

اولویت بندی انرژی های تجدید پذیر در شهر کرمان با استفاده از روش AHP

سعیده حقانیت^۱، سید حامد موسوی راد^۲، میترا میرحسینی^۳

^۱ کارشناس برنامه ریزی شرکت صنایع ملی مس ایران، ^۲ دانشیار دانشگاه شهید باهنر کرمان، ^۳ استادیار دانشگاه شهید باهنر کرمان،

چکیده

امروزه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به صورت گسترده در حال توسعه می باشد. این توسعه در عین حال با چالش هایی از جمله اولویت بندی انواع انرژی های تجدیدپذیر برای استفاده در هر منطقه با توجه به ویژگی های آن منطقه از ابعاد مختلف رو به رو می باشد. استان کرمان یکی از بزرگترین استان های ایران، دارای ویژگی های آب و هوایی مرتفع و کوهستانی در منطقه می باشد. لذا این تحقیق با هدف اولویت بندی انرژی های تجدیدپذیر در شهر کرمان انجام شد. در این تحقیق ابتدا با بررسی مقالات گذشته معیارهای اهم در اولویت بندی انرژی های تجدیدپذیر شامل: انرژی خورشیدی، بادی، آبی، زمین گرمایی، زیست توده و هیدروژنی شناسایی شد و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی به اولویت بندی انواع فناوری های تولید برق براساس مجموعه جامع ای از معیارها و ضوابط فنی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی خاص مناطق مختلف مورد توجه قرار گرفته است. اولویت بندی انواع فناوری های تولید برق براساس مجموعه جامع ای از معیارها و ضوابط فنی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی خاص مناطق مختلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

متن مقاله

بشر از دیرباز با بکارگیری انرژی های فراوان و در دسترس طبیعت، در پی کوشش درجه ای تازه به روی خویش بود تا از این رهگذار، بتواند افزون بر آسان تر کردن کارها، فعالیت های خود را با کمترین هزینه و بالاترین سرعت به انجام رساند و گامی برای آسایش بیشتر بردارد. روند مصرف انرژی در سال های گذشته بسیار سریع و تکران کننده بوده که این روند در کشورهای در حال توسعه و علی الخصوص در ایران بسیار بالاتر از میانگین جهانی است. یک واقعیت پذیرفته شده برای جوامع بشری این است که انرژی مورد نظر دنیا به سرعت روبه افزایش است و درحال حاضر منابع انرژی فسیلی ازران قیمت نیز به آرامی در چندین دهه دیگر به اتمام خواهد رسید.

برای حفظ این منابع فسیلی با ارزش برای نسل های آتی و جلوگیری از خسارت های زیست محیطی ناشی از سوختن آن ها و پاسخ گویی به افزایش تقاضای روز افزون انرژی راهی جز روی آوردن بشر به استفاده از انرژی های پاک و تجدیدپذیر شونده باقی نمانده است. در ایران که کشوری سرشار از منابع نفتی است به نظر می رسد طی سال های اخیر انتخاب نیروگاه های برق بر اساس حجم سرمایه گذاری اولیه مورد نیاز و دسترسی به منابع انرژی اولیه صورت گرفته است و اولویت بندی انواع فناوری های تولید برق براساس مجموعه جامع ای از معیارها و ضوابط فنی، اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، زیست محیطی خاص مناطق مختلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

شهر کرمان که مرکز بزرگترین استان ایران می باشد نیز با چنین چالش هایی مواجه می باشد. لذا هدف این تحقیق اولویت بندی استفاده از انواع انرژی های تجدیدپذیر در شهر کرمان می باشد. برسی رسانی به این هدف در بخش دوم این مقاله به سوابق تحقیق در این حوزه خواهیم پرداخت. در بخش سوم روش تحقیق این مطالعه ارائه خواهد شد. نتایج این تحقیق نیز در بخش چهارم تحلیل خواهد شد. در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات مرتبط با این تحقیق ارائه خواهد شد.

