Archive of SID

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۷)
دوره‌ی ۱-۳۴، شماره‌ی ۲/۲، ص. ۶۳-۷۸

Original Article

شناسایی و رتبه‌بندی منابع تولید انرژی در صنعت برق برمبنای 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

امروزه مدیریت زنجیره‌ی تأمین و به تبع آن تعیین مناسب‌ترین تأمین‌کننده‌ی انرژی، به‌عنوان عاملی استراتژیک برای حرکت در راستای توسعه‌ی پایدار مورد توجه قرارگرفته است. هدف اصلی این مقاله، رتبه‌بندی منابع انرژی صنعت برق کشور برمبنای 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 به‌منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که فرایند ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی تحت تأثیر پنج بعد اصلی زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی، فنی و سیاسی ـ 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 رابطه‌یی خاکستری.

ebrahimimehri93@gmail.com
drahmani@kntu.ac.ir
ramezanian@kntu.ac.ir

۱. مقدمه

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 یافتن راهکارهای مناسب در حل معضلات انرژی به خصوص بحران زیست محیطی 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، 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)[1] 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، پایه‌یی‌ترین 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.

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۵/۸/۳، اصلاحیه ۱۳۹۶/۳/۲۱، پذیرش ۱۳۹۶/۶/۱۵.
DOI:10.24200/J65.2018.20094

www.SID.ir

Archive of SID

۱.۱.۱. توسعه‌ی پایدار[۲]

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

تلاش‌های صورت گرفته در راستای پاسخ به این سؤال منجر به تدوین مفهومی به نام «توسعه‌ی پایدار» شد. توسعه‌ی پایدار به‌معنای تلفیق اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی برای بیشینه‌سازی 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 تهی 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 به‌نحوی 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 مطرح‌شدن 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. ادریسیو و بهاتچریا 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 ـ 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 قرارگیرد. برای ارزیابی پایداری اغلب از روش‌های تحلیلی چندمعیاره همراه با یک سیستم وزن‌دهی استفاده می‌شود، زیرا هر منطقه ساختار اقتصادی و گرایشات 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.[۳] 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 هرکشور 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.[۳] 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.[۳] در پژوهش حاضر آلاینده‌های زیست‌محیطی به سه بخش میزان تولید آلودگی (صوتی، خاک، آب، هوا و...)، میزان تولید زباله‌های غیر قابل بازیافت و میزان انتشارگازهای گلخانه‌یی تقسیم شده اند. از دیگر معیارهای در نظرگرفته شده در بعد محیطی میزان مصرف منابع طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی (وسعت زمین مورد استفاده، آب، سوخت‌های فسیلی و...) است.

پایداری سیاسی ـ دولتی: به سطح مشارکت محلی در مدیریت وکنترل 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.[۳]

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، به‌صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شود که می‌توان آنها را با بازه‌های عددی بیان کرد. اعداد خاکستری می‌توانند فقط با کران پایین به شکل $\otimes \in [\underline{a} \quad +\infty]$ یا فقط با کران بالا به شکل $\otimes \in [-\infty \quad \overline{a}]$ باشند، یا این که هم دارای کران پایین $\underline{a}$ و هم دارای کران بالا $\overline{a}$ باشند که در این صورت عدد خاکستری بازه‌یی نامیده می‌شود و به‌صورت $[\underline{a} \quad \overline{a}]$ نمایش داده می‌شود.

۶.۱.۱. عملگرهای اعداد خاکستری

اگر دو عدد خاکستری $\otimes_1 \in [a \quad b],\ a < b$ و $\otimes_2 \in [c \quad d],\ c < d$ مفروض باشد، و از علامت $*$ به‌عنوان 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:

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

جمع دو عدد خاکستری عبارت است از:

$$\otimes_1 + \otimes_2 \in [a+c \quad b+d] \tag{۱}$$

قرینه یک عدد خاکستری عبارت است از:

$$-\otimes_1 \in [-b \quad -a] \tag{۲}$$

تفریق دو عدد خاکستری:

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

معکوس یک عدد خاکستری:

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

ضرب دو عدد خاکستری:

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

تقسیم دو عدد خاکستری:

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

ضرب یک عدد حقیقی در عدد خاکستری:

$$k \cdot \otimes_1 = [k \cdot a \quad k \cdot b], \quad k \in R^+ \tag{۷}$$

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

$$L(\otimes_1) = b - a \tag{۸}$$

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:

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

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: $\otimes_1 = \otimes$، $P\{\otimes_1 \leq \otimes_2\} = 0/5$؛

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 به‌صورت خلاصه تحقیقات انجام شده در زمینه‌ی مطالعه‌ی حاضر را بررسی و مرور می‌کنیم.

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 اُبرین یک سیستم پشتیبانی تصمیم (DSS)[۵] را به منظور کاهش تعداد تأمین کنندگان 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 انتخاب‌تأمین‌کننده ارائه دادند. این روش یک روش وزن‌دهی جدید به جای مقایسه‌های زوجی AHP برای انتخاب تأمین‌کننده بود.[۱۰]

لین مدل یک‌پارچه‌ی تحلیل فرایند شبکه‌ی فازی ترکیب‌شده 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، تاپسیس 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]

وبر 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 قرارگرفته 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. معیارهای انتخاب تأمین‌کننده‌ی انرژی از نقطه‌نظر توسعه‌ی پایدار.

ردیف	معیارها و ویژگی‌ها
اقتصادی	میزان انرژی استفاده شده به‌ازای هر شخص[۱۶]
	امنیت انرژی[۱۷]
	میزان مصرف نهایی بخش‌های اقتصادی[۱۷]
	سهم انرژی در عرضه‌ی انرژی اولیه[۱۸]
	سهم انرژی در بخش حمل و نقل[۱۸]
	سهم انرژی در بخش گرم کردن[۱۸]
	امنیت عرضه، استقلال انرژی[۱۸]
	هزینه‌ی سرمایه‌گذاری[۱۹]
	هزینه‌ی سوخت و سایر[۱۹]
	سهم انرژی در تولید انرژی الکتریسیته[۱۶]
	زمین مورد نیاز[۲۰]
	هزینه‌ی 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]
فنی	شدت انرژی[۱۷]
	کارایی انرژی[۱۸]
	شدت مصرف نهایی انرژی به‌ازای هر واحد GDP [۱۸]
	کارایی انرژی در ساختمان‌ها[۱۸]
	کارایی انرژی در عرضه‌ی انرژی اولیه[۱۸]
	طول عمر[۲۱]
	پتانسیل منابع[۲۱]
	ضریب ظرفیت، مصرف داخلی[۲۱]
	کارایی سیستم تبدیل انرژی و توزیع[۲۲]
	شدت انرژی[۲۲]
زیست‌محیطی	میزان انتشار co_2 به‌ازای هر شخص[۱۷]
	میزان انتشار co_2 به‌ازای هر واحد GDP [۱۷]
	انتشار گازهای گلخانه‌یی[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]
اجتماعی	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]

