دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت کسب و کار

عنوان:

اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی

اساتید راهنما:

دکتر مجتبی میرلوحی

دکتر محمدحسین احمدی

استاد مشاور:

دکتر مجید عامری

نگارش:

محمد مهدی میرزایی حسینی

شهریور ۱۳۹۹

شماره: ۱۴-۹۸-۶۸۸۵
تاریخ: ۹۹/۶/۲۹

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 خانم / آقای میرزایی حسینی محمدمهدی با شماره دانشجویی ۹۶۱۴۷۷۴ رشته و گرایش: مدیریت کسب و کار- مالی تحت عنوان اولویت بندی منابع انرژی های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تاکید بر شرایط اقلیمی که در تاریخ ۹۹-۰۶-۱۵ با 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 سید مجتبی میرلوحی		
۲- استادراهنمای دوم	دکتر محمد حسین احمدی		
۳- استاد مشاور	مجید عامری		
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر حسن لطفی		
۵- استاد ممتحن اول	دکتر محمد فتاحی		
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر مجتبی غیاثی		

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

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 آنان که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی ام است

به استوارترین تکیه گاهم دستان پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگیم چشمان پر عطوفت مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم قطره ای از دریای بی کران مهربانی تان را سپاس نتوانم بگویم. امروز، هستی ام به امید شما و فردا کلید باغ بهشتم رضای شماست. چیزی گران سنگ تر از این ندارم تا به خاک پایتان نثار کنم. باشد که حاصل تلاشم نسیم گونه غبار خستگی تان را بزداید.

بوسه بر دستان پر مهرتان.

تعهدنامه

اینجانب محمد مهدی میرزایی حسینی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت کسب و کار دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی تحت راهنمایی آقایان دکتر مجتبی میرلوحی و دکتر محمدحسین احمدی متعهد می‌شوم:

- تحقیقات در این رساله توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققین دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در این رساله 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 صنعتی شاهرود است و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی رساله تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج شده از رساله رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این رساله، 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، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود است. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در این رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

این تحقیق با هدف اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی صورت گرفته است. در این مطالعه موردی، عملکرد ۵ منبع انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی برق آبی، انرژی زیست توده و انرژی زمین گرمایی براساس ۲۳ معیار در سه منطقه بیابانی، معتدل و کوهستانی بررسی شده است. برای وزن‌دهی به معیارها از روش CRITIC[۱] و برای اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر از روش‌های ARAS[۲] و WASPAS[۳] استفاده گردیده و درنهایت، نتایج محاسبات این دو روش باهم مقایسه شده‌اند تا از صحت نتایج، اطمینان حاصل گردد. براساس نتایج به دست آمده این دو روش، در مناطق بیابانی، انرژی خورشیدی بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است، در مناطق کوهستانی، انرژی بادی بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است و در مناطق معتدل، انرژی خورشیدی، بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است.

واژگان کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی برق آبی، انرژی زیست توده، انرژی زمین گرمایی، مناطق بیابانی، مناطق معتدل، تصمیم‌گیری چندمعیاره

---

[۱] روش CRITIC مخفف CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation است که اهمیت معیارها مبتنی بر همبستگی درونی معیارها است. این روش توسط دبرا و کاندوس (۲۰۱۰) معرفی شده است.

[۲] روش ARAS یکی از روشهای تصمیم گیری چند معیاره است که در سال ۲۰۱۰ توسط آقای زاوادسکاس و ترکسیس معرفی شد. واژه ARAS مخفف جمله Additive Ratio Assessment به معنی ارزیابی نسبت جمعی می باشد.

[۳] روش WASPAS مخفف Weighted Aggregated Sum Product Assessment است که یکی از روشهای نوین تصمیم گیری چند شاخصه است. که در سال ۲۰۱۲ توسط آقای زاوادسکاس و همکاران در پژوهشی معرفی شد. این روش ترکیبی از دو مدل WSM(مدل مجموع وزنی) و WPM (مدل ضرب وزنی) می باشد. این روش دارای دقت بیشتر در مقایسه با روشهای مستقل است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول کلیات تحقیق ۱
مقدمه ۲
۱-۱- بیان مسئله ۲
۱-۲- اهمیت و ضرورت تحقیق ۳
۱-۳- اهداف تحقیق ۴
۱-۳-۱-هدف اصلی ۴
۱-۳-۲-اهداف فرعی ۴
۱-۴-جنبه نوآوری و جدید بودن تحقیق ۴
۱-۵- تعریف مفهومی متغیرها ۵
فصل دوم مبانی نظری و پیشینه پژوهش ۷
۲-۱- مقدمه ۸
۲-۲-انرژی و اهمیت آن ۹
۲-۳-مصرف انرژی ۱۵
۲-۴-انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۷
۲-۴-۱-تعریف انرژی تجدید پذیر ۱۷
۲-۴-۲-انرژی تجدیدپذیر و توسعه پایدار ۲۰
۲-۵-منابع انرژی تجدیدپذیر ۲۳
۲-۵-۱-انرژی باد ۲۳
۲-۵-۲-انرژی آب ۲۵
۲-۵-۳-انرژی زمین گرمایی ۲۹
۲-۵-۴-انرژی جزر و مد دریا ۳۱
۲-۵-۵-انرژی زیست توده ۳۲
۲-۵-۶-انرژی خورشیدی ۳۴
۲-۶- توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ۳۵
۲-۷-تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر اقتصاد ۳۷
۲-۸-چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ۴۱
۲-۹-تصمیم‌گیری چندمعیاره ۴۵
۲-۱۰-پیشینه تحقیق ۴۹
۲-۱۰-۱-مطالعات خارجی ۴۹
۲-۱۰-۲-مطالعات داخلی ۵۳

۲-۱۱- استخراج معیارها و زیرمعیارها ۵۷
۲-۱۲- خلاصه فصل ۵۸
فصل سوم روش تحقیق ۶۱
۳-۱- مقدمه ۶۲
۳-۲- روش و الگوریتم اجرای تحقیق ۶۲
۳-۴- جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری ۶۳
۳-۵- روش و ابزار گردآوری اطلاعات ۶۴
۳-۶- روائی ابزار گردآوری داده‌ها ۶۴
۳-۷- روشهای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ۶۷
۳-۷-۱- روش CRITIC ۶۷
۳-۷-۲- روش ARAS ۶۹
۳-۷-۳- تکنیک WASPAS ۷۱
فصل چهارم تجزیه‌و تحلیل داده‌ها ۷۵
۴-۱- مقدمه ۷۶
۴-۲- تشکیل ماتریس تصمیم ۷۶
۴-۳- تعیین وزن معیارهای ارزیابی منابع ۸۰
۴-۴- اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش WASPAS ۸۵
۴-۵- اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش ARAS ۹۱
فصل پنجم خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۰۱
۵-۱- مقدمه ۱۰۲
۵-۲- خلاصه پژوهش ۱۰۲
۵-۳- نتایج پژوهش و بحث ۱۰۳
۵-۴- پیشنهادهای پژوهشی ۱۰۷
۵-۴-۱- پیشنهادهای کاربردی ۱۰۷
۵-۴-۲- پیشنهادهایی به پژوهشگران دیگر ۱۰۸
۵-۵- محدودیت‌های پژوهش ۱۰۹
منابع ۱۱۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- منابع مهم انرژی تجدیدپذیر و قالب‌های کاربردی آنها (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۶) ۱۸
جدول ۲-۲- ظرفیت نیروگاه‌های بادی نصب شده در ایران تا انتهای سال ۱۳۹۶ ..... ۲۵
جدول ۲-۳-معیارها و شاخص‌های مورد توجه در رتبه بندی منابع انرژی تجدیدپذیر (کولاک و همکاران، ۲۰۱۷).. ۵۷
جدول ۳-۱- نتایج نسبت روایی محتوایی شاخص‌های پژوهش ۶۵
جدول ۴-۱- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق بیابانی) ۷۷
جدول ۴-۲- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق کوهستانی) ۷۷
جدول ۴-۳- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق معتدل) ۷۸
جدول ۴-۴- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق بیابانی) ۸۰
جدول ۴-۵- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق کوهستانی) ۸۱
جدول ۴-۶- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق معتدل) ۸۱
جدول ۴-۷- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق بیابانی) ۸۳
جدول ۴-۸- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق کوهستانی) ۸۴
جدول ۴-۹- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق معتدل) ۸۴
جدول ۴-۱۰- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق بیابانی) ۸۶
جدول ۴-۱۱- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی) ۸۶
جدول ۴-۱۲- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل) ۸۷
جدول ۴-۱۳- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی) ۸۹
جدول ۴-۱۴- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی) ۹۰
جدول ۴-۱۵- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل) ۹۰
جدول ۴-۱۶- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق بیابانی) ۹۱
جدول ۴-۱۷- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی) ۹۲
جدول ۴-۱۸- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل) ۹۳
جدول ۴-۱۹- ماتریس تصمیم نرمال موزون (مناطق بیابانی) ۹۴
جدول ۴-۲۰- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی) ۹۵
جدول ۴-۲۱- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل) ۹۶
جدول ۴-۲۲- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی) ۹۷
جدول ۴-۲۳- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی) ۹۸
جدول ۴-۲۴- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل) ۹۹
جدول ۵-۱- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق بیابانی) ۱۰۳
جدول ۵-۲- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق کوهستانی) ۱۰۴
جدول ۵-۳- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق معتدل) ۱۰۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱-مصرف جهانی ذغال‌سنگ از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۳۵ (قدسی و بابالو، ۱۳۹۴)..... ۱۴
شکل ۳-۱- الگوریتم اجرای تحقیق..... ۶۳
شکل ۴-۱- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)..... ۸۹
شکل ۴-۲- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)..... ۹۰
شکل ۴-۳- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)..... ۹۱
شکل ۴-۴- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)..... ۹۸
شکل ۴-۵- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)..... ۹۹
شکل ۴-۶- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)..... ۹۹

پیشگفتار

انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و تمام‌نشدنی هستند و سودمندی‌های فراوانی ازجمله رایگان بودن و فراوان بودن نسبت به سوخت‌های فسیلی معمول دارند. به هر حال، انرژی‌های تجدیدپذیر محدودیت‌های ظرفیتی دارند که به دلیل متغیر بودن شدت نور خورشید و متغیر بودن قدرت باد است؛ مخصوصاً قیمت برق تولیدی توسط انرژی‌های تجدیدپذیر بالاتر از سوخت‌های فسیلی امروزی است. مدیریت زیرساخت نیز یک موضوع مهم در توسعه انرژی‌های تجدید پذیر است. در بسیاری از موارد، تصمیم‌گیری‌های مدیریت زیرساخت، عدم قطعیت و معیارهای مختلف و گیج‌کننده را در بر دارد که می‌تواند حل این مشکل را حتی سخت‌تر کند، بنابراین این تحقیق برای اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدید پذیر در ایران از روش‌های CRITIC، ARAS و WASPAS استفاده می‌کند.

سرمایه‌گذاران انرژی‌های تجدیدپذیر باید بین تکنولوژی‌های مختلف با ساختارهای هزینه‌ای و عدم قطعیت‌های تولید متفاوت تصمیم‌گیری کنند. برای آن‌ها در درجه اول اهمیت است که موردی را انتخاب کنند که برایشان بهترین بازده برای درجه مشخصی از ریسک را داشته باشد؛ اما یک تصمیم‌گیری درست در میان چندین انتخاب، کار آسانی نیست. سرمایه‌گذاری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به ابعادی ازجمله اقتصادی، زیست‌محیطی و جنبه‌های فنی بسیار بستگی دارد، بنابراین توسعه ابزارهایی که تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران را حمایت کنند، بسیار ضروری است. هدف این پژوهش، کمک به سرمایه‌گذاران جهت انتخاب بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر در هر اقلیم بیابانی، معتدل و کوهستانی است.

با توجه به این‌که در تحقیقات انجام شده در ایران، معیارهای محدودی در نظر گرفته شده است، در این تحقیق سعی شده معیارها به صورت کامل و جامعی انتخاب شود و سپس از فیلتر تأیید متخصصین عبور کند. برای وزن دادن به معیارها از روش CRITIC و برای اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر از روش‌های ARAS و WASPAS استفاده شده است که دقت بالاتری نسبت

به روش‌های انجام شده در ایران دارند. در این پژوهش، مناطق اقلیمی بیابانی، کوهستانی و معتدل در نظر گرفته شده‌اند و بهترین منبع انرژی نو در هر منطقه پیشنهاد شده است که باعث پیشنهادهای دقیق‌تری در هر منطقه آب و هوایی می‌گردد.

فصل اول

کلیات تحقیق

مقدمه

مسئله اصلی این پژوهش، اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی است. در این فصل، طرح کلی از پژوهش ارائه شده است؛ بدین صورت که ابتدا به تشریح بیان مسئله پژوهش پرداخته شده، پس‌ازآن، ضرورت انجام پژوهش ارائه گردیده است. هدف از انجام پژوهش مبحث دیگری است که در این فصل به آن پرداخته شده است و در ادامه سؤالات، اهداف، جنبه نوآوری پژوهش و تعاریف مفهومی و عملیاتی متغیرهای پژوهش ذکر گردیده است.

۱-۱- بیان مسئله

انرژی نقش بسیار مهمی در توسعه اقتصادی کشور دارد و یک عامل ضروری در زندگی انسان است (کیورافان و همکاران[1]، ۲۰۱۲). اما مصرف زیاد سوخت‌های فسیلی باعث مشکلات جدی زیست‌محیطی می‌شود؛ ازجمله افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای که باعث گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی می‌شود (ترایی و همکاران[2]، ۲۰۱۲). بیشتر کشورها در حال گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر یا انرژی‌های پایدار هستند تا از عهده بحران‌های زیست‌محیطی برآیند (شن و همکاران[3]، ۲۰۱۱). از مذاکرات پروتکل کیوتو در سال ۱۹۹۷ تا کنفرانس تغییرات آب و هوایی در پایان سال ۲۰۱۵، بسیاری از کشورها از تهدید بزرگ تغییرات آب و هوایی آگاه هستند و در حال تلاش برای کاهش کربن و توسعه اقتصاد سبز در کشورشان می‌باشند؛ بنابراین انتقال از منابع فسیلی به انرژی‌های پاک یک مشکل مهم برای بسیاری از کشورهاست. ایران ازجمله کشورهایی است که بخش اعظم انرژی‌های آن را سوخت‌های فسیلی تشکیل می‌دهد. حتی دولت ایران با مشوق‌هایی برق تولیدی از انرژی‌های پاک را می‌خرد تا مشوقی برای سرمایه‌گذاران این بخش باشد. بر اساس آمار گزارش شده از REN21 شبکه سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر در قرن ۲۱ در سال ۲۰۱۵، ظرفیت نصب

[1] Keyuraphan S, Thanarak P, Ketjoy N, Rakwichian W
[2] Trappey AJC, Trappey CV, Lin GYP, Chang YS
[3] Shen YC, Chou CJ, Lin GT

شده از انرژی‌های تجدیدپذیر ۱۸۴۹ گیگاوات بوده و کل سرمایه‌گذاری انجام شده در این بخش نزدیک به ۳۰۰ بیلیون دلار آمریکا در جهان است. سهم تأمین انرژی‌های پاک به ۲۳/۷ درصد رسیده[1] و میانگین رشد سالانه ۵/۹ درصد است. به علاوه، آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر تخمین زد که به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۵، ۵ درصد افزایش پیدا کرده و به ۸/۱ میلیون رسیده است (آژانس بین‌المللی انرژی، ۲۰۱۶[2]). این آژانس همچنین پیش‌بینی می‌کند که انرژی‌های تجدیدپذیر ۴۰ درصد انرژی‌های جهان را تا سال ۲۰۳۰ به دلیل کاهش هزینه‌های فنی‌شان تشکیل خواهد داد. انرژی‌های تجدیدپذیر پاک و تمام‌نشدنی هستند و سودمندی‌های فراوانی ازجمله رایگان بودن و فراوان بودن نسبت به سوخت‌های فسیلی معمول دارند. به هر حال، انرژی‌های تجدیدپذیر محدودیت‌های ظرفیتی دارند که به دلیل متغیر بودن شدت نور خورشید و متغیر بودن قدرت باد است. مخصوصاً قیمت برق تولیدی توسط انرژی‌های تجدیدپذیر بالاتر از سوخت‌های فسیلی امروزه است. به علاوه مدیریت زیرساخت یک موضوع مهم در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است. در بسیاری از موارد، تصمیم‌گیری‌های مدیریت زیرساخت، عدم قطعیت، معیارهای مختلف و گیج‌کننده را در بر دارد. این می‌تواند حل آن مشکل را حتی سخت‌تر کند؛ بنابراین این تحقیق برای اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران یک مدل MCDM ارائه می‌دهد، با در نظر گرفتن همزمان جنبه‌های اقتصادی، فنی، زیست‌محیطی و اجتماعی. این مدل به سرمایه‌گذاران اجازه می‌دهد بهترین منبع انرژی نو برای سرمایه‌گذاری را انتخاب کنند.

۱-۲- اهمیت و ضرورت تحقیق

سرمایه‌گذاران انرژی‌های تجدیدپذیر باید بین تکنولوژی‌های مختلف با ساختارهای هزینه‌ای و عدم قطعیت‌های تولید متفاوت تصمیم‌گیری کنند. برای آن‌ها در درجه اول اهمیت است که موردی را انتخاب کنند که برایشان بهترین بازده برای درجه مشخصی از ریسک را داشته باشد. اما یک

[1] REN21
[2] International Energy Agency (IEA).

تصمیم‌گیری درست در میان چندین انتخاب کار آسانی نیست. سرمایه‌گذاری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر به ابعادی ازجمله اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و جنبه‌های فنی بسیار بستگی دارد. بنابراین توسعه ابزارهایی که تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران را حمایت کنند بسیار ضروری است. هدف این تحقیق، ایجاد یک مدل برای تسهیل تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی است.

۱-۳- اهداف تحقیق

۱-۳-۱-هدف اصلی

هدف این تحقیق، کمک به سرمایه‌گذاران و همچنین دولت ایران است تا بهترین منابع انرژی تجدیدپذیر را در ایران و در هر منطقه آب و هوایی انتخاب و اجرا کنند.

۱-۳-۲-اهداف فرعی

۱. شناسایی معیارهایی برای ارزش‌گذاری منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران؛
۲. اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با توجه به معیارهای انتخاب شده با توجه به تفکیک مناطق آب و هوایی (بیابانی، کوهستانی و معتدل)؛

۱-۴-جنبه نوآوری و جدید بودن تحقیق

با توجه به این‌که در تحقیقات انجام شده در ایران، معیارهای محدودی در نظر گرفته شده است، در این تحقیق سعی شده این معیارها به صورت کامل و جامعه انتخاب شوند. همچنین برای وزن دادن به معیارها و اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر، از روش‌های CRITIC، WASPAS و ARAS استفاده شده است که دقت بالاتری نسبت به روش‌های انجام شده در ایران دارد. در این پژوهش، مناطق اقلیمی بیابانی، کوهستانی و معتدل در نظر گرفته شده و بهترین منبع انرژی نو در هر

منطقه پیشنهاد گردیده است که درنهایت، پیشنهادهای دقیق‌تری را در هر منطقه آب و هوایی در پی خواهد داشت.

۱-۵- تعریف مفهومی[1] متغیرها

تعریف مفهومی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر

انرژی‌های تجدیدپذیر که انرژی برگشت‌پذیر نیز نامیده می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن نوع انرژی، بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آمده یا به عبارتی منابعی هستند که پس از مصرف به راحتی جایگزین می‌شوند.

[1] Conceptual definition

فصل دوم

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مقدمه

انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های توسعه و از عوامل اصلی تولید می‌باشد؛ بنابراین، تأمین امنیت انرژی در برنامه‌های توسعه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. با این وجود، مصرف سرانه انرژی در کشورهای نفتی به ویژه کشور ایران بالا بوده و جستجوی راهکارهای کنترل مصرف بی‌رویه در این کشورها به یکی از دغدغه‌های اصلی سیاست‌گذاران این کشورها تبدیل شده است تا از این طریق علاوه بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و حفظ محیط‌زیست، تأمین امنیت انرژی نیز مدنظر قرار گیرد. کشور ایران از لحاظ منابع مختلف انرژی یکی از غنی‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌گردد؛ چراکه از یک‌سو دارای منابع گسترده سوخت‌های فسیلی و تجدید ناپذیر نظیر نفت و گاز است و از سوی دیگر دارای پتانسیل فراوان انرژی‌های تجدید پذیر ازجمله باد می‌باشد. انواع منابع انرژی در سه دسته انرژی‌های سنتی فسیلی، هسته‌ای و نوین تجدیدپذیر دسته‌بندی می‌شوند و ویژگی بارز انرژی‌های تجدیدپذیر ازجمله انرژی‌های خورشیدی و بادی، تجدید پذیری منابع این انرژی‌هاست. عمده‌ترین دلایل گرایش به انرژی‌های تجدید پذیر را کمک به حل مشکلات زیست‌محیطی می‌دانند. بدون تردید انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به سادگی فنّاوری‌شان در مقابل فنّاوری انرژی هسته‌ای از یک طرف و نیز به دلیل عدم ایجاد مشکلاتی نظیر زباله‌های اتمی از طرف دیگر نقش مهمی در سیستم‌های جدید انرژی در جهان ایفا می‌کنند. سیستم‌های جدید انرژی در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشد که در آن منابع انرژی بدون کربن نظیر انرژی خورشیدی و بادی و زمین گرمایی و کربن خنثی مانند انرژی بیوماس مورد استفاده قرار می‌گیرند (دهقان، ۱۳۹۵).

سناریوی فعلی برنامه‌ریزی انرژی دارای اهداف، تعاریف و معیارهای متعدد است که دستیابی به سیستمی با درکی از پایداری را مشکل می‌سازد؛ بنابراین، یک سیستم برنامه‌ریزی مناسب، که ابعاد ضروری سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را شامل شود، برای غلبه بر افزایش تقاضای انرژی با چشم‌انداز توسعه پایدار، ضروری است. به منظور حل چنین مشکلات پیچیده‌ای در رابطه با برنامه‌ریزی انرژی، تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، یکی از ابزارهای بهتر برای برنامه‌ریزی

کارآمد انرژی است. MCDM اساساً از پژوهش عملیات شامل طیف وسیعی از روش‌ها نشأت می‌گیرد، با این وجود دارای اساس منطقی شگفت‌آوری است (دستک و همکاران[1]، ۲۰۱۷).

این فصل از تحقیق به بررسی مبانی نظری و پیشینه تحقیق اختصاص داده شده است. در این فصل مفهوم انرژی و انواع اصلی آن شامل انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر مورد بحث قرار می‌گیرد و مثال‌هایی برای هر کدام از انرژی‌ها بیان می‌شود. همچنین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نیز توضیح داده می‌شوند. در پایان این فصل نیز تعدادی از مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور بیان می‌شود.

۲-۲-انرژی و اهمیت آن

انرژی توانایی انجام دادن کار است. انرژی می‌تواند چیزی را جابجا کند یا ماده‌ای را دگرگون کند. انرژی می-تواند به‌صورت‌های گرمایی، الکتریکی، شیمیایی، هسته‌ای، تابشی، جنبشی یا اندوخته‌ای (پتانسیل) باشد. انرژی هرگز نابود نمی‌شود، بلکه از صورتی به صورتی دیگر درمی‌آید. بسیاری از دستگاه‌هایی که برای آسان کردن کارها از آن‌ها بهره می‌گیریم، صورتی از انرژی را به صورتی دیگر درمی‌آورند. انرژی در همه چیز وجود دارد، بشر همواره کوشیده است که به منابع انرژی گوناگونی دست پیدا کند که همگی از خورشید سرچشمه می‌گیرند (شهنازی و همکاران، ۱۳۹۶).

سرمایه و نیروی کار اعم از متخصص و غیرمتخصص از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی هستند که در توابع رشد در نظر گرفته می‌شوند. در نظریه‌ها و مدل‌های جدید رشد اقتصادی، عامل انرژی نیز وارد مدل شده است، ولی اهمیت آن در مدل‌های مختلف یکسان نیست. در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها عامل و مهم‌ترین عامل رشد است. نیروی کار و سرمایه، عوامل واسطه‌ای هستند که برای به‌کارگیری به انرژی نیاز دارند. انرژی از طریق تأثیری که بر نیروی کار و سرمایه دارد، به‌طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی مؤثر است و مستقیماً اثری بر رشد اقتصادی ندارد. امروزه علاوه بر نهاده‌های کار و سرمایه، انرژی نیز به عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در بحث‌های

1 Destek et al.

اقتصادی مطرح است و تولید تابعی از نهاده‌های کار، سرمایه و انرژی در نظر گرفته می‌شود. همچنین فرض بر این است که بین میزان استفاده از نهاده‌ها و سطح تولید رابطه‌ای مستقیم وجود دارد. البته بایستی به این نکته توجه نمود که کشورهای صنعتی پیشرفته، کشورهای نوین صنعتی و کشورهای درحال‌توسعه، در ازای یک درصد رشد اقتصادی میزان مصرف انرژی متناسبی ندارند (وانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

در دهه‌های اخیر، انرژی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولید در اقتصاد جهان بوده است. با وجود تحولاتی که در سال‌های اخیر در ساختارهای تولیدی جوامع پیشرفته و توسعه‌یافته، مبنی بر پیشرفت‌های تکنولوژیکی و وابستگی کمتر به مواد خام و نهاده‌های اولیه، رخ داده است، بررسی نقش عامل انرژی در ترکیب و ساختار تولید جهانی بیانگر آن است که در سال‌های اخیر، رشد مصرف انرژی بیشتر از رشد تولید ناخالص داخلی می‌باشد و این مسئله، افزایش شدت انرژی طی سال‌های اخیر را نشان می‌دهد. از سوی دیگر مصرف انرژی تابع معکوسی از قیمت آن است و تغییر قیمت انرژی، اثری مهم در مصرف انرژی و در نتیجه در تولید ناخالص داخلی دارد (بکت[2] و همکاران، ۲۰۱۷). بحث انرژی و حامل‌های آن به عنوان یکی از عوامل اصلی در تداوم رشد کشورهای صنعتی و تولید اقتصادی اجتماعی سایر کشورها از اهمیت بسزایی برخوردار است. این موضوع در ایران به دلیل نقش محوری انرژی به ویژه سهم بالای درآمدهای حاصل از نفت خام و فراورده‌های آن در درآمد ملی و نیز سهم بالای یارانه‌های پرداختی به مصرف حامل‌های انرژی، مقدار و نحوه پرداخت آن به بخش‌های تحت پوشش و سایر مسائل مربوطه، طی چند سال اخیر مورد توجه سیاست‌گذاران و اقتصاددانان به منظور یافتن راهی بهتر برای منطقی کردن امر تخصیص یارانه‌ها بوده است؛ زیرا زیاد بودن حجم یارانه‌های پرداختی در زمینه انرژی، خود عامل مهمی در افزایش کسری بودجه دولت، افزایش نرخ مصرف بی‌رویه منابع انرژی، قاچاق حامل‌های انرژی،

[1] Wang
[2] Bekhet

محدود شدن منبع ارزی و توزیع ناعادلانه ثروت‌های ملی محسوب می‌گردد (آقایی و همکاران، ۱۳۹۴).

از سوی دیگر، پایین بودن قیمت انرژی در داخل کشور منجر به اقتصادی شدن روش‌ها و فنونی می‌گردد که اتلاف انرژی در آنها زیاد است. این امر منجر به افزایش شدت انرژی نسبت به بسیاری از دیگر کشورها شده است. شدت انرژی نشان می‌دهد که برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات چه میزان انرژی به مصرف رسیده است. کشور ایران به عنوان کشوری رو به رشد و برخوردار از منابع بزرگ نفت و گاز یکی از کشورهای مهم جهان در مبحث انرژی است؛ بنابراین، برنامه‌ریزی برای تولید و مصرف انرژی ازجمله کاهش شدت انرژی مصرفی بخش‌های اقتصادی کشور از اهمیت فراوانی برخوردار است. بر اساس آمارهای رسمی، ایران پس از ازبکستان، آذربایجان و قزاقستان دارای بالاترین شدت مصرف انرژی است و لازم است که با سیاست‌گذاری مناسب، به اصلاح روند در کشور پرداخته شود، که این امر مهم بر مبنای سیاست‌های دولت امکان‌پذیر می‌باشد (دهقان و همکاران، ۱۳۹۵).

گرچه عواملی مانند جایگزینی انرژی با سایر نهاده‌های تولیدی، بهبود فناوری‌های تغییر در ترکیب منابع انرژی و تغییر ترکیب کالاهای تولیدی می‌تواند تا اندازه زیادی موجب کاهش مصرف و کاهش شدت انرژی شده و در نتیجه موجب تضعیف رابطه رشد اقتصادی و مصرف انرژی گردد، اما به هر حال بایستی قبول کرد که این عوامل تنها تا حد معینی قادر هستند که وابستگی رشد اقتصادی به مصرف انرژی را کاهش دهند. در شرایطی که مصرف انرژی بر روی تولید تأثیر مثبتی داشته باشد، افزایش مصرف انرژی سبب رشد اقتصادی می‌شود، در این صورت باید در اجرای هرگونه سیاست قیمتی انرژی با احتیاط کامل عمل شود. کشور ایران دارای منابع عظیم انرژی است و انرژی نیز به صورت یکی از مهم‌ترین عوامل تولید در زیر بخش‌های اقتصادی مطرح می‌باشد و اعمال هرگونه سیاست قیمتی در رابطه با حامل‌های انرژی اثر مستقیمی بر تولید و رشد اقتصادی کشور خواهد داشت (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۶).

سوخت‌های فسیلی به ما گرما و روشنی می‌بخشند و خودروها، کشتی‌ها، قطارها و هواپیماها را به پیش می‌رانند. آن‌ها منبع انرژی بسیاری از کارخانه‌ها و نیروگاه‌های تولید برق نیز هستند. با این همه، سوخت‌های فسیلی باعث آلودگی هوا می‌شوند و آلودگی هوا به سلامت انسان و دیگر موجودات ساکن در کره زمین، آسیب‌های زیادی می‌رساند. سوخت‌های فسیلی باعث افزایش میزان دی‌اکسید کربن در هوا نیز می‌شوند که گرم شدن جهانی آب و هوا را به همراه داشته است. ازاین‌رو، در این چند ساله به صرفه‌جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی و بهره‌گیری از دیگر منابع انرژی بیش از پیش توجه شده است. انرژی‌های ناپایدار یا نو نشدنی (تجدید ناپذیر) به آن دسته از انرژی‌ها گفته می‌شود که پس از به‌کارگیری آن‌ها برای انجام کارها، دیگر نمی‌توانیم از آن‌ها بهره بگیریم درواقع بازگشت ناپذیرند. برای نمونه، هنگامی‌که سوخت در خودرو می‌سوزد، بخشی از آن برای جابجایی خودرو به کار می‌رود و بخش زیادی از آن به صورت گرما در طبیعت رها می‌شود؛ بنابراین، هرچند انرژی از بین نمی‌رود، انرژی که بتواند کار سودمندی انجام دهد، از دسترس ما دور می‌شود. انرژی نهفته در سوخت‌های فسیلی، یعنی نفت، گاز و زغال‌سنگ، از این دست است (شوبا[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

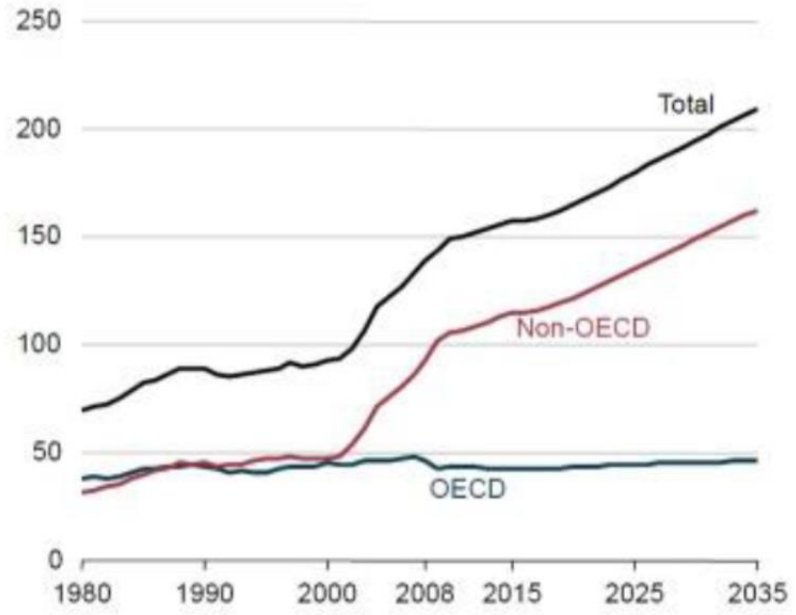
زغال‌سنگ نزدیک ۸۸ درصد سوخت‌های فسیلی جهان را تشکیل می‌دهد و برآورد می‌شود که ۱۱۲۰۰ میلیارد تن زغال‌سنگ در جهان وجود دارد. از این همه، تنها ۴ هزار تن را می‌توان برای انجام کار سودمند به‌کار گرفت، چراکه درصد کربن همه زغال‌سنگ‌ها یکسان نیست. زغال‌سنگ را می‌توان به‌عنوان سوخت به‌کار برد یا آن را به صورت کک درآورد که در صنعت ذوب‌آهن کاربرد زیادی دارد. نسبت جهانی ذخایر به تولید زغال‌سنگ ۱۳۴ است یا به عبارت دیگر میزان ذخایر زغال‌سنگ توانایی پوشش ۱۳۴ سال تولید زغال‌سنگ را دارد و این نسبت برای زغال‌سنگ بسیار بیشتر از نفت و گاز می‌باشد.

