

اولویت‌بندی منابع انرژی تجدیدپذیر استان هرمزگان

۱ نجوا باوقار زعیمی، ۲ محمد علی فرقانی*، ۳ زین العابدین صادقی

چکیده

انرژی به عنوان یک متغیر ژئوپلیتیک، جایگاه ویژه‌ای را در بازی‌های قدرتی نظام جهان باز کرده و دسترسی به منابع انرژی برای تمامی سطوح سلسله مراتبی قدرت جهان، اهمیتی استراتژیک پیدا کرده است. استان هرمزگان یکی از استان‌های صنعتی ایران است و این موضوع باعث شده است تا مصرف انرژی در این استان به طور پیوسته افزایش یابد. محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای ضرورت توجه روز افزون به انرژی‌های تجدیدپذیر را بر همگان روشن ساخته است. این پژوهش با هدف ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر استان هرمزگان و انتخاب انرژی تجدیدپذیر مناسب این استان با استفاده از روش AHP، معیارهای فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-سیاسی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که معیار اقتصادی با برتری پارامتر هزینه سرمایه گذاری، بالاترین اهمیت را در ارزیابی و انتخاب انرژی تجدیدپذیر مناسب ایفا می‌کند و انرژی خورشیدی مناسب‌ترین انرژی از میان انرژی‌های تجدیدپذیر ارزیابی شده در استان هرمزگان است.

تاریخ دریافت:

۱۳۹۵/۸/۲۳

تاریخ پذیرش:

۱۳۹۶/۱۱/۱۷

کلمات کلیدی:

ارزیابی چند معیاره،
انرژی تجدیدپذیر،
استان هرمزگان،
AHP

najvabavaghar@yahoo.com

forghani@uk.ac.ir

abed_sadeghi@yahoo.com

۱. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه باهنر کرمان

۲. استادیار گروه مدیریت دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه باهنر کرمان (نویسنده مسئول)

۳. استادیار گروه اقتصاد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه باهنر کرمان

۱. مقدمه

متداول ترین تعریف از پایداری، تعریفی است که کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه (WCED) ارائه کرده است. این کمیسیون، توسعه پایدار را به صورت توسعه ای که احتیاجات نسل حاضر را بدون لطمه زدن به توانایی نسل های آتی در تأمین نیازهای خود برآورده می کند، تعریف کرده است [19]. داشتن انرژی مناسب عمده ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی است چرا که انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه می باشد. اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه انسانی را در بلند مدت در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی تأمین نماید، مفهوم انرژی پایدار تحقق خواهد یافت، لذا تأمین انرژی پایدار ضرورت توسعه پایدار است [۵]. رشد جمعیت، صنعتی شدن کشورها و ارتقای سطح کیفی زندگی، موجب شده است تا مصرف انرژی به طور پیوسته رو به افزایش باشد. از همین رو پیش بینی می شود در آینده، انرژی فسیلی، به عنوان منبع اصلی انرژی در جهان، جوابگوی تمام نیازها نباشد. این مسئله و آلودگی حاصل از سوخت های فسیلی باعث شده تا در اکثر کشورهای پیشرفته دنیا، مطالعاتی به منظور کشف و بهره بردای از منابع انرژی پاک انجام شود [۱].

فناوری های انرژی تجدیدپذیر متفاوت، ویژگی های متفاوت، از جنبه های اقتصادی، صنعتی و محیطی دارند. پیچیدگی فناوری های انرژی تجدیدپذیر، هر کشور را به ارزیابی و انتخاب تکنولوژی درست، مبنی بر شرایط خاص آن کشور ملزم می سازد [۱۳]. به منظور انجام ارزیابی منطقی از گزینه های مختلف و ارائه راه حل های مناسب، تعدد اطلاعات مربوط به متغیرهای اقتصادی، اثرات زیست محیطی، واجد شرایط بودن اجتماعی، نوآوری تکنولوژیکی باید تجزیه و تحلیل شوند. علاوه بر این، معیارهایی که اثر بالقوه قاطع در ساخت راه حل دارند باید به درستی انتخاب شوند و مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند [۱۱].