www.SID.ir

Archive of SID

درکشور تونس با توجه به پتانسیل موجود لزوم ارزیابی و به‌کارگیری سیستم‌های انرژی پاک را جدی‌تر می‌کند.[۲۴] انرژی خورشیدی به‌منزله‌ی بهترین گزینه براساس معیارها و نفت، گاز طبیعی و انرژی هسته‌یی 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 پرومته برای حل مسائل الکتریسیته‌ی پایدار از طریق محققان انجام شده است.[۲۶] در ایران، ارزیابی انواع فنّاوری‌های تجدیدپذیر بررسی شده است.[۲۱] 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. بدین‌منظور 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 نوین عبارت است از: اجتماعی، اقتصادی، محیطی، سیاسی ـ 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 قرارگیرد 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 ـ 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 نظرگرفتن کلیه‌ی پتانسیل‌های موجود در ایران و با یک رویکرد نوین و براساس یک نگرش پنج‌بعدی کارا به ارزیابی سیستم‌های انرژی بپردازیم. بنابراین نوآوری‌های این مطالعه اختصاراً عبارت است از:

۱. در نظرگرفتن یک رویکرد پنج‌بعدی توسعه‌ی پایدار برای ارزیابی سیستم‌های انرژی؛

۲. در نظرگرفتن و کنترل ابهام و قطعیت بسیار زیاد حاکم بر سیستم‌های انرژی با استفاده از تکنیک GRA؛

۳. در نظرگرفتن 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).

۳.۲. طراحی عبارات کلامی برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها

در پرسش‌نامه به منظور سنجش قضاوت‌های پاسخ‌دهندگان برای ارزیابی هریک از تأمین‌کنندگان با توجه به معیارها و همچنین برای تعیین اهمیت هریک 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.[۳۱] 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 یا کم‌تر شناخته‌شده‌یی 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.[۳۲] 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]

www.SID.ir

Archive of SID

۲.۳. روش GRA

در روش GRA با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه می‌پردازیم. اگر مجموعه‌ی $S = \{S_1, S_2, ..., S_m\}$ شامل m گزینه‌ی مقایسه‌یی، مجموعه‌ی $Q = \{Q_1, Q_2, ..., Q_n\}$ شامل n معیار ارزیابی، و گروه تصمیم‌گیرنده ما یعنی مجموعه $H = \{h_1, h_2, ..., h_K\}$ شامل k تصمیم‌گیرنده باشد آنگاه روش GRA در شش گام صورت خواهد پذیرفت.[۳۳]

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 هریک از معیارها، در دریه‌ی نظیر خودش قرار داد. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. فرض کنیم گروه تصمیم‌گیری ما شامل $K = \{1, 2, 3, ..., k\}$ تصمیم‌گیرنده (کارشناسان، خبرگان 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 $\overline{x}_{ij}$ ارزش نهایی گزینه‌ی i به‌ازای معیار j یعنی دریه‌ی $\otimes x_{ij} = \left[\underline{x}_{ij} \quad \overline{x}_{ij}\right]$ در ماتریس تصمیم‌گیری نهایی به ترتیب با محاسبه‌ی میانگین حسابی حدود پایین و حدود بالای دریه‌های نظیر از پاسخ‌های k تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید:

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

$$\overline{x}_{ij} = \frac{1}{K}\sum_{h=1}^{K} \overline{x}_{ij}^{h} \qquad h \in H = \{1, 2, 3, ..., K\} \qquad (11)$$

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

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

گام دوم: محاسبه‌ی وزن معیارها.

برای محاسبه‌ی وزن معیارها ابتدا از اعضای گروه تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود که هریک 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:

$$\underline{W}_j = \frac{1}{K}\sum_{h=1}^{K} \underline{W}_j^{h}, \qquad \overline{W}_j = \frac{1}{K}\sum_{h=1}^{K} \overline{W}_j^{h} \qquad (12)$$

که در آن $\otimes W_j^{h} = \left[\underline{W}_j^{h} \quad \overline{W}_j^{h}\right]$ وزن داده شده به معیار j توسط hامین 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 ـ بهتر) باشد در آن صورت از رابطه‌ی ۱۳ استفاده می‌شود.

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

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

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

روش نرمالیزه کردن فوق باعث می‌شود تا عددهای خاکستری نرمالیزه شده و در فاصله‌ی [۱ ۰] قرار بگیرد.

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

گام چهارم: تشکیل ماتریس نرمال موزون.

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

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

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

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

گام پنجم: تعریف سری‌های مبنا.

برای m گزینه یعنی مجموع:

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

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

$$\begin{aligned} S^{\max} &= \{\otimes x_1^{\max}, \otimes x_2^{\max}, ..., \otimes x_n^{\max}\} \\ &= \Big\{ \left[\max_{1\le i\le m} \underline{V}_{i1} \quad \max_{1\le i\le m} \overline{V}_{i1}\right], \\ &\quad \left[\max_{1\le i\le m} \underline{V}_{i2} \quad \max_{1\le i\le m} \overline{V}_{i2}\right], ..., \\ &\quad \left[\max_{1\le i\le m} \underline{V}_{in} \quad \max_{1\le i\le m} \overline{V}_{in}\right] \Big\} \end{aligned}$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام ششم: محاسبه‌ی درجه امکان (احتمال) خاکستری.

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

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

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

۴. اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان انرژی با استفاده از روش GRA

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

۱.۴. فهرست نهایی معیارهای و گزینه‌های مقایسه‌یی 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.

