توسعه اجتماعی است. با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) و ارائه یک مدلسازی جدید و یکپارچه از اصول و خط‌مشی‌های انرژی الکتریکی برای پیشرفت و توسعه اقتصادی ایران، به‌ترتیب از روش‌های FAHP گروهی، آنتروپی شانون، ویکور، الگوی خود توضیح برداری(VAR)، روش جوهانسن - جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطا، اصول و ترجیحات هر یک از معیارها و زیر معیارها، منطبق با نیازهای جامعه ایران در فرآیندهای تولید انرژی الکتریکی شناسایی و براساس آن‌ها میزان استفاده بهینه و بهره‌گیری از انرژی‌ها مشخص می‌شود. نتایج نشان داد که انرژی خورشیدی، طبق رتبه‌بندی شاخص ویکور(Q) با ۸۸ درصد اطمینان درررده اول انرژی‌ها قرارگرفت، سپس به ترتیب انرژی‌ها ی بادی ، گاز، آبی، زمین گرمایی و زغال سنگ درررده‌های دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم انرژی ها جای گرفتند. براساس نتایج بدست آمده دراین تحقیق، می‌توان گفت میزان فعالیت در انرژی زغال‌سنگ در ایران چندان صرفه اقتصادی ندارد و با توجه به افزایش گرمای زمین در آینده، فعالیت در انرژی خورشیدی در ایران بازخورد بیشتری نسبت به سایر انرژی‌ها دارد و می‌تواند در جهت صرفه‌های اقتصادی، اجتماعی وهمچنین کاهش آلودگی ناشی ازاستفاده بیش‌تر ازسوخت‌های فسیلی مؤثر باشد و بستر مناسبی را برای میزان استفاده بهینه ازاین نوع انرژی‌ها درایران ایجاد نماید. همچنین نتایج براساس الگوی خود توضیح برداری(VAR)، روش جوهانسن - جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطا نشان می دهدکه اثرگذاری ضرایب متغیرها بر اساس مبانی نظری مورد انتظار بوده و از نظر آماری نیز معنادار می‌باشند، و نتایج براساس ضریب جمله تصحیح خطا، حاکی از آن است که در هر دوره حدود ۰/۶۴ از عدم تعادل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلند مدت، تعدیل می شود و می‌توان بیان داشت که در بلند مدت، یک درصد افزایش درمتغیرهای نیروی کار، سرمایه‌گذاری انرژی در بخش خصوصی، تولید انرژی الکتریکی و مصرف سوخت فسیلی به ترتیب باعث افزایش ۰/۸۱، ۰/۵۱،

۰/۶۵ و ۳/۴۲ درصد دررشد اقتصادی می شوند. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش، توصیه سیاسی این است که، سهم انرژی های تجدیدپذیر به خصوص انرژی های خورشیدی و بادی را از کل انرژی‌های تولیدی کشور افزایش داد، چرا که با وجود هزینه‌ی اولیه بالادر امر تولید این نوع انرژی‌ها در اقتصاد های وابسته به نفت، این نوسانات وارد اقتصاد جامعه می‌شود که با استفاده از این انرژی ها می‌توان بر اساس ظرفیت هر منطقه از شدت این نوسانات جلوگیری کرده و رشد اقتصادی باثبات تری را در جامعه اعمال نمود. همچنین با حذف تدریجی یارانه انرژی فسیلی و سوق دادن درآمد حاصل از آن برای تامین مالی پروژه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری در توسعه این نوع انرژی‌ها با حمایت از جانب بانک‌ها در ایران توصیه می‌شود.

واژگان‌کلیدی: انتخاب تکنولوژی، انرژی الکتریکی، توسعه پایدار، شاخص ویکور، روش جوهانسن-جوسیلیوس

طبقه‌بندی JEL : C22، O22، O21، C02

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق ۱

۱-۱مقدمه ۲

۱-۲ طرح تحقیق و بیان مسأله ۳

۱-۳ ضرورت تحقیق ۵

۱-۴ منابع انرژی ۶

۱-۴-۱ انرژی های تجدیدپذیر ۶

۱-۴-۲ انرژی های تجدید ناپذیر ۷

۱-۵ انواع انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر ۸

۱-۵-۱ انرژی خورشیدی (فتوولتائیک) ۸

۱-۵-۲ انرژی باد ۱۰

۱-۵-۳انرژی‌آبی(هیدرولیک) ۱۲

۱-۵-۴ انرژی‌زمین‌گرمایی (ژئوترمال) ۱۴

۱-۵-۵ انرژی‌زغال سنگ وگاز ۱۶

۱-۵-۵-۱ انرژی‌زغال سنگ ۱۶

۱-۵-۵-۲ انرژی‌گاز ۱۷

۱-۶ نوآوری در تحقیق ۱۸

۱-۷ اهداف تحقیق ۱۸

۱-۸ فرضیات و یا سوالات تحقیق ۱۸

۱-۹ روش انجام تحقیق وتجزیه و تحلیل اطلاعات..... ۱۹
۱-۱۰روش و ابزار گردآوری داده ها و اطلاعات..... ۱۹
۱-۱۱جامعه آماری مورد مطالعه..... ۱۹
۱-۱۲مروری بر فصل های پایان نامه..... ۱۹
فصل دوم: ادبیات و پیشینه تحقیق..... ۲۱
۲-۱مقدمه..... ۲۲
۲-۲ توسعه پایدار..... ۲۳
۲-۲-۱محدودیت منابع انرژی..... ۲۴
۲-۲-۲ آلودگی زیست محیطی منابع انرژی..... ۲۴
۲-۲-۳رشد اقتصادی از منابع انرژی..... ۲۷
۲-۳ مرور مطالعات پیشین..... ۲۹
۲-۳-۱مطالعات انجام شده داخلی..... ۲۹
۲-۳-۲ مطالعات انجام شده خارجی..... ۳۱
۲-۴ جمع بندی..... ۳۶
فصل سوم: روش‌شناسی تحقیق..... ۳۷
۳-۱روش انجام تحقیق..... ۳۸
۳-۲ مطالعه موردی..... ۳۸
۳-۲-۱معرفی وضعیت انرژی‌های تجدیدپذیردرایران..... ۳۸

۳-۳روش جمع‌آوری اطلاعات..... ۳۹

۳-۴پرسشنامه..... ۴۰

۳-۵ مدل پژوهش..... ۴۰

۳-۵-۱تحلیل سلسله مراتبی FAHP گروهی..... ۴۳

۳-۵-۲روش آنتروپی‌شانون برای وزن دهی شاخص ها (معیارها)..... ۴۶

۳-۵-۳ بهینه سازی چند معیاره و راه حل سازش..... ۴۹

۳-۵-۳-۱ تکنیک ویکور..... ۴۹

۳-۵-۳-۲ مراحل تکنیک ویکور..... ۵۱

فصل چهارم: معرفی مدل و تفسیر نتایج..... ۵۵

۴-۱ مقدمه..... ۵۶

۴-۲ استفاده از تحلیل سلسله مراتبیFAHP گروهی برای امتیازدهی هریک ازگزینه های زیر معیار پذیرش اجتماعی ۵۶

۴-۳ استفاده‌ازآنتروپی شانون برای وزن‌دهی شاخص‌ها (معیارها)..... ۶۱

۴-۴ استفاده از تکنیک ویکور..... ۶۴

فصل پنجم: تأثیر سرمایه گذاری در تولید انرژی های تجدیدپذی بر رشد اقتصادی..... ۶۹

۵-۱ مقدمه..... ۷۰

۵-۲ برآورد مدل و آزمون فرضیه‌ها..... ۷۱

۵-۲-۱ آزمون ریشه واحد ۷۴
۵-۲-۲ تعیین طول وقفه بهینه ۷۵
۵-۲-۳ بررسی بردار همگرایی ۷۶
فصل ششم: جمع بندی و نتایج تحقیق ۷۹
۶-۱ مقدمه ۸۰
۶-۱-۱ ضرورت توجه ویژه به انرژی های تجدیدپذیر در ایران ۸۰
۶-۲ خلاصه و جمع بندی پژوهش ۸۱
۶-۳ نتیجه گیری و ارائه توصیه های سیاسی ۸۳
۶-۴ محدودیت اجرای طرح ۸۶
پیوست‌ها ۸۷
مراجع ۱۰۱
مراجع داخلی ۱۰۲
مراجع خارجی ۱۰۴

فهرست اشکال

شکل۱-۵ میزان پراکنش انرژی خورشیدی در کشور ۹

شکل۱-۶ میزان بهره گیری مناطق کشوراز انرژی خورشیدی..... ۱۰

شکل۲-۱ انرژی سوختهای فسیلی جهان..... ۲۴

شکل۲-۲ نشرتمام دی‌اکسیدکربن تولیدی دراثر مصرف انرژی..... ۲۵

شکل۲-۳ نشردی‌اکسیدکربن ناشی از سوزاندن سوختهای قابل احتراق درسال ۲۰۰۵..... ۲۶

شکل۲-۴ سرانه میزان خروجی گاز دی اکسیدکربن درایران..... ۲۶

نمودار۳-۱ تفاوت راه حل ایده آل و سازشی..... ۵۱

فهرست جداول

جدول۳-۱ مشخصات خبرگان..... ۴۰

جدول۳-۲ مقیاس مدل سلسله مراتبی..... ۴۵

جدول۳-۳ توزیع یا احتمال هر پدیده تصادفی..... ۴۷

جدول۴-۱ تشکیل ماتریس برای محاسبه نرخ ناسازگاری در پرسشنامه اول..... ۵۷

جدول۴-۲ اعداد میانی(M_1) ماتریس اصلی برای محاسبه نرخ ناسازگاری در پرسشنامه اول..... ۵۸

جدول۴-۳ میانگین هندسی(G_1) اعداد بالا و پایین ماتریس اصلی برای محاسبه نرخ ناسازگاری در پرسشنامه اول..... ۵۸

جدول۴-۴ محاسبه W متناظرهر سطر از اعداد میانی(M_1) ماتریس اصلی و میانگین هندسی(G_1)... ۵۸

جدول۴-۵ تشکیل ماتریس۶در۱برای محاسبه نرخ ناسازگاری اعداد میانی(M_1) درپرسشنامه اول..... ۵۹

جدول۴-۶تشکیل ماتریس۶در۱برای محاسبه نرخ ناسازگاری میانگین هندسی(G_1) درپرسشنامه اول..... ۵۹

جدول۴-۷حاصل جمع هر ستون اعداد میانی(M_1) در پرسشنامه اول..... ۶۰

جدول۴-۸ تشکیل ماتریس نرمالیزه در پرسشنامه اول..... ۶۰

جدول۴-۹ امتیاز نهایی گزینه های زیر معیارپذیرش اجتماعی برای تمامی پرسشنامه ها..... ۶۱

جدول۴-۱۰تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیاراقتصادی..... ۶۱

جدول۴-۱۱تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیاراجتماعی..... ۶۲

جدول۴-۱۲تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیارمحیط زیستی..... ۶۲

جدول۴-۱۳ تشکیل ماتریس نرمالیزه برای وزن دهی معیاراقتصادی..... ۶۲

جدول۴-۱۴ تشکیل ماتریس نرمالیزه برای وزن دهی معیاراجتماعی..... ۶۳

جدول۴-۱۵ تشکیل ماتریس نرمالیزه برای وزن دهی معیارمحیط زیستی..... ۶۳

جدول۴-۱۶ خلاصه مقادیرEj، Dj وWj.....۶۴
جدول۴-۱۷ ارزیابی گزینه ها براساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی ومحیط زیستی.....۶۵
جدول۴-۱۸ محاسبه مقدار حداکثر و حداقل هر شاخص.....۶۵
جدول۴-۱۹ محاسبه مقدار سودمندی و تأسف هر شاخص.....۶۵
جدول ۴-۲۰ محاسبه مقدار Q_i و رتبه بندی هر شاخص.....۶۶
جدول۴-۲۱ مرتب سازی مقادیرR،S وQ برای تمام گزینه ها.....۶۶
جدول۴-۲۲ ارزیابیگزینه ها براساس مقادیر مختلف وزن دهی معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی.....۶۶
جدول ۴-۲۳ محاسبه مقدار Q_i و رتبه بندی هر شاخص بر اساس مقادیر مختلف وزن‌دهی.....۶۷
جدول۴-۲۴ محاسبه مقدارسودمندی و تأسف هر شاخص براساس مقایر مختلف وزن دهی.....۶۷
جدول۴-۲۵ آنالیزحساسیت رتبه بندی Q براساس مقادیر مختلف وزن دهی..... ۶۷
جدول۵-۱ نتایج آزمون دیکی فولرتعمیم یافته.....۷۵
جدول۵-۲ نتایج آزمون تعیین طول وقفه بهینه.....۷۶
جدول۵-۳ نتایج آزمون ماتریس اثر (χtrace) ۷۷
جدول۵-۴ نتایج آزمون حداکثر مقادیر ویژه (χmax) ۷۷
جدول۵-۵ نتایج الگوی تصحیح خطای برداری.....۷۸
پرسشنامه.....۸۸
جدول(الف) تعریف اعداد فازی و معکوس این اعداد (برای انجام مقایسات زوجی) در پرسشنامه..۸۸
جدول(ب) پرسشنامه اول مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها.....۸۸
جدول(پ) پرسشنامه دوم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها..... ۸۹

جدول(ت) پرسشنامه سوم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها..... ۸۹
جدول(ث) پرسشنامه چهارم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها..... ۹۰
جدول(ج) پرسشنامه پنجم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها..... ۹۱
جداول خروجی از نرم افزارهای Matlab و Eviews..... ۹۲
خروجی نرم افزار برای رتبه بندی Q براساس تکنیک ویکور (VIKOR)..... ۹۲
خروجی نرم افزار برای آنالیزحساسیت رتبه بندی Q براساس تکنیک ویکور (VIKOR) نسبت به مقادیر مختلف وزن دهی..... ۹۳
خروجی نرم افزار برای آزمون ریشه واحد متغیرها..... ۹۴
خروجی نرم افزار برای آزمون جوهانسن - جوسیلیوس..... ۹۷
خروجی نرم افزار برای نتایج آزمون الگوی تصحیح خطا (VECM)..... ۹۹

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱-مقدمه

رشد و توسعه جوامع انسانی همواره موازی با تولید و مصرف انرژی بوده است. بر اساس آمارهای ثبت شده طی ۳۰ سال گذشته احتیاجات انرژی جهان به مقدارقابل ملاحظه ای افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۰مصرف انرژی جهان معادل۳/۳ گیگاتن درصد بوده است. که در سال ۱۹۹۰به۸/۸ گیگاتن درصد افزایش یافت، این بدان معناست که دارای رشد متوسط سالیانه ۳/۳ گیگاتن درصد می‌باشد و در مجموع ۱۶۶درصد افزایش را نشان می‌دهد. در حال حاضر مصرف انرژی جهان۱۰ گیگاتن بوده است و پیش بینی می‌شود که این رقم در سال‌های ۲۰۱۰و ۲۰۲۰به ۱۲و ۱۴گیگاتن افزایش یابد(یزدان داد ومحمد زاده، ۱۳۹۱). این افزایش نشان می‌دهد که میزان انرژی جهان در قرن آینده بالا می‌باشد و بالطبع این سوال مهم مطرح می‌باشد که آیا منابع انرژی های فسیلی در قرن های آینده، جواب‌گوی نیاز انرژی جهان برای بقا، تکامل و توسعه خواهد بود؟ در پاسخ به این سوال عمده حداقل به دو دلیل جواب منفی می‌باشد، که عبارتند از:۱- به دلیل محدود بودن انرژی های فسیلی۲- مسائل و مشکلات زیست محیطی و تلاش جامعه جهانی در کنترل محیط زیست به منظور تداوم انسان بر روی کره‌ی زمین است. از این رو استفاده از منابع جدید انرژی به جای منابع فسیلی امری الزامی است(پورسیستانی و همکاران، ۱۳۹۲). سیستم های جدید در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشند که در آن منبع انرژی های الکتریکی نظیر انرژی خورشیدی، بادی، گاز، آبی، زمین‌گرمایی و زغال سنگ مورد استفاده قرار گیرد. در سال های گذشته، متاسفانه به دلیل بی توجهی به انرژی های الکتریکی در تولید این انرژی آنچنان‌که نیازمند کشورمان بوده است کوتاهی کرده ایم. که گاها باعث افزایش هزینه های ناشی از تولید آن و همچنین باعث ازبین رفتن و آلودگی محیط زیست کشور نیز شده است. از این رو لازم است تا محققان واندیشمندان دانشگاهی در پی ایجاد روش ها وراه حل ها برای بهبود این وضعیت تلاش کنند. و اتفاقاتی که در گذشته رخ داده است در آینده تکرار نشود. حال نوبت به انرژی های الکتریکی است که نقش و اهمیت خود را برای پیشرفت جامعه نمایان سازند و قابلیت هایی چون

محدود کردن سوخت های فسیلی، سالم نگه داشتن محیط زیست، کاهش محدودیت های برق رسانی، استهلاک سرمایه گذاری کمتر و بازده اقتصادی بالاتر دربلند مدت و همچنین ایجاد زمینه های اشتغال-زایی را در پی داشته باشد. (همایونی فر و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین در یک جمع بندی کلی می‌توان گفت که استفاده از انرژی های الکتریکی درحال حاضر امری ضروری است چون از یک طرف درکاهش هزینه های کشورنقش اساسی دارد و از طرف دیگر برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست به ویژه سوختهای فسیلی و همچنین تحریم‌ها و مشکلات اقتصادی، اجتماعی و کاهش قیمت نفت و گاز ایران در بازارهای جهانی، رفتن به سمت انرژی های الکتریکی بیشتر به چشم می‌خورد. و احتیاج است که بهبود اساسی در آن ها صورت گیرد. در این تحقیق سعی شده است تا با مقایسه میان انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیرمزایا و معایب این دو انرژی در زمینه های گوناگون بررسی و سپس‌آنها را رتبه بندی کرد تا بتوان میزان درصد سودمندی و زیان هر کدام از این انرژی ها را مقایسه نمود و بر اساس اطلاعات بدست آمده از بهترین تصمیم گیری برخوردار شد.

۱-۲- طرح تحقیق و بیان مسئله

باتوجه به رشد روز افزون اقتصاد و نقش پیچیده انرژی در این زمینه، نمی‌توان تصمیمات مربوط به انرژی را به سادگی اتخاذ کرد زیرا با توجه به یکی از نهاده‌های اصلی تولید هرگونه تصمیم‌گیری در این زمینه اقتصاد کشورها را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به دلایل زیست محیطی و آشکارشدن مضرات ناشی از سوخت‌های فسیلی و تاثیرات منفی آن‌ها بر چرخه‌های اکولوژیکی، انگیزه استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و غیر آلاینده محیط زیست نظیر باد، خورشید، انرژی الکتریکی و آب های جاری افزایش یافته، و ازاین رو برنامه‌ریزی انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیر اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. به گونه ای که بر اساس اطلاعات آماری منتشر شده از انرژی جهان در سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ حدود ۵/۷ میلیون نفر در سراسر جهان به طورمستقیم یا غیر مستقیم در بخش انرژی های تجدید پذیر مشغول به کار بوده‌اند و براساس آخرین آمارهمین مرکز، درسال ۲۰۱۶ سرمایه‌گذاری اروپا دربخش انرژی های

تجدید پذیر به میزان۴ درصد(۳۳/۵ میلیارد دلار) و برزیل ۳۶ درصد(۳/۷میلیارد دلار) افزایش یافته است و در بین کشورهای آسیایی چین با ۱۳/۴٪ ، هند با ۴/۶٪ وژاپن با۳/۴٪ به ترتیب رتبه های اول تا سوم را درتولید انرژی های تجدیدپذیربه خود اختصاص داده اند.

پس باتوجه به نیاز روز افزون استفاده از انرژی برای تامین خواسته‌ها، کشورهایی ازجمله ایران بایدرویکرداساسی نسبت به دستیابی انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار خود قرار دهند، چرا که ایران نیز همانند سایر کشورهای در حال توسعه با چالش‌های مهمی در زمینه سیاست های انرژی، زیست محیطی و عوامل اجتماعی روبرومی‌باشد. ایران با دارا بودن ۱۰درصد ازمنابع نفتی جهان و ۱۵ درصد از گاز جهان به عنوان کشوری غنی از منابع و سوخت های فسیلی مطرح است که این منابع باعث شده است تا میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر درکشور کاهش یابد و تنها در بخش تولید انرژی برق ازاین نوع انرژی ها، تا حدودی استفاده شود. براساس آماروزارت نیرو[1] (۱۳۹۰)، در حال حاضر ۸۳/۵ درصد از کل ظرفیت تولیدبرق کشور مربوط به نیروگاه‌حرارتی، ۱/۵درصدتوسط‌نیروگاه اتمی،۰/۱۴ درصد به وسیله واحدهای نیروگاهی برق آبی،۰/۳ درصد انرژی های نو و ۰/۷ درصد مربوط به نیروگاه های مولد مقیاس کوچک یا تولید پراکنده است. بنابراین با توجه به وضعیت آلودگی هواو لزوم سیاستی مناسب جهت‌کاهش آن وهمچنین با توجه به ضرورت رشد اقتصادی در کشورهای درحال توسعه‌ای مانند ایران، جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیربه جای سوخت‌های فسیلی، می‌تواند به عدم توقف در جهت برنامه های رشد اقتصادی منجر شود(ملکی، ۱۳۸۳)، (فطرس وهمکاران، ۱۳۹۰)، (شهبازی وهمکاران، ۱۳۹۱)، (بینج[2]، ۲۰۱۱). بر اساس مطالعات تجربی انجام شده نظیر مطالعات مهاجان،[3] (۲۰۱۲) و زمار و همکاران[4]، (۲۰۱۴) که معتقدند انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی باعث افزایش هزینه های سنگین در امر تولید انرژی شده و نیاز به زیرساختهای اساس دارد و برای استفاده از انرژی

1. Ministry of Energy. Detailed statistics of Iran's power industry (2011)
2. Binh (2011)
3. Mahajan (2012)
4. Vezmar et al (2014)

های تجدیدپذیر چون انرژی های خورشیدی نیاز به تجهیزاتی است که در پاره ای از موارد این تجهیزات از مواد سمی و خطرناک ساخته می شوند و ورود این مواد به چرخه طبیعت باعث ایجاد آلودگی در محیط زیست می گردد. از طرفی بر اساس مطالعات تجربی انجام شده نظیر مطالعات تزنگ و همکاران[5] (۱۹۹۲)، کلی و همکاران[6] (۲۰۰۱)، دوگان و همکاران[7]، (۲۰۰۲)، توپکو و همکاران[8] ، (۲۰۰۴)، برگمان و همکاران[9]، (۲۰۰۷)، اتماجا و بوراک[10] ، (۲۰۱۲)، چاتزی موراتیدز و پیلاواچی[11]، (۲۰۱۲)، وزمار و همکاران[12]، (۲۰۱۴)، کومار و همکاران[13]، (۲۰۱۷) و لی و همکاران[14]، (۲۰۱۸)، نتیجه گیری عکس را برآورد نمودند و معتقدند که با انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی موجب صرفه جویی درمصرف سوختهای فسیلی، کاهش آلودگی هوا، ایجاد اشتغال پایدار و تجاری بودن این نوع تکنولوژی ها می شود. بنابراین با توجه به نتایج تحقیقات مطرح شده ازآنجا که انتخاب تکنولوژی تولید انرژی های الکتریکی از یک طرف تأثیر منفی و از طرف دیگر تأثیر مثبت بر چرخه ی طبیعت از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی دارد به عنوان دغدغه اصلی این مطالعه مطرح است.

۱-۳- ضرورت تحقیق

در زمینه بررسی انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی به وسیله منابع انرژی های تجدیدپذیر می توان بیان کرد که از آن جا که برخی از مطالعات انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی را مفید دانسته و برخی آن را غیر مفید لحاظ کرده اند، برمبنای مزیت‌های ذکر شده، این مطالعه در نظر دارد برای اولین بار، با انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار

5. Tzeng et al (1991)
6. Celli et al (2001)
7. Dugan et al (2002)
8. Topcu et al (2004)
9. Bergmann et al (2007)
10. Atmaca and Burak (2012)
11. Chatzimouratidis and Pilavachi (2012)
12. Vezmar et al (2014)
13. Kumar et al (2017)
14. Lee et al (2018)

در ایران با استفاده از روش MCDM بتواند اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را باهم درنظر بگیرد که فرضیات زیررا آزمون می‌کند:

- با انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی، مزایا و معایب این دو انرژی از لحاظ اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بررسی شود
- با استفاده از تکنیک ویکور به رتبه بندی آن ها پرداخته شود تا بتوان میزان درصد سودمندی وزیان هرکدام ازاین انرژی ها را مقایسه نمود و بر اساس اطلاعات بدست آمده، از بهترین تصمیم گیری برخوردار شد.

۱-۴- منابع انرژی

انرژی اصولا به مقدار نیرویی اطلاق می‌شودکه جهت انجام کار یا فعل ویا به حرکت درآوردن شیئی چه بصورت خطی و چه به صورت دورانی مصرف شود. ما منابع انرژی بسیار متنوعی را برای کارهای خود استفاده می‌کنیم. که به دو گروه تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر تقسیم می‌شود.

۱-۴- ۱- انرژی های تجدیدپذیر

انرژی های تجدید پذیر به انرژی هایی اطلاق می‌شود که مدت بازسازی آنها کم بوده و هیچ نگرانی درباره تمام شدن این نوع انرژی های نخواهیم داشت. اغلب این نوع انرژی ها از دسته انرژی های پاک می‌باشند و شامل تراکم زیست، انرژی زمین‌گرمایی، انرژی خورشیدی، انرژی باد وانرژی آب است. این منابع به طور کاملا رایگان در طبیعت وجود دارد و در اختیار ما قرار می‌گیرد واز نظر اقتصادی جای نگرانی نخواهد بود(خرقولی وکاظم‌ارسکی، ۲۰۱۰). منابع انرژی تجدید پذیر برای تولید برق بکار گرفته می‌شود. صنعت برق یکی از پیشرفته ترین صنایع در بهره گیری از انرژی است که برای تولید انرژی الکتریکی از انواع انرژی های موجود در طبیعت استفاده کرده است. از این رو می‌توان مشاهده کرد که در تامین انرژی الکتریکی در هر نیروگاه نوع خاصی از انرژی مورد استفاده قرار می‌گیردکه هرکدام در

جایگاه خاصی طبقه بندی می‌شوند(استفاناکوس[15]، ۲۰۱۰). در تولید انرژی الکتریکی عواملی مانند محدودیت منابع فسیلی ونگرانی‌ها در مورد اثرات زیست محیطی باعث حرکت به سمت منابع پاک و تجدید پذیر مانند باد و انرژی خورشیدی شده است. که متاسفانه این‌نوع منابع پاک و تجدید پذیر مشکلات خاص خود را به همراه دارد: از جمله محلی بودن آنها، احتمال خطا در پیش بینی و مساله پیوستگی تامین انرژی را می‌توان بیان کرد به عنوان مثال تولید یک نیروگاه خورشیدی با توجه به منطقه‌ی جغرافیایی آن بسیار متفاوت خواهد بود(مارینونی و همکاران[16]، ۲۰۱۵). همچنین نیروگاه های خورشیدی در طول شب و یا در معرض وضعیت آب و هوایی صاعقه و طوفان قادربه تولید نخواهندبود، وبرای تامین تقاضا نیاز به انرژی جایگزین چون انرژی های فسیلی احساس می‌شود.

۱-۴-۲- انرژی های تجدید ناپذیر

انرژی های فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر به آن دسته از انرژی هایی اطلاق می‌شود که روند بازسازی آنها نسبت به دیگر انرژی ها و زمان بسیار کند تر بوده و شاید چندین هزار سال این روند به طول انجامد و شامل زغال سنگ، نفت،گاز طبیعی، پروپان و اورانیوم است. این منابع برای تولید برق، حرکت اتومبیل،گرم کردن خانه ها وتولید انواع وسایل بکار می‌رود نکته ای که در این جا حائز اهمیت است این است که نیروگاه ها از تمامی ظرفیت نهفته در این سوخت ها استفاده نمی‌کنند. اغلب نیروگاه های برق از سوخت مصرفی فسیلی استفاده می‌کنند که با توجه به مصرف بی رویه این نوع سوخت ها و آلایندگی ناشی از آن‌ها و همچنین‌گرم شدن کره زمین و افزایش دی اکسیدکربن، نگرانی های بی‌شماری دراستفاده از این نوع منابع وجود دارد، از این رو محققان می‌بایست به دنبال نوع دیگری از انرژی جایگزین، به جای سوخت های فسیلی و انرژی های تجدید ناپذیر باشند.

---

15 Stefanakos
16 Marinoni and et al

۱-۵- انواع انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر

انرژی های تجدید پذیر شامل انرژی های خورشیدی، بادی، هیدرولیک و ژئوترمال و انرژی های تجدید ناپذیرشامل سوخت های فسیلی زغال سنگ و گاز می‌باشد که به تعریف هر یک از این نوع انرژی ها می‌پردازیم.