کایا و کهرمان [۱۲] (۲۰۱۰) به تعیین بهترین گزینه انرژی های تجدیدپذیر برای استان بول با استفاده از روش ادغام شده AHP و VICOR و انتخاب میان گزینه های مکان تولید انرژی در این شهر پرداختند. نتایج نشان داد که انرژی باد مناسب ترین گزینه انرژی تجدیدپذیر و منطقه کاتالکا بهترین ناحیه میان گزینه ها برای استقرار توربین های بادی در استان بول می باشد. آمر و دایم [۸] (۲۰۱۱)،

با استفاده از AHP فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر پاکستان را از لحاظ اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی، تکنولوژی و سیاسی مورد ارزیابی قرار دادند. گزینه‌های انرژی بادی، فتوولتائیک خورشیدی، انرژی حرارتی خورشیدی و انرژی زیست توده در مدل تصمیم به کار گرفته شد و نتایج حاکی از آن بود که ترکیب انرژی‌های بادی و زیست توده در تولید برق پاکستان به گزینه‌های دیگر برتری دارد. صادقی و همکاران [۱۷] (۲۰۱۲)، با استفاده از دو روش FMCDM که شامل FAHP و TOPSIS فازی است به ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر جهت تولید برق در استان یزد پرداختند. چهار گزینه از انرژی‌های تجدیدپذیر (خورشیدی-زمین گرمایی-آبی و بادی) در استان یزد مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که انرژی خورشیدی مناسب ترین منبع انرژی تجدیدپذیر برای استان یزد می‌باشد. اسلیوجرین و همکاران [۱۸] (۲۰۱۳)، با استفاده از روش‌های معیارهای چندگانه ریاضی مانند AHP و ARAS (روش ارزیابی نسبی افزایشی)، به آنالیز و انتخاب فناوری‌های تولید انرژی تجدیدپذیر در لیتوانی پرداختند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ارزیابی و انتخاب فناوری‌های تولید انرژی با استفاده از روش‌های معیار چندگانه یک روش خوب با لحاظ معیارهای کارایی، سودمندی اقتصادی، انسجام زیست محیطی با معیارهای نوآوری در فناوری عملیات، مسئولیت پذیری اجتماعی و توسعه پایدار می‌باشد. از میان فناوری‌های تولید انرژی مربوط به منابع انرژی تجدیدپذیر، یک اولویت بارز به فناوری‌های زیست توده اختصاص داده شد. لی بو و تائو [۱۳] (۲۰۱۴)، یک سیستم شاخص ارزیابی جامع برای فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر بر مبنای AHP و DEA در چین، شامل مزیت‌های اقتصادی، فنی، کارایی، اجتماعی و زیست محیطی ساختند. نتایج نشان داد که انرژی باد بهترین انتخاب برای چین است. لود و همکاران [۱۴] (۲۰۱۵)، بهینه سازی ترکیب فناوری برای پارک انرژی تجدیدپذیر شانگهای ۲ گیگا واتی در کویت را مورد بررسی قرار دادند. انتخاب ۳ تکنولوژی بادی-PV CSP از میان ۱۴ تکنولوژی در یک ارزیابی اجتماعی-فنی-اقتصادی تعیین شد، که عملکرد شبیه سازی هر گزینه از فناوری برای مکان اختصاص داده شده در کویت را شامل می‌شود. نتایج نشان داد که ترکیب تکنولوژی متنوع برای اعتبار ظرفیت بالا مهم است و هیچ تک تکنولوژی را نمی توان مشخص کرد که اهمیت آن بیشتر یا کمتر باشد. یو و همکاران [۲۰] (۲۰۱۶)، ادغام بهینه منابع انرژی تجدیدپذیر را به عرضه انرژی جزیره وانگ مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر پتانسیل تولید سالانه ۴۵۸۰۱ گیگاوات ساعت را نشان داد که به طور قابل ملاحظه ای از نیازهای

انرژی محلی، ۲۲.۳ گیگا وات ساعت پیشی گرفته است. برق مازاد را می‌توان ذخیره و سپس در طول یک کسری برق مورد استفاده مجدد قرار داد.