[1] Shuba

تولید جهانی زغال‌سنگ طی سنوات مورد بررسی معادل ۱۰۵ میلیون تن نفت یا ۲.۳ درصد افزایش یافته که بیشترین نرخ رشد از سال ۲۰۱۱ اتفاق افتاده است. تولیدات زغال‌سنگ معادل ۵۶ میلیون تن نفت در چین و معادل ۲۳ میلیون تن نفت در آمریکا افزایش یافته است. مصرف زغال‌سنگ نیز معادل ۲۵ میلیون تن نفت یا ۱٪ افزایش یافته و دلیل اصلی افزایش مصرف مربوط به کشور هند می‌باشد. تقاضا و مصرف زغال‌سنگ بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۱۶ کاهش یافته است. با توجه به اینکه زغال‌سنگ در بیش از ۵۰ کشور دنیا فراوانی دارد و معدن کاری می‌شود، این ماده می‌تواند تولید جهانی انرژی را تا حد زیادی بالا ببرد. درحالی‌که زغال‌سنگ در نقاط مختلف دنیا به‌وفور یافت می‌شود، دو منبع اصلی دیگر انرژی یعنی نفت و گاز در خاورمیانه و روسیه متمرکز شده است. زغال‌سنگ هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای درحال‌توسعه یافت می‌شود. نسبت به سایر منابع انرژی ارزان، ایمن و قابل‌اطمینان است. به علاوه براساس برآوردهای انجام شده، با احتساب میزان مصرف فعلی، ذخایر نفت جهان تا ۴۱ سال آینده و ذخایر گاز جهان تا ۶۳ سال آینده به اتمام می‌رسد؛ درحالی‌که ذخایر زغال‌سنگ تا ۱۴۷ سال آینده به پایان نمی‌رسد. با این همه و با توجه به این پیش زمینه، باید به این نکته توجه داشت که جهان نیازمند استفاده بیشتر از انرژی‌های جایگزین و تجدیدپذیر است و استفاده از انرژی هسته‌ای باید بیشتر شود. به هرحال محدودیت‌های طبیعی و قوانین بشری مانع تأمین نیاز انسان‌ها به انرژی از طریق انرژی هسته‌ای و مواد تجدیدپذیر می‌شود (بردبار، ۱۳۹۷).

در حال حاضر ۸۰ درصد از الکتریسیته جهان به وسیله سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود و تنها یک درصد از آن از طریق انرژی خورشیدی و انرژی بادی تولید می‌شود؛ بنابراین به نظر نمی‌رسد در آینده‌ای نزدیک ماده‌ای برای تولید الکتریسیته جایگزین زغال‌سنگ شود. سوخت‌های فسیلی تا سال ۲۰۵۰ بیش‌ترین میزان انرژی در جهان را تولید می‌کنند و نیاز جهان به نفت، گاز و زغال‌سنگ در سال ۲۰۵۰ نسبت به زمان فعلی بیشتر خواهد بود. سرمایه‌گذاری در استفاده از این سوخت‌ها همچنان افزایش می‌یابد و به امری ضروری تبدیل می‌شود، اما ما می‌توان از آنها به صورت تمیزتر و مؤثرتر

استفاده کرد. مصرف جهانی زغال‌سنگ از ۱۳۹ میلیارد تن در سال ۲۰۰۸ به ۲۰۹ میلیارد تن در سال ۲۰۳۵ حدود ۵۰٪ افزایش می‌یابد، نرخ رشد افزایش مصرف سالانه در کشورهای عضو OECD حدود ۵/۱٪ و در کشورهای غیر عضو ۱/۲٪ می‌باشد که رشد مجموع مصرف جهانی نیز حاصل همین رشد مصرف در کشورهای غیر عضو می‌باشد. در سال ۲۰۰۸، ۲۸٪ مصرف جهانی انرژی از محل زغال‌سنگ تأمین شده که ۶۰٪ آن به تولید انرژی الکتریکی و ۳۶ ٪ آن جهت استفاده در صنایع و مابقی آن به مصرف کنندگان بخش‌های مسکونی و تجاری اختصاص یافته است. پیش‌بینی حاکی از این است که سهم مصرف جهانی زغال‌سنگ به عنوان منبع انرژی به همین صورت باقی مانده و کاهش نسبی از ۲۹٪ در سال ۲۰۱۰ به ۲۷٪ در سال ۲۰۱۵ همان‌طور تا سال ۲۰۳۵ ادامه می‌یابد. در بخش تولید انرژی الکتریکی توجه و تمایل به استفاده از سایر سوخت‌ها و علل خصوص انرژی‌های تجدید پذیر منجر به کاهش سهم مصرف سهم بخش تولید انرژی الکتریکی از ۴۳٪ در سال ۲۰۰۸ به ۳۷٪ در ۲۰۲۰ می‌رسد. رشد مصرف تمامی سوخت‌ها به جز سوخت‌های مایع، باعث ثابت ماندن سهم مصرف زغال‌سنگ در تولید انرژی الکتریکی می‌شود (قدسی و بابالو، ۱۳۹۴).



شکل ۲-۱-مصرف جهانی زغال‌سنگ از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۳۵ (قدسی و بابالو، ۱۳۹۴)

۲-۳-مصرف انرژی

به گزارش سازمان جهانی انرژی در سال‌های گذشته رشد تقاضای نفت در کشورهای خاورمیانه عامل اصلی رشد تقاضای جهانی و به دنبال آن رشد قیمت بوده است؛ زیرا در این سال‌ها تقاضا در کشورهای صنعتی به دلیل رشد قیمت نفت تغییری نکرده است. به گزارش آژانس اطلاعات انرژی در سال‌های گذشته بزرگ‌ترین مصرف کننده انرژی در جهان کشور امریکا بوده است. مصرف انرژی در این کشور بیشتر از مجموع مصرف انرژی در روسیه و چین بود. در سال گذشته مصرف انرژی در امریکا معادل ۲۳ درصد از کل مصرف انرژی جهان بوده است. آژانس اطلاعات انرژی اعلام کرد در سال ۲۰۱۸ میلادی مصرف انرژی در امریکا معادل مصرف انرژی پنج کشور بزرگ مصرف کننده در جهان به استثنای امریکا بوده است. تعبیر اصلی این جمله به صورت زیر است: ۵ درصد از جمعیت کره زمین که در قاره آسیا زندگی می‌کنند سهمی مساوی ۵۱ درصدی دارند که در پنج کشور دیگر ساکن هستند. این دسته مصرف انرژی زیادی دارند و می‌توانند در تعاملات انرژی در دنیا تأثیر بسزایی داشته باشند (چن[1] و همکاران، ۲۰۱۸).

طبق گزارش‌های موجود در سال ۲۰۱۸ میلادی بزرگ‌ترین مصرف کنندگان انرژی در جهان کشورهای امریکا، چین، روسیه، ژاپن و هند بوده‌اند. کمترین سرانه مصرف انرژی در جهان به کشورهای بنگلادش، اریتره، سنگال، هائیتی و کنگو اختصاص دارد. بیش‌ترین سرانه مصرف انرژی به کشور ثروتمند و کم‌جمعیت قطر اختصاص دارد. سرانه مصرف انرژی در این کشور در سال ۲۰۱۸ میلادی برابر با ۲۱ هزار و ۳۹۵ کیلوگرم بود. پنج کشوری که بیشترین سرانه مصرف را دارند عبارتند از: قطر، ایسلند، امارات متحده عربی، بحرین و لوکزامبورگ. سرانه مصرف امریکا ۷۸۰۰ کیلوگرم برآورد شده است. با اینکه امریکا بزرگ‌ترین مصرف کننده انرژی در جهان است ولی سرانه مصرف انرژی در این کشور در مقایسه با قطر – رتبه اول فهرست – بسیار کمتر است. آمارها نشان می‌دهد

[1] Chen

سرانه مصرف انرژی در امریکا تقریباً یک سوم سرانه مصرف در قطر است و فاصله آن با ایران بسیار زیاد است (کاراتاسو و سانتاموریس[1]، ۲۰۱۹).

درحالی‌که تمرکز کشورهای پیشرفته روی کاهش شدت مصرف انرژی است، این شاخص در ایران روندی رو به رشد به خود گرفته و در بین دیگر کشورها از نظر کاهش شدت مصرف انرژی در انتهای لیست قرار دارد. ایران بیش از ۵/ ۲ برابر میانگین مصرف جهانی انرژی مصرف می‌کند. شاخص شدت مصرف انرژی ایران ۶۳/ ۰ درصد است و بعد از ایران، روسیه و عربستان سعودی به ترتیب با شاخص شدت مصرف انرژی ۵۳/ ۰ و ۵۱/ ۰ درصد بالاترین مقدار شاخص شدت انرژی را به خود اختصاص داده‌اند. طبق آمار، مجموع میزان مصرف و تلفات، از عرضه سبقت گرفته و این موضوع می‌تواند در آینده ایران را به واردکننده انرژی تبدیل کند. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۴۰ مصرف انرژی در جهان ۴۸ درصد نسبت به میزان مصرف انرژی در سال ۲۰۱۲ افزایش خواهد یافت و کماکان آسیا در سال ۲۰۴۰ بیش‌ترین مصرف‌کننده انرژی است. در این میان بیش از ۵۰ درصد از انرژی جهان در بخش صنعت استفاده خواهد شد. سرانه مصرف انرژی در ایران یک دهم قطر و یک چهارم امریکا است. طبق گزارش‌ها در سال ۲۰۱۸ میلادی سرانه مصرف انرژی در ایران معادل ۲ هزار و ۳۴ کیلوگرم در سال است (عوض علیپور و همکاران، ۱۳۹۸).

طبق آخرین آمار، ایران نهمین مصرف‌کننده انرژی در دنیا شناخته شده و این مصرف انرژی معادل ۴/ ۳ میلیون بشکه نفت خام در روز است. مطالعات نشان می‌دهد که مصرف انرژی در دنیا طی این سال‌ها دو برابر شده است. در حال حاضر ایران، بزرگ‌ترین دارنده ذخایر هیدروکربوری دنیا (مجموع ذخایر نفت و گاز) به حساب می‌آید. مطابق آمار رسمی و تأییدشده مراجع معتبر بین‌المللی، ایران حدود ۱۵۸ میلیارد بشکه نفت (۳/ ۹ درصد از کل منابع نفتی دنیا) و حدود ۳۳ هزار میلیارد مترمکعب گاز (۱۸ درصد دنیا) در اختیار دارد. به‌طورکلی، ۴/ ۲ درصد انرژی کل دنیا در ایران تولید می‌شود که در بین کشورهای دنیا رده نهم از حیث تولید انرژی را دارد. این تولید انرژی معادل ۶/ ۳ میلیون

[1] Karatasou, S., & Santamouris, M

بشکه نفت خام است. همچنین ۸/ ۱ درصد انرژی کل دنیا در ایران مصرف می‌شود که این میزان مصرف سبب شده ایران در بین کشورهای دنیا جایگاه نهم از نظر مصرف انرژی را داشته باشد (عابدی، ۱۳۹۸).

۲-۴-انرژی‌های تجدیدپذیر

۲-۴-۱-تعریف انرژی تجدید پذیر

انرژی تجدیدپذیر که انرژی برگشت‌پذیر نیز نامیده می‌شود، به انواعی از انرژی می‌گویند که منبع تولید آن نوع انرژی، بر خلاف انرژی‌های تجدیدناپذیر (فسیلی)، قابلیت آن را دارد که توسط طبیعت در یک بازه زمانی کوتاه مجدداً به وجود آمده یا به عبارتی منابعی هستند که پس از مصرف به راحتی جایگزین می‌شوند (باتاچاریا[1] و همکاران، ۲۰۱۶). در سال‌های اخیر با توجه به این که منابع انرژی تجدید ناپذیر رو به اتمام هستند این منابع مورد توجه قرار گرفته‌اند. در سال ۲۰۰۶ حدود ۱۸٪ از انرژی مصرفی جهانی از راه انرژی‌های تجدید پذیر به دست آمد. سهم زیست‌توده به‌طور سنتی حدود ۱۳٪، که بیشتر جهت حرارت دهی و ۳٪ انرژی آبی بود. ۴.۲٪ باقی‌مانده شامل نیروگاه‌های آبی کوچک، زیست توده مدرن، انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی زمین‌گرمایی و سوخت‌های زیستی می‌باشد که به سرعت در حال گسترش هستند (قائد و همکاران، ۱۳۹۸).

انرژی‌های پایدار یا نو شدنی (تجدید پذیر) به آن دسته از انرژی‌ها گفته می‌شود که پس از بکارگیری آن‌ها برای انجام کارها، بار دیگر می‌توانیم از آن‌ها بهره بگیریم. انرژی‌های نهفته در وزش باد، جریان آب، گرمای درونی زمین، جزر و مد، موج‌های دریا، پرتوهای خورشیدی و زیست توده، از انرژی‌های پایدار و تجدیدپذیر هستند که تا خورشید و ماه و زمین وجود دارد، می‌توانیم از آن‌ها بهره گیریم. این منابع انرژی به آلودگی‌های زیست‌محیطی نمی‌افزایند و از نخستین انرژی‌هایی بوده‌اند که انسان از آن‌ها بهره‌برداری کرده است. منابع انرژی تجدیدپذیر، ۱۴ درصد از انرژی مورد نیاز کل جهان را تأمین می‌کنند. این منابع شامل، زیست توده، انرژی آبی، زمین گرمایی، انرژی‌های

[1] Bhattacharya

خورشیدی، بادی و دریایی می‌باشد. انرژی تجدیدپذیر ازجمله منابع انرژی اولیه، داخلی و تمیز و به عبارتی منابع انرژی غیر قابل پایان است. منابع انرژی آبی، ۲۰ درصد از انرژی الکتریسیته جهان را تأمین می‌کند. انرژی باد نیز در سواحل و سایر مناطق بادخیز نوید بخش منبع انرژی می‌باشد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۶). منابع اصلی انرژی تجدیدپذیر و موارد استفاده آنها در جدول ۲-۲ ارائه شده است.

جدول ۲-۱- منابع مهم انرژی تجدیدپذیر و قالب‌های کاربردی آنها (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۶)

منبع انرژی	تبدیل انرژی و روش استفاده
توان سیال	تبدیل توان
زیست توده جدید	گرما و تولید توان، پیرولیز، فرآیندهای تبدیل گاز، هضم و جذب
زمین گرمایی	گرمایش شهری، تولید توان، هیدروترمال، سنگ داغ خشک
خورشیدی	سیستم خانگی خورشیدی، خشک کن خورشیدی، غذاپز خورشیدی
خورشید مستقیم	فوتوولتائیک، تولید توان گرمایی، هیترهای آبی
باد	تولید توان، ژنراتور بادی، پمپ‌های آب، آسیاب بادی
موج	طراحی‌های مختلف
جزر و مد	سدسازی، جریان‌های جزر و مدی

منابع انرژی تجدیدپذیر تحت عنوان منابع انرژی جایگزین نیز نامیده می‌شوند و انتظار می‌رود سهم آنها به‌طور چشمگیری در سال‌های آینده افزایش یابد و به ۸۰-۳۰ درصد در سال ۲۱۰۰ برسد. توسعه پایدار نیازمند روش‌ها و ابزارهایی برای اندازه‌گیری و مقایسه تأثیرات زیست‌محیطی فعالیت‌های بشر برای محصولات مختلف است. در حال حاضر، در راستای ارتقاء کیفیت زندگی،

صنعتی شدن کشورهای درحال‌توسعه و افزایش جمعیت جهانی، مصرف سوخت‌های فسیلی افزایش چشمگیری یافته‌اند. افزایش بی‌رویه مصرف سوخت‌های فسیلی نه‌تنها منجر به افزایشی در نرخ تقلیل منابع سوخت‌های فسیلی شده است، بلکه تأثیر جدی و مضری بر روی محیط‌زیست دارد و باعث افزایش خطرات سلامتی و تغییر مخاطره‌آمیز شرایط جوی کره زمین می‌شود (کوان[1] و همکاران، ۲۰۱۴). تغییرات در راستای بهبود محیط‌زیست، در سطح جهان، به خصوص در کشورهای توسعه یافته در حال پذیرفتن است. جامعه به‌طور آهسته به سمت جستجوی روش تولید پایدار، کمینه سازی اتلاف، کاهش آلودگی ایجاد شده توسط وسایل، حفاظت جنگل‌های محلی و کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای سوق می‌یابد. در راستای افزایش مصرف سوخت فسیلی، برای مقابله با هشدار اخیر تقاضای انرژی در خصوص بحران انرژی، یک تجدید نظر مفید برای ارتقاء جایگزین‌های تجدیدپذیر جهت تأمین نیاز انرژی در حال رشد جهانی ارائه شده است. مصرف بی‌رویه سوخت‌های فسیلی از طریق دی اکسید کربن منجر به گرم شدن کره زمین شده است؛ بنابراین، ارتقاء انرژی خالص و پاک تجدیدپذیر به‌طور گسترده‌ای مورد نیاز است. جهت نظارت بر نشر گازهای گلخانه‌ای قراردادی با هدف پیشگیری از آلودگی سراسری تحت عنوان پیمان پروتکل کیوتو وضع گردید (بارکر و باغستانی، ۱۳۹۷).

تقاضای انرژی در جهان در حال افزایش است. علت اصلی میزان مصرف بالای انرژی، رشد جمعیت بوده است. برای برآورده کردن این تقاضای انرژی در سرتاسر جهان از منابع متعددی استفاده شده است. جهان روز به روز آلوده‌تر می‌شود و به موجودات زنده آسیب بیشتری وارد می‌گردد. در سال ۲۰۱۷ در حدود ۳۲۷۲۳ میلیون متریک تن گاز CO_2 تولید شده است. این میزان تولید، بسیار زیاد است و به مسائل محیط زیستی متعددی از قبیل تغییر آب و هوا و در نتیجه ذوب شدن یخ‌ها و

[1] Cowan

افزایش سطح آب دریاها منجر می‌شود. به علت آلودگی محیط‌زیست و از بین رفتن منابع سوخت‌های فسیلی، جهان باید توجه خود را به منابع انرژی تجدیدپذیر معطوف کند (آپیا[1]، ۲۰۱۸).

۲-۴-۲-انرژی تجدیدپذیر و توسعه پایدار

انرژی تجدیدپذیر نقش مهمی در آینده جهان ایفا خواهد کرد. منابع انرژی تجدیدپذیری که نیازهای انرژی خانگی را تأمین می‌کنند میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلوده کننده هوای صفر و یا نزدیک صفر را دارد. توسعه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر منجر به حل مسائل مهمی ازجمله ارتقاء منبع انرژی قابل اعتماد و سوخت ارگانیک مقرون به صرفه، حل مشکلات انرژی محلی و منبع آب، افزایش استاندارد زندگی و سطح اشتغال جمعیت بومی، تضمین توسعه پایدار مناطق دوردست در نواحی بیابانی و کوهستانی و اجرای التزامات کشورها درخصوص انجام توافق‌نامه‌های بین‌المللی در مورد حفاظت محیط‌زیست می‌شود (عباسی و ملکی، ۱۳۹۶). توسعه و اجرای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در مناطق روستایی می‌تواند منجر به ایجاد فرصت‌های شغلی شده، در نتیجه باعث کاهش مهاجرت به شهر می‌گردد. جمع‌آوری انرژی تجدیدپذیر به روش غیرمتمرکز از طریق راه‌های قابل اعتماد، مقرون به‌صرفه و پایدار محیطی یکی از گزینه‌هایی است که مطابق نیازهای انرژی کوچک مقیاس و روستایی است. انرژی تجدید پذیر از طریق تأثیر در توسعه انسانی و بهره‌وری اقتصادی، رابطه مستقیمی با توسعه پایدار دارد. منابع انرژی تجدیدپذیر فرصت‌هایی در زمینه امنیت انرژی، توسعه اجتماعی و اقتصادی، دسترسی به انرژی، کاهش تغییرات آب و هوایی و کاهش اثرات زیست‌محیطی و سلامت را فراهم می‌کند (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۶).

هرچند هیچ توافق عمومی در مورد تفسیر دقیق امنیت انرژی وجود ندارد اما مفهوم کلی آن مورداستفاده قرار می‌گیرد. با این حال، نگرانی در مورد امنیت انرژی بر اساس تصوری است که یک منبع دائمی انرژی وجود دارد که برای چرخه اقتصادی بسیار مهم است. با توجه به وابستگی متقابل رشد اقتصادی و مصرف انرژی، دسترسی به یک منبع انرژی پایدار برای دنیای سیاسی به همراه

[1] Appiah

چالش فنی و پولی در کشورهای توسعه یافته و درحال‌توسعه مهم است. منابع انرژی تجدیدپذیر در مقایسه با فسیل‌ها به‌طور عادلانه در سراسر جهان توزیع شده و عموماً کمتر از فسیل‌ها دادوستد می‌شوند (قنبریان و همکاران،۱۳۹۵). انرژی تجدیدپذیر واردات انرژی را کاهش داده، منجر به تنوع منابع می‌شود، آسیب‌پذیری اقتصادی را در برابر نوسانات قیمت کاهش داده، و فرصت‌هایی را برای افزایش امنیت انرژی در سراسر جهان ایجاد می‌کند. معرفی انرژی‌های تجدیدپذیر همچنین می‌تواند به افزایش اعتبار خدمات انرژی، به ویژه در مناطقی که دسترسی کافی به شبکه ندارند کمک کند. منابع انرژی متنوع به صورت یکجا می‌توانند با یک مدیریت و طراحی سیستم خوب باعث افزایش امنیت شوند (سواکول و والتر[1]، ۲۰۱۸).

به‌طورکلی، بخش انرژی با داشتن ارتباط قوی بین رشد اقتصادی و افزایش مصرف انرژی به عنوان کلید توسعه اقتصادی در نظر گرفته می‌شود. در سطح جهانی، درآمد سرانه، همبستگی مثبتی با سرانه مصرف انرژی دارد و رشد اقتصادی می‌تواند به عنوان عامل مهم افزایش مصرف انرژی در دهه‌های اخیر شناخته شود و در نتیجه به نوبه خود می‌تواند باعث ایجاد اشتغال گردد. مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۰۸، ثابت کرد که اشتغال از طریق فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در حدود ۲/۳ میلیون از مشاغل سراسر جهان را شامل می‌شود، که علاوه بر اشتغال باعث بهبود بهداشت، آموزش، برابری جنسیتی و امنیت محیط‌زیست نیز شده است (گلوانی و امیدعلی،۱۳۹۵).

یکی دیگر از اهداف توسعه پایدار، جستجو و اطمینان حاصل کردن از پاکی، مقرون بصرفه بودن و قابل استفاده و قابل دسترس بودن انرژی برای همه است و این در صورتی می‌تواند به وسیله منبع انرژی تجدیدپذیر عملی گردد که در سراسر جهان توزیع شده باشد. مسئله دسترسی باید در زمینه داخلی حل و فصل گردد و در بسیاری از کشورها تفاوت آشکاری میان برق مناطق شهری و روستایی وجود دارد، این امر به خصوص در کشورهای جنوب صحرای آفریقا و منطقه جنوب آسیا صحت دارد. رقابت شبکه‌های توزیع شده برپایه انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌طورکلی در مناطق

[1] Sovacool, B. K., & Walter, G.

روستایی که فاصله زیادی از شبکه ملی دارند، بیشتر است و میزان پایین برق رسانی روستایی، فرصت‌های قابل‌توجهی را برای انرژی‌های تجدیدپذیر مبنی بر سیستم‌های ریز شبکه عرضه می‌کند تا برق در دسترس آنها باشد (سحابی و همکاران،۱۳۹۵).

منابع انرژی تجدیدپذیر می‌توانند گزینه اصلی برای تأمین انرژی در اقتصاد انرژی کم کربن باشند. تغییرات مخرب در تمام سیستم‌های انرژی برای ضربه زدن به منابع انرژی تجدیدپذیر گسترده و در دسترس، ضروری است. سازمان‌دهی انتقال انرژی از حالت غیر پایدار به حالت انرژی‌های تجدیدپذیر اغلب به عنوان یکی از چالش‌های عمده نیمه اول قرن بیست و یکم توصیف می‌شود. مانع عمده استفاده از منبع انرژی تجدیدپذیر به سیاست یک کشور و ابزار اجرای سیاست بستگی دارد که به نوبه خود هزینه و نوآوری‌های تکنولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، نوآوری‌های تکنولوژیکی، هزینه فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر را که به نوبه خود منجر به شکست بازار و کاهش تشویق فناوری انرژی تجدیدپذیر می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین، باید ارتباط بین عوامل مؤثر بر منابع انرژی تجدیدپذیر و پایداری را در نظر گرفت (لین و مبارک[1]، ۲۰۱۴).

در جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای تسهیل تدوین استراتژی چهار حوزه وجود داشته که ابزارهای مالی، ابزارهای قانونی، توسعه تکنولوژی و بالا بردن آگاهی، ظرفیت‌سازی و آموزش را شامل می‌شود که همگی آنان نیازمند نگاه ویژه دولت و اساساً نهاد حکومتی است. در ایران شرایط لازم جهت تأمین مشوق‌های مالی از طریق تأسیس صندوق تجدیدپذیرها امکان‌پذیر بوده که این امر می‌تواند با اخذ عوارض برق سبز به مبلغ بسیار کم از محل افزایش قیمت فروش برق به مشترکین خانگی، عمومی و تجاری به ازای هر کیلووات ساعت تحقق یابد. توسعه سیستم حمایت مالی و گسترش سازمان‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین اجرای رویکردهای نوآورانه به ایجاد ساختار پایدار و مکانیزم‌های مالی جهت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر کمک می‌نماید. ضرورت دارد

[1] Lin, B., & Moubarak, M.

فضای سرمایه‌گذاری جهت توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر را برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی ایجاد و تسهیل نمود. در این رابطه دولت ژاپن با اتخاذ راهکارهایی نظیر تشویق سرمایه‌گذاران از طریق افزایش قیمت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر، اهدای امتیازاتی به پروژه‌های پاک و قراردادهایی با دوره زمانی طولانی ۱۵ تا ۱۷ سال جهت خرید برق، موجب افزایش ظرفیت‌های نصب شده بادی، از ۱۳۶ مگاوات در سال ۲۰۰۰ به حدود ۲۵۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ گردیده که روند روبه رشد اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نیز رو به گسترش می‌باشد این روند نیز در کشور ایران قابل اجرا می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۵-منابع انرژی تجدیدپذیر

۲-۵-۱-انرژی باد

انرژی بادی می‌تواند پروانه یک توربین بادی را بچرخاند و باعث چرخش محور ژنراتور و سرانجام تولید برق شود. بیش از ۲۰۰ هزار توربین بادی در جای جای جهان در چرخش هستند که تنها از ۵۰ هزار از آن‌ها برای تولید برق بهره می‌گیرند. در طول سال ۲۰۱۱، در حدود ۴۰ گیگاوات ظرفیت انرژی بادی عملیاتی گردید و ظرفیت جهانی انرژی بادی را تقریباً ۲۰ درصد افزایش داده و به میزان کل ۲۳۸ گیگاوات رسانیده است. کشور چین در حدود ۱۷.۶ گیگاوات ظرفیت نصب شده داشته و ۴۴٪ از بازار جهانی را در دست داشته است به طوری که افزایش این میزان نسبت به سال ۲۰۱۰ اندکی کاهش داشته است که این باعث شده در سال ۲۰۱۱ برای اولین بار کشور چین نسبت به سال قبل خود ظرفیت کمتری را نصب نموده باشد. با این حال کشور چین ظرفیت تجمعی خود را به میزان ۶۲.۴ گیگاوات تا انتهای سال ۲۰۱۱ رسانیده که بیش از یک چهارم ظرفیت کل جهانی است و بیش از ۲۴ برابر ظرفیت نصب شده، تنها در ۵ سال قبل خود می‌باشد. در سال ۲۰۱۰ در حدود ۱۷

گیگاوات از ظرفیت کل، تأییدیه تجاری شده خود را تا پایان سال دریافت ننموده‌اند هرچند بیشتر آنها برق تولیدی خود را به شبکه تزریق می‌کردند (هایر[1]، ۲۰۱۴).

کشور آمریکا بیش از ۶.۸ گیگاوات در سال ۲۰۱۱ به ظرفیت انرژی بادی خود اضافه نموده است که برای ۲ میلیون خانه آمریکائی کافی بوده است و درنهایت ظرفیت کل خود را به ۴۷ گیگاوات رسانیده است. ایالت تگزاس با ظرفیت کل نصب شده ۱۰.۴ گیگاوات بیش از یک پنجم کل ظرفیت این کشور را به خود اختصاص داده است ولی در سال ۲۰۱۱ رهبری نصب جدید در دست کالیفرنیا با ۹۲۰ مگاوات بوده است و پس از آن ایلینویز با ۶۹۳ مگاوات و آیووا با ۶۴۷ مگاوات قرار دارند. از سال ۲۰۰۷ انرژی بادی ۳۵٪ از ظرفیت برق تولیدی این کشور را فراهم نموده است که بیش از دو برابر سهم زغال‌سنگ و انرژی هسته‌ای می‌باشد. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۱ در حدود ۹.۶ گیگاوات ظرفیت نصب شده داشته که میزان کل ظرفیت نصب شده این منطقه را به ۹۴ گیگاوات رسانیده است. (این میزان معادل کل ظرفیت جهانی نصب شده انرژی بادی در سال ۲۰۰۷ بوده است). در سال ۲۰۱۰ ظرفیت نصب شده انرژی بادی در مقام سوم قرار گرفته بود (۲۱.۴٪) که مقام اول مربوط به سیستم‌های فتوولتائیک و مقام دوم مربوط به گاز طبیعی بوده است. سهم انرژی بادی نصب شده در این منطقه از ۲.۲٪ در سال ۲۰۰۰ به ۱۰.۵٪ تا انتهای سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است. (سایت سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق، ۱۳۹۷)

از سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰۵ میلادی به دلیل گسترش کاربرد و رشد روز افزون تکنولوژیک نیروگاه‌های بادی قیمت سرمایه‌گذاری احداث و در نتیجه هزینه تمام شده برق تولیدی آن به‌شدت کاهش یافت. در طول سال‌های 2005-2011 قیمت توربین‌های بادی در پاسخ به تقاضای رو به رشد جهانی و به دلیل افزایش هزینه‌های مواد اولیه (فولاد و مس) و بحران‌های مالی جهانی افزایش یافت. لیکن مجدداً با حل مشکلات مذکور شاهد روند کاهش قیمت‌ها به ویژه در سال‌های

[1] Heier

اخیر با عرضه چشمگیر توربین بادی به بازار جهانی بوده‌ایم؛ به‌طوری که تنها در سال ۲۰۱۲ قیمت توربین‌های بادی در بازار جهانی ۲۰ تا ۳۵ درصد کاهش یافت (اینفیلد و فریریس[1]، ۲۰۱۹)

جدول ۲-۲- ظرفیت نیروگاه‌های بادی نصب شده در ایران تا انتهای سال ۱۳۹۶

ردیف	مکان	نوع توربین	تعداد و ظرفیت نصب شده
۱	سایت نیروگاهی منجیل	۳۰۰ کیلووات	۲۷ (۸۱۰۰ کیلووات)
۲	سایت نیروگاهی منجیل	۵۰۰ کیلووات	۲ (۱۰۰۰ کیلووات)
۳	سایت نیروگاهی منجیل	۵۵۰ کیلووات	۱۸ (۹۹۰۰ کیلووات)
۴	سایت نیروگاهی منجیل	۶۰۰ کیلووات	۱ (۶۰۰ کیلووات)
۵	سایت نیروگاهی منجیل	۶۶۰ کیلووات	۷۰ (۴۶۲۰۰ کیلووات)
۶	سایت نیروگاهی منجیل	۶۶۰ کیلووات	۹ (۵۹۴۰ کیلووات)
۷	سایت نیروگاهی بینالود	۶۶۰ کیلووات	۴۳ (۲۸۳۸۰ کیلووات)
۸	زابل سیستان	۶۶۰ کیلووات	۱ (۶۶۰ کیلووات)
۹	باباکوهی شیراز	۶۶۰ کیلووات	۱ (۶۶۰ کیلووات)
۱۰	عون ابن علی تبریز	۶۶۰ کیلووات	۳ (۱۹۸۰ کیلووات)
۱۱	سرعین (اردبیل)	۶۶۰ کیلووات	۱ (۶۶۰ کیلووات)
۱۲	اصفهان	۶۶۰ کیلووات	۱ (۶۶۰ کیلووات)
۱۳	ماهشهر	۶۶۰ کیلووات	۱ (۶۶۰ کیلووات)
۱۴	خواف (خراسان رضوی)	۱, ۵ مگاوات	۱ (۱, ۵ مگاووات)
۱۵	خواف (خراسان رضوی)	۲, ۵ مگاوات	۱ (۲, ۵ مگاووات)

۲-۵-۲-انرژی آب

انرژی آبی انباشته شده در پشت سد را می‌توان به کمک توربین‌های آبی به برق تبدیل کرد. در گذشته از انرژی آب برای چرخش سنگ آسیاب بهره می‌گرفتند. موتورهای جت آبی از شیوه‌های نوین بهره‌گیری از آب در انجام کارها هستند. این موتورها آب را به درون خود می‌کشند و با فشار زیاد بیرون می‌فرستند و از این راه قایق یا کشتی را به پیش می‌رانند. در بررسی انجام شده در رابطه با

[1] Infield, D., & Freris, L

انرژی‌های تجدیدپذیر، مشخص می‌شود که انرژی آب از قابلیت بالایی به عنوان یک جایگزین برای سوخت‌های فسیلی برخوردار است (پرز-کولازو[1] و همکاران، ۲۰۱۵).