بعد	ردیف	عنوان معیار	نوع معیار	اختصار
زیست‌محیطی	۱	میزان انتشار گازهای گلخانه‌یی[۲۲]	کمی ـ هزینه	C_1
	۲	میزان مصرف سوخت‌فسیلی[۳۴]	کمی ـ هزینه	C_2
	۳	میزان مصرف منابع طبیعی برای بهره‌برداری از انرژی[۳۵]	کیفی ـ هزینه	C_3
	۴	میزان تولید زباله‌های غیر قابل بازیافت[۳۴]	کیفی ـ هزینه	C_4
	۵	میزان تولید آلودگی (صوتی، خاک، آب، هوا و ....)[۲۰]	کیفی ـ هزینه	C_5
اقتصادی	۶	هزینه‌ی سرمایه‌گذاری[۳۶]	کمی ـ هزینه	C_6
	۷	هزینه‌ی نگه‌داری و عملیات[۳۶]	کیفی ـ هزینه	C_7
	۸	هزینه‌ی حمل و نقل[۴]	کیفی ـ هزینه	C_8
	۹	نرخ بازگشت سرمایه[۳۴]	کیفی ـ سود	C_9
	۱۰	دوره‌ی بازگشت سرمایه[۳۴]	کیفی ـ هزینه	C_{10}
	۱۱	میزان جذابیت برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی[۳۴]	کیفی ـ سود	C_{11}
	۱۲	تعرفه‌ی حمایتی برای برق تولیدی متناسب با مولدهای سبز[۸]	کمی ـ سود	C_{12}
	۱۳	سهم انرژی در پرتفوی انرژی کشور[۳۵]	کمی ـ سود	C_{13}
	۱۴	امنیت عرضه و صادرات[۱۷]	کیفی ـ سود	C_{14}
	۱۵	انرژی استفاده شده به‌ازای هر واحد GDP [۱۸]	کمی ـ سود	C_{15}
	۱۶	میزان وابستگی به واردات[۳۷]	کیفی ـ هزینه	C_{16}
فنی	۱۷	کارایی انرژی[۲۲]	کیفی ـ سود	C_{17}
	۱۸	کارایی سیستم تبدیل[۲۲]	کیفی ـ سود	C_{18}
	۱۹	کارایی سیستم توزیع[۲۲]	کیفی ـ سود	C_{19}
	۲۰	ایمنی دستگاه‌ها و تکنولوژی[۳۶]	کیفی ـ سود	C_{20}
	۲۱	عمر مفید و قابلیت اطمینان دستگاه‌ها[۳۶]	کیفی ـ سود	C_{21}
	۲۲	میزان بومی‌سازی تکنولوژی و دانش فنی مربوطه در کشور[۳۶]	کیفی ـ سود	C_{22}
اجتماعی	۲۳	میزان اشتغال‌زایی (مستقیم و غیر مستقیم)[۴]	کمی ـ سود	C_{23}
	۲۴	مقبولیت اجتماعی (کیفیت مشاغل، بضاعت مالی افراد جامعه و...)[۲۲]	کیفی ـ سود	C_{24}
	۲۵	میزان دسترس‌پذیری برق تولیدی از انرژی مورد نظر برای عموم افراد جامعه[۲۲]	کیفی ـ سود	C_{25}
سیاسی ـ دولتی	۲۶	وجود قوانین، مقررات و سیاست‌های حمایتی دولت از انرژی مورد نظر[۳]	کیفی ـ سود	C_{26}
	۲۷	میزان اهمیت و حمایت برای بهره‌برداری از انرژی مورد نظر در برنامه‌های توسعه‌ی کشور[۳]	کیفی ـ سود	C_{27}

www.SID.ir

Archive of SID

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 رابطه‌یی 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 کمّی هستند. در این مرحله، با مطالعه و بررسی دقیق انتشارات مرکز آمار صنعت برق 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 دیگر گزینه‌ها محاسبه شده و عدد خاکستری متناظر با آن در نظر گرفته شده است. معیارهای دیگر به‌صورت کیفی و با نظرات خبرگان تکمیل شده است.

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

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 به‌دست 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 مبنا $S^{\max}$.

جدول ۱۱ سری مبنا را مشخص می‌کند.

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

در این مرحله درجه‌ی احتمال خاکستری بین سری مبنا و هریک از گزینه‌های مقایسه‌یی را برای رتبه‌بندی نهایی محاسبه می‌کنیم (جدول ۱۲).

جدول ۶. ماتریس داده‌های مربوط به معیارهای کمی.

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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. ماتریس تصمیم.

	C_1	C_2	C_3	C_4
S_1	[۷ ۹]	[۹ ۱۰]	[۶/۵ ۷/۵]	[۴/۵ ۵/۸۳۳]
S_2	[۶ ۷]	[۶ ۷]	[۶/۱۶۶ ۷/۱۶۶]	[۴/۳۳۳ ۵/۵]
S_3	[۹ ۱۰]	[۵ ۶]	[۶/۳۳۳ ۷/۳۳۳]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]
S_4	[۱ ۲]	[۱ ۲]	[۵/۱۶۶ ۶/۳۳۳]	[۷/۶۶۶ ۸/۸۳۳]
S_5	[۱ ۲]	[۱ ۲]	[۵/۳۳۳ ۶/۵]	[۲ ۳/۳۳۳]
S_6	[۱ ۲]	[۱ ۲]	[۵ ۶/۵]	[۱/۱۶۶ ۲/۳۳۳]
S_7	[۱ ۲]	[۲ ۴]	[۴/۸۳۳ ۵/۸۳۳]	[۱/۳۳۳ ۲/۶۶۶]
S_8	[۲ ۴]	[۱ ۲]	[۶ ۷]	[۲/۸۳۳ ۴/۳۳۳]
S_9	[۵ ۶]	[۴ ۵]	[۵/۱۶۶ ۶/۱۶۶]	[۲/۵ ۳/۸۳۳]
	C_5	C_6	C_7	C_8
S_1	[۷/۱۶۶ ۸/۵]	[۲ ۴]	[۵/۳۳۳ ۶/۵]	[۵/۶۶۶ ۶/۸۳۳]
S_2	[۶/۸۳۳ ۷/۸۳۳]	[۱ ۲]	[۵/۳۳۳ ۶/۵]	[۵/۶۶۶ ۶/۸۳۳]
S_3	[۷/۵ ۸/۶۶۶]	[۴ ۵]	[۵/۱۶۶ ۶/۳۳۳]	[۵/۶۶۶ ۶/۸۳۳]
S_4	[۶/۶۶۶ ۸]	[۶ ۷]	[۶/۶۶۶ ۸]	[۶ ۷]
S_5	[۲/۵ ۳/۸۳۳]	[۵ ۶]	[۵/۱۶۶ ۶/۱۶۶]	[۳/۸۳۳ ۵]
S_6	[۲ ۳/۵]	[۵ ۶]	[۴/۵ ۵/۶۶۶]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]
S_7	[۱/۳۳۳ ۲/۶۶۶]	[۹ ۱۰]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]	[۳/۵ ۴/۶۶۶]
S_8	[۲/۳۳۳ ۳/۵]	[۷ ۹]	[۵/۱۶۶ ۶/۳۳۳]	[۴/۵ ۵/۵]
S_9	[۲/۸۳۳ ۴]	[۴ ۵]	[۴/۶۶۶ ۵/۶۶۶]	[۳/۶۶۶ ۵]
	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
S_1	[۷/۶۶۶ ۹/۳۳۳]	[۶ ۷/۶۶۶]	[۷/۱۶۶ ۸/۸۳۳]	[۱ ۲]
S_2	[۷/۵ ۹]	[۶ ۷/۶۶۶]	[۷/۵ ۹]	[۱ ۲]
S_3	[۶/۵ ۷/۶۶۶]	[۵/۵ ۶/۸۳۳]	[۵/۵ ۶/۸۳۳]	[۱ ۲]
S_4	[۵ ۶/۱۶۶]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]	[۳/۸۳۳ ۵]	[۶ ۷]
S_5	[۶/۱۶۶ ۷/۱۶۶]	[۶/۱۶۶ ۷/۱۶۶]	[۵ ۶]	[۵ ۶]
S_6	[۵/۵ ۶/۶۶۶]	[۴/۸۳۳ ۶]	[۶/۵ ۸]	[۶ ۷]
S_7	[۴/۳۳۳ ۵/۶۶۶]	[۴/۵ ۵/۶۶۶]	[۶/۳۳۳ ۷/۸۳۳]	[۹ ۱۰]
S_8	[۴/۱۶۶ ۵/۵]	[۴/۵ ۵/۶۶۶]	[۴/۵ ۵/۵]	[۷ ۹]
S_9	[۵/۳۳۳ ۶/۳۳۳]	[۵ ۶]	[۵/۶۶۶ ۶/۸۳۳]	[۵ ۶]
	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
S_1	[۷ ۹]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]	[۶ ۷]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]
S_2	[۹ ۱۰]	[۴/۸۳۳ ۶]	[۹ ۱۰]	[۴/۱۶۶ ۵/۳۳۳]
S_3	[۲ ۴]	[۳/۸۳۳ ۴/۸۳۳]	[۱ ۲]	[۳/۶۶۶ ۴/۸۳۳]
S_4	[۲ ۴]	[۳/۵ ۴/۵]	[۲ ۴]	[۵/۸۳۳ ۶/۸۳۳]
S_5	[۲ ۴]	[۵/۵ ۶/۶۶۶]	[۱ ۲]	[۴/۶۶۶ ۶]
S_6	[۱ ۲]	[۶/۳۳۳ ۷/۶۶۶]	[۱ ۲]	[۵/۸۳۳ ۷]
S_7	[۱ ۲]	[۶/۸۳۳ ۸/۱۶۶]	[۱ ۲]	[۷/۸۳۳ ۹/۱۶۶]
S_8	[۱ ۲]	[۴/۵ ۵/۶۶۶]	[۱ ۲]	[۶/۳۳۳ ۷/۸۳۳]
S_9	[۲ ۴]	[۵/۸۳۳ ۷/۱۶۶]	[۱ ۲]	[۵/۸۳۳ ۷]
	C_{17}	C_{18}	C_{19}	C_{20}
S_1	[۶/۳۳۳ ۷/۵]	[۶/۸۳۳ ۸]	[۷/۱۶۶ ۸/۱۶۶]	[۶/۸۳۳ ۸/۱۶۶]
S_2	[۷ ۸/۵]	[۷ ۸/۳۳۳]	[۷/۳۳۳ ۸/۳۳۳]	[۶/۸۳۳ ۸/۱۶۶]
S_3	[۵ ۶]	[۵/۳۳۳ ۶/۳۳۳]	[۶ ۷]	[۵/۵ ۶/۶۶۶]
S_4	[۶/۶۶۶ ۸/۱۶۶]	[۶/۱۶۶ ۷/۵]	[۵/۱۶۶ ۶/۳۳۳]	[۵/۳۳۳ ۶/۶۶۶]
S_5	[۶/۱۶۶ ۷/۵]	[۶ ۷/۱۶۶]	[۶/۱۶۶ ۷/۳۳۳]	[۶/۸۳۳ ۸/۵]
S_6	[۵/۶۶۶ ۶/۸۳۳]	[۶/۳۳۳ ۷/۶۶۶]	[۵/۳۳۳ ۶/۳۳۳]	[۶/۵ ۸/۳۳۳]
S_7	[۵/۵ ۶/۸۳۳]	[۵/۱۶۶ ۶/۳۳۳]	[۵/۱۶۶ ۶/۱۶۶]	[۶/۱۶۶ ۸/۱۶۶]
S_8	[۵ ۶/۳۳۳]	[۵/۳۳۳ ۶/۵]	[۴/۳۳۳ ۵/۵]	[۶/۱۶۶ ۷/۳۳۳]
S_9	[۵/۶۶۶ ۷]	[۵/۳۳۳ ۶/۳۳۳]	[۵ ۶]	[۵/۶۶۶ ۷/۳۳۳]