مور ادبیات

منابع انرژی را می توان به دو دسته ی انرژی های تجدیدپذیر و انرژی های تجدیدناپذیر تقسیم کرد. انرژی های تجدیدناپذیر فقط یک بار قابلیت مصرف دارند و منابع آن ها محدود است که دو نمونه از آن عبارتند از سوخت های فسیلی و سوخت های هسته ای. در مقابل، منابع انرژی های تجدیدپذیر تمام نمی شوند و معمولاً اودمی به وجود نمی آوند که برخی از انواع مشهور آن ها عبارتند از انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زمین گرمایی، انرژی آبی، انرژی زیست توده، انرژی هیدروژنی.

در ادامه به مرور مقالات مرتبط با اولویت بندی انرژی های تجدیدپذیر پرداخته خواهد شد. اینها و همکاران ۲۰۲۰ در تحقیقی به بررسی مدل های مختلف انرژی های تجدیدپذیر پرداختند. هدف از این تحقیق توسعه روش هایی کاربردی برای استفاده از انرژی های تجدیدپذیر به عنوان جایگزینی برای انرژی های فسیلی بوده است. این تحقیق با رویکرد فراتحلیل و با بررسی مطالعات پیشین در رابطه با انرژی های تجدیدپذیر انجام شده است. نتیجه بدست آمده در این تحقیق گویای آن است که با توجه به روند اودمی هوا و کاهش منابع فسیلی استفاده از انرژی های تجدیدپذیر تا دو دهه آینده یکی از مهم ترین اولویت های تمامی کشورهای خواهد بود. همچنین بررسی ها نشان می دهد که الزامات اقتصادی و میزان اودمی تولید شده در فرایند تولید انرژی، شاخص های مهمی برای انتخاب منبع انرژی می باشند [۱].

دوچی و همکاران (۲۰۲۱)، در مطالعه خود، یک رویکرد ترکیبی جدید با انجام روش های بهترین و بدترین و راه حل سازشی برای انتخاب بهترین فراسل در ترکیه انتخاب کرده اند. نتایج نشان می دهد که ساحل بوزکا آدا را به عنوان مکان مناسب در مقایسه با سایر تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره نشان می دهد [۲].

زو و همکاران (۲۰۲۲)، مطالعه ای تحت عنوان تخصیص منطقه ای سهمیه انرژی های تجدیدپذیر در چین تحت سیاست استانداردهای نمونه کارها تجدیدپذیر انجام داده اند. در این تحقیق، از روش های مدل تحلیل پوششی داده ها همراه با مدل انتروپی برای تخصیص سهمیه انرژی های تجدیدپذیر چین از دیدگاه استانی استفاده کردند. نتایج تخصیص نشان می دهد که گوانگدونگ، جیانگ سو، سیچوان و شاندونگ چهار استان با بیشترین سهمیه انرژی های تجدیدپذیر هستند [۳].

اریانفر و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه خود اولویت بندی چندمعیاره نیروگاه های تجدیدپذیر در استرالیا با استفاده از منطق فازی در روش تصمیم گیری چند معیاره پرداخته اند. در نتیجه استفاده از روش مارکوس مشخص شد که منابع انرژی آبی در آنتولی شرقی، مدیترانه، آنتولی جنوب شرقی و منطقه دریای سیاه و منابع انرژی باد در مرمره و منطقه دریای اژه از منابع انرژی خورشیدی در منطقه آنتولی مرکزی اولویت بالایی دارند [۴].

لی و چانگ (۲۰۱۸) در مطالعه ای از ارزیابی مقایسه ای انرژی های تجدیدپذیر در کشور تایوان با رویکرد تصمیم گیری چندمعیاره پرداختند. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که راندمان تولید، هزینه نگهداری، سهولت عملکرد مهم ترین معیارها برای ارزیابی منابع مختلف انرژی تجدیدپذیر در کشور تایوان به شمار می روند. همچنین نتایج حاصل از رتبه بندی انرژی ها نشان داد که با توجه به شرایط کشور تایوان، تولید برق آبی (انرژی آب) بهترین انرژی تجدیدپذیر می باشد، چراکه تکنولوژی آن به بلوغ بالایی رسیده است [۵].