ایران مانند دیگر کشورهای در حال توسعه با چالش‌های مهمی در زمینه انرژی و سیاست‌های زیست محیطی روبه‌رو است [۱۵]. در حال حاضر با وجود این که ایران پتانسیل‌های غنی در بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر دارد اما منابع تجدید ناپذیر مانند سوخت‌های فسیلی، گاز طبیعی و دیزلی تبدیل به انتخاب بیشتر نیروگاه‌های برق ایران جهت تولید برق شده است [۱۷].

موقعیت استراتژیک خاص استان هرمزگان، این استان را به یکی از بیشترین مصرف‌کنندگان انرژی در ایران تبدیل کرده است. این استان یکی از استان‌های کانونی کشور در حوزه برنامه‌ریزی کلان در حوزه انرژی است به گونه‌ای که توسعه صنایع غرب شهر بندرعباس نیز نیاز به انرژی را دو چندان کرده و سبب شده است که این استان به دلیل نزدیکی به دریا و منابع گازی و سوخت، یکی از بهترین استان‌های ایران برای تولید انرژی برق باشد. از جمله سیاست‌ها و اولویت‌هایی که در سند توسعه انرژی استان هرمزگان مورد توجه قرار گرفته است افزایش سرمایه‌گذاری در حداکثر بهره‌برداری از امکانات موجود و جایگزینی اقتصادی حامل‌های انرژی می‌باشد و در این راستا گسترش انواع انرژی‌های تجدید پذیر با توجه به مستعد بودن منطقه هیچ جایگاه توسعه‌ای پیدا نکرده‌اند (جدول ۱).

جدول ۱. پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران و استان هرمزگان [۴]

منابع انرژی تجدیدپذیر							پتانسیل (Gwh)
	جزر و مد	خورشیدی	زیست توده	زمین گرمایی	بادی	برق آبی	
ایران	۲۶۱۰۱۰۴	۱۹۳۱۶۱۰۰۰	۱۹۶۲۰۱۰۷	۲۴۷۴۷	۲۶۵۹۶۱۰۹	۱۲۳۶۱۰۲	
هرمزگان	۸۵۵۳۰۱	۹۲۷۴۴۷۷	۲۱۵۹۰۵	۱۷۵۲	۱۴۷۷۸۰۱	۰	

از آنجایی که این صنعت نیاز به سرمایه‌گذاری در حجم بالا دارد، لذا وجود یک پژوهش دقیق که منابع انرژی تجدیدپذیر را از دیدگاه‌های متفاوت و اصولی مورد بررسی قرار دهد، تا از سرمایه‌گذاری غیر اصولی در این راستا پرهیز شود، احساس می‌گردد. با توجه به نیازهای آینده

منطقه، مطالعه ما در انتخاب مناسب‌ترین سرمایه‌گذاری روی انرژی‌های تجدیدپذیر در استان هرمزگان متمرکز شده است.