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۷.

	$C_{۲۱}$	$C_{۲۲}$	$C_{۲۳}$	$C_{۲۴}$
$S_۱$	[۶٫۳۳۳ ۷٫۸۳۳]	[۶٫۶۶۶ ۸٫۳۳۳]	[۲ ۴]	[۷٫۵ ۸٫۶۶۶]
$S_۲$	[۶ ۷٫۳۳۳]	[۶٫۶۶۶, ۸٫۳۳۳]	[۲ ۴]	[۷٫۵ ۸٫۶۶۶]
$S_۳$	[۵٫۶۶۶ ۶٫۸۳۳]	[۶٫۳۳۳ ۷٫۶۶۶]	[۲ ۴]	[۵٫۳۳۳ ۶٫۵]
$S_۴$	[۵٫۱۶۶ ۶٫۱۶۶]	[۴٫۱۶۶ ۵٫۱۶۶]	[۴ ۵]	[۵ ۶]
$S_۵$	[۸ ۹]	[۶٫۱۶۶ ۷٫۶۶۶]	[۴ ۵]	[۵٫۳۳۳ ۶٫۶۶۶]
$S_۶$	[۵٫۸۳۳ ۷٫۱۶۶]	[۴٫۵ ۵٫۸۳۳]	[۵ ۶]	[۵٫۵ ۶٫۶۶۶]
$S_۷$	[۶٫۱۶۶ ۷٫۱۶۶]	[۳٫۱۶۶ ۴٫۵]	[۹ ۱۰]	[۵٫۳۳۳ ۶٫۵]
$S_۸$	[۵٫۵ ۶٫۶۶۶]	[۳٫۳۳۳ ۴٫۸۳۳]	[۴ ۵]	[۳٫۶۶۶ ۴٫۸۳۳]
$S_۹$	[۵٫۸۳۳ ۷٫۱۶۶]	[۳٫۸۳۳ ۵]	[۹ ۱۰]	[۴٫۵ ۵٫۶۶۶]

	$C_{۲۵}$	$C_{۲۶}$	$C_{۲۷}$
$S_۱$	[۷ ۸٫۳۳۳]	[۷٫۸۳۳ ۸٫۸۳۳]	[۶٫۵ ۷٫۵]
$S_۲$	[۷٫۳۳۳ ۸٫۵]	[۷٫۸۳۳ ۸٫۸۳۳]	[۶٫۵ ۷٫۵]
$S_۳$	[۵٫۶۶۶ ۶٫۸۳۳]	[۶٫۳۳۳ ۷٫۶۶۶]	[۴٫۸۳۳ ۶]
$S_۴$	[۵٫۵ ۶٫۶۶۶]	[۶٫۶۶۶ ۷٫۸۳۳]	[۷ ۸٫۵]
$S_۵$	[۶ ۷٫۱۶۶]	[۶ ۷]	[۷٫۵ ۹]
$S_۶$	[۶ ۷٫۱۶۶]	[۶٫۱۶۶ ۷٫۶۶۶]	[۷٫۵ ۹]
$S_۷$	[۵٫۶ ۶٫۵]	[۵٫۸۳۳ ۷٫۳۳۳]	[۷٫۶۶۶ ۹]
$S_۸$	[۴٫۳۳۳ ۵٫۸۳۳]	[۴٫۶۶۶ ۶٫۳۳۳]	[۵ ۶٫۶۶۶]
$S_۹$	[۴٫۶۶۶ ۶]	[۵٫۵ ۶٫۸۳۳]	[۶٫۶۶۶ ۸]

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

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 ملاحظه‌یی 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، درصورت 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 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 فنّاوری‌های مربوطه.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. ماتریس نرمال.