زینگ و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی به ارزیابی جامع ای از برنام های فنی انرژی تجدیدپذیر در یک استان در کشور چین براساس تجزیه و تحلیل پوشش داده ها را مطرح کردند. در این تحقیق، آنها از این روش برای تعیین رتبه بندی نسبی برنامه های مختلف بر اساس مفهوم گرانندی [۶].

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از معروف ترین فنون تصمیم گیری چندمنظوره است که اولین بار توسط توماس ل اساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. این روش در هنگامی که عمل تصمیم گیری با چند گزینه رقابتی و معیار تصمیم گیری رو به رو است می تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح می توانند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم گیری با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می کند [۷].

درخت سلسله مراتب تصمیم اولی مورد مقایسه و گزینه های رقابتی مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می دهد. سپس یک سری مقایسات زوجی انجام می گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه های رقابتی مشخص می سازد. در نهایت منطق تحلیل سلسله مراتبی به گونه ای ماتریس های حاصل از مقایسات زوجی را با همدیگر تلفیق می سازد که تصمیم پهنه حاصل آید [۸].

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی

ساختن نمودار سلسله مراتبی: در این گام ابتدا باید عوامل پژوهش را از منابع مختلف استخراج نمود و با از افراد خبره سوال کرد. بعد از استخراج عوامل و گزینه ها، ساله را به سطوح معیار و در صورت وجود زیرمعیار و گزینه تقسیم کرد [۹].

قضاوت ترجیحی (تشکیل ماتریس مقایسات زوجی): در این مرحله عناصر هر سطح نسبت به سایر عناصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس های مقایسات زوجی تشکیل می شوند. جهت تعیین اهمیت و ترجیح در مقایسات زوجی از طیف ۱ تا ۹ ساعتی که در جدول ۱ آورده شده است، استفاده می کنیم [۱۰].

ارزشی ترجیحی	وضعیت مقایسه نسبت به [۱]	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص ۱ نسبت به [۱] اهمیت برابر دارند و یا از حیثی نسبت به هم ندارند
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص ۱ نسبت به [۱] کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص ۱ نسبت به [۱] مهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص ۱ دارای ارجحیت خیلی بیشتری از [۱] است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً از [۱] مهمتر و قابل مقایسه با [۱] نیست.
۱/۲ و ۱/۳ و ۱/۴ و ۱/۵ و ۱/۶ و ۱/۷ و ۱/۸ و ۱/۹	–	ارزشهای میانی بین ارزشهای ترجیحی را نشان می دهد. مثلاً ۱/۸ بیانگر اهمیت زیادتر از ۷ و ۱/۹ بیانگر از ۹ برای [۱] است.

محاسبات وزن های نسبی

قدم بعدی در فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام محاسبات لازم برای تعیین اولویت هر یک از عناصر تصمیم با استفاده از اطلاعات ماتریس های مقایسات زوجی است. ماتریس جدیدی که بدین صورت بدست می آید، ماتریس مقایسات نرمال شده نامیده می شود. میانگین اعداد هر سطح از ماتریس مقایسات نرمال شده را محاسبه می کنیم. این میانگین وزن نسبی عناصر تصمیم با سطوحی ماتریس را ارائه می کند. به منظور رتبه بندی گزینه های تصمیم، در این مرحله باستانی وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن بدست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی بدست می آید [۱۱].

مقایسه نرخ سازگاری

نرخ سازگاری نشان دهنده ثبات و پایداری مقایسات است. در نرم افزارهای مختص روش تحلیل سلسله مراتبی این نرخ به صورت خودکار توسط نرم افزار محاسبه می شود چنانچه این نرخ از ۰.۱ کمتر باشد ماتریس سازگار هست و اگر از ۰.۱ بیشتر باشد باید در مقایسات زوجی تجدید نظر نمود [۱۲].

برای محاسبه ی شاخص سازگاری از (۱) و نرخ سازگاری از (۲) استفاده می شود [۱۳].

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{IR} \quad (2)$$

معیارهای مرتبط با اولویت بندی انواع انرژی های تجدیدپذیر در جدول ۳ استخراج گردید.