۲. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

واژه AHP مخفف عبارت Analytical Hierarchy process به معنی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. AHP توسط توماس ساعتی در سال ۱۹۸۰ بسط داده شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در مواقعی که عمل تصمیم‌گیری با چندگزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری متفاوت روبروست می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اساس این روش تصمیم‌گیری، بر مقایسات زوجی استوار است و شامل مقایسات دوتایی به منظور ایجاد یک ماتریس نسبت است که یک ورودی به صورت مقایسه‌های دوتایی و وزن‌های نسبی را به عنوان خروجی تولید می‌نماید [۶]. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم‌آغاز می‌کند و عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم‌را نشان می‌دهد و سپس با انجام مقایسات زوجی گزینه‌های رقیب را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در نهایت منطق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که منتهی به تصمیم‌بهرینه می‌گردد. در این مدل برای هر یک از زیر معیارها ماتریس هندسی تشکیل می‌شود که با مقادیری از ۱ تا ۹ (جدول ۲) برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار صورت می‌گیرد [۷].

جدول ۲. نرخ مقایسات زوجی ساعتی [۷]

درجه اهمیت	ارزش عددی
یکسان	۱
متوسط	۳
زیاد	۵
بسیار زیاد	۷
فوق العاده زیاد	۹
برای ترجیحات بین عبارت‌های زبانی فوق	۲ و ۴ و ۶ و ۸

چک‌سازگاری مقایسات زوجی با نرخ سازگاری (Consistency Ratio) که به اختصار CR نامیده شده است سنجیده می‌شود. اگر $CR \leq 0.1$ باشد، سطح قابل قبول توافق را در مقایسه‌های

دوتایی نشان می دهد. اما $CR > 0.1$ ، نشانگر قضاوت های ناسازگار می باشد که در چنین مواردی باید در مقادیر اصلی ماتریس دوتایی تجدید نظر شود.

۳. داده ها و روش تحقیق

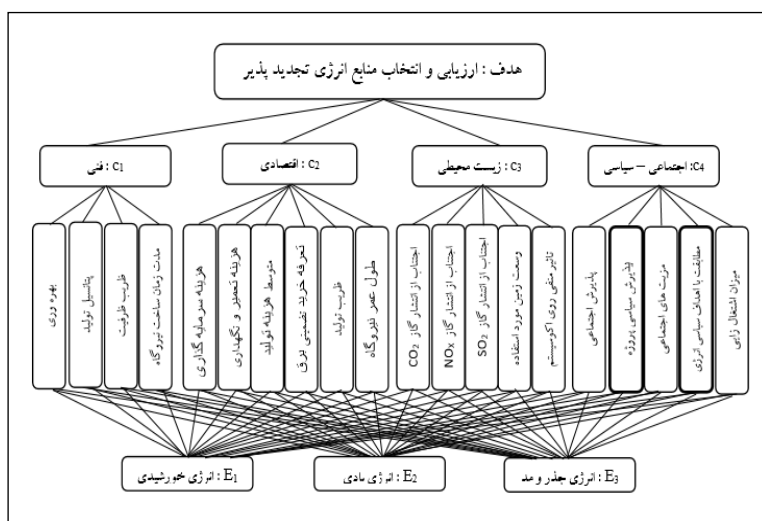
هدف این مطالعه شناسایی انرژی تجدیدپذیر مناسب برای استان هرمزگان با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. روش انجام کار در این تحقیق به منظور دستیابی به هدف پژوهش مبتنی بر چند مرحله کلی طرح ریزی شده است که این مراحل عبارتند از:

الف) انتخاب گزینه های تصمیم

با توجه به نظرات کارشناسان و پتانسیل استان در بهره برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، سه گزینه انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی جزر و مد در این پژوهش جهت ارزیابی انتخاب شد.

ب) شناسایی معیارهای موثر در تصمیم

در گام اول با مطالعات کتابخانه ای به تجزیه و تحلیل اطلاعات پرداخته شد. با توجه به نتایج حاصل از مطالعات و تحقیقات پیشین، و نظرات کارشناسان ۴ معیار اصلی فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-سیاسی که در مجموع شامل ۲۰ زیر معیار هستند در این ارزیابی انتخاب شد. در این مرحله، مسأله و هدف تصمیم گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می باشند، طراحی می شود. عناصر تصمیم شامل "شاخص ها یا معیارهای تصمیم گیری" و "گزینه های تصمیم" می باشد. در نمودار ۱ سلسله مراتب تصمیم نشان داده شده است.