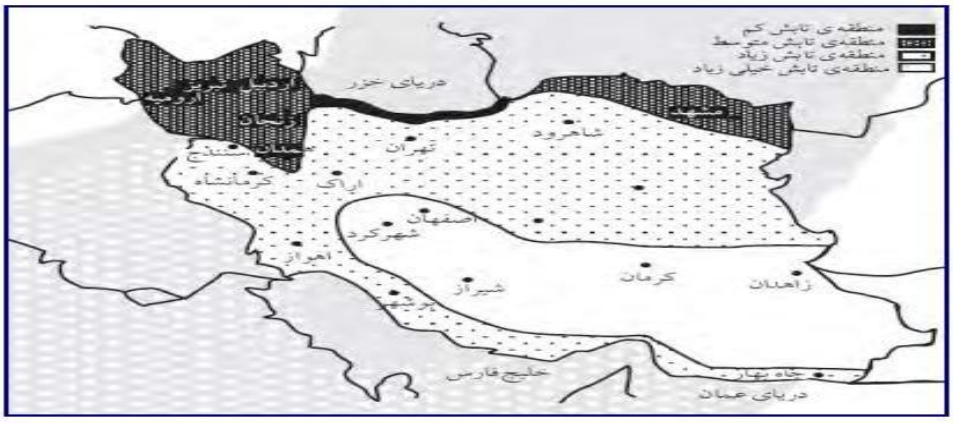
۱-۵-۱- انرژی خورشیدی(فتوولتائیک[۱۷])

انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع پاک از گذشته مد نظر کارشناسان بوده است که به صورت غیر مستقیم در نیروگاه های خورشیدی استفاده می‌شود برای مثال: از تمرکز نور بر یکدیگر بخار و هدایت آن به سمت توربین ژنراتور، انرژی الکتریکی بدست می‌آید. نحوه‌ی استفاده‌ی دیگر از این نوع انرژی این است که در روزهای آفتابی فضای درون ساختمان‌گرم می‌شود، گرمای‌درون ساختمان‌ها از طریق شیشه پنجره‌ها مانند یک‌گلخانه عمل می‌کند و مانع از خارج شدن آن به بیرون می‌شود و اتاق را گرم نگه می‌دارد پس به این گونه گرم شدن گرمایش غیر مستقیم خورشید می‌گویند که از طریق سلول های خورشیدی صورت می‌گیرد و انرژی را بدون اینکه نیازی به ماده‌ای با قطعات مکانیکی هزارداشته باشد مستقیماً به حرکت درمی‌آورد و می‌تواند انرژی زیادی را از خورشید جذب کند و برای به کار انداختن وسایل استفاده شود. همچنین برای مناطق محروم در استفاده از تولید انرژی برق بکار گرفته می‌شود و قادر است برق مورد نیاز خود را تأمین کند. تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته

---

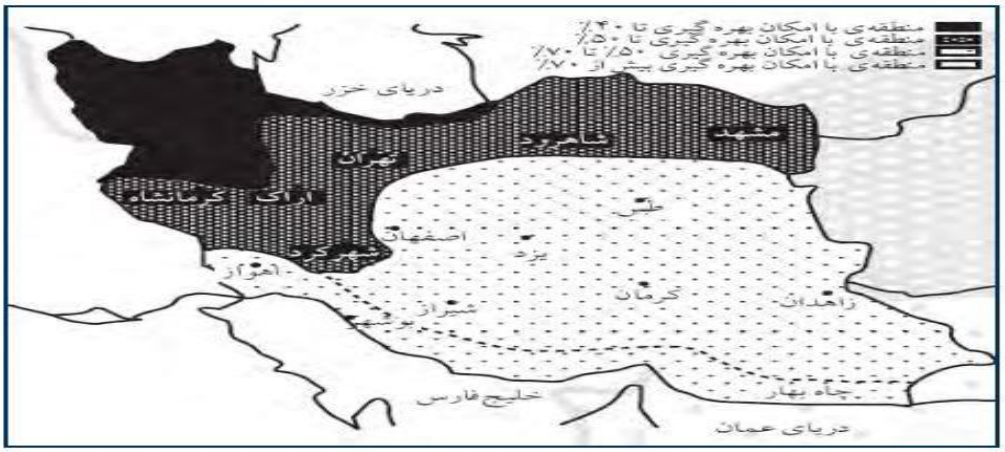
17 Photovoltaics

به صورت مستقیم یکی از اهداف اصلی در طرح استفاده از انرژی خورشیدی است. این روش یکی از جدیدترین روش‌ها درتبدیل انرژی پاک محسوب می‌شود اما هزینه‌ی بالای این روش، تنها مانع استفاده عام از سلول های خورشیدی درکاربردهای روزمره است. (سازمان توسعه انرژی و فناوری های جدید[18]، ۲۰۱۵). گرایش جهانی در توجه به بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر و پیامدهای زیست محیطی ایجاب کرده که سازمان ها و مراکز متعددی در ایران، علاقه مند به اجرای پژوه هایی در این زمینه باشند، هرچند این گونه فعالیت ها لازم و موثر است، ولی آیا این اقدامات طبق برنامه‌ریزی و تحقیقات اصولی در سطح ملی انجام می‌گیرندیا این را انفعالی و به صورت پراکنده، تفویض، مستقل و سلیقه ای اجرا می‌کنند. بدین ترتیب است که هنوز بسیاری از چالش ها و سوال‌ها در توجیه و دفاع از توسعه بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر درایران، بدون جواب مانده اند. بدهی است که این گونه روند توسعه، بدون برنامه جامع و مدرن، صحیح و پایدار نخواهد بود. تدوین راهبردی جامع جهت بهره وری بهتر از انرژی درکشور، مستلزم شناخت کامل وضعیت کنونی و تعیین دقیق وضعیت مطلوب آن در جمیع جهات است. شکل ۱-۵ و۱-۶ نقشه ایران از لحاظ تابش خورشیدی و درصد بهره‌گیری مناطق مختلف ایران از انرژی خورشیدی را نشان می‌دهد، که این امر نشان دهنده پتانسیل بالقوه ایران برای استفاده از انرژی خورشیدی است(همایونی فر و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل(۱-۵). میزان پراکنش انرژی خورشیدی در کشور(همایونی فر و همکاران، ۱۳۹۲)

18 New Energy and Industrial Technology Development Organization(NDEO)



شکل(۱-۶). میزان بهره گیری مناطق کشور از انرژی خورشیدی(همایونی فر و همکاران، ۱۳۹۲)

انرژی خورشیدی دارای مشکلاتی از قبیل: هنگام شب و در روزهای ابری نمی‌توان ازآن‌ها استفاده کرد، ساخت باتریهای خورشیدی پر هزینه‌است. ودارای فوایدی از قبیل: در مصرف سوختهای فسیلی صرفه جویی می‌شود و هیچ گونه آلودگی ایجاد نمی‌کند.(عمیق، ۱۳۷۸).

۱-۵-۲- انرژی بادی

تغییرات و جابه‌جایی تکانی توده ای از هوا را باد می‌نامند. این‌جابه جایی دراثر مواردزیراتفاق می‌افتد(سازمان انرژی ایران[19]، ۲۰۱۵):

[19] Report Energy Organization of Iran

الف) طبیعی: که ناشی از وزش باد درروزهای گرم وسرد سال می‌باشد. مانند وزش باد در اطراف سواحل دریاها واقیانوس ها، وزش باد از کوه به دره و برعکس. همه مثال‌های یاد شده یک نوع حرکت فیزیکی می‌باشد که براثر نیروی وارده رخ می‌دهد.

ب) مصنوعی: شکلی ازجابه‌جایی هوابراثر نیروهای وارده ناشی ازفعالیت‌های انسانی صورت می‌گیرد. نیروی باد یکی از نیروهای جاودانه و پایدار است که بشر به صورت رایگان ازآن برخوردار است. امروزه میزان اهمیت بهره وری از انرژی باد به قدری بالاست که می‌توان گفت این انرژی حاشیه امنیتی هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ زیست محیطی را در هرکشور بالا می‌برد(روحانی وهمکاران، ۲۰۱۵). پس یکی از پرکاربردترین و گسترده ترین نوع از انرژی های تجدید پذیر انرژی باد می‌باشد. چون نیروگاه های بادی از لحاظ پتانسیل فنی ظرفیت تولید ۵۰-۴۰ هزار مگا وات واز لحاظ پتانسیل اقتصادی ظرفیت ۲۰-۱۵ هزار مگا وات رادارند. همچنین امروزه مشاهده می‌شود که میزان مشارکت انرژی باد در تولید انرژی الکتریکی به ۲۰ درصد از انرژی کل رسیده است. از انرژی باد می‌توان الکتریسته تولیدکرد به این صورت که آسیاب‌های بادی نیروی باد را مهار کرده و با پره‌های نصب شده روی آن که توربین نام دارند می‌توانند انرژی الکتریسیته ایجاد کنند و گرمای خانه‌ها و اداره جات را تأمین نمایند. توربین های بادی اغلب از بخش هایی مانند: بدنه(برج)، ماشین خانه، بخش کنترلی، توربین و پره تشکیل شده‌اند. ارتفاع این برج ها اغلب به ۴۰ متر می‌رسد که اکثر این برج ها تقریبا ۶۶۰کیلو وات توان تولید می‌کنند. این توربین‌ها را بیشتردربیابان‌ها وجاهایی‌که باد می‌وزد می‌گذارند تا بتوانند از آن حداکثر استفاده را ببرند.(عمیق، ۱۳۷۸).

انرژی بادی دارای مشکلاتی از قبیل: فقط با آمدن باد کار می‌کند، اگر شدت وزش باد زیاد باشد توربین‌ها متوقف می‌شوند، فقط مناطق بادخیز مکان‌های مناسب آن‌ها برای استفاده است، نصب آن‌ها پر هزینه‌است. و داری فوایدی از قبیل: هنگام کارکردن از هیچ نوع سوختی استفاده نمی‌کنند و محیط زیست را سالم نگه می‌دارند، ازهزینه تعمیر ارزانی برخوردارند. توربین‌های بادی ۲۵ سال کارایی دارند و پس از پایان عمر مفیدشان باید آن‌ها را تعویض کرد(عمیق، ۱۳۷۸).

۱-۵-۳- انرژی آبی (هیدرولیک[۲۰])

انرژی آب انرژی می‌باشد که از نیروی آب‌های جاری بدست می‌آید. از آنجایی‌که بخش زیادی از انرژی حاصل از نیروی آب برای تولید الکتریسیته مصرف می‌شود، به نیروی برق - آبی(هیدروالکتریک) نیز معروف است. هیدرو به معنی آب است، بدین ترتیب هیدروالکتریک یعنی تولید برق از طریق انرژی آب. پس آب منبعی تجدید پذیر برای تامین انرژی است و در طبیعت چرخه‌ای مستمر را طی می‌کند. در این چرخه آب بر اثر تابش خورشید تبخیر شده و سپس بر اثر تقطیر به شکل بارش به رودخانه‌ها و دریاها باز می‌گردد. استفاده از نیروی آب‌های جاری که یکی از قدیمی‌ترین سرچشمه‌های انرژی تجدیدپذیر است، بشر از صدها سال پیش تا به امروز از این نیرو استفاده می‌کرده است. در طول تاریخ علم و تکنولوژی، توان آب به طور شگفت انگیزی همواره مورد بهره برداری قرارگرفته است. در قرون وسطی و تا قرن ۱۹ این انرژی اصلی‌ترین منبع تولید توان برای آسیاب‌های گندم بوده است. در قرن ۱۹ چرخ‌های آبی جای خود را به موتورهای بخار دادند، اما توان آب امروزه هنوز نقش مهمی در تولید الکتریسیته در اکثر کشورها ایفا می کند. مقدار برق به دست آمده به مقدار و ارتفاعی که آب سقوط می‌کند تا به توربین برسد بستگی دارد. برای این منظور اقدام به ساختن سدهای مخزنی می‌کنند تا آب ذخیره شده در پشت آن برای تولید برق ،کشاورزی و احیاناً آب شهری استفاده شود. با این‌که سوخت‌های فسیلی تسلط گسترده‌ای بر تولیدات برق سراسر جهان داشته‌اند اما حدود ۶۰ کشور جهان‌بیش از نیمی

---

20 Hydraulic

از نیازهای برق خود را با استفاده از نیروی برق‌آبی برآورده می‌کنند. این فناوری به دلایل زیادی ازمحبوب‌ترین منابع تجدیدپذیر تولید برق به شمار می‌آید. از این دلایل می‌توان به قدرت این صنعت به مدیریت آنی تقاضای (در حال نوسان) برق، مدیریت آب وکنترل سیلاب‌ها اشاره‌کرد. درکشورهای آسیایی و آفریقایی ظرفیت انرژی هیدروالکتریک از همه جا بیشتر است، ولی متاسفانه کمتر از جاهای دیگر مورد بهره‌برداری قرار گرفته است به طور کلی کشورهای صنعتی جهان حدود ۲ درصد و کشورهای درحال توسعه حدود یک درصد از برق آبی جهان را تولید می‌کنند. با این همه تاکنون تنها از ۱۸ درصد پتانسیل قابل بهره‌برداری برق آبی جهان استفاده شده است. پیش‌بینی می‌شود در دو دهه اول قرن بیست و یکم میزان رشد تولید الکتریسیته از منابع آبی ۲۵ درصد در سال باشد. با این وصف انرژی برق آبی همچنان بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر باقی خواهد ماند و تنها عوامل اقتصادی و زیست محیطی می‌توانند پتانسیل واقعی این منبع را محدود کنند(گالیوروآرنت[۲۱]، ۱۹۹۱).

انرژی آبی دارای مشکلاتی از قبیل: همانند سایر نیروگاه‌ها، برای ساخت آن هزینه بسیاربالایی نیاز است، ساخت سدها سبب می‌شود تا قسمتی از محیط پشت سد به زیر آب برود و باعث شود تا زیست بوم آن منطقه تحت تاثیر قرار گرفته، تخریب شده و تغییر کند و زندگی حیوانات، گیاهان و حتی انسان ها به خطر بیفتد. وداری فوایدی از قبیل: منحصراً در تبدیل انرژی هیچگونه آلودگی و یا محصولات جانبی تولید نمی‌کند، آب پشت سد می‌تواند محلی برای ورزش‌های آبی، تفریح‌گاه توریست ها و همچنین منبعی برای آبیاری مزارع کشاورزی باشد.

[21] Gulliver and Arndt

۱-۵-۴- انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال[۲۲])

انرژی گرمایی زمین به گرمایی گفته می‌شودکه به صورت طبیعی در زیر زمین وجود دارد و می‌توان آن را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. به تعبیری ساده‌تر، انرژی حرارتی موجود درزیر پوسته زمین، انرژی زمین‌گرمایی نامیده می‌شود. این انرژی از ابتدای خلقت بشر مورد استفاده انسان بوده و برای شست وشو، پخت وپز، استحمام، کشاورزی و درمان بیماری ها استفاده می کردند. اسناد و مدارک موجود ثابت می‌کند که ساکنان کشورهایی نظیر چین، ژاپن، ایسلند و نیوزیلند در گذشته های دور از این نوع انرژی به عنوان منبع درآمدی نگاه می‌کردند. تا سال ۱۹۵۰ بهره گیری از انرژی زمین گرمایی رشد چندانی نداشت، اما حد فاصل سال های ۱۹۵۰تا ۱۹۷۳ به دلیل گران شدن بی سابقه و ناگهانی نفت، همه کشورها به فکر استفاده از انرژی های جایگزین افتادند و به تدریج کشورهایی چون آمریکا، ایسلند، فیلیپین، اندونزی و اغلب کشورهایی که روی کمربند زمین گرمایی جهانی قرار داشتند بهره برداری از این انرژی را شروع کردند(برنهارت و همکاران[۲۳]، ۱۳۸۴). مقدار انرژی گرمایی ذخیره شده در۵۲۰ کیلومتر مکعب از سنگ‌هایی که در زیرپوسته زمین قرار معادل انرژی مصرفی سالانه‌ی تمام دنیا است اما برای استفاده‌ی مفید از این انرژی گرمایی باید آن را به شکل‌های مختلف انرژی تبدیل کرد تا بعدا بتوان آن را به مراکز مورد نیاز ارسال نمود. یکی از عوامل اقتصادی مهم در بهره‌گیری از منابع زمین-گرمایی، دسترسی به ذخایر با دمای بالااست‌که البته در ژرفای زیاد واقع شده‌اند. اما با تکنولوژی موجود

---

22 Geothermal
23 Bernhardt and et al

حفر چاه‌های با ژرفای زیاد برای تولید انرژی زمین‌گرمایی اقتصادی نیست به‌طوری‌که در حال حاضرتنها قسمتهایی ازمنابع زمین‌گرمایی که در ژرفای حدود۳۰۰۰ متر واقع شده‌اند قابل بهره‌برداری بوده و اقتصادی می‌باشند. انرژی زمین گرمایی حتی در مقایسه با انرژی‌های زیستی، با محیط سازگار تر است. (آرنت وزوبل[۲۴]، ۲۰۱۲).

به طورکلی مزیت‌های انرژی زمین‌گرمایی را می‌توان به دو دسته مزایای زیست محیطی وکاربردی تقسیم بندی کرد(روزنامه شرق) (لی و همکاران[۲۵]، ۲۰۱۴):

مزایای زیست محیطی:

- عدم آلودگی هوا
- تولید CO2 کم، تولید H2S پایین و عدم تولیدNOx
- عدم آلودگی منابع آب های زیرزمینی
- عدم نیاز به زمین وسیع

مزایای کاربردی:

- صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی
- گستردگی موارد کاربرد
- مستقل بودن از شرایط جوی
- طولانی بودن زمان دسترسی
- امکان تولید برق به وسیله واحدهای قابل حمل

معایب

- باعث ایجاد زمین لرزه می‌شود

24 Arnette and Zobel
25 Lee and et al

- ساخت نیروگاه زمین گرمایی پر هزینه و هزینه تولید انرژی را بالا خواهد برد .
- نیروگاه‌های حرارتی اثرات جانبی بر زیبایی محیط دارند و در بعضی موارد باعث مهاجرت حیوانات و ماهی‌ها شده‌اند.

۱-۵-۵- انرژی زغال سنگ و گاز

۱-۵-۵-۱- انرژی زغال سنگ

زغال سنگ ازتغییرات بیولوژیکی ناشی از افزایش فشار و بالارفتن دما برروی‌گیاهان از روزگاران بسیار دور به وجود آمده است، کربن موجود در زغال سنگ به صورت ترکیب های مختلف آلی از جمله اسیدهای‌کربوکلسیلیک متراکم شده و به صورت ترکیب های آروماتیکی با حلقه های ناجور (که علاوه برکربن، شامل هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، وگوگرد نیز می باشند) در آمده است. بیش از دو هزار سال پیش، درچین، یونان، و ایتالیا زغال سنگ به عنوان یک ماده سوختنی مورد استفاده قرار می‌گرفت. البته استخراج آن از معدن در حدود قرن دهم میلادی در آلمان آغاز شد. امروزه، روشن است که زغال سنگ منشأء گیاهی دارد و طی فرآیند های طولانی شیمیایی، بیولوژیکی و ژئولوژیکی در دوران گذشته، تشکیل شده و به صورت ذخیره های پر ارزشی در آمده است و انسان از آن بهره برداری می کند. همه‌ی زغال سنگ ها، به یک طریق به وجود نیامده است، بلکه با توجه به دوران مختلف زمین شناسی و شرایط متفاوت آنها، نوع تغییرات مؤثر در به وجود آوردن زغال سنگ ها نیز متفاوت بوده است و به همین دلایل است که چند نوع زغال سنگ در معادن وجود دارد(یزدی، ۱۳۸۸).

۱-۵-۵-۲- انرژی گاز

گاز طبیعی سوختی است که معمولاً اثرات زیان‌آورکمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارد، منابع گازهای طبیعی در بسیاری از نقاط جهان یافت می شود. دراین سرزمین ها براثردگرگونی هایی‌که درپوسته‌ی زمین‌رخ دادگازتراکم یافته است، گاز طبیعی را با لوله کشی مهار کرده و از مسافت های دور به شهر ها می آورند تا در مصارف گوناگون شهری یا کارخانجات مختلف مانند فولاد سازی، ذوب فلزات، تامین روشنایی و نیرو مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر حدود ۲۰ درصد مصرف جهانی انرژی را گاز طبیعی تشکیل می‌دهد که با آهنگ ۲/۴ درصد در حال رشد است. گاز طبیعی دارای تاریخی چند هزار ساله است. تقریباً در سال ۹۴۰ قبل از میلاد، مردمان سرزمین چین با استفاده از نی‌های تو خالی گاز طبیعی را از محل آن در خشکی به ساحل رسانده و از آن برای جوشاندن آب دریا و استحصال نمک استفاده می‌کردند. برخی از صاحب‌نظران اعتقاد دارند که چینی‌ها چاه‌های گاز را حتی تا عمق ۶۰۰ متری نیز حفر می‌کردند. همچنین حفر چاه‌های گاز در ژاپن در حدود سال ۶۰۰ قبل از میلاد گزارش شده است. سایر تمدن‌های باستانی نیز خروج گاز از زمین را متوجه شده و دریافته بودند که قابل اشتعال است و می‌سوزد. لذا معابدی برای محصور نگه داشتن این «شعله‌های جاودان» پر رمز و راز که بازدیدکنندگان به دیده احترام به آنها می‌نگریستند بنا شد. گزارش‌های مختلفی از ستون‌های آتش و آبی جوشان و سحرآمیز که مانند روغن شعله ور می‌شد به ثبت رسیده‌است. اهمیت گاز طبیعی به عنوان سوخت مورد استفاده در زندگی بشر از اوایل دهه ۱۹۳۰ آغاز شد. در اواخر قرن بیستم مشخص شدکه گاز طبیعی در بخش اعظم جهان صنعتی به یک منبع انرژی بسیار ضروری و حیاتی مبدل شده است. بنابراین زغال‌سنگ در قرن نوزدهم انقلاب صنعتی را سبب شد و نفت خام وگازکه سوخت قرن بیستم بود باعث توسعه اقتصادی در جهان شد(کاظمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۱-۶- نوآوری در تحقیق

مهمترین نوآوری که در این تحقیق ایجاد شده این است که مطالعه‌ای که با استفاده ازروش MCDM[۲۶] نسبت به انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدارکه بتواند اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را با هم در نظر بگیرد انجام نشده است، بنابراین مطالعه حاضر از این جهت حائز اهمیت می‌باشد. می باشد. همچنین می خواهیم درروشMCDM تا جای ممکن از روش های جدید ترکیبی و فازی استفاده کنیم، که این عملکرد در نوع خود تحقیق جدیدی به شمار می‌رود.

۱-۷- اهداف تحقیق

تحقیق حاضربا اتخاذ یک برنامه ریزی انرژی برای تولیدانرژی الکتریکی درکمک به سیاست گذاران اقتصادی به دنبال اهداف ذیل می باشد:

۱. بررسی عومل مؤثر بر رشد اقتصادی با تأکید براثر سرمایه گذاری در تولید انرژی به وسیله منابع انرژی های تجدیدپذیر
۲. بررسی انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با تأکید بر اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای کمک به سیاست‌گذاران اقتصادی جهت کاهش هزینه، کاهش آلودگی زیست محیطی (تشعشعات) و همچنین توسعه اجتماعی

۱-۸- فرضیات ویا سوالات تحقیق

۱. معیارهای اصلی برای اهداف اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی را چگونه استخراج کنیم؟
۲. واحدهای تولیدی ازنظراقتصادی، اجتماعی وزیست محیطی چه تفاوت‌هایی نسبت به هم دارند؟
۳. درتوسعه انرژی بایدروی چه واحدهایی تمرکزکرد و هرکدام از این واحدهای تولیدی نسبت به هم چه اولویت هایی دارند؟

---

26 Multiple-criteria decision-making

۱-۹- روش انجام تحقیق وتجزیه وتحلیل اطلاعات

- ✓ تحلیل سلسله مراتبی FAHP گروهی
- ✓ روش آنتروپی شانون برای وزن دهی شاخص ها یا معیارها
- ✓ استفاده از تکنیک ویکور برای رتبه بندی گزینه های معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی که شامل انرژی های(خورشیدی، بادی، آبی، زمین گرمایی، گازی و زغالسنگ) هستند.
- ✓ استفاده از مدل اقتصاد سنجی الگوی خود توضیح برداری(VAR)، روش جوهانسن - جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطا (VECM) به منظور رابطه علیت معنادار بین انرژی های تجدیدپذیر و متغیرهای اقتصادی را مورد بررسی قرار می دهد.

۱-۱۰- روش و ابزار گرداوری داده ها و اطلاعات

- این تحقیق از نظر روش جمع آوری داده‌ها کتابخانه‌ای و از نظر مدل‌سازی دارای رویکردتصمیم گیری چند معیاره (MCDM) است.

۱-۱۱- جامعه آماری مورد مطالعه

- جامعه آماری مورد مطالعه محدوده جغرافیایی نیروگاه‌های ایران

۱-۱۲- مروری بر فصل‌های پایان نامه

فصل های دیگر پایان نامه به شرح زیر است:

در فصل دوم به بررسی ادبیات و پیشینه های تحقیق انجام شده در زمینه بررسی نحوه و ترکیب استفاده از انرژی های تجدید پذیر مبنی بر تولید انرژی الکتریکی به‌طور مختصر پرداخته خواهد شد. در فصل سوم روش تحقیق، مفاهیم، مراحل، روابط و فرمول‌های مربوط به منطق فازی و روش ویکور در ارتباط با انرژی های فسیلی و تجدید پذیرپرداخته خواهد شد. در فصل چهارم به تجزیه وتحلیل داده ها مورد نظر پرداخته خواهد شد. ومیزان مشارکت انرژی های تجدیدپذیر نسبت به انتخاب تولید انرژی

الکتریکی بررسی خواهد شد. همچنین به بررسی فنی و اقتصادی هرکدام از این منابع و انرژی ها پرداخته خواهد شد. درفصل پنجم به بررسی تاثیر سرمایه گذاری در تولید انرژی های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی با استفاده از الگوی خود توضیح برداری (VAR)، روش جوهانسن – جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطا پرداخته خواهد شد. درفصل ششم نیز به نتیجه گیری از پژوهش انجام شده و ارائه پیشنهاداتی برای توسعه کار پژوهش پرداخته خواهد شد.

فصل دوم

ادبیات و پیشینه تحقیق

۲-۱-مقدمه

امروزه باتوجه به مشکلات ناشی دراستفاده از سوخت های فسیلی به منظورکاهش این نوع منابع و همچنین ضرورت سالم نگهداشتن محیط زیست،کاهشآلودگی هوا، محدودیت های برق رسانی، و تأمین سوخت برای نقاط روستایی دور افتاده، استفاده از انرژی‌های الکتریکی مانند، انرژی خورشیدی، بادی، آبی، گاز، زمین‌گرمایی و زغال سنگ دردنیا نقش وجایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. براساس پیش‌بینی دانشمندان و آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضای مصرف و تولید انرژی الکتریکی در آینده نیز افزایش سریع و نگران‌کننده‌ای خواهد داشت. به‌طوری‌که از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ تقاضای جهانی برای برق با ۳۰درصد افزایش به ۲۰۵۸۲ تراوات رسید و پیش بینی می‌شود که درسال ۲۰۲۰ با ۵۰ درصدافزایش تقاضای برق به ۲۷۳۲۶ تراوات خواهد رسید. از سویی بر اساس مطالعات دانشمندان تا سال ۲۰۴۰ نیروی باد ۲۰ درصدالکتریسیته جهان را تأمین می‌کند، پس می‌توان گفت که کشور ایران چون به لحاظ گستره جغرافیایی و تنوع محیط در بخش انرژی یکی از غنی ترین کشورهای جهان محسوب می‌گردد باید همواره برنامه‌های ملی ویژه‌ای برای تولید این نوع منابع را در آینده مطرح نماید(عمیق، ۱۳۷۸). چرا که کشور ایران علاوه بر وجود منابع گسترده سوختهای فسیلی و تجدید ناپذیر نظیر نفت و گاز دارای پتانسیل فراوان انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله باد، خورشید، زیست‌توده و زمین‌گرمایی نیز می‌باشد (اردکانیان، ۱۳۹۵). یکی از مهمترین وظایف محوله به سازمان انرژی‌های نو ایران به عنوان نقطه تمرکز ملی و مرکز هماهنگی فعالیت‌های تحقیقاتی و اجرایی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، ایجاد بسترهای مناسب برای مطالعه، اجرای طرح‌های پایلوت و طراحی و ساخت پروژه های نیروگاهی با مشارکت بخشهای دولتی و غیر دولتی و مهیا نمودن مسیر دستیابی به منابع متنوع انرژی‌های نو با استفاده از ظرفیتها و پتانسیل‌های بالای کشور می باشد. چون از طریق این منابع انرژی می‌توان در جهت توسعه اهداف پایدار گام برداشت(اردکانیان، ۱۳۹۵).

در این فصل به بررسی تاریخچه مفاهیم کلی از توسعه پایدار، محدویت منابع انرژی، تاثیرات زیست محیطی از منابع انرژی،رشد اقتصادی منابع انرژی وهمچنین مرور مطالعات پیشین پرداخته خواهد شد.