ردیف	جدول ۳- جدول معیارها
۱	معیارها اقتصادی
۲	زیست محیطی
۳	تکنولوژی
۴	فنی
۵	سیاسی
۶	اجتماعی

ساختار شکست سلسله مراتبی در شکل ۱ آورده شده است.



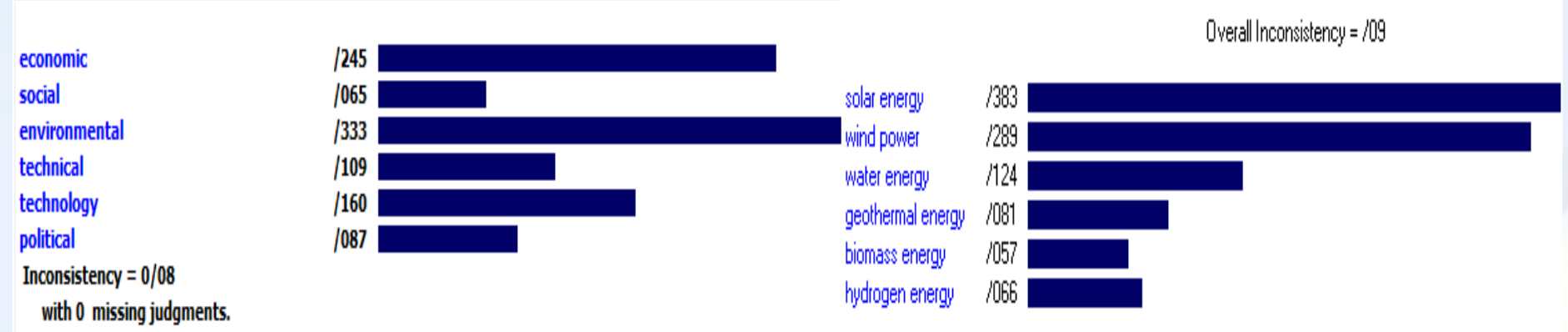
شکل ۱: ساختار شکست سلسله مراتبی انتخاب بهترین انرژی تجدیدپذیر

شهر کرمان مرکز بزرگترین استان ایران در جنوب شرق ایران قرار دارد. متوسط مقدار باران در طول سال در کرمان معادل ۱۲۲۴ میلی متر است. اقلیم شهر کرمان نیمه گرمی است. در این بخش به بررسی پربسته ها که از طریق مصاحبه با صاحب نظران این حوزه تکمیل شده است و تحلیل نظرات کارشناسان با کمک تکنیک تحلیل سلسله مراتبی پرداخته می شود. به منظور افزایش سرعت و سهولت محاسبات از نرم افزار مرتبط با آن به نام اکسپرت چویس استفاده شده است و پس از تعیین میزان اهمیت معیارها، رتبه بندی نهایی گزینه ها استخراج می شود. در نرم افزار اکسپرت چویس پس از تعریف کردن معیارها و گزینه های مورد نظر در ابتدا باید اطلاعات مربوط به مقایسات زوجی گزینه ها را با توجه به هر کدام از معیارها بطور جداگانه وارد کنیم. در جدول ۴ ماتریس مقایسات زوجی معیارها آورده شده است.

جدول ۴: ماتریس مقایسه زوجی معیارها	اقتصادی	اجتماعی	زیست محیطی	فنی	تکنولوژی	سیاسی
اقتصادی	۱	۵.۵۲	۱	۱.۱۴	۲.۰۸	۲.۲۹
اجتماعی	-	۱	۰.۲۵	۰.۴۳	۰.۳	۰.۶۳
زیست محیطی	-	-	۱	۳.۴۲	۳.۱	۵.۲۱
فنی	-	-	-	۱	۲.۹	۱
تکنولوژی	-	-	-	-	۱	۱
سیاسی	-	-	-	-	-	۱