نمودار ۱. درخت سلسله مراتبی جهت ارزیابی و انتخاب منابع انرژی تجدیدپذیر

ج) محاسبه وزن عناصر تصمیم

به منظور وزن دهی به عناصر تصمیم، ۴۰ تن از خبرگان سازمان‌های برق منطقه ای و محیط زیست استان هرمزگان، شرکت خصوصی فناوری‌های انرژی نو و اساتید دانشگاه شناسایی شدند و با استفاده از پرسش نامه مقایسات زوجی (پیوست ۱)، نظرات هر یک اخذ گردید. به منظور افزایش در دقت و سرعت محاسبات از نرم افزار مرتبط با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به نام EXPERT CHOICE 11.0 استفاده شده‌است و پس از تعیین میزان اهمیت معیارها، رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها استخراج می‌شود. در نرم‌افزار EXPERT CHOICE پس از تعریف کردن معیارها و گزینه‌های موردنظر در ابتدا باید اطلاعات مربوط به مقایسات زوجی گزینه‌ها را با توجه به هر کدام از معیارها به طور جداگانه وارد کنیم. مقایسات زوجی از پایین به سمت بالای درخت ابتدا میان گزینه‌ها نسبت به زیر معیارهای کیفی، سپس میان زیر معیارها نسبت به ۴ معیار اصلی، و در نهایت میان معیارهای اصلی نسبت به هدف صورت می‌پذیرد.

از ۲۴ معیار به کار رفته در این ارزیابی، ۱۵ معیار کمی و ۹ معیار دیگر کیفی هستند. داده‌های کمی در این پژوهش از طریق تعدادی مستندات مرتبط (جدول ۳) گردآوری شده‌است.

جدول ۳. امتیاز هر یک از انرژی‌های تجدیدپذیر برای معیارهای مختلف کمی

معیار	زیر معیار	واحد اندازه گیری	انرژی تجدیدپذیر		
			خورشیدی	بادی	جذر و مد
فنی	بهره وری ^۱	ساعت	۳۲۰۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰
	پتانسیل تولید ^۲	گیگا وات ساعت	۹۲۷۴۴۷۷	۱۴۷۷۸۰۱	۸۵۵۳۰۱
	ضریب ظرفیت ^۳	درصد	۲۰	۴۰	۳۰
	مدت زمان ساخت ^۴	سال	۱۰۵	۴	۴
	هزینه سرمایه گذاری ^۵	دلار بر کیلو وات ساعت	۲۲۶۵	۴۳۶۵	۶۴۴۰
	هزینه تعمیر و نگهداری ^۶	دلار بر کیلو وات ساعت	۲۷	۱۷۲	۱۹۸
	متوسط هزینه تولید برق ^۷	ریال بر کیلو وات ساعت	۹۱۹۰	۳۹۴۶	۳۹۴۶
اقتصادی	تعرفه خرید ^۸	ریال بر کیلو وات ساعت	۳۲۰۰	۳۴۰۰	۲۱۰۰
	ظرفیت تولید ^۹	کیلو وات	۱۲۵	۱۱۴	۱۱۴
	طول عمر نیروگاه ^{۱۰}	سال	۳۰	۳۰	۳۰
	اجتناب از انتشار گاز CO ₂ ^{۱۱}	درصد	۱۵۷۶۸۵۰	۵۱	۱۷
	اجتناب از انتشار گاز NO _x ^{۱۲}	درصد	۱۱۵	۰۰۳۷	۰۰۱۲
	اجتناب از انتشار گاز SO ₂ ^{۱۳}	درصد	۱۷۱	۰۰۶	۰۰۱۸
	زیست محیطی	وسعت زمین مورد استفاده ^{۱۴}	۳۵	۱۰۰	۰
اجتماعی - سیاسی	میزان اشتغال زایی ^{۱۵}	شغل	۲۷۷۲۰۰۰	۱۰۸۱۰۰۰	۷۰۰۰۰