استفاده از انرژی جنبشی آب جاری جهت تولید برق را نیروی هیدروالکتریک گویند. با ایجاد سد می‌توان جریان رودخانه را متوقف نمود. نیروگاه‌های آبی بزرگ‌ترین تولید کنندگان برق در ایالات متحده هستند. این نیروگاه‌ها ۱۰ درصد از کل برق مصرفی این کشور را تأمین می‌کنند. ساخت نیروگاه‌های از این نوع در ایالت‌های که دارای کوهستان‌های مرتفع و رودخانه‌های زیادی هستند، می‌تواند منجر به افزایش تولید برق شود؛ به عنوان مثال، در حدود ۱۵ درصد از کل برق تولیدی ایالت کالیفرنیا از نیروگاه‌های هیدروالکتریک تأمین می‌شود؛ اما بیشترین تولید برق آبی مربوط به ایالت واشنگتن است. ۳ سد از ۶ سد اصلی که برروی رودخانه کلمبیا احداث شده‌اند عبارتند از: گراند کولی، چیف جوزف و جان دی. حدود ۸۷ درصد از کل برق تولیدی ایالت واشنگتن از نیروگاه‌های هیدروالکتریک تأمین می‌شود. مقداری از برق تولیدی این نیروگاه‌ها به ایالت‌های دیگر نیز ارسال می‌شود. آب پشت سد بعد از عبور از یک مدخل وارد لوله‌ای به نام آبگیر (دریچه مخصوص تنظیم جریان آب) می‌شود. آب به تیغه‌های توربین فشار آورده و باعث حرکت آنها می‌گردد. توربین یک نیروگاه آبی مانند توربین یک نیروگاه معمولی عمل می‌کند، با این تفاوت که در اینجا از آب بجای بخار برای چرخاندن توربین استفاده می‌شود. گردش توربین باعث چرخش ژنراتور و درنتیجه تولید برق می‌گردد. سپس برق تولیدی از طریق خطوط انتقال به خانه، مدرسه، کارخانه و مراکز تجاری ارسال می‌شود (همان).

انرژی آبی یا انرژی هیدرولیک به عنوان یک قدرت، انرژی یا نیرویی است که از حرکت آبی بدست می‌آید که ممکن است برای اهداف مفید مهار شود. انرژی آب مانند انرژی خورشید از منابع طبیعی انرژی می‌باشد. این انرژی به دلیل حرکت و سرعت آن است که با ایجاد سد در مقابل

[1] Pérez-Collazo

رودخانه‌ها می‌توان انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل ذخیره کرد حتی آبشارها نیز به خاطر ارتفاع زیادی که از سطح زمین دارند و به خاطر وزش باد دارای منبع عظیمی از انرژی آب می‌باشند.

نیروهای گرانشی مابین ماه و خورشید و زمین سبب بالا و پایین رفتن منظم آب اقیانوس‌ها در سراسر جهان گردیده که نتیجه آن امواج جزر و مدی می‌باشد. ماه نیرویی بیش از دو برابر نیرویی که خورشید بر امواج جزر و مد وارد می‌نماید اعمال می‌کند؛ در نتیجه جزر و مد به وضوح تابعی است از گردش ماه به دور زمین ایجاد موج در روز و سیکل جزر در سطح هر جزئی از اقیانوس وجود دارد با وجود کم بودن دامنه ارتفاع موج جزر و مد در اقیانوس‌های آزاد به علت آشفتگی بالا دارای جابه جایی نسبتاً قابل توجهی می‌باشند. پیش از در دسترس بودن توان الکتریکی تجاری انرژی آبی بیشتر برای آبیاری و بکار انداختن دستگاه‌های مختلف مانند آسیاب‌ها دستگاه‌های پارچه دستگاه‌های اره‌کشی گنتری کرین‌های اسکله و آسانسورهای خانگی مورد استفاده قرار می‌گرفت. دیگر کاربری این انرژی در دستگاه ترومپ برای فشرده کردن هوا با استفاده از ریختن آب است، که با این کار می‌شود انرژی آب را به مسافت‌های دورتر برای استفاده در دستگاه‌های دیگر انتقال داد (اکبری‌حسنجانی و همکاران، ۱۳۹۶).

این نیروگاه‌ها از انرژی نهفته شده در جزر و مد استفاده می‌کنند. این انرژی عبارت است از انرژی پتانسیل (انرژی نهان یا ساکن) حاصل از جابجایی عمودی توده آب ساکن یا انرژی جنبشی وابسته به شدت جریان (انرژی جریان جزر و مدی) که به هر دلیل پدیده جزر و مد که خود ناشی از نیروهای گرانشی (جاذبه) ماه و خورشید می‌باشند، به وجود می‌آید. در بعضی از انواع این نیروگاه‌ها از جریان آب هم در جزر و هم در مد استفاده می‌نمایند. در این نیرگاه‌ها، آب از بالا وارد شده و باعث جدایی دو صفحه گشته و نیروی حاصل از آن فنر پیچشی را تحت فشار قرار می‌دهد و با فروکش کردن آب و خالی شدن محفظه و برگشتن فنر به حالت اولیه باعث چرخش توربین می‌شود. نیروگاه‌های موجی می‌توانند در دو حالت تک منظوره و دو منظوره طراحی و ساخته شوند. دو منظوره بدان معناست که توربین در هر دو حالتی که آب جریان دارد کار کند. زمانی که آب بالا می‌آید و همچنین طی زمانی

که آب فروکش کرده و به اقیانوس بازمی‌گردد؛ ولی در سیستم تک منظوره توربین فقط در زمان سیکل فروکش کار می‌کند. این نوع دریچه‌های آب در زمان موج بازمی‌مانند و اجازه می‌دهند که آب فضای آبگیر را پر نماید. سپس دریچه‌ها بسته می‌شوند. ارتفاع و هد آب افزایش می‌یابد و توربین‌ها روشن می‌شوند و آب در دوره فروکش از آبگیر به درون اقیانوس بازمی‌گردد. مزایای روش توربین دومنظوره این است که به‌طور دقیق مدلی از پدیده طبیعی موج است و کمترین میزان تأثیر در محیط را دارد و از قضا در بعضی از انواع خود بازده بسیار بالایی هم دارد؛ اما این روش به لوازم پیچیده و توربین‌های دوجهته بازگردنده گران‌قیمت و تجهیزات الکتریکی نیاز دارد (انجمن جهانی سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر).

از سوی دیگر روش تک منظوره بسیار ساده‌تر است و به توربین‌های چندان گران‌قیمتی نیاز ندارد. ازجمله جنبه‌های منفی روش تک منظوره می‌توان به زیان بیشتر آن برای محیط اشاره نمود. از آنجایی که ارتفاع هد بیشتری برای آب ایجاد می‌نماید که سبب انباشته شدن رسوبات و ته‌نشینی‌ها در آبگیر می‌شود. سوای این‌ها هر دو روش در عمل به کار گرفته می‌شود. برای مثال نیروگاه‌های موجی لارانس و کیسلایا گوبا از نوع توربین‌های دو منظوره هستند درحالی که نیروگاه موجی آناپولیس از نوع تک منظوره است. یکی از پارامترهای اصولی و مرسوم نیروگاه‌های آبی توان خروجی آن می‌باشد. انرژی موجی یک انرژی پاک پایان ناپذیر است. این ویژگی‌های برجسته انرژی موجی را در آینده‌ای نزدیک به منبعی مهم و در عین حال جهانی جهت تولید انرژی تبدیل خواهد نمود. برای دستیابی به این هدف صنعت تولید انرژی موجی جزر و مدی باید در جهت بازدهی بالاتر و هزینه‌های کمتر و اجماع جهانی برای گسترش آن گام بردارد. بلندترین امواج در جهان به ندرت می‌تواند با ارتفاع و هد آب که در نیروگاه‌های رایج بر رودخانه‌ها که بالغ بر ده‌ها و صدها متر می‌شود مقایسه شود. ارتفاع و هد کم نیروگاه‌های موجی مشکلات فنی نسبی را برای طراحان ایجاد می‌نماید. اساسی‌ترین مشکل پیشروی طراحان، کارایی پایین اغلب ژنراتور هیدرولیکی به کار گرفته شده روی

سدها با چنین ارتفاع و هد آب کمی می‌باشد و در سوی دیگر ژنراتورهای طراحی شده برای این سیستم بسیار گران و پیچیده هستند (پرز-کولازو و همکاران، ۲۰۱۵).

۲-۵-۳-انرژی زمین گرمایی

این انرژی از گرمای مواد مذاب درون زمین برمی‌خیزد. از این گرما می‌توان برای بخار کردن آب بهره گرفت و بخار را به سوی توربین فرستاد تا سرانجام محور ژنراتور را به چرخش درآورد و در نتیجه برق تولید شود. در ایالات متحده آمریکا هر ساله ۳ هزار مگاوات برق از این راه به دست می-آید. یک پنجم برق کشور فیلیپین نیز از این راه فراهم می‌شود. استفاده از انرژی زمین گرمایی برای تولید برق به عنوان یک صنعت جدید شناخته شده است. ایتالیایی‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۰۴ یک توربین ژنراتور را با استفاده از بخار طبیعی از زیر زمین طراحی کردند. در سال ۱۹۶۰ اولین عملیات موفقیت آمیز نیروگاه تولید برق در مقیاس بزرگ در آمریکای شمالی انجام شد. بسیاری از نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی در اطراف کالیفرنیا قرار دارند؛ در حالی که بقیه نیروگاه‌ها در هاوایی، نوادا، اتاوا، ایدیهو و مونتانا هستند (انجمن جهانی سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر).

تبدیل انرژی زمین گرمایی به انرژی الکتریکی در نیروگاه انجام می‌شود. در نیروگاه‌ها با استفاده از بخار آب داغ ناشی از انرژی زمین گرمایی برای به چرخش در آوردن توربین‌ها و تولید برق استفاده می‌شود. انواع نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی عبارتند از:

۱) نیروگاه بخار خشک

۲) نیروگاه بخار لحظه‌ای

۳) نیروگاه چرخه‌ی دوتایی.

همه این نیروگاه‌ها یک ویژگی مشترک دارند و آن هم استفاده از توربین‌های بخار برای تولید برق است. این ویژگی تقریباً با سایر نیروگاه‌های حرارتی که از منابع جایگزین غیر از زمین گرمایی استفاده می‌کنند، قابل مقایسه است.

۱) نیروگاه بخار خشک

همان‌طور که از اسم آن پیداست از بخار خشک برای تولید برق استفاده می‌شود. بخار خشک، همان بخار آب یا آب در حالت بخار است. نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی، دو چاه (یکی تولیدی و یکی تزریقی) را جداگانه به مخزن آب بسیار گرم در زیر سطح زمین متصل می‌کنند. از چاه تولیدی، بخار آب ۱۵۰°c خارج شده و مستقیماً به سمت توربین هدایت می‌شود. بخار آب باعث چرخش توربین و استوانه‌ای می‌شود که از طرف دیگر به ژنراتور متصل است و بدین صورت برق تولید می‌شود. برق از طریق کابل‌ها به نیروگاه‌ها، منازل، مؤسسات و کارخانه‌ها منتقل می‌شود. بخار مصرف شده چگالش یافته و دوباره تبدیل به آب می‌شود از طریق چاه تزریقی به مخزن آب گرم برگردانده می‌شود و این چرخه دوباره ادامه دارد. نیروگاه بخار خشک قدیمی‌ترین نوع نیروگاه انرژی زمین گرمایی است. اولین نیروگاه بخار خشک در سال ۱۹۰۴ در ایتالیا تأسیس شد. این نوع از نیروگاه زمین گرمایی در آمریکا تنها در کوه‌های والکانیک کالیفرنیا وجود دارد.

۲) نیروگاه بخار لحظه‌ای

در این نوع از نیروگاه انرژی زمین گرمایی از آب ۱۸۲°c استفاده می‌شود. همان‌طور که از نام آن پیداست بخار آب در یک لحظه با چرخش توربین می‌تواند برق تولید کند، این بخار لحظه‌ای و فوری فرآیندی است که به وسیله آن، آب داغ با فشار بسیار زیادی بخار می‌شود این بخار باعث چرخش توربین و استوانه‌ای می‌شود که از طرف دیگر به ژنراتور متصل است و بدین صورت برق تولید می‌شود. نیروگاه‌های انرژی بخار لحظه‌ای از رایج‌ترین انواع نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی هستند. نیروگاه انرژی بخار لحظه‌ای برای اولین بار در سال ۱۹۵۸ در نیوزیلند تأسیس شد.

۳) نیروگاه چرخه دوتایی

این نیروگاهِ انرژی زمین گرمایی در مقایسه با دو نوع قبلی دارای مزیت بیشتری است؛ زیرا به گرمای کمتری نیاز دارد تا مایعی با نقطه جوش پایین را گرم کند. نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی، مخازن آب خنک‌تر را برای استفاده در نیروگاه‌های بخار خشک و لحظه‌ای بکار می‌برند. در نیروگاه‌های بخار خشک و بخار لحظه‌ای از آب با دمای بیش از ۱۸۰°c استفاده می‌شود که با فشار

بسیار زیادی برای تولید برق در نیروگاه پمپاژ می‌شود. در چرخه دو تایی از پمپ‌ها برای پمپاژ آب از مخزن زیرِ زمین (چاه تولیدی) برداشت می‌شود و آب با دمای کمتر دوباره مخزن باز می‌گردد (چاه تزریقی). معمولاً از یک مایع جداگانه با نقطه جوش پایین مانند هیدروکربن پنتان یا بوتان استفاده می‌شود و توسط مبدل حرارتی پمپاژ می‌شود.

در مبدل حرارتی این مایع بخار می‌شود و باعث چرخش توربین و استوانه می‌شود که از طرف دیگر به ژنراتور متصل است و بدین صورت برق تولید می‌شود. بخار آب مصرف شده توسط رادیاتورهای سرد کننده دوباره تبدیل به آب می‌شود و از طریق چاه تزریقی به داخل مخزن آب فرستاده می‌شود. به طور کلی نیروگاه انرژی چرخه دوتایی برخلاف نیروگاه‌های بخار خشک و بخار لحظه این اجازه را می‌دهد که افراد با استفاده از مخازن آب گرم امکان دسترسی کامل به انرژی زمین گرمایی را داشته باشند؛ اگرچه نیروگاه‌های چرخه دوتایی تنها ۱۰ تا ۱۳ درصد کارایی دارند، اما با این حال روسیه در سال ۱۹۶۷ در ایجاد پروژه چرخه دوتایی موفق بوده است (رزاقی، ۱۳۹۶).

۲-۵-۴-انرژی جزر و مد دریا

این انرژی که نتیجه پایین رفتن و بالا آمدن سطح آب دریا در ساحل است، به کمک ژنراتورهای ویژه‌ای به برق تبدیل می‌شود. شمار زیادی از این ژنراتورها در ساحل هلند به کار گرفته شده‌اند، اما فقط ۱۰ ساعت در روز کار می‌کنند و ساعت کارشان نیز با زمان رخ دادن جزر و مد تغییر می‌کند. انرژی جزر و مد یکی از جدیدترین انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد. این انرژی به دو صورت استحصال انرژی پتانسیل جزر و مد و با ایجاد سد و ذخیره آب و دیگری به صورت استحصال انرژی جنبشی و استفاده از جریان جزر و مد قابل استفاده می‌باشد. نتایج بررسی نشان می‌دهد که خلیج فارس و دریای عمان دارای ظرفیت و پتانسیل بالایی جهت استفاده از هر دو طرح می‌باشد. در سواحل غربی خلیج فارس مانند بندر ماهشهر که ارتفاع جزر و مد دریا بالا می‌باشد، می‌توان با ایجاد سد و حوضچه از انرژی جزر و مد استفاده نمود. در تنگه هرمز که این جریان مناسب است، می‌توان به صورت مستقیم و قرار دادن توربین در مسیر جریان آب اقدام به تولید برق نمود. انرژی موج‌های

دریا پیامد وزش باد است و با کمک ژنراتورهایی که در سطح آب شناورند، به برق تبدیل می‌شود. بازده این دستگاه‌ها بسیار بالاست و نزدیک ۹۰ درصد انرژی جنبشی موج‌ها را به برق تبدیل می‌کنند (صادقی، ۱۳۹۷).

۲-۵-۵-انرژی زیست توده

بقایا و مواد مشتق شده از موجودات زنده را زیست‌توده می‌نامند. در واقع تمامی شکل‌های مواد آلی، زیست‌توده محسوب می‌شوند؛ مثل بقایا و پسماند گیاهان و حیوانات، پسماندهای شهری و کارخانه‌ها. منابع مهم زیست‌توده شامل دانه‌های تولید انرژی (دانه‌هایی که برای تولید سوخت‌زیستی در زمین‌های غیرقابل کشت تولید می‌شوند)، باقی‌مانده دانه‌های کشاورزی، بقایای جنگلی، جلبک، بقایای میکروبی، بقایای فرآیند صنایع چوبی، پسماندهای شهری و منابع دیگر است. دسته‌بندی‌های متفاوتی برای منابع زیست‌توده وجود دارد؛ اما به‌طورکلی می‌توان زیست‌توده‌ها را به انواع زیست‌توده لیگنوسلولزی، زیست‌توده میکروبی و پسماندهای شهری، حیوانی و غذایی تقسیم‌بندی کرد (توکلو[1]، ۲۰۱۷).

تعریف اتحادیه اروپا از زیست‌توده که در راهنمای EC/77/2001 عنوان شده، عبارت است از: «زیست توده عبارت است از اجزا قابل تجزیه زیستی از محصولات، پسماندها و زائدات کشاورزی (شامل موادگیاهی و دامی)، جنگل‌ها و صنایع وابسته و همچنین زائدات صنعتی و شهری قابل تجزیه». بر اساس تعریف علمی ارائه شده برای زیست توده در این آیین‌نامه، زیست توده به سوخت‌هایی اطلاق می‌گردد که از جرم‌توده فیتوپلانکتون‌ها و جرم‌توده زئوپلانکتون‌ها ساخته می‌شوند. به‌طور کلی؛ هرچه که در طبیعت با منشأ زیستی به وجود آمده در پایان و تخمیر اجزای آن زیست توده است (باکر[2] و همکاران، ۲۰۱۹).

[1] Toklu
[2] Baker

فناپذیری سوخت‌های فسیلی، تنوع‌بخشی به منابع انرژی، توسعه پایدار ایجاد امنیت انرژی، مشکلات زیست‌محیطی ناشی از مصارف انرژی فسیلی از یک طرف و تجدیدپذیر بودن منابع انرژی‌های نو نظیر خورشید، باد، زیست توده و ... از طرف دیگر باعث توجه جدی جهانیان به توسعه و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده‌است. امروزه جهان شاهد افزایش چشمگیر فعالیت‌ها و بودجه دولت‌ها و شرکت‌ها در امر تحقیق، توسعه و عرضه سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر است و این فعالیت‌ها همراه با صرف بودجه‌های کلان در این زمینه در نهایت موجب کاهش قیمت تمام شده انرژی‌های تجدیدپذیر و رقابت‌پذیری این تکنولوژی با سیستم‌های انرژی سنتی موجود می‌گردد. از دیدگاه تاریخی استفاده از انرژی زیست توده به ابتدایی‌ترین دوره‌های تاریخ بازمی‌گردد. از زمانی که آتش شناخته شد، انسان نخستین همواره چوب و برگ خشک درختان را به عنوان سوخت استفاده می‌کرده و این چرخه تا قرن حاضر نیز ادامه پیدا کرده‌است. امروزه مشخص شده‌است که سوخت‌های زیستی بدست آمده از پسماندهای جنگل‌ها و محصول‌های کشاورزی جهان می‌تواند سالانه به اندازه ۷۰ میلیارد تن نفت خام انرژی در دسترس بشر قرار دهد که این میزان ۱۰ برابر مصرف سالانه انرژی در جهان است. همچنین می‌توان از این سوخت‌ها بیشتر در تولید گرما بهره برد؛ زیرا می‌توانند باعث صرفه جویی اقتصادی چشمگیری شوند. زیست توده شامل زباله‌های زیستی قابل سوزاندن هم می‌شود (شریف، ۱۳۹۴).

زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را داراست. زیست توده سهم بزرگی در میان دیگر انواع منابع انرژی‌های نو داراست؛ به‌طوری‌که پس از زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی، چهارمین منبع بزرگ انرژی در دنیا است. این منبع حدود ۱۴ درصد از انرژی اولیه جهان را تأمین می‌نماید و در حال حاضر بیش از ۱۱/۵٪ از انرژی اولیه جهان توسط منابع زیست توده تأمین می‌گردد؛ این در حالی است که در ایالات متحده آمریکا ۳ تا ۴ درصد از انرژی اولیه مورد نیاز فقط از منابع زیست توده تأمین می‌شود. قابلیت‌های زیست توده تنها در تولید حرارت نیست، بلکه در تولید سرما، سوخت‌های مورد نیاز برای حمل و نقل و تولید

انرژی الکتریکی نیز استفاده دارد. در سال ۲۰۱۸ حدود ۴۴ گیگا وات نیروگاه تولید برق (با انواع فناوری‌ها) و ۲۲۵ گیگاوات حرارتی نیروگاه مدرن تولید حرارت با منبع زیست توده احداث شده‌است که فقط حدود ۱۰ گیگا وات آن در ایالات متحده بوده‌است (حدود ۵۸ درصد از بازار تولید انرژی از منابع تجدید پذیر در آمریکا). همچنین بیش از ۵۰ میلیارد لیتر سوخت تجدیدپذیر از منابع زیست توده تولید و مصرف می‌گردد (نونز[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

۲-۵-۶-انرژی خورشیدی

این انرژی را می‌توان به کمک صفحه‌های خورشیدی ویژه‌ای به برق تبدیل کرد یا به کمک آینه‌ها و عدسی‌ها در نقطه‌ای متمرکز کرد و از آن برای گرم کردن آب یا حتی ذوب فلز بهره گرفت. میزان انرژی خورشیدی که به سطح زمین در ایران می‌رسد، نزدیک دو برابر آن چیزی است که خاک ایالات متحده آمریکا دریافت می‌کند. با این همه، کوشش چشمگیری برای بهره برداری از این انرژی در ایران انجام نشده است. تابش خورشیدی یکی از عناصر هواشناسی است که بر بسیاری از فرایندهای آب و خاک مانند تبخیر و تعرّق، ذوب برف و رشد گیاهان اثر می‌گذارد. علیرغم اهمیت این عنصر، اندازه‌گیری مستقیم آن به‌طور محدود انجام می‌شود. تابش خورشیدی یکی از ایمن‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین منابع انرژی است که پتانسیل تبدیل شدن به منبع اصلی انرژی در آینده‌ای نه چندان دور را دارد (اکبری و فرجی، ۱۳۹۶). تخمین تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین کاربردهای زیادی در علوم معماری، مهندسی انرژی، کشاورزی و هیدرولوژی دارد. برآورد درست مقدار تابش خورشیدی از اصول اولیه و مهم طراحی شبکه‌ها و برنامه‌ریزی آبیاری است (کاره[2] و همکاران، ۲۰۱۶).

همچنین اطلاع دقیق از مقدار و شدت تابش خورشیدی در یک مکان برای گسترش سایت‌های خورشیدی و در بلندمدت، برآورد تغییر کارایی سیستم‌های خورشیدی ضروری است. از چنین

[1] Nunes
[2] Khare

مطالعاتی در طراحی، برآورد هزینه و محاسبه‌ی بازدهی پروژه‌ها استفاده می‌شود. استفاده از انرژی‌های نو در مناطق روستایی، از ضرورت‌های توسعه‌ی پایدار است. به‌تازگی در مناطق روستایی استفاده از انرژی خورشیدی به کمک آبگرمکن خورشیدی رواج یافته است (شیخی و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از دقیق‌ترین روش‌های اندازه‌گیری تابش خورشیدی استفاده از پیرانومتر است که استفاده از آن هنوز در بسیاری از نقاط به علت فقدان امکانات محدود می‌باشد. به طور کلی، اندازه گیری‌های بلندمدت تابش خورشیدی در همه جا انجام نمی‌شود؛ در نتیجه، محققین بیشتر برای برآورد آن تلاش می‌کنند. برآورد و ارزیابی اشتباه میزان تابش دریافتی، بزرگ‌ترین ریسک در یک پروژه‌ی خورشیدی است؛ بنابراین مجریان نیازمند بررسی مقدار تابش برای مکانیابی مناسب سایت‌های خورشیدی و تولید برق هستند (دینگ[1] و همکاران، ۲۰۱۹).

۲-۶- توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

در جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای تسهیل تدوین استراتژی چهار حوزه وجود داشته که ابزارهای مالی، ابزارهای قانونی، توسعه تکنولوژی و بالا بردن آگاهی، ظرفیت‌سازی و آموزش را شامل می‌شود که همگی آنان نیازمند نگاه ویژه دولت و اساساً نهاد حکومتی است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴). در ایران شرایط لازم جهت تأمین مشوق‌های مالی از طریق تأسیس صندوق تجدیدپذیرها امکان پذیر بوده که این امر می‌تواند با اخذ عوارض برق سبز به مبلغ بسیار کم از محل افزایش قیمت فروش برق به مشترکین خانگی، عمومی و تجاری به ازای هر کیلووات ساعت تحقق یابد. توسعه سیستم حمایت مالی و گسترش سازمان‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین اجرای رویکردهای نوآورانه به ایجاد ساختار پایدار و مکانیزم‌های مالی جهت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر کمک می‌نماید. ضرورت دارد فضای سرمایه‌گذاری جهت توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر را برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی ایجاد و تسهیل نمود. در این رابطه دولت ژاپن با اتخاذ راهکارهایی نظیر تشویق سرمایه‌گذاران از طریق افزایش قیمت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر،

[1] Ding

اهدای امتیازاتی به پروژه‌های پاک و قراردادهایی با دوره زمانی طولانی ۱۵ تا ۱۷ سال جهت خرید برق، موجب افزایش ظرفیت‌های نصب شده بادی، از ۱۳۶ مگاوات در سال ۲۰۰۰ به حدود ۲۵۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ گردیده که روند روبه رشد اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نیز رو به گسترش می‌باشد این روند نیز در کشور ایران قابل اجراست (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۷).

استفاده از ابزارهای قانونی و در حقیقت توسعه در این زمینه، به کارگیری، نگهداری و بهبود مستمر یک سیستم قانونی مؤثر برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر اهداف ذیل را دنبال می‌کند:

تدوین یک چارچوب قانونی و مقرراتی جهت ایجاد ساختار تعرفه‌ها و قیمت‌گذاری برای حمایت از تلفیق انرژی تجدیدپذیر در اقتصاد انرژی و نیز برای جذب سرمایه‌گذاری مطلوب در این زمینه که نیروگاه سیکل ترکیبی شهرستان یزد از اینگونه موارد می‌باشد.

تدوین یک چارچوب قانونی و مقرراتی جهت تلفیق تولیدکنندگان برق مستقل در سیستم برق موجود فعلی که به استفاده از اینگونه انرژی‌ها در کشور کمک می‌نماید (رحیمی،۱۳۹۵).

توسعه و ارتقاء در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر موجب، غنی‌سازی و توسعه تکنولوژی‌ها به‌منظور به کارگیری انرژی تجدیدپذیر پایدار بوده که اهداف مشروحه ذیل قابل پیگیری می‌باشد:

به کارگیری استانداردها و خط‌مشی‌های مناسب عملیاتی جهت استفاده مناسب از تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر به منظور ارتقای سطح توسعه این انرژی‌ها که در جهت کاهش انرژی‌های فسیلی بسیار مؤثر می‌باشند.

بومی نمودن تولید تجهیزات مورد نیاز و نصب آنها به‌منظور تقویت تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر و همچنین بهینه سازی و به کارگیری آن جهت تحقیق و توسعه و ارتقای این تکنولوژی‌ها در این صنعت در کشور که می‌تواند نقش موثری در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی داشته باشد (محمدی و دانایی فرد، ۱۳۹۸).

در زمینه ظرفیت‌سازی و آموزش توسعه و ایجاد مکانیزم‌هایی به منظور افزایش آگاهی عمومی از فواید و فرصت‌های اشتغال در انرژی تجدیدپذیر حائز اهمیت بوده که در این رابطه اهداف ذیل قابل پیگیری می‌باشد:

افزایش دانش مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر و بازدهی این انرژی‌ها، از طریق آموزش و همچنین افزایش دستاوردهای علمی استفاده از انرژی تجدیدپذیر.

افزایش و ایجاد انگیزش در بخش خصوصی و بازار انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق گسترش اطلاعات مربوط به فواید اقتصادی، محیط زیستی، اجتماعی و تجاری تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر و کاربردهای آنها در بهره برداری بهینه این انرژی‌ها در مصرف.

تغییر باورهای فرهنگی و اعتقادی در نهادهای دولتی و نهادهای تأمین کننده مالی دولتی و حتی بخش خصوصی به‌منظور به کارگیری برنامه‌های آموزشی و کارآموزی در زمینه انرژی تجدیدپذیر.

بهبود ارتباطات و تعاملات بین نهادهای دولتی محلی، استانی و ملی در کشور و همچنین بخش خصوصی در زمینه اعمال سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر در کشور و توسعه این انرژی‌ها در مکانهای مناسب در شهرستان‌ها، روستاها حتی نقاط دوردست (عباسی و ملکی، ۱۳۹۶).