متن مقاله

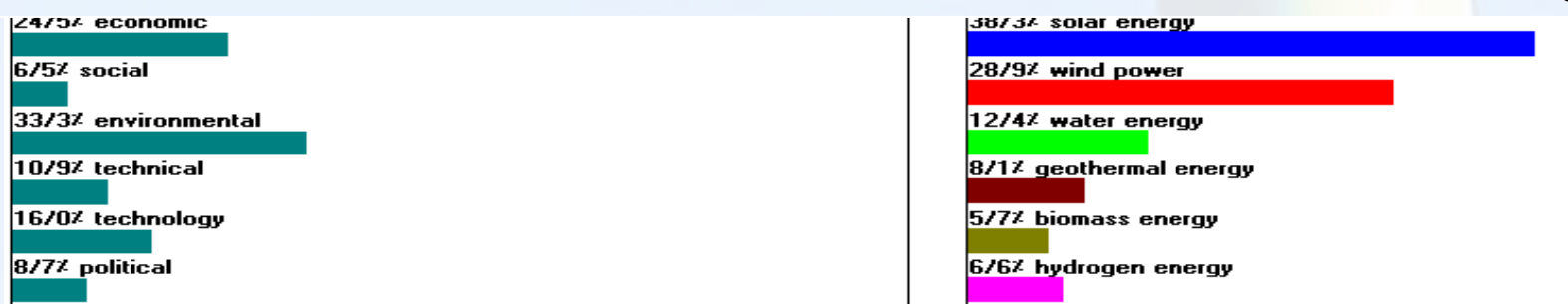
در شکل ۲ وزن محاسبه شده برای معیارها و گزینه ها با استفاده از نرم افزار اکسپرت چویس نشان داده شده است.



شکل ۲: وزن محاسبه شده برای معیارها و گزینه ها در نرم افزار اکسپرت چویس

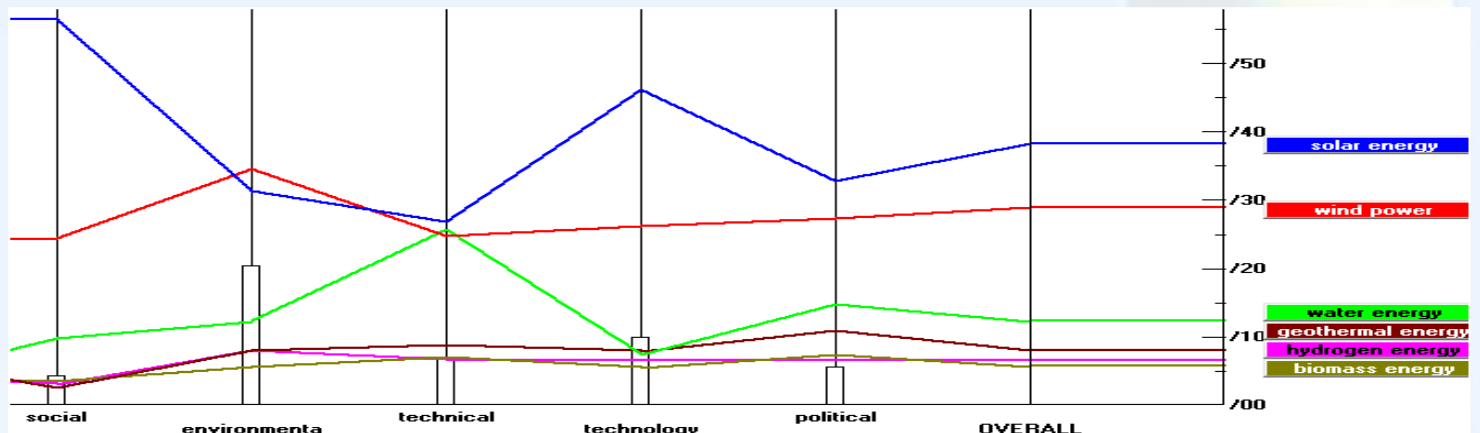
همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، نرخ سازگاری برابر با ۰.۹۰ هست، در نتیجه مقایسات با هم سازگار می باشند. نمودارهای آنالیز حساسیت