منبع ارقام این جدول بدین شرح است :

۱۰،۹،۱: جاودان و همکاران، [۲] ۱۳۹۳

۲: صادقی و خاکسار، [۴]، ۱۳۹۳

۷: سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) [۳]، ۱۳۹۵

۸: تعرفه خرید تضمینی برق، وزارت نیرو، ۱۳۹۵

۱۱،۱۲،۱۳: یافته‌های تحقیق (طبق آمار موجود، تولید یک کیلو وات ساعت انرژی برق تجدیدپذیر از

انتشار ۸۵۰ گرم CO₂، ۹۰۲ گرم SO₂ و ۶۰۲ گرم NO_x جلوگیری می‌کند).

3,4,5,6: BP statistical review of world energy, 2016 [9]

14: Chatzimouratidis & Pilavachi, 2012 [10]

15: Renewable energy and jobs annual review(IRENA), 2016 [16]

وزن نسبی ۴ معیار اصلی و ۱۴ زیر معیار و رتبه هر یک در جدول ۴ با استفاده از نرم افزار Expert choice محاسبه شده است.

جدول ۴. وزن و رتبه معیارهای اصلی و زیر معیارها

رتبه بندی	وزن (%)	زیر معیار	معیار
۱	۵۱.۶	C ₁₁	C ₁ : فنی (۲۸.۲)
۲	۲۸.۴	C ₁₂	
۳	۱۵.۸	C ₁₃	
۴	۴.۲	C ₁₄	
۱	۴۵.۶	C ₂₁	C ₂ : اقتصادی (۵۸.۳)
۲	۱۹.۱	C ₂₂	
۵	۳.۷	C ₂₃	
۳	۱۴.۱	C ₂₄	
۴	۹.۷	C ₂₅	
۶	۲.۶	C ₂₆	
۱	۴۶.۶	C ₃₁	C ₃ : زیست محیطی (۶.۷)
۲	۱۹.۴	C ₃₂	
۲	۱۹.۴	C ₃₃	
۳	۷.۳	C ₃₄	
۳	۷.۳	C ₃₅	
۲	۱۷.۲	C ₄₁	C ₄ : اجتماعی - سیاسی (۶.۷)
۲	۱۷.۲	C ₄₂	
۴	۴.۳	C ₄₃	
۱	۴۴.۹	C ₄₄	
۳	۱۶.۴	C ₄₅	

د) سنجش نرخ سازگاری مقایسات زوجی

همه مقایسات زوجی در این مقاله توسط نرم افزار Expert choice محاسبه شده است که نرخ ناسازگاری آن‌ها همان طور که در جدول ۵ بیان شده است کمتر از ۰.۱ است.

جدول ۵. نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی

مقایسات زوجی	CR
معیارها	۰.۰۳
زیر معیارهای فنی	۰.۰۲
زیر معیارهای اقتصادی	۰.۰۴
زیر معیارهای زیست محیطی	۰.۰۱
زیر معیارهای اجتماعی-سیاسی	۰.۰۱

ه) محاسبه وزن نهایی گزینه‌های تصمیم

پس از چک ناسازگاری هر یک از مقایسات زوجی، وزن نهایی گزینه‌های تصمیم به وسیله نرم افزار Expert choice محاسبه شد همان طور که در جدول ۶ بیان شده است. گزینه با وزن بالاتر بهترین انتخاب است.