	C_1	C_2	C_3	C_4
S_1	[۰٫۱۱۱ ۰٫۱۴۳]	[۰٫۱ ۰٫۱۱۱]	[۰٫۶۴۴ ۰٫۷۴۴]	[۰٫۲ ۰٫۲۵۹]
S_2	[۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۶۷۴ ۰٫۷۸۴]	[۰٫۲۶۹ ۰٫۲۱۲]
S_3	[۰٫۱ ۰٫۱۱۱]	[۰٫۲ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۶۵۹ ۰٫۷۶۳]	[۰٫۲۱۹ ۰٫۲۸]
S_4	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۷۶۳ ۰٫۹۳۶]	[۰٫۱۳۲ ۰٫۱۵۲]
S_5	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۷۴۴ ۰٫۹۰۶]	[۰٫۳۵ ۰٫۵۸۳]
S_6	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۷۴۴ ۰٫۹۶۷]	[۰٫۴۵ ۱]
S_7	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۲۵ ۰٫۵]	[۱ ۰٫۸۲۹]	[۰٫۴۳۷ ۰٫۸۷۵]
S_8	[۰٫۲۵ ۰٫۵]	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۶۹ ۰٫۸۰۶]	[۰٫۲۶۹ ۰٫۴۱۲]
S_9	[۰٫۲ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۲ ۰٫۲۵]	[۰٫۷۸۴ ۰٫۹۳۶]	[۰٫۳۰۴ ۰٫۴۶۶]
	C_5	C_6	C_7	C_8
S_1	[۰٫۱۵۷ ۰٫۱۸۶]	[۰٫۲۵ ۰٫۵]	[۰٫۶۴۱ ۰٫۷۸۱]	[۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸]
S_2	[۰٫۱۷ ۰٫۱۹۵]	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۶۴۱ ۰٫۷۸۱]	[۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸]
S_3	[۰٫۱۵۴ ۰٫۱۷۸]	[۰٫۲ ۰٫۲۵]	[۰٫۶۵۸ ۰٫۸۰۶]	[۰٫۵۱۲ ۰٫۶۱۸]
S_4	[۰٫۱۶۷ ٫۰۲]	[۰٫۱۴۳ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۵۲۱ ۰٫۶۲۵]	[۰٫۵ ۰٫۵۸۳]
S_5	[۰٫۳۴۸ ۰٫۵۳۳]	[۰٫۲ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۶۷۶ ۰٫۸۰۶]	[۰٫۷ ۰٫۹۱۳]
S_6	[۰٫۳۸۱ ۰٫۶۶۷]	[۰٫۲ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶]	[۰٫۶۵۶ ۰٫۸۴]
S_7	[۰٫۵ ۱]	[۰٫۱ ۰٫۱۱۱]	[۰٫۷۸۱ ۱]	[۰٫۷۵ ۱]
S_8	[۰٫۳۸۱ ۰٫۵۷۱]	[۰٫۱۱۱ ۰٫۱۴۳]	[۰٫۶۷۶ ۰٫۸۰۶]	[۰٫۶۳۶ ۰٫۷۷۸]
S_9	[۰٫۳۳۳ ۰٫۴۷۱]	[۰٫۲ ۰٫۲۵]	[۰٫۷۳۵ ۰٫۸۹۳]	[۰٫۷ ۰٫۹۵۵]
	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
S_1	[۰٫۸۲۱ ۱]	[۰٫۵۴۳ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۷۹۶ ۰٫۹۸۱]	[۰٫۱ ۰٫۲]
S_2	[۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۴]	[۰٫۵۴۳ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۸۳۳ ۱]	[۰٫۱ ۰٫۲]
S_3	[۰٫۶۹۶ ۰٫۸۲۱]	[۰٫۶۱ ۰٫۷۵۷]	[۰٫۶۱۱ ۰٫۷۵۹]	[۰٫۱ ۰٫۲]
S_4	[۰٫۵۳۶ ۰٫۶۶۱]	[۰٫۷۸۱ ۱]	[۰٫۴۲۶ ۰٫۵۵۶]	[۰٫۶ ۰٫۷]
S_5	[۰٫۶۶۱ ۰٫۷۶۸]	[۰٫۵۸۱ ۰٫۶۷۶]	[۰٫۵۵۶ ۰٫۶۶۷]	[۰٫۵ ۰٫۶]
S_6	[۰٫۵۸۹ ۰٫۷۱۴]	[۰٫۶۹۴ ۰٫۸۶۹]	[۰٫۷۲۲ ۰٫۸۸۹]	[۰٫۶ ۰٫۷]
S_7	[۰٫۴۶۴ ۰٫۶۰۷]	[۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶]	[۰٫۷۰۴ ۰٫۸۷]	[۰٫۹ ۱]
S_8	[۰٫۴۴۶ ۰٫۵۸۹]	[۰٫۷۳۵ ۰٫۹۲۶]	[۰٫۵ ۰٫۶۱۱]	[۰٫۷ ۰٫۹]
S_9	[۰٫۵۷۱ ۰٫۶۷۹]	[۰٫۶۹۴ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۶۳ ۰٫۷۵۹]	[۰٫۵ ۰٫۶]
	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
S_1	[۰٫۷ ۰٫۹]	[۰٫۵۱ ۰٫۶۵۳]	[۰٫۶ ۰٫۷]	[۰٫۶۸۷ ۰٫۸۸]
S_2	[۰٫۹ ۱]	[۰٫۵۹۲ ۰٫۷۳۵]	[۰٫۹ ۱]	[۰٫۶۸۷ ۰٫۸۸]
S_3	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۴۶۹ ۰٫۵۹۲]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۷۵۹ ۱]
S_4	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۴۲۹ ۰٫۵۵۱]	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۵۳۷ ۰٫۶۲۸]
S_5	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۶۷۴ ۰٫۸۱۶]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۶۱۱ ۰٫۷۸۶]
S_6	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۷۷۶ ۰٫۹۳۹]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۵۲۴ ۰٫۶۲۸]
S_7	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۸۳۷ ۱]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۴ ۰٫۴۶۸]
S_8	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۵۵۱ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۴۶۸ ۰٫۵۷۹]
S_9	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۷۱۴ ۰٫۸۷۸]	[۰٫۱ ۰٫۲]	[۰٫۵۲۴ ۰٫۶۲۸]
	C_{17}	C_{18}	C_{19}	C_{20}
S_1	[۰٫۷۴۵ ۰٫۸۸۲]	[۰٫۸۲ ۰٫۹۶]	[۰٫۸۶ ۰٫۹۸]	[۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۱]
S_2	[۰٫۸۲۴ ۱]	[۰٫۸۴ ۱]	[۰٫۸۸ ۱]	[۰٫۸۰۴ ۰٫۹۶۱]
S_3	[۰٫۵۸۸ ۰٫۷۰۶]	[۰٫۶۴ ۰٫۷۶]	[۰٫۷۲ ۰٫۸۴]	[۰٫۶۴۷ ۰٫۷۸۴]
S_4	[۰٫۷۸۴ ۰٫۹۶۱]	[۰٫۷۴ ۰٫۹]	[۰٫۶۲ ۰٫۷۶]	[۰٫۶۲۷ ۰٫۷۸۴]
S_5	[۰٫۷۲۵ ۰٫۸۸۲]	[۰٫۷۲ ۰٫۸۶]	[۰٫۷۴ ۰٫۸۸]	[۰٫۸۰۴ ۱]
S_6	[۰٫۶۶۷ ۰٫۸۰۴]	[۰٫۷۶ ۰٫۹۲]	[۰٫۶۴ ۰٫۷۶]	[۰٫۷۶۵ ۰٫۹۸]
S_7	[۰٫۶۴۷ ۰٫۸۰۴]	[۰٫۶۲ ۰٫۷۶]	[۰٫۶۲ ۰٫۷۴]	[۰٫۷۲۵ ۰٫۹۶۱]
S_8	[۰٫۵۸۸ ۰٫۷۴۵]	[۰٫۶۴ ۰٫۷۸]	[۰٫۵۲ ۰٫۶۶]	[۰٫۷۲۵ ۰٫۸۶۳]
S_9	[۰٫۶۶۷ ۰٫۸۲۴]	[۰٫۶۴ ۰٫۷۶]	[۰٫۶ ۰٫۷۲]	[۰٫۶۶۷ ۰٫۸۶۳]