۲-۲-توسعه پایدار

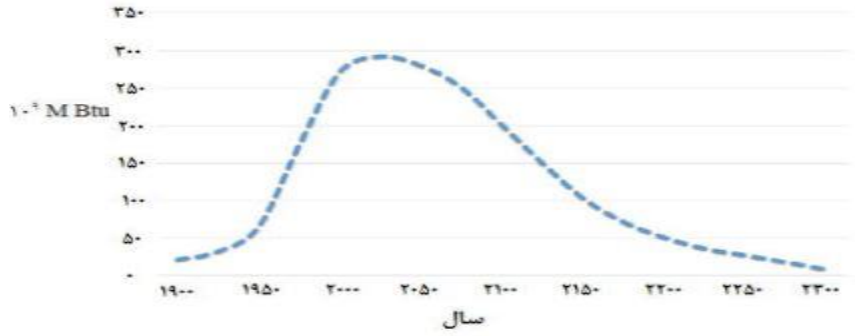
بر اساس گزارش برانت لند«توسعه پایدار» عبارت است از توسعه ای که نیازهای کنونی جهان را تامین‌کند، بدون اینکه توانایی نسل های آتی را در آوردن نیازهای خود مخاطره کند. به عبارتی دیگر توسعه پایدار رابطه متقابل انسان ها و طبیعت سرار جهان است. فرآیند توسعه پایدار به گونه ای طراحی می‌شود که توسعه اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را تداوم می‌بخشد(یونیسکو[۲۷]، ۱۹۹۷).از مهمترین عناصری که در توسعه پایدار موثر می‌باشد منابع انرژی است. داشتن انرژی مناسب عمده ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی است. چرا که انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه می‌باشد. اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که تمامی ابعاد اقتصادی،اجتماعی و زیست محیطی را تامین نماید، انرژی پایدار تعلق خواهد گرفت پس انرژی پایدار ضرورت توسعه پایدار است. به همین دلیل در سال های اخیر کشورهای پیشرفته ودر حال توسعه توجه فزاینده ای به انرژی های الکتریکی جهت ایجاد تنوع در استفاده از منابع انرژی و کاهش وابستگی به یک حامل انرژی و ملاحظات زیست محیطی برای دستیابی به انرژی پایدار معطوف داشته اند. امنیت تامین انرژی، کاربری در تکنولوژی، پیشرفت تکنولوژی و توجیه اقتصادی در برخی موارد به طور عمده تعیین کننده آینده انرژی های تجدیدپذیر است. این قلمرو به طور دائم درحال تغییر بوده وآینده این تغییرات نمایان‌گرکاهش هزینه ها وگسترش نفوذ آن دربازارانرژی دنیا و رسیدن به انرژی پایدار است(فروغی، ۱۳۷۵)

---

[27] UNISCO

۲-۲-۱- محدویت منابع انرژی

زنگ خطر محدودیت منابع کره زمین در سال ۱۹۷۰ توسط Pecchi بازرگان ایتالیایی و آقای .A Kingura مدیر OECD که از متولیان سازمان Rome Club می‌باشند به صدا درآمد. آنان در گزارشی به نام «محدودیت رشد» محدودیت انرژی را اعلام کردندکه محدودیت انرژی و وابستگی جهان به کاربرد سوخت های فسیلی بخصوص نفت، دنیا را به لزره در خواهد آورد. نفتی که منبع انرژی تجدید ناپذیر است و رشد اقتصادی را تشکیل می‌دهد. قیمت آن موجب واکنش وحساسیت جامعه بین المللی شده است(فروغی، ۱۳۷۵). منابع انرژی مورد استفاده بخصوص انرژی های فسیلی نظیرنفت،گاز و زغال سنگ بر اساس توسعه حفاری و به‌کمک روش های آماری، ذخایر منابع انرژی فسیلی را پیش بینی می‌کند (بریمانی و کعبی نژادیان ۱۳۸۷). شکل۲-۱ وضعیت انرژی سوخت های فسیلی جهان را نشان می‌دهد. براساس این شکل پس از سال ۲۳۰۰منابع انرژی به اتمام خواهد رسید(روپر۲۸، ۲۰۱۲). بنابراین باید برای افزایش استفاده از منابع تجدید پذیرگام های مهمی برداشته شود.



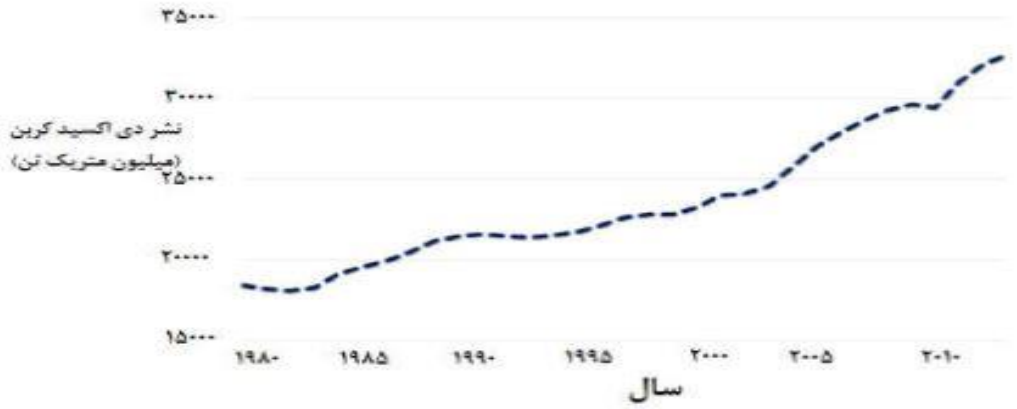
شکل (۲-۱). انرژی سوخت های فسیلی جهان (روپر، ۲۰۱۲)

۲-۲-۲- آلودگی زیست محیطی منابع انرژی

جهان روز به روز آلوده تر می‌شودوبه موجودات زنده آسیب بشتری وارد می‌گردد. شکل۲-۲ انتشار کل گازCO_2 ناشی ازمصرف انرژی را نشان می‌دهد. درسال ۲۰۱۲درحدود۳۲۷۲۳میلیون متر یک تن

28 Roper

گاز CO_2 تولید شده است(آژانس بین‌المللی انرژی[۲۹]، ۲۰۱۴). این میزان تولید بسیار زیاد است و به مسائل محیط‌زیستی متعددی از قبیل تغییر آب وهوا ودرنتیجه ذوب شدن یخ ها و افزایش سطح آب دریاها منجر می‌شود. به علت آلودگی محیط زیست و ازبین رفتن منابع سوخت های فسیلی، جهان باید توجه خود را به منابع انرژی تجدیدپذیر معطوف کند.

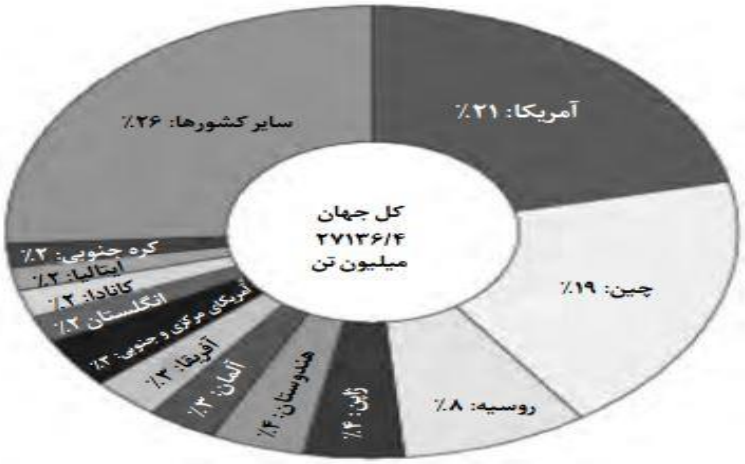


شکل(۲-۲). نشر تمام دی‌اکسید کربن تولیدی در اثر مصرف انرژی(آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۴)

مشکلات زیست محیطی جهان که در دهه ۱۹۹۰به صورت بحران جهانی و اجتناب ناپذیر مطرح گردید نهایتا به توسعه انرژی وابسته است.گرم شدن کره‌ی زمین، باعث افزایش غلظت‌گازهای گلخانه‌ای، دی اکسیدکربن و متان می‌شود،که این امرکاهش محصولات‌کشاورزی، تغییرات آب و هوایی چون باران های اسیدی ناشی از اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای سولفور و غیره را در بردارد و موجب صدمه زدن به جنگل ها، دریاچه ها، مرداب ها و غیره می‌شوند. درمیان گاز های گلخانه ای که موجب گرم شدن کره‌ی زمین می‌شوند دی اکسیدکربن بیشترین سهم را دارا می‌باشد. میزان دی اکسیدکربن خروجی در جهان در سال ۲۰۰۵ $271/36 \times 108$ تن می‌باشدکه بالاترین میزان به ترتیب به آمریکا، چین و روسیه تعلق دارد (به شکل۲-۳ مراجعه شود). از طرفی میزان خروجی در جهان نیز بعد از انقلاب صنعتی

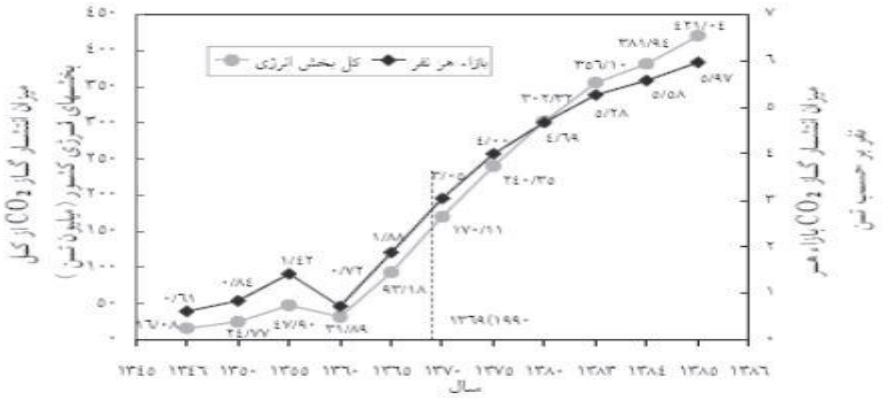
[29] International Energy Agency

بخصوص بعد از جنگ جهانی به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و اخیرا در کشورهای در حال توسعه رو به افزایش گذاشته است(سازمان توسعه انرژی و فناوری های جدید[30]، ۲۰۱۵).



شکل (۲-۳). نشر دی اکسید کربن ناشی از سوزاندن سوخت های قابل احتراق در سال ۲۰۰۵(سازمان توسعه انرژی و فناوری های جدید، ۲۰۱۵)

در شکل۲-۴ تغییرات خروجی میزان دی اکسید کربن را در ایران طی سال های ۱۳۸۵-۱۳۴۵نشان می‌دهد. به استثنای سال ۱۳۶۰که رکود فعالیت را در پی دارد. میزان خروج گاز به ازای هر نفر و کل بخش های انرژی کشور رو به افزایش بوده ودر شرایطی است که به مقابله بیشتری نیاز دارد(بریمانی و کعبی نژادیان ۱۳۸۷).



شکل(۲-۴). سرانه میزان خروجی گازدی‌اکسید کربن در ایران(بریمانی و کعبی نژادیان ۱۳۸۷)

30 New Energy and Industrial Technology Development Organization(NDEO)

البته این در حالی است که هزینه های اجتماعی تخریب محیط زیست در اثر مصرف سوخت های فسیلی در سال ۱۳۸۶بر اساس مطاعلات انجام شده توسط بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست ایران ۹۲۱۹۵میلیارد ریال محاسبه شده است که معادل ۱۹/۳درصد از تولید ناخالص داخلی کشور در این سال می‌باشد(شفیع زاده، ۱۳۸۶).

۲-۲-۳- رشد اقتصادی از منابع انرژی

پژوهش های متعدد پژوهشگران در سطح جهان نشان می‌دهد که سرعت روند رشد مصرف انرژی در اکثر کشور های جهان به سطح رشد اقتصادی بستگی دارد(مهرآرا، ۲۰۰۷ و مزرعتی، ۱۳۷۸). اقتصادانان نئو کلاسیک استدلال می‌کنند که انرژی عامل تولیدی در تابع تولید کل است. از این رو تابع تولیدی پیشنهادی آن ها به صورت $Q = f[G(K,E),L]$ می‌باشد. با این توضیح که از ترکیب انرژی و سرمایه G حاصل می‌شود که پس از ترکیب شدن با نیروی‌کار محصول بدست می‌آید. پس انرژی ارتباط ضعیفی با نیروی کار دارد(برندت و وود[۳۱]، ۱۹۷۵). همچنین به نقل از اقتصاددانان اکولوژیست، انرژی به عنوان مهمترین عامل رشد محسوب می‌شود، از این رو کالاهای تولیدی در اقتصاد وحتی نیروی انسانی آموزش دیده و غیر متخصص با صرف فراوان انرژی حاصل می‌شوند، نیروی کار و سرمایه عامل واسطه ای می‌باشندکه برای بکارگیری آن نیازمند انرژی هستند(استرن و همکاران[۳۲]، ۱۹۹۳). همچنین انرژی بر اساس تاثیری که بر نیروی کار وسرمایه می‌گذارد به طور غیر مستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است(برندت[۳۳]، ۱۹۷۵ و دنیسون[۳۴]، ۱۹۸۵). با رشد اقتصادی، کشورها در تلاش برای بهبود وافزایش کارایی استفاده از انرژی هستند، آن ها با اقداماتی که موجب افزایش اثر بخشی وکارایی انرژی می‌شود،

31 Berndt and Wood
32 Stern and et al
33 Berndt
34 Denison

هزینه های نهایی انرژی را کاهش داده و همین امر باعث افزایش انرژی می‌شود. این اثر به اثر بازگشتی معروف است(بروکز[35]، ۲۰۱۷).

در چهار چوب مکتب نئوکلاسیک رابطه بین مصرف انرژی و فعالیت های اقتصادی رابه صورت تابع تولید روبه‌رو بیان کرده اند: $(Q_1, \cdots, Q_M) = f(A, X_1, \cdots, X_n, E_1, \cdots, E_p)$

که درآن Q_i تولید کالا وخدمات مختلف است، X_i نهاده های مختلف تولیدی از قبیل سرمایه، نیروی کار می‌باشند، E_i نهاده های متفاوت انرژی مانند نفت، زغال سنگ، گاز و مانند آن هاست وA وضعیت انرژی یا شاخص بهره وری کل عوامل می‌باشد. در تابع تولید بالا رابطه بین انرژی و تولید کل به وسیله عواملی چون جانشینی بین انرژی و دیگر نهادها، تغییرات تکنولوژیکی، تغییر ترکیب عوامل انرژی وتغییر ترکیب محصول تولیدی تحت تاثیر قرار می‌گیرد(استرن و کلولند، ۲۰۱۶). پس می‌توان گفت رشد اقتصادی هر کشوری منجر به افزایش میزان تقاضای انرژی می‌شود، از این رو در هرکشوری میزان مصرف انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر به شدت به سطح فعالیت های اقتصادی و رشد آن بستگی دارد(سلیم و همکاران[36]، ۲۰۱۴). به گونه ای که نرخ های رشد اقتصادی بالا، با به وجود آوردن نیاز های جدید، فشار فزاینده ای را بر مصرف انرژی وارد می‌کند(مهرآرا و همکاران، ۱۳۹۰). با مشاهده روند مصرف انرژی کشورهای پیشرفته طی سال های گذشته، در می‌یابیم که میزان مصرف انرژی آنها افزایش یافته است اما در این میان میزان مصرف سوخت های فسیلی به دلیل انتشار گاز های گلخانه‌ای کاهش پیدا کرده است(کستانتینی و مارتینی[37]، ۲۰۱۷). بهبود سطح زندگی مردم و مکانیزه شدن تولید به منظور ارتقای سطح بهره وری‌کار، افزایش سریع مصرف انرژی را موجب می‌شود، البته افزایش سریع مصرف انرژی در مراحل اولیه رشد اقتصادی رخ می‌دهد. در مراحل بعدی رشد، با پدیدار شدن آثار سوء زیست محیطی و نیز ارتقای آگاهی‌های عمومی، روند مصرف انرژی به دلیل استفاده بهینه آن

35 Brookes
36 Salim and et al
37 Costantini and Martini

کاهش می‌یابد(بهبودی و همکاران، ۱۳۸۸). در ایران نیز طبق قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، دستگاه های مختلف، از جمله وزارت نیرو و وزارت نفت، موظف به حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدید پذیرانرژی، شامل انرژی‌های خورشیدی، بادی، آبی، زمین گرمایی و زیست‌توده، شده اند. شواهد نشان می‌دهد، اگر چه پتانسیل ایران برای استفاده از منابع تجدیدپذیر بسیار زیاد است، اما تاکنون به نحو شایسته‌ای مورد بهره‌برداری قرار نگرفته است(الهی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۳- مرورمطالعات پیشین

در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مبنی برتولید انرژی الکتریکی، تاکنون مطالعه داخلی مبتنی بر بهینه‌سازی ترکیب این نوع از انرژی انجام نشده اما مطالعات خارجی مختلفی در انواع کشورها با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی خطی و برنامه ریزی استوار و سلسله مراتبی صورت گرفته است که مقالات اصلی را از هفت دیدگاه (نام نویسنده، سال انتشار، هدف، روش بهینه سازی قلمرو زمانی و مکانی و case study) مورد بررسی قرار داده ایم. همچنین مطالعات مختلفی درخصوص تأثیر سرمایه گذاری در تولید انرژی های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی انجام گرفته است‌که در این بخش، به بررسی مهمترین مطالعات داخلی و خارجی درراستای این فصل از پژوهش پرداخته می‌شود که در زیر آنها راگزارش می‌کند.

۲-۳- ۱- مطالعات انجام شده داخلی

فطرس و همکاران، (۱۳۹۰) در بررسی تاثیر مصرف انرژی های تجدیدپذیربر رشد اقتصادی در دو گروه از کشورهای منتخب عضو وغیر عضوOECD[38] با استفاده از آزمون‌های ریشه واحد پانلی، هم انباشتگی پانلی و آزمون حداقل مربعات معمولی پویا(DOLS[39]) در طی دوره‌ی ۲۰۰۸-۱۹۸۰ نشان دادند که رابطه مثبت و معنا داری بین مصرف انرژی های تجدید پذیر و رشد اقتصادی وجود دارد و در

38 Organisation for Economic Co-operation and Development
39 Dynamic Ordinary Least Squares

کشور های دارای رشد اقتصادی بالا، بین انرژی های تجدید پذیر ورشد اقتصادی رابطه مثبت و معنا داری وجود دارد و میزان تاثیر گذاری مصرف انرژی های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی درکشور های عضوOECD بیشتر از کشورهای غیر عضو بوده است. مهرنوش، (۱۳۹۳)درتحلیل تاثیرمصرف انرژی‌های تجدید پذیروتجدید ناپذیر بررشداقتصادی کشورهای منتخب سازمان همکاری‌های اقتصادی وتوسعه با استفاده ازمدل سری زمانی (OLS) در طی‌دوره۱۳۷۵- ۱۳۹۴نشان داد که اثر بین مصرف انرژی های تجدید پذیر بررشد اقتصادی برابر۰/۹۲درصد و بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی برابر۰/۰۸۳ درصد می‌باشد که این نشان دهنده این است که بین این دو متغیررابطه دوطرفه معنا داروجود دارد. عابدی و همکاران، (۱۳۹۴) درمطالعه رابطه میان انرژی های تجدیدپذیر، ورشد اقتصادی-درایران با استفاده ازالگوی‌خودتوضیح برداری(VAR) در طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۷۱ نشان دادند که بین متغیرهای نرخ رشد مصرف انرژی‌های تجدید پذیر و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی ارتباط دوطرفه وجود دارد. به عبارتی مصرف انرژی های تجدیدپذیر برمیزان تولید ناخالص داخلی اثرگذار است. تهامی پوروهمکاران، (۱۳۹۵) در بررسی تاثیرانرژی های تجدیدپذیربرسرانه رشداقتصادی واقعی ایران با استفاده ازمدل خود رگرسیونی باوقفه توزیعی(ARDL) وروش هم انباشتگی برای تعیین وجودرابطه‌کوتاه و بلندمدت طی دوره ۱۳۴۶-۱۳۹۱دریافتند که دربلند مدت یک رابطه منفی معنی دار بین مصرف‌انرژی-الکتریکی، مصرف‌انرژی‌های‌تجدیدپذیرومصرف موادسوختنی‌وبازیافتی با سرانه‌رشداقتصادی‌واقعی‌وجود دارد، به طوری‌که‌دربلندمدت مصرف یک درصدازمتغیرهای مذکور سرانه رشد اقتصادی واقعی رابه ترتیب ۰/۷۱، ۰/۷۲ و۰/۷۹ درصدکاهش می‌دهد. فیلسوف کاخکی، (۱۳۹۶) در بررسی‌رابطه بین مصرف انرژی های تجدید پذیر و تجدید ناپذیر بر رشد اقتصادی در ایران با استفاده از الگوی خود توضیح برداری با وقفه های توزیعی(ARDL) در طی دوره ۲۰۱۱-۱۹۸۴نشان دادکه بین رشداقتصادی و مصرف انرژی های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر رابطه مثبت و معنا داری وجود دارد. صادقی و همکاران، (۱۳۹۶) به بررسی‌تاثیرانرژی‌های‌تجدید پذیر بررشداقتصادی وکیفیت محیط‌زیست در ایران با استفاده از الگوی خود رگرسیون ساختاری (SVAR) در طی سالهای ۲۰۱۲-۱۹۸۰ پرداختند. نتایج نشان داد که بروز

شوکی مثبت در مصرف انرژی تجدیدپذیر، منجر به افزایش رشد اقتصادی وانتشار CO2، می شود، ازطرفی تحلیل تجزیه واریانس نیزحاکی ازآن است که سهم انرژی تجدید پذیردر توضیح واریانس خطای پیش بینی GDP وCO2 درسطح پایینی قرار دارد. ازاین‌رو با توجه به مزیت‌های انرژی تجدیدپذیرتوصیه می‌شود افزایش سهم این نوع انرژی ازکل انرژی تولیدی کشوردرافق کار سیاستمداران قرار گیرد.

۲-۳-۲- مطالعات انجام شده خارجی

پوکار و راماهاندان[۴۰]، (۲۰۰۴) در تحقیق خود مبتنی بر انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی در کشورهای در حال توسعه با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) در دهه ۱۹۷۰نشان دادندکه در میان انرژی های تجدید پذیر، انرژی خورشیدی و بادی در اولویت بهتری نسبت به سایر انرژی ها قرار دارد، چون از یک طرف دارای هزینه کمتری است واز طرف دیگر توان تولیدی بالاتری هم برخوردار است. لذا این کشورها باید سهم استفاده از سوخت های فسیلی را کاهش و هزینه سرمایه گذاری در این نوع انرژی ها را افزایش دهند. تا در آینده از پیشرفت اقتصادی سریعتری برخوردار شوند. تسوتسس و همکاران[۴۱]، (۲۰۰۹) در مطالعه برنامه ریزی انرژی پایدار وانرژی های تجدید پذیر با استفاده از نرم افزار تجزیه و تحلیل چند معیاره در جزیره کرت در سال ۲۰۰۸ دریافتند که انرژی خورشیدی به عنوان بهترین انرژی شناخته می‌شود و نسبت به سایر انرژی ها در این جزیره صرفه اقتصادی بهتری دارد. اوانز و همکاران[۴۲]، (۲۰۰۹) در ارزیابی شاخص های پایداری برای فن آوری های انرژی تجدید پذیر در کشور های در حال توسعه با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP) در سال ۲۰۰۹ دریافتند که انرژی باد پایدارترین انرژی می‌باشد و به دنبال آن انرژی آبی، فتوولتائیک و سپس زمین گرمایی است. انرژی باد با کمترین انتشار گازهای گلخانه ای ، کمترین نیاز مصرف آب و با بیشترین تاثیرات اجتماعی در مقایسه با سایر فناوری ها مشخص شده بهتر است، اما نیاز به زمین های

40 Pohekar and Ramachandran
41 Tsoutsos et al
42 Evans et al

بزرگتر و هزینه های بالای نسبی سرمایه است. مویس و همکاران[۴۳]، (۲۰۱۰) به بررسی یک برنامه ریزی بهینه برای تولید انرژی الکتریکی با هدف کاهش CO2 در کشور مالزی با استفاده ازمدل برنامه‌ریزی خطی اعداد صحیح مختلط (MILP) برای سال ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج نشان داد کشور مالزی ۹ درصد از برق موجود خود را از طریق انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی بدست می‌آورد و برای کاهش ۵۰ درصد CO2 در این کشور باید از فن آوری های جدید چون زیست توده، NGCC، IGCC و نیروگاه های هسته ای کمک بگیرد و همچنین نیروگاه های برق آبی و گاز طبیعی به علت پایین بودن هزینه های سرمایه ای آنها برای کاهش CO2 توصیه می‌شود. لی و همکاران[۴۴]، (۲۰۱۰) در مطالعه راهنمای فن‌آوری های انتخاب‌یک تکنولوژی تولیدانرژی الکتریکی به عنوان جایگزین سوخت‌های فسیلی درکشورهای مختلف دنیا با استفاده از روش مدل انرژی تقارن تصادفی (IFS-EM) در سال ۲۰۰۹ دریافتند که همبستگی قوی بین شاخص کیفیت زندگی و مصرف انرژی وجود دارد و با استفاده از مدل انرژی تقارن تصادفی(IFS-EM) می توان تصمیمات پویا نسبت به تاسیس نیروگاهای انرژی وانتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی اقدام نمود. افزایش قدرت اقتصادی کشور، پیشرفت تکنولوژیکی یک جامعه، تولید بالاتر یک صنعت، بهبود وضعیت مالی یک خانوار و افزایش فعالیت های فردی نیز از طریق استفاده موثر انرژی های تجدیدپذیر بدست می‌آید. اکسیدیس و کرونوس[۴۵]، (۲۰۱۲) با مطالعه سهم بالقوه احیای انرژی و انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی نسبت به ضایعات جامد شهری در یونان با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی درطی دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۳ دریافتند که هدف نهایی نیازهای برق و همچنین بازیابی انرژی از ضایعات جامد شهری کشور یونان، استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر و شناسایی توان آن منطقه جغرافیایی است. کو و همکاران[۴۶]، (۲۰۱۲) یکپارچه سازی CCS ، تجارت تسلیحات و بی‌ثباتی قیمت سوخت با بهینه سازی قوی و برنامه‌ریزی انرژی پایدار از طریق

43 Muis et al
44 Li et al
45 Xydis and Koroneos
46 Koo et al

انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی در کره جنوبی را با استفاده از مدل برنامه ریزی انرژی پایدار در طی سال ۲۰۰۸ مورد بررسی قرار می‌دهند. آن‌هادریافتندکه برنامه‌ریزی انرژی‌های پایداردرطول یک سال و با استفاده از فن آوری های CCS /RE می‌توان نوسانات قیمت سوخت های فسیلی را کاهش داد و از طریق آن میتوان به سطح مطلوب از انرژی های تجدید پذیر و انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی دست یافت. شن و همکاران[۴۷]، (۲۰۱۵) با بررسی چهار چوب توسعه پایدار در زمینه صنایع معدنی به منظور تصویب مدیریت سبز زنجیره تأمین (GCCM) و تولید انرژی های تجدیدپذیر در کشور هندوستان با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در سال ۲۰۱۴ دریافتند که صنایع معدنی کشور هندوستان باید درمدیریت منابع خود بهتر عمل کند چرا که این کشور از طریق تولید انرژیهای بادی و خورشیدی بهتر می تواندانرژی مورد نیاز خود را تامین نماید. . اوهلان[۴۸]، (۲۰۱۵)در مطالعه خود اثرمصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و بررشد اقتصادی درهند را بااستفاده الگوی ARDL درطی‌دوره۲۰۱۲-۱۹۷۱بررسی‌کردنتایج نشان دادکه رابطه مثبت و معنی دار بین مصرف انرژی تجدید پذیر و رشد اقتصادی در بلندمدت وکوتاه‌مدت وجود دارد. ارنت وزوبل[۴۹]، (۲۰۱۲) در مطالعه بهینه سازی برای توسعه انرژی‌های تجدید پذیر منطقه‌ای در شرق آمریکا با استفاده از روش برنامه ریزی خطی چند هدفه(MOLP) در طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۰۳ نشان داد که با استفاده از انرژی های تجدید پذیر می‌توان برق هر منطقه را تأمین و همچنین به عنوان جایگزینی برای سوخت فسیلی استفاده کرد. کوبلر[۵۰]، (۲۰۱۶) در تحقیق خود مبنی بر یک نظرسنجی در انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی در کشورهای آسیا با استفاده از برنامه ریزی فازی(FAHP) در طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۴ نشان داد که میزان انرژی خورشیدی درکشورهای آسیایی به عنوان بهترین انرژی شناخته می شود و نسبت به سایر انرژی ها صرفه اقتصادی بهتری دارد اما نسبت بهره برداری این نوع انرژی ها در این کشور ها بسیار پایین

47 Shen et al
48 Ohlan
49 Arnette and Zobel
50 Kubler et al

می‌باشد. همچنین با انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی می توان به رشد اقتصادی با ثباتی در جامعه دست یافت و از آن به عنوان جایگزینی برای سوخت های فسیلی در دنیا مطرح نمود. باتاتاکاریا و همکاران[۵۱]، (۲۰۱۶) طی مطالعه‌ای تأثیر مصرف انرژی تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی: شواهد از ۳۸ کشور برتربا استفاده از رویکرد وقفه گسترده پانل (ARDL) طی دوره ۲۰۱۲-۱۹۹۱مورد بررسی و پذیرش قرار دادند و دریافتندکه بین مصرف انرژی تجدیدپذیر و رشد اقتصادی رابطه مثبت و معنا داری دربلند مدت وجود دارد ودولت ها، برنامه‌ریزان انرژی، آژانس های همکاری بین المللی و سازمان‌های مرتبط باید در افزایش سرمایه گذاری این نوع انرژی‌ها یکدیگر را حمایت نمایند. عمری و چایبی[۵۲]، (۲۰۱۶) دربررسی‌رابطه بین انرژی‌های تجدیدپذیر ورشداقتصادی در۱۷کشوردرحال توسعه و پیشرفته[۵۳] با استفاده از مدل همزمان معادله پویا در طی دوره ۲۰۱۴-۲۰۰۶ نشان داد که بین رشد اقتصادی ومصرف انرژی های تجدید پذیر و تجدیدناپذیر رابطه مثبت و معنا داری وجود دارد کایاد و و همکاران[۵۴]، (۲۰۱۷) در مطالعه دستیابی به توسعه پایدارو شناسایی درانتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی از طریق چشم انداز کارایی زیست محیطی در کشور تایوان با استفاده از برنامه ریزی سیستم پویا طی دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۰ دریافتند که با استفاده از روش برنامه ریزی پویا می‌توان به شناسایی در انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار و همچنین بهره وری اقتصادی به منظور پیشرفت رشد اقتصادی در تایوان دست یافت. کومارو همکاران[۵۵]، (۲۰۱۷) در مطالعه انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی به منظور رسیدن به توسعه پایدار درکشورهای درحال توسعه با استفاده از تصمیم گیری چند معیار (MCDM) به این نتایج رسیدند که مدل‌های MCDM در انتخاب تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی وسایر انرژی های تجدیدپذیرنقش مهمی را ایفا می‌کنند که می‌تواند درکشورهای درحال

---

51 Bhattacharya et al

52 Omri and Chaibi

[۴۷] بلژیک، اسپانیا، بلغارستان، کانادا، هلند، سوئد، آرژانتین، برزیل، فرانسه، پاکستان، ایالات متحده آمریکا، فنلاند، مجارستان، هند، ژاپن، سوئیس و انگلستان.