۲-۷-تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر اقتصاد

توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر منافع اقتصادی و اجتماعی مختلفی را برای کشور به همراه دارد؛ لذا از آن جائی که مصرف سوخت‌های فسیلی با توجه به محدودیت منابع در تأمین انرژی که در آینده نزدیک براساس پیش‌بینی به اتمام می‌رسد این موضوع بسیار حائز اهمیت بوده، بنابراین فقدان هزینه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی نیز خود از جنبه‌های مثبت می‌باشد. با گسترش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی، افزایش آلودگی محیط‌زیست ناشی از مصرف این منابع، موضوع گرم شدن هوا و آثار پدیده گلخانه‌ای، ریزش باران‌های اسیدی و ضرورت متعادل کردن نشر دی‌اکسیدکربن، 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، توانسته‌اند از انتشار بیش از ۱۰۰ میلیون تن گاز دی‌اکسیدکربن جلوگیری نموده که در کاهش آلاینده‌های محیط زیستی بسیار قابل اهمیت می‌باشدکه خود نمونه بارزی از استفاده از تکنولوژی‌های اینگونه انرژی‌ها خواهد بود (لطفعلی پور و همکاران،۱۳۹۵).

از طرفی قابلیت تولید غیرمتمرکز برق از انرژی‌های نو، فرصت پیشرفت و توسعه را جهت نقاط دور افتاده و روستایی کشور فراهم ساخته که این امر موجب تقویت ساختار اجتماعی و اقتصادی مناطق روستایی و جلوگیری از مهاجرت آنها به شهرها خواهد نمود. در زمینه اشتغال‌زایی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیز قابل اهمیت بوده وضعیت اشتغال‌زایی این سیستم‌ها، به علت ماهیت نوین آنها بیش از اشتغال‌زایی ناشی از توسعه استفاده از سوخت‌های فسیلی بوده بطوری‌که استفاده از این سیستم‌ها به صورت بومی و محلی نیز میسر می‌باشد برابر بررسی‌های به عمل آمده فرآیند نصب، اجرا، بهره‌برداری و نگه‌داری از انرژی‌های تجدیدپذیر، عمدتاً در مناطق روستایی و محروم تحقق می‌یابد؛ لذا با توجه به اینکه چنین مناطقی از نرخ بیکاری بیشتری برخوردارند و کاربرد این سیستم‌ها می‌تواند در تثبیت جمعیت ساکن در این مناطق مفید واقع شوند؛ ازاین‌رو تأثیر به سزایی در کاهش میزان محرومیت این مناطق و افزایش رشد و بهره‌وری کشور خواهد داشت (دهقان، ۱۳۹۵). از طرفی نقش مؤثر در پدافند غیرعامل که اثرات مهمی در تأمین زیرساخت مناسب در بخش انرژی کشور دارد نیز موجب می‌شود که امنیت سیستم انرژی فعلی کشور را تأمین نماید؛ لذا با بررسی ویژگی‌های سیستم انرژی کشور مشاهده می‌شود که فقدان تنوع در استفاده از این سیستم در سه حوزه منابع، تکنولوژی مولّد و شبکه توزیع از یک طرف و عدم اطمینان بالا به سیستم انرژی، موجب شده که درجه امنیت انرژی در کشور در سطوح پایین بوده لذا برای کشور ما که در منطقه اقتصادی، سیاسی و نظامی خاصی چون خاورمیانه واقع شده و به دنبال تحقق اهداف آرمان‌های توسعه می‌باشد، اهمیت بیشتری پیدا می‌نماید (لطفعلی پور و همکاران،۱۳۹۵).

از طرفی طی بررسی عوامل مؤثر در ایجاد امنیت در سه حوزه منابع، تولید و توزیع را می‌توان چنین مطرح نمود که توسعه استفاده از انرژی‌های نو می‌تواند نقش به سزایی در افزایش درجه امنیت سیستم انرژی کشور (پدافند غیرعامل) را ایفا نماید؛ زیرا با استفاده از توسعه زیرساخت‌های منابع انرژی‌های نو 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 نقتی 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؛ بااین-وجود با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان ضمن تولید انرژی، کمک به حفظ تداوم صادرات حامل‌های انرژی و حفظ و صیانت از منابع فسیلی برای نسل‌های آینده را نیز فراهم آورد (صادقی، ۱۳۹۷).

انرژی نقش بسزایی در پیشرفت و توسعه کشور ایفا می‌کند. امروزه مزیت‌هایی چون برخورداری از منابع طبیعی جای خود را به بهره‌مندی از فناوری داده‌اند، اما به‌علت مزیت کشور از نظر منابع متنوع انرژی- به‌ویژه منابع نفت و گاز و اتکاء توسعه کشور به منابع مذکور و تصور این‌که توسعه و گسترش منابع متنوع انرژی تا سال‌های قابل پیش‌بینی در افق چشم‌انداز بیست ساله همچنان باعث توسعه زیربنایی و اقتصاد کشور خواهد بود، مدیریت جامع انرژی از بُعد عرضه و تقاضا نقشی اساسی و تعیین‌کننده از جهت تحقق اهداف سند چشم‌انداز ایران ۱۴۰۴ خواهد داشت. از آن‌جا که برای تحقق سند چشم‌انداز در افق ۱۴۰۴ تصویر مطلوب آینده صنعت نفت و گاز که منابع غالب انرژی کشور را تشکیل می‌دهند، محورهای ذیل در نظر گرفته شده است:

اولین تولیدکننده محصولات پتروشیمی در منطقه از لحاظ ارزش

دومین تولیدکننده نفت در اپک با ظرفیت ۷٪ از تقاضای بازار جهانی

سومین تولیدکننده گاز در جهان با سهم ۸-۱۰٪ از تجارت جهانی گاز و فرآورده‌های گازی

دارای جایگاه اول فنّاوری نفت و گاز در منطقه (رحیمی، ۱۳۹۵)

در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ علت توجه خاص به مسائل صرفه‌جویی انرژی و نیز تدوین سیاست‌ها و به‌کارگیری مکانیزم‌های لازم برای این منظور، به‌طور عمده ناشی از شوک اول نفتی، ضرورت‌های تأمین امنیت انرژی، افزایش قیمت حامل‌های انرژی در سطح جهانی و اثرات مخرب زیست‌محیطی به‌کارگیری انرژی‌های فسیلی بود. بدون مدیریت جامع انرژی با رویکرد اصلاح الگوی مصرف (به‌خصوص در بخش عرضه و تقاضا) تحقق اهداف فوق امکان‌پذیر نیست و این ایجاب می‌کند که بخش مذکور از سازوکارهای لازم برای گسترش و توسعه در همه زمینه‌ها برخوردار باشد. در راستای انجام این مأموریت مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی در نظر دارد تا مطالعه "طرح ملی سند راهبردی مدیریت جامع انرژی کشور" را به‌صورت کلان و راهبردی در افق چشم‌انداز بیست ساله ساماندهی کند. با توجه به موارد و مطالب یاد شده، اجرا و تدوین طرح جامع انرژی کشور با هدف مدیریت انرژی و به‌ویژه بهبود شدت انرژی از طریق افزایش کارائی و بازده انرژی با استفاده از فنّاوری‌های نوین که از عوامل مهم در تحقق چشم‌انداز بیست‌ساله انرژی کشور می‌باشد، به‌عنوان یک ضرورت ملی مطرح است (محمدی و همکاران،۱۳۹۶).

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر شدت انرژی سهم ارزش افزوده بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی می‌باشد. بخش صنعت به عنوان یکی از بخش‌های مهم در هر اقتصاد، سهم عظیمی از ارزش افزوده هر کشور را به خود اختصاص می‌دهد. افزایش تولیدات بخش صنعتی که یکی از اهداف اولیه آن می‌باشد، مستلزم استفاده هنگفت انرژی می‌باشد و این نیز گویای رابطه مستقیم ارزش افزوده بخش صنعت با شدت مصرف انرژی می‌باشد. میزان جمعیت نیز از عوامل تأثیرگذار بر مصرف انرژی است. در این مورد، مطالعات زیادی انجام گرفته که همگی به نوعی بیانگر تأثیر جمعیت بر مصرف انرژی می‌باشد. جمعیت، نقش تعیین کننده‌ای در مصرف انرژی ایفا می‌کند و نشان می‌دهد که کاهش رشد جمعیتی اروپا بر کاهش شدت مصرف انرژی کمک شایانی کرده است (بردبار، ۱۳۹۷).

۲-۸-چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

در بسیاری از کشورهای جهان اهداف راهبردی به منظور توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تدوین و سیاست‌گذاری‌های لازم برای سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ انجام شده در این رابطه کشورهای توسعه یافته در اروپا در کمیسیونی بدین منظور در سال ۲۰۰۷، هدف تأمین ۲۰ درصد از نیازهای انرژی خود را از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۲۰ تدوین نموده لیکن هم‌اکنون سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین انرژی مورد نیاز اروپا در حدود ۸.۵ درصد می‌باشد. طبق برنامه تدوین شده در برخی از کشورها سهم برق تولیدی تجدیدپذیرها از میزان ۶.۳ درصد در سال ۲۰۰۰ به ۱۲ درصد در سال ۲۰۰۶ رسیده و 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 می‌شود که تا سال ۲۰۲۰ در ایران نیز حداقل به ۱۵٪ برسد (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۷).

متاسفانه در ایران به علت فقدان بسترسازی لازم، به ویژه در سال‌های قبل موانعی برای توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود داشته که برخی از آنها نیز در حال حاضر نیز وجود دارد. وجود سوخت‌های فسیلی ارزان و یارانه‌ای مانع اقدام جدی عملیاتی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و به‌طور وسیع شده، لذا در حال حاضر این مشکل نیز همچنان پابرجا می‌باشد پیش بینی می‌شود با اجرای کامل اصل ۴۴ قانون اساسی و نیز اجرای طرح تحول اقتصادی با توجه به سال جهاد اقتصادی بمنظور نزدیک شدن قیمت‌های سوخت فسیلی به ارزش واقعی، بستر و شرایط مناسب برای توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور فراهم شود (حداد و غریبی،۱۳۹۵).

ب- فقدان برنامه جامع و مدون ملی مناسب با معیارهای کمّی که به صورت قانونی تثبیت شده باشد، یکی از دلایل مهم بوده در این زمینه اگر چه در برنامه چهارم و در قالب اسناد بخشی و فرابخشی سعی گردید که اهداف کمّی و قانونی جهت توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان برنامه تولید برق، پیش‌بینی و اجراء شود، لیکن عدم وجود تخصیص اعتبار کافی پیش‌بینی شده و همچنین عدم تطبیق اهداف کمّی یاد شده با مطالعات استراتژیک و جامع در این رابطه موجب شده

که عملاً اهداف مذکور تحقق عینی پیدا ننماید. هم اکنون سازمان انرژی‌های نو با انجام مطالعات پایه استراتژیک منطبق بر مدل علمی و قابل قبول توسط صاحب نظران تلاش در جهت تهیه برنامه جامع و قانون کامل در این رابطه نموده که احتمالاً در برنامه پنجم توسعه قابل اجراء خواهد بود (کریمی و همکاران،۱۳۹۴).

براساس برنامه ریزی‌های صورت پذیرفته گاز جایگزین نفت در توسعه می‌شود، لذا باید توجه نمود که با مقایسه میزان استفاده از گاز با کشورهای منطقه و روش‌های استحصال موجود برای تولید گاز نمی‌توان گاز را جایگزین نفت نمود. از طرف دیگر آلودگی‌های ناشی از تولید و مصرف گاز کمتر از نفت نیست؛ ازاین‌رو به نظر می‌رسد که الزامی است انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین نفت شوند. ایران کشوری با طبیعت چهار فصل و پتانسیل استفاده از نوع انرژی‌های تجدیدپذیر هم در آن وجود دارد. همچنین پتانسیل مناسبی نیز برای استفاده از انرژی زمین گرمایی در کشور وجود دارد که باید به ان پرداخت متاسفانه هنوز تفکر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور کامل و جامع در میان مسئولان و مردم نهادینه نشده از طرف دیگر منابع نفتی نیز با سرعت هر چه بیشتر مصرف و هدر داده می‌شود که علاوه بر آثار نامناسب در اقتصاد و توسعه کشور محیط‌زیست را نیز هم با استخراج و اکتشاف و هم با مصرف نامناسب از سوخت تخریب نموده که توجه ویژه به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در کشور می‌طلبد (اکبری و همکاران، ۱۳۹۶).

با وجود واگذاری بخشی از صنایع دولتی به بخش غیردولتی براساس سیاست‌های کلی اصل ۴۴ قانون اساسی، دولت یا بخش‌های وابسته به آن همچنان مالک بسیاری از نیروگاه‌ها، پالایشگاه‌ها، شبکه‌های انتقال و توزیع گاز، برق و آب هستند. اگر تمامی انرژی کشور شامل نفت، گاز، انرژی هسته‌ای، نیروگاه‌های برقابی و تجدیدپذیر برپایه‌ی نفت خام معادل‌سازی شود، از مجموع معادل ۵.۱ میلیون بشکه نفت خام عرضه‌شده در هر روز در سطح کشور، تنها ۳.۱ میلیون بشکه به مصرف‌کنندگان نهایی می‌رسد و ۳۵ درصد از آن تلف می‌شود؛ به عبارت دیگر، ۳۵ درصد از انرژی عرضه‌شده در کشور به‌علت بازدهی پایین و تلفات صنایع تحت مدیریت دولت، قبل از آنکه به دست

مردم برسد، به هدر می‌رود. در بخش نفت و گاز، سهم نفت کوره به‌عنوان یک فرآورده نفتی سنگین و کم‌ارزش که قیمتی کمتر از قیمت نفت خام دارد، در سبد تولید فرآورده‌های پالایشی کشور حدود سی درصد است که این میزان بیش از دو برابر متوسط جهانی است. در بسیاری از کشورهای دنیا ازجمله چین، هند، مالزی و آلمان، این میزان حتی به کمتر از ده درصد رسیده است که نشان‌دهندهی فراهم بودن زمینه مستعدی برای افزایش بهره‌وری و توانایی تبدیل نفت به فرآورده‌های سبک و باارزش ازجمله بنزین و گازوئیل است (شهنازی و همکاران،۱۳۹۶).

به‌علاوه روزانه ۲۸ میلیون مترمکعب از گازهای همراه نفت که معادل تولید یک فاز میدان گازی پارس جنوبی است، در میادین نفتی کشور سوزانده شده و به هدر می‌رود. ارزش سالانه این میزان گاز غنی با فرض قیمت ۲۴ سنت به‌ازای هر مترمکعب، به ۲.۵ میلیارد دلار در سال می‌رسد. در بخش نیرو، با وجود تأکید قانون هدفمند کردن یارانه‌ها مبنی بر ضرورت افزایش بازده نیروگاه‌های حرارتی کشور به ۴۲ درصد تا پایان سال ۹۶، این شاخص تاکنون افزایشی نداشته و در مرز ۳۷ درصد متوقف مانده است. در این دوره به‌جای آنکه نیروگاه‌های گازی کشور به‌عنوان کم‌بازده‌ترین نیروگاه‌ها با هدف افزایش بازدهی به سیکل ترکیبی تبدیل شوند، نیروگاه‌های گازی جدیدی احداث شد و این امر توقف افزایش بازدهی نیروگاه‌ها و حتی کاهش مقطعی آن را به‌دنبال داشت. حتی در سال‌های ۹۰، ۹۱ و ۹۳، سهم نیروگاه‌های گازی در میان انواع نیروگاه‌های بهره‌برداری‌شده در آن سال، بیش از ۵۰ درصد بوده است. در مجموع نیز از کل ظرفیت ۱۲ هزار مگاوات نیروگاهی که در طی سال‌های اجرای برنامه پنجم توسعه به بهره‌برداری رسیده است، نیروگاه‌های گازی با ۵۶ درصد، بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص داده است (دهقان، ۱۳۹۵).

دولت باید در برنامه‌های خود نگاه ویژه‌ای را به مدیریت انرژی تخصیص دهد و راهکارهای مناسب جهت هر یک از بخش‌های مصرف را اتخاذ نماید. راهکارهای مدیریت انرژی در بخش مصرف، با توجه به میزان هزینه‌ای که در پی دارد، به سه دسته تقسیم می‌شوند:

گروه اول، روش‌هایی هستند که هزینه‌ای به دنبال ندارد. برای مثال، استفاده درست از وسایل، دستگاه‌ها و مراقبت و نگهداری از آنها. گروه دوم، روش‌هایی که هزینه دارند، ولی این هزینه‌ها چندان زیاد نیست؛ مانند تعمیر و نگهداری وسایل و دستگاه‌ها اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی در دستگاه‌های مختلف یک کارخانه و نظارت بر تغییر مصرف هر دستگاه، عایق کاری لوله و کانال‌ها، اجرای برنامه‌های آموزشی در خصوص روش‌های کاهش انرژی. گروه سوم، روش‌های که پر هزینه هستند. در این روش‌ها، باید تغییرات اساسی برای بهبود مصرف انرژی در دستگاه‌ها، تأسیسات و ساختمان‌ها بوجود آید برای مثال، اگر کارخانه‌ای کهنه و فرسوده است، باید در صورت امکان، و با هدف صرفه جویی انرژی، دستگاه‌های جدید جایگزین این دستگاه‌های فرسوده نمود (موسوی و نجفی، ۱۳۹۶).

از آنجایی که انرژی برای ادامه حیات انسان و جامعه انسانی ضروری است، و بیشتر آنها از طریق منابع کمیاب و با هزینه‌های زیاد تأمین می‌شوند، لازم است برای مصرف بهینه آن‌ها بیش‌ترین تلاش صورت پذیرد. در غیر این صورت، با توجه به رشد فراینده جمعیت و محدودیت‌های اقتصادی در آینده با مشکلات جدی مواجه خواهیم شد. از این‌رو، برای مدیریت درست انرژی، باید هر یک از سه روش فوق را در تجهیزات و دستگاه‌های مولد انرژی به کار گرفت. همان‌طور که بیان گردید با توجه به جایگاه ویژه دولت، وظیفه سیاست‌گذاری و نظارت بر مجریان مختلف بر عهده دولت است؛ بنابراین هرگونه رفتار دولت در اینگونه برنامه ریزی‌ها نشان از نقش دولت در مدیریت مصرف انرژی و رشد اقتصادی کشور دارد. اگر نتیجه نهایی کاهش هدر رفت انرژی و افزایش رشد اقتصادی و یا حداقل روند مثبت در این زمینه باشد پس برنامه ریزی‌ها و سیاستگذاری‌ها بدرستی توسط دولت انجام گرفته است و در غیر این صورت لازم است که دولت در سیاست‌های خود تجدید نظر نماید. آنچه که مسلم است مدیریت مصرف انرژی و افزایش رشد اقتصادی نیازمند تدوین طرحی جامع و برگرفته از آخرین تحولات حوزه انرژی می‌باشد که این کار فقط در ید دولت است هر چند که

همراهی مردم نیز بسیار راهگشا می‌باشد که همین همراهی مردم نیز نیازمند تدوین مقررات و آموزش‌های عمومی متخذه از سوی دولت است (دهقان، ۱۳۹۵).

۲-۹-تصمیم‌گیری چندمعیاره

تصمیم‌گیری شامل بیان درست اهداف، تعیین راه‌حل‌های مختلف و ممکن، ارزیابی امکان‌پذیری آنان، ارزیابی عواقب و نتایج ناشی از اجرای هر یک از راه‌حل‌ها و بالاخره انتخاب و اجرای آن می‌باشد. کیفیت مدیریت اساساً تابع کیفیت تصمیم‌گیری است زیرا کیفیت طرح و برنامه‌ها، اثربخشی و کارآمدی راهبردها و کیفیت نتایجی که از اعمال آن‌ها بدست می‌آید همگی تابع کیفیت تصمیماتی است که مدیر اتخاذ می‌نماید. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار مورد بررسی قرار گرفته باشد. معیارها ممکن است کمی یا کیفی باشند. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره که در دهه‌های اخیر مورد توجه محقق قرار گرفته‌است به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چند معیار سنجش استفاده می‌شود (ایشیزاکا و سیراج[1]، ۲۰۱۸).

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM به دو دسته عمده مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه MODM و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه MADM تقسیم می‌شود. در حالت کلی مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی و مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. تفاوت اصلی مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه با مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه آن است که اولی در فضای تصمیم‌گیری پیوسته و دومی بر فضای تصمیم‌گیری گسسته تعریف می‌گردند (عطایی و کنشلو، ۱۳۹۵).

برای تحلیل یک سیستم چند معیاره باید عناصر آن را به خوبی شناخت و آن‌ها را به‌طور دقیق تعریف کرد و سپس به مدلسازی و تجزیه و تحلیل آن پرداخت. به‌طورکلی می‌توان گفت مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM شامل شش مؤلفه می‌باشند:

[1] Ishizaka, A., & Siraj, S.

۱. یک هدف یا مجموعه‌ای از اهداف

۲. تصمیم گیرنده (DM) یا گروهی از تصمیم گیران

۳. مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی

۴. مجموعه‌ای از گزینه‌های تصمیم

۵. مجموعه‌ای از متغیرهای مجهول یا متغیرهای تصمیم

۶. مجموعه‌ای از نتایج حاصل شده از هر زوج گزینه–معیار (خلیفه، ۱۳۹۷)

عنصر مرکزی این ساختار، یک ماتریس تصمیم است که شامل مجموعه‌ای از سطرها و ستون‌هاست. این ماتریس نتایج تصمیم را برای مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی بیان می‌کند. مسائل تصمیم‌گیری پیچیده عموماً از تعدادی تصمیم‌گیرنده تشکیل شده که به آن‌ها گروه‌های ذی‌نفع نیز گفته می‌شود. تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک نفر یا گروهی از مردم از قبیل دولت یا نهادهای حقوقی باشد که این افراد با اولویت‌های منحصربه‌فرد خود مشخص می‌شوند؛ که اولویت‌ها بر اساس اهمیت نسبی معیارها و گزینه‌های تصمیم می‌باشند. همچنین اولویت‌ها می‌توانند به صورت وزن‌های اختصاص داده شده برای معیارهای ارزیابی مورد استفاده قرار گیرند. با اولویت بندی نتایج تصمیم می‌توان بهترین گزینه را انتخاب نمود (امیری و همکاران، ۱۳۹۵).

روش‌های زیر ازجمله روش‌های پر کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره هستند.

۲-۴-۱-روش AHP

واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. تکنیک AHP توسط توماس ساعتی به سال ۱۹۸۳ معرفی شد. در این مقاله فرایند تحلیل سلسله مراتبی با یک مثال کاربردی آموزش داده می‌شود. برای تعیین وزن معیارها و رتبه بندی گزینه‌ها از مقایسه زوجی استفاده می‌شود. پرسشنامه مورد استفاده برای تحلیل‌های سلسه‌مراتبی و تصمیم‌گیری چندمعیاره به پرسشنامه خبره موسوم است. برای تهیه پرسشنامه خبره از مقایسه زوجی عناصر استفاده می‌شود. برای هر سطح از سلسله مراتب یک ماتریس مقایسه زوجی تهیه می‌شود.

برای امتیاز دهی از مقیاس نه درجه ساعتی به صورت زیر استفاده می‌شود. هدف تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی انتخاب بهترین گزینه براساس معیارهای مختلف از طریق مقایسه زوجی است. این تکنیک برای وزن دهی به معیارها نیز استفاده می‌شود. چون افزایش تعداد عناصر هر خوشه مقایسه زوجی را دشوار می‌کند؛ بنابراین معمولاً معیارهای تصمیم‌گیری را به زیرمعیارهایی تقسیم می‌کنند (شاهین و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۴-۲-روش ANP

واژه ANP مخفف عبارت Analytical Network Process (ANP) به معنی فرایند تحلیل شبکه است. فرایند تحلیل شبکه یا ANP یکی دیگر از سری تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که شباهت زیادی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP دارد. هر یک از روش‌ها بر اساس یک سری فرضیات بنا شده‌است. برای نمون اگر معیارها مستقل از هم باشند و مقایسات زوجی امکانپذیر باشد مدل تصمیم‌گیری مناسب مدل AHP است ولی اگر معیارها مستقل نباشند روش ANP بهتر است. تکنیک فرایند تحلیل شبکه یا ANP یکی دیگر از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که «فرایند تحلیل سلسله مراتبی» یا AHP را با جایگزینی «شبکه» بجای «سلسله مراتب» بهبود می‌بخشد. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی که در دهه هفتاد میلادی توسط ساعتی پیشنهاد گردید، یکی از تکنیک‌های معروف تصمیم‌گیری چند معیاره است که یک مسئله تصمیم‌گیری را به چند سطح مختلف تجزیه می‌کند که مجموع این سطوح تصمیم، تشکیل یک سلسله‌مراتب را می‌دهند. تفسیر تکنیک فرایند تحلیل شبکه چندان پیچیده نیست (خلیفه، ۱۳۹۷).

۲-۴-۳- روش ویکور

روش ویکور[1] (Vikor) یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. این مدل توسط اپریکویک به سال ۱۹۸۴ ارائه شد. تکنیک ویکور یک روش سازشی

[1] Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

است و به تصمیم‌گیری پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کند. منظور از جواب سازشی نزدیک‌ترین جواب موجه به جواب ایده آل است. کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. تکنیک ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت بندی یا رتبه بندی می‌کند. در تکنیک ویکور معیارها وزن دهی نمی‌شوند بلکه معیارها از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شود و سپس گزینه‌ها بر اساس معیارها و با ترکیب در ارزش معیارها، ارزیابی شده و رتبه بندی می‌شوند. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه بندی می‌گردند (امیری و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۴-۴- روش تاپسیس[1]

روش تاپسیس یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. در این روش تصمیم‌گیری تعدادی گزینه و تعدادی معیار برای تصمیم‌گیری وجود دارد که باید با توجه به معیارها، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند، و یا اینکه به هر یک از آن‌ها یک نمره کارایی اختصاص داده شود. فلسفه کلی روش تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف می‌شوند. یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای است از بهترین مقادیر مشاهده شده در ماتریس تصمیم‌گیری. این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامیم. ضمن اینکه یک گزینه فرضی دیگر تعریف می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد. این گزینه ایده‌آل منفی نام دارد. معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند، همچنین واحد اندازه‌گیری آن‌ها نیز می‌تواند متفاوت باشد.

نخستین بار چن (۲۰۰۰) در مقاله‌ای با عنوان بسط روش TOPSIS به تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی از تکنیک تاپسیس با رویکرد فازی استفاده کرده است. برای انجام محاسبات تکنیک تاپسیس به صورت فازی نخست باید از یک طیف زبانی مناسب برای گردآوری داده‌ها استفاده کرد. چن (۲۰۰۰) یک مقیاس زبانی هفت درجه را برای امتیازدهی به هر گزینه براساس هر معیار، پیشنهاد

[1] Topsis

می‌دهد. همچنین از ماتریس تصمیم می‌توان برای رتبه‌بندی میزان اهمیت معیارها با تکنیکی مانند آنتروپی نیز استفاده کرد، بنابراین چن طیف مشابهی برای رتبه‌بندی معیارها پیشنهاد کرده است. در بحث طراحی پرسشنامه تاپسیس نیز توضیح داده شده است معمولاً در ارزیابی کیفی گزینه‌ها در تکنیک تاپسیس با اعداد قطعی از طیف نه درجه استفاده می‌شود. در ارزیابی کیفی گزینه‌ها در تکنیک تاپسیس فازی معمولاً از مقیاس هفت درجه استفاده می‌شود (عطایی و خلیفه، ۱۳۹۵).

۲-۱۰-پیشینه تحقیق

۲-۱۰-۱-مطالعات خارجی

اینیان[1] و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی به بررسی مدل‌های مختلف انرژی‌های تجدید پذیر پرداختند. هدف از این تحقیق توسعه روشهایی کاربردی برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی برای انرژی‌های فسیلی بوده است. این تحقیق با رویکرد فراتحلیل و با بررسی مطالعات پیشین در رابطه با انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است. نتیجه بدست آمده در این تحقیق گویای آن است که با توجه به روند آلودگی هوا و کاهش منابع فسیلی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر تا دو دهه آینده یکی از مهم‌ترین اولویت‌های تمامی کشورها خواهد بود. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که الزامات اقتصادی و میزان آلودگی تولید شده در فرایند تولید انرژی، شاخص‌های مهمی برای انتخاب منبع انرژی می‌باشند.

اینفیلد[2] و همکاران (۲۰۱۹) مطالعه‌ای با عنوان کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر جهت تولید الکتریسیته پرداختند. در این تحقیق ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی برای بررسی نحوه استفاده اقتصادی از انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای تولید برق بکار گرفته شده است. نتایج حاصل از تحلیل کیفی نشان داد که بسیاری از تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران اهمیت بالای انرژی‌های تجدیدپذیر را هنوز درک نکرده‌اند. همچنین نتایج بخش کمی نشان داد که بین شرایط استفاده از انرژی‌های

[1] Iniyan
[2] Infield

تجدیدپذیر برای تولید برق و شرایط فعلی شکاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین مشخص شد که هزینه‌های تولید انرژی‌های تجدیدپذیر باید از لحاظ اقتصادی توجیه پذیر باشد.

لی و چانگ[1] (۲۰۱۸) مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی مقایسه‌ای انرژی‌های تجدیدپذیر با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام دادند. این تحقیق با استفاده ددیگاه خبرگان در حوزه تولید و توزیع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور تایوان انجام شده است. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که راندمان تولید، هزینه نگهداری، سهولت عملکرد و یاجاد اشتغال مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر در کشور تایوان به شمار می‌روند. همچنین نتایج حاصل از رتبه‌بندی انرژی‌ها با روش MCDM نشان داد که با توجه به شرایط کشور تایوان، تولید برق آبی (انرژی آب) بهترین انرژی تجدیدپذیر می‌باشد؛ چراکه تکنولوژی آن به بلوغ بالایی رسیده است.

مقتدرنژاد و همکاران[2] (۲۰۱۸) در پژوهش خودبه تحت عنوان «بررسی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر توسعه پایدار در طراحی ساختمان» بیان کردند، طراحی و ساخت و ساز در حال حاضر به سمت توسعه پایدار رو به افزایش است. توجه به طراحی سازه‌های با کارایی بالا با تأکید بر کاهش مصرف انرژی و انتشار CO2 مورد توجه قرار گرفته است. مشارکت متخصصان بین رشته‌ای مختلف و نیاز به رعایت معیارهای مختلف طراحی باعث می‌شود فرآیند طراحی به مراتب پیچیده‌تر شود. این پیچیدگی مربوط به ترکیب مورد نیاز و ارائه تعادل بین همه موارد لازم و توابع یک سیستم نمایشی، که می‌تواند با یکدیگر اختلاف داشته باشد. در نتیجه، بیشتر طراحان هنوز هم تمایل به استفاده از روش‌های طراحی معمولی دارند که تمام معیارهای مورد نیاز را در بر نمی‌گیرند. استفاده از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM یک ابزار مفید برای کمک به طراحان جهت انتخاب بهترین راه‌حل برای دستیابی به اهداف متضاد و متعدد تولید می‌باشد. روش‌های MCDM در زمینه‌های مدیریت و بهینه‌سازی به صورت گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با این حال، کاربرد آن‌ها در فنّاوری ساختمان، به ویژه در طراحی فضای داخلی نسبتاً مورد توجه است. در حال حاضر، بسیاری

[1] Lee, H. C., & Chang, C. T
[2] Moghtadernejad, S., Chouinard, L. E., & Mirza, M. S

از روش‌های MCDM وجود دارد که مزایا و معایب مختلفی دارند. این مقاله به بررسی و مقایسه شایع‌ترین روش MCDM برای طراحی نما پرداخته است. بر این اساس، کارآمدترین روش برای طراحی پایدار نمای ساختمان معرفی و استفاده می‌شود.

دستک[1] و همکاران (۲۰۱۷) مطالعه‌ای با هدف بررسی تأثیر نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر بر رشد اقتصادی ۱۷ کشور با اقتصاد نوظهور پرداختند. بدین منظور داده‌های سالانه در بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۲ مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها از تکنیک بوت استرپ و آزمون علیت استفاده شده و نتایج نشان داد که تنها در کشور پرو بین مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و رشد اقتصادی رابطه معنی‌داری وجود دارد، در کشورهای کلمبیا، تایلند، یونان و کره جنوبی رابطه معنی داری بین حفظ وضعیت اقتصادی و مصرف انرژی رابطه مشاهده شد. راجع به انرژی‌های تجدیدناپذیر، یک رابطه معنی‌دار بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در کلمبیا، چین، فیلیپین و مکزیک مشاهده شد.