۱. نمودار دینامیک: این نمودار اهمیت معیار ها را نشان می دهد. در این نمودار نتایج کسب شده از مقایسات زوجی انجام شده بین معیارها و در نهایت مقایسات زوجی آنرا نتایج براساس معیارها، مشاهده می شود. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود، معیار زیست محیطی با ۰.۳۳ به عنوان مهم ترین معیار برای سنجش انرژی های تجدیدپذیر شناسایی شد و معیارهای اقتصادی، تکنولوژی، فنی، سیاسی و اجتماعی به ترتیب با وزن های ۰.۲۴، ۰.۱۰۱۶، ۰.۰۸۷، ۰.۰۶۵ و اولویت بندی شدند.



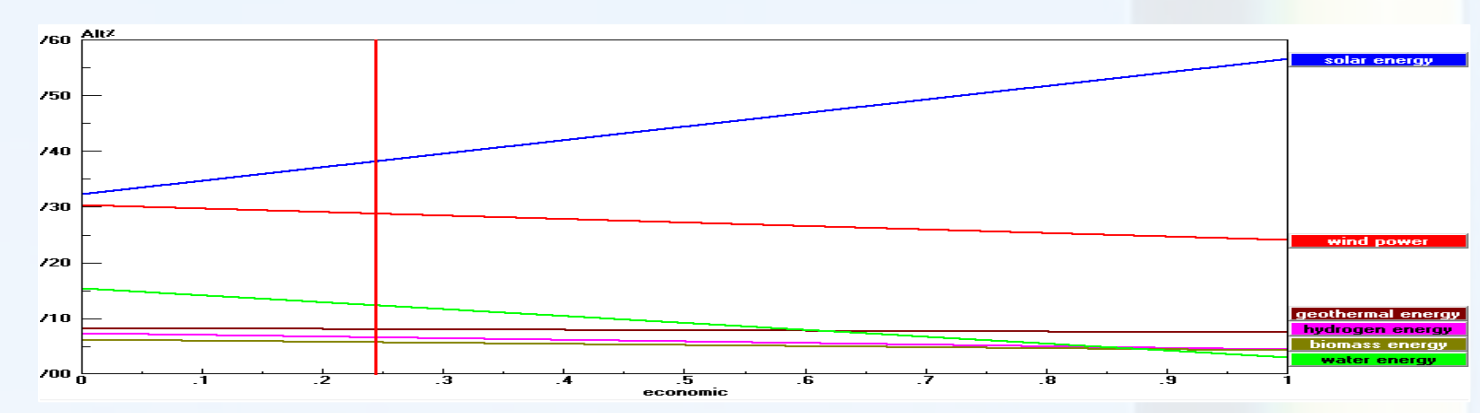
شکل ۴: نمودار دینامیک معیارها و گزینه ها

۲. آنالیز حساسیت کارایی: این نمودار نشان می دهد که چگونه گزینه ها نسبت به گزینه های دیگر با توجه به معیارها اهمیت بندی شده اند. در شکل ۵ اهمیت انرژی های تجدیدپذیر نسبت به یکدیگر با توجه به معیارها نشان داده شده است.