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۸.

	$C_{۲۱}$	$C_{۲۲}$	$C_{۲۳}$	$C_{۲۴}$
$S_۱$	[۰٫۷۰۴ ۰٫۸۷]	[۰٫۸ ۱]	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۸۶۵ ۱]
$S_۲$	[۰٫۶۶۷ ۰٫۸۱۵]	[۰٫۸ ۱]	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۸۶۵ ۱]
$S_۳$	[۰٫۶۳ ۰٫۷۵۹]	[۰٫۷۶ ۰٫۹۲]	[۰٫۲ ۰٫۴]	[۰٫۶۱۵ ۰٫۷۵]
$S_۴$	[۰٫۵۷۴ ۰٫۶۸۵]	[۰٫۵ ۰٫۶۲]	[۰٫۴ ۰٫۵]	[۰٫۵۷۷ ۰٫۶۹۲]
$S_۵$	[۰٫۸۸۹ ۱]	[۰٫۷۴ ۰٫۹۲]	[۰٫۴ ۰٫۵]	[۰٫۶۱۵ ۰٫۷۶۹]
$S_۶$	[۰٫۶۴۸ ۰٫۷۹۶]	[۰٫۵۴ ۰٫۷]	[۰٫۵ ۰٫۶]	[۰٫۶۳۵ ۰٫۷۶۹]
$S_۷$	[۰٫۶۸۵ ۰٫۷۶۹]	[۰٫۳۸ ۰٫۵۴]	[۰٫۹ ۱]	[۰٫۶۱۵ ۰٫۷۵]
$S_۸$	[۰٫۶۱۱ ۰٫۷۴۱]	[۰٫۴ ۰٫۵۸]	[۰٫۴ ۰٫۵]	[۰٫۴۲۳ ۰٫۵۵۸]
$S_۹$	[۰٫۶۴۸ ۰٫۷۹۶]	[۰٫۴۶ ۰٫۶]	[۰٫۹ ۱]	[۰٫۵۱۹ ۰٫۶۵۴]

	$C_{۲۵}$	$C_{۲۶}$	$C_{۲۷}$
$S_۱$	[۰٫۸۲۴ ۰٫۹۸]	[۰٫۸۸۷ ۱]	[۰٫۷۲۲ ۰٫۸۳۳]
$S_۲$	[۰٫۸۶۳ ۱]	[۰٫۸۸۷ ۱]	[۰٫۷۲۲ ۰٫۸۳۳]
$S_۳$	[۰٫۶۶۷ ۰٫۸۰۴]	[۰٫۷۱۷ ۰٫۸۶۸]	[۰٫۵۳۷ ۰٫۶۶۷]
$S_۴$	[۰٫۶۴۷ ۰٫۷۸۴]	[۰٫۷۵۵ ۰٫۸۸۷]	[۰٫۷۷۸ ۰٫۹۴۴]
$S_۵$	[۰٫۷۰۶ ۰٫۸۴۳]	[۰٫۶۷۹ ۰٫۷۹۲]	[۰٫۸۳۳ ۱]
$S_۶$	[۰٫۷۰۶ ۰٫۸۴۳]	[۰٫۶۹۸ ۰٫۸۶۸]	[۰٫۸۳۳ ۱]
$S_۷$	[۰٫۶۵۹ ۰٫۷۶۵]	[۰٫۶۶ ۰٫۸۳]	[۰٫۸۵۲ ۱]
$S_۸$	[۰٫۵۱ ۰٫۶۸۶]	[۰٫۵۲۸ ۰٫۷۱۷]	[۰٫۵۵۶ ۰٫۷۴۱]
$S_۹$	[۰٫۵۴۹ ۰٫۷۰۴]	[۰٫۶۲۳ ۰٫۷۷۴]	[۰٫۷۴۱ ۰٫۸۸۹]

جدول ۹. ماتریس وزن معیارها.

$W_۱$	$W_۲$	$W_۳$	$W_۴$
[۰٫۷۵ ۰٫۸۸۳]	[۰٫۶ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۶ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۵۸۳ ۰٫۷۳۳]
$W_۵$	$W_۶$	$W_۷$	$W_۸$
[۰٫۵ ۰٫۶۳۳]	[۰٫۷۳۳ ۰٫۹]	[۰٫۵۸۳ ۰٫۷۵]	[۰٫۵ ۰٫۶۶۶]
$W_۹$	$W_{۱۰}$	$W_{۱۱}$	$W_{۱۲}$
[۰٫۷۱۶ ۰٫۸۵]	[۰٫۷ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۶۳۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۶۳۳ ۰٫۸۶۶]
$W_{۱۳}$	$W_{۱۴}$	$W_{۱۵}$	$W_{۱۶}$
[۰٫۵۳۳ ۰٫۷۵]	[۰٫۷۸۳ ۰٫۹۱۶]	[۰٫۶۶۶ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۶ ۰٫۷۶۶]
$W_{۱۷}$	$W_{۱۸}$	$W_{۱۹}$	$W_{۲۰}$
[۰٫۷۵ ۰٫۹۵]	[۰٫۷۵ ۰٫۹۵]	[۰٫۷۵ ۰٫۹۵]	[۰٫۶۵ ۰٫۷۸۳]
$W_{۲۱}$	$W_{۲۲}$	$W_{۲۳}$	$W_{۲۴}$
[۰٫۶۱۶ ۰٫۸۱۶]	[۰٫۵۵ ۰٫۶۸۳]	[۰٫۶۱۶ ۰٫۷۵]	[۰٫۵۶۶ ۰٫۷۳۳]
$W_{۲۵}$	$W_{۲۶}$	$W_{۲۷}$	
[۰٫۶ ۰٫۷۳۳]	[۰٫۷۶۶ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۷۶۶ ۰٫۸۶۶]	

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰. ماتریس نرمال موزون.