54Caiado et al

55 Kumar et al

توسعه برای تأمین نیازهای انرژی بکارگرفته شود. همچنین دریافتند که مدل‌های MCDM می‌تواندبرای حل مسئل اصلی و دستیابی به اهداف پایداری درکشورهای درحال توسعه به خصوص درسطوح روستایی مورد استفاده قرارگیرد. ایتو[۵۶] (۲۰۱۷) در مطالعه رابطه بین انتشار CO2، مصرف انرژی‌های تجدید پذیروغیرقابل تجدید پذیر و رشد اقتصادی در کشورهای‌درحال‌توسعه بااستفاده‌ازالگوی خودتوضیح برداری باوقفه‌های‌توزیعی (ARDL) درطی دوره۲۰۱۱-۲۰۰۲ نشان داد که مصرف انرژی‌های تجدید ناپذیرتاثیرمنفی بررشداقتصادی دارد. همچنین نتایج نشان دادکه رابطه مثبت ومعناداربین رشد اقتصادی وانرژی‌های تجدیدپذیردربلندمدت‌وجود داردازاین رومصرف این‌انرژی‌های تجدیدپذیرمی‌تواند به رشد اقتصادی کشورهای درحال توسعه کمک کند. یو و جانگ[۵۷] (۲۰۱۷) درخصوص ارتباط میان مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ورشداقتصادی برروی کشورکره با استفاده ازداده‌های سری زمانی مدل - بردارتصحیح خطا[۵۸] در طی‌دوره۲۰۱۴-۱۹۷۷نشان دادند که رابطه علی دوسویه میان، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر ورشد اقتصادی برقراراست و مصرف‌انرژی‌های تجدیدپذیرورشداقتصادی به‌صورت مکمل با هم مرتبط هستند. لی و همکاران[۵۹] (۲۰۱۸) با تجزیه وتحلیل روش‌های MCDM برای رتبه بندی منابع انرژی های تجدیدپذیردر تایوان با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره MCDM دریافتند که در کشورتایوان انرژی آبی به دلیل هزینه پایین آن بهترین جایگزین به جای سوخت های فسیلی است. سپس انرژی های خورشید، باد، زیست توده وزمین گرمایی به ترتیب درجایگاه های بعدی قرار می‌گیرند. همچنین دریافتند که ازمنظرزیست محیطی انرژی بادی دراین کشور بهترین گزینه است. آدامس و همکاران[۶۰] (۲۰۱۸) دربررسی تاثیر انرژی های تجدیدپذیروتجدیدناپذیر ونوع رژیم برروی رشداقتصادی در ۳۰ کشورآفریقایی جنوب صحرای آفریقا (SSA) بااستفاده ازآزمون‌های هماهنگ‌سازی پانل‌های

56 Ito
57 Yoo and Jung
58 Vector Error Correction Model(VECM)
59 Lee and et al
60 Adams and et al

ناهمگن وتست تصحیح خطادرطول دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۰ نشان‌دادندکه هردوانرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تاثیر مثبت و بلندمدتی برروی رشد اقتصادی دارد، به این‌صورت‌که با افزایش۱۰درصدی مصرف انرژی‌های تجدید پذیروتجدیدناپذیررشد اقتصادی به ترتیب به میزان ۲۷ درصد و ۲/۱۱درصد افزایش می یابد. علاوه براین یافته های این تحقیق نشان می دهدکه دولت‌های دموکراتیک نرخ رشد اقتصادی بالاتری رانسبت به کشورهای مستقل دارند. زافر و همکاران[۶۱]، (۲۰۱۸) درمطالعه ازانرژی‌های تجدید پذیر وتجدید ناپذیر وتاثیر آن بررشد اقتصادی برای کشورهای همکاری اقتصادی آسیا واقیانوسیه (APEC) با استفاده از آزمون همسترینگ برای بررسی روابط تعادل بلند مدت بین متغیرها و تأیید حضور همزیستی در بلند مدت برای دوره‌ای از سال های ۲۰۱۵-۱۹۹۰ به این نتیجه رسیدند که نقش تحریک‌کننده انرژی (مصرف‌تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر) در رشد اقتصادی تاثیر مثبت و معناداری‌دارد. همچنین معتقد هستندکه کشورها باید سرمایه‌گذاری‌دربخش‌های انرژی تجدیدپذیررا افزایش دهند و برنامه‌هایی را برای توسعه انرژی‌تجدید پذیر و رشدانرژی‌پایدار طراحی‌کنند.

۲-۴- جمع بندی

در این فصل به تعاریف توسعه پایدار، محدودیت منابع انرژی، نحوه‌ی آلودگی زیست محیطی ورشد اقتصادی منابع انرژی پرداخته شد. در فصل بعد به بررسی روش تحقیق و مدل بکار برده شده در تشخیص رتبه و عملکرد بهتر هرکدام از انرژی های الکتریکی پرداخته خواهد شد. همچنین برای پیش بینی درست و عملکرد بهتر از این نوع انرژی ها در فصل آخر این تحقیق پیشنهاداتی دراین زمینه ارائه خواهد شد که به بررسی آن خواهیم پرداخت.

61 Zafar and et al

فصل سوم

روش شناسی تحقیق

۳-۱- روش انجام تحقیق

تحقیق حاضر از نظر روش گردآوری داده‌ها توصیفی است؛ چرا که می کوشد بر مبنای ادبیات تحقیق صورت گرفته و از مدل های اتخاذ شده به مدلی جدید دست یابد. از سویی دیگر از نظر هدف تحقیق کاربردی است، چرا که مدل خود را بر مبنای تحقیقات آماری اخذ شده از انرژی الکتریکی، هدف تطبیق قرار خواهد داد. روش تحقیق به کار گرفته شده در این تحقیق پیمایشی است، چرا که بر مبنای تجربیات و مستندات و رویداد ها می‌کوشد با ترکیب روش‌های کمی آماری و نیز روش‌های کیفی به مدل مفهومی دست یابد و با بهره گیری از یک پرسشنامه استاندارد توسط افراد خبره و بررسی نتایج در شناسایی یک تکنولوژی از انرژی های الکتریکی به منظور توسعه پایدار، هدف تحقیق را به صورت کمی بررسی نموده و سپس نتایج به دست آمده را به صورت راهکارهای عملی برای بهبود آینده ایران ارائه دهد.

۳-۲- مطالعه موردی

۳-۲-۱- معرفی وضعیت انرژی های تجدید پذیر در ایران

ایران سرزمین انرژی است و انرژی های تجدیدپذیر و منابع فسیلی خوبی درکشور وجود دارد. پس از لحاظ پتانسیل در این حوزه کاستی وجود ندارد اما در زمینه بهره‌برداری از منابع، فعالیت های زیادی انجام نشده است. به عنوان مثال در عرصه انرژی بادی ۶۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت اسمی و ۱۸۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت اقتصادی قابل استحصال در کشور وجود دارد. اهمیت این موضوع به حدی است که باعث شد پس از تحریم ها بیشتر هیئت های خارجی که به کشور سفر کردند علاقمندی خود به سرمایه گذاری در حوزه انرژی های تجدیدپذیر در ایران ابراز کنند. از این روکشور ایران با وجود دارا بودن پتانسیل‌های بسیار بالا در تولید انرژی‌های تجدید پذیر، نظیر دارا بودن بطور میانگین ۳۰۰ روز آفتابی، وزش باد با سرعت مناسب در مناطقی نظیر منجیل در استان گیلان و شهرهای استان سیستان و بلوچستان، امکان استفاده از انرژی زمین گرمایی در استان اردبیل و شهر مشکین شهر، درصد کمی از

انرژی خود را از منابع تجدید پذیر تامین می نماید. بنابر گفته های معاون شرکت توانیر، آقای عبدالرسول پیشاهنگ، سهم ایران در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر از۲درصد است. همچنین سهم نیروگاه های برقابی برابر با ۱۴/۵درصدازکل برق تولید شده درکشور است. با این وجود، به دلیل وقوع خشکسالی های گسترده در ایران، احتمالاً شاهد کاهش سهم نیروگاه های برقابی و افزایش سهم نیروگاه‌های خورشیدی و بادی در آینده‌ای نزدیک خواهیم بود. سرعت بخشی به توسعه زیست‌بوم علم، فناوری و نوآوری در حوزه تجدیدپذیر مسئله مهمی است که برای دستیابی به آن مشارکت همه فعالان حوزه انرژی های تجدید پذیر به خصوص شرکت های دانش بنیان نیاز است در این راستا حمایت از دستیابی به مرجعیت علمی کشور و ایجاد زیرساخت های راهبردی ملی در حوزه های خاص از ماموریت‌های ستاد است. در این راستا در نظر داریم به این حرکت علمی با همکاری مراکز علمی و تحقیقاتی کشور شتاب دهیم و طی پنج سال رتبه کشور در حوزه تجدیدپذیر را تک رقمی نماییم. در حال حاضر مراجع مختلف علمی دنیا، برخی رتبه ۱۴ و برخی رتبه ۱۹ را در حوزه تجدیدپذیر به ایران اختصاص می دهند. تسهیل تبادلات و همکاری های علمی و فناوری بین المللی، ارتقای فناوری صنایع موجود و ایجاد صنایع جدید دانش بنیان، ترویج و فرهنگسازی علم، فناوری و کارآفرینی و توسعه بازار محصولات دانش بنیان از دیگر ماموریت های ستاد است که دبیر ستاد در این نشست درباره‌ی آن توضیحاتی ارائه داد. به گفته وی، نقطه کلیدی در توسعه فناوری های تجدیدپذیر تمرکز بر فناوری های اصلی است آنهایی که به عنوان فناوری‌های برافکن آینده را متحول خواهند کرد و برای رسیدن به آن علاوه بر حمایت های مادی نیاز به همکاری و حمایت های بین دستگاهی است.

۳-۳- روش جمع‌آوری اطلاعات

در راستای بررسی مبانی کلی تحقیق، نظیر مفاهیم و اصول کلیدی، متغیرهای مهم موثر بر پژوهش، و ادبیات تحقیق، از مطالعات کتابخانه‌ای مانند بررسی مقالات، کتب و پایان‌نامه‌های موجود در زمینه پژوهش استفاده شد. در خصوص گردآوری داده‌ها و ارزیابی انرژی های الکتریکی، پس از مصاحبه با

خبرگان و مشاهدات انجام شده، از ابزار پرسشنامه استفاده شد. دراین تحقیق، ابزار اصلی جمع آوری اطلاعات، مصاحبه، مشاهده و پرسشنامه استاندارد تایید شده می‌باشد.

۳-۴- پرسشنامه

معمولا در کشورهای در حال توسعه برای جمع‌آوری دیتابیس استاندارد از پرسشنامه استفاده می‌شود. در این پایان نامه با طراحی یک پرسشنامه استاندارد(وریتهال[۶۲]، ۲۰۰۶). که توسط افراد خبره نیز تایید گشت، پذیرش اجتماعی را که به عنوان تنها معیار مورد بررسی بود نسبت به انرژی های خورشیدی، بادی، گاز، آبی، زمین گرمایی و زغال سنگ مورد ارزیابی قرار گرفت که بر این اساس فاکتور های شکل دهنده برای آن شامل ۹ گزینه می‌باشد که هر گزینه با توجه به مثبت یا منفی بودن سوال مفهوم متفاوتی دارد. پرسش‌نامه های طراحی شده در حوزه انرژی الکتریکی نسبت به معیار پذیرش اجتماعی به ترتیب درجداول الف تا ج در بخش پیوست ها و مشخصان خبرگان در جدول۳-۱آورده شده است.

جدول (۳-۱) مشخصات خبرگان

حوزه تخصصی	پست	مدرک	تعداد
بازار برق	استاد دانشگاه	دکتری مهندسی برق (قدرت)	خبره ۱
بازار برق	سرپرست	فوق لیسانس مهندسی برق (قدرت)	خبره ۲
بازار برق	استاد دانشگاه	دکتری مهندسی برق (قدرت)	خبره ۳
بازار برق	کارمند وزارت نیرو	دکتری مهندسی برق (قدرت)	خبره ۴
بازار برق	استاد دانشگاه	دکتری مهندسی برق (قدرت)	خبره ۵

مأخذ: یافته های محقق

۳-۵- مدل پژوهش

دراین پژوهش سعی شد ابتدا زیر معیار پذیرش اجتماعی که داده های آن به صورت کیفی بود با

62 Wreathall J

استفاده از پرسشنامه هایی که توسط افراد خبره پر شدند به کمی تبدیل شوند. از این رو برای این که مطمئن شویم اطلاعاتی که توسط خبره ها بدست آوردیم باهم سازگار هستند یا خیر؟! نرخ ناسازگاری زیر معیار پذیرش اجتماعی را محاسبه کردیم این کار با استفاده از ساختار سلسله مراتبی FAHP صورت‌گرفت. سپس بردار وزن هر کدام از معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی به روش آنترو پی شانون انجام گرفت. و پس از مشخص شدن وزن تمامی معیارها، با استفاده از تکنیک ویکور هرکدام از گزینه های خورشیدی، بادی، هیدرولیک، ژئوترمال، زغال سنگ و گاز را رتبه بندی کردیم. و در آخر برای اینکه مشخص شود رابطه معناداری بین رتبه بندی در گزینه ها وجود دارد از دوشرط مزیت قابل قبول و ثبات قابل قبول در تصمیم گیری بکار گرفته شد تا مشخص شود کدام یک از انرژی های تجدید پذیر در ایران نسبت به سایر انرژی ها صرفه اقتصادی بهتری دارد از طرفی دیگر برای این که بدانیم بین انرژی های تجدید پذیر و متغیرهای اقتصادی رابطه معنادار وجود دارند از یکی از متغیرهای اقتصادی (تولید ناخالص داخلی) استفاده کردیم که برای این کار ازالگوی خود توضیح برداری (VAR) برای محاسبه این متغیر استفاده شد. در نهایت براساس نتایج بدست آمده از تخمین ها و از آنجا که الگوی خود رگرسیون برداری رابطه علیت کوتاه مدت وبلند مدت بین متغیر ها را بررسی می‌کند بین رشد اقتصادی و انرژی های تجدید پذیر رابطه علیت دوطرفه مثبت و معنا دار وجود دارد.

مراحل اجرایی فصل ها در چهار بخش **الف، ب،ج و د** خلاصه می‌شوند:

الف). استفاده از ساختار سلسله مراتبی FAHP گروهی

گام۱ : تشکیل نمودار سلسله مراتبی

گام۲ : تعریف اعداد فازی و معکوس این اعداد (برای انجام مقایسات زوجی)

گام۳ : تهیه پرسشنامه از زیر معیار پذیرش اجتماعی و ارسال برای خبره ها

گام۴ : محاسبه نرخ ناسازگاری با استفاده از فرمول $\frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$

گام۵ : محاسبه وزن معیارپذیرش اجتماعی و گزینه ها در ماتریس مقایسات زوجی

ب). روش آنتروپی شانون برای وزن دهی شاخص ها (معیارها)

گام۱ : تشکیل ماتریس تصمیم

گام۲ : نرمال سازی ماتریس تصمیم p_{ij}

گام۳ : محاسبه آنتروپی هر شاخص E_j

گام۴ : محاسبه مقدار(درجه انحراف) d_j

گام۵ : محاسبه مقدار وزن نهایی تمامی زیر معیارها W_j

ج). استفاده از تکنیک ویکور(VIKOR)

گام۱ : تشکیل ماتریس تصمیم

گام۲ : نرمال سازی (بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم)

گام۳ : تعیین بردار وزن معیارها

گام۴ : تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی

گام۵ : محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تأسف (R) برای هرگزینه

گام۶ : محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هرگزینه

گام۷ : مرتب کردن گزینه ها بر اساس مقادیر R ، S و Q

گام۸ :مشخص کردن رابطه معنا دار و مستقیم بین رتبه بندی گزینه ها با استفاده از راه حل های توافقی

شرط اول: مزیت قابل قبول و شرط دوم: ثبات قابل قبول در تصمیم گیری ها

گام ۹: تحلیل حساسیت بین وزن های شاخص ویکور

گام۱۰ : نتیجه گیری از تمام مراحل

د). استفاده از الگوی خود توضیح برداری (VAR)، جوهانسن - جوسیلیوس و الگوی تصحیح خطا VECM

گام۱ : استفاده از آزمون ریشه واحد به منظور مشخص نمودن ایستایی بین متغیرها

گام۲ : استفاده از آزمون تعیین طول وقفه بهینه به منظور بررسی روابط بلندمدت میان متغیرهای الگو

گام۳ : استفاده از آزمون هم جمعی جوهانسن – جوسیلیوس به منظور تعیین بردار همگرایی با استفاده از آزمون های ماتریس اثر(χtrace) و حداکثر مقادیر ویژه (χmax)

گام۴ : استفاده از الگوی تصحیح خطا VECM به منظور مشخص نمودن رابطه کوتاه مدت میان متغیرها

گام۵ : نتیجه گیری از تمام آزمون‌های انجام شده

۳-۵-۱- تحلیل سلسله مراتبی FAHP گروهی

تصمیم سازی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های انسانی است و هر فرد در طول شبانه روز تصمیم‌های فراوانی اتخاذ می‌کند، برخی از این تصمیم‌ها اهمیت چندانی نداشته و برخی دیگر از اهمیت بالایی برخوردار هستند. هر چه مسئولیت و اختیارات انسان بیشتر باشد تصمیم‌گیری اهمیت بیشتری خواهد داشت. از آنجا که اتخاذ تصمیم صحیح و به موقع می‌تواند تاثیر به سزایی در زندگی شخصی و اجتماعی انسان‌ها داشته باشد، ضرورت وجود یک تکنیک قوی که بتواند انسان را در این زمینه یاری کند کاملا محسوس می‌باشد. هرچند هدف از بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی بدست آوردن نظر کارشناسان ومتخصصین است، با این وجود روش تحلیل سلسه مراتبی معمولی به درستی نحوه ی تفکرانسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسه های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. از دیگرمواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی بخاطر آنها مورد نکوهش قرار می‌گیرد. عبارتند از: وجود مقیاس

نامتوارن[۶۳] درقضاوت‌ها، عدم قطعیت ونادقیق بودن مقایسه های زوجی. تصمیم گیرندگان اغلب به علت طبیعت فازی مقایسه های زوجی قادر نیستند به صراحت نظرشان را درمورد برتری ها اعلام کنند. به همین دلیل در قضاوت‌هایشان ارائه یک بازه را به جای یک عدد ثابت ترجیح می دهند. برای غلبه براین مشکلات روش تحلیل سلسله مراتب فازی ارائه شده است. یکی از کارآمدترین این تکنیک‌ها فرایند تحلیل سلسله مراتبی (FAHP[۶۴]) است که برای اولین بار توسط ساعتی[۶۵] در دهه ۱۹۷۰ مطرح شد. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی به علت ماهیت ساده و در عین حال جامعی که دارد مورد استقبال مدیران و کاربران مختلف واقع شده است بعلاوه در طول ۲۰ سال گذشته از سوی محافل علمی نیز همواره مورد توجه بوده است. این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را بصورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد.

این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، علاوه بر این بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. تحلیل سلسله مراتبی در واقع منعکس کننده رفتار طبیعی و تفکر انسانی است. این تکنیک مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آن‌ها به شکلی ساده تبدیل کرده و به حل آن می‌پردازد. تحلیل سلسله مراتبی هنگامی که در تصمیم‌گیری با چندین گزینه و معیار روبرو هستیم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در واقع این روش یک مسئله پیچیده را به ساختار سلسله مراتبی چند سطحی از معیارها وکاراکترها و داشتن‌گزینه‌های تصمیم‌گیری درپایین ترین سطح تجزیه می‌کند(ساعتی، ۱۹۸۰).

63 Unbalanced scale
64 Fuzzy Analytical Hierarchy Process
65 Saaty

فرایند تحلیل سلسله مراتبی بطور معمول سه گام زیر را طی می‌کند(ساعتی، ۱۹۸۰):

۱- مدلسازی و شکل‌دهی ساختار سلسله مراتبی. در این گام هدف تصمیم‌گیری بصورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، در می‌آید.

۲- انجام مقایسات زوجی هر سطح نسبت به سطح بالاتر خود از طریق مقیاس ارائه شده که در جدول ۳-۲ نشان داده شده است.

جدول (۳-۲) مقیاس مدل سلسله مراتبی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار
ترجیح بسیار حیاتی	۹
ترجیح بین ۷ و۹	۸
ترجیح حیاتی	۷
ترجیح بین ۵ و۷	۶
ترجیح ضروری	۵
ترجیح بین ۳ و۵	۴
ترجیح متوسط	۳
ترجیح بین ۱ و۳	۲
ترجیح یکسان یا برابر	۱

مأخذ: یافته های محقق

۳- به دست آوردن وزن هر یک از شاخص‌ها در هر یک از سطوح. در این گام ما با استفاده از روش بردار ویژه[۶۶] به محاسبه وزن هر یک از شاخص‌ها و سوالات پرداختیم. مراحل روش بردار ویژه برای محاسبه وزن‌ها به شیوه زیر می‌باشد.

الف) هر یک از ماتریس‌های شکل گرفته در مرحله قبل به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود و بنام ماتریس A ذخیره می‌کنیم .

[66] Eigenvalue

ب) ماتریس $A^n * I$ را محاسبه می‌نماییم که در این رابطه I یک ماتریس m*1 می‌باشد که m تعداد سطرها یا ستون های ماتریس A می‌باشد و n عدد صحیحی بین ۱ تا بی‌نهایت است.

ج) مرحله ۲ را تا هنگامی که $A^n * I - A^{n-1} * I \leq 10^{-4}$ شود، ادامه می‌دهیم.

۴- ادغام وزن‌های نسبی به منظور رتبه‌بندی افراد. در این مرحله بایستی وزن نسبی هرعنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا امتیاز نهایی آن بدست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار امتیاز نهایی بدست می‌آید.

۳-۵-۲- روش آنتروپی شانون برای وزن‌دهی شاخص‌ها (معیارها)

روش آنتروپی[۶۷] در سال ۱۹۷۴توسط شانون و وایرو[۶۸] ارائه شده است(قدسی پور، ۱۳۸۹). آنتروپی بیان کننده مقدار عدم اطمینان دریک توضیح احتمال پیوسته است(عطائی، ۱۳۸۹). اساس این روش بر این پایه استوار است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد، آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است(میلون[۶۹]، ۱۹۹۹). زمانی که داده های یک ماتریس تصمیم گیری به طور کامل مشخص باشد و تصمیم گیرنده بخواهد با توجه به این داده ها، اوزان شاخص ها را محاسبه نماید، ازاین تکنیک می‌تواند برای وزن‌دهی به شاخص ها استفاده نماید(اکبری و زاهدی، ۱۳۸۷).

روش آنتروپی یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MCDM) برای محاسبه وزن‌دهی معیار هااست‌که نیازمند به ماتریس معیار-گزینه می‌باشد. پرسشنامه روش آنتروپی شانون نیز همانند ماتریس-آن می باشد.گام های این روش مطابق زیر می باشد:

گام اول: ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل می دهیم.

---

67 Entropy
68 Shanon and Virou
69 Millon

شانون آنتروپی را برای هر پدیده تصادفی یک توزیع بااحتمال، به صورت زیردر نظر گرفته می شود.

$$E = S\begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ . \\ . \\ . \\ P_m \end{pmatrix}, \sum_{i=1}^{m} P_{i=1}$$

جدول (۳-۳) توزیع با احتمال هر پدیده تصادفی

	X1	X2	. . .	Xn
A1	R11	R12	. . .	R1n
A2	R21	R22		R2n
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Am	Rm1	Rm2		Rmn

گام دوم: ماتریس بالا را نرمال می کنیم و هر درآیه نرمال شـده را p_{ij} می نامیم. نرمال شـدن به این صورت می باشد که درآیه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می کنیم.

گام سوم: محاسبه آنتروپی هر شاخص: آنتروپی E_j به صورت زیر محاسبه می گردد و k به عنوان مقدار ثابت مقدار E_j را بین ۰ و ۱ نگه می دارد.

$$E_j = -K\sum_{i=1}^{m}[P_i.ln.P_i], K = \frac{1}{\ln(m)}$$

که در آن :

آنتروپی شاخص j ام E_j=

تعداد گزینه ها : m

مقدار احتمالی ارزش شاخص از دید گزینه iام: P_i

نماد لگاریتم نپر یا لگاریتم طبیعی: Ln

مقدار ثابت برای تعدیل آنتروپی بین صفر و یک: K

توجه دارید که در ماتریس های تصمیم اصول$m\geq 3$ است یعنی برای کمتر از ۳ گزینه چندان مطرح نمی شود، لذا:

$$\left(\mathrm{m}=3\ >\mathrm{e}=2.7\ \rightarrow \ln(\mathrm{m})\ >1\rightarrow \frac{1}{\mathrm{l_n m}}<1\right) \qquad \frac{1}{\ln(m)}$$

در این فرمول هرچقدر که E_j یعنی آنتروپی شاخص jام به یک نزدیکتر شود تاثیر شاخص یاد شده نیز در اولویت بندی گزینه ها کاهش و به صفر نزدیک خواهد شد بنابراین چنانچه پدیده ای یا شاخصی از دید تمام گزینه ها متساوی الاحتمال باشد آنتروپی آن صددرصد و به یک خواهد رسید و لذا چنین شاخصی هیچ نقشی در انتخاب گزینه نخواهد داشت، که بدیهی نیز به نظر می رسد. تصور کنید ارزش شاخص هزینه در ماتریس اولیه تصمیم از دید هر سه گزینه ۲۰ واحد پول باشد. در این صورت از دید همه‌گزینه ها علی السویه بوده و نقشی درانتخاب هم ندارد. این مورد به لحاظ ریاضی درحالت کلی نیز به شرح زیر توضیح داده می شود. اگر شاخصی از دید m گزینه ارزش یکسان داشته باشد،$P_i=\frac{1}{m}$ خواهد شد. بنابراین:

$$E_j=-K\sum_{i=1}^{m}[P_i.lnP_i]=\ -\frac{1}{\ln(m)}[P_1lnP_1+P_2lnP_2+\cdots+P_mlnP_m]$$

$$=\ -\frac{1}{\ln(m)}\left[\frac{1}{m}ln\frac{1}{m}+\frac{1}{m}ln\frac{1}{m}+\cdots+\frac{1}{m}ln\frac{1}{m}\right]=-\frac{1}{\ln(m)}\left[m\left(\frac{1}{m}ln\frac{1}{m}\right)\right]$$

$$=\ -\frac{1}{\ln(m)}\left[1\times ln\frac{1}{m}\right]=-\frac{1}{\ln(m)}[1\times(-\ln(\mathrm{m})]=-\frac{1}{\ln(m)}[-\ln(\mathrm{m})]\Rightarrow E_j=1$$

یعنی چنین شاخصی صد در صد آنتروپی و فاقد هرگونه نقشی در انتخاب گزینه ها می باشد و آن طور که نشان داده خواهد شد وزن آن صفر می شود.

گام چهارم: در ادامه مقدار d_j (درجه انحراف) محاسبه می شود که بیان می کند شاخص مربوطه (d_j)چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می دهد .هر چه مقادیر اندازه گیری شده شاخصی به هم نزدیک باشند نشان دهنده آن است که گزینه های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

$$d_j = 1 - E_j, j = 1,2, \dots, n$$

لذا نقش آن شاخص در تصمیم گیری باید به همان اندازه کاهش یابد.

گام پنجم: سپس مقدار وزن W_j محاسبه می گردد.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{m} d_j}, j = 1,2, \dots, n$$

چنانچه ماتریسی، حاصل نظر خبرگان بوده و تصمیم گیرنده خود نیز دارای یک قضاوت ذهنی به صورت بردار‌برای اهمیت شاخص ها باشد و بخواهد آن را در وزن دهی شاخص ها دخیل نماید وزن های تعدیل شده یعنی W_j ها را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$W_j = \frac{\lambda_j w_j}{\sum_{i=1}^{m} \lambda_j w_j}, \ \lambda = (\lambda_1 \lambda_2 \dots \dots \lambda_n), \sum_{i=1}^{m} \lambda_j = 1$$

۳-۵-۳- بهینه سازی چند معیاره و راه حل سازش

۳-۵-۳-۱- تکنیک ویکور(VIKOR)

اپیکوک و تزنگ[۷۰] در سال ۱۹۸۸روش ویکور (VIKOR[۷۱]) را ارائه و درسال های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ آن را توسعه دادند. این روش مبتنی بر برنامه ریزی توافقی مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره‌است، مسائلی که معیارهای نامتناسب و ناسازگار را مورد ارزیابی قرار می دهد. در شرایطی که فرد تصمیم گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری های یک مساله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می تواند به عنوان ابزاری موثر برای تصمیم گیری مطرح شود. روش ویکوراز سال ۱۹۸۴ بر مبنای روش توافق جمعی و باداشتن معیارهای متضاد تهیه شده و عموما برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. این روش برای بهینه سازی چند معیاره سیستم های پیچیده توسعه یافته است و روی دسته بندی وانتخاب از

---

70 Epicook and Teznag

71 VlseKriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje

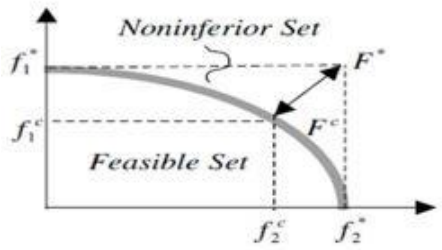
یک مجموعه گزینه ها تمرکز داشته و جواب های سازشی را برای یک مسأله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند، به طوری که قادر است تصمیم گیرندگان را برای دستیابی به یک تصمیم نهایی یاری دهد. در اینجا جواب سازشی نزدیکترین جواب موجه به جواب ایده آل است که کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. در واقع مدل ویکور یک روش تصمیم گیری چند معیاره برای حل‌یک مسأله‌ی تصمیم گیری گسسته با معیارهای نامتناسب(واحدهای اندازه گیری مختلف) و متعارض است که از طریق ارزیابی گزینه ها بر اساس معیارها، گزینه ها را اولویت بندی یا رتبه بندی می‌کند. در این مدل معیارها وزن دهی نمی شوند بلکه معیارها از طریق روش های دیگر ارزیابی می شود و سپس گزینه ها بر اساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی شده و رتبه بندی می شوند. همچنین دراین مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می شوند و در نهایت گزینه ها بر اساس ارزش، رتبه بندی می‌گردند. تفاوت اصلی این مدل با مدل های تصمیم گیری سلسله مراتبی یا شبکه ای این است که بر خلاف آن مدل ها، در این مدل مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه ها صورت نمی گیرد و هر گزینه مستقلا توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد.که این ارزیابی می تواند بر اساس داده های خام یا بر اساس نظر کارشناس باشد. بنابراین هدف اصلی این مدل تعیین وزن و ارزش هر گزینه و رتبه بندی آنها می‌باشد و تمرکز بر رتبه بندی و انتخاب از بین یک مجموعه ازآلترناتیوها در مسأله ای با معیارهای متعارض است.