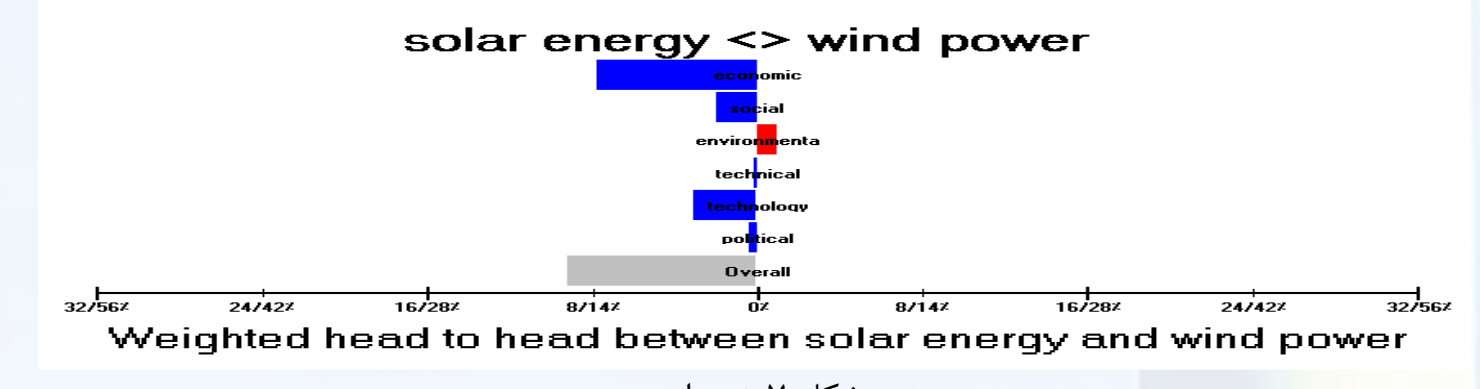
شکل ۵: آنالیز حساسیت کارایی معیارها

۳. آنالیز حساسیت گرادینی: همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، این نمودار ارجحیت گزینه ها را نسبت به هم نشان می دهد. در این شکل انرژی خورشیدی بیشترین ارجحیت را نسبت به گزینه های دیگر دارد و انرژی بادی، زمین گرمایی، هیدروژنی، زیست توده و آبی دارای اولویت های پدیی می باشند.



شکل ۶: آنالیز حساسیت گرادینی معیارها و گزینه ها

۴. نمودار سره: میزان ارجحیت کلی بر اساس وزن نشان داده می شود. به عنوان مثال مقایسه انرژی خورشیدی و بادی براساس وزن در شکل ۷ آمده است که انرژی خورشیدی از نظر معیار اقتصادی ارجحیت بیشتری از انرژی بادی دارد.



شکل ۷: نمودار سره بر سر

نتایج

در این تحقیق، با بررسی مور ادبیات معیارها اهم در سنجش انرژی های تجدیدپذیر شناسایی شد و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انرژی های تجدیدپذیر در شهر کرمان اولویت بندی شدند. نتایج حاصل از روش، نشان می دهد که انرژی های تجدیدپذیر به عنوان بهترین انرژی های انتخاب می شود. همچنین بقیه آنرا نتایج نیز به ترتیب اولویت بندی می شوند. روش مقایسات به صورت زوجی بوده و همه آنرا نتایج براساس همه معیارها طی چند مرحله در ماتریس های مقایسات زوجی، با یکدیگر مقایسه می شوند. همچنین معیارهای سنجش نیز با یکدیگر مقایسات زوجی شناسایی شد.

معیارهای اقتصادی، تکنولوژی، فنی، سیاسی و اجتماعی به ترتیب با ارزش ۰.۲۴، ۰.۱۰۱۶، ۰.۰۸۷، ۰.۰۶۵، اولویت بندی شدند.

مقایسات زوجی آنرا نتایج انرژی در مقابل معیارهای تعریف شده، نشان می دهد که انرژی خورشیدی با امتیاز برابر با ۰.۳۳۲۰۰ عنوان بهترین انرژی تجدیدپذیر انتخاب می شود و انرژی های بادی، آبی، زمین گرمایی، هیدروژنی و زیست توده به ترتیب با امتیازهای ۰.۲۸۹، ۰.۱۲۴، ۰.۰۸۱، ۰.۰۶۶ و ۰.۰۵۷ در اولویت های بعد قرار دارند.

با توجه به پیش بینی برنامه های توسعه اقتصادی و اجتماعی ایران مبنی بر توسعه نیروگاه بادی و نیروگاه خورشیدی، با توجه به نتیجه محاسبات این تحقیق و تعیین اولویت اول برای انرژی خورشیدی در کرمان، لذا شهر کرمان به دلیل تابش خورشید در بیش از ۳۰۰ روز سال فضای طبیعی و نظیر هم چنین زیرساخت های قابل قبول در مرکز دوزخه کشور قرار گرفته است. با توجه به هزینه سرمایه گذار بالای نیروگاه خورشیدی حرارتی، پیشنهاد می گردد که با دریافت دولت تدبیر و امید و سهیل کردن امور سرمایه گذاری این مزیت به نظیر کرمان، نیروگاه خورشیدی مورد توجه بیشتر قرار گیرد تا با افزایش ظرفیت نصب این نوع نیروگاه و رشد صنعت مربوطه، هزینه های سرمایه گذاری آن نیز کاهش یافته و در آینده به عنوان یک نامزد مناسب برای تولید برق ازران مطرح شود.