	C_1	C_2	C_3	C_4
S_1	[۰٫۰۸۳ ۰٫۱۱۹]	[۰٫۰۶ ۰٫۰۸۵]	[۰٫۳۸۷ ۰٫۵۷]	[۰٫۱۱۷ ۰٫۱۹]
S_2	[۰٫۱۰۷ ۰٫۱۳۹]	[۰٫۰۸۶ ۰٫۱۲۸]	[۰٫۴۰۵ ۰٫۶]	[۰٫۱۲۴ ۰٫۱۹۷]
S_3	[۰٫۰۷۵ ۰٫۰۹۳]	[۰٫۱ ۰٫۱۵۳]	[۰٫۳۹۵ ۰٫۵۸۵]	[۰٫۱۲۷ ۰٫۲۰۵]
S_4	[۰٫۳۷۵ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۴۵۸ ۰٫۷۱۷]	[۰٫۰۷۷ ۰٫۱۱۱]
S_5	[۰٫۳۷۵ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۴۴۶ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۲۰۴ ۰٫۴۲۷]
S_6	[۰٫۳۷۵ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۴۴۶ ۰٫۷۴]	[۰٫۲۹۱ ۰٫۷۳۳]
S_7	[۰٫۳۷۵ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۱۵ ۰٫۳۸۳]	[۰٫۴۹۷ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۲۵۵ ۰٫۶۴۱]
S_8	[۰٫۱۸۸ ۰٫۴۱۷]	[۰٫۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۴۱۴ ۰٫۶۱۷]	[۰٫۱۵۷ ۰٫۳۰۲]
S_9	[۰٫۱۲۵ ۰٫۱۶۷]	[۰٫۱۲ ۰٫۱۹۱]	[۰٫۴۷ ۰٫۷۱۷]	[۰٫۱۷۷ ۰٫۳۴۲]

	C_5	C_6	C_7	C_8
S_1	[۰٫۰۷۸ ۰٫۱۱۸]	[۰٫۱۸۳ ۰٫۴۵]	[۰٫۳۷۴ ۰٫۵۸۶]	[۰٫۲۵۶ ۰٫۴۱۱]
S_2	[۰٫۰۸۵ ۰٫۱۲۳]	[۰٫۳۶۷ ۰٫۹]	[۰٫۳۷۴ ۰٫۵۸۶]	[۰٫۲۵۶ ۰٫۴۱۱]
S_3	[۰٫۰۷۷ ۰٫۱۱۳]	[۰٫۱۴۷ ۰٫۲۲۵]	[۰٫۳۸۴ ۰٫۶۰۵]	[۰٫۲۵۶ ۰٫۴۱۱]
S_4	[۰٫۰۸۳ ۰٫۱۲۷]	[۰٫۱۰۵ ۰٫۱۵]	[۰٫۳۰۴ ۰٫۴۶۹]	[۰٫۲۵ ۰٫۳۸۹]
S_5	[۰٫۱۷۴ ۰٫۳۳۸]	[۰٫۱۲۲ ۰٫۱۸]	[۰٫۳۹۴ ۰٫۶۰۵]	[۰٫۳۵ ۰٫۶۰۸]
S_6	[۰٫۱۹ ۰٫۴۲۲]	[۰٫۱۲۲ ۰٫۱۸]	[۰٫۴۲۹ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۳۲۸ ۰٫۵۶]
S_7	[۰٫۲۵ ۰٫۶۳۳]	[۰٫۰۷۳ ۰٫۱]	[۰٫۴۵۵ ۰٫۷۵]	[۰٫۳۷۵ ۰٫۶۶۶]
S_8	[۰٫۱۹ ۰٫۳۶۲]	[۰٫۰۸۱ ۰٫۱۲۹]	[۰٫۳۹۴ ۰٫۶۰۵]	[۰٫۳۱۸ ۰٫۵۱۸]
S_9	[۰٫۱۶۷ ۰٫۲۹۸]	[۰٫۱۴۷ ۰٫۲۲۵]	[۰٫۴۲۹ ۰٫۶۷]	[۰٫۳۵ ۰٫۶۳۶]

	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
S_1	[۰٫۵۸۸ ۰٫۸۵]	[۰٫۳۸ ۰٫۵۷۸]	[۰٫۵۰۴ ۰٫۷۵۲]	[۰٫۰۶۳ ۰٫۱۷۳]
S_2	[۰٫۵۷۵ ۰٫۸۲]	[۰٫۳۸ ۰٫۵۷۸]	[۰٫۵۲۸ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۰۶۳ ۰٫۱۷۳]
S_3	[۰٫۶۹۸ ۰٫۴۹۹]	[۰٫۴۲۷ ۰٫۶۳۱]	[۰٫۳۸۷ ۰٫۵۸۲]	[۰٫۰۶۳ ۰٫۱۷۳]
S_4	[۰٫۳۸۴ ۰٫۵۶۲]	[۰٫۵۴۷ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۲۷ ۰٫۴۲۶]	[۰٫۳۸ ۰٫۶۰۶]
S_5	[۰٫۴۷۳ ۰٫۶۵۳]	[۰٫۴۰۷ ۰٫۵۶۳]	[۰٫۳۵۲ ۰٫۵۱۱]	[۰٫۳۱۷ ۰٫۵۲]
S_6	[۰٫۴۲۲ ۰٫۶۰۷]	[۰٫۴۸۶ ۰٫۷۱۸]	[۰٫۴۵۷ ۰٫۶۸۱]	[۰٫۳۸ ۰٫۶۰۶]
S_7	[۰٫۳۳۲ ۰٫۵۱۶]	[۰٫۵۱۵ ۰٫۷۷۱]	[۰٫۴۴۵ ۰٫۶۶۷]	[۰٫۵۷ ۰٫۸۶۶]
S_8	[۰٫۳۲ ۰٫۵۰۱]	[۰٫۵۱۵ ۰٫۷۷۱]	[۰٫۳۱۷ ۰٫۴۶۸]	[۰٫۴۴۳ ۰٫۷۷۹]
S_9	[۰٫۴۱ ۰٫۵۷۷]	[۰٫۴۸۶ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۳۹۹ ۰٫۵۸۲]	[۰٫۳۱۷ ۰٫۵۲]

