

شناسایی و رتبه‌بندی منابع تولید انرژی در صنعت برق بر مبنای اصول توسعه‌ی پایدار با تحلیل روابط خاکستری

مهری ابراهیمی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

دنیا رحمانی* (استادیار)

رضا رمضانیان (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۷ (دوره ۱-۳۳، شماره ۲/۲، ص. ۶۳-۷۸)

امروزه مدیریت زنجیره‌ی تأمین و به تبع آن تعیین مناسب‌ترین تأمین‌کننده‌ی انرژی، به‌عنوان عاملی استراتژیک برای حرکت در راستای توسعه‌ی پایدار مورد توجه قرار گرفته است. هدف اصلی این مقاله، رتبه‌بندی منابع انرژی صنعت برق کشور بر مبنای اصول توسعه‌ی پایدار است. برای این منظور ابتدا با بررسی ادبیات تحقیق و انجام مصاحبه‌های اکتشافی با خبرگان، معیارهای مرتبط استخراج شد. سپس پرسش‌نامه‌هایی متناظر با اعداد خاکستری برای امتیازدهی به تأمین‌کنندگان طراحی و توسط خبرگان سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) تکمیل شد. در این تحقیق از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره GRA به منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که فرایند ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی تحت تأثیر پنج بعد اصلی زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، فنی و سیاسی - دولتی قرار می‌گیرد و با توجه به شرایط فعلی کشور، از میان تأمین‌کنندگان ۹ گانه‌ی انرژی در ایران گاز طبیعی، انرژی خورشیدی و انرژی بادی به ترتیب در اولویت اول تا سوم قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: توسعه‌ی پایدار، ارزیابی پایداری، تولیدکنندگان انرژی صنعت برق، اعداد خاکستری، تحلیل رابطه‌ی خاکستری.

۱. مقدمه

در تحقیق حاضر ابتدا با بررسی ادبیات تحقیق و انجام مصاحبه‌های اکتشافی با خبرگان، معیارهای مرتبط استخراج شد. سپس با توجه به معیارهای شناسایی شده پرسش‌نامه‌هایی طراحی و توسط خبرگان سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) تکمیل شد.

در ادامه ابتدا مروری بر ادبیات موضوع در قالب شناسایی معیارهای تأثیرگذار بر ارزیابی پایداری تأمین‌کنندگان انرژی، مدل‌های ارزیابی و تعاریف، و در بخش ۳ به تشریح روش تحقیق و تکنیک تحلیل ارتباط خاکستری (GRA)^۱ خواهیم پرداخت. بخش ۴ نیز به تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان انرژی اختصاص دارد و سرانجام در بخش ۵ نتایج حاصل و یافته‌های تحقیق ارائه می‌شود.

۱.۱. تعاریف و مفاهیم

بدون تردید «مفاهیم» شکل دهنده دانش بشری هستند. از آنجا که مفهوم، پایه‌ی‌ترین مبنای فکر است همواره باید درمورد مفاهیم، به ویژه مفاهیمی که از زبان‌های دیگر وارد ادبیات علمی یک کشور می‌شود، دقت کامل به عمل آید.

تصمیم‌گیری در مورد انتخاب تأمین‌کننده نقش قابل توجهی در تولید و مدیریت لجستیک شرکت‌ها دارد. مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده برای صنایع بزرگ و مهمی همچون صنعت برق مطرح است و تأمین انرژی مورد نیاز نیروگاه‌ها تأثیر زیادی بر بازدهی روند تولید برق دارد. با وجود تلاش‌های انجام شده در زمینه توسعه‌ی پایدار انرژی، چگونگی تأمین آن یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در برابر برنامه‌ریزان توسعه‌ی اقتصادی کشور است. محدودیت ذخایر فسیلی، نگرانی‌های زیست‌محیطی، ازدیاد جمعیت، رشد اقتصادی و ضریب مصرف بالا و همچنین تلفات شبکه‌های توزیع برق، همگی مباحثی هستند که بافتن راهکارهای مناسب در حل معضلات انرژی به خصوص بحران زیست‌محیطی را اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. مسائل ذکر شده، بر ضرورت وجود یک الگوی بهینه‌ی تصمیم‌گیری برای توسعه‌ی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، با توجه به محدودیت ذخایر فسیلی تأکید می‌کند. از آنجا که استفاده از روش‌های اصولی و پیشرفته در زمینه‌ی ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی صنعت برق را می‌توان یکی از ابزارهای مهم برای دستیابی به اهداف توسعه‌ی پایدار برشمرد،

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۳۹۵/۸/۳، اصلاحیه ۱۳۹۶/۳/۲۱، پذیرش ۱۳۹۶/۶/۱۵

DOI:10.24200/J65.2018.20094

۱.۱.۱. توسعه‌ی پایدار^۲

روند توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی باید چه مسیری را طی کند تا زندگی بشر بتواند به صورت پایدار ادامه یابد؟

تلاش‌های صورت گرفته در راستای پاسخ به این سؤال منجر به تدوین مفهومی به نام «توسعه‌ی پایدار» شد. توسعه‌ی پایدار به معنای تلفیق اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای پیشینه‌سازی رفاه انسان فعلی بدون آسیب به توانایی نسل‌های آتی برای برآوردن نیازهایشان است. قرار گرفتن در این مسیر مستلزم از بین بردن زیاده‌روی‌هایی است که به تهي شدن منابع طبیعی و تخریب محیط زیست منجر می‌شود.

۲.۱.۱. انرژی پایدار

یکی از مهم‌ترین عناصر مؤثر بر توسعه‌ی پایدار «منابع انرژی» است. داشتن انرژی مناسب عمده‌ترین عامل اقتصادی جوامع صنعتی پس از نیروی انسانی است، چرا که انرژی یک نیاز اساسی برای استمرار توسعه‌ی اقتصادی، رفاه اجتماعی، بهبود کیفیت زندگی و امنیت جامعه است.^[۱] اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه‌ی انسانی را در بلندمدت در تمامی ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأمین کند، مفهوم انرژی پایدار تحقق خواهد یافت.

۳.۱.۱. شاخص‌های پایداری سیستم انرژی

پس از مطرح شدن مفهوم توسعه‌ی پایدار متخصصین دریافتند که شاخص‌های پایداری نقش مهمی در ارزیابی گزینه‌های رسیدن به توسعه‌ی پایدار ایفا می‌کنند.^[۲] تصمیم‌گیرندگان، سیاست‌گذاران و افراد جامعه باید بدانند که تصمیمات و رفتار حال آنها خود را در پیشبرد توسعه‌ی پایدار نمایان می‌کند. مفهوم توسعه‌ی پایدار در مدل‌های مختلف دارای ابعادی مختلف است. در مدل مثلثی توسعه‌ی پایدار ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه مورد تأکید است. ادریسو و بهانچریا با مطالعه‌ی جامعیت شاخص‌ها و معیارهای فعلی، که میزان پایداری سیستم انرژی را می‌سنجند، نشان دادند که شاخص‌های موجود، به طور جامع و کافی، ابعاد پایداری را در نظر نمی‌گیرند و نشان از رفتار کلی سیستم انرژی ندارند و برای انعکاس مناسب رفتار واقعی سیستم ندارند. لذا برای پرکردن این شکاف تحقیقاتی، شاخص ترکیبی توسعه‌ی پایدار انرژی (SEDI)^۳ را مطرح کردند و بر این باورند که سنجش پایداری سیستم انرژی یک مسئله‌ی پنج‌بعدی است. این شاخص کلی به منظور ارزیابی پایداری سیستم‌های انرژی، پنج بعد اصلی اجتماعی، سیاسی - دولتی، اقتصادی، محیطی و فنی را در نظر می‌گیرد و برای هر بعد نیز شاخص‌هایی را مد نظر قرار داده است. برای ارزیابی پایداری، تمامی شاخص‌ها با هم تلفیق می‌شوند تا پایداری یک سیستم از تمام جوانب توسعه‌ی پایدار به طور یک‌پارچه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای ارزیابی پایداری اغلب از روش‌های تحلیلی چندمعیاره همراه با یک سیستم وزن‌دهی استفاده می‌شود، زیرا هر منطقه ساختار اقتصادی و گرایش‌های سیاسی متفاوتی دارد و اهمیت نسبی جنبه‌های مختلف توسعه‌ی پایدار نیز برای هر جامعه متفاوت است.^[۳]

۴.۱.۱. مفاهیم کلی ابعاد مؤثر بر ارزیابی پایداری تأمین‌کنندگان انرژی

پایداری فنی: به توانایی بخش عرضه‌ی سیستم انرژی در برآورده کردن نیازهای کنونی و آینده‌ی جامعه به شکل مطمئن و کارا و از منابع پاک اشاره دارد و ساختار سیستم انرژی و زیرساخت‌های آن و میزان ورودی منابع و خروجی حاصل از آن را ارزیابی می‌کند.

پایداری اقتصادی: به این موضوع اشاره دارد که آیا سمت عرضه سیستم از نظر هزینه کاراست و این که آیا تأمین مالی آن مشکلی دارد یا نه. لزوم اثربخش بودن هزینه به این دلیل است که اطمینان کسب شود از نظر اقتصادی، سرمایه‌گذاری برای انرژی مورد نظر عملی و امکان‌پذیر است و سرمایه‌گذاران را برای سرمایه‌گذاری مجدد

در سیستم تشویق می‌کند.^[۴] امنیت تأمین انرژی اشاره به مباحثی مانند امنیت تأمین منابع ورودی، تأثیر در تنوع بخشی به سیستم عرضه دارد، زیرا تغییرات وضعیت بخش انرژی دارای اثر قابل توجهی بر وضعیت سیاسی و اقتصادی هر کشور است. معیار سهم انرژی در پرتفوی انرژی کشور، اشاره به وضعیت و حجم فعلی انرژی در ترکیب سبد انرژی کشور دارد که با توجه به حجم بالای نیروگاه‌های فسیلی در سبد انرژی کشور و سهم اندک انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند در تصمیم‌گیری نقش مهمی ایفا کند.

پایداری اجتماعی: به حقوق برابر افراد جامعه در میزان دسترسی به انرژی و توان مالی آنان در استفاده از انرژی اشاره دارد و میزان مقبولیت اجتماعی و دسترسی افراد جامعه به انرژی موردنظر را اندازه‌گیری می‌کند.^[۴] همچنین توسعه‌ی برق نیروگاهی و استفاده از تکنولوژی‌های تولید برق علاوه بر تأمین انرژی، اثر مثبتی بر سطح اشتغال در جامعه دارد.^[۴]

پایداری محیطی: این بعد در تلاش برای کاهش تأثیرات مخرب استفاده از انرژی روی جامعه و محیط زیست و توسعه‌ی تأثیرات مثبت آن است.^[۴] در پژوهش حاضر آلاینده‌های زیست‌محیطی به سه بخش میزان تولید آلودگی (صوتی، خاک، آب، هوا و...)، میزان تولید زباله‌های غیر قابل بازیافت و میزان انتشار گازهای گلخانه‌یی تقسیم شده‌اند. از دیگر معیارهای در نظر گرفته شده در بعد محیطی میزان مصرف منابع طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی (وسعت زمین مورد استفاده، آب، سوخت‌های فسیلی و...) است.

پایداری سیاسی - دولتی: به سطح مشارکت محلی در مدیریت و کنترل سیستم انرژی و به مالکیت، تخصص‌های محلی و ملی، قوانین و برنامه‌های توسعه‌ی ملی و حمایت از سرمایه‌گذاران و مصرف‌کنندگان اشاره دارد. این بعد، برنامه‌ی راهبردی سیستم انرژی و فرایندهای آن را تعریف می‌کند و تصمیمات سیاسی درباره‌ی ساختار آینده را معرفی می‌کند و نشان‌دهنده‌ی مسائلی درباره‌ی ثبات سیاسی و سیاست خارجی سیستم انرژی است.^[۴]

۵.۱.۱. اعداد خاکستری^۴

«عدد خاکستری» به عددی اطلاق می‌شود که مقدار دقیق آن نامشخص است، اما بازه‌ی دربرگیرنده‌ی مقدار آن، شناخته شده است. مثلاً رتبه‌ی معیارها در یک تصمیم‌گیری، به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شود که می‌توان آنها را با بازه‌های عددی بیان کرد. اعداد خاکستری می‌توانند فقط با کران پایین به شکل $[a, +\infty)$ یا فقط با کران بالا به شکل $[-\infty, \bar{a}]$ باشند، یا این که هم دارای کران پایین a و هم دارای کران بالا \bar{a} باشند که در این صورت عدد خاکستری بازه‌یی نامیده می‌شود و به صورت $[a, \bar{a}]$ نمایش داده می‌شود.