جدول ۶. وزن و رتبه گزینه‌ها با نرخ سازگاری ۰.۰۴

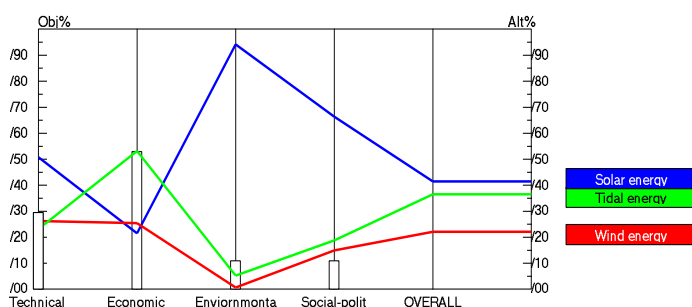
گزینه‌ها	وزن (/.)	رتبه بندی
E ₁ : انرژی خورشیدی	۳۸.۷	۱
E ₂ : انرژی بادی	۲۷.۱	۳
E ₃ : انرژی جزر و مد	۳۴.۳	۲

$$E_1 > E_3 > E_2$$

۴. بحث و نتیجه گیری

از آن جایی که هدف پژوهش دستیابی به یک انتخاب در راستای توسعه پایدار است نیاز به یک تعادل در تمامی زمینه‌های فنی، اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و سیاسی داریم. در این راستا این پژوهش در بررسی انتخاب انرژی تجدیدپذیر تمامی این زمینه‌ها را در ارزیابی خود لحاظ کرده است تا به یک انتخاب ایده آل دست یابد. جهت دستیابی به هدف پژوهش اهمیت هر یک از معیارها و زیر

معیارهای موثر در تصمیم توسط نظرات کارشناسان خبره از طریق پرسشنامه مقایسات زوجی گردآوری و وزن هر یک از معیارها و زیر معیارها با کمک نرم افزار Expert choice محاسبه گردید. در این تحقیق فاکتورهای موثر در ارزیابی و انتخاب انرژی تجدیدپذیر در ۴ گروه فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی-سیاسی دسته بندی گردید. وزن عناصر تصمیم که با کمک نرم افزار اکسپرت چویس محاسبه گردید، نشان می‌دهد که از بین زیر معیارهای فنی، زیر معیار بهره وری با وزن ۵۱۶ درصد مهم ترین زیر معیار تشخیص داده شده است. از بین زیر معیارهای اقتصادی، زیر معیار هزینه سرمایه گذاری با وزن ۴۵۶ درصد و از بین زیر معیارهای زیست محیطی، زیر معیار اجتناب از انتشار گاز CO₂ با وزن ۴۶۶ درصد و در انتها از بین زیر معیارهای اجتماعی-سیاسی، زیر معیار مطابقت با اهداف سیاسی انرژی ملی با وزن ۴۴۹ درصد مهم ترین زیر معیار تشخیص داده شدند. ماتریس مقایسات زوجی معیارها با ضریب ناسازگاری ۰۰۳ درصد نشان می‌دهد که معیار اقتصادی با وزن ۵۸۳ درصد مهم ترین معیار در ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر است و معیارهای فنی با وزن ۲۸۲ معیار زیست محیطی و معیار اجتماعی-سیاسی با وزن یکسان ۶۰۷ درصد به ترتیب بعد از معیار اقتصادی قرار دارند.



نمودار ۲. برتری معیارها و گزینه‌ها در ارزیابی و انتخاب منابع انرژی تجدیدپذیر توسط نرم افزار اکسپرت چویس

نتیجه کلی ارزیابی منابع انرژی تجدیدپذیر با ضریب ناسازگاری ۰۰۴ درصد نشان می‌دهد که انرژی خورشیدی با وزن ۳۸۰۷ درصد مناسب ترین گزینه از بین منابع انرژی تجدیدپذیر ارزیابی شده است و انرژی جزر و مد با وزن ۳۴۰۳ و انرژی بادی با وزن ۲۷۰۱ درصد به ترتیب بعد از انرژی خورشیدی قرار دارند (نمودار ۲).