امری[2] (۲۰۱۷) به بررسی رابطه بین مصرف انرژی، حجم تجارت بین‌المللی و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته پرداخت. این مطالعه در بین ۷۲ کشور مختلف و بر اساس داده‌های موجود در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۲ انجام شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که یک رابطه فیدبک (دو طرفه) بین سطح درآمد کشورها و مصرف انرژی وجود دارد و این رابطه در کشورهای توسعه یافته شدیدتر از کشورهای در حال توسعه بوده است. همچنین بین مصرف انرژی و حجم تجارت و بین حجم تجارت و میزان درآمد نیز رابطه مستقیمی وجود داشت.

کومار و همکاران[3] (۲۰۱۷) در پژوهش خود تحت عنوان «بررسی تصمیم‌گیری چند معیاری (MCDM) در جهت توسعه پایدار انرژی تجدیدپذیر» بیان کردند در عصر جاری توسعه پایدار، با توجه به مشارکت معیارهای مختلف، مانند معیارهای فنی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی،

[1] Destek
[2] Amri
[3] Kumar, B. Sah, Y. Deng, X. He, R. C. Bansal, P. Kumar

برنامه‌ریزی انرژی پیچیده شده است. این به نوبه خود، محدودیت‌های مهمی را برای تصمیم‌گیرندگان در بهینه‌سازی مستقل و گسسته جایگزین‌های انرژی به ویژه در جوامع روستایی ایجاد می‌کند. علاوه بر این، محدودیت‌های توپوگرافی[1] مربوط به سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، که عمدتاً در طبیعت توزیع می‌شوند، برنامه‌ریزی انرژی را پیچیده‌تر کرده‌اند. در چنین مواردی، تجزیه و تحلیل تصمیم، نقشی حیاتی را برای طراحی چنین سیستم‌هایی با در نظر گرفتن معیارها و اهداف مختلف حتی در سطوح تجزیه شده‌ی برق‌رسانی[2] ایفا می‌کند. تصمیم‌گیری چند معیاره[3] (MCDM)، شاخه‌ای از پژوهش عملیاتی است که به دنبال یافتن نتایج بهینه در سناریوهای پیچیده شامل شاخص‌های مختلف و معیارها و اهداف متعارض است. این ابزار، با توجه به انعطاف‌پذیری که آن برای تصمیم‌گیرندگان در تصمیم‌گیری با ملاحظه‌ی همزمان همه‌ی معیارها و اهداف فراهم می‌کند، در زمینه‌ی برنامه‌ریزی، روز به روز محبوب‌تر می‌شود. این مقاله، بینشی را در زمینه‌ی تکنیک‌های مختلف MCDM، پیشرفت ایجاد شده با ملاحظه‌ی کاربردهای انرژی تجدیدپذیر در روش‌های MCDM و چشم‌اندازهای آینده در این ناحیه توسعه می‌دهد. بررسی گسترده‌ای در زمینه‌ی انرژی پایدار با بهره‌گیری از تکنیک MCDM انجام شده است.

خوشنوا و همکاران[4] (۲۰۱۶) در پژوهش خود تحت عنوان «رتبه بندی مواد ساختمان سبز بر اساس سه رکن پایداری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند منظوره ترکیبی» بیان کردند؛ در این مطالعه یک روش ترکیبی MCDM برای حل و فصل چند راه حل در نظرگرفته شده است که ۴۷ معیار از ادبیات تحقیق در نظر گرفته شد. این مطالعه یک مدل ترکیبی با استفاده از فرآیند شبکه تحلیلی فازی (FANP) برای تطبیق و رتبه بندی معیارهای مورد بررسی صورت گرفت. علاوه بر این، مطالعه حاضر چهار گروه حرفه‌ای در مالزی را انتخاب کرده که مشغول به کار بوده و یکی از قدیمی‌ترین مدل‌های معیار GBM با توجه به معیارهای تعیین شده می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که

[1] topographical limitations
[2] electrification
[3] Multiple criteria decision making
[4] Khoshnava, S. M., Rostami, R., Valipour, A., Ismail, M., & Rahmat, A. R.

رابطه بین GBM ها و معیارهای پایداری مورد تأیید می‌باشد. ارزیابی نتایج، مرجع ارزشمندی برای ایجاد حرفه‌ای جهت ارتقاء ساخت و ساز پایدار از طریق مواد سبز است.

ماردانی و همکاران[1] (۲۰۱۷) در پژوهش خمود تحت عنوان «بررسی برنامه‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای حل مسئله مشکلات مدیریت انرژی: دو دهه از ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵» بیان کردند؛ هدف اصلی این مطالعه بررسی کاربرد و استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری در رابطه با مشکلات مدیریت انرژی است. این مقاله از ۱۹۶ مقاله منتشر شده از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۵ را در ۷۲ مجله مهم مربوط به مجله منتشر کرده، استفاده کرده است. تمام مقالات منتشر شده به ۱۳ طبقه تقسیم شدند در زمینه‌های مختلف: ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، مدیریت زباله، ارزیابی پایداری، انرژی تجدیدپذیر، پایداری انرژی، مدیریت زمین، موضوعات مدیریت سبز، مدیریت منابع آب، تغییر آب و هوا، ارزیابی محیط-زیستی استراتژیک، ساخت و ساز و مدیریت زیست‌محیطی و غیره. علاوه بر این، مقالات بر اساس نویسندگان، سال انتشار، ملیت نویسندگان، منطقه، تکنیک و کاربرد، تعداد معیارها، هدف تحقیق، فاصله و مشارکت، راه حل و مدل‌سازی، نتایج و یافته‌هایشان انتخاب گردیدند. روش‌های MCDM هایبرید و MCDM فازی در این مطالعه به عنوان اولین روش مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج این مطالعه اذعان دارد رویکرد تصمیم‌گیری می‌تواند به تصمیم گیرندگان و ذینفعان در حل برخی از مشکلات زیر کمک کند موقعیت‌های نامشخص در تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی و این رویکردها در میان محققان قبلی در استفاده از این روش‌ها در مراحل مختلف تصمیم‌گیری در محیط‌زیست افزایش یافته است.

۲-۱۰-۲-مطالعات داخلی

فردی و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای با عنوان بررسی قابلیت اطمینان انرژی‌های تجدید پذیر، نیاز آینده بشر برای اطمینان از تأمین انرژی انجام دادند. در این مقاله پس از بیان تعاریف، توسعه منابع انرژی منطق‌های جهت کاهش میزان انتقال حامل‌های انرژی در شبکه توزیع، حصول به مقدار بهینه

[1] Mardani et al.

ذخیره انرژی، توزیع مناسب منطقه‌ای مراکز تولید و تبدیل انرژی، کمک به حذف نقاط حساس در شبکه انتقال و کاهش انرژی مورد نیاز مراکز بزرگ مصرف به انرژی شبکه در زمان پیک مصرف با استفاده از قابلیت تولید غیر متمرکز انرژی‌های تجدیدپذیر اشاره کرد. توسعه کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای واردکننده انرژی، مشکلات ناشی از عدم ثبات در بازار نفت خام و سایر حامل‌های انرژی اولیه مرتفع می‌نمایند هزینه بالای ذخیره سازی حامل‌های انرژی متداول را کاهش، با اتکا به وجود نخبگان و پژوهشگران داخلی، داشتن منابع سرشار از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخایر مختلف در سطح کشور، بستر تحقیقات و سرمایه‌گذاری در این مهم را بیش از پیش فراهم نماییم تا از اقتصاد وابسته به فروش ذخایر خدادادی رهایی یابیم.

قائد و همکاران (۱۳۹۸) مطالعه‌ای با عنوان بررسی تأثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران انجام دادند. هدف اصلی این پژوهش بررسی تاثیرانواع منابع انرژی‌های تجدید پذیر بر رشد اقتصادی ایران طی دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۰ است. برای تحلیل موضوع از الگوی خود توضیح برداری، روش جوهانسون_ جوسیلیوس و روش تصحیح خطا استفاده شده و بر اساس نتایج بدست آمده از این روش‌ها، اثرگذاری ضرایب متغیرها بر اساس مبانی نظری مورد انتظار بوده و از نظر آماری نیز معنادار می‌باشند. همچنین نتایج براساس ضریب جمله تصحیح خطا، حاکی از آن است که در هر دوره حدود ۰/۶۲ از عدم تعادل کوتاه مدت، برای رسیدن به تعادل بلند مدت، تعدیل می‌شود و می‌توان بیان داشت که در بلند مدت، یک درصد افزایش در متغیرهای نیروی کار، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی الکتریکی تولید شده توسط انرژی‌های تجدیدپذیروتولید انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر (باد، خورشید، آب و زمین گرمایی)، به ترتیب باعث افزایش ۰/۸۷، ۱/۱۷، ۶/۴۴، ۴/۲۹، ۱/۷۸، ۲/۰۹، و ۱/۵۶ درصد در رشد اقتصادی می‌شوند و مشخص شد که از بین انواع منابع انرژی‌های تجدیدپذیر اثر انرژی بادی بر رشد در مقایسه با سایر انرژی‌ها بیشتر است و باید سرمایه‌گذاری در انرژی بادی را در اولویت قرار دهیم.

باوقار و همکاران (۱۳۹۷) مطالعه‌ای با عنوان اولویت بندی منابع انرژی تجدیدپذیر در استان هرمزگان انجام دادند. محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشارات گازهای گلخانه‌ای ضرورت توجه روز افزون به انرژی‌های تجدید پذیر را بر همگان روشن ساخته است. این پژوهش با هدف ارزیابی منابع انرژی تجدید پذیر استان هرمزگان و انتخاب انرژی تجدید پذیر مناسب این استان با استفاده از روش AHP، معیارهای فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی-سیاسی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که معیار اقتصادی با برتری پارامتر هزینه سرمایه‌گذاری، بالاترین اهمیت را در ارزیابی و انتخاب انرژی تجدید پذیر مناسب ایفا می‌کند و انرژی خورشیدی مناسب‌ترین انرژی از میان انرژی‌های تجدید پذیر ارزیابی شده در استان هرمزگان است.

فرج زاده و همکاران (۱۳۹۶) مطالعه‌ای با عنوان «مروری بر روش‌های نوین تولید انرژی الکتریکی تجدید پذیر» انجام دادند. این مقاله مروری است بر چالش وکمبود های انرژی تجدید ناپذیر که به هوشمند شدن شهرها و اهمیتاستفاده از انواع انرژی تجدید پذیر اشاره شده است. سپس به بیان انواع روش‌های متداول تولید انرژی تجدید پذیر پرداخته شده است. در گام بعدی انواع روش‌های نوین تولید انرژی تجدید پذیر و مزایا ومعایب آن‌ها و شرح پیاده سازی هر روش به همراه نمونه‌های اجرا شده درکشورهای مختلف دنیا موردبررسی قرار گرفته است. در بیان روش‌های نوین سعی برآن شده است که ظرفیت کشور و قابلیت پیاده سازی آنها را در ایران در نظر گرفته شود.

بریمانی و کعبی نژادیان (۱۳۹۵) مطالعه‌ای با عنوان «اولویت بندی نیروگاه‌های تولید برق تجدید پذیر در ایران» انجام دادند. در این مطالعه به اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق تجدید پذیر از منظر سیاست‌گذاران و تصمیم گیران برق کشور پرداخته شده است. در این تحقیق با تکیه بر نقش و میزان تأثیر معیارهای توسعه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) اولویت بندی در قالب روش تصمیم‌گیری چند معیاره ANP – BOCR انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که اولویت‌های تولید

برق تجدیدپذیر در ایران به ترتیب نیروگاه بادی، خورشیدی حرارتی و برق آبی کوچک می‌باشند. کلیه محاسبات در این تحقیق با استفاده از نرم افزار Super Decisions انجام شده است.

میرزایی و باقری‌نژاد (۱۳۹۱) مطالعه‌ای با عنوان «ارائه مدل سلسله مراتبی برای اولویت بندی انرژی‌های تجدید پذیر به کمک روش Fuzzy-AHP » انجام دادند. هدف این مقاله ارائه‌ی روشی است که بتواند از بین انرژی‌های تجدید پذیر، بهترین آلترناتیو انرژی را با توجه به معیارهای تعریف شده با رویکرد کاهش اثرات مخرب بر محیط‌زیست، هزینه و چند معیار دیگر به کمک روش Fuzzy-AHP تعیین کند. در روش Fuzzy-AHP وزن‌های معیارهای انتخاب، بوسیله مارتیس مقایسات زوجی تعیین می‌شود. ابتکار مقاله در بکارگیری روش پیشنهادی Fuzzy-AHP برای انتخاب بهترین سیاست انرژی به منظور بهبود در برنامه ریزی محیط‌زیست است. در نتیجه به کمک روش پیشنهادی در این مقاله، می‌توان انرژی‌های تجدید پذیر را در کشورمان رتبه بندی کرده و بهترین آن‌ها شناسایی می‌شود. باتوجه به اهمیت انرژی‌های تجدید پذیر در آینده محیط‌زیست، شناسایی و رتبه بندی آن‌ها می‌تواند گامی مؤثر در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه ریزی محیط‌زیست داشته باشد.

رازینی و همکاران (۱۳۹۰) مطالعه‌ای با عنوان «اولویت بندی منابع تجدید پذیر انرژی ایران با رویکرد MCDM » انجام دادند. باتوجه به سیاست‌های کشورمبنی برگسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر دراین مقاله به اولویت بندی این منابع برای تولید برق در کشور با رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره MCDM) با تاکید بر معیارهای بومی می‌پردازد به منظور انتخاب معیارهای اصلی و مؤثر درتصمیم‌گیری ابتدا معیارهای متداول دربرنامه ریزی انرژی از مقالات متعدد استخراج شده و سپس با بررسی چشم اندازها و قوانین کشور به استخراج سیاست‌های کشور و تدوین معیارهای بومی توسعه تولید برق پرداخته می‌شود سپس مدل تصمیم گیری چندمعیاره با روش AHP و به کمک نرم افزار Expert Choice پیاده سازی شد با توجه به ساختار روش AHP ارزیابی گزینه‌ها و معیارها

توسط یک گروه متخصص صورت گرفت و انرژی‌های بادی زیست توده خورشیدی زمین گرمایی و هیدروژنی به ترتیب به عنوان اولویت‌های منابع تجدید پذیر کشور برای تولید برق تعیین شدند.

۲-۱۱- استخراج معیارها و زیرمعیارها

از طریق بررسی ادبیات تحقیق، مهم‌ترین معیارها و زیرمعیارها در انتخاب و اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر شناسایی شده است که در جدول ۲-۵ بیان شده است.

جدول ۲-۳-معیارها و شاخص‌های مورد توجه در رتبه بندی منابع انرژی تجدیدپذیر (کولاک[1] و همکاران، ۲۰۱۷)

معیارها	زیرمعیارها (شاخص‌ها)
اجتماعی-سیاسی	سازگاری با سیاست انرژی ملی
	پذیرش سیاسی
	پذیرش اجتماعی
اقتصادی	تأثیر کار
	هزینه انرژی به صورت مجزا
	دوره خدمات
	در دسترس بودن وجوه
	توان مالی
	دوره‌ی باز پرداخت
	کمک به اقتصاد
	امکان پذیری
تکنولوژیکی	ریسک
	مدت زمان آماده سازی
	مدت زمان اجرا
	تداوم و پیش بینی عملکرد
	دانش فنی محلی
محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای
	زمینه‌های مورد نیاز
	نیاز به دفع زباله
	آسیب زیست‌محیطی
	دیگر اثرات زیست‌محیطی

[1] Colak

معیارها	زیرمعیارها (شاخص‌ها)
فنی	ظرفیت‌های تولید انرژی
	بهره وری
	بلوغ تکنولوژیک
	قابلیت اطمینان
	ظرفیت نصب شده
کیفیت منابع انرژی	پایداری
	طول عمر
	فاصله تا مصرف کننده

۲-۱۲- خلاصه فصل

در این فصل از تحقیق به بررسی ادبیات و پیشینه تحقیق پرداخته شد تا مبانی نظری تحقیق شکل گیرد. بدین منظور، در ابتدای فصل به تشریح مفهوم انرژی پرداخته شده و در ادامه انواع مختلف انرژی شامل انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر توضیح داده شدند. بر اساس بررسی ادبیات تحقیق، مشخص می‌شود که انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به تغییرات آب و هوایی شد که این امر زمینه طراحی و ساخت فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر جدید را فراهم کرد. گزارش‌ها حاکی از آن است که بازارهای انرژی تجدیدپذیر طی دهه آینده گسترش خواهند یافت. انرژی‌های تجدیدپذیر قابلیت این را دارند که فقیرترین کشورها را به سطح بالایی از رفاه برساند. خروجی اکثر منابع تجدیدپذیر برق است که مزایای متعددی دارد؛ زیرا می‌توان برق را به گرما تبدیل کرد (که نسبت به سوخت فسیلی قادر به تولید گرمایی بیشتری است)، همچنین می‌توان برق را به انرژی مکانیکی تبدیل کرد که بازدهی بالایی دارد و در حین مصرف آلودگی تولید نمی‌کند. علاوه بر این، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر کارآمدتر است و منجر به کاهش قابل توجهی در نیازهای اولیه انرژی می‌شود؛ چراکه انرژی‌های تجدیدپذیر چرخه فشرده با تلفات زیاد ندارند. سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر روزبه‌روز کارآمدتر و ارزان‌تر می‌شوند و سهم آنها در مصرفی کلی انرژی به‌سرعت در حال افزایش است.

همچنین در این بررسی مشخص شد که بیشترین پروژه‌ها و محصولات انرژی‌های نو در مقیاس بزرگ موجود می‌باشند، ولی انرژی‌های نو را می‌توان در مقیاس‌های کوچک (نیروگاه کوچک خارج مدار یا نیروگاه کوچک مدار بسته) هم استفاده کرد؛ به این دلیل که منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در تمام نقاط کره زمین در دسترس می‌باشند، در حواشی و در جاهای دور افتاده، نقش انرژی‌های نو به‌خوبی نمایان می‌شود، در حالی که منابع سوخت‌های فسیلی (نفت، گاز، و زغال‌سنگ) فقط در کشورهای خاصی یافت می‌شود. در مجموع بررسی ادبیات تحقیق به وضوح نشان می‌دهد که روندهای جهانی در راستای کاهش استفاده از سوخت‌های فسیلی و افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر حرکت می‌کنند.

از بین انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های مربوط به زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی توضیح داده شد و از میان انرژی‌های تجدیدناپذیر به مواردی چون انرژی بادی، انرژی آب، جزر و مد، انرژی زمین‌گرمایی و غیره اشاره شد. بر اساس بررسی ادبیات تحقیق مشخص می‌شود که در حال حاضر استفاده از انرژی خورشیدی کاربرد بسیار زیادی پیدا کرده است. انرژی خورشیدی منحصربه‌فردترین منبع انرژی تجدیدپذیر در جهان است و منبع اصلی تمامی انرژی‌های موجود در زمین است. انرژی خورشیدی به صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌تواند به اشکال دیگر انرژی تبدیل گردد. انرژی خورشید همانند سایر انرژی‌ها به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم می‌تواند به دیگر اشکال انرژی همانند گرما و الکتریسیته و غیره تبدیل شود؛ اما موانعی شامل: ضعف علمی و تکنیکی در تبدیل به علت کمبود دانش و تجربه میدانی – متغیر و متناوب بودن مقدار انرژی به دلیل تغییرات جوی و فصول سال و جهت تابش – محدوده توزیع بسیار وسیع، موجب شده تا استفاده کمی از این انرژی صورت گیرد.

همچنین با استفاده از نمودارها و جداول مختلف، میزان تولید و مصرف انرژی‌های مختلف در ایران و جهان توضیح داده شد. براساس آمار منتشر شده توسط بانک جهانی، متوسط مصرف جهانی برق در دنیا برای مشترکین خانگی ۹۰۰ کیلووات ساعت در سال است؛ این در حالی است که

مشترکین ایرانی در بخش خانگی سالانه ۲۹۰۰ کیلووات ساعت برق مصرف می‌کنند و این رقم دست کم بیش از ۳ برابر میانگین جهانی است. به طور متوسط، ایران حدود ۴ برابر میانگین جهانی انواع انرژی‌ها را مصرف می‌کند. طبق آمارهای رسمی، ایران بعد از کشورهای آمریکا و روسیه، در رتبه سوم مصرف جهان قرار دارد.

در ادامه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و کاربردهای مختلف آن بیان شده و در روش‌هایی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، فرایند تحلیل شبکه و تاپسیس مورد بررسی قرار گرفتند. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به دو دسته عمده تصمیم‌گیری چندهدفه MODM و تصمیم‌گیری چندشاخصه MADM تقسیم می‌شود. در حالت کلی مدل‌های چند هدفه به منظور طراحی و مدل‌های چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه چون تأکید بر شناسایی شاخص‌های تصمیم‌گیری و تصمیم‌گیری براساس اوزان این شاخص‌هاست؛ بنابراین از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده خواهد شد. در انتهای این فصل نیز تعدادی از مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور توضیح داده شدند.

فصل سوم

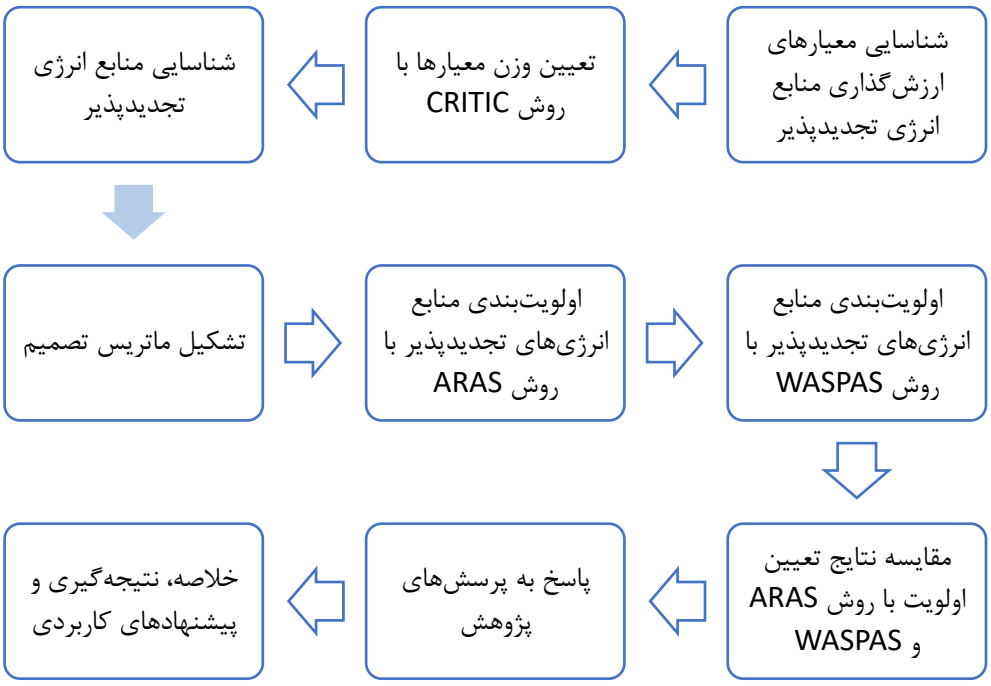
روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

روش تحقیق مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر و نظام یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه حل مشکلات است. به طوری که انتخاب متدولوژی تحقیق یکی از مهم‌ترین و فنی‌ترین مراحلی است که پژوهشگر باید با حساسیت ویژه، ابزاری مناسب برای گردآوری داده‌ها طراحی نموده و با انتخاب نمونه آماری، داده‌های نگرشی و جمعیت‌شناختی مورد نیاز را جمع‌آوری کند. همچنین شناخت روش‌های پژوهش و آگاهی از دقیق بودن آنها از حسّاسیت بیشتری برخوردار می‌باشد (خاکی، ۱۳۸۴). در این فصل ابتدا روش و نوع پژوهش و سپس جامعه و نمونه مورد بررسی معرفی گردیده است. در ادامه، روش و ابزار گردآوری داده‌ها معرفی گردیده است. سرانجام نیز روش تجزیه و تحلیل داده‌ها بیان شده است. در بخش نهائی نیز روش‌های CRITIC، ARAS و WASPAS به عنوان روش‌های اصلی تجزیه و تحلیل داده‌ها بررسی شده است.

۳-۲- روش و الگوریتم اجرای تحقیق

روش تحقیق براساس هدف، روش گردآوری داده‌ها، بازه زمانی و محتوای داده‌ها، قابل دسته‌بندی است (سرمد و همکاران، ۱۳۹۴). هدف اصلی از انجام این پژوهش اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب‌وهوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی است؛ بنابراین پژوهش حاضر از نظر هدف یک پژوهش کاربردی است. همچنین از نظر روش گردآوری داده‌ها یک پژوهش پیمایشی است. تحقیق پیمایشی روشی است برای بدست‌آوردن اطلاعاتی در باره دیدگاه‌ها، باورها، نظرات، رفتارها، انگیزه‌ها یا مشخصات گروهی از اعضای یک جامعه. الگوریتم اجرائی این پژوهش در شکل ۳-۱ آمده است.



شکل ۳-۱- الگوریتم اجرای تحقیق

در واقع این مطالعه از دو منظر بررسی شده است:

۱. شناسایی و تعیین وزن معیارهای ارزش‌گذاری منابع انرژی تجدیدپذیر

۲. اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر با روش ARAS و WASPAS

درنهایت نیز به مقایسه نتایج حاصل از روش ARAS و WASPAS مبادرت ورزیده شده است.

۳-۴- جامعه، نمونه و روش نمونه‌گیری

مجموعه واحدهایی که حداقل در یک صفت مشترک باشند یک جامعه را تشکیل می‌دهند. نمونه عبارت است از مجموعه‌ای از یک جامعه بزرگتر به طوری که معرف ویژگی‌های آن جامعه باشد و نمونه‌گیری فرایند انتخاب نمونه است (خاکی، ۱۳۸۴).

در این پژوهش از نظرات و دیدگاه‌های خبرگان و متخصصین در حوزه انرژی استفاده می‌کنیم. در این مطالعه خبره فردی است که:

- مدرک تحصیلی در زمینه انرژی داشته باشند.

- ❖ حداقل مدرک کارشناسی ارشد داشته باشد.
- ❖ حداقل ده سال سابقه کاری در زمینه انرژی داشته باشند.
- ❖ حداقل پنج سال سابقه مدیریت در زمینه انرژی داشته باشند.

ساعتی[1] (۱۹۹۰) معتقد است تعداد ده نفر از خبرگان برای مطالعات مبتنی بر تصمیم‌گیری چندمعیاره کافی است. به پرسشنامه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پرسشنامه خبره گفته می‌شود، زیرا پاسخ‌دهندگان به مسائل تصمیم‌گیری خبرگان، مدیران و اساتیدی هستند که در زمینه مورد بحث صاحب نظر می‌باشند؛ بنابراین افراد واجد شرایط ذاتاً محدود هستند. در بیشتر موارد کمتر از ۱۰ کارشناس در دسترس است و این رویکردی متعارف در حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۹)؛ بنابراین دایره انتخاب خبرگان بسیار محدود است و در نتیجه ۱۰ نفر از افراد واجد شرایط به عنوان نمونه مورد بررسی در این مطالعه انتخاب شده‌اند. نمونه‌گیری با استفاده از روش‌های غیراحتمالی و بصورت گلوله برفی انجام شده است.

۳-۵- روش و ابزار گردآوری اطلاعات

به‌طورکلی روش‌های گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دو دسته کتابخانه‌ای و میدانی تقسیم می‌شود. در خصوص گردآوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای و جهت گردآوری اطلاعات برای تأیید یا رد فرضیه‌های پژوهش از روش میدانی استفاده شده است. در این پژوهش برای جمع آوری داده‌های پژوهش از ابزار پرسشنامه استفاده گردیده است.

۳-۶- روائی ابزار گردآوری داده‌ها

برای بررسی روایی از محاسبه نسبت روایی محتوایی (CVR) استفاده شده است. این شاخص توسط لاوشه طراحی شده است. جهت محاسبه این شاخص از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه

[1] Saaty, T.L.

محتوای آزمون مورد نظر استفاده می‌شود و با توضیح اهداف آزمون برای آن‌ها و ارائه تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات به آن‌ها، از آن‌ها خواسته می‌شود تا هریک از سؤالات را بر اساس طیف سه بخشی لیکرت «گویه: ضروری است»، «گویه: مفید است ولی ضروری نیست» و «گویه: ضرورتی ندارد» طبقه بندی کنند. سپس بر اساس فرمون زیر، نسبت روایی محتوایی محاسبه می‌شود:

رابطه ۱

$$CVR = \frac{n_e - N/2}{N/2}$$

در این فرمول داریم:

N: تعداد کل متخصصین

Ne: تعداد متخصصینی که گزینه ضروری را انتخاب کرده‌اند.

چون این مطالعه براساس دیدگاه ۱۰ نفر از خبرگان انجام خواهد شد؛ بنابراین هر شاخصی که امتیازی بالای ۰/۶۲ کسب کند، انتخاب خواهد شد. پایایی نیز با استفاده از روش بازآزمون بررسی گردیده است.

جدول ۳-۱- نتایج نسبت روایی محتوایی شاخص‌های پژوهش

گویه‌های پرسشنامه	نماد	Ne	CVR	نتیجه
تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	C01	۹	۰.۸۰	پذیرش
هزینه انرژی به صورت مجزا (همه هزینه‌های سرمایه‌گذاری، عملیات،	C02	۹	۰.۸۰	پذیرش
دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	C03	۱۰	۱.۰۰	پذیرش
در دسترس بودن وجوه (در دسترس بودن منابع مالی ملی و بین‌المللی و کمک اقتصادی دولت)	C04	۹	۰.۸۰	پذیرش
توان مالی (میزان قیمت انرژی تجدیدپذیر نسبت به هزینه میانگین انرژی)	C05	۹	۰.۸۰	پذیرش
دوره بازگشت سرمایه	C06	۱۰	۱.۰۰	پذیر

گویه‌های پرسشنامه	نماد	Ne	CVR	نتیجه
				ش
کمک به اقتصاد ایران (از نظر ایجاد املاک صنعتی جدید و واحدهای کسب‌وکار جدید)	C07	۵	۰.۰۰	رد
امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	C08	۹	۰.۸۰	پذیرش
ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	C09	۹	۰.۸۰	پذیرش
مدت زمان آماده سازی (میزان دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر برای	C10	۹	۰.۸۰	پذیرش
مدت زمان اجرا (قابلیت اجرای منابع انرژی تجدیدپذیر جهت رسیدن به حداقل هزینه)	C11	۹	۰.۸۰	پذیرش
تداوم و پیش بینی عملکرد (میزان عملکرد و دارایی منابع انرژی تجدیدپذیر)	C12	۱۰	۱.۰۰	پذیرش
دانش فنی محلی (توانایی کارگران محلی جهت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر)	C13	۴	-۰.۲۰	رد
میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	C14	۱۰	۱.۰۰	پذیرش
زمین مورد نیاز (میزان مساحت مورد نیاز زمین برای ساخت منابع انرژی تجدیدپذیر)	C15	۹	۰.۸۰	پذیرش
نیاز به دفع زباله (میزان تاثیرات منفی منابع انرژی تجدیدپذیر بر روی کیفیت محیط)	C16	۹	۰.۸۰	پذیرش
آسیب زیست‌محیطی (میزان خطرات منابع انرژی تجدیدپذیر بر روی محیط و زمین)	C17	۹	۰.۸۰	پذیرش
دیگر اثرات زیست‌محیطی (میزان تاثیرات دیگر منابع انرژی تجدیدپذیر	C18	۹	۰.۸۰	پذیرش
ظرفیت‌های تولید انرژی (میزان تولید انرژی سالانه از منابع انرژی تجدیدپذیر)	C19	۱۰	۱.۰۰	پذیرش
بهره وری (نشان دهنده میزان این که چقدر انرژی مؤثر می‌توان.....	C20	۱۰	۱.۰۰	پذیرش
بلوغ تکنولوژیک (نشان دهنده میزان جدید بودن منابع انرژی تجدیدپذیر و	C21	۹	۰.۸۰	پذیرش
قابلیت اطمینان (از نظر میزان انقطاع و تعلیق منبع انرژی)	C22	۱۰	۱.۰۰	پذیرش

گویه‌های پرسشنامه	نماد	Ne	CVR	نتیجه
ظرفیت نصب شده (ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر با توجه به مقادیر ظرفیت نصب شده)	C23	۳	-۰.۴۰	رد
پایداری (میزان توانایی منابع انرژی تجدیدپذیر جهت تعبیه مداوم انرژی به مصرف کننده نهایی)	C24	۹	۰.۸۰	پذیرش
طول عمر (دوره زمانی که منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند استفاده شود)	C25	۹	۰.۸۰	پذیرش
فاصله تا مصرف کننده (نشان دهنده فاصله منابع انرژی تجدیدپذیر تا	C26	۹	۰.۸۰	پذیرش

شاخص‌های کمک به اقتصاد ایران (از نظر ایجاد املاک صنعتی جدید و واحدهای کسب‌وکار جدید)؛ دانش فنی محلی (توانایی کارگران محلی جهت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر) و ظرفیت نصب شده (ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر با توجه به مقادیر ظرفیت نصب شده) حذف شدند.