۶.۱.۱. عملگرهای اعداد خاکستری

اگر دو عدد خاکستری $\otimes_1 \in [a, b]$, $a < b$ و $\otimes_2 \in [c, d]$, $c < d$ مفروض باشد، و از علامت * به عنوان نماد یک عملیات بین \otimes_1 و \otimes_2 استفاده شود در آن صورت:

$$\otimes_3 = \otimes_1 * \otimes_2$$

که در آن \otimes_3 نیز یک عدد خاکستری بازه‌یی خواهد بود. لذا باید داشته باشیم:

$$\otimes_3 \in [e, f], \quad e < f$$

همچنین جمع، تقریبی، ضرب و تقسیم دو عدد خاکستری \otimes_1 و \otimes_2 و قرینه و معکوس هر عدد خاکستری چنین تعریف می‌شود:^[۵]

۱.۲. مروری بر معیارهای مؤثر بر ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده‌ی انرژی

در این بخش هدف اصلی شناسایی و تشریح معیارها و ویژگی‌های کلیدی و حیاتی برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی انرژی است. جدول ۱ شامل مقالاتی است که معیارهای انتخاب تأمین‌کننده‌ی انرژی را از نقطه‌نظر پایدار بودن مورد بررسی قرار می‌دهد.

۲.۲. مروری بر ادبیات مدل‌های تصمیم‌گیری در انتخاب تأمین‌کننده

در این قسمت به مرور ادبیات تحقیق در زمینه‌ی ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با روش‌های مختلف تصمیم‌گیری پرداخته می‌شود.

اولین تحقیق در زمینه‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان به‌وسیله‌ی دیکسون در سال ۱۹۶۶ میلادی انجام شد. در این تحقیق یک پرسش‌نامه، مشتمل بر ۲۳ معیار برای ۲۷۳ نفر از مدیران و عوامل خرید آمریکا و کانادا ارسال و از آنها درخواست شد تا معیارهای مشخص شده را در مقیاس صفر (غیر مهم)، تا ۴ (بسیار مهم) رتبه‌بندی کنند.^[۷]

قدسی پور و ابرین یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS)^۵ را به منظور کاهش تعداد تأمین‌کنندگان ارائه کردند، آنها از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)^۶ و برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط در سیستم پشتیبانی تصمیم‌شان استفاده کردند.^[۸] کومار و دیگران از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حل مسئله‌ی انتخاب فروشنده (تأمین‌کننده) با اهداف چندگانه و پارامترهای فازی استفاده کردند. آنها از داده‌های دنیای واقعی برای نشان‌دادن اثربخشی مدل پیشنهادی استفاده کردند.^[۹]

لیو و های در مقاله‌ی تحقیقی خود یک روش جدید به نام فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی رأی‌گیری را برای انتخاب تأمین‌کننده ارائه دادند. این روش یک روش وزن‌دهی جدید به جای مقایسه‌های زوجی AHP برای انتخاب تأمین‌کننده بود.^[۱۰] لین مدل یک پارچه‌ی تحلیل فرایند شبکه‌ی فازی ترکیب شده با یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه را توسعه داد. در پژوهش وی، با استفاده از فرایند تحلیل شبکه به رتبه‌بندی و تعیین اوزان فاکتورها پرداخته می‌شود.^[۱۱]

کانن و همکارانش یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، تائیس فازی و یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره‌ی تأمین سبز ارائه کردند و اولین کسانی بودند که مسائل محیط زیست را نیز در ساختار خود ارائه کردند.^[۱۲]

و بر و همکارانش یک مدل غیرخطی عدد صحیح مختلط برای انتخاب تأمین‌کنندگان در حالت پویا ارائه کردند. آنها برای این منظور یک مدل غیرخطی تک‌هدفه با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ها ارائه کرده‌اند.^[۱۳] کاربرد انرژی هسته‌یی به‌عنوان منبع انرژی آینده و استفاده از انرژی که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است.^[۱۴]

مورد بررسی قرار گرفته است. وابستگی شدید ایران به نفت و مضرات زیست‌محیطی آن، تمایل کم ایران برای جایگزینی منابع انرژی تجدیدپذیر، نبود دانش و قوانین مشخص در حوزه‌ی انرژی تجدیدپذیر و نیاز به اصلاحات در بخش خصوصی همواره مورد بحث و چالش بوده است.^[۱۵] بنابراین انتخاب معیارهای کنترلی با توجه به منافع، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها، زیست‌توده به منزله‌ی بهترین گزینه و انتخاب انرژی، نفت، گاز طبیعی و انرژی هسته‌یی به منزله‌ی آخرین گزینه‌ها می‌بایست مورد توجه قرار گیرد.^[۳] هشدار درمورد مصرف رو به رشد انرژی و نیاز روزافزون به انرژی‌های تجدیدپذیر و تأکید بر اهمیت و کمک انرژی‌های تجدیدپذیر در رسیدن به ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه‌ی پایدار، تأکید بر بهره‌برداری از انرژی خورشیدی

جمع دو عدد خاکستری عبارت است از:

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a + c \quad b + d] \quad (۱)$$

قرینه یک عدد خاکستری عبارت است از:

$$-\otimes_1 \in [-b \quad -a] \quad (۲)$$

تقریب دو عدد خاکستری:

$$\otimes_1 - \otimes_2 = \otimes_1 + (-\otimes_2) \in [a - d \quad b - c] \quad (۳)$$

معکوس یک عدد خاکستری:

$$\otimes^{-1} \in \left[\frac{1}{b} \quad \frac{1}{a} \right], \quad ab \neq 0 \quad (۴)$$

ضرب دو عدد خاکستری:

$$\otimes_1 \cdot \otimes_2 \in [\min\{ac, ad, bc, bd\} \quad \max\{ac, ad, bc, bd\}] \quad (۵)$$

تقسیم دو عدد خاکستری:

$$\frac{\otimes_1}{\otimes_2} \in \left[\min \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \quad \max \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \right], \quad cd \neq 0 \quad (۶)$$

ضرب یک عدد حقیقی در عدد خاکستری:

$$k \cdot \otimes_1 = [k \cdot a \quad k \cdot b], \quad k \in R^+ \quad (۷)$$

طول عدد خاکستری \otimes_1 که با نماد $L(\otimes_1)$ نشان داده می‌شود نیز عبارت است از:

$$L(\otimes_1) = b - a \quad (۸)$$

برای مقایسه‌ی دو عدد خاکستری از مفهوم درجه‌ی امکان خاکستری استفاده می‌شود. درجه‌ی امکان خاکستری $\otimes_2 \leq \otimes_1$ مطابق تعریف عبارت است از:

$$P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, (b - c)))}{L^*} \quad (۹)$$

$$L^* = L(\otimes_1) + L(\otimes_2)$$

بین موقعیت‌های دو عدد خاکستری \otimes_1 و \otimes_2 چهار رابطه متصور است:

الف) اگر $a = c$ و $b = d$ آنگاه دو عدد خاکستری مساوی‌اند و می‌توان نوشت:

$$\otimes_1 = \otimes_2, \quad P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = 0.5$$

ب) اگر $c > b$ آنگاه: $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = 1$ ؛ $\otimes_1 < \otimes_2$ ؛

ج) اگر $d < a$ آنگاه: $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = 0$ ؛ $\otimes_1 > \otimes_2$ ؛

د) اگر یک قسمت مشترک در دو عدد خاکستری وجود داشته باشد و اگر $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} < 0.5$ باشد در این صورت گفته می‌شود که عدد \otimes_2 از عدد \otimes_1 کوچک‌تر است و اگر $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} > 0.5$ باشد، عدد \otimes_2 از عدد \otimes_1 بزرگ‌تر است.^[۶]

۲. ادبیات موضوع

در این قسمت به صورت خلاصه تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مطالعه‌ی حاضر را بررسی و مرور می‌کنیم.

جدول ۱. معیارهای انتخاب تأمین‌کننده انرژی از نقطه نظر توسعه پایدار.

| ردیف | معیارها و ویژگی‌ها |
|---------|--|
| اقتصادی | میزان انرژی استفاده شده به ازای هر شخص [۱۶] امنیت انرژی [۱۷] |
| | میزان مصرف نهایی بخش‌های اقتصادی [۱۷] سهام انرژی در عرضه انرژی اولیه [۱۸] سهام انرژی در بخش حمل و نقل [۱۸] سهام انرژی در بخش گرم کردن [۱۸] امنیت عرضه، استقلال انرژی [۱۸] هزینه سرمایه‌گذاری [۱۹] هزینه سوخت و سایر [۱۹] سهام انرژی در تولید انرژی الکتریسیته [۱۶] زمین مورد نیاز [۲۰] هزینه بهره‌برداری و نگهداری [۲۱] نرخ بازگشت سرمایه [۴] دوره بازگشت سرمایه [۴] وابستگی [۲۲] نسبت ذخیره به تولید [۲۲] میزان تولید ضایعات [۲۳] تعداد کارکنان [۲۳] NPV یا سود [۲۳] درآمد سالانه [۲۳] مالیات به دست آمده [۲۳] سودهای غیر مستقیم [۲۳] |
| | شدت انرژی [۱۷] کارایی انرژی [۱۸] شدت مصرف نهایی انرژی به ازای هر واحد GDP [۱۸] کارایی انرژی در ساختمان‌ها [۱۸] کارایی انرژی در عرضه انرژی اولیه [۱۸] طول عمر [۲۱] پتانسیل منابع [۲۱] ضریب ظرفیت، مصرف داخلی [۲۱] کارایی سیستم تبدیل انرژی و توزیع [۲۲] شدت انرژی [۲۲] |
| | میزان انتشار CO ₂ به ازای هر شخص [۱۷] میزان انتشار CO ₂ به ازای هر واحد GDP [۱۷] انتشار گازهای گلخانه‌ای [۱۷] میزان انتشار NO _x [۱۹] میزان انتشار SO ₂ [۱۹] میزان انتشار آلاینده‌های غیر رادیو اکتیو و آلاینده‌های رادیو اکتیو [۲۰] آلودگی هوا [۲۲] نرخ جنگل‌زدایی [۲۲] مسائل اجتماعی [۱۹] اشتغال زایی [۲۰] میزان خسارت و مقبولیت اجتماعی [۲۰] میزان تلفات در حوادث [۲۰] میزان درصد جمعیت محروم از الکتریسیته تجاری (تجدیدپذیر) و وابسته به انرژی‌های غیرتجاری (فسیلی) [۲۲] درصدی از درآمد خانواده که صرف سوخت و الکتریسیته می‌شود [۲۲] برابری اجتماعی [۲۲] امنیت شغلی [۲۲] |
| | زیست‌محیطی |
| | اجتماعی |

۳.۲. طراحی عبارات کلامی برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها

در پرسش‌نامه به منظور سنجش قضاوت‌های پاسخ‌دهندگان برای ارزیابی هر یک از تأمین‌کنندگان با توجه به معیارها و همچنین برای تعیین اهمیت هر یک از این معیارها، از مقیاس اعداد خاکستری به شرح جداول ۲ و ۳ استفاده شده است. در جدول ۲ عبارات کلامی و اعداد خاکستری متناظر برای ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان با توجه به معیارها و در جدول ۳ عبارات کلامی و اعداد خاکستری متناظر برای تعیین وزن معیارها آمده است.

۳. روش تحقیق

۱.۳. معرفی روش تحلیل رابطه‌ی خاکستری (GRA)

«تحلیل رابطه‌ی خاکستری»، نخستین بار توسط دنگ در سال ۱۹۸۲ مطرح شد.^[۲۱] در هر سیستم عمومی عوامل متعددی مؤثرند که تأثیر متقابل آن‌ها وضعیت و روند رشد و توسعه‌ی سیستم را تعیین می‌کند. در تجزیه و تحلیل سیستم‌ها اغلب تلاش می‌شود عوامل با اهمیت بیشتر شناسایی شوند، اما در عمل همیشه در هر سیستم عوامل ناشناخته با کم‌تر شناخته‌شده‌ی نیز وجود دارد. یکی از روش‌هایی که برای مواجهه با این‌گونه سیستم‌ها استفاده می‌شود «تحلیل رابطه‌ی خاکستری» است که از اجزاء مهم نظریه‌ی سیستم خاکستری به شمار می‌رود.^[۲۲] این روش (GRA) یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در شرایط عدم قطعیت است که در ادامه به معرفی این روش می‌پردازیم.