یک لیست رتبه بندی توافقی + یک یا چند راه حل توافقی

- راه حل توافقی یک راه حل شدنی است که نزدیک ترین راه حل به راه‌حل ایده آل است.

- منظور از توافق یا سازش جوابی است که براساس توافق متقابلین معیارها حاصل می شود. روش ویکور حداکثر بهره وری گروه "اکثریت "و حداقل تأسف فردی "مخالف "را فراهم می کند و راه حل توافقی به دست آمده می تواند به راحتی توسط تصمیم گیرندگان پذیرفته شود. مفهوم راه حل عملی

(f^-) و راه حل ایده آل (f^+) به صورت شماتیک در نمودار۳-۱نشان داده شده است(مبینی و یزدانی چمزینی، ۱۳۹۳).



نمودار(۳-۱). تفاوت راه حل ایده آل و سازشی

- مبنای روش ویکور برگرفته ازروش برنامه ریزی سازشی است.

۳-۵-۳-۲- مراحل تکنیک ویکور

- مراحل برای‌یک مسأله تصمیم گیری چندمعیاره، با n معیار و m آلترناتیو به شرح ذیل است:

۱.تشکیل ماتریس تصمیم

۲. بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

۳. تعیین بردار وزن معیارها

۴. تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی

۵. محاسبه مقدار سودمندی (S) و مقدار تأسف (R) برای هرگزینه

۶. محاسبه شاخص ویکور(Q) برای هرگزینه

۷. مرتب کردن گزینه ها بر اساس مقادیر R ، S و Q

تشکیل ماتریس تصمیم

- با توجه به تعداد معیار ها، تعداد گزینه ها و ارزیابی همه گزینه ها برای معیارهای مختلف ماتریس تصمیم به صورت زیر تشکیل می شود:

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & \dots & R_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ R_{m1} & \dots & R_{mn} \end{bmatrix}$$

- R_{ij} عملکرد آلترناتیو i –ام در رابطه با معیارj –ام است.

نرمال سازی (بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم)

- در این مرحله سعی می شود معیارها با ابعاد مختلف به معیارهای بی بعد تبدیل شوند و ماتریس F به صورت زیر تعریف می شود:

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{pmatrix}$$

$$f_{ij} = \frac{R_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} R_{ij}^2}}$$

بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

تعیین وزن زیر معیارها

- در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم گیری، با استفاده از روش آنتروپی بردار وزن تعریف می شود:

$$W = [W_1, W_2, \cdots, W_n]$$

تعیین نقطه ایده آل مثبت و منفی

- برای هر معیار، بهترین و بدترینِ هریک را در میان همه‌گزینه ها تعیین کرده و به ترتیب f_j^* و f_j^- می نامیم.

$$R = \begin{bmatrix} R_{12} & \dots & R_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ R_{m1} & \dots & R_{mn} \end{bmatrix}$$

$$f_j^* = Max f_{ij}$$
$$f_j^- = Min f_{ij}$$
$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

- f_j^* بهترین مقدار برای معیار jام
- f_j^- بدترین مقدار برای معیار jام

- اگر تمامی f_j^* را به هم پیوند بزنیم یک ترکیب بهینه با بیشترین امتیاز خواهد داد (نقطه ایده آل مثبت) و در مورد f_j^- نیز بدترین امتیاز (نقطه ایده آل منفی)

محاسبه مقدار سودمندی و تأسف معیارها

$$L_{1,i} = S_i = \sum_{j=1}^{n} W_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$$

$$L_{\infty,i} = R_i = Max\left\{W_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right\}$$

- جایی که S_i بیانگر فاصله نسبی گزینه iام از راه حل ایده آل مثبت (بهترین ترکیب) و R_i بیانگر نسبت فاصله گزینه i ام از راه حل ایده آل منفی (بدترین ترکیب) می باشد. برترین رتبه براساس ارزش S_i و بدترین رتبه بر اساس ارزش R_i بدست می آید.

محاسبه شاخص ویکور

- برای هر گزینه شاخص ویکور با رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$

$$S^- = \overset{Max}{i}\ S_i\,, \quad S^* = \overset{Min}{i}\ S_i$$

$$R^- = \overset{Max}{i}\ R_i\,, \quad R^* = \overset{Min}{i}\ R_i$$

- $V(\in [0\,,1])$ وزن برای استراتژی ماکزیمم مطلوبیت گروهی است.

رتبه بندی آلترناتیوها

- آلترناتیوها بر اساس مقادیر S و R و Q و بصورت نزولی مرتب می شوند.

- آلترناتیو 'a' به عنوان یک راه حل توافقی بگونه ای است‌که با توجه به مقدارQ و با در نظر گرفتن دو شرط زیر، به عنوان بهترین، رتبه بندی پیشنهاد می شود.

- شرط اول: مزیت قابل قبول:

- اگرگزینه های α' و α'' به ترتیب اولین و دومین گزینه برتر در گروه و i بیانگر تعداد گزینه ها باشد رابطه زیر برقرار می باشد:

$$Q(\alpha'') - Q(\alpha') \geq \frac{1}{i-1}$$

- i تعداد آلترناتیو ها می‌باشد.

- α'' آلترناتیو با موقعیت دوم در لیست رتبه بندی Q

- شرط دوم: ثبات قابل قبول در تصمیم گیری:

- آلترناتیو α' همچنین باید دارای بالاترین رتبه در لیست رتبه بندی S یا R یا هردو باشد.

- چنین حل توافقی در فرایند تصمیم گیری ثابت باقی می ماند.

- اگر یکی از دو شرط برقرار نشود، مجموعه ای از راه حلهای توافقی پیشنهاد می گردد:

۱. آلترناتیوهای α'' و α'، اگر فقط شرط دوم برقرار نباشد.

۲. آلترناتیوهای $a', a', a', \ldots, a^m$ اگر شرط اول برقرار نباشد.

α_m به کمک رابطه زیر برای بیشترین مقدار m تعیین می شود:

$$Q(\alpha^m) - Q(\alpha') < \frac{1}{i-1}$$

فصل چهارم

معرفی مدل و تفسیر نتایج

۴-۱- مقدمه

در این بخش ابتدا با پرسشنامه‌های استاندارد تهیه شده درصد نرخ ناسازگاری زیر معیار پذیرش اجتماعی را به وسیله روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص می‌کنیم. سپس به وسیله روش‌آنتروپی شانون وزن تمامی معیارها و شاخص ها را محاسبه می‌کنیم و در نهایت با استفاده از تکنیک ویکور به رتبه تمامی پارامترهای انرژی الکتریکی می‌پردازیم و برای اینکه متوجه شویم بین رتبه های بدست آمده رابطه معنا دار وجود دارد با استفاده از راه حال های توافقی شرط اول و دوم به تجزیه وتحلیل نتایج می‌پردازیم.

۴-۲- استفاده از تحلیل سلسله مراتبی FAHP گروهی برای امتیازدهی هر یک ازگزینه های زیر معیار پذیرش اجتماعی

همانگونه که در جداول پرسشنامه های مربوط می‌بینیم تمامی داده های جمع آوری شده توسط خبره ها ترجیحات بین ۱ تا ۹ را در خود ایجاد کرده اند از این رو برای این که بتوان برای هر یک از گزینه ها و فاکتورهای ارزیابی انرژی الکتریکی، مربوط به پذیرش اجتماعی را امتیاز دهی‌کرد از روش تحلیلی پوششی داده ها با استفاده از رویکرد FAHP عمل می‌کنیم. پس برای این که مطمعن شویم اطلاعاتی که توسط خبره ها بدست آوردیم باهم سازگار هستند یا خیر؟ ابتدا ماتریس را درنظر می‌گیریم و برای هر یک از پرسشنامه ها نرخ ناسازگاری را محاسبه می‌کنیم. سپس این ماتریس را به ۲ ماتریس تبدیل میکنیم: ماتریس اول اعداد میانی ماتریس اصلی و ماتریس دوم میانگین هندسی اعداد بالاو پایین ماتریس اصلی:$G = \sqrt[2]{l \times u}$. حال برای هریک از این دو ماتریس، ماتریس وزنی حساب می‌کنیم به این ترتیب که جمع هر سطر را نوشته و اعداد بدست آمده را با هم جمع می‌کنیم سپس جمع هر سطر بدست آمده را برجمع نهایی تقسیم می‌کنیم تا W متناظر با هر سطر حاصل شود. در ادامه باید W را درماتریس اول ضرب کنیم‌که جواب حاصل شده یک ماتریس (۶ در۱است). حال درآیه های این ماتریس ۶ در۱را بایدبردرآیه های متناظر آن در ماتریس W تقسیم‌کنیم. اعداد حاصله را به ترتیب $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$, $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$, می نامیم، سپس‌ازمیانگین λها λ_{max} بدست می‌آید ودرانتها شاخص‌ناسازگاری طبق فرمول

$\frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$ محاسبه می‌کنیم. (n: تعدادگزینه های هر سطر می‌باشد). و همانطور که شاخص ناسازگاری مقادیر ثابت دارد (اگر ماتریس اعداد میانی باشد از RM واگر ماتریس میانگین هندسی باشد از RG استفاده می کنیم.) و N که تعداد گزینه ها ست عدد مورد نظر استخراج می شود که عدد مورد نظر در اینجا چون ۶ گزینه داریم پس RM =۴/۹۹۶ وRG = ۵/۳۸۱۸ می‌باشد. در نهایت λ_{max} را بر شاخص ناسازگاری تصادفی تقسیم می‌کنیم عدد بدست آمده همان نرخ ناسازگاری کل است که اگر کمتر از ۰/۱باشد ماتریس سازگار است که درتمامی پرسشنامه ها نرخ ناسازگاری آنها کمتر از ۰/۱ بودند. پس از این که از سازگاری ماتریس ها مطمعن شدیم حال باید محاسبه کنیم که باتوجه به معیار پذیرش اجتماعی کدام گزینه بهترین است از این رو باید از پایین ترین سطح، محاسبات شروع کنیم(ازمقایسات زوجی‌گزینه ها محاسبات را شروع کنیم تا مقایسات زوجی مربوط به معیارها). برای این کار ابتدا حاصل جمع هرستون اعداد میانیM1 را محاسبه کرده سپس هر عنصر در ماتریس زوجی را به جمع ستون خودش تقسیم می‌کنیم تا ماتریس زوجی نرمالیزه شود. مقدار میانگین هر سطر در ماتریس نرمالیزه را محاسبه می کنیم. برای هر گزینه یک امتیاز نسبت به معیار بدست می آید که ما بیشترین امتیازعددی را انتخاب می‌کنیم. از این رو می‌بایست برای سایرمعیار ها هم همین کار را انجام دهیم اما چون ما درا این جا فقط یک معیار پذیرش اجتمایی را داریم دیگر نیازی به نرمالیزه کردن این معیار نیست لذا وزن نسبی این معیار را ۱در نظر می‌گیریم. در نهایت امتیاز نهایی بصورت زیر محاسبه می شود:

(وزن نسبی معیار×امتیازگزینه نسبت به معیار(x)) Σ : امتیازنهایی هر گزینه

در جداول زیر به ترتیب درصد نرخ ناسازگاری و همچنین امتیاز نهایی هرگزینه برای پرسشنامه اول مشخص شده است از این رو سایر پرسشنامه ها به همین روند محاسبه می‌شوند.

جدول (۴-۱) تشکیل ماتریس برای محاسبه نرخ ناسازگاری در پرسشنامه اول

گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	پذیرش اجتماعی
(۱و۲و۳)	(۸و۹و۱۰)	(۷و۸و۹)	(۶و۷و۸)	(۱و۱و۱)	(۱و۱و۱)	**خورشیدی**
(۳و۴و۵)	(۸و۹و۱۰)	(۶و۷و۸)	(۵و۶و۷)	(۱و۱و۱)	(۱و۱و۱)	**بادی**
(۵و۶و۷)	(۴و۵و۶)	(۱و۲و۳)	(۱و۱و۱)	(۵و۶و۷)	(۶و۷و۸)	**هیدرولیک**

(۷و۶و۵)	(۳و۲و۱)	(۱و۱و۱)	(۳و۲و۱)	(۸و۷و۶)	(۹و۸و۷)	**ژئوترمال**
(۶و۵و۴)	(۱و۱و۱)	(۳و۲و۱)	(۶و۵و۴)	(۱۰و۹و۸)	(۱۰و۹و۸)	**زغال سنگ**
(۱و۱و۱)	(۶و۵و۴)	(۷و۶و۵)	(۷و۶و۵)	(۵و۴و۳)	(۳و۲و۱)	**گاز**

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۲) اعداد میانی(M_1)ماتریس اصلی برای محاسبه نرخ ناسازگاری در پرسشنامه اول

جمع کل	گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	پذیرش‌اجتماعی
۲۸	۲	۹	۸	۷	۱	۱	**خورشیدی**
۳۳	۴	۹	۷	۶	۱	۱	**بادی**
۱۴/۳	۶	۵	۲	۱	۰/۱۶	۰/۱۴	**هیدرولیک**
۹/۸۱۵	۶	۲	۱	۰/۵	۰/۱۴	۰/۱۲۵	**ژئوترمال**
۶/۹۲	۵	۱	۰/۵	۰/۲	۰/۱۱	۰/۱۱	**زغال سنگ**
۲/۲۷	۱	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۵	**گاز**
۹۴/۳۰۵							

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۳) میانگین هندسی(G_1) اعداد بالاو پایین ماتریس اصلی برای محاسبه نرخ ناسازگاری درپرسشنامه اول

جمع کل	گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	پذیرش‌اجتماعی
۲۷/۵۴۱	$\sqrt{۳}$	$\sqrt{۸۰}$	$\sqrt{۶۳}$	$\sqrt{۴۸}$	۱	۱	**خورشیدی**
۲۷/۶۶۱	$\sqrt{۱۵}$	$\sqrt{۸۰}$	$\sqrt{۴۸}$	$\sqrt{۳۵}$	۱	۱	**بادی**
۱۳/۸۶۰	$\sqrt{۳۵}$	$\sqrt{۲۴}$	$\sqrt{۳}$	۱	۰/۱۶۹	۰/۱۴۴	**هیدرولیک**
۹/۴۹۴	$\sqrt{۳۵}$	$\sqrt{۳}$	۱	۰/۵۷۷	۰/۱۴۴	۰/۱۲۵	**ژئوترمال**
۶/۹۰۱	$\sqrt{۲۴}$	۱	۰/۵۷۷	۰/۲۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	**زغال سنگ**
۲/۳۷۷	۱	۰/۲۰۴	۰/۱۶۹	۰/۱۶۹	۰/۲۵۸	۰/۵۷۷	**گاز**
۸۷/۸۳۴							

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۴). محاسبه W متناظر هرسطرازاعداد میانی(M_1)ماتریس اصلی و میانگین هندسی(G_1)

G_1	M_1	پذیرش‌اجتماعی
۰/۳۱۳	۰/۲۹۶	خورشیدی
۰/۳۱۴	۰/۳۴۹	بادی
۰/۱۵۷	۰/۱۵۱	هیدرولیک
۰/۱۰۸	۰/۱۰۹	ژئوترمال
۰/۰۷۸	۰/۰۷۳	زغال سنگ
۰/۰۲۷	۰/۰۲۴	گاز

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۵) تشکیل ماتریس ۶ در۶ برای محاسبه نرخ ناسازگاری اعداد میانی(M_1)در پرسشنامه اول

جمع کل λ_i	جمع هر ستون	گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	$(M_1.W_1)\times M_1$
۱۰/۹۴۲	۳/۲۳۹	۰/۰۴۸	۰/۶۵۷	۰/۸۳۲	۱/۰۵۷	۰/۳۴۹	۰/۲۹۶	خورشیدی
۸/۶۸۷	۳/۰۳۲	۰/۰۹۶	۰/۶۵۷	۰/۷۲۸	۰/۹۰۶	۰/۳۴۹	۰/۲۹۶	بادی
۶/۳۸۴	۰/۹۶۴	۰/۱۴۴	۰/۳۶۵	۰/۲۰۸	۰/۱۵۱	۰/۰۵۵	۰/۰۴۱	هیدرولیک
۵/۳۲۶	۰/۵۵۴	۰/۱۴۴	۰/۱۴۶	۰/۱۰۹	۰/۰۷۵	۰/۰۴۸	۰/۰۳۷	ژئوترمال
۴/۷۲۶	۰/۳۴۵	۰/۱۲	۰/۰۷۳	۰/۰۵۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۳۲	زغال سنگ
۱۳/۰۴۱	۰/۳۱۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۲۴	۰/۰۸۷	۰/۱۴۸	گاز
۴۹/۰۹۷								

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۶) تشکیل ماتریس۶ در۶ برای محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس هندسی(G_1)در پرسشنامه اول

جمع کل λ_i	جمع هر ستون	گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	$(G_1.W_1)\times G_1$
۱۰/۵۸۷	۳/۳۱۴	۰/۰۴۶	۰/۶۹۷	۰/۸۵۷	۱/۰۸۷	۰/۳۱۴	۰/۳۱۳	خورشیدی
۹/۸۸۵	۳/۱۰۴	۰/۱۰۴	۰/۶۹۷	۰/۷۴۸	۰/۹۲۸	۰/۳۱۴	۰/۳۱۳	بادی
۶/۲۶۱	۰/۹۸۳	۰/۱۵۹	۰/۳۸۲	۰/۱۸۷	۰/۱۵۷	۰/۰۵۳	۰/۰۴۵	هیدرولیک
۵/۳۳۳	۰/۵۷۶	۰/۱۵۹	۰/۱۳۵	۰/۱۰۸	۰/۰۹۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۹	ژئوترمال
۴/۷۶۹	۰/۳۷۲	۰/۱۳۲	۰/۰۷۸	۰/۰۶۲	۰/۰۳۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۴	زغال سنگ
۱۲/۸۵۱	۰/۳۴۷	۰/۰۲۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۶	۰/۰۸۱	۰/۱۸۰	گاز
۴۹/۶۸۶								

مأخذ: محاسبات محقق

محاسبه شاخص ناسازگاری:

$$\frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

که:

λ_{max}: میانگین λها می‌باشد.

n: تعداد گزینه های هر سطر

M_1 نرخ ناسازگاری کل برای ماتریس

$$\lambda_{max} = \frac{\text{میانگین}\lambda\text{ها}}{n} = \frac{۴۹/۰۹۷}{۶} = ۸/۱۸۲$$

$$\text{شاخص ناسازگاری} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{۸/۱۸۲ - ۶}{۵} = ۰/۴۳۶$$

$$\text{نرخ ناسازگاری کل} = \frac{\text{شاخص ناسازگاری}}{\text{RM}} = \frac{۰/۴۳۶}{۴/۹۹۶} = ۰/۰۸$$

RM: شاخص ناسازگاری تصادفی‌است که مقادیر ثابت دارد. در اینجا بر اساس‌گزینه ها مقدار آن۴/۹۹۶ می‌باشد.

G_1 نرخ ناسازگاری کل برای ماتریس

$$\lambda_{max} = \frac{\text{میانگین}\lambda\text{ها}}{n} = \frac{۴۹/۶۸۶}{۶} = ۸/۲۸۱$$

$$\text{شاخص ناسازگاری} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{۸/۲۸۱ - ۶}{۵} = ۰/۴۵۶$$

$$\text{نرخ ناسازگاری کل} = \frac{\text{شاخص ناسازگاری}}{\text{RG}} = \frac{۰/۴۵۶}{۵/۳۸۱۸} = ۰/۰۸$$

RG: شاخص ناسازگاری تصادفی‌است‌که مقادیرثابت دارد. در اینجا بر اساس‌گزینه ها مقدار آن۵/۳۸۱۸ می‌باشد.

جدول (۴-۷) حاصل‌جمع هر ستون اعداد میانیM_1 درپرسشنامه اول

گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی
۲۴	۲۶/۲	۱۸/۶۶	۱۴/۸۶	۲/۶۶	۲/۸۷

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۸) تشکیل ماتریس نرمالیزه درپرسشنامه اول

جمع کل	گاز	زغال سنگ	ژئوترمال	هیدرولیک	بادی	خورشیدی	$(M_1.W_1)\times M_1$
۲/۰۴۸	۰/۰۸۳	۰/۳۴۳	۰/۴۲۸	۰/۴۷۱	۰/۳۷۵	۰/۳۴۸	**خورشیدی**
۲/۰۱	۰/۱۶۶	۰/۳۴۳	۰/۳۷۵	۰/۴۰۳	۰/۳۷۵	۰/۳۴۸	**بادی**
۰/۷۲۲	۰/۲۵	۰/۱۹۰	۰/۱۰۷	۰/۰۶۷	۰/۰۶۰	۰/۰۴۸	**هیدرولیک**
۰/۵۰۷	۰/۲۵	۰/۰۷۶	۰/۰۵۳	۰/۰۳۳	۰/۰۵۲	۰/۰۴۳	**ژئوترمال**
۰/۳۶۴	۰/۲۰۸	۰/۰۳۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۰۳۸	**زغال سنگ**
۰/۳۳۱	۰/۰۴۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۹۳	۰/۱۷۲	**گاز**

مأخذ: محاسبات محقق

بنابراین جمع کل هر سطر را بر تعداد ستون ها تقسیم می‌کنیم وبیشترین امتیاز عددی را انتخاب می‌کنیم و برای‌سایر پرسشنامه‌ها هم تمامی روند بالارا ادامه می‌دهیم درنهایت امتیاز نهایی‌تک تک‌گزینه ها برای هرپرسشنامه به صورت زیر انجام گرفته است.

جدول (۴-۹) امتیاز نهایی گزینه های زیرمعیارپذیرش اجتماعی برای تمامی پرسشنامه‌ها

گزینه ها	امتیاز نهایی
خورشیدی	۰/۴۲۱
بادی	۰/۳۴۱
هیدرولیک	۰/۱۷۸
ژئوترمال	۰/۰۸۲
زغال سنگ	۰/۰۴۸
گاز	۰/۰۵۲

مأخذ: محاسبات محقق

(وزن نسبی معیار×امتیازگزینه نسبت به معیار(x)) Σ : امتیاز نهایی هرگزینه ازمعیارپذیرش اجتماعی

(۰/۴۲۱ × ۱) = ۰/۴۲۱: امتیاز نهایی گزینه۱

(۰/۳۴۱ × ۱) = ۰/۳۴۱: امتیاز نهایی گزینه۲

(۰/۱۷۸ × ۱) = ۰/۱۷۸: امتیاز نهایی گزینه۳

(۰/۰۸۲ × ۱) = ۰/۰۸۲: امتیاز نهایی گزینه۴

(۰/۰۴۸ × ۱) = ۰/۰۴۸: امتیاز نهایی گزینه۵

(۰/۰۵۲ × ۱) = ۰/۰۵۲: امتیاز نهایی گزینه۶

۴-۳- استفاده از آنتروپی شانون برای وزن‌دهی شاخص ها (معیارها)

این روش که برای وزن دهی تمامی معیار های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی بکار گرفته شده است دارای گام های زیر است به این صورت که درگام اول: ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل می دهیم.

جدول (۴-۱۰) تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیاراقتصادی

معیار اقتصادی	هزینه نگهداری ثابت‌سالیانه (S/KW)	هزینه‌نگهداری متغیرسالیانه (S/MWh)	هزینه‌سرمایه گذاری (S/KW)	دوره عمر خود واحد (سال)
خورشیدی	۵۰	۲/۷	۴۰۰۰	۲۵
بادی	۴۸	۳/۲	۱۴۰۰	۲۰
هیدرولیک	۱۰/۸	۲/۲	۱۲۰۰	۵۰
ژئوترمال	۸۴	۳/۵	۵۶۰۰	۳۰
زغال سنگ	۶۴	۴/۵	۱۶۰۰	۳۰
گاز	۴/۵	۵/۷	۵۵۰	۱۲
جمع کل	۲۶۱/۳	۲۱/۸	۱۴۳۵۰	۱۶۷

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۱۱) تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیاراجتماعی

سروصدا	پذیرش اجتماعی(کیفی)	معیار اجتماعی
۲۹	۰/۴	خورشیدی
۳۵	۰/۳	بادی
۳۶	۰/۱	هیدرولیک
۷۶	۰/۰۹	ژئوترمال
۷۷	۰/۰۴	زغال سنگ
۸۱	۰/۰۵	گاز
۳۳۴	۰/۹۸	جمع کل

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۱۲) تشکیل ماتریس تصمیم برای وزن دهی معیارمحیط زیستی

g/kwh(Particel) ذرات ریزی	g/kwh (So2) سولفات	منوکسید کربنg/kwh (CO)	ترکیبات نیتراتg/kwh (NOX)	کاربری زمین(تاثیر روی اکوسیستم)km2 /Twh	مصرف آبkg/ kwh	انتشار گاز گلخانه ایg/kwh (CO2)	معیارمحیط زیستی
۱۰۱	۲۵۷	۷۰	۱۷۸	۴۶	۱۰	۱۰۰	خورشیدی
۲۰	۵۴	۰	۳۲	۷۲	۱	۲۵	بادی
۵	۳۳	۰	۲۳	۷۵	۳۶	۷۵	هیدرولیک
۴	۱/۴	۲۳	۲	۴۵	۱۵۶	۱۷۰	ژئوترمال
۳۴۷	۱۹۶۶	۲۴	۲۹۸۶	۴۸	۷۸	۱۱۱	زغال سنگ
۵/۵	۷۵۲	۱۱۸	۷۵۷	۷۲	۷۸	۵۱۴	گاز
۴۸۲/۵	۳۰۶۳/۴	۲۳۵	۳۹۷۸	۳۵۸	۳۵۹	۹۹۵	جمع کل

مأخذ: محاسبات محقق

درگام دوم: ماتریس های بالا را نرمال می کنیم و هر درایه نرمال شده را p_{ij} می نامیم. نرمال شدن به این صورت می باشد که درایه هر ستون را بر مجموع ستون تقسیم می کنیم.