۳-۷- روش‌های تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

این مطالعه با اتکا به تکنیک‌های تحقیق در عملیات صورت گرفته است. برای اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی از روش ARAS و WASPAS استفاده شده است. تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست آمده با کدنویسی در محیط اکسل انجام شده است.

۳-۷-۱- روش CRITIC

روش CRITIC مخفف CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation به معنی اهمیت معیارها مبتنی بر همبستگی درونی معیارها است. این روش توسط دیاکولاکی، ماوروتاس و پاپایاناکیس[1] در سال ۱۹۹۵ پیشنهاد شده است و یک روش بسیار مناسب و کاربردی برای تعیین وزن معیارها است. از نظر کارکرد این روش مشابه روش انتروپی شانون است با این تفاوت که در این

[1] Diakoulaki, Mavrotas, and Papayannakis

روش فقط به پراکندگی داده‌ها تکیه نمی شود. استفاده از روش CRITIC به صورت ترکیبی با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بسیار سازگار است. همانطور که می‌دانید در یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند تاپسیس و ... از تعدادی معیار برای انتخاب بهترین گزینه استفاده می‌شود. همیشه وزن معیارها به عنوان یک ورودی دردسر اصلی پژوهشگران است. روش کریتیک با استفاده از همان ماتریس تصمیم و بدون نیاز به داده‌های جدید، وزن معیارها را بدست می‌دهد.

یک مزیت مهم این روش این است که برای تعیین وزن معیارها از دیدگاه خبرگان استفاده نمی‌شود. دخالت نداشتن نظر کارشناسان در روش CRITIC می تواند یکی از مهمترین قابلیت های این روش محسوب شود (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵). اگر چه خبرگان از دانش و تجربه خود برای تعیین وزن معیارها استفاده می‌کنند اما با بیشتر شدن تعداد معیارها، احتمال خطاهای انسانی و ایجاد شک و تردید در مورد قابلیت اطمینان نتایج نیز افزایش پیدا می‌کند. در روش کریتیک CRITIC با استفاده از انحراف معیار و همبستگی درونی معیارها وزن هر معیار تعیین می‌شود. مزیت دیگر روش CRITIC آن است که نیازی به گردآوری داده‌های جدیدی برای تعیین وزن معیارها نیست. برای وزن‌دهی در روش CRITIC از ماتریس تصمیم استفاده می‌شود.

ماتریس تصمیم به ماتریس امتیازدهی شاخص‌ها براساس معیارها (ماتریس تصمیم) تشکیل شده است. ماتریس تصمیم را با X و هر درایه آن را با x_{ij} نشان می‌دهند.

رابطه ۲ - ماتریس تصمیم‌گیری

$$\mathrm{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

ملاک تعیین وزن در روش CRITIC مقادیر ماتریس تصمیم است. برای سنجش همبستگی مقادیر از رابطه ۳ استفاده می‌شود.

رابطه ۳: همبستگی داده‌ها در روش CRITIC

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$$

برای تعیین وزن اولیه معیارها از رابطه ۴ استفاده می‌شود.

رابطه ۴: تعیین وزن اولیه معیارها در روش CRITIC

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^{m} (1 - r_{ij})$$

سرانجام با استفاده از رابطه ۵ و به روش خطی وزن نهایی معیارها تعیین می‌شود.

رابطه ۵: تعیین وزن نهایی معیارها در روش CRITIC

$$W_j = \frac{C_j}{\sum C_j}$$

۳-۷-۲- روش ARAS

برای تعیین بهترین گزینه از تکنیک ARAS استفاده شده است. واژه ARAS مخفف جمله Additive Ratio Assessment به معنی ارزیابی نسبت جمعی می باشد. تکنیک ARAS به وسیله زاوادساکاس و تورکیز[1] به سال ۲۰۱۰ پیشنهاد شد که یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. ماتریس تصمیم روش ARAS به صورت معیار-گزینه است.

این روش برای انجام نیازمند وزن معیارها است پس باید ابتدا توسط روش هایی نظیر CRITIC وزن معیارها را محاسبه کرد سپس توسط این روش گزینه ها را رتبه بندی نمود. پرسشنامه روش ARAS همانند پرسشنامه روش تاپسیس می باشد. بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد.

در گام نخست ماتریس امتیازدهی شاخص‌ها براساس معیارها (ماتریس تصمیم) تشکیل شده است. ماتریس تصمیم را با X و هر درایه آن را با x_{ij} نشان می‌دهند.

در گام دوم بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری با روش خطی صورت گرفته است. هر درایه ماتریس بی‌مقیاس شده را با N و هر درایه آن را با n_{ij} نشان می‌دهند. در تکنیک ARAS نرمال سازی بروش خطی صورت می‌گیرد.

[1] Zavadskas, E. K., & Turskis, Z.

رابطه ۶: نرمال‌سازی به روش خطی

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}}$$

اگر شاخص‌ها از نوع منفی (زیان) باشند ابتدا باید معکوس شوند و سپس به روش خطی نرمال شوند:

رابطه ۷: نرمال‌سازی برای شاخص‌های از نوع زیان

$$x_{ij} = \frac{1}{x_{ij}^{-}}$$

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}}$$

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقیاس (N) به ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون باید اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. مجموع اوزان شاخص‌ها باید برابر ۱ باشد:

$$\sum_{j=1}^{n} W = 1$$

اوزان محاسبه شده در ماتریس بی‌مقیاس شده ضرب می‌شود. ماتریس حاصل را ماتریس بی‌مقیاس شده موزون گویند و با V نشان داده می‌شود.

رابطه ۸: ماتریس تصمیم موزون

$$V = N \times W_j$$

$$V_{ij} = N_{ij} \times W_j$$

$$\mathrm{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} \dots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \end{bmatrix}$$

در گام چهارم میزان مطلوبیت هر گزینه بوسیله تابع مطلوبیت با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

رابطه ۹: میزان مطلوبیت گزینه‌ها

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} V_{ij}$$

مجموع مقادیر S_i برابر یک می‌شود. بهترین گزینه آن است که S_i بزرگتری دارد. همچنین درنهایت باید درجه مطلوبیت محاسبه شود. درجه مطلوبیت گزینه A_i براساس مقایسه S_i با یک مقدار

بهینه محاسبه می‌شود. مقدار بهینه (S_o) براساس دیدگاه خبرگان، نرم صنعت یا بهترین مقادیر ماتریس موزون شده قابل حصول است. درجه مطلوبیت گزینه A_i با K_i نشان داده شده و به صورت زیر قابل محاسبه است:

رابطه ۱۰: درجه مطلوبیت نهایی گزینه‌ها

$$K_i = \frac{S_i}{S_o}$$

مقدار K_i بین [۰و۱] است و هرچه درجه مطلوبیت به یک نزدیک‌تر باشد گزینه بهتر خواهد بود.

۳-۷-۳- تکنیک WASPAS

تکنیکWASPAS[1] یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به وسیله تورکیز و همکاران[2] در سال ۲۰۱۵ پیشنهاد شد. این روش ترکیبی از دو مدل WSM (مدل مجموع وزنی) و WPM (مدل ضرب وزنی) است. این روش دارای دقت بیشتر در مقایسه با روشهای مستقل است. ماتریس تصمیم روش WASPAS به صورت معیار-گزینه است و یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه است.

تشکیل ماتریس تصمیم

نخستین گام در این تکنیک تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم یک ماتریس برای ارزیابی تعدادی گزینه براساس تعدادی معیار است؛ یعنی ماتریسی که در آن هر گزینه براساس تعدادی معیار امتیازدهی شده است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده شده است.

[1] Weighted Aggregated Sum Product Assessment, WASPAS
[2] Turskis, Z., Zavadskas, E. K., Antucheviciene, J., & Kosareva, N.

تهیه ماتریس بی‌مقایس شده

در گام دوم باید ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شود. اگر ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده شود ماتریس تصمیم نرمال با $\bar{X}$ و هر درایه ماتریس بی‌مقیاس شده با $\bar{x}_{ij}$ نشان می‌دهند. در تکنیک WASPAS نرمال سازی بروش خطی صورت می‌گیرد.

اگر شاخص‌ها از نوع مثبت باشد از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود:

رابطه ۱۱

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max x_{ij}}$$

اگر شاخص‌ها از رابطه ۱۲ استفاده می‌شود:

رابطه ۱۲

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}$$

محاسبه معیارهای انتخاب گزینه بهینه

در تکنیک WASPAS دو معیار برای گزینه بهینه محاسبه می‌شود:

نخستین معیار بهینگی گزینه‌ها روش جمع وزن‌دار[1] (WSM)است. برای این کار وزن هر معیار باید در عناصر ستون خود در ماتریس نرمال ضرب شود:

رابطه ۱۳

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij} w_j,$$

دومین معیار بهینگی با روش ضرب وزن دار[2] (WPM) بدست می‌آید:

رابطه ۱۴

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{w_j},$$

سومین معیار براساس فرمول زاوادکاس محاسبه می‌شود:

---

[1] Weighted Sum Model
[2] Weighted Product Model

رابطه ۱۵

$$Q_i = 0.5Q_i^{(1)} + 0.5Q_i^{(2)}$$

ابتدا با رابطه ۱۳ جمع وزن‌دار هر گزینه محاسبه می‌شود. سپس با رابطه ۱۴ ضرب وزن دار هر گزینه محاسبه می‌شود. در انتها کافی است با رابطه ۱۵ دو امتیاز حاصل از جمع وزن‌دار هر گزینه و ضرب وزن‌دار ترکیب شوند. به این ترتیب وزن نهایی محاسبه خواهد شد.

فصل چهارم

تجزیه‌و تحلیل داده‌ها

۴-۱- مقدمه

در این فصل، ابتدا نتایج حاصل از ارزیابی دیدگاه خبرگان ارائه شده، سپسبه اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی پرداخته شده است. برای اولویت‌بندی شاخص‌ها از روش CRITIC استفاده شده است. با استفاده از روش‌های WASPAS و ARAS به تفکیک هر منطقه منابع انرژی اولویت‌بندی گردیده است. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست آمده از کدنویسی در محیط اکسل استفاده شده است.

۴-۲- تشکیل ماتریس تصمیم

برای اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر از روش WASPAS و ARAS استفاده شده است و در نهایت نتایج حاصل از این دو روش باهم مقایسه گردیده است. در هر دو روش باید ابتدا ماتریس تصمیم را تشکیل داد. براساس این ماتریس براساس هر معیار به ارزیابی منابع پرداخته و امتیازی به آنها داده می‌شود. این ماتریس ملاک تصمیم‌گیری پیرامون منابع انرژی تجدیدپذیر است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده شده است.

رابطه ۱۶: ماتریس تصمیم

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

در این مطالعه موردی عملکرد ۵ منبع براساس ۲۳ معیار در سه منطقه مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای عملکردی با نماد C_j و شرکت‌ها با نماد A_i نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد. ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق بیابانی) در جدول ۴-۱ ارائه شده است. ماتریس تصمیم برای مناطق کوهستانی در

جدول ۴-۲ و مناطق معتدل نیز در

جدول ۴-۳ آمده است.

جدول ۴-۱- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق بیابانی)

بیابانی	A01	A02	A03	A04	A05
C01	۴.۸۰	۶.۷۰	۱.۷۰	۲.۸۰	۲.۴۰
C02	۵.۸۹	۶.۵۶	۶.۳۳	۵.۴۴	۵.۶۷
C03	۶.۵۰	۷.۴۰	۴.۱۰	۵.۵۰	۵.۹۰
C04	۴.۶۰	۵.۴۰	۲.۶۰	۴.۰۰	۲.۸۰
C05	۴.۵۶	۵.۰۰	۲.۸۹	۳.۵۶	۲.۸۹
C06	۴.۹۰	۶.۴۰	۲.۱۰	۳.۲۰	۲.۴۰
C07	۶.۰۰	۷.۴۰	۲.۶۰	۳.۹۰	۲.۳۰
C08	۵.۷۵	۶.۲۵	۵.۲۵	۵.۷۵	۶.۶۳
C09	۴.۸۰	۵.۲۰	۳.۲۰	۳.۵۰	۳.۱۰
C10	۵.۲۰	۶.۲۰	۳.۳۰	۳.۷۰	۲.۸۰
C11	۵.۸۹	۷.۵۶	۳.۲۲	۳.۸۹	۳.۴۴
C12	۵.۱۰	۵.۰۰	۴.۸۰	۳.۳۰	۴.۷۰
C13	۷.۱۱	۶.۲۲	۴.۰۰	۵.۰۰	۴.۰۰
C14	۳.۸۰	۳.۹۰	۳.۹۰	۳.۷۰	۴.۱۰
C15	۴.۰۰	۴.۱۰	۴.۵۰	۳.۷۰	۴.۰۰
C16	۳.۶۰	۴.۲۰	۳.۱۰	۳.۸۰	۳.۲۰
C17	۵.۲۰	۷.۱۰	۲.۶۰	۴.۷۰	۳.۰۰
C18	۵.۳۰	۶.۸۰	۳.۲۰	۴.۷۰	۴.۲۰
C19	۵.۹۰	۶.۷۰	۵.۹۰	۴.۷۰	۴.۳۰
C20	۴.۱۰	۶.۵۰	۴.۰۰	۵.۸۰	۶.۱۰
C21	۵.۰۰	۵.۴۰	۴.۱۰	۶.۶۰	۶.۷۰
C22	۷.۴۴	۷.۵۶	۵.۷۸	۶.۰۰	۶.۵۶
C23	۴.۳۰	۵.۳۰	۳.۰۰	۴.۴۰	۳.۸۰

جدول ۴-۲- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق کوهستانی)

کوهستانی	A01	A02	A03	A04	A05
C01	۵.۳۰	۴.۹۰	۵.۱۰	۴.۱۰	۳.۸۰
C02	۶.۵۶	۶.۱۱	۵.۳۳	۴.۶۷	۴.۶۷
C03	۶.۵۰	۷.۳۰	۶.۷۰	۵.۸۰	۵.۹۰

کوهستانی	A01	A02	A03	A04	A05
C04	۴.۹۰	۴.۳۰	۵.۱۰	۳.۳۰	۳.۶۰
C05	۵.۳۳	۵.۴۴	۳.۵۶	۳.۳۳	۲.۴۴
C06	۵.۳۰	۴.۱۰	۵.۳۰	۴.۱۰	۳.۴۰
C07	۵.۳۰	۴.۶۰	۵.۰۰	۴.۰۰	۲.۹۰
C08	۶.۱۴	۶.۰۰	۶.۵۷	۵.۲۹	۴.۰۰
C09	۴.۵۰	۴.۵۰	۴.۶۰	۴.۴۰	۳.۳۰
C10	۵.۷۰	۶.۲۰	۴.۳۰	۴.۴۰	۳.۲۰
C11	۶.۳۸	۶.۱۳	۶.۵۰	۴.۸۸	۴.۶۳
C12	۵.۱۰	۵.۰۰	۴.۴۰	۳.۳۰	۴.۱۰
C13	۶.۸۹	۶.۰۰	۴.۶۷	۴.۵۶	۴.۲۹
C14	۴.۲۰	۴.۱۰	۴.۶۰	۳.۰۰	۳.۶۰
C15	۴.۵۰	۴.۵۰	۵.۵۰	۳.۱۰	۳.۷۰
C16	۴.۷۰	۴.۸۰	۵.۸۰	۴.۵۰	۴.۶۰
C17	۷.۱۰	۵.۱۰	۶.۳۰	۵.۵۰	۵.۰۰
C18	۶.۷۰	۶.۱۰	۶.۷۰	۴.۹۰	۵.۰۰
C19	۷.۱۰	۷.۹۰	۷.۱۰	۵.۰۰	۴.۸۰
C20	۵.۴۰	۵.۲۰	۶.۹۰	۶.۱۰	۶.۶۰
C21	۵.۷۰	۵.۵۰	۶.۱۰	۶.۷۰	۷.۲۰
C22	۷.۱۱	۷.۶۷	۶.۰۰	۶.۶۷	۶.۸۹
C23	۶.۷۰	۷.۴۰	۵.۹۰	۶.۲۰	۵.۶۰

جدول ۴-۳- ماتریس تصمیم منابع انرژی تجدیدپذیر (مناطق معتدل)

معتدل	A01	A02	A03	A04	A05
C01	۴.۶۰	۴.۳۰	۴.۲۰	۴.۷۰	۳.۰۰
C02	۶.۷۸	۶.۴۴	۵.۸۹	۴.۸۹	۵.۶۷
C03	۶.۱۰	۷.۰۰	۶.۱۰	۶.۵۰	۶.۳۰
C04	۴.۲۰	۴.۴۰	۳.۶۰	۳.۸۰	۳.۴۰
C05	۵.۶۷	۶.۰۰	۳.۶۷	۳.۲۲	۲.۷۸
C06	۵.۰۰	۵.۱۰	۴.۰۰	۴.۳۰	۲.۷۰
C07	۵.۰۰	۵.۸۰	۵.۱۰	۵.۷۰	۳.۷۰
C08	۵.۰۰	۵.۳۳	۳.۶۷	۳.۷۸	۴.۰۰

معتدل	A01	A02	A03	A04	A05
C09	۶.۱۰	۶.۰۰	۴.۳۰	۳.۹۰	۲.۶۰
C10	۶.۲۰	۶.۲۰	۵.۱۰	۴.۲۰	۳.۰۰
C11	۶.۱۳	۶.۲۵	۵.۶۳	۵.۸۸	۵.۲۵
C12	۴.۳۰	۴.۵۰	۳.۹۰	۳.۳۰	۴.۳۰
C13	۷.۱۱	۵.۱۱	۵.۴۴	۵.۲۲	۴.۸۶
C14	۴.۶۰	۴.۳۰	۴.۲۰	۳.۹۰	۳.۸۰
C15	۴.۷۰	۴.۸۰	۴.۷۰	۳.۸۰	۴.۳۰
C16	۴.۲۰	۴.۲۰	۴.۹۰	۵.۲۰	۴.۴۰
C17	۶.۳۰	۵.۱۰	۶.۰۰	۶.۰۰	۴.۳۰
C18	۶.۱۰	۵.۹۰	۶.۶۰	۵.۶۰	۴.۹۰
C19	۵.۹۰	۶.۸۰	۷.۳۰	۵.۰۰	۴.۴۰
C20	۴.۵۰	۵.۶۰	۶.۶۰	۶.۷۰	۶.۹۰
C21	۵.۱۰	۵.۵۰	۵.۴۰	۷.۴۰	۷.۳۰
C22	۶.۶۷	۷.۱۱	۶.۳۳	۶.۸۹	۶.۷۸
C23	۵.۶۰	۶.۷۰	۴.۵۰	۵.۵۰	۴.۵۰

هریک از منابع انرژی تجدیدپذیر عبارتند از:

انرژی بادی (A1)

انرژی خورشیدی (A2)

انرژی برق آبی (A3)

انرژی زیست توده (A4)

انرژی زمین گرمایی (A5)

از مقادیر مندرج در ماتریس‌های تصمیم‌گیری برای تعیین وزن معیارها و همینطور اولویت‌بندی منابع انرژی تجدید پذیر استفاده شده است. محاسبات مربوط به هر یک از این موارد به تفکیک مناطق بیابانی، کوهستانی و معتدل ارائه شده است.

۴-۳- تعیین وزن معیارهای ارزیابی منابع

روش WASPAS و ARAS برای تعیین اولویت گزینه‌ها نیازمند محاسبه وزن معیارهای تصمیم‌گیری هستند. برای سنجش همبستگی مقادیر از رابطه ۳ استفاده می‌شود.

رابطه ۱۷: همبستگی داده‌ها در روش CRITIC

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$$

ماتریس همبستگی روش CRITIC برای مناطق بیابانی در جدول ۴-۴، برای مناطق کوهستانی در جدول ۴-۵ و برای مناطق معتدل در جدول ۴-۶ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۴- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق بیابانی)

R	A01	A02	A03	A04	A05
C01	۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۲۲	۰.۱۴
C02	۰.۴۰	۱.۰۰	۰.۸۰	۰.۰۰	۰.۲۰
C03	۰.۷۳	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۴۲	۰.۵۵
C04	۰.۷۱	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۵۰	۰.۰۷
C05	۰.۷۹	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۳۲	۰.۰۰
C06	۰.۶۵	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۲۶	۰.۰۷
C07	۰.۷۳	۱.۰۰	۰.۰۶	۰.۳۱	۰.۰۰
C08	۰.۳۶	۰.۷۳	۰.۰۰	۰.۳۶	۱.۰۰
C09	۰.۸۱	۱.۰۰	۰.۰۵	۰.۱۹	۰.۰۰
C10	۰.۷۱	۱.۰۰	۰.۱۵	۰.۲۶	۰.۰۰
C11	۰.۶۲	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۱۵	۰.۰۵
C12	۱.۰۰	۰.۹۴	۰.۸۳	۰.۰۰	۰.۷۸
C13	۱.۰۰	۰.۷۱	۰.۰۰	۰.۳۲	۰.۰۰
C14	۰.۲۵	۰.۵۰	۰.۵۰	۰.۰۰	۱.۰۰
C15	۰.۳۸	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۳۸
C16	۰.۴۵	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۶۴	۰.۰۹
C17	۰.۵۸	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۴۷	۰.۰۹
C18	۰.۵۸	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۴۲	۰.۲۸
C19	۰.۶۷	۱.۰۰	۰.۶۷	۰.۱۷	۰.۰۰
C20	۰.۰۴	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۷۲	۰.۸۴

A05	A04	A03	A02	A01	R
۱.۰۰	۰.۹۶	۰.۰۰	۰.۵۰	۰.۳۵	C21
۰.۴۴	۰.۱۳	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۹۴	C22
۰.۳۵	۰.۶۱	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۷	C23

جدول ۴-۵- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق کوهستانی)

A05	A04	A03	A02	A01	R
۰.۰۰	۰.۲۰	۰.۸۷	۰.۷۳	۱.۰۰	C01
۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۳۵	۰.۷۶	۱.۰۰	C02
۰.۰۷	۰.۰۰	۰.۶۰	۱.۰۰	۰.۴۷	C03
۰.۱۷	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۶	۰.۸۹	C04
۰.۰۰	۰.۳۰	۰.۳۷	۱.۰۰	۰.۹۶	C05
۰.۰۰	۰.۳۷	۱.۰۰	۰.۳۷	۱.۰۰	C06
۰.۰۰	۰.۴۶	۰.۸۸	۰.۷۱	۱.۰۰	C07
۰.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۷۸	۰.۸۳	C08
۰.۰۰	۰.۸۵	۱.۰۰	۰.۹۲	۰.۹۲	C09
۰.۰۰	۰.۴۰	۰.۳۷	۱.۰۰	۰.۸۳	C10
۰.۰۰	۰.۱۳	۱.۰۰	۰.۸۰	۰.۹۳	C11
۰.۴۴	۰.۰۰	۰.۶۱	۰.۹۴	۱.۰۰	C12
۰.۰۰	۰.۱۰	۰.۱۵	۰.۶۶	۱.۰۰	C13
۰.۳۸	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۹	۰.۷۵	C14
۰.۲۵	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۸	۰.۵۸	C15
۰.۰۸	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۲۳	۰.۱۵	C16
۰.۰۰	۰.۲۴	۰.۶۲	۰.۰۵	۱.۰۰	C17
۰.۰۶	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	۱.۰۰	C18
۰.۰۰	۰.۰۶	۰.۷۴	۱.۰۰	۰.۷۴	C19
۰.۸۲	۰.۵۳	۱.۰۰	۰.۰۰	۰.۱۲	C20
۱.۰۰	۰.۷۱	۰.۳۵	۰.۰۰	۰.۱۲	C21
۰.۵۳	۰.۴۰	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۶۷	C22
۰.۰۰	۰.۳۳	۰.۱۷	۱.۰۰	۰.۶۱	C23

جدول ۴-۶- ماتریس همبستگی روش CRITIC (مناطق معتدل)

A05	A04	A03	A02	A01	R

A05	A04	A03	A02	A01	R
۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۷۱	۰.۷۶	۰.۹۴	C01
۰.۴۱	۰.۰۰	۰.۵۳	۰.۸۲	۱.۰۰	C02
۰.۲۲	۰.۴۴	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۰۰	C03
۰.۰۰	۰.۴۰	۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۸۰	C04
۰.۰۰	۰.۱۴	۰.۲۸	۱.۰۰	۰.۹۰	C05
۰.۰۰	۰.۶۷	۰.۵۴	۱.۰۰	۰.۹۶	C06
۰.۰۰	۰.۹۵	۰.۶۷	۱.۰۰	۰.۶۲	C07
۰.۲۰	۰.۰۷	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۸۰	C08
۰.۰۰	۰.۳۷	۰.۴۹	۰.۹۷	۱.۰۰	C09
۰.۰۰	۰.۳۸	۰.۶۶	۱.۰۰	۱.۰۰	C10
۰.۰۰	۰.۶۳	۰.۳۸	۱.۰۰	۰.۸۸	C11
۰.۸۳	۰.۰۰	۰.۵۰	۱.۰۰	۰.۸۳	C12
۰.۰۰	۰.۱۶	۰.۲۶	۰.۱۱	۱.۰۰	C13
۰.۰۰	۰.۱۳	۰.۵۰	۰.۶۳	۱.۰۰	C14
۰.۵۰	۰.۰۰	۰.۹۰	۱.۰۰	۰.۹۰	C15
۰.۲۰	۱.۰۰	۰.۷۰	۰.۰۰	۰.۰۰	C16
۰.۰۰	۰.۸۵	۰.۸۵	۰.۴۰	۱.۰۰	C17
۰.۰۰	۰.۴۱	۱.۰۰	۰.۵۹	۰.۷۱	C18
۰.۰۰	۰.۲۱	۱.۰۰	۰.۸۳	۰.۵۲	C19
۱.۰۰	۰.۹۲	۰.۸۸	۰.۴۶	۰.۰۰	C20
۰.۹۶	۱.۰۰	۰.۱۳	۰.۱۷	۰.۰۰	C21
۰.۵۷	۰.۷۱	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۴۳	C22
۰.۰۰	۰.۴۵	۰.۰۰	۱.۰۰	۰.۵۰	C23

برای تعیین وزن اولیه معیارها از رابطه ۴ استفاده می‌شود.

رابطه ۱۸: تعیین وزن اولیه معیارها در روش CRITIC

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^{m} (1 - r_{ij})$$

برای نمونه انحراف معیار مقادیر مناطق بیابانی به صورت زیر است:

$\sigma = 0.409; 0.415; 0.371; 0.424; 0.457; 0.422; 0.432; 0.384; 0.462; 0.416; 0.431; 0.407; 0.443; 0.371; 0.360; 0.409; 0.403; 0.372; 0.408; 0.467; 0.424; 0.457; 0.367$

سرانجام با استفاده از رابطه ۵ و به روش خطی وزن نهایی معیارها تعیین می‌شود.

رابطه ۱۹: تعیین وزن نهایی معیارها در روش CRITIC

$$W_j = \frac{C_j}{\sum C_j}$$

وزن نهایی معیارها به تفکیک هر منطقه در جدول ۴-۷ تا جدول ۴-۹ ارائه شده است.