جدول ۲. عبارات کلامی و اعداد خاکستری متناظر در ارزیابی گزینه‌ها.

| پاسخ در پرسش‌نامه | معادل عبارت کلامی | معادل اعداد خاکستری |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| ۱ | خیلی کم | [۱ ۲] |
| ۲ | کم | [۲ ۴] |
| ۳ | نسبتاً کم | [۴ ۵] |
| ۴ | متوسط | [۵ ۶] |
| ۵ | نسبتاً زیاد | [۶ ۷] |
| ۶ | زیاد | [۷ ۹] |
| ۷ | خیلی زیاد | [۹ ۱۰] |

جدول ۳. عبارات کلامی و اعداد خاکستری متناظر در تعیین وزن.

| پاسخ در پرسش‌نامه | معادل عبارت کلامی | معادل اعداد خاکستری |
|-------------------|-------------------|---------------------|
| ۱ | بسیار کم اهمیت | [۰ ۰/۱] |
| ۲ | کم اهمیت | [۰/۱ ۰/۳] |
| ۳ | نسبتاً کم اهمیت | [۰/۳ ۰/۴] |
| ۴ | متوسط | [۰/۴ ۰/۵] |
| ۵ | نسبتاً با اهمیت | [۰/۵ ۰/۶] |
| ۶ | با اهمیت | [۰/۶ ۰/۹] |
| ۷ | بسیار با اهمیت | [۰/۹ ۱] |

در کشور تونس با توجه به پتانسیل موجود لزوم ارزیابی و به‌کارگیری سیستم‌های انرژی پاک را جدی‌تر می‌کند.^[۲۳] انرژی خورشیدی به‌منزله‌ی بهترین گزینه براساس معیارها و نفت، گاز طبیعی و انرژی هسته‌ی به‌منزله‌ی آخرین گزینه‌ها بحث در مورد قابلیت تجدید در شرایط فعلی جهان تأکیدی است بر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر.^[۲۵] ارزیابی سیستم‌های انرژی به‌عنوان یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره و پیشنهاد روش ترکیبی از روش‌های AHP و پرمته برای حل مسائل الکترونیسیته‌ی پایدار از طریق محققان انجام شده است.^[۲۶] در ایران، ارزیابی انواع فناوری‌های تجدیدپذیر بررسی شده است.^[۲۸] همچنین رتبه‌بندی هفت منبع تولید انرژی در ایران با استفاده از یک فرایند تصمیم‌گیری مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.^[۲۷] در کل از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در ارزیابی منابع تجدیدپذیر به‌عنوان یک رویکرد مناسب در سال‌های اخیر استفاده شده است.^[۲۸-۳۰]

بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که رویکرد سنتی توسعه‌ی پایدار یک مدل سه‌بعدی مثلثی شامل ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. اما این ابعاد، به طور جامع و کافی مسئله‌ی پایداری را در نظر نمی‌گیرند و نشان‌دهنده‌ی رفتار کلی سیستم‌های انرژی نیستند و کفایت لازم را برای انعکاس مناسب عملکرد واقعی سیستم‌های انرژی ندارند. بدین منظور در این مقاله یک رویکرد پنج‌بعدی برای ارزیابی پایداری تأمین‌کنندگان انرژی به‌عنوان یک رویکرد بسیار قوی برای چنین سیستم‌هایی پیشنهاد شده است. پنج بعد اصلی این رویکرد نون عبارت است از: اجتماعی، اقتصادی، محیطی، سیاسی - دولتی و فنی.

وجود بسیاری از تحریم‌های موجود به لحاظ تکنولوژیک و بحث‌های فنی و مهندسی می‌تواند برای ایران مشکل‌ساز باشد. بنابراین کاملاً ضروری است که در ارزیابی سیستم‌های انرژی بعد فنی مد نظر قرار گیرد که در شکل مثلثی نادیده گرفته شده است. همچنین یکی دیگر از مسائل موجود در ایران محدودیت‌هایی است که برای جذب سرمایه‌ی خارجی و مسائل سیاسی در منطقه، مالکیت‌های محلی و قوانین داخلی و بین‌المللی دارد. بنابراین اگر بعد سیاسی - دولتی به‌عنوان یک شاخص بسیار بحرانی در ارزیابی‌ها مد نظر قرار نگیرد، نمی‌تواند نتایج قابل استناد و درست ارائه دهد.

از طرفی وجود ابهام و عدم قطعیت یکی دیگر از مسائل مهم در ارزیابی سیستم‌های انرژی است. بدین منظور از رویکرد تحلیل خاکستری برای اولین بار برای ارزیابی و رتبه‌بندی سیستم‌های انرژی به‌عنوان یک رویکرد قوی و کارا استفاده شده است. نکته‌ی حائز اهمیت دیگر این است که تاکنون در ایران هیچ تحقیق علمی برای رتبه‌بندی تمام سیستم‌های انرژی سنتی و تجدیدپذیر براساس رویکرد توسعه‌ی پایدار انجام نشده است. همین موضوع مشوقی شد تا با در نظر گرفتن کلیه‌ی پتانسیل‌های موجود در ایران و با یک رویکرد نون و براساس یک نگرش پنج‌بعدی کارا به ارزیابی سیستم‌های انرژی پردازیم. بنابراین نوآوری‌های این مطالعه اختصاراً عبارت است از:

۱. در نظر گرفتن یک رویکرد پنج‌بعدی توسعه‌ی پایدار برای ارزیابی سیستم‌های انرژی؛
۲. در نظر گرفتن و کنترل ابهام و قطعیت بسیار زیاد حاکم بر سیستم‌های انرژی با استفاده از تکنیک GRA؛
۳. در نظر گرفتن همزمان تأمین‌کنندگان انرژی سنتی و انرژی‌های تجدیدپذیر و ارائه‌ی یک چارچوب کارا برای ارزیابی آنها؛
۴. بررسی یک مطالعه‌ی موردی در ایران با مشارکت سازمان انرژی‌های نو (سانا).

۲.۳. روش GRA

در روش GRA با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه می‌پردازیم. اگر مجموعه‌ی $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ شامل m گزینه‌ی مقایسه‌ی، مجموعه‌ی $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ شامل n معیار ارزیابی، و گروه تصمیم‌گیرنده ما یعنی مجموعه $H = \{h_1, h_2, \dots, h_K\}$ شامل k تصمیم‌گیرنده باشد آنگاه روش GRA در شش گام صورت خواهد پذیرفت. [۲۳]

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری براساس m گزینه و n معیار.

برای تکمیل ماتریس تصمیم $D = [\otimes x_{ij}]_{m \times n}$ باید ارزش هر گزینه را به‌ازای هر یک از معیارها، در درایه‌ی نظیر خودش قرار داد. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. فرض کنیم گروه تصمیم‌گیری ما شامل $K = \{1, 2, 3, \dots, k\}$ تصمیم‌گیرنده (کارشناسان، خیرگان و پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه) است. پس از جمع‌آوری جواب‌های تصمیم‌گیرندگان، با تجمیع نظرات آن‌ها ارزش نهایی هر گزینه به‌ازای هر معیار برابر میانگین حسابی جواب‌های اخذ شده است. با توجه به این که پاسخ‌های تصمیم‌گیرندگان توسط اعداد خاکستری بیان می‌شوند، حد پایین \underline{x}_{ij} و حد بالا \bar{x}_{ij} ارزش نهایی گزینه‌ی i به‌ازای معیار j یعنی درایه $[x_{ij} \quad \bar{x}_{ij}]$ در $\otimes x_{ij}$ ماتریس تصمیم‌گیری نهایی به ترتیب با محاسبه‌ی میانگین حسابی حدود پایین و حدود بالای درایه‌های نظیر از پاسخ‌های k تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید:

$$\underline{x}_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{h=1}^K \underline{x}_{ij}^h \quad (10)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{h=1}^K \bar{x}_{ij}^h \quad h \in H = \{1, 2, 3, \dots, K\} \quad (11)$$

که در آن منظور از $\otimes x_{ij}^h = [x_{ij}^h \quad \bar{x}_{ij}^h]$ امتیاز داده شده به گزینه‌ی i با توجه به معیار j توسط h امین تصمیم‌گیرنده است. بنابراین ماتریس تصمیم‌گیری عبارت است از:

$$D = \begin{bmatrix} \otimes x_{11} & \otimes x_{12} & \dots & \otimes x_{1n} \\ \otimes x_{21} & \otimes x_{22} & \dots & \otimes x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1} & \otimes x_{m2} & \dots & \otimes x_{mn} \end{bmatrix}$$

گام دوم: محاسبه‌ی وزن معیارها.

برای محاسبه‌ی وزن معیارها ابتدا از اعضای گروه تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود که هر یک مطابق اعداد خاکستری جدول ۴ نظر خود را درباره‌ی وزن و اهمیت هر معیار بیان کنند. پس از جمع‌آوری جواب‌ها، وزن نهایی هر معیار برابر میانگین حسابی جواب‌های اخذ شده از خبرگان است:

$$W_j = \frac{1}{K} \sum_{h=1}^K W_j^h, \quad \bar{W}_j = \frac{1}{K} \sum_{h=1}^K \bar{W}_j^h \quad (12)$$

که در آن $\otimes W_j^h = [W_j^h \quad \bar{W}_j^h]$ وزن داده شده به معیار j توسط h امین تصمیم‌گیرنده است.

گام سوم: تشکیل ماتریس نرمال.

در این مرحله ماتریس تصمیم‌گیری مطابق روش زیر نرمالیزه شده و ماتریس

حاصل ماتریس D^* نامیده می‌شود. اگر معیار مربوط از نوع معیار سود (بیشتر - بهتر) باشد در آن صورت از رابطه‌ی ۱۳ استفاده می‌شود.

$$\otimes x_{ij}^* = \left[\frac{x_{ij}}{X_j^{\max}} \quad \frac{\bar{x}_{ij}}{X_j^{\max}} \right], \quad X_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\} \quad (13)$$

و چنانچه معیار مربوط از نوع معیار زیان (کمتر - بهتر) باشد از رابطه‌ی ۱۴ استفاده می‌شود.

$$\otimes x_{ij}^* = \left[\frac{X_j^{\min}}{\bar{x}_{ij}} \quad \frac{X_j^{\min}}{x_{ij}} \right], \quad X_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{x_{ij}\} \quad (14)$$

روش نرمالیزه کردن فوق باعث می‌شود تا عددهای خاکستری نرمالیزه شده و در فاصله‌ی $[0, 1]$ قرار بگیرد.

$$D^* = \begin{bmatrix} \otimes x_{11}^* & \otimes x_{12}^* & \dots & \otimes x_{1n}^* \\ \otimes x_{21}^* & \otimes x_{22}^* & \dots & \otimes x_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes x_{m1}^* & \otimes x_{m2}^* & \dots & \otimes x_{mn}^* \end{bmatrix}$$

گام چهارم: تشکیل ماتریس نرمال موزون.

وزن هر یک از معیارها در ستون مربوط به آن معیار ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال موزون V حاصل شود:

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

که در آن $\otimes V_{ij}$ چنین محاسبه می‌شود:

$$\otimes V_{ij} = \otimes x_{ij}^* \times \otimes W_j, \quad \forall i, j \quad (15)$$

گام پنجم: تعریف سری‌های مبنا.

برای m گزینه یعنی مجموع:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\}, \quad S_i = \{\otimes x_{i1}, \otimes x_{i2}, \dots, \otimes x_{in}\}$$

سری مبنا (با گزینه‌ی ایده‌آل مثبت) S^{\max} چنین تعریف می‌شود:

$$S^{\max} = \{\otimes x_1^{\max}, \otimes x_2^{\max}, \dots, \otimes x_n^{\max}\} \\ = \left\{ \left[\max_{1 \leq i \leq m} V_{i1} \quad \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i1} \right], \right. \\ \left. \left[\max_{1 \leq i \leq m} V_{i2} \quad \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i2} \right], \dots, \right. \\ \left. \left[\max_{1 \leq i \leq m} V_{in} \quad \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{in} \right] \right\}$$

۴. اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان انرژی با استفاده از روش

GRA

در بخش میدانی تحقیق به منظور جمع‌آوری داده‌های مهم و نظرات خبرگان در خصوص ارزیابی تأمین‌کنندگان با توجه به معیارهای کیفی مشخص شده در مرحله نخست، ۶ پرسش‌نامه در قالب ماتریس تصمیم‌گیری در اختیار خبرگان سازمان انرژی نو ایران (سانا) به عنوان خبرگان و تصمیم‌گیرندگان این تحقیق قرار گرفت.

۴.۱. فهرست نهایی معیارهای و گزینه‌های مقایسه‌ی در پژوهش با مطالعه‌ی مقالات و پایان‌نامه‌های مختلف و همچنین انجام مصاحبه‌هایی با خبرگان، عملیات تعیین معیارهای مربوط به ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی انجام گرفت که نتیجه‌ی آن شناسایی ۲۷ معیار و جایابی آن‌ها در پنج بعد اصلی مدل توسعه‌ی پایدار سیستم انرژی است (جدول ۴).