منابع

- [۱] امینیان، افسانه؛ عاقل، حسن و محمد حسین عدالت (۱۳۸۹)، "ارزیابی و مقایسه وضعیت کلی برخی از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران و جهان"، *اولین همایش مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین در کشاورزی، (خوزستان-اهواز)*.
- [۲] جوادان، حمید رضا و همکاران (۱۳۹۳)، "امکان‌سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در صنایع هیدروکربنی استان هرمزگان"، *پروژه‌شکده توسعه و بهینه‌سازی فناوری‌های انرژی، پژوهشگاه صنعت نفت، ششمین کنفرانس انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و کارآمد*.
- [۳] سازمان انرژی نو ایران (سانا). Available: www.suna.org.ir.
- [۴] صادقی، حسین و سمانه خاکسار آستانه (۱۳۹۳)، "ارائه یک الگوی بهینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با استفاده از رویکرد بهینه‌یابی استوار"، *پروژه‌نامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱۱، صص ۱۹۴-۱۵۹.
- [۵] فروغی، داریوش (۱۳۷۵)، *انرژی برای جهان فردا، نشر شورای جهانی انرژی، کمیته ملی انرژی ایران*.
- [۶] قدسی پور، حسن (۱۳۸۱)، *مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره*. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه امیر کبیر.
- [۷] لیتکوهی، ساناز (۱۳۹۳)، *نظریه‌های مکانیابی [جزوه درسی]*، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- [8] Amer M. and T.U. Daim (2011). "Selection of Renewable Energy Technologies for a Developing County: a Case of Pakistan". *Energy for Sustainable Development*, 15(4), pp. 420-435.
- [9] BP statistical review of energy (2016), Available: www.bp.com.
- [10] Catalina T., Virgone J. and E. Blanco (2011), Multi-source Energy Systems Analysis Using a Multi-criteria Decision Aid Methodology", *Renewable Energy*, 36(8), pp. 2245-2252.
- [11] Chatzimouratidis A.I. and P.A. Pilavachi (2012). Decision Support Systems for Power Plants Impact on the Living Standard", *Energy Conversion and Management*, No. 64, pp.182-198.
- [12] Kaya T. and C. Kahraman (2010), Multicriteria Renewable Energy Planning Using an Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology: The Case of Istanbul", *Energy*, 35(6), pp. 2517-2527.
- [13] Li-bo Z. and Y. Tao (2014). "The Evaluation and Selection of Renewable Energy Technologies in China", *Energy Procedia*, No. 61, pp. 2554-2557.
- [14] Lude S., Fluri T.P., Alhajraf S., Jülch V., Kühn P., Marful A. and J.S. Contreras (2015). "Optimization of the Technology Mix for the Shagaya 2GW Renewable Energy Park in Kuwait", *Energy Procedia*, No. 69, pp. 1633-1642.
- [15] Mazandarani A., Mahlia T.M.I., Chong W.T. and M. Moghavvemi (2011), "Fuel Consumption and Emission Prediction by Iranian Power Plants Until 2025", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), pp. 1575-1592.
- [16] Sadeghi A., Larimian T. and A. Molabashi (2012). Evaluation of Renewable Energy Sources for Generating Electricity in Province of Yazd: a Fuzzy

- MCDM Approach”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, No. 62, pp.1095-1099.
- [17] Sliogeriene J., Turskis Z. and D. Streimikiene (2013). Analysis and Choice of Energy Generation Technologies: The Multiple Criteria Assessment on the Case Study of Lithuania”, *Energy Procedia*, No. 32, pp. 11-20.
- [18] The International Renewable Energy Agency (IRENA) (2016), “Renewable Energy and Jobs Annual Review” Available at: www.irena.org.
- [19] UNESCO (1997). *Educating for a Sustainable Future*, the government of Greece.
- [20] Yue C.D., Chen C.S. and Y.C. Lee (2016). Integration of Optimal Combinations of Renewable Energy Sources into the Energy Supply of Wang-An Island”, *Renewable Energy*, No. 86, pp. 930-942.