جدول ۴-۷- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق بیابانی)

نماد	معیارهای تصمیم‌گیری (بیابانی)	Cj	Wj	رتبه
C01	تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۱.۲۳۴	۰.۰۴۸۵	۷
C02	هزینه انرژی به صورت مجزا	۱.۰۷۸	۰.۰۴۲۴	۱۴
C03	دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۰.۸۵۵	۰.۰۳۳۶	۲۲
C04	در دسترس بودن وجوه	۱.۱۵۲	۰.۰۴۵۳	۱۰
C05	توان مالی	۱.۳۲۴	۰.۰۵۲۰	۳
C06	دوره بازگشت سرمایه	۱.۲۷۶	۰.۰۵۰۲	۵
C07	امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۱.۲۵۵	۰.۰۴۹۳	۶
C08	ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۰.۹۷۶	۰.۰۳۸۴	۱۹
C09	مدت زمان آماده سازی	۱.۳۶۵	۰.۰۵۳۷	۲
C10	مدت زمان اجرا	۱.۲۰۰	۰.۰۴۷۲	۸
C11	تداوم و پیش بینی عملکرد	۱.۳۷۰	۰.۰۵۳۸	۱
C12	میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۵۸۸	۰.۰۲۳۱	۲۳
C13	زمین مورد نیاز	۱.۳۱۳	۰.۰۵۱۶	۴
C14	نیاز به دفع زباله	۱.۰۲۰	۰.۰۴۰۱	۱۶
C15	آسیب زیست‌محیطی	۰.۹۹۰	۰.۰۳۸۹	۱۸
C16	دیگر اثرات زیست‌محیطی	۱.۱۵۱	۰.۰۴۵۳	۱۱
C17	ظرفیت‌های تولید انرژی	۱.۱۵۵	۰.۰۴۵۴	۹
C18	بهره وری	۱.۰۱۳	۰.۰۳۹۸	۱۷
C19	بلوغ تکنولوژیک	۱.۰۲۱	۰.۰۴۰۱	۱۵
C20	قابلیت اطمینان	۱.۱۲۲	۰.۰۴۴۱	۱۳
C21	پایداری	۰.۹۲۹	۰.۰۳۶۵	۲۰
C22	طول عمر	۱.۱۴۳	۰.۰۴۴۹	۱۲
C23	فاصله تا مصرف کننده	۰.۹۱۰	۰.۰۳۵۸	۲۱

جدول ۴-۸- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق کوهستانی)

نماد	معیارهای تصمیم‌گیری (کوهستانی)	Cj	Wj	رتبه
C01	تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۰.۹۶۰	۰.۰۴۰۴	۱۶
C02	هزینه انرژی به صورت مجزا	۱.۲۹۹	۰.۰۵۴۷	۴
C03	دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۱.۱۷۵	۰.۰۴۹۵	۵
C04	در دسترس بودن وجوه	۱.۰۴۳	۰.۰۴۳۹	۱۱
C05	توان مالی	۱.۰۴۰	۰.۰۴۳۸	۱۲
C06	دوره‌ی بازگشت سرمایه	۰.۹۹۵	۰.۰۴۱۹	۱۴
C07	امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۰.۷۷۵	۰.۰۳۲۷	۲۱
C08	ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۰.۷۴۰	۰.۰۳۱۲	۲۲
C09	مدت زمان آماده سازی	۰.۵۴۴	۰.۰۲۲۹	۲۳
C10	مدت زمان اجرا	۰.۹۵۸	۰.۰۴۰۳	۱۷
C11	تداوم و پیش بینی عملکرد	۱.۰۰۴	۰.۰۴۲۳	۱۳
C12	میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۸۱۴	۰.۰۳۴۳	۲۰
C13	زمین مورد نیاز	۱.۳۲۷	۰.۰۵۵۹	۲
C14	نیاز به دفع زباله	۰.۸۴۳	۰.۰۳۵۵	۱۹
C15	آسیب زیست‌محیطی	۰.۹۷۹	۰.۰۴۱۲	۱۵
C16	دیگر اثرات زیست‌محیطی	۱.۴۳۳	۰.۰۶۰۳	۱
C17	ظرفیت‌های تولید انرژی	۱.۳۱۰	۰.۰۵۵۲	۳
C18	بهره وری	۱.۱۱۹	۰.۰۴۷۱	۸
C19	بلوغ تکنولوژیک	۱.۱۰۱	۰.۰۴۶۴	۹
C20	قابلیت اطمینان	۱.۰۹۶	۰.۰۴۶۲	۱۰
C21	پایداری	۱.۱۷۲	۰.۰۴۹۴	۶
C22	طول عمر	۰.۸۷۹	۰.۰۳۷۰	۱۸
C23	فاصله تا مصرف کننده	۱.۱۳۸	۰.۰۴۷۹	۷

جدول ۴-۹- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق معتدل)

نماد	معیارهای تصمیم‌گیری (معتدل)	Cj	Wj	رتبه
C01	تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۰.۶۳۶	۰.۰۲۸۰	۲۳
C02	هزینه انرژی به صورت مجزا	۰.۸۶۵	۰.۰۳۸۱	۱۲
C03	دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۱.۳۸۶	۰.۰۶۱۰	۲
C04	در دسترس بودن وجوه	۱.۰۷۸	۰.۰۴۷۴	۹

نماد	معیارهای تصمیم‌گیری (معتدل)	Cj	Wj	رتبه
C05	توان مالی	۱.۲۲۶	۰.۰۵۴۰	۷
C06	دوره‌ی بازگشت سرمایه	۰.۷۳۹	۰.۰۳۲۵	۱۸
C07	امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۰.۷۰۳	۰.۰۳۱۰	۲۲
C08	ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۱.۳۳۶	۰.۰۵۸۸	۴
C09	مدت زمان آماده سازی	۰.۹۲۰	۰.۰۴۰۵	۱۱
C10	مدت زمان اجرا	۰.۸۴۳	۰.۰۳۷۱	۱۶
C11	تداوم و پیش بینی عملکرد	۰.۸۵۲	۰.۰۳۷۵	۱۳
C12	میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۷۳۰	۰.۰۳۲۱	۲۰
C13	زمین مورد نیاز	۱.۳۸۱	۰.۰۶۰۸	۳
C14	نیاز به دفع زباله	۱.۱۰۳	۰.۰۴۸۵	۸
C15	آسیب زیست‌محیطی	۰.۷۰۷	۰.۰۳۱۱	۲۱
C16	دیگر اثرات زیست‌محیطی	۱.۳۹۳	۰.۰۶۱۳	۱
C17	ظرفیت‌های تولید انرژی	۰.۷۸۵	۰.۰۳۴۵	۱۷
C18	بهره وری	۰.۸۵۰	۰.۰۳۷۴	۱۴
C19	بلوغ تکنولوژیک	۱.۰۱۹	۰.۰۴۴۸	۱۰
C20	قابلیت اطمینان	۰.۷۳۴	۰.۰۳۲۳	۱۹
C21	پایداری	۱.۳۲۸	۰.۰۵۸۴	۵
C22	طول عمر	۰.۸۴۵	۰.۰۳۷۲	۱۵
C23	فاصله تا مصرف کننده	۱.۲۶۷	۰.۰۵۵۸	۶

۴-۴- اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش WASPAS

برای اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش WASPAS به تفکیک هر منطقه از داده‌های ماتریس تصمیم استفاده شده است. این داده‌ها باید نرمال شوند. بی‌مقیاس سازی در روش WASPAS با روش نرمال‌سازی رومینا صورت گرفته است. هر درایه ماتریس بی‌مقیاس شده را با N و هر درایه آن را با n_{ij} نشان می‌دهند. در تکنیک WASPAS نرمال سازی بروش خطی از رابطه ۱۱ استفاده می‌شود:

رابطه ۲۰: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم در روش WASPAS

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max x_{ij}}$$

ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در مناطق بیابانی به صورت جدول ۴-۱۰ است:

جدول ۴-۱۰- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق بیابانی)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۳۵۸	۰.۴۱۸	۰.۲۵۴	۱.۰۰۰	۰.۷۱۶	C01
۰.۸۶۴	۰.۸۳۱	۰.۹۶۶	۱.۰۰۰	۰.۸۹۸	C02
۰.۷۹۷	۰.۷۴۳	۰.۵۵۴	۱.۰۰۰	۰.۸۷۸	C03
۰.۵۱۹	۰.۷۴۱	۰.۴۸۱	۱.۰۰۰	۰.۸۵۲	C04
۰.۵۷۸	۰.۷۱۱	۰.۵۷۸	۱.۰۰۰	۰.۹۱۱	C05
۰.۳۷۵	۰.۵۰۰	۰.۳۲۸	۱.۰۰۰	۰.۷۶۶	C06
۰.۳۱۱	۰.۵۲۷	۰.۳۵۱	۱.۰۰۰	۰.۸۱۱	C07
۱.۰۰۰	۰.۸۶۸	۰.۷۹۲	۰.۹۴۳	۰.۸۶۸	C08
۰.۵۹۶	۰.۶۷۳	۰.۶۱۵	۱.۰۰۰	۰.۹۲۳	C09
۰.۴۵۲	۰.۵۹۷	۰.۵۳۲	۱.۰۰۰	۰.۸۳۹	C10
۰.۴۵۶	۰.۵۱۵	۰.۴۲۶	۱.۰۰۰	۰.۷۷۹	C11
۰.۹۲۲	۰.۶۴۷	۰.۹۴۱	۰.۹۸۰	۱.۰۰۰	C12
۰.۵۶۳	۰.۷۰۳	۰.۵۶۳	۰.۸۷۵	۱.۰۰۰	C13
۱.۰۰۰	۰.۹۰۲	۰.۹۵۱	۰.۹۵۱	۰.۹۲۷	C14
۰.۸۸۹	۰.۸۲۲	۱.۰۰۰	۰.۹۱۱	۰.۸۸۹	C15
۰.۷۶۲	۰.۹۰۵	۰.۷۳۸	۱.۰۰۰	۰.۸۵۷	C16
۰.۴۲۳	۰.۶۶۲	۰.۳۶۶	۱.۰۰۰	۰.۷۳۲	C17
۰.۶۱۸	۰.۶۹۱	۰.۴۷۱	۱.۰۰۰	۰.۷۷۹	C18
۰.۶۴۲	۰.۷۰۱	۰.۸۸۱	۱.۰۰۰	۰.۸۸۱	C19
۰.۹۳۸	۰.۸۹۲	۰.۶۱۵	۱.۰۰۰	۰.۶۳۱	C20
۱.۰۰۰	۰.۹۸۵	۰.۶۱۲	۰.۸۰۶	۰.۷۴۶	C21
۰.۸۶۸	۰.۷۹۴	۰.۷۶۵	۱.۰۰۰	۰.۹۸۵	C22
۰.۷۱۷	۰.۸۳۰	۰.۵۶۶	۱.۰۰۰	۰.۸۱۱	C23

جدول ۴-۱۱- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۷۱۷	۰.۷۷۴	۰.۹۶۲	۰.۹۲۵	۱.۰۰۰	C01

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۷۱۲	۰.۷۱۲	۰.۸۱۴	۰.۹۳۲	۱.۰۰۰	C02
۰.۸۰۸	۰.۷۹۵	۰.۹۱۸	۱.۰۰۰	۰.۸۹۰	C03
۰.۷۰۶	۰.۶۴۷	۱.۰۰۰	۰.۸۴۳	۰.۹۶۱	C04
۰.۴۴۹	۰.۶۱۲	۰.۶۵۳	۱.۰۰۰	۰.۹۸۰	C05
۰.۶۴۲	۰.۷۷۴	۱.۰۰۰	۰.۷۷۴	۱.۰۰۰	C06
۰.۵۴۷	۰.۷۵۵	۰.۹۴۳	۰.۸۶۸	۱.۰۰۰	C07
۰.۶۰۹	۰.۸۰۴	۱.۰۰۰	۰.۹۱۳	۰.۹۳۵	C08
۰.۷۱۷	۰.۹۵۷	۱.۰۰۰	۰.۹۷۸	۰.۹۷۸	C09
۰.۵۱۶	۰.۷۱۰	۰.۶۹۴	۱.۰۰۰	۰.۹۱۹	C10
۰.۷۱۲	۰.۷۵۰	۱.۰۰۰	۰.۹۴۲	۰.۹۸۱	C11
۰.۸۰۴	۰.۶۴۷	۰.۸۶۳	۰.۹۸۰	۱.۰۰۰	C12
۰.۶۲۲	۰.۶۶۱	۰.۶۷۷	۰.۸۷۱	۱.۰۰۰	C13
۰.۷۸۳	۰.۶۵۲	۱.۰۰۰	۰.۸۹۱	۰.۹۱۳	C14
۰.۶۷۳	۰.۵۶۴	۱.۰۰۰	۰.۸۱۸	۰.۸۱۸	C15
۰.۷۹۳	۰.۷۷۶	۱.۰۰۰	۰.۸۲۸	۰.۸۱۰	C16
۰.۷۰۴	۰.۷۷۵	۰.۸۸۷	۰.۷۱۸	۱.۰۰۰	C17
۰.۷۴۶	۰.۷۳۱	۱.۰۰۰	۰.۹۱۰	۱.۰۰۰	C18
۰.۶۰۸	۰.۶۳۳	۰.۸۹۹	۱.۰۰۰	۰.۸۹۹	C19
۰.۹۵۷	۰.۸۸۴	۱.۰۰۰	۰.۷۵۴	۰.۷۸۳	C20
۱.۰۰۰	۰.۹۳۱	۰.۸۴۷	۰.۷۶۴	۰.۷۹۲	C21
۰.۸۹۹	۰.۸۷۰	۰.۷۸۳	۱.۰۰۰	۰.۹۲۸	C22
۰.۷۵۷	۰.۸۳۸	۰.۷۹۷	۱.۰۰۰	۰.۹۰۵	C23

جدول ۴-۱۲- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۶۳۸	۱.۰۰۰	۰.۸۹۴	۰.۹۱۵	۰.۹۷۹	C01
۰.۸۳۶	۰.۷۲۱	۰.۸۶۹	۰.۹۵۱	۱.۰۰۰	C02
۰.۹۰۰	۰.۹۲۹	۰.۸۷۱	۱.۰۰۰	۰.۸۷۱	C03
۰.۷۷۳	۰.۸۶۴	۰.۸۱۸	۱.۰۰۰	۰.۹۵۵	C04
۰.۴۶۳	۰.۵۳۷	۰.۶۱۱	۱.۰۰۰	۰.۹۴۴	C05
۰.۵۲۹	۰.۸۴۳	۰.۷۸۴	۱.۰۰۰	۰.۹۸۰	C06
۰.۶۳۸	۰.۹۸۳	۰.۸۷۹	۱.۰۰۰	۰.۸۶۲	C07
۰.۷۵۰	۰.۷۰۸	۰.۶۸۸	۱.۰۰۰	۰.۹۳۸	C08

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۴۲۶	۰.۶۳۹	۰.۷۰۵	۰.۹۸۴	۱.۰۰۰	C09
۰.۴۸۴	۰.۶۷۷	۰.۸۲۳	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	C10
۰.۸۴۰	۰.۹۴۰	۰.۹۰۰	۱.۰۰۰	۰.۹۸۰	C11
۰.۹۵۶	۰.۷۳۳	۰.۸۶۷	۱.۰۰۰	۰.۹۵۶	C12
۰.۶۸۳	۰.۷۳۴	۰.۷۶۶	۰.۷۱۹	۱.۰۰۰	C13
۰.۸۲۶	۰.۸۴۸	۰.۹۱۳	۰.۹۳۵	۱.۰۰۰	C14
۰.۸۹۶	۰.۷۹۲	۰.۹۷۹	۱.۰۰۰	۰.۹۷۹	C15
۰.۸۴۶	۱.۰۰۰	۰.۹۴۲	۰.۸۰۸	۰.۸۰۸	C16
۰.۶۸۳	۰.۹۵۲	۰.۹۵۲	۰.۸۱۰	۱.۰۰۰	C17
۰.۷۴۲	۰.۸۴۸	۱.۰۰۰	۰.۸۹۴	۰.۹۲۴	C18
۰.۶۰۳	۰.۶۸۵	۱.۰۰۰	۰.۹۳۲	۰.۸۰۸	C19
۱.۰۰۰	۰.۹۷۱	۰.۹۵۷	۰.۸۱۲	۰.۶۵۲	C20
۰.۹۸۶	۱.۰۰۰	۰.۷۳۰	۰.۷۴۳	۰.۶۸۹	C21
۰.۹۵۳	۰.۹۶۹	۰.۸۹۱	۱.۰۰۰	۰.۹۳۸	C22
۰.۶۷۲	۰.۸۲۱	۰.۶۷۲	۱.۰۰۰	۰.۸۳۶	C23

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقیاس (N) به ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای بدست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون باید اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش CRITIC محاسبه شده است.

در تکنیک WASPAS برای تعیین وزن نهایی از ترکیب دو نوع وزن نسبی استفاده می‌شود:

محاسبه اهمیت نسبی گزینه ها بر اساس روش WSM

رابطه ۲۱

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^{n} \bar{x}_{ij} w_j,$$

محاسبه اهمیت نسبی گزینه ها بر اساس روش WPM

رابطه ۲۲

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^{n} (\bar{x}_{ij})^{w_j},$$

محاسبه معیار مشترک: در این گام با رابطه ۲۳ اهمیت گزینه‌ها محاسبه می شود.

رابطه ۲۳

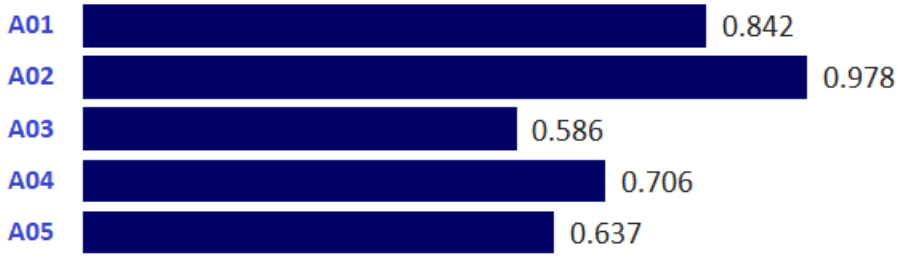
$$Q_i = 0.5Q_i^{(1)} + 0.5Q_i^{(2)}$$

۴-۴-۱- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق بیابانی

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی) در جدول ۴-۱۳ آمده است:

جدول ۴-۱۳- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)

A05	A04	A03	A02	A01	WASPAS
۰.۶۵۶	۰.۷۱۴	۰.۶۰۵	۰.۹۷۸	۰.۸۴۴	Q1
۰.۶۱۸	۰.۶۹۸	۰.۵۶۷	۰.۹۷۷	۰.۸۳۹	Q2
۰.۶۳۷	۰.۷۰۶	۰.۵۸۶	۰.۹۷۸	۰.۸۴۲	Q
۴	۳	۵	۱	۲	رتبه



شکل ۴-۱- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)

بنابراین در مناطق بیابانی انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی زیست توده (A4)، انرژی زمین گرمایی (A5) و انرژی برق آبی (A3) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۴-۴-۲- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق کوهستانی

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی) در جدول ۴-۱۴ آمده است:

جدول ۴-۱۴- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)

WASPAS	A01	A02	A03	A04	A05
Q1	۰.۹۳۱	۰.۸۹۴	۰.۸۹۶	۰.۷۴۷	۰.۷۲۱
Q2	۰.۹۲۸	۰.۸۹۰	۰.۸۸۸	۰.۷۴۱	۰.۷۰۹
Q	۰.۹۳۰	۰.۸۹۲	۰.۸۹۲	۰.۷۴۴	۰.۷۱۵
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵

شکل ۴-۲- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)

بنابراین در مناطق کوهستانی انرژی بادی (A1) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی خورشیدی (A2) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۴-۴-۳- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق معتدل

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل) در جدول ۴-۱۵ آمده است:

جدول ۴-۱۵- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)

WASPAS	A01	A02	A03	A04	A05
Q1	۰.۹۱۱	۰.۹۲۸	۰.۸۳۵	۰.۸۳۰	۰.۷۴۷
Q2	۰.۹۰۵	۰.۹۲۳	۰.۸۲۷	۰.۸۱۸	۰.۷۲۷
Q	۰.۹۰۸	۰.۹۲۶	۰.۸۳۱	۰.۸۲۴	۰.۷۳۷
رتبه	۲	۱	۳	۴	۵

شکل ۴-۳- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)

بنابراین در مناطق معتدل انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۴-۵- اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش ARAS

جهت انجام یک مطالعه تطبیقی و مقایسه‌ای و دستیابی به نتایجی با اطمینان بیشتر، از روش ARAS نیز برای اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده شده است. گام نخست تشکیل ماتریس تصمیم می‌باشد. در گام دوم بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری با روش خطی صورت گرفته است. هر درایه ماتریس بی‌مقیاس شده را با N و هر درایه آن را با n_{ij} نشان می‌دهند. در تکنیک ARAS نرمال سازی بروش خطی صورت می‌گیرد.

رابطه ۲۴: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم در روش ARAS

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}}$$

ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده در مناطق بیابانی به صورت جدول ۴-۱۶ است:

جدول ۴-۱۶- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق بیابانی)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۳۰	۰.۱۵۲	۰.۰۹۲	۰.۳۶۴	۰.۲۶۱	C01
۰.۱۹۰	۰.۱۸۲	۰.۲۱۲	۰.۲۱۹	۰.۱۹۷	C02
۰.۲۰۱	۰.۱۸۷	۰.۱۳۹	۰.۲۵۲	۰.۲۲۱	C03
۰.۱۴۴	۰.۲۰۶	۰.۱۳۴	۰.۲۷۸	۰.۲۳۷	C04

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۵۳	۰.۱۸۸	۰.۱۵۳	۰.۲۶۵	۰.۲۴۱	C05
۰.۱۲۶	۰.۱۶۸	۰.۱۱۱	۰.۳۳۷	۰.۲۵۸	C06
۰.۱۰۴	۰.۱۷۶	۰.۱۱۷	۰.۳۳۳	۰.۲۷۰	C07
۰.۲۲۴	۰.۱۹۴	۰.۱۷۷	۰.۲۱۱	۰.۱۹۴	C08
۰.۱۵۷	۰.۱۷۷	۰.۱۶۲	۰.۲۶۳	۰.۲۴۲	C09
۰.۱۳۲	۰.۱۷۵	۰.۱۵۶	۰.۲۹۲	۰.۲۴۵	C10
۰.۱۴۴	۰.۱۶۲	۰.۱۳۴	۰.۳۱۵	۰.۲۴۵	C11
۰.۲۰۵	۰.۱۴۴	۰.۲۱۰	۰.۲۱۸	۰.۲۲۳	C12
۰.۱۵۲	۰.۱۹۰	۰.۱۵۲	۰.۲۳۶	۰.۲۷۰	C13
۰.۲۱۱	۰.۱۹۱	۰.۲۰۱	۰.۲۰۱	۰.۱۹۶	C14
۰.۱۹۷	۰.۱۸۲	۰.۲۲۲	۰.۲۰۲	۰.۱۹۷	C15
۰.۱۷۹	۰.۲۱۲	۰.۱۷۳	۰.۲۳۵	۰.۲۰۱	C16
۰.۱۳۳	۰.۲۰۸	۰.۱۱۵	۰.۳۱۴	۰.۲۳۰	C17
۰.۱۷۴	۰.۱۹۴	۰.۱۳۲	۰.۲۸۱	۰.۲۱۹	C18
۰.۱۵۶	۰.۱۷۱	۰.۲۱۵	۰.۲۴۴	۰.۲۱۵	C19
۰.۲۳۰	۰.۲۱۹	۰.۱۵۱	۰.۲۴۵	۰.۱۵۵	C20
۰.۲۴۱	۰.۲۳۷	۰.۱۴۷	۰.۱۹۴	۰.۱۸۰	C21
۰.۱۹۷	۰.۱۸۰	۰.۱۷۳	۰.۲۲۷	۰.۲۲۳	C22
۰.۱۸۳	۰.۲۱۲	۰.۱۴۴	۰.۲۵۵	۰.۲۰۷	C23

جدول ۴-۱۷- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۶۴	۰.۱۷۷	۰.۲۲۰	۰.۲۱۱	۰.۲۲۸	C01
۰.۱۷۱	۰.۱۷۱	۰.۱۹۵	۰.۲۲۴	۰.۲۴۰	C02
۰.۱۸۳	۰.۱۸۰	۰.۲۰۸	۰.۲۲۷	۰.۲۰۲	C03
۰.۱۷۰	۰.۱۵۶	۰.۲۴۱	۰.۲۰۳	۰.۲۳۱	C04
۰.۱۲۲	۰.۱۶۶	۰.۱۷۷	۰.۲۷۱	۰.۲۶۵	C05
۰.۱۵۳	۰.۱۸۵	۰.۲۳۹	۰.۱۸۵	۰.۲۳۹	C06
۰.۱۳۳	۰.۱۸۳	۰.۲۲۹	۰.۲۱۱	۰.۲۴۳	C07
۰.۱۴۳	۰.۱۸۹	۰.۲۳۵	۰.۲۱۴	۰.۲۱۹	C08
۰.۱۵۵	۰.۲۰۷	۰.۲۱۶	۰.۲۱۱	۰.۲۱۱	C09
۰.۱۳۴	۰.۱۸۵	۰.۱۸۱	۰.۲۶۱	۰.۲۳۹	C10

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۶۲	۰.۱۷۱	۰.۲۲۸	۰.۲۱۵	۰.۲۲۴	C11
۰.۱۸۷	۰.۱۵۱	۰.۲۰۱	۰.۲۲۸	۰.۲۳۳	C12
۰.۱۶۲	۰.۱۷۳	۰.۱۷۷	۰.۲۲۷	۰.۲۶۱	C13
۰.۱۸۵	۰.۱۵۴	۰.۲۳۶	۰.۲۱۰	۰.۲۱۵	C14
۰.۱۷۴	۰.۱۴۶	۰.۲۵۸	۰.۲۱۱	۰.۲۱۱	C15
۰.۱۸۹	۰.۱۸۴	۰.۲۳۸	۰.۱۹۷	۰.۱۹۳	C16
۰.۱۷۲	۰.۱۹۰	۰.۲۱۷	۰.۱۷۶	۰.۲۴۵	C17
۰.۱۷۰	۰.۱۶۷	۰.۲۲۸	۰.۲۰۷	۰.۲۲۸	C18
۰.۱۵۰	۰.۱۵۷	۰.۲۲۳	۰.۲۴۸	۰.۲۲۳	C19
۰.۲۱۹	۰.۲۰۲	۰.۲۲۸	۰.۱۷۲	۰.۱۷۹	C20
۰.۲۳۱	۰.۲۱۵	۰.۱۹۶	۰.۱۷۶	۰.۱۸۳	C21
۰.۲۰۱	۰.۱۹۴	۰.۱۷۵	۰.۲۲۳	۰.۲۰۷	C22
۰.۱۷۶	۰.۱۹۵	۰.۱۸۶	۰.۲۳۳	۰.۲۱۱	C23

جدول ۴-۱۸- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل)

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۴۴	۰.۲۲۶	۰.۲۰۲	۰.۲۰۷	۰.۲۲۱	C01
۰.۱۹۱	۰.۱۶۵	۰.۱۹۹	۰.۲۱۷	۰.۲۲۸	C02
۰.۱۹۷	۰.۲۰۳	۰.۱۹۱	۰.۲۱۹	۰.۱۹۱	C03
۰.۱۷۵	۰.۱۹۶	۰.۱۸۶	۰.۲۲۷	۰.۲۱۶	C04
۰.۱۳۰	۰.۱۵۱	۰.۱۷۲	۰.۲۸۱	۰.۲۶۶	C05
۰.۱۲۸	۰.۲۰۴	۰.۱۹۰	۰.۲۴۲	۰.۲۳۷	C06
۰.۱۴۶	۰.۲۲۵	۰.۲۰۲	۰.۲۲۹	۰.۱۹۸	C07
۰.۱۸۴	۰.۱۷۳	۰.۱۶۸	۰.۲۴۵	۰.۲۳۰	C08
۰.۱۱۴	۰.۱۷۰	۰.۱۸۸	۰.۲۶۲	۰.۲۶۶	C09
۰.۱۲۱	۰.۱۷۰	۰.۲۰۶	۰.۲۵۱	۰.۲۵۱	C10
۰.۱۸۰	۰.۲۰۲	۰.۱۹۳	۰.۲۱۵	۰.۲۱۰	C11
۰.۲۱۲	۰.۱۶۳	۰.۱۹۲	۰.۲۲۲	۰.۲۱۲	C12
۰.۱۷۵	۰.۱۸۸	۰.۱۹۶	۰.۱۸۴	۰.۲۵۶	C13
۰.۱۸۳	۰.۱۸۸	۰.۲۰۲	۰.۲۰۷	۰.۲۲۱	C14
۰.۱۹۳	۰.۱۷۰	۰.۲۱۱	۰.۲۱۵	۰.۲۱۱	C15
۰.۱۹۲	۰.۲۲۷	۰.۲۱۴	۰.۱۸۳	۰.۱۸۳	C16
۰.۱۵۵	۰.۲۱۷	۰.۲۱۷	۰.۱۸۴	۰.۲۲۷	C17

A05	A04	A03	A02	A01	N
۰.۱۶۸	۰.۱۹۲	۰.۲۲۷	۰.۲۰۳	۰.۲۱۰	C18
۰.۱۵۰	۰.۱۷۰	۰.۲۴۸	۰.۲۳۱	۰.۲۰۱	C19
۰.۲۲۸	۰.۲۲۱	۰.۲۱۸	۰.۱۸۵	۰.۱۴۹	C20
۰.۲۳۸	۰.۲۴۱	۰.۱۷۶	۰.۱۷۹	۰.۱۶۶	C21
۰.۲۰۱	۰.۲۰۴	۰.۱۸۸	۰.۲۱۱	۰.۱۹۷	C22
۰.۱۶۸	۰.۲۰۵	۰.۱۶۸	۰.۲۵۰	۰.۲۰۹	C23

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقیاس (N) به ماتریس بی‌مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای بدست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون باید اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از تکنیک ANP قبلاً محاسبه شده است. اوزان محاسبه شده در ماتریس بی‌مقیاس شده ضرب می‌شود. ماتریس حاصل را ماتریس بی‌مقیاس شده موزون گویند و با V نشان داده می‌شود.

رابطه ۲۵: تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون

$$V = N \times W_j$$

$$V_{ij} = N_{ij} \times W_j$$

$$\mathrm{V} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} \cdots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} \cdots & v_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & v_{mn} \end{bmatrix}$$

ماتریس تصمیم نرمال موزون (مناطق بیابانی) در جدول ۴-۱۹ خلاصه شده است:

جدول ۴-۱۹- ماتریس تصمیم نرمال موزون (مناطق بیابانی)

A05	A04	A03	A02	A01	V
۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۴	۰.۰۱۸	۰.۰۱۳	C01
۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	C02
۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	C03
۰.۰۰۷	۰.۰۰۹	۰.۰۰۶	۰.۰۱۳	۰.۰۱۱	C04
۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۱۴	۰.۰۱۳	C05
۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۶	۰.۰۱۷	۰.۰۱۳	C06

A05	A04	A03	A02	A01	V
۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۰۶	۰.۰۱۶	۰.۰۱۳	C07
۰.۰۰۹	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	C08
۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۴	۰.۰۱۳	C09
۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۱۴	۰.۰۱۲	C10
۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۷	۰.۰۱۷	۰.۰۱۳	C11
۰.۰۰۵	۰.۰۰۳	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	C12
۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۱۲	۰.۰۱۴	C13
۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C14
۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C15
۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	C16
۰.۰۰۶	۰.۰۰۹	۰.۰۰۵	۰.۰۱۴	۰.۰۱۰	C17
۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۵	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	C18
۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	C19
۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۰۷	۰.۰۱۱	۰.۰۰۷	C20
۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	C21
۰.۰۰۹	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	C22
۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۰۷	C23

جدول ۴-۲۰- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق کوهستانی)

A05	A04	A03	A02	A01	V
۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	C01
۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۲	۰.۰۱۳	C02
۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	C03
۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	C04
۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	C05
۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	۰.۰۰۸	۰.۰۱۰	C06
۰.۰۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	C07
۰.۰۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	C08
۰.۰۰۴	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	۰.۰۰۵	C09
۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	C10
۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	C11
۰.۰۰۶	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C12

A05	A04	A03	A02	A01	V
۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۳	۰.۰۱۵	C13
۰.۰۰۷	۰.۰۰۵	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	C14
۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	C15
۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۴	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	C16
۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۲	۰.۰۱۰	۰.۰۱۴	C17
۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	C18
۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	C19
۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C20
۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	C21
۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C22
۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	C23

جدول ۴-۲۱- ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده (مناطق معتدل)

A05	A04	A03	A02	A01	V
۰.۰۰۴	۰.۰۰۶	۰.۰۰۶	۰.۰۰۶	۰.۰۰۶	C01
۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	C02
۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۱۲	۰.۰۱۳	۰.۰۱۲	C03
۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	C04
۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۱۵	۰.۰۱۴	C05
۰.۰۰۴	۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C06
۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	C07
۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۴	۰.۰۱۳	C08
۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	C09
۰.۰۰۵	۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	C10
۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C11
۰.۰۰۷	۰.۰۰۵	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	C12
۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	۰.۰۱۲	۰.۰۱۱	۰.۰۱۶	C13
۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	C14
۰.۰۰۶	۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	C15
۰.۰۱۲	۰.۰۱۴	۰.۰۱۳	۰.۰۱۱	۰.۰۱۱	C16
۰.۰۰۵	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۶	۰.۰۰۸	C17
۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	۰.۰۰۸	C18
۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۱۱	۰.۰۱۰	۰.۰۰۹	C19

V	A01	A02	A03	A04	A05
C20	۰.۰۰۵	۰.۰۰۶	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷	۰.۰۰۷
C21	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۰	۰.۰۱۴	۰.۰۱۴
C22	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷	۰.۰۰۸	۰.۰۰۷
C23	۰.۰۱۲	۰.۰۱۴	۰.۰۰۹	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹

در گام نهایی، میزان مطلوبیت هر گزینه به وسیله تابع مطلوبیت با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} V_{ij}$$

مجموع مقادیر S_i برابر یک می‌شود. بهترین گزینه آن است که S_i بزرگ‌تری دارد. همچنین در نهایت باید درجه مطلوبیت محاسبه شود. درجه مطلوبیت گزینه A_i براساس مقایسه S_i با یک مقدار بهینه محاسبه می‌شود. مقدار بهینه (S_o) براساس دیدگاه خبرگان، نرم صنعت یا بهترین مقادیر ماتریس موزون شده قابل حصول است. درجه مطلوبیت گزینه A_i با K_i نشان داده شده و به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$K_i = \frac{S_i}{S_o}$$

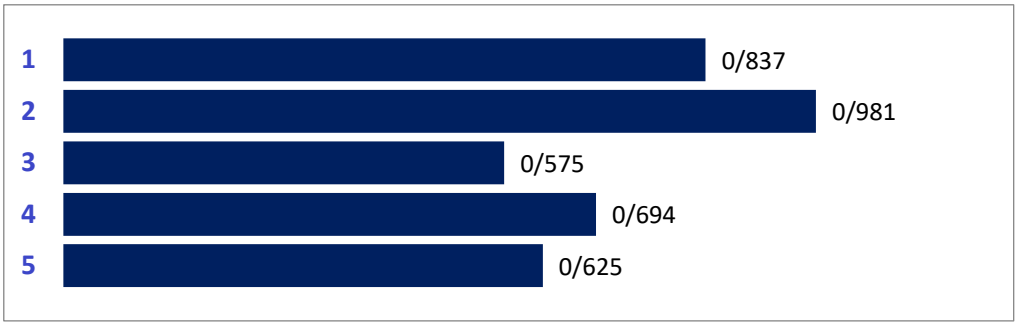
مقدار K_i بین [۰و۱و ۱است و هرچه درجه مطلوبیت به یک نزدیک‌تر باشد گزینه بهتر خواهد بود.