جدول ۴. معیارهای نهایی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی.

| ردیف | عنوان معیار | نوع معیار | اختصار |
|------|---|--------------|-----------------|
| ۱ | میزان انتشار گازهای گلخانه‌یی [۲۲] | کمی - هزینه | C _۱ |
| ۲ | میزان مصرف سوخت فسیلی [۲۴] | کمی - هزینه | C _۲ |
| ۳ | میزان مصرف منابع طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی [۳۵] | کیفی - هزینه | C _۳ |
| ۴ | میزان تولید زباله‌های غیر قابل بازیافت [۳۴] | کیفی - هزینه | C _۴ |
| ۵ | میزان تولید آلودگی (صوتی، خاک، آب، هوا و ...) [۲۰] | کیفی - هزینه | C _۵ |
| ۶ | هزینه‌ی سرمایه‌گذاری [۳۶] | کمی - هزینه | C _۶ |
| ۷ | هزینه‌ی نگهداری و عملیات [۳۶] | کیفی - هزینه | C _۷ |
| ۸ | هزینه‌ی حمل و نقل [۴] | کیفی - هزینه | C _۸ |
| ۹ | نرخ بازگشت سرمایه [۳۴] | کیفی - سود | C _۹ |
| ۱۰ | دوره‌ی بازگشت سرمایه [۳۴] | کیفی - هزینه | C _{۱۰} |
| ۱۱ | میزان جذابیت برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی [۳۴] | کیفی - سود | C _{۱۱} |
| ۱۲ | تعرفه‌ی حمایتی برای برق تولیدی متناسب با مولدهای سبز [۸] | کمی - سود | C _{۱۲} |
| ۱۳ | سهم انرژی در پرتقوی انرژی کشور [۳۵] | کمی - سود | C _{۱۳} |
| ۱۴ | امنیت عرضه و صادرات [۱۷] | کیفی - سود | C _{۱۴} |
| ۱۵ | انرژی استفاده شده به ازای هر واحد GDP [۱۸] | کمی - سود | C _{۱۵} |
| ۱۶ | میزان وابستگی به واردات [۳۷] | کیفی - هزینه | C _{۱۶} |
| ۱۷ | کارایی انرژی [۲۲] | کیفی - سود | C _{۱۷} |
| ۱۸ | کارایی سیستم تبدیل [۲۲] | کیفی - سود | C _{۱۸} |
| ۱۹ | کارایی سیستم توزیع [۲۲] | کیفی - سود | C _{۱۹} |
| ۲۰ | ایمنی دستگاه‌ها و تکنولوژی [۳۶] | کیفی - سود | C _{۲۰} |
| ۲۱ | عمر مفید و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها [۳۶] | کیفی - سود | C _{۲۱} |
| ۲۲ | میزان بومی‌سازی تکنولوژی و دانش فنی مربوطه در کشور [۳۶] | کیفی - سود | C _{۲۲} |
| ۲۳ | میزان اشتغال‌زایی (مستقیم و غیر مستقیم) [۴] | کمی - سود | C _{۲۳} |
| ۲۴ | مقبولیت اجتماعی (کیفیت مشاغل، بضاعت مالی افراد جامعه و ...) [۲۲] | کیفی - سود | C _{۲۴} |
| ۲۵ | میزان دسترس‌پذیری برق تولیدی از انرژی مورد نظر برای عموم افراد جامعه [۲۲] | کیفی - سود | C _{۲۵} |
| ۲۶ | وجود قوانین، مقررات و سیاست‌های حمایتی دولت از انرژی مورد نظر [۳] | کیفی - سود | C _{۲۶} |
| ۲۷ | میزان اهمیت و حمایت برای بهره‌برداری از انرژی مورد نظر در برنامه‌های توسعه‌ی کشور [۳] | کیفی - سود | C _{۲۷} |

گام ششم: محاسبه‌ی درجه امکان (احتمال) خاکستری.

در این مرحله برای محاسبه‌ی فاصله بین سری مینا S^{\max} و هریک از اعضای مجموعه گزینه‌های مقایسه‌ی $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_m\}$ ، درجه امکان (احتمال) خاکستری بین هر گزینه و سری مینا را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$P\{S_i \leq S^{\max}\} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P\{\otimes V_{ij} \leq \otimes x_j^{\max}\}, \quad \forall i \quad (16)$$

باید توجه داشت که درجه‌ی امکان خاکستری، درجه‌ی شباهت بین هر گزینه‌ی مقایسه‌ی و سری مینا را بیان می‌کند و به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها محاسبه می‌شود؛ به این صورت که هرچه درجه‌ی خاکستری بین گزینه‌ی i و سری مینا کم باشد شباهت بیشتر است و در نتیجه آن گزینه بهتر است.

با توجه به شرایط فعلی و نیروگاه‌های موجود در کشور، در یک دسته‌بندی کلی تأمین‌کنندگان انرژی مورد مطالعه برای اولویت‌بندی مطابق جدول ۵ آورده شده است.

۲.۴. اجرای روش تحلیل رابطه‌ی خاکستری (GRA)

ابتدا با استفاده از الگوریتم GRA گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. در این بخش نتایج حاصل از انجام هرگام از این روش را بیان می‌کنیم.

گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم.

از ۲۷ معیار معرفی شده در جدول ۴، ۲۰ معیار کیفی و ۷ معیار باقی‌مانده کتبی هستند. در این مرحله، با مطالعه و بررسی دقیق انتشارات مرکز آمار صنعت برق

جدول ۵. فهرست تأمین‌کنندگان انرژی در صنعت برق کشور.

| ردیف | تأمین‌کننده انرژی | علامت اختصاری |
|------|-------------------|---------------|
| ۱ | نفت | S_1 |
| ۲ | گاز | S_2 |
| ۳ | زغال سنگ | S_3 |
| ۴ | انرژی هسته‌یی | S_4 |
| ۵ | انرژی آبی | S_5 |
| ۶ | انرژی باد | S_6 |
| ۷ | انرژی خورشیدی | S_7 |
| ۸ | انرژی زمین‌گرمایی | S_8 |
| ۹ | انرژی زیست‌توده | S_9 |

ایران و مقالات مرتبط، داده‌های کمی مربوط به معیارهای کمی در ارزیابی مطابق جدول ۶ استخراج شده است. سپس به روش نسبت‌گیری، امتیاز هرگزینه با توجه به هر معیار در مقایسه با دیگرگزینه‌ها محاسبه شده و عدد خاکستری متناظر با آن در نظر گرفته شده است. معیارهای دیگر به صورت کیفی و با نظرات خبرگان تکمیل شده است.

با توجه به جدول ۶ و داده‌های گردآوری شده از پرسش‌نامه خبرگان، ماتریس تصمیم ارائه شده در جداول ۷ و ۸ را تشکیل می‌دهیم.

گام دوم: ایجاد ماتریس نرمال.

گام سوم: محاسبه‌ی وزن معیارها.

در این مرحله به منظور به دست آوردن وزن معیارها، میانگین حسابی جواب‌های اخذ شده از پرسش‌نامه خبرگان را در خصوص اهمیت و وزن هر معیار محاسبه می‌نماییم (جدول ۹).

گام چهارم: ایجاد ماتریس نرمال موزون.

برای این کار وزن هر معیار را که در مرحله قبل محاسبه کردیم در درایه‌های مربوط به آن معیار ضرب می‌کنیم (جدول ۱۰).

گام پنجم: مشخص کردن سری مینا S^{\max} .

جدول ۱۱ سری مینا را مشخص می‌کند.

گام ششم: محاسبه‌ی میزان نزدیکی هرگزینه‌ی مقایسه‌ی به سری مینا و رتبه‌بندی گزینه‌ها $\{S_i \leq S^{\max}\}$.

در این مرحله درجه‌ی احتمال خاکستری بین سری مینا و هر یک از گزینه‌های مقایسه‌ی را برای رتبه‌بندی نهایی محاسبه می‌کنیم (جدول ۱۲).

جدول ۶. ماتریس داده‌های مربوط به معیارهای کمی.

| C_{23} | C_{15} | C_{13} | C_{12} | C_6 | C_2 | C_1 | |
|---|-------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--|-------|
| ۰٫۲۱ | ۰٫۶۹ | ۶۷۴ | ۵۳۳ | ۵۸۰۰ | ۱٫۲۴۳ | ۱٫۸۱ | S_1 |
| ۰٫۲۱ | ۱٫۰۴ | ۹۶۳٫۲ | ۵۳۳ | ۵۴۷۰ | ۰٫۹۳۲ | ۰٫۴۲ | S_2 |
| ۰٫۲۱ | ناچیز | ۱۰٫۵ | ۵۳۳ | ۱۵۰۰ | ۰٫۷۴۶ | ۴٫۶ | S_3 |
| ۰٫۲۷ | ۰٫۲۲ | ۸٫۱ | ۴۹۹۵ | ۲۰۰۰ | ۰ | ۰ | S_4 |
| ۰٫۲۵ | ناچیز | ۸٫۶ | ۳۷۰۰ | ۱۸۰۰ | ۰ | ۰ | S_5 |
| ۰٫۳۲ | ناچیز | ۰٫۲ | ۴۹۹۵ | ۱۷۰۰ | ۰ | ۰ | S_6 |
| ۱٫۶۵ | ناچیز | ۰٫۲ | ۷۶۸۵ | ۲۰۰۰ | ۰٫۲۶۶ | ۰ | S_7 |
| ۰٫۲۴ | ناچیز | ۰٫۲ | ۵۷۷۰ | ۲۴۵۰ | ۰ | ۰٫۱۶ | S_8 |
| ۱٫۶۵ | ناچیز | ۸٫۴ | ۴۳۸۵ | ۱۵۵۰ | ۰٫۵۸۴ | ۰٫۲۷ | S_9 |
| نفر در هر گیگا وات ساعت برای یک سال | تن معادل نفت نفر/خام | میلیون بشکه معادل نفت خام | ریال به ازای هر کیلو وات ساعت | دلار در هر کیلو وات ساعت | درصد مصرف با توجه به سهم تولید | درصد انتشار با توجه به سهم تولید | واحد |

جدول ۷. ماتریس تصمیم.

| | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| C_f | C_r | C_t | C_1 | |
| [۴,۵ ۵,۸۳۳] | [۶,۵ ۷,۵] | [۹ ۱۰] | [۷ ۹] | S_1 |
| [۴,۳۳۳ ۵,۵] | [۶,۱۶۶ ۷,۱۶۶] | [۶ ۷] | [۶ ۷] | S_2 |
| [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۶,۳۳۳ ۷,۳۳۳] | [۵ ۶] | [۹ ۱۰] | S_3 |
| [۷,۶۶۶ ۸,۸۳۳] | [۵,۱۶۶ ۶,۳۳۳] | [۱ ۲] | [۱ ۲] | S_4 |
| [۲ ۳,۳۳۳] | [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۱ ۲] | [۱ ۲] | S_5 |
| [۱,۱۶۶ ۲,۳۳۳] | [۵ ۶,۵] | [۱ ۲] | [۱ ۲] | S_6 |
| [۱,۳۳۳ ۲,۶۶۶] | [۴,۸۳۳ ۵,۸۳۳] | [۲ ۴] | [۱ ۲] | S_7 |
| [۲,۸۳۳ ۴,۳۳۳] | [۶ ۷] | [۱ ۲] | [۲ ۴] | S_8 |
| [۲,۵ ۳,۸۳۳] | [۵,۱۶۶ ۶,۱۶۶] | [۴ ۵] | [۵ ۶] | S_9 |
| C_8 | C_v | C_6 | C_5 | |
| [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۲ ۴] | [۷,۱۶۶ ۸,۵] | S_1 |
| [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۱ ۲] | [۶,۸۳۳ ۷,۸۳۳] | S_2 |
| [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | [۵,۱۶۶ ۶,۳۳۳] | [۴ ۵] | [۷,۵ ۸,۶۶۶] | S_3 |
| [۶ ۷] | [۶,۶۶۶ ۸] | [۶ ۷] | [۶,۶۶۶ ۸] | S_4 |
| [۳,۸۳۳ ۵] | [۵,۱۶۶ ۶,۱۶۶] | [۵ ۶] | [۲,۵ ۳,۸۳۳] | S_5 |
| [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۴,۵ ۵,۶۶۶] | [۵ ۶] | [۲ ۳,۵] | S_6 |
| [۳,۵ ۴,۶۶۶] | [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۹ ۱۰] | [۱,۳۳۳ ۲,۶۶۶] | S_7 |
| [۴,۵ ۵,۵] | [۵,۱۶۶ ۶,۳۳۳] | [۷ ۹] | [۲,۳۳۳ ۳,۵] | S_8 |
| [۳,۶۶۶ ۵] | [۴,۶۶۶ ۵,۶۶۶] | [۴ ۵] | [۲,۸۳۳ ۴] | S_9 |
| C_{12} | C_{11} | C_{10} | C_9 | |
| [۱ ۲] | [۷,۱۶۶ ۸,۸۳۳] | [۶ ۷,۶۶۶] | [۷,۶۶۶ ۹,۳۳۳] | S_1 |
| [۱ ۲] | [۷,۵ ۹] | [۶ ۷,۶۶۶] | [۷,۵ ۹] | S_2 |
| [۱ ۲] | [۵,۵ ۶,۸۳۳] | [۵,۵ ۶,۸۳۳] | [۶,۵ ۷,۶۶۶] | S_3 |
| [۶ ۷] | [۳,۸۳۳ ۵] | [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۵ ۶,۱۶۶] | S_4 |
| [۵ ۶] | [۵ ۶] | [۶,۱۶۶ ۷,۱۶۶] | [۶,۱۶۶ ۷,۱۶۶] | S_5 |
| [۶ ۷] | [۶,۵ ۸] | [۴,۸۳۳ ۶] | [۵,۵ ۶,۶۶۶] | S_6 |
| [۹ ۱۰] | [۶,۳۳۳ ۷,۸۳۳] | [۴,۵ ۵,۶۶۶] | [۴,۳۳۳ ۵,۶۶۶] | S_7 |
| [۷ ۹] | [۴,۵ ۵,۵] | [۴,۵ ۵,۶۶۶] | [۴,۱۶۶ ۵,۵] | S_8 |
| [۵ ۶] | [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | [۵ ۶] | [۵,۳۳۳ ۶,۳۳۳] | S_9 |
| C_{16} | C_{15} | C_{14} | C_{13} | |
| [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۶ ۷] | [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۷ ۹] | S_1 |
| [۴,۱۶۶ ۵,۳۳۳] | [۹ ۱۰] | [۴,۸۳۳ ۶] | [۹ ۱۰] | S_2 |
| [۳,۶۶۶ ۴,۸۳۳] | [۱ ۲] | [۳,۸۳۳ ۴,۸۳۳] | [۲ ۴] | S_3 |
| [۵,۸۳۳ ۶,۸۳۳] | [۲ ۴] | [۳,۵ ۴,۵] | [۲ ۴] | S_4 |
| [۴,۶۶۶ ۶] | [۱ ۲] | [۵,۵ ۶,۶۶۶] | [۲ ۴] | S_5 |
| [۵,۸۳۳ ۷] | [۱ ۲] | [۶,۳۳۳ ۷,۶۶۶] | [۱ ۲] | S_6 |
| [۷,۸۳۳ ۹,۱۶۶] | [۱ ۲] | [۶,۸۳۳ ۸,۱۶۶] | [۱ ۲] | S_7 |
| [۶,۳۳۳ ۷,۸۳۳] | [۱ ۲] | [۴,۵ ۵,۶۶۶] | [۱ ۲] | S_8 |
| [۵,۸۳۳ ۷] | [۱ ۲] | [۵,۸۳۳ ۷,۱۶۶] | [۲ ۴] | S_9 |
| C_{20} | C_{19} | C_{18} | C_{17} | |
| [۶,۸۳۳ ۸,۱۶۶] | [۷,۱۶۶ ۸,۱۶۶] | [۶,۸۳۳ ۸] | [۶,۳۳۳ ۷,۵] | S_1 |
| [۶,۸۳۳ ۸,۱۶۶] | [۷,۳۳۳ ۸,۳۳۳] | [۷ ۸,۳۳۳] | [۷ ۸,۵] | S_2 |
| [۵,۵ ۶,۶۶۶] | [۶ ۷] | [۵,۳۳۳ ۶,۳۳۳] | [۵ ۶] | S_3 |
| [۵,۳۳۳ ۶,۶۶۶] | [۵,۱۶۶ ۶,۳۳۳] | [۶,۱۶۶ ۷,۵] | [۶,۶۶۶ ۸,۱۶۶] | S_4 |
| [۶,۸۳۳ ۸,۵] | [۶,۱۶۶ ۷,۳۳۳] | [۶ ۷,۱۶۶] | [۶,۱۶۶ ۷,۵] | S_5 |
| [۶,۵ ۸,۳۳۳] | [۵,۳۳۳ ۶,۳۳۳] | [۶,۳۳۳ ۷,۶۶۶] | [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | S_6 |
| [۶,۱۶۶ ۸,۱۶۶] | [۵,۱۶۶ ۶,۱۶۶] | [۵,۱۶۶ ۶,۳۳۳] | [۵,۵ ۶,۸۳۳] | S_7 |
| [۶,۱۶۶ ۷,۳۳۳] | [۴,۳۳۳ ۵,۵] | [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۵ ۶,۳۳۳] | S_8 |
| [۵,۶۶۶ ۷,۳۳۳] | [۵ ۶] | [۵,۳۳۳ ۶,۳۳۳] | [۵,۶۶۶ ۷] | S_9 |

ادامه جدول ۷.

| C_{24} | C_{23} | C_{22} | C_{21} | |
|---------------|-----------|---------------|---------------|-------|
| [۷,۵ ۸,۶۶۶] | [۲ ۴] | [۶,۶۶۶ ۸,۳۳۳] | [۶,۳۳۳ ۷,۸۳۳] | S_1 |
| [۷,۵ ۸,۶۶۶] | [۲ ۴] | [۶,۶۶۶ ۸,۳۳۳] | [۶ ۷,۳۳۳] | S_2 |
| [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۲ ۴] | [۶,۳۳۳ ۷,۶۶۶] | [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | S_3 |
| [۵ ۶] | [۴ ۵] | [۴,۱۶۶ ۵,۱۶۶] | [۵,۱۶۶ ۶,۱۶۶] | S_4 |
| [۵,۳۳۳ ۶,۶۶۶] | [۴ ۵] | [۶,۱۶۶ ۷,۶۶۶] | [۸ ۹] | S_5 |
| [۵,۵ ۶,۶۶۶] | [۵ ۶] | [۴,۵ ۵,۸۳۳] | [۵,۸۳۳ ۷,۱۶۶] | S_6 |
| [۵,۳۳۳ ۶,۵] | [۹ ۱۰] | [۳,۱۶۶ ۴,۵] | [۶,۱۶۶ ۷,۱۶۶] | S_7 |
| [۳,۶۶۶ ۴,۸۳۳] | [۴ ۵] | [۳,۳۳۳ ۴,۸۳۳] | [۵,۵ ۶,۶۶۶] | S_8 |
| [۴,۵ ۵,۶۶۶] | [۹ ۱۰] | [۳,۸۳۳ ۵] | [۵,۸۳۳ ۷,۱۶۶] | S_9 |
| | C_{27} | C_{26} | C_{25} | |
| | [۶,۵ ۷,۵] | [۷,۸۳۳ ۸,۸۳۳] | [۷ ۸,۳۳۳] | S_1 |
| | [۶,۵ ۷,۵] | [۷,۸۳۳ ۸,۸۳۳] | [۷,۳۳۳ ۸,۵] | S_2 |
| | [۴,۸۳۳ ۶] | [۶,۳۳۳ ۷,۶۶۶] | [۵,۶۶۶ ۶,۸۳۳] | S_3 |
| | [۷ ۸,۵] | [۶,۶۶۶ ۷,۸۳۳] | [۵,۵ ۶,۶۶۶] | S_4 |
| | [۷,۵ ۹] | [۶ ۷] | [۶ ۷,۱۶۶] | S_5 |
| | [۷,۵ ۹] | [۶,۱۶۶ ۷,۶۶۶] | [۶ ۷,۱۶۶] | S_6 |
| | [۷,۶۶۶ ۹] | [۵,۸۳۳ ۷,۳۳۳] | [۵,۶ ۶,۵] | S_7 |
| | [۵ ۶,۶۶۶] | [۴,۶۶۶ ۶,۳۳۳] | [۴,۳۳۳ ۵,۸۳۳] | S_8 |
| | [۶,۶۶۶ ۸] | [۵,۵ ۶,۸۳۳] | [۴,۶۶۶ ۶] | S_9 |

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

افزوده‌ی بالاتر مورد استفاده قرار گیرند. امید است این اولویت‌بندی در اجرا ضمن استحصال انرژی از منابع نامحدود، از آلاینده‌های صادر شده به جو کاسته و منابع مذکور را همراه با تکنولوژی استفاده و بهره‌برداری از آن به نسل‌های آتی منتقل کند.

برنامه‌های پیشنهادی برای دست‌یابی به توسعه‌ی پایدار انرژی:

- افزایش سهم گاز در سبد مصرفی سوخت‌های فسیلی نیروگاه‌های کشور.
- مطالعه و بررسی آثار زیست‌محیطی بخش انرژی کشور و تدوین سیاست‌هایی برای کاهش آثار نامطلوب ناشی از عرضه انرژی بر محیط زیست.
- استفاده از قوانین ترغیب‌کننده‌ی انرژی پایدار و ترغیب سرمایه‌گذاری‌های داخلی در این زمینه و همکاری‌های بیشتر در سطح بین‌المللی.
- افزایش سهم برق تولیدی از انرژی خورشیدی و بادی به منظور صرفه‌جویی اقتصادی نفت خام و امکان صادرات بیشتر نفت و کسب درآمد قابل توجه برای دولت.
- افزایش بودجه‌ی بخش آموزش و تحقیقاتی و برگزاری سمینارها و دوره‌های آموزشی برای تربیت نیروی متخصص و بومی‌سازی فناوری‌های مربوطه.

نتایج به دست آمده از اجرای الگوریتم GRA نشان می‌دهد که گاز طبیعی، انرژی خورشیدی و انرژی بادی به ترتیب رتبه‌ی اول تا سوم را در میان گزینه‌های تولید برق به خود اختصاص داده‌اند و انرژی زمین‌گرمایی جذابیتی در مقایسه با سایر گزینه‌ها ندارد و در اولویت آخر قرار می‌گیرد. ایران منابع نیروی انسانی و ذخایر زیاد و قابل ملاحظه‌ی برای مدرنیزه کردن تأمین انرژی در اختیار دارد. در حوزه‌ی گاز، ایران حدود ۱۵/۶٪ کل ذخایر گازی جهان را دارد که این مقدار با توجه به عدم اکتشاف ذخایر گازی کشور در آینده بیشتر هم خواهد شد. علاوه بر دسترسی فراوان به انرژی گاز، شرایط بسیار مساعدی برای استفاده‌ی مفید از انرژی باد و انرژی خورشیدی به‌عنوان گزینه‌های تولید برق در ایران وجود دارد. استفاده از تکنولوژی‌های جدید و پاک تولید انرژی برق، علاوه بر این که جایگزین مناسبی برای نیروگاه‌های فسیلی در بسیاری از موارد به شمار می‌روند، در صورت بومی‌سازی منافع اجتماعی و اقتصادی مختلفی (نظیر کاهش آلودگی محیط زیست، بهبود اشتغال، قابلیت تولید غیر متمرکز، افزایش توانمندی‌های ملی و امکان صادرات این تکنولوژی‌ها) نیز به همراه دارد. منابع فسیلی صرفه‌جویی شده، می‌توانند در فعالیت‌های دیگری با ارزش

جدول ۸. ماتریس نرمال.

| | | | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| C_f | C_r | C_t | C_1 | |
| [۰٫۲ ۰٫۲۵۹] | [۰٫۶۴۴ ۰٫۷۴۴] | [۰٫۱ ۰٫۱۱۱] | [۰٫۱۱۱ ۰٫۱۴۳] | S_1 |
| [۰٫۲۶۹ ۰٫۲۱۲] | [۰٫۶۷۴ ۰٫۷۸۴] | [۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷] | [۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷] | S_2 |
| [۰٫۲۱۹ ۰٫۲۸] | [۰٫۶۵۹ ۰٫۷۶۳] | [۰٫۲ ۰٫۱۶۷] | [۰٫۱ ۰٫۱۱۱] | S_3 |
| [۰٫۱۳۲ ۰٫۱۵۲] | [۰٫۷۶۳ ۰٫۹۳۶] | [۰٫۵ ۱] | [۰٫۵ ۱] | S_4 |
| [۰٫۳۵ ۰٫۵۸۳] | [۰٫۷۴۴ ۰٫۹۰۶] | [۰٫۵ ۱] | [۰٫۵ ۱] | S_5 |
| [۰٫۴۵ ۱] | [۰٫۷۴۴ ۰٫۹۶۷] | [۰٫۵ ۱] | [۰٫۵ ۱] | S_6 |
| [۰٫۴۳۷ ۰٫۸۷۵] | [۱ ۰٫۸۲۹] | [۰٫۲۵ ۰٫۵] | [۰٫۵ ۱] | S_7 |
| [۰٫۲۶۹ ۰٫۴۱۲] | [۰٫۶۹ ۰٫۸۰۶] | [۰٫۵ ۱] | [۰٫۲۵ ۰٫۵] | S_8 |
| [۰٫۳۰۴ ۰٫۴۶۶] | [۰٫۷۸۴ ۰٫۹۳۶] | [۰٫۲ ۰٫۲۵] | [۰٫۲ ۰٫۱۶۷] | S_9 |
| C_8 | C_v | C_z | C_d | |
| [۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸] | [۰٫۶۴۱ ۰٫۷۸۱] | [۰٫۲۵ ۰٫۵] | [۰٫۱۵۷ ۰٫۱۸۶] | S_1 |
| [۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸] | [۰٫۶۴۱ ۰٫۷۸۱] | [۰٫۵ ۱] | [۰٫۱۷ ۰٫۱۹۵] | S_2 |
| [۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸] | [۰٫۶۵۸ ۰٫۸۰۶] | [۰٫۲ ۰٫۲۵] | [۰٫۱۵۴ ۰٫۱۷۸] | S_3 |
| [۰٫۵ ۰٫۵۸۳] | [۰٫۵۲۱ ۰٫۶۲۵] | [۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷] | [۰٫۱۶۷ ۰٫۲] | S_4 |
| [۰٫۷ ۰٫۹۱۳] | [۰٫۶۷۶ ۰٫۸۰۶] | [۰٫۲ ۰٫۱۶۷] | [۰٫۳۴۸ ۰٫۵۳۳] | S_5 |
| [۰٫۶۵۶ ۰٫۸۴] | [۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶] | [۰٫۲ ۰٫۱۶۷] | [۰٫۳۸۱ ۰٫۶۶۷] | S_6 |
| [۰٫۷۵ ۱] | [۰٫۷۸۱ ۱] | [۰٫۱ ۰٫۱۱۱] | [۰٫۵ ۱] | S_7 |
| [۰٫۶۳۶ ۰٫۷۷۸] | [۰٫۶۷۶ ۰٫۸۰۶] | [۰٫۱۱۱ ۰٫۱۴۳] | [۰٫۳۸۱ ۰٫۵۷۱] | S_8 |
| [۰٫۷ ۰٫۹۵۵] | [۰٫۷۳۵ ۰٫۸۹۳] | [۰٫۲ ۰٫۲۵] | [۰٫۳۳۳ ۰٫۴۷۱] | S_9 |
| C_{12} | C_{11} | C_{10} | C_9 | |
| [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۷۹۶ ۰٫۹۸۱] | [۰٫۵۴۳ ۰٫۶۹۴] | [۰٫۸۲۱ ۱] | S_1 |
| [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۸۳۳ ۱] | [۰٫۵۴۳ ۰٫۶۹۴] | [۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۴] | S_2 |
| [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۶۱۱ ۰٫۷۵۹] | [۰٫۶۱ ۰٫۷۵۷] | [۰٫۶۹۶ ۰٫۸۲۱] | S_3 |
| [۰٫۶ ۰٫۷] | [۰٫۴۲۶ ۰٫۵۵۶] | [۰٫۷۸۱ ۱] | [۰٫۵۳۶ ۰٫۶۶۱] | S_4 |
| [۰٫۵ ۰٫۶] | [۰٫۵۵۶ ۰٫۶۶۷] | [۰٫۵۸۱ ۰٫۶۷۶] | [۰٫۶۶۱ ۰٫۷۶۸] | S_5 |
| [۰٫۶ ۰٫۷] | [۰٫۷۲۲ ۰٫۸۸۹] | [۰٫۶۹۴ ۰٫۸۶۹] | [۰٫۵۸۹ ۰٫۷۱۴] | S_6 |
| [۰٫۹ ۱] | [۰٫۷۰۴ ۰٫۸۷] | [۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶] | [۰٫۴۶۴ ۰٫۶۰۷] | S_7 |
| [۰٫۷ ۰٫۹] | [۰٫۵ ۰٫۶۱۱] | [۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶] | [۰٫۴۴۶ ۰٫۵۸۹] | S_8 |
| [۰٫۵ ۰٫۶] | [۰٫۶۳ ۰٫۷۵۹] | [۰٫۶۹۴ ۰٫۸۳۳] | [۰٫۵۷۱ ۰٫۶۷۹] | S_9 |
| C_{16} | C_{15} | C_{14} | C_{13} | |
| [۰٫۶۸۷ ۰٫۸۸] | [۰٫۶ ۰٫۷] | [۰٫۵۱ ۰٫۶۵۳] | [۰٫۷ ۰٫۹] | S_1 |
| [۰٫۶۸۷ ۰٫۸۸] | [۰٫۹ ۱] | [۰٫۵۹۲ ۰٫۷۳۵] | [۰٫۹ ۱] | S_2 |
| [۰٫۷۵۹ ۱] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۴۶۹ ۰٫۵۹۲] | [۰٫۲ ۰٫۴] | S_3 |
| [۰٫۵۳۷ ۰٫۶۲۸] | [۰٫۲ ۰٫۴] | [۰٫۴۲۹ ۰٫۵۵۱] | [۰٫۲ ۰٫۴] | S_4 |
| [۰٫۶۱۱ ۰٫۷۸۶] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۶۷۴ ۰٫۸۱۶] | [۰٫۲ ۰٫۴] | S_5 |
| [۰٫۵۲۴ ۰٫۶۲۸] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۷۷۶ ۰٫۹۳۹] | [۰٫۱ ۰٫۲] | S_6 |
| [۰٫۴ ۰٫۴۶۸] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۸۳۷ ۱] | [۰٫۱ ۰٫۲] | S_7 |
| [۰٫۴۶۸ ۰٫۵۷۹] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۵۵۱ ۰٫۶۹۴] | [۰٫۱ ۰٫۲] | S_8 |
| [۰٫۵۲۴ ۰٫۶۲۸] | [۰٫۱ ۰٫۲] | [۰٫۷۱۴ ۰٫۸۷۸] | [۰٫۱ ۰٫۲] | S_9 |
| C_{20} | C_{19} | C_{18} | C_{17} | |
| [۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۱] | [۰٫۸۶ ۰٫۹۸] | [۰٫۸۲ ۰٫۹۶] | [۰٫۷۴۵ ۰٫۸۸۲] | S_1 |
| [۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۱] | [۰٫۸۸ ۱] | [۰٫۸۴ ۱] | [۰٫۸۲۴ ۱] | S_2 |
| [۰٫۶۴۷ ۰٫۷۸۴] | [۰٫۷۲ ۰٫۸۴] | [۰٫۶۴ ۰٫۷۶] | [۰٫۵۸۸ ۰٫۷۰۶] | S_3 |
| [۰٫۶۲۷ ۰٫۷۸۴] | [۰٫۶۲ ۰٫۷۶] | [۰٫۷۴ ۰٫۹] | [۰٫۷۸۴ ۰٫۹۶۱] | S_4 |
| [۰٫۸۰۴ ۱] | [۰٫۷۴ ۰٫۸۸] | [۰٫۷۲ ۰٫۸۶] | [۰٫۷۲۵ ۰٫۸۸۲] | S_5 |
| [۰٫۷۶۵ ۰٫۹۸] | [۰٫۶۴ ۰٫۷۶] | [۰٫۷۶ ۰٫۹۲] | [۰٫۶۶۷ ۰٫۸۰۴] | S_6 |
| [۰٫۷۲۵ ۰٫۹۶۱] | [۰٫۶۲ ۰٫۷۴] | [۰٫۶۲ ۰٫۷۶] | [۰٫۶۴۷ ۰٫۸۰۴] | S_7 |
| [۰٫۷۲۵ ۰٫۸۶۳] | [۰٫۵۲ ۰٫۶۶] | [۰٫۶۴ ۰٫۷۸] | [۰٫۵۸۸ ۰٫۷۴۵] | S_8 |
| [۰٫۶۶۷ ۰٫۸۶۳] | [۰٫۶ ۰٫۷۲] | [۰٫۶۴ ۰٫۷۶] | [۰٫۶۶۷ ۰٫۸۲۴] | S_9 |

ادامه جدول ۸.

| C_{24} | C_{23} | C_{22} | C_{21} | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| [۰,۸۶۵ ۱] | [۰,۲ ۰,۴] | [۰,۸ ۱] | [۰,۷۰۴ ۰,۸۷] | S_1 |
| [۰,۸۶۵ ۱] | [۰,۲ ۰,۴] | [۰,۸ ۱] | [۰,۶۶۷ ۰,۸۱۵] | S_2 |
| [۰,۶۱۵ ۰,۷۵] | [۰,۲ ۰,۴] | [۰,۷۶ ۰,۹۲] | [۰,۶۳ ۰,۷۵۹] | S_3 |
| [۰,۵۷۷ ۰,۶۹۲] | [۰,۴ ۰,۵] | [۰,۵ ۰,۶۲] | [۰,۵۷۴ ۰,۶۸۵] | S_4 |
| [۰,۶۱۵ ۰,۷۶۹] | [۰,۴ ۰,۵] | [۰,۷۴ ۰,۹۲] | [۰,۸۸۹ ۱] | S_5 |
| [۰,۶۳۵ ۰,۷۶۹] | [۰,۵ ۰,۶] | [۰,۵۴ ۰,۷] | [۰,۶۴۸ ۰,۷۹۶] | S_6 |
| [۰,۶۱۵ ۰,۷۵] | [۰,۹ ۱] | [۰,۳۸ ۰,۵۴] | [۰,۶۸۵ ۰,۷۶۹] | S_7 |
| [۰,۴۲۳ ۰,۵۵۸] | [۰,۴ ۰,۵] | [۰,۴ ۰,۵۸] | [۰,۶۱۱ ۰,۷۴۱] | S_8 |
| [۰,۵۱۹ ۰,۶۵۴] | [۰,۹ ۱] | [۰,۴۶ ۰,۶] | [۰,۶۴۸ ۰,۷۹۶] | S_9 |
| | C_{27} | C_{26} | C_{25} | |
| | [۰,۷۲۲ ۰,۸۳۳] | [۰,۸۸۷ ۱] | [۰,۸۲۴ ۰,۹۸] | S_1 |
| | [۰,۷۲۲ ۰,۸۳۳] | [۰,۸۸۷ ۱] | [۰,۸۶۳ ۱] | S_2 |
| | [۰,۵۳۷ ۰,۶۶۷] | [۰,۷۱۷ ۰,۸۶۸] | [۰,۶۶۷ ۰,۸۰۴] | S_3 |
| | [۰,۷۷۸ ۰,۹۴۴] | [۰,۷۵۵ ۰,۸۸۷] | [۰,۶۴۷ ۰,۷۸۴] | S_4 |
| | [۰,۸۳۳ ۱] | [۰,۶۷۹ ۰,۷۹۲] | [۰,۷۰۶ ۰,۸۴۳] | S_5 |
| | [۰,۸۳۳ ۱] | [۰,۶۹۸ ۰,۸۶۸] | [۰,۷۰۶ ۰,۸۴۳] | S_6 |
| | [۰,۸۵۲ ۱] | [۰,۶۶ ۰,۸۳] | [۰,۶۵۹ ۰,۷۶۵] | S_7 |
| | [۰,۵۵۶ ۰,۷۴۱] | [۰,۵۲۸ ۰,۷۱۷] | [۰,۵۱ ۰,۶۸۶] | S_8 |
| | [۰,۷۴۱ ۰,۸۸۹] | [۰,۶۲۳ ۰,۷۷۴] | [۰,۵۴۹ ۰,۷۰۴] | S_9 |

جدول ۹. ماتریس وزن معیارها.

| W_f | W_r | W_t | W_1 |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| [۰,۵۸۳ ۰,۷۳۳] | [۰,۶ ۰,۷۶۶] | [۰,۶ ۰,۷۶۶] | [۰,۷۵ ۰,۸۸۳] |
| W_8 | W_v | W_6 | W_5 |
| [۰,۵ ۰,۶۶۶] | [۰,۵۸۳ ۰,۷۵] | [۰,۷۳۳ ۰,۹] | [۰,۵ ۰,۶۳۳] |
| W_{12} | W_{11} | W_{10} | W_9 |
| [۰,۶۳۳ ۰,۸۶۶] | [۰,۶۳۳ ۰,۷۶۶] | [۰,۷ ۰,۸۳۳] | [۰,۷۱۶ ۰,۸۵] |
| W_{16} | W_{15} | W_{14} | W_{13} |
| [۰,۶ ۰,۷۶۶] | [۰,۶۶۶ ۰,۸۶۶] | [۰,۷۸۳ ۰,۹۱۶] | [۰,۵۳۳ ۰,۷۵] |
| W_{20} | W_{19} | W_{18} | W_{17} |
| [۰,۶۵ ۰,۷۸۳] | [۰,۷۵ ۰,۹۵] | [۰,۷۵ ۰,۹۵] | [۰,۷۵ ۰,۹۵] |
| W_{24} | W_{23} | W_{22} | W_{21} |
| [۰,۵۶۶ ۰,۷۳۳] | [۰,۶۱۶ ۰,۷۵] | [۰,۵۵ ۰,۶۸۳] | [۰,۶۱۶ ۰,۸۱۶] |
| | W_{27} | W_{26} | W_{25} |
| | [۰,۷۶۶ ۰,۸۶۶] | [۰,۷۶۶ ۰,۸۶۶] | [۰,۶ ۰,۷۳۳] |