همچنین با توجه به اولویت دوم برای انرژی بادی، انتظار می رود با توجه به پتانسیل بالا و شناخته شدن فن آوری و زنجیره ارزش انرژی بادی در کرمان، تکنولوژی نیروگاه بادی از جانب دولت مورد حمایت های بیشتر سیاست گزاران و تصمیم گیری برن کشور قرار گیرد. این تحقیق به برنامه ریزان کمک زیادی می کند تا بتوانند بهتر تصمیم گیری نمایند. مسلم است هرچه از معیارهای بیشتر و دقیق تر استفاده شود، نتیجه بهتری را می توان انتظار داشت.

مراجع

- [1] Niyan, S., Jebaraj, S., Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2006). Energy models for renewable energy utilization and to replace fossil fuels. 5th Conference on Energy Conservation in Building, Tehran.
- [2] 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.
- [3] Zeng, Y., Guo, W., & Zhang, F. (2019). Comprehensive evaluation of renewable energy technical plans based on data envelopment analysis. Energy Procedia, 158, 3583-3588.
- [4] 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.
- [5] Wang, Y., Xu, L., & Solangi, Y. A. (2020). Strategic renewable energy resources selection for Pakistan: Based on SWOT-Fuzzy AHP approach. Sustainable Cities and Society, 52, 101861.
- [6] Deveci, M., Özcan, E., John, R., Pamucar, D., & Karaman, H. (2021). Offshore wind farm site selection using interval rough numbers based Best-Worst Method and MARCOS. Applied Soft Computing, 109, 107532.
- [7] Alkan, Ö., & Albayrak, Ö. K. (2020). Ranking of renewable energy sources for regions in Turkey by fuzzy entropy based fuzzy COPRAS and fuzzy MULTIMOORA. Renewable Energy, 162, 712-726.
- [8] Zhou, D., Hu, F., Zhu, Q., & Wang, Q. (2022). Regional allocation of renewable energy quota in China under the policy of renewable portfolio standards. Resources, Conservation and Recycling, 176, 105904.
- [9] Khamis, A., Khatib, T., Yosliza, N. A. H. M., & Azmi, A. N. (2020). Optimal selection of renewable energy installation site in remote areas using segmentation and regional technique: A case study of Sarawak, Malaysia. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 42, 100858.
- [10] Aryanfar, A., Gholami, A., Ghorbannezhad, P., Yeganeh, B., Pourgholi, M., Zandi, M., & Stevanovic, S. (2022). Multi-criteria prioritization of the renewable power plants in Australia using the fuzzy logic in decision-making method (FMCDM). Clean Energy, 6(1), 780-798.

[۱] [مادھی، زین العابدین اسفھانی دلال باشی، حری، (۲۰۱۳). اولویت بندی عوامل موثر بر مکان یابی نیروگاه های انرژی های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره. مجله پژوهش های برنامه ریزی و سیاست گذاری انرژی، (۳)، ۹۳-۱۱۰.

[۲] [پریماتی، مهدی، کمی نژادیان، عبدالرزاق، (۱۳۹۵). اولویت بندی نیروگاه های تولید برق تجدیدپذیر در ایران. فصلنامه علمی - ترویجی انرژی های تجدیدپذیر و نوسال سوم، شماره دوم، ص ۸۳-۸۷.

[۳] [میرزایی، مریم، باقری نژاد، جعفر، (۱۳۹۱). ارائه مدل سلسله مراتبی برای اولویت بندی انرژی های تجدیدپذیر در منطق فازی. دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.

[۴] [بهرگان، محمدرضا، (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته - انتشارات کتاب دانشگاهی چاپ اول.