۴-۵-۱- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق بیابانی

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی) در جدول ۴-۲۲ آمده است:

جدول ۴-۲۲- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)

ARAS	A01	A02	A03	A04	A05
Si	۰.۲۲۶	۰.۲۶۴	۰.۱۵۵	۰.۱۸۷	۰.۱۶۸
Ki	۰.۸۳۷	۰.۹۸۱	۰.۵۷۵	۰.۶۹۴	۰.۶۲۵
رتبه	۲	۱	۵	۳	۴



شکل ۴-۴- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (بیابانی)

بنابراین براساس روش ARAS نیز در مناطق بیابانی انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی زیست توده (A4)، انرژی زمین گرمایی (A5) و انرژی برق آبی (A3) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۴-۵-۲- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق کوهستانی

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی) در جدول ۴-۲۳ آمده است:

جدول ۴-۲۳- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)

ARAS	A01	A02	A03	A04	A05
Si	۰.۲۲۳	۰.۲۱۴	۰.۲۱۴	۰.۱۷۸	۰.۱۷۱
Ki	۰.۹۳۲	۰.۸۹۴	۰.۸۹۲	۰.۷۴۴	۰.۷۱۶
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵

شکل ۴-۵- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (کوهستانی)

بنابراین براساس روش ARAS نیز در مناطق کوهستانی انرژی بادی (A1) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی خورشیدی (A2) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۴-۴-۳- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق معتدل

اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل) در جدول ۴-۲۴ آمده است:

جدول ۴-۲۴- اهمیت نسبی منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)

ARAS	A01	A02	A03	A04	A05
Si	۰.۲۱۶	۰.۲۱۹	۰.۱۹۶	۰.۱۹۵	۰.۱۷۵
Ki	۰.۹۱۱	۰.۹۲۸	۰.۸۲۹	۰.۸۲۲	۰.۷۳۸
رتبه	۲	۱	۳	۴	۵

شکل ۴-۶- اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر (معتدل)

بنابراین براساس روش ARAS نیز در مناطق معتدل انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

فصل پنجم

خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵-۱- مقدمه

در این فصل، مروری اجمالی بر کلیه اقدامات انجام گرفته و گام‌های طی شده در پژوهش حاضر صورت می‌گیرد و دستاوردهای حاصل از تحقیق و استنتاجات محقق از تجزیه و تحلیل انجام شده ارائه می‌شود. به این ترتیب که در ابتدا خلاصه‌ای از فصول چهارگانه پیشین ارائه می‌شود و سپس دستاوردهای آماری و محاسبات و پردازش‌های صورت گرفته بر روی داده‌های بدست آمده از پژوهش در قالب نتایج پژوهش بیان می‌شود. در ادامه با توجه به دستاوردهای پژوهش، مطالعات صورت گرفته و محدودیت‌های موجود، پیشنهادهایی کاربردی برای اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی و پژوهشگران دیگر ارائه می‌گردد. در نهایت نیز محدودیت‌های پژوهش حاضر عنوان می‌شود.

۵-۲- خلاصه پژوهش

این تحقیق با هدف اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی صورت گرفته است؛ بنابراین از نظر هدف، یک پژوهش کاربردی محسوب می‌شود. براساس ماهیت داده‌های تحقیق نیز یک پژوهش کمّی محسوب می‌شود. همچنین داده‌های پژوهش در یک بازه زمانی مشخص گردآوری شده است؛ بنابراین یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است. روش‌های گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دو دسته کتابخانه‌ای و میدانی تقسیم می‌شود. ابزار گردآوری اطلاعات در این پژوهش پرسشنامه می‌باشد. در این مطالعه موردی عملکرد ۵ منبع براساس ۲۳ معیار در سه منطقه مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

جامعه آماری این پژوهش را خبرگان و متخصصین انرژی تشکیل می‌دهند. تعداد ۱۰ نفر از افراد واجد شرایط در این پژوهش شرکت کرده‌اند. این مطالعه با اتکا به تکنیک‌های تحقیق در عملیات صورت گرفته است. برای اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و

هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی از روش ARAS و WASPAS استفاده شده است. تجزیه‌وتحلیل داده‌های بدست آمده با کدنویسی در محیط اکسل انجام شده است.

خلاصه نتایج حاصل از این آزمون‌ها در ادامه آورده شده است.

۵-۳- نتایج پژوهش و بحث

وزن به دست آمده از معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق بیابانی) به شرح ذیل است:

جدول ۵-۱- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق بیابانی)

معیارهای تصمیم‌گیری (بیابانی)	وزن
تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۰.۰۴۸۵
هزینه انرژی به صورت مجزا	۰.۰۴۲۴
دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۳۳۶
در دسترس بودن وجوه	۰.۰۴۵۳
توان مالی	۰.۰۵۲۰
دوره بازگشت سرمایه	۰.۰۵۰۲
امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۴۹۳
ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۰.۰۳۸۴
مدت زمان آماده سازی	۰.۰۵۳۷
مدت زمان اجرا	۰.۰۴۷۲
تداوم و پیش بینی عملکرد	۰.۰۵۳۸
میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۰۲۳۱
زمین مورد نیاز	۰.۰۵۱۶
نیاز به دفع زباله	۰.۰۴۰۱
آسیب زیست‌محیطی	۰.۰۳۸۹
دیگر اثرات زیست‌محیطی	۰.۰۴۵۳
ظرفیت های تولید انرژی	۰.۰۴۵۴
بهره وری	۰.۰۳۹۸
بلوغ تکنولوژیک	۰.۰۴۰۱
قابلیت اطمینان	۰.۰۴۴۱

معیارهای تصمیم‌گیری (بیابانی)	وزن
پایداری	۰.۰۳۶۵
طول عمر	۰.۰۴۴۹
فاصله تا مصرف کننده	۰.۰۳۵۸

وزن به دست آمده از معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق کوهستانی) به شرح ذیل است:

جدول ۵-۲- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق کوهستانی)

معیارهای تصمیم‌گیری (کوهستانی)	وزن
تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۰.۰۴۰۴
هزینه انرژی به صورت مجزا	۰.۰۵۴۷
دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۴۹۵
در دسترس بودن وجوه	۰.۰۴۳۹
توان مالی	۰.۰۴۳۸
دوره بازگشت سرمایه	۰.۰۴۱۹
امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۳۲۷
ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۰.۰۳۱۲
مدت زمان آماده سازی	۰.۰۲۲۹
مدت زمان اجرا	۰.۰۴۰۳
تداوم و پیش بینی عملکرد	۰.۰۴۲۳
میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۰۳۴۳
زمین مورد نیاز	۰.۰۵۵۹
نیاز به دفع زباله	۰.۰۳۵۵
آسیب زیست‌محیطی	۰.۰۴۱۲
دیگر اثرات زیست‌محیطی	۰.۰۶۰۳
ظرفیت های تولید انرژی	۰.۰۵۵۲
بهره وری	۰.۰۴۷۱
بلوغ تکنولوژیک	۰.۰۴۶۴
قابلیت اطمینان	۰.۰۴۶۲
پایداری	۰.۰۴۹۴
طول عمر	۰.۰۳۷۰

معیارهای تصمیم‌گیری (کوهستانی)	وزن
فاصله تا مصرف کننده	۰.۰۴۷۹

وزن به دست آمده از معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق معتدل) به شرح ذیل است:

جدول ۵-۳- وزن معیارهای تصمیم‌گیری (مناطق معتدل)

معیارهای تصمیم‌گیری (معتدل)	وزن
تأثیر کار (میزان ایجاد فرصت‌های شغلی)	۰.۰۲۸۰
هزینه انرژی به صورت مجزا	۰.۰۳۸۱
دوره خدمات (عمر مفید دستگاه‌های انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۶۱۰
در دسترس بودن وجوه	۰.۰۴۷۴
توان مالی	۰.۰۵۴۰
دورهٔ بازگشت سرمایه	۰.۰۳۲۵
امکان پذیری (میزان راحتی اجرای انرژی تجدیدپذیر)	۰.۰۳۱۰
ریسک (میزان شکست در اجرای موارد قبلی)	۰.۰۵۸۸
مدت زمان آماده سازی	۰.۰۴۰۵
مدت زمان اجرا	۰.۰۳۷۱
تداوم و پیش بینی عملکرد	۰.۰۳۷۵
میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای	۰.۰۳۲۱
زمین مورد نیاز	۰.۰۶۰۸
نیاز به دفع زباله	۰.۰۴۸۵
آسیب زیست‌محیطی	۰.۰۳۱۱
دیگر اثرات زیست‌محیطی	۰.۰۶۱۳
ظرفیت‌های تولید انرژی	۰.۰۳۴۵
بهره وری	۰.۰۳۷۴
بلوغ تکنولوژیک	۰.۰۴۴۸
قابلیت اطمینان	۰.۰۳۲۳
پایداری	۰.۰۵۸۴
طول عمر	۰.۰۳۷۲
فاصله تا مصرف کننده	۰.۰۵۵۸

نتایج اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش WASPAS

براساس نتایج به دست آمده، در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق بیابانی:

انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی زیست توده (A4)، انرژی زمین گرمایی (A5) و انرژی برق آبی (A3) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

براساس نتایج به دست آمده، در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق کوهستانی:

انرژی بادی (A1) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی خورشیدی (A2) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

براساس نتایج به دست آمده، در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق معتدل:

انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

نتایج اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر با روش ARAS

در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق بیابانی براساس روش ARAS، انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی زیست توده (A4)، انرژی زمین گرمایی (A5) و انرژی برق آبی (A3) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق کوهستانی براساس روش ARAS، انرژی بادی (A1) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی خورشیدی (A2) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

در اولویت منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق معتدل براساس روش ARAS، انرژی خورشیدی (A2) بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انرژی بادی (A1) در اولویت دوم است. انرژی برق آبی (A3)، انرژی زیست توده (A4) و انرژی زمین گرمایی (A5) در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

۵-۴- پیشنهادهای پژوهشی

۵-۴-۱- پیشنهادهای کاربردی

براساس نتایج به دست آمده درخصوص اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی به مدیران و متخصصین انرژی پیشنهاد می‌گردد، از آنجایی‌که بهترین منبع انرژی در خصوص منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق بیابانی انرژی خورشیدی است، در بیشترین ساعات آفتابی در روز و با استفاده از این انرژی تجدیدپذیر می‌توان به کاهش گازهای گلخانه‌ای کمک کرد و از تبعات بعدی ناشی از آن، شامل سوزاندن سوخت‌های فسیلی و افزایش گازهایی همچون دی اکسید کربن در طبیعت جلوگیری نمود. همچنین با به کارگیری انرژی خورشید می‌توان در تولید برق از نیروگاه‌های خورشیدی، گرمایش آب مصرفی (آب گرمکن‌های خورشیدی برای منازل و کارخانجات و...)، گرمایش فضای داخلی ساختمان و ... استفاده کرد. با روی‌آوردن به استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر همچون انرژی خورشیدی می‌توان امکانات مناسبی را جهت جذب جمعیت در مناطق بیابانی فراهم نمود تا از بیابان‌زایی کاسته شود. از آنجایی‌که در مناطق بیابانی ایران پتانسیل‌خوبی برای استفاده از تابش خورشی‌دی وجود دارد، از نظر کاهش آلودگی زیست‌محیطی و صرفه جویی در سوخت‌های فسیلی، تابش خورشیدی جانشین مناسبی برای این گونه سوخت‌ها می‌باشد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود با یک برنامه‌ریزی دراز مدت و صرف هزینه نه چندان زیاد اقدام به طراحی و ساخت دستگاه های خورشیدی و نیروگاه‌های خورشیدی شود.

مهمترین مشکلات مناطق بیابانی کمبود بارش و بی نظمی بارش می‌باشد که انسان‌های پیشین نیز به کمک تکنیک قنات تا حدودی بر این مشکل فائق آمده‌اند و همچنین به کمک معماری‌های سنتی

نظیر سیستم‌های خنک کننده غیر فعال مانند بادگیر در مناطق شهرهایی مانند یزد و کرمان تا حدودی گرمای این مناطق را تحمل پذیر می‌نماید. حال با وجود کاستی‌های زیاد در این مناطق بیابانی و سختی زندگی در این مناطق دارای پتانسیل بسیار قوی در انرژی های نو همچون انرژی خورشیدی می‌باشند. به کمک سیاست‌گذاری‌های جدید دولت و رویکردهای جدید به انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان از این مناطق بسیار مساعد برای تولید انرژی استفاده نمود. استفاده از این انرژی خورشیدی در ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی برای تولید برق و همچنین مصارف آن در بخش خانگی مانند آبگرمکن های خورشیدی و ... در کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی کمک شایانی نموده و موجب کاهش آلودگی‌های محیط‌زیست ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی و کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌گردد.

از آنجایی‌که انرژی بادی بهترین منبع انرژی تجدیدپذیر در مناطق کوهستانی است، پیشنهاد می‌شود،

نسبت به احداث توربین‌های بادی در اقلیم‌های سرد و کوهستانی تدابیر لازم اتخاذ گردد. همچنین در این زمینه به معیارهایی نظیر شیب توربین‌های بادی، ارتفاع توربین‌های بادی، پتانسیل سرعت باد، روزهای گرد و غبار و تعداد روزهای طوفان‌های تندری در مکان‌یابی توربین‌های بادی توجه شود.

ازآنجایی‌که بهترین منبع انرژی در خصوص منابع انرژی تجدیدپذیر در مناطق معتدل، انرژی خورشیدی است، پیشنهاد می‌گردد در این مناطق، اولویت سرمایه‌گذاری، بر روی انرژی خورشیدی باشد.

۵-۴-۲- پیشنهادهایی به پژوهشگران دیگر

- در این مطالعه پرسشنامه به عنوان ابزار اصلی گردآوری داده‌ها بوده است. توصیه می‌شود مطالعات مشابهی با استفاده از روش‌های تحقیق کیفی و یا روش تحقیق آمیخته انجام شود.
- این مطالعه تنها با تمرکز بر اولویت‌بندی منابع انرژی‌های تجدیدپذیر به تفکیک مناطق مختلف آب و هوایی با تأکید بر شرایط اقلیمی صورت گرفته است. به این دلیل پیشنهاد

می‌شود تحقیق مذکور در سایر شهرها انجام شده و شباهت‌ها، تفاوت‌ها و محدودیت های آن‌ها بررسی گردد.

- ❖ پیشنهاد می‌شود مطالعه مشابهی در یک سازمان یا صنعتی خاص صورت گیرد و نتایج حاصل با یکدیگر و نیز دستاوردهای این تحقیق مقایسه شود.

۵-۵- محدودیت‌های پژوهش

- ✓ استفاده از ابزار پرسشنامه به عنوان ابزار اصلی گرد آوری داده‌ها به علت مشکلات عمومی مانند پاسخگویی مغرضانه و خطاهایی از این دست می‌تواند دقت نتایج را کاهش دهد.
- ✓ عدم همکاری برخی از خبرگان در تکمیل و ارسال پرسشنامه پژوهش.
- ✓ محدودیت در هزینه.

پایان

منابع

منابع فارسی

آقایی، مجید؛ مهدیه رضاقلی زاده. ۱۳۹۴. مصرف انرژی و رشد ارزش افزوده در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران: رویکرد هم انباشتگی و تصحیح خطای پانل. اقتصاد و توسعه منطقه‌ای ۹. ۳۱-۶۷.

قدسی، مریم؛ بابالو، مصطفی. (۱۳۹۴)، نگاهی اجمالی به صنعت زغال‌سنگ در ایران و جهان، فصلنامه سرآمد، دوره ۲، شماره ۴، ص ۲۱-۳۶.

اکبری‌حسنجانی، رضا؛ سعید فرجی. ۱۳۹۶. انرژی‌های تجدیدپذیر.

امیری، مقصود؛ احمد دارستانی‌فراهانی، مهسا محبوب‌قدسی، حمیده محمدعلیها. ۱۳۹۵. تصمیم‌گیری چندمعیاره. دانشگاهی کیان

انجمن جهانی سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر، ناهید فرازمند. ۱۳۹۳. آینده انرژی‌های تجدیدپذیر: با مروری بر نظر ۱۷۰ اندیشمند و ۵۰ سناریوی معتبر جهانی. آریانا قلم.

بارکر، جف؛ فاطمه باغستانی. ۱۳۹۷. انرژی‌های تجدیدپذیر. شرکت انتشارات فنی ایران، کتاب‌های نردبان

باوقار زعیمی، نجوا؛ محمد علی فرقانی، زین العابدین صادقی. ۱۳۹۷. اولویت بندی منابع انرژی تجدیدپذیر در استان هرمزگان. انرژی ایران. ۳۷-۴۹.

بردبار، شیرین، ۱۳۹۴، به کارگیری انرژی های تجدیدپذیر در بهینه سازی مصرف انرژی ساختمان ها با رویکرد پایدار، اولین همایش بین‌المللی و سومین همایش ملی افق های نوین در توانمندسازی و توسعه پایدار معماری، عمران، گردشگری و محیطزیست شهری و روستایی، همدان

بریمانی، مهدی؛ عبدالرزاق کعبی نژادیان. ۱۳۹۵. اولویت بندی نیروگاه‌های تولید برق تجدید پذیر در ایران. انرژی‌های تجدیدپذیر و نو. ۸۳-۸۷.

جنتی پور، میثم و کاوه محمد سیروس، ۱۳۹۲، اولویت بندی انرژی های تجدیدپذیر در ایران با رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره، سومین همایش ملی سوخت، انرژی و محیطزیست، تهران، پژوهشگاه مواد و انرژی.

حداد، میثم و بهاره زندی دره غریبی، ۱۳۹۵، مصرف انرژی و توسعه پایدار در ایران، ماهنامه «علوم انسانی اسلامی» ۱ (۱۰)

خلیفه، علی. ۱۳۹۷. مروری بر تصمیم گیری وتصمیم گیری‌های چند شاخصه. چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت، کارآفرینی و توسعه اقتصادی

دهقان، بهنام. ۱۳۹۵. مصرف انرژی و انرژی های تجدیدپذیر در ایران و جهان. دانش غذا و کشاورزی. ۶۴-۷۷.

رازینی, صالح؛ سیدمحمدتقی بطحایی و سیدمسعود مقدس تفرشی، ۱۳۹۰، اولویت بندی منابع تجدید پذیر انرژی ایران با رویکرد MCDM، نوزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

رحیمی، حافظ، ۱۳۹۵، نگاهی به رابطه بین رشد و توسعه اقتصادی با مصرف انرژی، دومین کنفرانس ملی علوم مدیریت نوین و برنامه ریزی فرهنگی اجتماعی ایران، قم، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی،

رزاقی، محمدرضا. ۱۳۹۶. سامانه زمین گرمایی مرکزی. تهویه و تبرید. ۲۷.
رنجبر، سیدفرامرز؛ رضا باقری‌برمس، امیر بابایی‌پرویزیان، محمدرضا بهاور. ۱۳۹۷. منابع انرژی‌های تجدیدپذیر. عصر زندگی
سحابی، علی؛ حسین صادقی، اقلیم، تمری.۱۳۹۵. سبد استاندارد انرژی تجدیدپذیر (RPS) و دستیابی به ترکیب بهینه انرژی های تجدیدپذیر در ایران. مطالعات اقتصاد انرژی. ۵۱-۸۱
شریف، امین. ۱۳۹۴. انرژی تجدیدپذیر (زیست توده). سفیر رشد
شهنازی، روح اله؛ ابراهیم هادیان، لطف الله جرگانی. ۱۳۹۶. بررسی رابطه علیت میان مصرف حامل‌های انرژی، رشد اقتصادی و دی اکسیدکربن در بخش های اقتصاد ایران. پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی. ۷۰-۵۱.
شیخی، ارس؛ امیر محمودی، علی‌محمد رنجبر، سیف فرحبخش، فروغ محمودی‌درویش. ۱۳۹۶. طراحی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر: اقتباسی از کتاب منابع انرژی تجدیدپذیر. کانون نشر علوم.
صادقی، سارا. ۱۳۹۷. منابع انرژی تجدیدپذیر. نفت و پالایش. ۶۳.
عابدی، پیمان. ۱۳۹۸. ایران نهمین مصرف کننده انرژی در دنیا. دنیای پردازش. ۶۰.
عباسی گودرزی، علی؛ عباس ملکی. ۱۳۹۶. سیاست گذاری جمهوری اسلامی ایران در بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر. مطالعات راهبردی جهانی شدن. ۱۵۹-۱۷۴.
عطائی، محمد؛ محمد کنشلو. ۱۳۹۵. تصمیم‌گیری چند معیاره. دانشگاه صنعتی شاهرود
عوض علیپور حقیقت پرست، شکوفه؛ یزدان تقی زاده، حسین ذبیحی. ۱۳۹۸. طراحی الگوی بومی در اقلیم گرم و خشک جهت کاهش مصرف انرژی در بخش مسکن (مطالعه موردی: شهر یزد). علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. ۲۱۱-۲۲۵.
فرج زاده، دانیال؛ آرمان سلیمی بنی. ۱۳۹۶. مروری بر روش های نوین تولید انرژی الکتریکی تجدید پذیر. دومین کنفرانس ملی تحقیقات بین رشته ای در مهندسی کامپیوتر، برق، مکانیک و مکاترونیک
قائد، ابراهیم؛ علی دهقانی، محمد فتاحی. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. ۱۳۷-۱۴۸.
قنبریان، حسین؛ سهیل سورغالی؛ محمد امین صدق آمیز و احمد صفری، ۱۳۹۵، ایران و انرژی های نو، ظرفیت‌ها، مزایا و مشکلات آن، اولین همایش ملی سیستم‌های انرژی، لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لامرد،
کاظمی فرد، شعله؛ لیلا ناجی، فرامرز افشار طارمی. ۱۳۹۶. مروری بر نقش منابع انرژی تجدیدپذیر در توسعه پایدار. انرژی‌های تجدیدپذیر و نو. ۳۴-۵۶.
کاظمی فردی، هادی؛ ابراهیم مشایخی و عباس علویان. ۱۳۹۸. بررسی قابلیت اطمینان انرژی‌های تجدید پذیر، نیاز آینده بشر برای اطمینان از تامین انرژی، هشتمین همایش مهندسی برق مجلسی، اصفهان
کریمی پتانلار، سعید؛ نادمی، یونس و زبیری، هدی. (۱۳۹۴). اندازه دولت و بیکاری در اقتصاد ایران ." فصلنامه علمی پژوهشی پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی، سال پنجم، شماره ۵۱-۶۴
گلوانی، امیرمحمد و مصطفی امیدعلی. ۱۳۹۵. بررسی اثر رشد مصرف انرژی هسته‌ای بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب توسعه یافته و درحال توسعه با روش پنل، ششمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران، دبیرخانه دایمی همایش،

لطفعلی پور، محمدرضا؛ محمدحسین مهدوی عادلی و حسن رضایی. ۱۳۹۵. بررسی رابطه میان مصرف انرژی، رشد اقتصادی و صادرات در بخش صنعت ایران تحلیل مبتنی بر داده‌های پانل، فصلنامه پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی، ۲۴: ۵۶-۷۲

محمدی، نعیمه؛ حسن دانایی فرد. ۱۳۹۸. الگوی حکمرانی مشارکتی توسعه انرژی تجدیدپذیر ایران: رویکرد نهادی. مطالعات راهبردی جهانی شدن. ۱۳۳-۱۵۵.

موسوی، معصومه. ۱۳۹۳. ارائه رویکردتحلیلی چندمعیاره جهت پشتیبانی تصمیم گیرندگان به منظور اولویت‌بندی انرژی‌های نو درایران، چهارمین کنفرانس سالانه انرژی پاک، کرمان، مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی.

موسوی، نعمت الله؛ سیدمحمدعلی نجفی. ۱۳۹۶. بررسی رابطه بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران. غیر دولتی – دانشگاه آزاد اسلامی – دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت – پژوهشکده علوم

میرزایی، مریم؛ جعفر باقری‌نژاد. ۱۳۹۱. ارائه مدل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر به کمک روش Fuzzy-AHP. دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست.

ب) منابع لاتین

Bekhet, H. A., Matar, A., & Yasmin, T. (2017). CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and financial development in GCC countries: Dynamic simultaneous equation models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 117-132.

Ahmad S, Tahar RM. Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: a case of Malaysia. Renew Energy 2014; 63:458–66.

Amer M, Daim TU. Selection of renewable energy technologies for a developing county: a case of Pakistan. Energy Sustain Dev 2011; 15 (4):420–35.

Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, 527-534.

Appiah, M. O. (2018). Investigating the multivariate Granger causality between energy consumption, economic growth and CO 2 emissions in Ghana. Energy Policy, 112, 198-208.

Ayoub N, Yuji N. Governmental intervention approaches to promote renewable energies—special emphasis on Japanese feed-in tariff. Energy Policy 2012; 43:191–201.

Baker, J. S., Wade, C. M., Sohngen, B. L., Ohrel, S., & Fawcett, A. A. (2019). Potential complementarity between forest carbon sequestration incentives and biomass energy expansion. Energy policy, 126, 391-401.

Beccali M, Cellura M, Mistretta M. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. Renew Energy 2003; 28(13):2063–87.

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.

Bureau of Energy (BOE). Energy statistics handbook 2015. Ministry of Economic Affairs. 2016.

Chatzimouratidis AI, Pilavachi PA. Sensitivity analysis of the evaluation of power plants impact on the living standard using the analytic hierarchy process. Energy Convers Manag 2008; 49(12):3599–611.

Chen, Z. Y., Huang, Z. H., & Nie, P. Y. (2018). Industrial characteristics and consumption efficiency from a nexus perspective–Based on Anhui's Empirical Statistics. Energy policy, 115, 281-290.

Chuang MC, Ma HW. An assessment of Taiwan's energy policy using multi-dimensional energy security indicators. Renew Sustain Energy Rev 2013; 17:301–11.

Çolak, M., & Kaya, İ. (2017). Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80, 840-853.

Cowan, W. N., Chang, T., Inglesi-Lotz, R., & Gupta, R. (2014). The nexus of electricity consumption, economic growth and CO2 emissions in the BRICS countries. Energy Policy, 66, 359-368.

Destek, M. A., & Aslan, A. (2017). Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in emerging economies: Evidence from bootstrap panel causality. Renewable Energy, 111, 757-763.

Ding, Y., Guo, X., Ramirez-Meyers, K., Zhou, Y., Zhang, L., Zhao, F., & Yu, G. (2019). Simultaneous energy harvesting and storage via solar-driven regenerative electrochemical cycles. Energy & Environmental Science, 12(11), 3370-3379.

Georgopoulou E, Lalas D, Papagiannakis L. A multicriteria decision aid approach for energy planning problems: the case of renewable energy option. Eur J Oper Res 1997; 103(1):38–54.

Heier, S. (2014). Grid integration of wind energy: onshore and offshore conversion systems. John Wiley & Sons.

Infield, D., & Freris, L. (2019). Renewable energy in power systems. John Wiley & Sons.

Iniyan, S., Jebaraj, S., Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2020). Energy models for renewable energy utilization and to replace fossil fuels. Methodology.

International Energy Agency (IEA). Renewable energy and jobs annual review 2016; 2016.

Ishizaka, A., & Siraj, S. (2018). Are multi-criteria decision-making tools useful? An experimental comparative study of three methods. European Journal of Operational Research, 264(2), 462-471.

Kabak M, Dağdeviren M. Prioritization of renewable energy sources for Turkey by using a hybrid MCDM methodology. Energy Convers Manag 2014; 79:25–33.

Kahraman C, Kaya İ, Cebi S. A comparative analysis for multiattribute selection among renewable energy alternatives using fuzzy axiomatic design and fuzzy analytic hierarchy process. Energy 2009;34(10):1603–16.

Karatasou, S., & Santamouris, M. (2019). Socio-economic status and residential energy consumption: A latent variable approach. Energy and Buildings.

Keyuraphan S, Thanarak P, Ketjoy N, Rakwichian W. Subsidy schemes of renewable energy policy for electricity generation in Thailand. Proced Eng 2012; 32:440–8.

Khare, V., Nema, S., & Baredar, P. (2016). Solar–wind hybrid renewable energy system: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58, 23-33.

Khoshnava, S. M., Rostami, R., Valipour, A., Ismail, M., & Rahmat, A. R. (2016). Rank of green building material criteria based on the three pillars of sustainability using the hybrid multi criteria decision making method. Journal of Cleaner Production.

Klein SJW, Whalley S. Comparing the sustainability of U.S. electricity options through multi-criteria decision analysis. Energy Policy 2015; 79:127–49.

Kumar, B. Sah, Y. Deng, X. He, R. C. Bansal, P. Kumar. (2015)."Autonomous hybrid renewable energy system optimization for minimum cost." In IET International Conference on Renewable Power Generation (RPG 2015), pp. 1-6.,

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.

Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption–Economic growth nexus for China. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 40, 111-117.

Liou HM. Comparing feed-in tariff incentives in Taiwan and Germany. Renew Sustain Energy Rev 2015;50:1021–34.

Mardani, A., Zavadskas, E. K., Khalifah, Z., Zakuan, N., Jusoh, A., Nor, K. M., & Khoshnoudi, M. (2017). A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 71, 216-256.

Moghtadernejad, S., Chouinard, L. E., & Mirza, M. S. (2018). MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS FOR PRELIMINARY DESIGN OF SUSTAINABLE FACADES. Journal of Building Engineering.

Mulliner E, Malys N, Maliene V. Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. Omega 2016; 59:146–56.

Nigim K, Munier N, Green J. Pre-feasibility MCDM tools to aid communities in prioritizing local viable renewable energy sources. Renew Energy 2004; 29(11):1775–91.

Nunes, L. J. R., Causer, T. P., & Ciolkosz, D. (2020). Biomass for energy: A review on supply chain management models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109658.

Pérez-Collazo, C., Greaves, D., & Iglesias, G. (2015). A review of combined wave and offshore wind energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, 141-153.

REN21. Renewables 2016 global status Report; 2016.

San Cristóbal JR. Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: the Vikor method. Renew Energy 2011; 36(2):498–502.

Şengül Ü, Eren M, Eslamian Shiraz S, Gezder V, Şengül AB. Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. Renew Energy 2015; 75:617–25.

Shen YC, Chou CJ, Lin GT. The portfolio of renewable energy sources for achieving the three E policy goals. Energy 2011; 36(5):2589–98.

Shuba, E. S., & Kifle, D. (2018). Microalgae to biofuels: 'Promising'alternative and renewable energy, review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 743-755.

Sovacool, B. K., & Walter, G. (2018). Major hydropower states, sustainable development, and energy security: Insights from a preliminary cross-comparative assessment. Energy, 142, 1074-1082.

Stein EW. A comprehensive multi-criteria model to rank electric energy production technologies. Renew Sustain Energy Rev 2013; 2:640–54.

Streimikiene D, Balezentis T, Krisciukaitienė I, Balezentis A. Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach. Renew Sustain Energy Rev 2012; 16(5):3302–11.

Štreimikienė D, Šliogerienė J, Turskis Z. Multi-criteria analysis of electricity generation technologies in Lithuania. Renew Energy 2016; 85:148–56.

Toklu, E. (2017). Biomass energy potential and utilization in Turkey. Renewable Energy, 107, 235-244.

Trappey AJC, Trappey CV, Lin GYP, Chang YS. The analysis of renewable energy policies for the Taiwan Penghu island administrative region. Renew Sustain Energy Rev 2012; 16(1):958–65.

Troldborg M, Heslop S, Hough RL. Assessing the sustainability of renewable energy technologies using multi-criteria analysis: suitability of approach for national-scale assessments and associated uncertainties. Renew Sustain Energy Rev 2014; 39:1173–84.

Wang JJ, Jing YY, Zhang CF, Zhao JH. Review on multi-criteria decision analysisaid in sustainable energy decision-making. Renew Sustain Energy Rev 2009; 13(9):2263–78.

Wang, S., Li, G., & Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 2144-2159.

Abstract

Prioritization of renewable energy sources by different climatic zones with emphasis on regional conditions

This study aims to prioritize renewable energy sources by different climatic zones with emphasis on regional conditions. In this case study, the performance of 5 sources of wind energy, solar energy, hydropower, biomass energy and geothermal energy based on 23 criteria in 3 desert, temperate and mountainous regions has been investigated. CRITIC method was used to weight the criteria and ARAS and WASPAS methods were used to prioritize renewable energy sources. Finally, the results of the calculations of these two methods were compared to ensure the accuracy of the results. According to the results of these two methods, in the desert region, solar energy is the best source of renewable energy and in mountainous areas, wind energy is the best source of energy and in temperate regions, solar energy is the best source of renewable energy.

Keywods: Renewable energies, wind energy, solar energy, hydropower, biomass energy, geothermal energy, desert region, temperate region, mountainous region, Multiple-criteria decision-making (MCDM)

Shahrood University of Technology
Faculty of Industrial Engineering and Management
M.Sc. Thesis in Master Of Business Administration

Prioritization of renewable energy sources by different climatic zones with emphasis on regional conditions

By: Mohammad Mahdi Mirzaee Hosseini

Supervisors:
Dr.Sayyed Mojtaba Mirlohi
Dr. Mohammad Hossein Ahmadi
Advisors:
Dr . majid ameri

September 2020