جدول ۱۰. ماتریس نرمال موزون.

| | | | | | | | | |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|-------|
| C_f | | C_r | | C_t | | C_1 | | |
| [۰,۱۱۷ | ۰,۱۹] | [۰,۳۸۷ | ۰,۵۷] | [۰,۰۶ | ۰,۰۸۵] | [۰,۰۸۳ | ۰,۱۱۹] | S_1 |
| [۰,۱۲۴ | ۰,۱۹۷] | [۰,۴۰۵ | ۰,۶] | [۰,۰۸۶ | ۰,۱۲۸] | [۰,۱۰۷ | ۰,۱۳۹] | S_2 |
| [۰,۱۲۷ | ۰,۲۰۵] | [۰,۳۹۵ | ۰,۵۸۵] | [۰,۱ | ۰,۱۵۳] | [۰,۰۷۵ | ۰,۰۹۳] | S_3 |
| [۰,۰۷۷ | ۰,۱۱۱] | [۰,۴۵۸ | ۰,۷۱۷] | [۰,۳ | ۰,۷۶۶] | [۰,۳۷۵ | ۰,۸۳۳] | S_4 |
| [۰,۲۰۴ | ۰,۴۲۷] | [۰,۴۴۶ | ۰,۶۹۴] | [۰,۳ | ۰,۷۶۶] | [۰,۳۷۵ | ۰,۸۳۳] | S_5 |
| [۰,۲۹۱ | ۰,۷۳۳] | [۰,۴۴۶ | ۰,۷۴] | [۰,۳ | ۰,۷۶۶] | [۰,۳۷۵ | ۰,۸۳۳] | S_6 |
| [۰,۲۵۵ | ۰,۶۴۱] | [۰,۴۹۷ | ۰,۷۶۶] | [۰,۱۵ | ۰,۳۸۳] | [۰,۳۷۵ | ۰,۸۳۳] | S_7 |
| [۰,۱۵۷ | ۰,۳۰۲] | [۰,۴۱۴ | ۰,۶۱۷] | [۰,۳ | ۰,۷۶۶] | [۰,۱۸۸ | ۰,۴۱۷] | S_8 |
| [۰,۱۷۷ | ۰,۳۴۲] | [۰,۴۷ | ۰,۷۱۷] | [۰,۱۲ | ۰,۱۹۱] | [۰,۱۲۵ | ۰,۱۶۷] | S_9 |
| C_8 | | C_v | | C_z | | C_d | | |
| [۰,۲۵۶ | ۰,۴۱۱] | [۰,۳۷۴ | ۰,۵۸۶] | [۰,۱۸۳ | ۰,۴۵] | [۰,۰۷۸ | ۰,۱۱۸] | S_1 |
| [۰,۲۵۶ | ۰,۴۱۱] | [۰,۳۷۴ | ۰,۵۸۶] | [۰,۳۶۷ | ۰,۹] | [۰,۰۸۵ | ۰,۱۲۳] | S_2 |
| [۰,۲۵۶ | ۰,۴۱۱] | [۰,۳۸۴ | ۰,۶۰۵] | [۰,۱۴۷ | ۰,۲۲۵] | [۰,۰۷۷ | ۰,۱۱۳] | S_3 |
| [۰,۲۵ | ۰,۳۸۹] | [۰,۳۰۴ | ۰,۴۶۹] | [۰,۱۰۵ | ۰,۱۵] | [۰,۰۸۳ | ۰,۱۲۷] | S_4 |
| [۰,۳۵ | ۰,۶۰۸] | [۰,۳۹۴ | ۰,۶۰۵] | [۰,۱۲۲ | ۰,۱۸] | [۰,۱۷۴ | ۰,۳۳۸] | S_5 |
| [۰,۳۲۸ | ۰,۵۶] | [۰,۴۲۹ | ۰,۶۹۴] | [۰,۱۲۲ | ۰,۱۸] | [۰,۱۹ | ۰,۴۲۲] | S_6 |
| [۰,۳۷۵ | ۰,۶۶۶] | [۰,۴۵۵ | ۰,۷۵] | [۰,۰۷۳ | ۰,۱] | [۰,۲۵ | ۰,۶۳۳] | S_7 |
| [۰,۳۱۸ | ۰,۵۱۸] | [۰,۳۹۴ | ۰,۶۰۵] | [۰,۰۸۱ | ۰,۱۲۹] | [۰,۱۹ | ۰,۳۶۲] | S_8 |
| [۰,۳۵ | ۰,۶۳۶] | [۰,۴۲۹ | ۰,۶۷] | [۰,۱۴۷ | ۰,۲۲۵] | [۰,۱۶۷ | ۰,۲۹۸] | S_9 |
| C_{12} | | C_{11} | | C_{10} | | C_9 | | |
| [۰,۰۶۳ | ۰,۱۷۳] | [۰,۵۰۴ | ۰,۷۵۲] | [۰,۳۸ | ۰,۵۷۸] | [۰,۵۸۸ | ۰,۸۵] | S_1 |
| [۰,۰۶۳ | ۰,۱۷۳] | [۰,۵۲۸ | ۰,۷۶۶] | [۰,۳۸ | ۰,۵۷۸] | [۰,۵۷۵ | ۰,۸۲] | S_2 |
| [۰,۰۶۳ | ۰,۱۷۳] | [۰,۳۸۷ | ۰,۵۸۲] | [۰,۴۲۷ | ۰,۶۳۱] | [۰,۶۹۸ | ۰,۴۹۹] | S_3 |
| [۰,۳۸ | ۰,۶۰۶] | [۰,۲۷ | ۰,۴۲۶] | [۰,۵۴۷ | ۰,۸۳۳] | [۰,۳۸۴ | ۰,۵۶۲] | S_4 |
| [۰,۳۱۷ | ۰,۵۲] | [۰,۳۵۲ | ۰,۵۱۱] | [۰,۴۰۷ | ۰,۵۶۳] | [۰,۴۷۳ | ۰,۶۵۳] | S_5 |
| [۰,۳۸ | ۰,۶۰۶] | [۰,۴۵۷ | ۰,۶۸۱] | [۰,۴۸۶ | ۰,۷۱۸] | [۰,۴۲۲ | ۰,۶۰۷] | S_6 |
| [۰,۵۷ | ۰,۸۶۶] | [۰,۴۴۵ | ۰,۶۶۷] | [۰,۵۱۵ | ۰,۷۷۱] | [۰,۳۳۲ | ۰,۵۱۶] | S_7 |
| [۰,۴۴۳ | ۰,۷۷۹] | [۰,۳۱۷ | ۰,۴۶۸] | [۰,۵۱۵ | ۰,۷۷۱] | [۰,۳۲ | ۰,۵۰۱] | S_8 |
| [۰,۳۱۷ | ۰,۵۲] | [۰,۳۹۹ | ۰,۵۸۲] | [۰,۴۸۶ | ۰,۶۹۴] | [۰,۴۱ | ۰,۵۷۷] | S_9 |
| C_{16} | | C_{15} | | C_{14} | | C_{13} | | |
| [۰,۴۱۲ | ۰,۶۷۴] | [۰,۴ | ۰,۶۰۶] | [۰,۴ | ۰,۵۹۸] | [۰,۳۷۳ | ۰,۶۷۵] | S_1 |
| [۰,۴۱۲ | ۰,۶۷۴] | [۰,۶ | ۰,۸۶۶] | [۰,۴۶۳ | ۰,۶۷۳] | [۰,۴۸ | ۰,۷۵] | S_2 |
| [۰,۴۵۵ | ۰,۷۶۶] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۳۶۸ | ۰,۵۴۲] | [۰,۱۰۷ | ۰,۳] | S_3 |
| [۰,۳۲۲ | ۰,۴۸۱] | [۰,۱۳۳ | ۰,۳۴۶] | [۰,۳۳۶ | ۰,۵۰۵] | [۰,۱۰۷ | ۰,۳] | S_4 |
| [۰,۳۶۷ | ۰,۶۰۲] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۵۲۷ | ۰,۷۴۸] | [۰,۱۰۷ | ۰,۳] | S_5 |
| [۰,۳۱۴ | ۰,۴۸۱] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۶۰۷ | ۰,۸۶] | [۰,۰۵۳ | ۰,۱۵] | S_6 |
| [۰,۲۴ | ۰,۳۵۹] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۶۵۵ | ۰,۹۱۶] | [۰,۰۵۳ | ۰,۱۵] | S_7 |
| [۰,۴۴۳ | ۰,۲۸۱] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۴۳۱ | ۰,۶۳۶] | [۰,۵۳ | ۰,۱۵] | S_8 |
| [۰,۳۱۴ | ۰,۴۸۱] | [۰,۰۶۷ | ۰,۱۷۳] | [۰,۵۵۹ | ۰,۸۰۴] | [۰,۱۰۷ | ۰,۳] | S_9 |
| C_{20} | | C_{19} | | C_{18} | | C_{17} | | |
| [۰,۵۲۳ | ۰,۷۵۲] | [۰,۶۴۵ | ۰,۹۳۱] | [۰,۶۱۵ | ۰,۹۱۲] | [۰,۵۵۹ | ۰,۸۳۸] | S_1 |
| [۰,۵۲۳ | ۰,۷۵۲] | [۰,۶۶ | ۰,۹۵] | [۰,۶۳ | ۰,۹۵] | [۰,۶۱۸ | ۰,۹۵] | S_2 |
| [۰,۴۲۱ | ۰,۶۱۴] | [۰,۵۴ | ۰,۷۹۸] | [۰,۴۸ | ۰,۷۲۲] | [۰,۴۴۱ | ۰,۶۷۱] | S_3 |
| [۰,۴۰۸ | ۰,۶۱۴] | [۰,۴۶۵ | ۰,۷۲۲] | [۰,۵۵۵ | ۰,۸۵۵] | [۰,۵۸۸ | ۰,۹۱۳] | S_4 |
| [۰,۵۲۳ | ۰,۷۸۳] | [۰,۵۵۵ | ۰,۸۳۶] | [۰,۵۴ | ۰,۸۱۷] | [۰,۵۴۴ | ۰,۸۳۸] | S_5 |
| [۰,۴۹۷ | ۰,۷۶۸] | [۰,۴۸ | ۰,۷۲۲] | [۰,۵۷ | ۰,۸۷۴] | [۰,۵ | ۰,۷۶۴] | S_6 |
| [۰,۴۷۲ | ۰,۷۵۲] | [۰,۴۶۵ | ۰,۷۰۳] | [۰,۴۶۵ | ۰,۷۲۲] | [۰,۴۸۵ | ۰,۷۶۴] | S_7 |
| [۰,۴۷۲ | ۰,۶۷۵] | [۰,۳۹ | ۰,۶۲۷] | [۰,۴۸ | ۰,۷۴۱] | [۰,۴۴۱ | ۰,۷۰۸] | S_8 |
| [۰,۴۳۳ | ۰,۶۷۵] | [۰,۴۵ | ۰,۶۸۴] | [۰,۴۸ | ۰,۷۲۲] | [۰,۵ | ۰,۷۸۲] | S_9 |

ادامه جدول ۱۰.