جدول (۴-۱۳) تشکیل ماتریس نرمال برای وزن دهی معیاراقتصادی

دوره عمر خود واحد (سال)	هزینه‌سرمایه‌گذاری (S/KW)	هزینه‌نگهداری‌متغیر سالیانه (S/MWh)	هزینه‌نگهداری‌ثابت سالیانه (S/KW)	معیار اقتصادی
۰/۱۴۹	۰/۲۷۸	۰/۱۲۳	۰/۱۹۱	خورشیدی
۰/۱۱۹	۰/۰۹۷	۰/۱۵۰	۰/۱۸۳	بادی
۰/۲۹۹	۰/۰۸۳	۰/۱۰۳	۰/۰۴۱	هیدرولیک
۰/۱۷۹	۰/۳۹۰	۰/۱۶۴	۰/۳۲۱	ژئوترمال
۰/۱۷۹	۰/۱۱۱	۰/۲۱۱	۰/۲۴۴	زغال سنگ
۰/۰۷۱	۰/۰۳۸	۰/۲۶۷	۰/۰۱۷	گاز

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۱۴) تشکیل ماتریس نرمال برای وزن دهی معیاراجتماعی

سروصدا	پذیرش اجتماعی(کیفی)	معیار اجتماعی
۰/۰۸۶	۰/۴۰۸	خورشیدی
۰/۱۰۴	۰/۳۰۶	بادی
۰/۱۰۷	۰/۱۰۲	هیدرولیک
۰/۲۲۷	۰/۰۹۱	ژئوترمال
۰/۲۳۰	۰/۰۴۰	زغال سنگ
۰/۲۴۲	۰/۰۵۱	گاز

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۱۵) تشکیل ماتریس نرمال برای وزن دهی معیارمحیط زیستی

معیار محیط زیستی	انتشار گاز گلخانه ای g/kwh (CO2)	مصرف آب kg/kwh	کاربری زمین(تاثیر روی اکوسیستم km2/Twh)	ترکیبات نیترات g/kwh (NOX)	منوکسید کربن g/kwh (CO)	g/kwh(Soسو2) لفات	g/kwh(Particel) ذرات ریزی
خورشیدی	۰/۱۰۰	۰/۰۲۷	۰/۱۲۸	۰/۰۴۴	۰/۲۹۷	۰/۰۸۳	۰/۲۰۹
بادی	۰/۰۲۵	۰/۰۰۲	۰/۲۰۱	۰/۰۰۸	۰	۰/۰۱۷	۰/۰۴۱
هیدرولیک	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۲۰۹	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰
ژئوترمال	۰/۱۷۰	۰/۴۳۴	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۹۷	/۰۰۰۴	۰/۰۰۸
زغال سنگ	۰/۱۱۱	۰/۲۱۷	۰/۱۳۴	۰/۷۵۰	۰/۱۰۲	۰/۶۴۱	۰/۷۱۹
گاز	۰/۵۱۶	۰/۲۱۷	۰/۲۰۱	۰/۱۹۰	۰/۵۰۲	۰/۲۴۵	۰/۰۱۱

مأخذ: محاسبات محقق

درگام سوم: آنتروپی هر شاخص را محاسبه می‌کنیم، آنتروپی E_j به صورت زیر محاسبه می گردد و kبه عنوان مقدار ثابت مقدار E_j را بین ۰ و ۱ نگه می دارد.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \times lnP_{ij} \qquad i = 1,2,\cdots,m$$

$$K = 1 \div ln(6) = ۰/۵۵۸$$

$$\left[\text{معیار اقتصادی } E_j = (1/533 \times 0/558 = 0/855)\,,(1/751 \times 0/558 = 0/977)\,,(1/552 \times 0/558 = 0/866)\,,(1/697 \times 0/558 = 0/946)\right]$$

$$\left[\text{معیاراجتماعی } E_j = (1/456 \times 0/558 = 0/812)\,,(1/701 \times 0/558 = 0/949)\right]$$

$$\left[\text{معیار محیط زیستی } E_j = (1/502 \times 0/558 = 0/838)\,,(1/363 \times 0/558 = 0/760),(1/762 \times 0/558 = 0/983)\,,(1/120 \times 0/558 = 0/624)\,,(1/163 \times 0/558 = 0/648)\,,(0/953 \times 0/558 = 0/531)\,,(0/827 \times 0/558 = 0/461)\right]$$

درگام چهارم: مقدار d_j (درجه انحراف) را محاسبه می‌کنیم که بیان می کند شاخص مربوطه(d_j)

چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می دهد. هر چه مقادیر اندازه گیری شده شاخصی به هم نزدیک باشند نشان دهنده آن است که گزینه های رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند.

$$d_j = 1 - E_j, j = 1,2,\dots,n$$

$$\left[\text{معیار اقتصادی } d_j = (1 - 0/855 = 0/145) + (1 - 0/977 = 0/023) + (1 - 0/866 = 0/134) + (1 - 0/946 = 0/054) = 0/356\right]$$

$$\left[\text{معیاراجتماعی } d_j = (1 - 0/812 = 0/188) + (1 - 0/949 = 0/051) = 0/239\right]$$

$$\left[\text{معیار محیط زیستی } d_j = (1 - 0/838 = 0/162) + (1 - 0/760 = 0/240) + (1 - 0/983 = 0/017) + (1 - 0/624 = 0/376) + (1 - 0/648 = 0/352) + (1 - 0/469 = 0/469) + (1 - 0/461 = 0/539) = 2/155\right]$$

درگام پنجم: مقدار وزن Wjمحاسبه می‌گردد.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{m} d_j}, j = 1,2,\dots,n$$

$$\left[\text{معیار اقتصادی } w_j = (0/145 \div 0/356 = 0/407), (0/023 \div 0/356 = 0/064), (1 - 0/866 = 0/376), (0/054 \div 0/356 = 0/151)\right]$$

$$\left[\text{معیاراجتماعی } w_j = (0/188 \div 0/239 = 0/786), (0/051 \div 0/239 = 0/213)\right]$$

$$\left[\text{معیار محیط زیستی } w_j = (0/162 \div 2/155 = 0/075), (0/240 \div 2/155 = 0/111), (0/062 \div 2/155 = 0/007), (0/376 \div 2/155 = 0/174), (0/352 \div 2/155 = 0/163), (0/469 \div 2/155 = 0/217), (0/539 \div 2/155 = 0/250)\right]$$

به طور خلاصه مقادیر E_j ، D_j و W_j در جدول زیز بدست آمده است.

جدول (۴-۱۶) خلاصه مقادیر E_j ، D_j و W_j

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
E_j	0.855	0.977	0.866	0.946	0.812	0.949	0.838	0.760	0.983	0.624	0.648	0.531	0.461
D_j	0.145	0.023	0.134	0.054	0.188	0.051	0.162	0.240	0.017	0.376	0.352	0.469	0.539
W_j	0.407	0.064	0.376	0.151	0.786	0.213	0.075	0.111	0.007	0.174	0.163	0.217	0.250

مأخذ: محاسبات محقق

۴-۴- استفاده از تکنیک ویکور(VIKOR)

در این بخش گزینه های موجود برای انتخاب انرژی الکتریکی شامل۶ گزینه می‌باشد. ازاین رو معیارهای موجود برای انتخاب بهترین گزینه ۱۳ معیار هستند که نتیجه ارزیابی گزینه ها برای معیار مختلف به شرح جدول زیر می‌باشد:

جدول (۴-۱۷) ارزیابی گزینه ها براساس معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی زیستی

WJ	0.407	0.064	0.376	0.151	0.786	0.213	0.075	0.111	0.007	0.174	0.163	0.217	0.25
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
A1	50	2.7	4000	25	0.4	29	100	10	46	178	70	257	101
A2	48	3.2	1400	20	0.3	35	25	1	72	32	0	54	20
A3	10.8	2.2	1200	50	0.1	36	75	36	75	23	0	33	5
A4	84	3.5	5600	30	0.09	76	170	156	45	2	23	1.4	4
A5	64	4.5	1600	30	0.04	77	111	78	48	2986	24	1966	347
A6	4.5	5.7	550	12	0.05	81	514	78	72	757	118	752	5.5

مأخذ: محاسبات محقق

سپس باید حداقل و حداکثر شاخص ها ومعیار ها را مشخص نمود که در جدول زیر نمایش داده شده است:

جدول (۴-۱۸) محاسبه مقدارحداکثر وحداقل هر شاخص

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
F*	۸۴	۵/۷	۵۶۰۰	۵۰	۰/۴	۸۱	۵۱۴	۱۵۶	۷۵	۲۹۸۶	۱۱۸	۱۹۶۶	۳۴۷
F-	۴/۵	۲/۲	۵۵۰	۱۲	۰/۰۴	۲۹	۲۵	۱	۴۵	۲	۰	۱/۴	۴

مأخذ: محاسبات محقق

پس از آن بر اساس فرمول S و R سودمندی و تاسف معیار ها را محاسبه می‌کنیم که در جدول زیر آمده است:

$$L_{1,i} = S_i = \sum_{j=1}^{n} W_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}$$

$$L_{\infty,i} = R_i = \mathrm{Max}\left\{W_j \times \frac{f_j^* - f_{ij}}{f_j^* - f_j^-}\right\}$$

جدول (۴-۱۹) محاسبه مقدار سودمندی وتاسف هر شاخص

آلترناتیوها	شاخص سودمندیS	شاخص تاسف R
A1	۲/۵۵۷۵	۰/۷۸۶
A2	۲/۲۶۷۷	۰/۷۶۴۱۷
A3	۱/۶۴۹۰	۰/۶۵۵
A4	۱/۵۵۷۸	۰/۳۱۲۷۱
A5	۱/۴۳۳۳	۰/۲۱۳
A6	۲/۰۴۰۲	۰/۶۷۶۸۳

مأخذ: محاسبات محقق

$$S^* = 2.5575 \qquad R^- = 0.786$$

$$S^- = 1.4333 \qquad R^* = 0.213$$

سپس براساس فرمول Q_i رتبه بندی معیار ها را محاسبه می‌کنیم که در جدول زیر آمده است:

$$Q_i = v\left[\frac{S_i - S^*}{S^- - S^*}\right] + (1-v)\left[\frac{R_i - R^*}{R^- - R^*}\right]$$

$$S^- = \underset{i}{Max}\ S_i\,, \quad S^* = \underset{i}{Min}\ S_i$$

$$R^- = \underset{i}{Max}\ R_i\,, \quad R^* = \underset{i}{Min}\ R_i$$

جدول (۴-۲۰) محاسبه مقدار Q_i و رتبه بندی هر شاخص

آلترناتیوها	Q_i
A1	۰/۸۸۵۶۹
A2	۰/۸۵۲۰۵
A3	۰/۵۳۵۶۷
A4	۰/۳۲۲۹۲
A5	۰/۱۱۳۲۵
A6	۰/۷۲۵۳۸

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۲۱) مرتب سازی مقادیر S، R وQ برای تمام گزینه‌ها

RANK	R	S	Q	Q	R	S
A1	0.786	2.5575	0.88569	A1	A1	A1
A2	0.76417	2.2677	0.85205	A2	A2	A6
A3	0.67683	2.0402	0.72538	A6	A6	A2
A4	0.655	1.649	0.53567	A3	A4	A3
A5	0.31271	1.5578	0.32292	A4	A3	A4
A6	0.213	1.4333	0.11325	A5	A5	A5

مأخذ: محاسبات محقق

سپس با آنالیزحساسیت به ازای مقادیر مختلف Wj جدول ۴-۲۵ بدست می آید. براساس این جدول رتبه آلترناتیوها تغییر پیدا کرده و میزان دقیق بودن وزن های اصلی نسبت به وزن های با مقادیر مختلف به خوبی نمایان می‌شود. بنابراین همانگونه که از جدول۴-۲۱ پیداست در تمام موارد گزینه A1 به عنوان مناسب ترین گزینه برای انتخاب تولید انرژی الکتریکی در ایران می‌باشد.

جدول (۴-۲۲) ارزیابی‌گزینه ها براساس مقادیرمختلف وزن‌دهی معیارهای‌اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی

WJ	0.598	0.023	0.245	0.132	0.671	0.328	0.045	0.121	0.008	0.184	0.172	0.257	0.21
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
A1	50	2.7	4000	25	0.4	29	100	10	46	178	70	257	101
A2	48	3.2	1400	20	0.3	35	25	1	72	32	0	54	20
A3	10.8	2.2	1200	50	0.1	36	75	36	75	23	0	33	5
A4	84	3.5	5600	30	0.09	76	170	156	45	2	23	1.4	4
A5	64	4.5	1600	30	0.04	77	111	78	48	2986	24	1966	347
A6	4.5	5.7	550	12	0.05	81	514	78	72	757	118	752	5.5

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۲۳) محاسبه مقدار سودمندی وتاسف هر شاخص بر اساس مقادیر مختلف وزن‌دهی

آلترناتیوها	شاخص سودمندیS	شاخص تاسف R
A1	۳/۵۲۶۵	۰/۷۲۳۵۶
A2	۲/۱۴۲۰	۰/۷۴۵۲۶
A3	۱/۵۸۲۵	۰/۳۶۵۲۱
A4	۱/۴۸۲۳	۰/۱۲۳۴۵
A5	۱/۵۴۱۲	۰/۵۹۲۶۲
A6	۲/۲۵۲۳	۰/۶۳۲۵۶

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۲۴) محاسبه مقدار Q_i و رتبه بندی هر شاخص بر اساس مقادیر مختلف وزن‌دهی

آلترناتیوها	Q_i
A1	۰/۸۰۱۵۶
A2	۰/۸۲۵۶۸
A3	۰/۵۹۲۵۶
A4	۰/۱۲۴۵۸
A5	۰/۲۳۴۲۵
A6	۰/۷۵۲۳۵

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۴-۲۵) آنالیزحساسیت رتبه بندی Q بر اساس مقادیر مختلف وزن‌دهی

RANK	*R*	*S*	*Q*	*Q*	*R*	*S*
A1	0.74526	3.5265	0.82568	A2	A2	A2
A2	0.72356	2.2523	0.80156	A1	A1	A6
A3	0.63256	2.1420	0.75235	A6	A6	A2
A4	0.59262	1.5825	0.59256	A3	A5	A3
A5	0.36521	1.5412	0.23425	A5	A3	A5
A6	0.12345	1.4823	0.12458	A4	A4	A4

مأخذ: محاسبات محقق

در شرح روش فازی ویکور مشروحا توضیح داده شد که انتخاب گزینه نهایی با کنترل دو شرط اول و دوم انجام خواهد شد. و در صورت برآورده شدن هر کدام از شروط، جواب مسئله از حالت تک گزینه ای به حالت دو گزینه ای و یا چندین گزینه‌ای تغییر خواهد یافت. در ادامه این شروط بررسی می گردند. با توجه به این که گزینه اول در هر سه مورد در جایگاه نخست قرار دارد لذا آن شاخص به عنوان شاخص اول نیز گرفته می‌شود. وگزینه برتر گزینه ای است که در هر سه ستون بهترین گزینه باشد. اما نسبت به این که کدام شاخص ها درجایگاه های دوم، سوم، چهارم،پنجم وششم قرار دارند دوشرط برای آن بررسی می‌شود:

- شرط اول:

$$Q(a) - Q(b) \geq = \frac{1}{i-1}$$

$$Q(A_2) - Q(A_6) = 0.85205 - 0.72538 \geq = \frac{1}{6-1} \Rightarrow \quad 0.12667 \geq \frac{1}{5}$$

با توجه با این که گزینه‌ی بعدی با ارزشی بیشتر از ۰/۲ در اولویت بعدی قرار دارد بنابراین شرط اول برقرار می‌باشد.

- شرط دوم:

با توجه به جدول ۴-۲۰ نتایج رتبه بندی Q ، S و R همخوانی دارد بنابراین شرط دوم نیز برقرار می با شد و از آنجا که گزینه A2 در یکی از شاخص های S و R به عنوان شاخص برتر شناخته شد، این گزینه در جایگاه دوم قرارگرفت.

- گزینه A6 در یکی از شاخص های S وR به عنوان شاخص برتر شناخته شد و این گزینه در جایگاه سوم قرارگرفت.
- گزینه A3 در یکی از شاخص های S,R به عنوان شاخص برتر شناخته شد و این گزینه در جایگاه چهارم قرارگرفت.
- گزینه A4 در یکی از شاخص های RوS به عنوان شاخص برتر شناخته شد و این گزینه درجایگاه پنجم قرارگرفت و در نهایت چون گزینه A5 درهر سه مورد درجایگاه آخر قراردارد لذا آن شاخص به عنوان شاخص آخر نیزقرارگرفته می‌شود.

فصل پنجم

تاثیر سرمایه‌گذاری در تولید انرژی به وسیله منابع انرژی‌های تجدیدپذیر

بر رشد اقتصادی ایران

۵-۱- مقدمه

انرژی به عنوان نیروی محرکه فعالیت های تولیدی، زیر بنای اساسی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی هر کشوری به حساب می‌آید. باتوجه به رشدروزافزون اقتصادونقش پیچیده انرژی دراین زمینه، نمی‌توان تصمیمات مربوط به انرژی را به سادگی اتخاذ کرد زیرا با توجه به یکی از نهاده‌های اصلی تولید هرگونه تصمیم‌گیری دراین زمینه اقتصاد کشورها را تحت تاثیر قرارمی‌دهد. وبه دلایل زیست محیطی و آشکارشدن مضرات ناشی ازسوخت‌های فسیلی وتاثیرات منفی آن‌ها بر چرخه‌های اکولوژیکی، انگیزه استفاده ازمنابع انرژی‌های‌تجدیدپذیردرجهان افزایش‌یافته وبرنامه‌ریزی انرژی و استفاده از منابع تجدیدپذیراهمیت ویژه ای پیدا کرده است، به گونه ای که بر اساس اطلاعات آماری منتشر شده از انرژی جهان در سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ حدود ۵/۷ میلیون نفر در سراسر جهان به طورمستقیم یا غیر مستقیم در بخش انرژی های تجدید پذیر مشغول به کار بوده‌اند و براساس آخرین آمارهمین مرکز، درسال ۲۰۱۶ سرمایه‌گذاری اروپا دربخش انرژی های تجدید پذیر به میزان۴ درصد(۳۳/۵ میلیارد دلار) و برزیل ۳۶ درصد(۳/۷میلیارد دلار) افزایش یافته است و در بین کشورهای آسیایی چین با ۱۳/۴٪ ، هند با ۴/۶٪ وژاپن با۳/۴٪ به ترتیب رتبه های اول تا سوم را درتولید انرژی های تجدیدپذیربه خود اختصاص داده اند.

پس باتوجه به نیاز روز افزون استفاده از انرژی برای تامین خواسته‌ها، کشورهایی ازجمله ایران بایدرویکرداساسی نسبت به دستیابی انرژی‌های تجدیدپذیر در دستور کار خود قرار دهند، چرا که ایران نیز همانند سایر کشورهای در حال توسعه با چالش‌های مهمی در زمینه سیاست های انرژی، زیست محیطی و عوامل اجتماعی روبرومی‌باشد.

ایران با دارا بودن ۱۰درصد ازمنابع نفتی جهان و ۱۵ درصد از گاز جهان به عنوان کشوری غنی از منابع و سوخت های فسیلی مطرح است که این منابع باعث شده است تا میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیر درکشور کاهش یابد و تنها در بخش تولید انرژی برق ازاین نوع انرژی ها، تا حدودی استفاده شود. براساس‌آماروزارت نیرو(۱۳۹۰)، در حال حاضر ۸۳/۵ درصد از کل ظرفیت تولیدبرق کشورمربوط

به نیروگاه‌حرارتی، ۱/۵درصدتوسط نیروگاه اتمی،۰/۱۴درصد به وسیله واحدهای نیروگاهی برق آبی،۰/۳ درصدانرژی های نو و۰/۷درصد مربوط به نیروگاه‌های مولد مقیاس کوچک یا تولید پراکنده است. بنابراین با توجه به وضعیت آلودگی هوا و لزوم سیاستی مناسب جهت کاهش آن وهمچنین با توجه به ضرورت رشد اقتصادی درکشورهای درحال توسعه‌ای مانند ایران، جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیربه جای سوخت‌های فسیلی، می‌تواند به عدم توقف در جهت برنامه های رشد اقتصادی منجر شود. (ملکی ،۱۳۸۳، شهبازی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۴-۲۵ ، فطرس و همکاران، ۱۳۹۰: ۹۸-۸۱ و بینج[72]، ۲۰۱۱: ۱۷-۱).

برمبنای مزیت‌های ذکر شده، این مطالعه در نظر دارد برای اولین بار، با بکارگیری‌الگوی خودتوضیح برداری، جوهانسون - جوسیلیوس و تصحیح خطا در طی‌سال‌های ۱۳۶۰تا ۱۳۹۶رابطه بین تاثیر سرمایه-گذاری درتولید انرژی‌های تجدیدپذیربررشد اقتصادی را مورد توجه و بررسی قراردهد. که فرضیات زیررا آزمون می‌کند: ۱- بین رشد اقتصادی وانرژی‌های تجدیدپذیر درایران رابطه علیت مثبت برقراراست ۲- با استفاده از مدل بردار تصحیح خطا و جوهانسون یک رابطه علی دوسویه وبلندمدت میان، رشداقتصادی وانرژی‌های تجدیدپذیر برقرار است که نشان می‌دهد مصرف انرژی های تجدید پذیر و رشد اقتصادی به صورت مکمل با هم مرتبط هستند و با افزایش مصرف انرژی‌های تجدید پذیررشداقتصادی افزایش پیدا می‌کند. متغیرهای بکارگرفته شده‌نیروی‌کار،تولیدناخالص داخلی، مصرف سوخت‌های فسیلی، سرمایه گذاری انرژی دربخش خصوصی و همچنین تولید انرژی الکتریکی می‌باشد. سازماندهی این قسمت از تحقیق به صورت زیر خواهد بود، بخش اول مقدمه و در بخش دوم برآورد مدلها پرداخته شده است.

۵-۲- برآورد مدل و آزمون فرضیه‌ها

این پژوهش ازلحاظ روش علی- تحلیلی و از نظر هدف؛کاربردی بوده وروش جمع آوری اطلاعات نیزازنوع ا سنادی – کتابخانه‌ای ا ست. آمارواطلاعات متغیرهای موردنیازدر مدل به صورت سری زمانی

---

72 Binh (2011)

سالانه ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ ازبانک اطلاعات سری‌زمانی وبانک جهانی استخراج شده است. برای شناسایی وتوضیح رابطه بلندمدت بین متغیرها چندین روش پیشنهاد شده است. روش انگل - گرنجر، ARDL و روش معروف جوهانسون- جوسیلیوس[۷۳] درابتدا روش انگل - گرنجر معرفی شد اما به دلیل عدم توجه به تعاملات پویای کوتاه‌مدت بین متغیرها دراستفاده ازاین روش چندان مورد توجه قرارنمی‌گیردوازاعتبارکافی‌برخوردارنیست. زیرا فرضیه های بدست آمده با استفاده از داده های آزمون های مشترک باطل هستند. بنابراین بایدازروش‌هایی استفاده کردتا الگوی پویایی بلندمدت را تغییردهند ومنجر به برآوردهای دقیق تراز ضرایب مدل شوند. مدل جوهانسن وجو سیلیوس یک‌مدل جایگزین بودکه توانست با فرموله کردن روشی برای هم انباشتگی برداریکه‌درتعیین بردارهم‌انباشتگی‌ازطریق حداکثر راست نمایی صورت می‌گیرد نقایص روش انگل - گرنجر را حل کند. اساس کار آن را یک مدل خود رگرسیون برداری (VAR) به صورت رابطه ۱. تشکیل می دهد.

(۱)

$$Xt = \sum_{i=1}^{p} \emptyset i Xt - i + \varepsilon t$$

که درآن Xt، نشان دهنده یک بردار حاوی متغیرها. Φi، ماتریس ضرایب و εt یک عنصر باقی مانده و p به عنوان حداکثرطول وقفه برای الگوی VAR معرفی می شود. در این روش برای نشان دادن پویایی های کوتاه مدت می توان دستگاه معادلات۱. رادرقالب الگوی تصحیح خطای برداری[۷۴] به صورت رابطه‌ی ۲. نوشت(حلادا و همکاران [۷۵]، ۲۰۰۸: ۴۱۰-۴۰۲).

(۲)

$$\Delta Xt = \Pi \mathrm{X}t - 1 + \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{p}-1} \Gamma \mathrm{i} \Delta Xt - i + \varepsilon t$$

---

73 Johansen- Juselius
74 Vector Error Correction Model(VECM)
75 Halada and et al (2008)

که در آن ماتریس های Γ وΠ به ترتیب نشان دهنده روابط کوتاه مدت وبلندمدت بین متغیرهای مدل‌هستند. با فرض این که ماتریس Π دارای درجه r هست، ماتریس Π را می توان به صورت رابطه ۳. تجزیه کرد(کرچگاسنروهمکاران[۷۶]، ۲۰۱۲:۲۴۲-۲۲۸).

(۳)

$$\Pi = a\beta$$

دررابطه ۳. α، ماتریس تنظیم رابطه کوتاه مدت به رابطه بلند مدت با ابعاد P × r اســـت و β بردار همگرایی بین متغیرهای P × r می با شد. اگر رتبه ی ماتریس Π را r در نظر بگیریم، این شرط در سه حالت زیر برقراراست:

الف. r = n، که دراین صورت‌کلیه‌ی متغیرهای بردارY، I(0) ه ستند و روش منا سب برای برآورد مدل، تخمین VARدر سطح متغیرها است.

ب. r = 0، که دراین صـــورت هیچ ترکیب خطی پایا از متغیرهای بردار Y، وجود ندارد و روش مناسب برای برآورد مدل، تخمین VARدر تفاضل مرتبه ی اول متغیرها است.

ج.، 0 < r ≤ n-1 ، که دراین صورت r ترکیب خطی پایا از متغیرهای بردارY یا به عبارت دیگر r بردارهم انباشتگی[۷۷] وجود دارد و از روش جوهانسون برای برآورد بردارهای هم انباشتگی استفاده می شود(والتر[۷۸]، ۱۹۹۵: ۲۱۳-۲۰۲). الگوی برآورد جوهانسن - جوسیلیوس، حداکثر احتمال را برای α و β فراهم می کند. همچنین برای تعیین درجه ماتریس Π و دستیابی به‌روابط‌همگرایی r ازآزمونهای ماتریس اثر(Xtrace) و حداکثر مقادیرویژه (Xmax) استفاده می شود. برای استفاده ازروش جوهانسن-جوسیلیوس ابتدا باید تعداد بهینه متغیرهای درون زارا محاسبه نمود. سپس با استفاده از مقادیرسطح

76 Kirchgassner and et al (2012)
77 Co-integration Vector
۷۸راي آشنايي بيشتر با روش جوهانسن- جوسيليوس، مراجعه شود به Enders (1995).

متغیر، مدل VARرا تشکیل ورتبه آن رابااستفاده ازمعیارهای آکایک (AIC)، شوارتز(SBC) و حنان کویین(HQC) تعیین نمود. پس از آن بااستفادهازآزمون‌های ماتریس‌اثر(Xtrace) وحداکثر مقادیرویژه (Xmax) به‌تعیین بردارهای هم‌گرایی‌و استخراج رابطه بلندمدت پرداخته شود(بابایی‌وهمکاران، ۲۰۱۵: ۱۸۳-۱۸۹).

۵-۲-۱- آزمون ریشه واحد

هدف اصلی این مطالعه، بررسی تاثیرسرمایه گذاری در تولید انرژی های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی در ایران است. مدل بکار گرفته شده در پژوهش حاضر برگرفته ازمدل آدو بوده و مطابق رابطه ۴ می باشد(آدو[79]، ۲۰۱۲: ۲۶-۱).

(۴)

$$LGDP=\beta1+\beta2\ LLAFO+\ \beta3LIEPP+\ \beta4LEPRS+\beta5\ LFFEC+U$$

که درآن:

GDP[80]: تولید ناخالص داخلی

LAFO[81] : نیروی کار

IEPP[82] : سرمایه گذاری انرژی با مشارکت بخش خصوصی

EPRS[83] : تولید انرژی الکتریکی (*kwh*)

FFEC[84] : مصرف سوخت فسیلی

U: جملات پسماند مدل.

L: علامت لگاریتم.

79 Adu (2012)
80 Gross domestic product
81 Labor force
82 Investment in energy with private participation
83 Electricity production from renewable sources
84 Fossil fuel energy consumption

قبل از تخمین معادله برای بررسی مانایی داده‌ها آزمون ریشه واحد انجام شده است. ازآن‌جایی که داده‌های متغیر های مورد بحث در این پژوهش به صورت سری زمانی است. از این روضروری است که ابتدا متغیرهای مدل به لحاظ ایستایی و ناایستایی آزمون شود. و به علت در دسترس نبودن تمام داده‌ها و ایجاد رابطه علی و دوطرفه میان داده ها، از آزمون ریشه واحد – دیکی فولر[85] استفاده شده است.

جدول (۵-۱) نتایج آزمون ریشه واحد دیکی ـ فولرتعمیم یافته

متغیرها	آماره محاسبه شده	ارزش احتمال	نتیجه
تولید ناخالص داخلی	-۳/۳۷۹٦	۰/۰۰۰۰	I(1)
نیروی کار	-۳/٥٦۱٤	۰/۰۰۰۰	I(1)
سرمایه گذاری خصوصی	-۳/٥۰۰٤	۰/۰۰۰۰	I(1)
تولید انرژی الکتریکی	-۲/٦٤٥۷	۰/۰۰۷٤	I(1)
مصرف سوخت فسیلی	-۲/۷۹۷۸	۰/۰۰۰٤	I(1)

مأخذ: محاسبات محقق

با توجه به این‌که درمطالعه حاضرفرضیه‌ی صفر مبتنی برعدم وجود خود رگرسیونی بین جملات-اخلال درآن‌ها رفع شده، همه متغیرهاپس ازتفاضل‌گیری‌درمرتبه اول درسطوح اطمینان ۱٪ و ۵٪ و۱۰٪ مانا شده اند. درگام بعد برای بررسی روابط بلندمدت میان متغیرهای الگو، باید طول وقفه بهینه آزمون شود. برای بررسی طول وقفه بهینه آزمون های مختلفی وجود دارد که از آن میان می توان از آزمونهای انگل -گرنجر[86]، جوهانسون - جوسیلیوس [87]، ARDL[88] و همچنین آزمون کرانه ها[89] نام برد.

۵-۲-۲- تعیین طول وقفه بهینه

تخمین مدل‌هم انباشتگی جوهانسن- جوسیلیوس مستلزم برآورد یک سیستم معادلات الگوی خودتوضیح برداری[90] است که‌دراین بین به دست آوردن طول وقفه ی بهینه از مقدمات تخمین مدلها

85 Augmented Dickey-Fuller Test
86 Angel-Granger
87 Johansen- Juselius
88 Autoregressive Distributed Lag Models
89 Bounds Test
90 Vector Autoregressive Model (VAR)

می باشد. با توجه به تعداد متغیرهای الگو و کمتربودن حجم‌نمونه موردمطالعه ازصد، ازمعیار شوارتز _ بیزین[۹۱] برای تعیین طول وقفه بهینه استفاده شده و نتایج مربوط به آن در جدول ۵-۲ نشان داده شده است.

جدول (۵-۲) نتایج آزمون تعیین طول وقفه بهینه درالگوی VAR

تعداد وقفه	SC
۰	-۰۵/۲۳
۱	-۲۵/۹۱
۲	-۱۹/٤۸

مأخذ: محاسبات محقق

در جدول ۵-۲ کمترین مقدار معیار شوارتز - بیزین در وقفه ی یک بدست آمده است و می‌توان بیان داشت که وقفه‌ی بهینه الگوی VAR وقفه‌ی یک می باشد. ومعنا دار خواهد بود. از این رو به منظور صحت اطمینان رابطه مستقیم بین متغیرهای وارده یک نتیجه گیری کلی ازالگوی خود توضیح برداری (VAR) انجام می‌شود.

۵-۲-۳- بررسی بردار همگرایی

با توجه به اینکه متغیر های مدل، دارای مرتبه ی هم انباشتگی یکسان بوده وهمگی پایا درتفاضل مرتبه‌ی اول می باشند؛ می‌توان ازآزمون همجمعی جوهانسون - جوسیلیوس جهت تعیین بردارهای-همگرایی استفاده نمود. براساس انتخاب مقدار وقفه ی بهینه ی یک؛ به عنوان وقفه ی بهینه ی مدل خودتوضیح برداری، با استفاده ازآزمون‌های ماتریس اثر[۹۲]وحداکثرمقادیرویژه[۹۳]، به تعیین تعداد بردارهای همگرایی پرداخته شده است. جداول ۵-۳ و۴-۳ نتایج مربوط به تعیین تعدادبردارهای همگرایی توسط-این دوآزمون را نشان می‌دهد. همانطور که در جداول ۳. و ۴. ملاحظه می‌شود، بر اساس نتایج هر دو

91 Schwartz _ Besin
92 Trace Matrix
93 Maximum Eigen Value

آماره‌ی آزمون ماتریس اثروآزمون حداکثر مقادیر ویژه، وجود دو بردار همگرایی بین متغیرهای مدل تایید می‌شود.