| C_{24} | C_{23} | C_{22} | C_{21} | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-------|
| [۰,۴۹ ۰,۷۳۳] | [۰,۱۲۳ ۰,۳] | [۰,۴۴ ۰,۶۸۳] | [۰,۴۹۸ ۰,۸۱۶] | S_1 |
| [۰,۴۹ ۰,۷۳۳] | [۰,۱۲۳ ۰,۳] | [۰,۴۴ ۰,۶۸۳] | [۰,۴۷۲ ۰,۷۶۴] | S_2 |
| [۰,۳۴۸ ۰,۵۵] | [۰,۱۲۳ ۰,۳] | [۰,۴۱۸ ۰,۶۲۸] | [۰,۴۴۶ ۰,۷۱۲] | S_3 |
| [۰,۳۲۷ ۰,۵۰۸] | [۰,۲۴۶ ۰,۳۷۵] | [۰,۲۷۵ ۰,۴۲۳] | [۰,۴۰۶ ۰,۶۴۲] | S_4 |
| [۰,۳۴۸ ۰,۵۶۴] | [۰,۲۴۶ ۰,۳۷۵] | [۰,۴۰۷ ۰,۶۲۸] | [۰,۶۲۹ ۰,۹۳۸] | S_5 |
| [۰,۳۵۹ ۰,۵۶۴] | [۰,۳۰۸ ۰,۴۵] | [۰,۲۹۷ ۰,۴۷۸] | [۰,۴۵۹ ۰,۷۴۷] | S_6 |
| [۰,۳۴۸ ۰,۵۵] | [۰,۵۵۴ ۰,۷۵] | [۰,۲۰۹ ۰,۳۶۹] | [۰,۴۸۵ ۰,۷۴۷] | S_7 |
| [۰,۲۳۹ ۰,۴۰۹] | [۰,۲۴۶ ۰,۳۷۵] | [۰,۲۲ ۰,۳۹۶] | [۰,۴۳۳ ۰,۶۹۴] | S_8 |
| [۰,۲۹۳ ۰,۴۷۹] | [۰,۵۵۴ ۰,۷۵] | [۰,۲۵۳ ۰,۴۱] | [۰,۴۵۹ ۰,۷۴۷] | S_9 |
| | C_{27} | C_{26} | C_{25} | |
| | [۰,۵۵۳ ۰,۷۲۲] | [۰,۶۷۹ ۰,۸۶۶] | [۰,۴۹۴ ۰,۷۱۹] | S_1 |
| | [۰,۵۵۳ ۰,۷۲۲] | [۰,۶۷۹ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۱۸ ۰,۷۳۳] | S_2 |
| | [۰,۴۱۱ ۰,۵۷۷] | [۰,۵۴۹ ۰,۷۵۲] | [۰,۴ ۰,۵۸۹] | S_3 |
| | [۰,۵۹۶ ۰,۸۱۸] | [۰,۵۷۸ ۰,۷۶۸] | [۰,۳۸۸ ۰,۵۷۵] | S_4 |
| | [۰,۶۳۸ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۲ ۰,۶۸۶] | [۰,۴۲۴ ۰,۶۱۸] | S_5 |
| | [۰,۶۳۸ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۳۵ ۰,۷۵۲] | [۰,۴۲۴ ۰,۶۱۸] | S_6 |
| | [۰,۶۵۲ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۰۶ ۰,۷۱۹] | [۰,۳۹۵ ۰,۵۶۱] | S_7 |
| | [۰,۴۲۶ ۰,۶۴۱] | [۰,۴۰۵ ۰,۶۲۱] | [۰,۳۰۶ ۰,۵۰۳] | S_8 |
| | [۰,۵۶۷ ۰,۷۷] | [۰,۴۷۷ ۰,۶۷] | [۰,۳۲۹ ۰,۵۱۷] | S_9 |

جدول ۱۱. سری مینا (S^{\max}).

| | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\otimes x_4^{\max}$ | $\otimes x_7^{\max}$ | $\otimes x_9^{\max}$ | $\otimes x_{11}^{\max}$ |
| [۰,۲۹۱ ۰,۷۳۳] | [۰,۴۹۷ ۰,۷۶۶] | [۰,۳ ۰,۷۶۶] | [۰,۳۷۵ ۰,۸۳۳] |
| $\otimes x_8^{\max}$ | $\otimes x_{10}^{\max}$ | $\otimes x_{12}^{\max}$ | $\otimes x_{13}^{\max}$ |
| [۰,۳۷۵ ۰,۶۶۶] | [۰,۴۵۵ ۰,۷۵] | [۰,۳۶۷ ۰,۹] | [۰,۲۵ ۰,۶۳۳] |
| $\otimes x_{14}^{\max}$ | $\otimes x_{15}^{\max}$ | $\otimes x_{16}^{\max}$ | $\otimes x_{17}^{\max}$ |
| [۰,۵۷ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۲۸ ۰,۷۶۶] | [۰,۵۴۷ ۰,۸۳۳] | [۰,۵۸۸ ۰,۸۵] |
| $\otimes x_{18}^{\max}$ | $\otimes x_{19}^{\max}$ | $\otimes x_{20}^{\max}$ | $\otimes x_{21}^{\max}$ |
| [۰,۴۵۵ ۰,۷۶۶] | [۰,۵۹۹ ۰,۸۶۶] | [۰,۶۵۵ ۰,۹۱۶] | [۰,۴۸ ۰,۷۵] |
| $\otimes x_{22}^{\max}$ | $\otimes x_{23}^{\max}$ | $\otimes x_{24}^{\max}$ | $\otimes x_{25}^{\max}$ |
| [۰,۵۲۳ ۰,۷۸۳] | [۰,۶۶ ۰,۹۵] | [۰,۶۳ ۰,۹۵] | [۰,۶۱۸ ۰,۹۵] |
| $\otimes x_{26}^{\max}$ | $\otimes x_{27}^{\max}$ | $\otimes x_{28}^{\max}$ | $\otimes x_{29}^{\max}$ |
| [۰,۴۹ ۰,۷۳۳] | [۰,۵۵۴ ۰,۷۵] | [۰,۴۴ ۰,۶۸۳] | [۰,۶۲۹ ۰,۹۳۸] |
| | $\otimes x_{27}^{\max}$ | $\otimes x_{26}^{\max}$ | $\otimes x_{25}^{\max}$ |
| | [۰,۶۵۲ ۰,۸۶۶] | [۰,۶۷۹ ۰,۸۶۶] | [۰,۵۱۸ ۰,۷۳۳] |

جدول ۱۲. رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس تکنیک GRA.

| رتبه | تأمین‌کننده انرژی | درجه‌ی رابطه‌ی خاکستری |
|------|----------------------|---------------------------|
| ۱ | S_2 | ۰٫۷۰۸۲۰۸ |
| ۲ | S_5 | ۰٫۷۳۲۸ |
| ۳ | S_6 | ۰٫۷۴۸۳۸۳ |
| ۴ | S_1 | ۰٫۷۵۶۹۹۷ |
| ۶ | S_2 | ۰٫۸۵۰۱۱۴ |
| ۷ | S_9 | ۰٫۸۵۲۲۰۵۰۴۹ |
| ۸ | S_7 | ۰٫۸۷۵۳۶ |
| ۹ | S_8 | ۰٫۸۸۳۳۰۳۳۶ |

پانویس‌ها

1. grey relational analysis
2. sustainable development
3. sustainable energy development index
4. grey number
5. decision support system
6. analytic hierarchy process

منابع (References)

1. Yong-Hong, H.U. "The improved method for TOPSIS in comprehensive evaluation", *Mathematics in Practice and Theory*, **4**, pp. 572-575 (2002).
2. Vera, I. and Langlois, L. "Energy indicators for sustainable development", *Energy*, **32**(6), pp. 875-882 (2007).
3. Iddrisu, I. and Bhattacharyya, S.C. "Sustainable energy development index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **50**, pp. 513-530 (2015).
4. Liu, G. "Development of a general sustainability indicator for renewable energy systems: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **31**, pp. 611-621 (2014).
5. Liu, S., Guo, B. and Dang, Y., *Grey System Theory and Applications*, Scientific Press, Beijing (1999).
6. Shi, J.R., LIU, S.Y. and Xiong, W.T. "A new solution for interval number linear programming", *Systems Engineering-Theory & Practice*, **25**(2), pp. 101-106 (2005).
7. Weber, C.A. and Current, J.R. "A multiobjective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, **68**(2), pp. 173-184 (1993).
8. Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. "A decision support system for reducing the number of suppliers and managing the supplier partnership in a JIT/TQM environment", *In Proceedings of the Third International Symposium on Logistics*, University of Padua, Padua, Italy (1997).
9. Kumar, M., Vrat, P. and Shankar, R. "A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain", *Computers & Industrial Engineering*, **46**(1), pp. 69-85 (2004).
10. Liu, F.H.F. and Hai, H.L. "The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier", *International Journal of Production Economics*, **97**(3), pp. 308-317 (2005).
11. Lin, R.H. "An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation", *Applied Mathematical Modelling*, **33**(6), pp. 2730-2736 (2009).
12. Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. and Diabat, A. "Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain", *Journal of Cleaner Production*, **47**, pp. 355-367 (2013).
13. Ware, N.R., Singh, S.P. and Banwet, D.K. "Modeling flexible supplier selection framework", *Global Journal of Flexible Systems Management*, **15**(3), pp. 261-274 (2014).
14. Viklund, M. "Energy policy options—from the perspective of public attitudes and risk perceptions", *Energy Policy*, **32**(10), pp. 1159-1171 (2004).
15. Atabi, F. "Renewable energy in Iran: Challenges and opportunities for sustainable development", *International Journal of Environmental Science & Technology*, **1**(1), pp. 69-80 (2004).
16. Tsai, W.T. "Energy sustainability from analysis of sustainable development indicators: A case study in Taiwan", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **14**(7), pp. 2131-2138 (2010).
17. Streimikiene, D., Ciegis, R. and Grundey, D. "Energy indicators for sustainable development in Baltic States", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**(5), pp. 877-893 (2007).
18. Streimikiene, D. and Šivickas, G. "The EU sustainable energy policy indicators framework", *Environment International*, **34**(8), pp. 1227-1240 (2008).
19. Jovanović, M., Afgan, N., Radovanović, P. and Stevanović, V. "Sustainable development of the Belgrade energy system." *Energy*, **34**(5), pp. 532-539 (2009).
20. Chatzimouratidis, A.I. and Pilavachi, P.A. "Decision support systems for power plants impact on the living standard", *Energy Conversion and Management*, **64**, pp. 182-198 (2012).
21. Khatami Firouzabadi, A. and Ghazimatin, E. "Application of preference ranking organization method for enrichment evaluation method in energy planning-regional level. Iranian", *Journal of Fuzzy Systems*, **10**(4), pp. 67-81 (2013).
22. Mandelli, S., Barbieri, J., Mattarolo, L. and Colombo, E. "Sustainable energy in Africa: A comprehensive data and policies review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **37**, pp. 656-686 (2014).
23. Adibi, N., Ataee-pour, M. and Rahmanpour, M. "Integration of sustainable development concepts in open pit mine design", *Journal of Cleaner Production*, **108**, pp. 1037-1049 (2015).
24. Ulutaş, B.H. "Determination of the appropriate energy policy for Turkey", *Energy*, **30**(7), pp. 1146-1161 (2005).

25. Omri, E., Chtourou, N. and Bazin, D. "Solar thermal energy for sustainable development in Tunisia: The case of the PROSOL project", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **41**, pp. 1312-1323 (2015).
26. Moghaddam, N.B., Nasiri, M. and Mousavi, S.M. "An appropriate multiple criteria decision making method for solving electricity planning problems, addressing sustainability issue", *International Journal of Environmental Science & Technology*, **8**(3), pp. 605-620 (2011).
27. Alipour, M., Alighale, S., Hafezi, R. and Omranievardi, M. "A new hybrid decision framework for prioritizing funding allocation to Iran's energy sector", *Energy*, **121**, pp. 388-402 (2017).
28. Haddad, B., Liazid, A. and Ferreira, P. "A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system", *Renewable Energy*, **107**, pp. 462-472 (2017).
29. Abaei, M.M., Arzaghi, E., Abbassi, R., Garaniya, V. and Penesis, I. "Developing a novel risk-based methodology for multi-criteria decision making in marine renewable energy applications", *Renewable Energy*, **102**, pp. 341-348 (2017).
30. Garcia-Álvarez, M.T., Moreno, B. and Soares, I. "Analyzing the sustainable energy development in the EU-15 by an aggregated synthetic index", *Ecological Indicators*, **60**, pp. 996-1007 (2016).
31. Ju-Long, D. "Control problems of grey systems", *Systems & Control Letters*, **1**(5), pp. 288-294 (1982).
32. Kuo, Y., Yang, T. and Huang, G.W. "The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems", *Computers & Industrial Engineering*, **55**(1), pp. 80-93 (2008).
33. Li, G.D., Yamaguchi, D. and Nagai, M. "A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem", *Mathematical and Computer Modelling*, **46**(3), pp. 573-581 (2007).
34. Govindan, K., Khodaverdi, R. and Jafarian, A. "A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach", *Journal of Cleaner Production*, **47**, pp. 345-354 (2013).
35. Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R.F. and Mirhedayatian, S.M. "A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context", *Computers & Operations Research*, **54**, pp. 274-285 (2015).
36. Wang, J.J., Jing, Y.Y., Zhang, C.F. and Zhao, J.H. "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **13**(9), pp. 2263-2278 (2009).
37. Saaty, T.L. "How to make a decision: The analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, **48**(1), pp. 9-26 (1990).