جدول (۵-۳) نتایج آزمون ماتریس اثر (χtrace)

فرضیه ی صفر	فرضیه مقابل	مقدارآماره آزمون	مقداربحرانی درسطح ۹۵٪	ارزش‌احتمال درسطح ۹۵٪
r = 0 *	r ≥ 1	۱۲۸/۲۹	٦۹/۸۱	۰/۰۰۰۰
r≤ 1 *	r ≥ 2	۵۳/٤۵	٤۷/۸۵	۰/۰۱۳٦
r≤ 2	r ≥ 3	۲٦/۱۸	۲۹/۷۹	۰/۱۲۳۳
r≤ 3	r ≥ 4	۱۰/٤۹	۱۵/٤۹	۰/۲٤٤۸
r≤ 4	r ≥ 5	۲/٦۵	۳/۸٤	۰/۱۰۳۰

مأخذ: محاسبات محقق

جدول (۵-۴) نتایج آزمون حداکثرمقادیرویژه (χmax)

فرضیه ی صفر	فرضیه مقابل	مقدارآماره آزمون	مقداربحرانی درسطح ۹۵٪	ارزش‌احتمال درسطح ۹۵٪
r = 0 *	r = 1	۱۲۲/۹٤	۳۳/۸۷	۰/۰۰۰۰
r≤ 1 *	r = 2	۲۷/۲٦	۲۷/۵۸	۰/۰٤٤۸
r≤ 2	r = 3	۱۵/٦۹	۲۱/۱۳	۰/۲٤۳۳
r≤ 3	r = 4	۷/۸۳	۱٤/۲٦	۰/۳۹۵۹
r≤ 4	r = 5	۲/٦۵	۳/۸٤	۰/۱۰۳۰

مأخذ: محاسبات محقق

در ادامه، مطابق رابطه‌ی۴. رابطه ی بلندمدت بین متغیرهای مدل تخمین زده شده و بردار نرمال شده نسبت به متغیر درون‌زای اول انتخاب شده است. این بردار بایستی از نظر علامت ضرایب متناسب با تئوری‌های اقتصادی بوده و همچنین ضرایب متغیرهای توضیحی به لحاظ آماری معنی دار باشد. همانطور که در بردار بهینه انتخاب شده ملاحظه می‌شود؛ ضرایب تمامی متغیرهای مدل، براساس مبانی نظری مورد انتظار بوده و از نظر آماری نیز معنا دار می‌باشد.

(۵)

$$LGDP=3.1752+0.81LLAFO+0.51LIEPP+0.65LEPRS+3.42\ LFFEC$$

$$t=1.85 \qquad t=1.83 \qquad t=2.55 \qquad t=2.26$$

بر اساس رابطه ۵-۵ می‌توان بیان داشت که در بلندمدت، یک درصد افزایش درمتغیرهای نیروی کار، سرمایه گذاری انرژی در بخش خصوصی، تولیدانرژی الکتریکی ومصرف سوخت فسیلی به ترتیب باعث افزایش ۰/۸۱، ۰/۵۱، ۰/۶۵ و ۳/۴۲ درصد در رشد اقتصادی می شوند.

در مرحله ی بعد الگوی تصحیح خطای برداری برآورد شده و نتایج مربوط به آن در جدول ۵. نشان داده شده است.

جدول (۵-۵) نتایج الگوی تصحیح خطای برداری

نام متغیر	ضریب	انحراف معیار	مقدار آماره t
Δ(LGDP)	-	-	-
C	۰/۱۵۰۲	۰/۰۲۳۱	۳/۲۱۹۹
ECM(-1)	-/٦٤٥٠	۰/۳۲۹۳	-۲/٤٤٠٤

مأخذ: محاسبات محقق

با توجه به جدول ۵-۵ ملاحظه می‌شود که ضریب جمله تصحیح خطا{ECM(-1)}؛ معنی دار بوده و بین اعداد صفر و منفی یک بوده و برابر با رقم۰/۶۴- بدست آمده است. این عدد بیانگر این مطلب است که در هر دوره ۰/۶۴ از عدم تعادل کوتاه مدت برای رسیدن به تعادل بلند مدت تعدیل می‌شود.

فصل ششم

جمع بندی و نتایج تحقیق

۶-۱- مقدمه

در این پژوهش سعی شد که با انتخاب یک تکنولوژی تولید انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایداربا استفاده از روش MCDM برای سه معیار اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی مورد ارزیابی قرار گیرد و ملاحظه شود که کدام یک از انرژی ها برای اجرای فعالیت در جامعه آماری ایران بهترین عملکرد را دارد. درانجام این مطالعه از آمار و اطلاعات خام موجود در پرسشنامه ها توسط افراد خبره گردآوری و استفاده شد. همچنین مدل ارائه شده دراین پژوهش استفادهازروش تحلیل سلسله مراتبیFAHP، استفاده ازروش آنتروپی شانون برای وزن‌دهی شاخص ها (معیارها)، استفاده از تکنیک ویکور و همچنین استفاده از الگوی خود توضیح برداری(VAR) به منظور رابطه علیت مثبت و معنا دار بین متغیرهای اقتصادی و انرژهای تجدید پذیر بودکه و با استفاده از نرم افزار Matlab و Eviews مورد ارزیابی وبرآورد قرار گرفت.

۶-۱-۱- ضرورت توجه ویژه به انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

با توجه به اینکه کشور ایران از لحاظ گستره جغرافیایی و تنوع محیط در بخش انرژی های خورشیدی، بادی و زمین گرمایی یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌گردد لذا تولید هر یک از آنها می تواندرجهت کاهش مصرف سوختهای فسیلی موثر باشد. پس نیاز کشور ایران به انرژی های تجدید پذیر بسیار مهم می باشد. استفاده از انرژی زمین گرمایی که از طریق حفر چاه‌های عمیق و پمپاژ آب داغ یا بخار داغ داخل زمین به سطح زمین تولید شده، وبرای گرم کردن خانه ها و تولید الکتریسیته استفاده می‌شود. انرژی باد،که انرژی‌های ناشی از جزر و مد دریا بستر بسیار مناسب می باشد و در خصوص انرژی خورشیدی نیز با توجه به اینکه خورشید بزرگترین و تنها منبع تامین کننده انرژی کره زمین می باشد و انرژی صادره از آن به صور مختلف و به منظور تامین انرژی مورد نیاز سوختهای غیرفسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد لذا با استفاده از سیستمهای فتوولتائیک بطور مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می شود پس سهولت در دسترسی به انرژی الکتریکی حاصل از برق خورشیدی یکی‌از کاربردهای آن می باشد که در مجموع استفاده از انواع انرژی‌ها در کشور توصیه می شود. برای

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با توجه به مشکلات و راهکارهای مطروحه می‌توان این گونه مطرح نمود که دو اولویت زیر وجود دارد :

الف- واقعی نمودن قیمت‌های حامل‌های انرژی که امید می‌رود با اجرای کامل اصل ۴۴ قانون اساسی و طرح تحول اقتصادی و نزدیک شدن قیمت‌های سوخت فسیلی به ارزش واقعی خود این موضوع عملیاتی شود.

ب- ایجاد صندوق حمایت مالی از سوختهای تجدیدپذیرها توسط دولت که با اخذ عوارض برق سبز از محل افزایش قیمت فروش برق به مشترکین خانگی، عمومی و تجاری حتی به مبلغ ناچیزبه ازای هرکیلووات ساعت ومنبع مالی لازم برای ایجاد مشوق‌های مالی و ایجاد بستر و شرایط مناسب جهت توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور فراهم گردد. بنابراین تدوین استراتژی کلان ملی انرژی در کشور ضروری می باشد در این رابطه توان کنترل موارد تاثیرگذار از موارد اساسی چنین استراتژی می باشد.

۶-۲- خلاصه و جمع‌بندی پژوهش

انرژی های الکتریکی رویکردی می‌باشد که با استفاده از آن و ایجاد شرایط برای تولید آن در جامعه، دیدگاه‌های نوینی را برای پیشرفت جوامع مطرح می‌کند. دستاورد اصلی این پژوهش فراهم‌آوردن شرایطی برای انتخاب یک تکنولوژی انرژی الکتریکی با رویکرد توسعه پایدار به منظور صرفه جویی در زمینه های اقتصادی، اجتمایی و کاهش آلودگی های محیط زیستی و همچنین تعبیه قوانینی برای استفاده از این نوع انرژی می‌باشد. دراین تحقیق ابتدا یک پرسشنامه استاندارد به منظور تبدیل متغیر کیفی پذیرش اجتماعی به داده های کمی طراحی شد و پس از تایید آن توسط افراد خبره در کشور ایران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی FAHP گروهی وزن شاخص ها و پارامترهای این متغیر مشخص گردید سپس به روش آنتروپی شانون وزن کل هر کدام از زیرمعیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی مشخص شد. پس از مشخص کردن وزن آنها با استفاده از تکنیک ویکور رتبه بندی هر کدام از شاخص ها را انجام دادیم ومتوجه شدیم‌که از بین همه انرژی‌های الکتریکی انرژی خورشیدی

در جایگاه نخست و به عنوان بهترین گزینه مطرح می‌باشد سپس‌انرژی بادی وگازی به ترتیب جایگاه دوم وسوم و انرژی آبی و زمین گرمایی در رتبه چهارم وپنجم و در نهایت انرژی زغال سنگ رتبه آخر را به خود اختصاص داد که این نشان دهنده آن است که میزان فعالیت درانرژی زغال سنگ در ایران چندان صرفه اقتصادی ندارد و با توجه به افزایش گرمای زمین در آینده، فعالیت در انرژی خورشیدی در ایران عملکرد بهتری نسبت به سایر انرژی‌ها دارد و می‌تواند در جهت صرفه‌های اقتصادی، اجتماعی وهمچنین کاهش آلودگی ناشی ازاستفاده بیش‌تر ازسوخت‌های فسیلی مؤثر باشد و بستر مناسبی را برای میزان استفاده بهینه ازاین نوع انرژی‌ها درایران ایجاد نماید. همچنین در این نوع زمینه هم می‌توان بر روی انرژی بادی هم نگاه قابل توجهی کرد چون در برخی از مناطق ایران نظیرکرمانشاه، کردستان، خراسان شمالی، خراسان رضوی، جنوب آذربایجان غربی، شمال سمنان و ارتفاعات شرق تهران با وزش باد شدیدی همراه بوده است از این رو استفاده از این نوع انرژی در این مناطق هم می‌تواند کمک شایانی نسبت به آینده ایران در جهت صرفه های اقتصادی، اجتماعی و همچنین کاهش آلودگی ناشی از استفاده بیش از حد از سوخت های فسیلی را داشته باشد. از طرفی چون هدف دوم بررسی تاثیرسرمایه‌گذاری درتولید انرژی‌های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی در ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ است، برای تحلیل موضوع ازالگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون - جوسیلیوس والگوی تصحیح خطا استفاده شده است. نتایج نشان داد که در بلند مدت، متغیرهای نیروی کار، سرمایه گذاری انرژی در بخش خصوصی، تولید انرژی الکتریکی و مصرف سوخت فسیلی که به عنوان انرژی های تجدید پذیر محسوب می‌شوند تاثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی دارند. همچنین نتایج براساس ضریب جمله تصحیح خطا، حاکی از آن است که در هر دوره حدود ۰/۶۴از عدم تعادل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلند مدت، تعدیل می شود. ازطرفی دیگرمیزان بهای تمام شده انرژی های‌تجدید پذیردر این مدت‌روند نزولی برخورداربوده است. از این رو انرژی های تجدید پذیر برای کشورهایی‌که جهت دستیابی به این منابع برنامه و راهبردهایی داشته اند و از حمایت ها و سیاست‌گذاری های مناسب دولت برخوردار بوده‌اند می‌تواندپیشرفت چشم‌گیری را داشته باشد. پس می‌توان‌گفت‌که، این منابع انرژی ها موجب تشویق

درسرمایه گذاری در انجام تحقیقات گسترده و همچنین دستیابی به فن آوری های جدید جهانی هم بوده است.

در تعبیه قوانین به این نتایج رسیدیم که راه درست مقابله با اشتباهات رخ داده ناشی ازعدم آگاهی از کاربردهای این نوع انرژی های الکتریکی این است که بتوان مشخص نمود با توجه به میزان شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور ابتدا کدام یک از انواع انرژی ها عملکرد بهتری دارد و پس از مشخص نمودن این نوع انرژی بتوان تعیین کرد که کدام یک از مناطق ایران در استفاده از این نوع انرژی قابلیت بهره برداری بهتری دارد تا با کمترین هزینه بهترین عملکرد را در سیستم اجرا نمود. در این راستا نوع تفکر مدیران و اپراتورهای خبره و توانایی آن‌ها در ترسیم نمای کلی سیستم می‌تواند چاره گشا باشد و با تکیه بر تفکر پویای آن‌ها و ایجاد سیستمی انعطاف‌پذیر اثر مشکلات و محدودیت‌های کاری را کم‌رنگ کند و مسائل و مشکلات را بصورت ریشه‌ای مشخص و با استراتژی لازم این مناطق را شناسایی کرد تا بتوان نسبت به فعالیت این نوع انرژی‌ها(خورشیدی و بادی) با دیدگاه مطمئن تری کار را به اجرا درآوریم. بنابراین با تکیه براین نوع قوانین می‌توان جهت پیشرفت کشور نقش بسزایی را اعمال کنیم.

۶-۳- نتیجه گیری و ارائه توصیه‌های سیاسی

باتوجه محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گاز های گلخانه ای و مصرف این نوع از منابع ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی های تجدید پذیررا بر همگان روشن ساخته است. بدین ترتیب مطالعات گسترده ای در خصوص دستیابی به این نوع از منابع انرژی ها در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته صورت گرفته است. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین انرژی مورد نیاز اروپا در حدود ۸/۵ درصد می باشد. طبق برنامه تدوین شده در برخی از کشورها سهم برق تولیدی تجدیدپذیرها از میزان ۳/۶ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۱۲ درصد در سال ۲۰۰۶ رسیده است، هدف این کشورها افزایش این مقدار به ۲۷ درصد در سال ۲۰۲۰ و حداقل ۴۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ می‌باشد با تدوین سیاستگذاری در ایران پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۲۰ حداقل به ۱۵٪ برسد. پس با توجه

به مطالب بالا می‌توان گفت که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مختلفی را برای کشور به همراه دارد؛ و از آنجایکه مصرف سوخت‌های فسیلی با توجه به محدودیت تامین منابع انرژی در آینده نزدیک، براساس پیش‌بینی های به عمل آمده به اتمام می رسد این موضوع بسیار حائز اهمیت است. با گسترش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی، افزایش آلودگی محیط‌زیست ناشی از مصرف این منابع، موضوع‌گرم شدن هوا وآثار پدیده گلخانه‌ای، ریزش باران‌های-اسیدی و ضرورت متعادل‌کردن نشر دی اکسیدکربن، در مجموع لزوم صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و توجه به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر را امری اجتناب ناپذیر می‌نماید بطوریکه در برخی از کشورها با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش تولید برق، توانسته اند از انتشار بیش از ۱۰۰ میلیون تن گاز دی‌اکسیدکربن جلوگیری نموده که در کاهش آلاینده های محیط زیستی بسیار قابل اهمیت می باشدکه خود نمونه بارزی در استفاده از تکنولوژی‌های این‌گونه انرژی‌ها خواهد بود. همچنین توسعه استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر می‌تواند نقش به سزایی در افزایش درجه امنیت سیستم انرژی کشور (پدافند غیرعامل) را ایفا نماید؛ زیرا با استفاده از توسعه زیرساخت‌های منابع انرژی‌های تجدید پذیر به تنوع در منابع انرژی فعلی و تطبیق بیشتر با قوانین و موانع زیست‌محیطی، تنوع در تکنولوژی‌های تولید انرژی و کمک به حذف نقاط حساس در شبکه انتقال نیروگاه‌های برق، تاسیسات نفتی دست پیدا نمود همچنین توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند به امنیت ملی کشور نیز کمک نماید، زیرا با بررسی چشم‌انداز ۲۰ سال آینده ملاحظه می‌شود که بخش قابل توجهی از تولید ناخالص داخلی کشور از طریق صادرات حامل‌های انرژی فسیلی تأمین خواهد گردید از این رو با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان ضمن تولید انرژی؛ کمک به حفظ تداوم صادرات حامل‌های انرژی و حفاظت از منابع فسیلی برای نسل‌های آینده را نیز فراهم آورد. از طرفی دیگر با برخورداری از پتانسیل مطلوب و مناسب انرژی های تجدید پذیر درکشور، توسعه منطقی این منابع ارزشمند وخداداد موجه به نظر می‌رسد. چرا که از این طریق می‌توان در جهت اهداف توسعه پایدار گام برداشت. اما برای اینکه بتوان از فراوری های انرژی های تجدید پذیر استفاده کرد نیاز به سرمایه گذاری اولیه بالایی می‌باشد و دولت باید با همکاری

های بین المللی خود (بخصوص کمک های ویژه مجامع بین المللی در ارتباط با کشور های درحال توسعه) و حمایت از سرمایه گذاری بخش خصوصی و غیر دولتی مشارکت خود را نسبت به انرژی های نو در عرضه انرژی مهیا سازد. چرا که این امر باعث صرفه جویی سرمایه ملی، کاهش هزینه در بلند مدت، افزایش تولید ناخالص داخلی، افزایش درآمد ملی، ایجاد فرصت های شغلی و همچنین نگه داری از محیط زیست را به همراه می‌آورد. برنامه‌ریزی کوتاه مدت بر اساس الگوی تصمیم‌گیری اقتصادکنونی بزرگترین مانع در مقابل رشد انرژی های تجدید پذیر است. این انرژی ها ظاهرا به سرمایه گذاری اولیه بالایی نسبت به سوخت های فسیلی نیاز دارند درحالی‌که چون در طول کار نیاز به سوخت ندارند چندان به هزینه های جاری توجهی نمی‌شود. پس با توجه به یافته های حاصله و نتایج بدست آمده از پژوهش، موارد زیر را می‌توان به عنوان پیشنهاد و توصیه های سیاستی برای کشورهایی چون ایران درنظر گرفت:

۱- حذف تدریجی یارانه انرژی فسیلی، درآمد حاصل برای تامین مالی پروژه تولید انرژی با منابع تجدیدپذیر سوق داده شود. همچنین، تشویق بخش خصوصی جهت سرمایه‌گذاری در توسعه این نوع انرژی‌ها با حمایت از جانب بانک‌ها در ایران توصیه می‌شود.

۲- با توجه به فراوانی منابع انرژی های تجدیدپذیر در ایران، تنوع آب وهوایی و وسعت جغرافیایی زیاد و از آنجا که میزان استفاده از انرژی های تجدید پذیردرکشور تنها در بخش تولید انرژی برق ازاین نوع انرژی ها، تا حدودی استفاده شده است، توصیه سیاسی این است که سرمایه گذاری در توسعه واحدهای تولیدی برق، باد، خورشید و زیست توده صورت گیرد.

۳- در ایران انرژی الکتریکی یکی ازبهترین انرژی تولید شده با استفاده از منابع تجدیدپذیر است که این نوع انرژی بر اساس واحدهای تولیدی بادی و آبی تشکیل می‌شود ازاین رو با سرمایه گذاری نسبت به افزایش سطح تولید برق با این واحدهای تولیدی می‌توان سهم استفاده از انرژی های تجدیدپذیر را افزایش داد.

بنابراین برای حمایت از توسعه انرژی های پاک و به تبع آن کاهش آلودگی های زیست محیطی دراثر تولید و مصرف انرژی، بانک های توسعه همه جانبه، می‌توانند با تامین مالی و حمایت های

تکنولوژیکی خود به منظور سرعت بخشیدن به توسعه این نوع انرژی ها وافزایش راندمان آنها کمک شایانی دراین امر ایجاد نمایند.

۶-۴- محدودیت اجرای طرح

مهمترین محدودیت اجرای طرح، عدم همکاری بعضی از مسئولان خبره در پاسخ گویی به مسائل پرسشنامه بود.

پیوست‌ها

پرسشنامه

پرسشنامه های پر شده توسط افراد خبره برای معیارکیفی پذیرش اجتماعی

جدول (الف) تعریف اعداد فازی و معکوس این اعداد (برای انجام مقایسات زوجی) در پرسشنامه

ترجیح یکسان	۱	(۱,۱,۱)	۱	(۱,۱,۱)
ترجیح بین ۱ و۳	۲	(۱,۲,۳)	۰.۵	(۰.۳۳,۰.۵,۱)
ترجیح متوسط	۳	(۲,۳,۴)	۰.۳۳	(۰.۲۵,۰.۳۳,۰.۵)
ترجیح بین ۳ و۵	۴	(۳,۴۵)	۰.۲۵	(۰.۲,۰.۲۵,۰.۳۳)
ترجیح ضروری	۵	(۴,۵,۶)	۰.۲	(۰.۱۶,۰.۲,۰.۲۵)
ترجیح بین ۵ و۷	۶	(۵,۶,۷)	۰.۱۶	(۰.۱۴,۰.۱۶,۰.۲)
ترجیح حیاتی	۷	(۶,۷,۸)	۰.۱۴	(۰.۱۲۵,۰.۱۴,۰.۱۶)
ترجیح بین ۷ و۹	۸	(۷,۸,۹)	۰.۱۲۵	(۰.۱۱,۰.۱۲۵,۰.۱۴)
ترجیح بسیار حیاتی	۹	(۸,۹,۱۰)	۰.۱۱	(۰.۱,۰.۱۱,۰.۱۲۵)

مأخذ: یافته های محقق

جدول (ب) پرسشنامه‌ی اول مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامتر های اندازه گیری شده توسط خبره ها

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پذیرشاجتماعی
بادی A2									×									خورشیدی A1
آبی A3			×															خورشیدی A1
زمین گرمایی A4		×																خورشیدی A1
زغال سنگ A5	×																	خورشیدی A1
گاز A6								×										خورشیدی A1
آبی A3				×														بادی A2
زمین گرمایی A4			×															بادی A2
زغال سنگ A5	×																	بادی A2
گاز A6						×												بادی A2
زمین گرمایی A4								×										آبی A3
زغال سنگ A5					×													آبی A3
گاز A6														×				آبی A3
زغال سنگ A5								×										زمین گرمایی A4
گاز A6														×				زمین گرمایی A4

مأخذ: یافته های محقق

جدول (پ) پرسشنامه‌ی دوم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامتر های اندازه گیری شده توسط خبره ها

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پذیرش اجتماعی
بادی A2											×							خورشیدی A1
آبی A3					×													خورشیدی A1
زمین گرمایی A4		×																خورشیدی A1
زغال سنگ A5	×																	خورشیدی A1
گاز A6									×									خورشیدی A1
آبی A3			×															بادی A2
زمین گرمایی A4					×													بادی A2
زغال سنگ A5	×																	بادی A2
گاز A6							×											بادی A2
زمین گرمایی A4									×									آبی A3
زغال سنگ A5				×														آبی A3
گاز A6												×						آبی A3
زغال سنگ A5						×												زمین گرمایی A4
گاز A6													×					زمین گرمایی A4

مأخذ: یافته های محقق

جدول (ت) پرسشنامه‌ی سوم مربوط به معیار پذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامتر های اندازه گیری شده توسط خبره ها

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	پذیرش اجتماعی
بادی A2											×							خورشیدی A1
آبی A3		×																خورشیدی A1
زمین گرمایی A4		×																خورشیدی A1
زغال سنگ A5	×																	خورشیدی A1
گاز A6						×												خورشیدی A1
آبی A3			×															بادی A2
زمین گرمایی A4		×																بادی A2

زغال سنگ A5																	×	بادی A2
گاز A6																×		بادی A2
زمین گرمایی A4															×			آبی A3
زغال سنگ A5														×				آبی A3
گاز A6																		آبی A3
زغال سنگ A5									×									زمین گرمایی A4
گاز A6															×			زمین گرمایی A4

مأخذ: یافته های محقق

جدول (ث) پرسشنامه‌ی چهارم مربوط به معیارپذیرش اجتماعی و گزینه‌های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها

9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-پذیرش اجتماعی
										×							خورشیدی A1	بادی A2
×																	خورشیدی A1	آبی A3
×																	خورشیدی A1	زمین گرمایی A4
×																	خورشیدی A1	زغال سنگ A5
					×												خورشیدی A1	گاز A6
		×															بادی A2	آبی A3
×																	بادی A2	زمین گرمایی A4
×																	بادی A2	زغال سنگ A5
						×											بادی A2	گاز A6
						×											آبی A3	زمین گرمایی A4
			×														آبی A3	زغال سنگ A5
														×			آبی A3	گاز A6
								×									زمین گرمایی A4	زغال سنگ A5
														×			زمین گرمایی A4	گاز A6

مأخذ: یافته های محقق

جدول (ج) پرسشنامه‌ی پنجم مربوط به معیارپذیرش اجتماعی و گزینه های مربوط به پارامترهای اندازه گیری شده توسط خبره ها

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
بادی A2										×								خورشیدی 1A پذیرش اجتماعی
آبی A3		×																خورشیدی A1
زمین گرمایی A4	×																	خورشیدی A1
زغال سنگ A5	×																	خورشیدی A1
گاز A6							×											خورشیدی A1
آبی A3		×																بادی A2
زمین گرمایی A4	×																	بادی A2
زغال سنگ A5	×																	بادی A2
گاز A6				×														بادی A2
زمین گرمایی A4								×										آبی A3
زغال سنگ A5					×													آبی A3
گاز A6												×						آبی A3
زغال سنگ A5									×									زمین گرمایی A4
گاز A6																×		زمین گرمایی A4

مأخذ: یافته های محقق

جداول خروجی از نرم افزارهای Matlab و Eviews

خروجی نرم افزار برای رتبه بندی Q براساس تکنیک ویکور (VIKOR)

**********Q**********

Rank1 Alter5 Q = 0.11325

Rank2 Alter4 Q = 0.32292

Rank3 Alter3 Q = 0.53567

Rank4 Alter6 Q = 0.72538

Rank5 Alter2 Q = 0.85205

Rank6 Alter1 Q = 0.88569

**********S**********

Rank1 Alter5 S = 1.4333

Rank2 Alter4 S = 1.5578

Rank3 Alter3 S = 1.649

Rank4 Alter6 S = 2.2677

Rank5 Alter2 S = 2.0402

Rank6 Alter1 S = 2.5575

**********R**********

Rank1 Alter5 R = 0.213

Rank2 Alter3 R = 0.31271

Rank3 Alter4 R = 0.655

Rank4 Alter6 R = 0.67683

Rank5 Alter2 R = 0.76417

Rank6 Alter1 R = 0.786

خروجی نرم افزار برای آنالیزحساسیت رتبه بندی Q براساس تکنیک ویکور (VIKOR) نسبت به مقادیر مختلف وزن‌دهی

**********Q**********

Rank1 Alter4 Q = 0.12458

Rank2 Alter5 Q = 0.23425

Rank3 Alter3 Q = 0.59256

Rank4 Alter6 Q = 0.75235

Rank5 Alter1 Q = 0.80156

Rank6 Alter2 Q = 0.82568

**********S**********

Rank1 Alter4 S = 1.4823

Rank2 Alter5 S = 1.5412

Rank3 Alter3 S = 1.5825

Rank4 Alter1 S = 2.1420

Rank5 Alter6 S = 2.2523

Rank6 Alter2 S = 3.5265

**********R**********

Rank1 Alter4 R = 0.12345

Rank2 Alter3 R = 0.36521

Rank3 Alter5 R = 0.59262

Rank4 Alter6 R = 0.63256

Rank5 Alter1 R = 0.72356

Rank6 Alter2 R = 0.74526

خروجی نرم افزار برای آزمون ریشه واحد متغیرها:

Null Hypothesis: D(GDP) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.379611	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.632900	
	5% level	-2.948404	
	10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(GDP,2)
Method: Least Squares
Date: 12/15/18 Time: 18:43
Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(GDP(-1))	-0.882427	0.164032	-5.379611	0.0000
C	1.09E+14	4.56E+13	2.385817	0.0229

R-squared	0.967228	Mean dependent var	-8.97E+12
Adjusted R-squared	0.451084	S.D. dependent var	3.19E+14
S.E. of regression	2.37E+14	Akaike info criterion	69.08778
Sum squared resid	1.85E+30	Schwarz criterion	69.17666
Log likelihood	-1207.036	Hannan-Quinn criter.	69.11846
F-statistic	28.94021	Durbin-Watson stat	2.006917
Prob(F-statistic)	0.000006		

Null Hypothesis: D(LAFO) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.561480	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.632900	
	5% level	-2.948404	
	10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(LAFO,2)
Method: Least Squares
Date: 12/15/18 Time: 18:47

Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LAFO(-1))	-1.166384	0.154253	-7.561480	0.0000
C	796755.8	185142.7	4.303468	0.0001

R-squared	0.834049	Mean dependent var	62213.60
Adjusted R-squared	0.622959	S.D. dependent var	1518538.
S.E. of regression	932437.5	Akaike info criterion	30.38444
Sum squared resid	2.87E+13	Schwarz criterion	30.47331
Log likelihood	-529.7276	Hannan-Quinn criter.	30.41512
F-statistic	57.17599	Durbin-Watson stat	1.800984
Prob(F-statistic)	0.000000		

Null Hypothesis: D(IEPP) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-3.500473	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.632900	
	5% level	-2.948404	
	10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(IEPP,2)
Method: Least Squares
Date: 12/15/18 Time: 18:48
Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(IEPP(-1))	-1.122389	0.172663	-6.500473	0.0000
C	30961635	22379271	1.383496	0.1758

R-squared	0.661498	Mean dependent var	657142.9
Adjusted R-squared	0.548210	S.D. dependent var	1.93E+08
S.E. of regression	1.29E+08	Akaike info criterion	40.25160
Sum squared resid	5.53E+17	Schwarz criterion	40.34047
Log likelihood	-702.4030	Hannan-Quinn criter.	40.28228
F-statistic	42.25615	Durbin-Watson stat	2.009880
Prob(F-statistic)	0.000000		

Null Hypothesis: D(EPRS) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 6 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	2.645746	0.0074

Test critical values:	1% level	-3.632900
	5% level	-2.948404
	10% level	-2.612874

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(EPRS,2)
Method: Least Squares
Date: 12/15/18 Time: 18:50
Sample (adjusted): 1368 1396
Included observations: 29 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(EPRS(-1))	0.296718	0.489840	0.605746	0.0000
C	6088122.	7132060.	0.853627	0.4029

R-squared	0.565157	Mean dependent var	-1715517.
Adjusted R-squared	0.953543	S.D. dependent var	1.31E+08
S.E. of regression	28184586	Akaike info criterion	37.37540
Sum squared resid	1.67E+16	Schwarz criterion	37.75258
Log likelihood	-533.9433	Hannan-Quinn criter.	37.49353
F-statistic	83.10173	Durbin-Watson stat	2.401234
Prob(F-statistic)	0.000074		

Null Hypothesis: D(FFEC) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=9)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-2.797858	0.0004
Test critical values:	1% level	-3.632900	
	5% level	-2.948404	
	10% level	-2.612874	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(FFEC,2)
Method: Least Squares
Date: 12/15/18 Time: 18:56
Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(FFEC(-1))	-0.944052	0.196765	-4.797858	0.0000
C	0.039377	0.042799	0.920050	0.3642

R-squared	0.410919	Mean dependent var	0.015155
Adjusted R-squared	0.393068	S.D. dependent var	0.322740
S.E. of regression	0.251434	Akaike info criterion	0.132170
Sum squared resid	2.086223	Schwarz criterion	0.221047

Log likelihood	-0.312975	Hannan-Quinn criter.	0.162850
F-statistic	23.01944	Durbin-Watson stat	1.676494
Prob(F-statistic)	0.000033		

خروجی نرم افزار برای آزمون جوهانسن - جوسیلیوس:

Date: 12/15/18 Time: 19:31
Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments
Trend assumption: Linear deterministic trend
Series: GDP LAFO IEPP EPRS FFEC
Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	1.000000	128.2911	69.81889	0.0000
At most 1 *	0.541193	53.45353	47.85613	0.0136
At most 2	0.361321	26.18416	29.79707	0.1233
At most 3	0.200519	10.49178	15.49471	0.2448
At most 4	0.073158	2.659032	3.841466	0.1030

Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	1.000000	122.9458	33.87687	0.0000
At most 1 *	0.541193	27.26937	27.58434	0.0448
At most 2	0.361321	15.69238	21.13162	0.2433
At most 3	0.200519	7.832749	14.26460	0.3959
At most 4	0.073158	2.659032	3.841466	0.1030

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level
**MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b'*S11*b=I):

GDP	LAFO	IEPP	EPRS	FFEC
4.95E-15	1.21E-22	6.00E-25	5.51E-24	1.01E-17
-1.26E-15	-2.96E-07	9.15E-09	-1.93E-08	-1.103987
1.16E-15	2.68E-07	2.99E-09	1.12E-08	4.322941
1.08E-15	8.82E-09	1.48E-10	1.92E-08	0.131059
4.18E-17	2.94E-07	3.63E-09	5.97E-09	1.183758

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(GDP)	2.02E+14	-0.105713	0.000977	-0.075256	-0.052246
D(LAFO)	-158725.6	458864.2	118338.7	-147908.2	75130.27
D(IEPP)	7497291.	-36117601	41858798	-28420343	1065541.

D(EPRS)	19626013	17612532	-2219213.	-3151717.	-9045925.
D(FFEC)	-0.024229	-0.055196	-0.076179	-0.063633	-0.008689

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -2463.084

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

GDP	LAFO	IEPP	EPRS	FFEC
1.000000	2.88E-08	-2.17E-10	1.41E-09	-0.028457
	(0.28308)	(0.00564)	(0.01598)	(2551650)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(GDP)	-1.000000
	(2.8E-09)
D(LAFO)	7.86E-10
	(7.5E-10)
D(IEPP)	-3.71E-08
	(1.0E-07)
D(EPRS)	-9.72E-08
	(4.0E-08)
D(FFEC)	1.20E-16
	(2.0E-16)

2 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -2449.450

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

GDP	LAFO	IEPP	EPRS	FFEC
1.000000	0.000000	6.72E-10	-4.68E-10	-0.135810
		(0.00556)	(0.01523)	(2488111)
0.000000	1.000000	-0.030911	0.065283	3731165.
		(0.00583)	(0.01598)	(2610626)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(GDP)	-1.000000	1.02E-08
	(2.9E-09)	(0.16888)
D(LAFO)	1.36E-09	-0.135770
	(6.2E-10)	(0.03617)
D(IEPP)	-8.26E-08	10.68657
	(9.8E-08)	(5.69394)
D(EPRS)	-7.51E-08	-5.211242
	(3.7E-08)	(2.16432)
D(FFEC)	5.05E-17	1.63E-08
	(2.0E-16)	(1.1E-08)

3 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -2441.603

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

GDP	LAFO	IEPP	EPRS	FFEC
1.000000	0.000000	0.000000	1.24E-09	0.181651
			(0.01258)	(2279223)
0.000000	1.000000	0.000000	-0.013278	-10862137
			(0.01585)	(2871897)
0.000000	0.000000	1.000000	-2.541494	-4.72E+08
			(0.59042)	(1.1E+08)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(GDP)	-1.000000	1.11E-08	-1.07E-09
	(3.0E-09)	(0.22789)	(0.00549)

D(LAFO)	1.23E-09	-0.167493	0.003843	
	(6.3E-10)	(0.04796)	(0.00116)	
D(IEPP)	-1.31E-07	-0.534511	-0.455456	
	(9.2E-08)	(6.97771)	(0.16816)	
D(EPRS)	-7.25E-08	-4.616338	0.167721	
	(3.8E-08)	(2.91552)	(0.07026)	
D(FFEC)	1.39E-16	3.68E-08	-2.77E-10	
	(1.9E-16)	(1.4E-08)	(3.4E-10)	

4 Cointegrating Equation(s): Log likelihood -2437.687

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

GDP	LAFO	IEPP	EPRS	FFEC
1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.201386
				(1976634)
0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	-11073256
				(2685504)
0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	-5.13E+08
				(2.1E+08)
0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	-15899394
				(7.1E+07)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(GDP)	-1.000000	2.21E-09	-9.39E-10	2.73E-09
	(3.1E-09)	(0.22794)	(0.00549)	(0.01679)
D(LAFO)	1.07E-09	-0.168798	0.003821	-0.004709
	(6.2E-10)	(0.04660)	(0.00112)	(0.00343)
D(IEPP)	-1.62E-07	-0.785177	-0.459669	1.709284
	(8.9E-08)	(6.62881)	(0.15974)	(0.48814)
D(EPRS)	-7.59E-08	-4.644136	0.167253	-0.304563
	(3.9E-08)	(2.90615)	(0.07003)	(0.21400)
D(FFEC)	6.97E-17	3.62E-08	-2.87E-10	1.44E-09
	(1.8E-16)	(1.3E-08)	(3.2E-10)	(9.8E-10)

خروجی نرم افزار برای نتایج آزمون الگوی تصحیح خطا (VECM)

Vector Error Correction Estimates
Date: 12/15/18 Time: 20:33
Sample (adjusted): 1362 1396
Included observations: 35 after adjustments
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1
GDP(-1)	1.000000
LAFO(-1)	-0.91E+08
	(0.2E+07)
	[-6.30242]
IEPP(-1)	0.995974
	(0.85590)
	[4.57358]
EPRS(-1)	-1.631535
	(0.50323)

	[-3.75037]			
FFEC(-1)	1.087954			
	(0.85816)			
	[1.66777]			
C	1.50E+15			

Error Correction:	D(GDP)	D(LAFO)	D(IEPP)	D(EPRS)
CointEq1	-0.026006	4.47E-10	-1.80E-08	1.38E-09
	(0.03109)	(9.3E-11)	(1.5E-08)	(8.0E-09)
	[-1.83660]	[4.82700]	[-1.50596]	[1.77184]
D(GDP(-1))	0.340125	-8.37E-10	-2.00E-07	-6.46E-08
	(0.22135)	(6.6E-10)	(1.1E-07)	(5.7E-08)
	[1.53660]	[-1.66922]	[-1.88679]	[-1.52780]
D(LAFO(-1))	0.767422	-0.368029	-30.62533	-7.309388
	(4.6E+07)	(0.13777)	(2.21724)	(1.19650)
	[1.63063]	[-2.67132]	[-1.38123]	[-1.61090]
D(IEPP(-1))	0.162823	-0.001569	-0.069884	-0.139877
	(0.43607)	(0.00102)	(0.16470)	(0.08888)
	[1.51151]	[-1.53355]	[-1.52430]	[-1.57380]
D(EPRS(-1))	-1.115116	0.004039	0.496661	-0.406612
	(0.55266)	(0.00255)	(0.40995)	(0.22123)
	[-1.80382]	[1.58562]	[1.21150]	[-1.83800]
D(FFEC(-1))	0.228994	3390369.	78642778	0.369089
	(0.34126)	(0.2E+08)	(0.2E+07)	(0.21121)
	[1.67103]	[2.01567]	[2.42907]	[1.74748]
C	0.0213	34494699	87300808	0.018436
	(0.02313)	(0.08E+7)	(0.02E+7)	(0.07621)
	[3.21992]	[2.44187]	[7.47327]	[2.24192]
R-squared	0.916804	0.842606	0.859960	0.670381
Adj. R-squared	-0.868305	-0.753724	0.782160	0.487260
Sum sq. resids	1.077096	4.33E+17	9.69E+15	0.412591
S.E. equation	0.845944	2.19E+08	32820063	0.214111
F-statistic	9.78275	8.589385	11.05347	3.660857
Log likelihood	-1.530717	-305.5439	-277.0511	5.666030
Akaike AIC	1.004096	41.53919	37.74015	0.044529
Schwarz SC	1.287316	41.82241	38.02337	0.327749
Mean dependent	0.079400	47666667	50000000	0.023133
S.D. dependent	0.313421	1.90E+08	70318662	0.299013

Determinant resid covariance (dof adj.)	7.28E+28
Determinant resid covariance	9.44E+27
Log likelihood	-568.2448
Akaike information criterion	79.49931
Schwarz criterion	80.82101

مراجع

مراجع داخلی:

اردکانیان، ر. (۱۳۹۵)" ضرورت توسعه انرژی های تجدیدپذیر"، **سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق**، شماره۵.

امامی میبدی، ع.، قاسمی، ع. ر.، و گلچین فر، ع .ر.(۱۳۸۸)" عوامل موثر بر قیمت گاز مصرفی در بخش خانگی کشور"،**فصلنامه پژوهش ها وسیاست های اقتصادی**،شماره ۵۲(۳)،۹۴-۶۹.

الهی، ش.، غریبی، ج.، مجید پور،م.، و انواری رستمی، ع. ا (۱۳۹۴)"مسیر اشاعه فناوریهای انرژیهای تجدیدپذیر"**رویکرد نظری سازی بنیادی، مدیریت نوآوری**، سال چهارم،شماره ۲.صص۵۶-۳۳.

امامی،ک.، و اکبری م. (۱۳۹۵)"بررسی تأثیر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب در راستای حصول اهداف توسعه‌پایدار"،**پایداری، توسعه و محیط زیست**، شماره۱(۲)، ۵۰-۴۱.

بریمانی، م.، وکعبی نژادیان، ع. (۱۳۸۷)"انرژی های تجدید پذیر و توسعه پایداردر ایران"،**دوفصلنامه علمی-تخصصی انرژی های تجدیدپذیرونو**،شماره۱(۵)۶-۱.

برنهارت، گ. ا.، و دیگران، ترجمه ضیایی، ک. (۱۳۸۴)" انرژی"، **سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج ک شاورزی**، شماره ۳۳۹۱۰-۸۴(۵) جلد اول و دوم ۲۲۰-۲۰۰.

بهبودی، د، محمدزاده، ژ.، و جبرائیلی، سودا. (۱۳۸۸) "بررسی رابطه مصرف انرژی و تولید ناخالص داخلی در کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته"، **فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی**، شماره۲۳.صص ۲۲-۱.

پورسیستانی، م.، پورسیستانی، پ.، و پورسیستانی پ. (۱۳۹۲) " بررسی کاربرد سیستم های فتوولتائیک در استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی در ساختمان ها" ،**سومین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی**، شماره ۵(۳)، ۱۰-۲.

شفیع زاده، م.،ع.(۱۳۸۶)" توسعه فناوری‌های سازگار با محیط زیست"،**دفتر برنامه ریزی کلان برق وانرژی،معاونت امور برق وانرژی**، وزارت نیرو، شماره ۲۴.

شهبازی، ک.، اصغرپور، ح.، ومحرم زاده، ک.، (۱۳۹۱)"تاثیر مصرف فرآورده های نفتی بر رشد اقتصادی در استان های کشور"، **فصلنامه مدل سازی اقتصادی**، سال ششم،شماره۱(۱)،۴۴-۲۵.

عمیق، م. (۱۳۷۸) " انرژی های بازگشت ناپذیرانرژی بازگشت ناپذیر"، **انتشارات رسالت قلم**، شماره۵(۲۵)،۷-۲.

عطائی، م. (۱۳۸۹)" شاخص تصمیم گیری چند معیاره"،**انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود**، چاپ سوم، شاهرود، شماره۲. صص۵۵.

عابدی، م.، رحمانی دی.، مهسا و زاهدیان، ر. (۱۳۹۴)"ارتباط میان انتشارگاز CO_2، انرژیهای تجدیدپذیر، انرژی فسیلی و رشد اقتصادی در ایران"،**سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی،** شماره۵.صص۱۰-۱.

فروغی، د. (۱۳۷۵)"انرژی برای جهان فردا"،**شورای جهانی انرژی**، تهران،شماره۳(۲)،۳۵۴-۳۳۴.

فطرس، م. ح.، آقا زاده، ا.، وجبرائیلی، س. (۱۳۹۰)"تاثیر ر شد اقت صادی بر م صرف انرژی تجدید پذیرمقایسه تطبیقی کشور های منتخب عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه و غیرعضو(شامل ایران)"، **فصلنامه پژوهش ها و سیاست های اقتصادی**، سال نوزدهم،شماره۶۰.صص۹۸-۸۱.

فیلسوف کاخکی، م. (۱۳۹۶)"بررسی رابطه ی بین مصرف انرژی های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی: مطالعه موردی ایران"،**دومین کنفرانس بین المللی و آنلاین اقتصاد سبز**، شماره۲.صص ۱۳-۱.

قدسی پور، س. ،ح. (۱۳۸۹)"مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره، برنامه ریزی چند هدفه(روش های وزن دهی بعد از حل)"،**انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر**، چاپ سوم، تهران، شماره۵. صص۴۶.

کاظمی، ع.، مهر گان، م، ر.، و شکوری گنجوی، ح. (۱۳۹۴)" تخصیص بهینهٔ منابع انرژی در ایران با رویکرد هدفمندکردن یارانه‌ها"،**نشریه مدیریت صنعتی**، شماره ۷(۳)، ۵۸۶-۵۶۳.

ملکی، ر. (۱۳۸۳)"بررسی رابطه علیت بین مصرف انرژی وتولید داخلی درایران"،**پایان نامه کار شنا سی ار شد**، دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی.

مزرعتی، م. (۱۳۷۸)"مقایسه عملکردپیش بینی مدلهای BVAR و VAR تقاضای حاملهای انرژی در ایران"،**ر ساله دکتری**، دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.

مهرآرا، م، ابریشمی، ح.، و سبحانیان، س. م. ه. (۱۳۹۰) "اثرات غیرخطی رشد اقتصادی بر رشد مصرف انرژی در کشورهای عضو اوپک و کشورهای بریک با استفاده از روش حد آستانه"، **فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران**، سال شانزدهم، شماره۴۹. صص۲۰۴-۱۷۷.

مهرنوش، ع. (۱۳۹۳)"تاثیر م صرف انرژیهای تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر ر شد اقت صادی ک شورهای منتخب سازمان همکاری های اقتصادی و توسعه"،**پایان نامه کارشناسی ارشد**. دانشگاه آزاد.

مبینی، ح.، و یزدانی چمزینی،ع. ر. (۱۳۹۳)" ارائه یک روش جدید برای اولویت بندی استراتژی های سرمایه گذاری در بخش خصوصی ایران"، **فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گزاری**،شماره۱۱(۳)،۲۸۹-۲۵۹.

همایونی فر، م. ادیبیان، م. ص.،گرجی پور، م. ج.، ومهاجری، م. (۱۳۹۲) "انرژی خورشیدی، فرصت‌ها و چالش ها " دومین همایش ملی انرژی های نو و پاک،شماره ۱۰(۵)،۱۲-۲.

یزدان داد، ح.و محمدزاده، ن. (۱۳۹۱) "مزایای محیط زیستی و اقتصادی انرژی های تجدید پذیردر مقایسه با تجدیدناپذیر"دومین کنفرانس بین المللی سالانه انرژی پاک،شماره۱(۱)،۳-۱.

یزدی، م. (۱۳۸۸) "زغالسنگ (از منشا تا اثرات زیست محیطی)" جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر، شماره ۵(۴) چاپ دوم ۱۱۰-۹۵.

مراجع خارجی

Atmaca, E., & Basra, H. B. (2012). Evaluation of power plants in Turkey using Analytic Network Process (ANP). **Energy**, 44(1), 555-563.

Arnette, A., Zobel, Ch. (2011) The role of public policy in optimizing renewableenergy development in the greater southern Appalachian mountains; **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Vol. 15: 3690-3702.

Arnette, A., & Zobel, C. W. (2012). An optimization model for regional renewable energy development. ***Renewable and sustainable energy reviews***, *16*(7), 4606-4615.

Alam, M. S., & Gao, D. W. (2007, May). Modeling and analysis of a wind/PV/fuel cell hybrid power system in HOMER. In Industrial Electronics and Applications, 2007. ICIEA 2007. **2nd IEEE Conference on** (pp. 1594-1599). IEEE.

Apergis, N. and Payne, J.E. (2012), "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model", **Energy Economics**, Vol. 34, Issue 3, PP.733–738.

Apergis, N. & Payne, J.E. (2016). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption-Growth Nexus: Evidence from a Panel Error Correction Model, **Energy Economics**, Vol. 36, Issue 2, PP.715–725.

Adams, S., Klobodu, E. K. M., & Apio, A. (2018). Renewable and non-renewable energy, regime type and economic growth. ***Renewable Energy***, *125*, 755-767.

Adu, G. (2012), "Studies on Economic Growth and Inflation ", **Acta Universitatis agricalturae Sueciae** (1652-6880), Vol. 14, pp. 1-26.

Bergmann, A. E., Colombo, S., & Hanley, N. (2007, April). The social–environmental impacts of renewable energy expansion in Scotland. In 81st annual conference of the Agricultural Economics Society, **University of Reading, Reading, UK**.

Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. **Applied Energy**, 162, 733-741.

Binh, P. T. (2011) Energy Consumptionand Economic Growth in Vietnam: Threshold Cointegration and Causality Analysis, International **Journal of Energy Economics and Policy**, 1(1), 1-17.

Berndt, E. R. & Wood, D.O. (1975). Technology, Prices and the Derived Demand for Energy, **Review of Economics and Statistics**, No. 57. 259-268.

Brookes, L. G. (2017), Energy Efficiency Fallacies Revisited, **EnergyPolicy**, 28 (6-7), 355-366.

Celli, G., & Pilo, F. (2001, May). Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks. In Power Industry Computer Applications, 2001. PICA 2001. Innovative Computing for Power-Electric Energy Meets the Market. **22 nd IEEE Power Engineering Society International Conference on** (pp. 81-86). IEEE.

Caiado, Rodrigo Goyannes Gusmão, et al. "Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency-A systematic literature review." **Journal of Cleaner Production** 165 (2017): 890-904.

CAI, Y.P.; Huang, G.H.; Ten, Q. & Yang, Z.F. (2009) Planning of communityscale renewable energy management systems in a mixed stochastic and fuzzy environment; **Renewable energy**, Vol. 34: 1833-47.

Costantini, V., and Martini, C. (2017), The Causality between Energy Consumption and Economic Growth: A multi-sectoral Analysis Using Nonstationary Cointegrated Panel Data, **Energy Economics**, 32(3), 591-603.

Demiroren, A., &, Yilmaz. U., "Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gokceada, Turkey: An island example, **"Renewable and Sustainable Energy Reviews** 14. 323-333, 2010.

Goldemberg, J. (2007). Ethanol for **a sustainable energy future. Science**, 315(5813), 808-810.

Gulliver, J. S., & Arndt, R. E. (1991). **Hydropower engineering handbook**: McGraw-Hill, Inc.

http://www.tavanir.org.ir/. "Report of minister of power electric to new energy and solar and wind energy organization in order to sell power to grid. "**Access time**, 2016.

Ishizaka, A. (2014). Comparison of fuzzy logic, AHP, FAHP and hybrid fuzzy AHP for new supplier selection and its performance analysis. **International Journal of Integrated Supply Management,** 9(1/2), 1-22.

Ito, K. (2017).CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. **International Economics,** 151, 1-6.

International Energy Agency, International Energy Statistics. 2014, Available from : **⟨http://ww w.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm⟩**

Jafari S., Dhegihan, A., T., (2007). An Application of a Dynamic Optimization Model for the Natural Gas for Optimization of Iran Revenues from Natural Gas Reserves. Iranian **Journal of Economic Research,** 30, 165-192. (In Persian)

Koo, J.; Han, K. & Yoon, E. (2012) Integration of CCS, emissions trading and volatilities of fuel prices into sustainable energy planning, and its robusto ptimization; Renewable and Sustainable **Energy Reviews**, Vol. 15: 66572.

Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A., & Le Traon, Y. (2016). A state-of the-art survey & testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. ***Expert Systems with Applications,*** *65*, 398-422.

Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision-making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, *69*, 596-609.

Li, Y. F., Li, Y. P., Huang, G. H., & Chen, X. (2010). Energy and environmental systems planning under uncertainty—an inexact fuzzy-stochastic programming approach. **Applied Energy**, 87(10), 3189-3211.

Lin, Q.G. & Huang, G.H. (2009) A dynamic inexact energy systems planning model for supporting greenhouse-gas emission management and sustainable renewable energy development under uncertainty: a case study for the City of Waterloo, Canada; **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** Vol. 13:1836-53.

Lee, S., Speight, J. G., & Loyalka, S. K. (2014). **Handbook of alternative fuel technologies**: crc Press**.**

Lee, H. C., & Chang, C. T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, *92*, 883-896.

Mahajan, B. (2012). Negative environment impact of Solar Energy, **Environmental Science and Policy**, Vol. 52: 1-5.

Muis, Z.A.; Hashim, H.; Manan, Z.A.; Taha, F.M & Douglas, P.L. (2010) Optimal planning of renewable energy-integrated electricity generation schemes withCO2 reduction target; **Renewable Energy**, Vol. 35: 2562-70.

Marneni, A., Kulkarni, A. D., & Ananthapadmanabha, T. (2015). Loss reduction and voltage profile improvement in a rural distribution feeder using solar photovoltaic generation and rural distribution feeder optimization using HOMER. ***Procedia Technology***, *21*, 507-513.

Millon, T. (1999). **Oxford Text Book of Psychopathology,** Oxford University Press, New York.

Mehrara, M. (2007), "Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Oil Exporting Countries"**, Energy Policy,** Vol. 35, PP. 2939-2945.

Maji, I.K. (2015), "Does Clean Energy Contribute to Economic Growth? Evidence from Nigeria,**" Energy Reports,** Vol. 1, PP. 145–150.

New Energy and Industrial Technology Development Organization **(NDEO)**, Japan.

Omri, A., and Chaibi, N. (2014), Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth in Developed and Developing Countries: A Modelling Analysis from Simultaneous-Equation Models, **Ipag Business School, and Working Paper** 2014-188.

Ohlan, Ramphul (2016), "Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth in India"**, Energy Sources,** Vol. 11, Issue.11, PP.1050-1054.

Perobelli, F.S. and Oliveira, C.C.C.De. (2013),"Energy Development Potential: An Analysis of Brazil"**, Energy Policy,** Vol. 59, PP. 683-701.

Pohekar, S., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. **Renewable and sustainable energy reviews,** 8(4), 365-381.

Roper, LD. "Future world energy", Available from: **⟨http://www.roperld. Com /science / energy future.htm⟩,** 2012.

Report Energy Organization of Iran**, www.suna.org,** 1738-orig summer 2016.

Rohani, A. Kulkarni. K. and nanthapadmanabh. A., "Distribution Feeder using Solar Photovoltaic Generation and Rural Distribution Feeder Optimization using HOMER,"**SMART GRID Technologies Procedia Technology** 21. 507-513, 2015.

Report Energy Organization of Iran**, www.suna.org,** 1737-oring summer 2016.

Shen, Lixin, Kamalakanta Muduli, and Akhilesh Barve. "Developing a sustainable development framework in the context of mining industries: AHP approach." **Resources Policy** 46 (2015): 15-26.

Stefanakos, E. "Optimization and life-cycle cost of health clinic PV system for a rural area in southern Iran,**" Renewable energy** 84.710-714, 2010.

Saaty, T.L., (1980). The Analytical Hierarchy Process. **McGraw-Hill,** New York, NY.

Stern, D. I. Lin, C. F. & C. J. Cleveland (1993), "Energy Use and Economic Growth in the USA, A Multivariate Approach"**, Energy Economics,** No. 15, PP. 137 -150.

Stern, D.I. & Cleveland, C.J. (2016). **Energy and Economic Growt**, Rensselaer **Working Papers in Economics** 0410.

Salim, R. A., Hassan, K., & Shafiei, S. (2014), Renewable and Nonrenewable Energy Consumption and Economic Activities: Further Evidence from OECD Countries, **Energy Economics,** 44(C), 350-360.

Tzeng, G.-h., Shiau, T.-A., & Lin, C.-Y. (1992). Application of multicriteria decision making to the evaluation of new energy system development in Taiwan. **Energy**, 17(10), 983-992.

Topcu, Y. I., & Ulengin, F. (2004). Energy for the future: **An integrated decision aid for the case of Turkey. Energy**, 29(1), 137-154.

Tsoutsos, T., Drandaki, M., Frantzeskaki, N., Iosifidis, E., & Kiosses, I. (2009). Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. **Energy Policy,** 37(5), 1587-1600.

UNISCO.1997.Educating for a sustainable future. Thessanloniki: **UNISCO/the Government of Greece**.

Yoo, S. H., & Jung, K. O. (2005). Nuclear energy consumption and economic growth in Korea. ***Progress in Nuclear Energy,*** *46*(2), 101-109.

Werle, M. J., & Presz, W. M. (2008). Ducted wind/water turbines and propellers revisited. **Journal of Propulsion and Power,** 24(5), 1146-1150.

Wreathall, J. (2017). Properties of resilient organizations: **an initial view. In *Resilience Engineering*** (pp. 275-285). CRC Press.

Xydis, G. & Koroneos, C. (2012) A linear programming approach for the optimalplanning of a future energy system- potential contribution of energy recoveryfrom municipal solid wastes; **Renewable and Sustainable Energy Reviews,**Vol. 16: 369-78.

Vezmar, S., Spajić, A., Topić, D., Šljivac, D., & Jozsa, L. (2014). Positive and Negative Impacts of Renewable Energy Sources. ***International journal of electrical and computer engineering systems***, *5*(2), 47-55.

Sustainable Selection of electricity production technologies by using a Multiple-criteria decision-making (MCDM) approach: (a case study of Iran)

Abstract:

The purpose of this research is evaluation of electricity generating technologies toward environmental, social and economic goals to help economic policy makers for decreasing the cost and reducing environmental pollution like radiation and also helping them for social development. In order to Iran's economic improvement by using Multiple-criteria decision-making (MCDM) method and presenting a new and monolithic modelling of electricity principles, the Group FAHP methods, Shannon's entropy, VIKOR method and Vector Auto Regression model (VAR), Johansen-Jussilius method and error correction pattern, are used. The preferences and principles of each criteria will identify and evaluate according to Iran's community needs in processes of electricity generation. The results show that solar energy due to VIKOR's ranking is in first place by 0/88 of confidence level, then the energy of wind energy, gas, water, geothermal and coal is ranking in Second, third, fourth, fifth and sixth . Using coal energy in Iran has no economic profit but solar energy on the other hand is more useful than other energies for economic and social efficiencies due to global warming. It also might reduce the pollution of fossil fuels and makes a proper substrate for these energies' optimization in Iran.Also; results based on Vector Auto Regression show that GDP, private energy investments, electric power generation and fossil fuel consumption, as renewable energies are significant. Has a positive and significant effect on the economic growth in Iran.And since the Vector Auto Regression model examines the positive correlation between variables, the relationship between the use of renewable energy and economic impact, which affect by each other in Iran cannot reject.

Keywords: Technology choosing, Electricity, Sustainable development, VIKOR index, Vector Auto Regression.

JEL: O47 ،O22 ،O21 ،C02

Shahrood University of Technology

Faculty of Industrial Engineering & Management

MSC Theseis Strings economic trends economic systems planning

Sustainable Selection of electricity production technologies by using a Multiple-criteria decision-making (MCDM) approach: (a case study of Iran)

By:

Ebrahim Ghaed

Supervisors:

Dr. Ali Dehghani

Dr. Mohammad Fattahy

January 2019