	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}
S_1	[۰٫۳۷۳ ۰٫۶۷۵]	[۰٫۴ ۰٫۵۹۸]	[۰٫۴ ۰٫۶۰۶]	[۰٫۴۱۲ ۰٫۶۷۴]
S_2	[۰٫۴۸ ۰٫۷۵]	[۰٫۴۶۳ ۰٫۶۷۳]	[۰٫۶ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۴۱۲ ۰٫۶۷۴]
S_3	[۰٫۱۰۷ ۰٫۳]	[۰٫۳۶۸ ۰٫۵۴۲]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۴۵۵ ۰٫۷۶۶]
S_4	[۰٫۱۰۷ ۰٫۳]	[۰٫۳۳۶ ۰٫۵۰۵]	[۰٫۱۳۳ ۰٫۳۴۶]	[۰٫۳۲۲ ۰٫۴۸۱]
S_5	[۰٫۱۰۷ ۰٫۳]	[۰٫۵۲۷ ۰٫۷۴۸]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۳۶۷ ۰٫۶۰۲]
S_6	[۰٫۰۵۳ ۰٫۱۵]	[۰٫۶۰۷ ۰٫۸۶]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۳۱۴ ۰٫۴۸۱]
S_7	[۰٫۰۵۳ ۰٫۱۵]	[۰٫۶۵۵ ۰٫۹۱۶]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۲۴ ۰٫۳۵۹]
S_8	[۰٫۵۳ ۰٫۱۵]	[۰٫۴۳۱ ۰٫۶۳۶]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۴۴۳ ۰٫۲۸۱]
S_9	[۰٫۱۰۷ ۰٫۳]	[۰٫۵۵۹ ۰٫۸۰۴]	[۰٫۰۶۷ ۰٫۱۷۳]	[۰٫۳۱۴ ۰٫۴۸۱]

	C_{17}	C_{18}	C_{19}	C_{20}
S_1	[۰٫۵۵۹ ۰٫۸۳۸]	[۰٫۶۱۵ ۰٫۹۱۲]	[۰٫۶۴۵ ۰٫۹۳۱]	[۰٫۵۲۳ ۰٫۷۵۲]
S_2	[۰٫۶۱۸ ۰٫۹۵]	[۰٫۶۳ ۰٫۹۵]	[۰٫۶۶ ۰٫۹۵]	[۰٫۵۲۳ ۰٫۷۵۲]
S_3	[۰٫۴۴۱ ۰٫۶۷۱]	[۰٫۴۸ ۰٫۷۲۲]	[۰٫۵۴ ۰٫۷۹۸]	[۰٫۴۲۱ ۰٫۶۱۴]
S_4	[۰٫۵۸۸ ۰٫۹۱۳]	[۰٫۵۵۵ ۰٫۸۵۵]	[۰٫۴۶۵ ۰٫۷۲۲]	[۰٫۴۰۸ ۰٫۶۱۴]
S_5	[۰٫۵۴۴ ۰٫۸۳۸]	[۰٫۵۴ ۰٫۸۱۷]	[۰٫۵۵۵ ۰٫۸۳۶]	[۰٫۵۲۳ ۰٫۷۸۳]
S_6	[۰٫۵ ۰٫۷۶۴]	[۰٫۵۷ ۰٫۸۷۴]	[۰٫۴۸ ۰٫۷۲۲]	[۰٫۴۹۷ ۰٫۷۶۸]
S_7	[۰٫۴۸۵ ۰٫۷۶۴]	[۰٫۴۶۵ ۰٫۷۲۲]	[۰٫۴۶۵ ۰٫۷۰۳]	[۰٫۴۷۲ ۰٫۷۵۲]
S_8	[۰٫۴۴۱ ۰٫۷۰۸]	[۰٫۴۸ ۰٫۷۴۱]	[۰٫۳۹ ۰٫۶۲۷]	[۰٫۴۷۲ ۰٫۶۷۵]
S_9	[۰٫۵ ۰٫۷۸۲]	[۰٫۴۸ ۰٫۷۲۲]	[۰٫۴۵ ۰٫۶۸۴]	[۰٫۴۳۳ ۰٫۶۷۵]

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۱۰.

	$C_{۲۱}$	$C_{۲۲}$	$C_{۲۳}$	$C_{۲۴}$
$S_۱$	[۰٫۴۹۸ ۰٫۸۱۶]	[۰٫۴۴ ۰٫۶۸۳]	[۰٫۱۲۳ ۰٫۳]	[۰٫۴۹ ۰٫۷۳۳]
$S_۲$	[۰٫۴۷۲ ۰٫۷۶۴]	[۰٫۴۴ ۰٫۶۸۳]	[۰٫۱۲۳ ۰٫۳]	[۰٫۴۹ ۰٫۷۳۳]
$S_۳$	[۰٫۴۴۶ ۰٫۷۱۲]	[۰٫۴۱۸ ۰٫۶۲۸]	[۰٫۱۲۳ ۰٫۳]	[۰٫۳۴۸ ۰٫۵۵]
$S_۴$	[۰٫۴۰۶ ۰٫۶۴۲]	[۰٫۲۷۵ ۰٫۴۲۳]	[۰٫۲۴۶ ۰٫۳۷۵]	[۰٫۳۲۷ ۰٫۵۰۸]
$S_۵$	[۰٫۶۲۹ ۰٫۹۳۸]	[۰٫۴۰۷ ۰٫۶۲۸]	[۰٫۲۴۶ ۰٫۳۷۵]	[۰٫۳۴۸ ۰٫۵۶۴]
$S_۶$	[۰٫۴۵۹ ۰٫۷۴۷]	[۰٫۲۹۷ ۰٫۴۷۸]	[۰٫۳۰۸ ۰٫۴۵]	[۰٫۳۵۹ ۰٫۵۶۴]
$S_۷$	[۰٫۴۸۵ ۰٫۷۴۷]	[۰٫۲۰۹ ۰٫۳۶۹]	[۰٫۵۵۴ ۰٫۷۵]	[۰٫۳۴۸ ۰٫۵۵]
$S_۸$	[۰٫۴۳۳ ۰٫۶۹۴]	[۰٫۲۲ ۰٫۳۹۶]	[۰٫۲۴۶ ۰٫۳۷۵]	[۰٫۲۳۹ ۰٫۴۰۹]
$S_۹$	[۰٫۴۵۹ ۰٫۷۴۷]	[۰٫۲۵۳ ۰٫۴۱]	[۰٫۵۵۴ ۰٫۷۵]	[۰٫۲۹۳ ۰٫۴۷۹]

	$C_{۲۵}$	$C_{۲۶}$	$C_{۲۷}$
$S_۱$	[۰٫۴۹۴ ۰٫۷۱۹]	[۰٫۶۷۹ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۵۵۳ ۰٫۷۲۲]
$S_۲$	[۰٫۵۱۸ ۰٫۷۳۳]	[۰٫۶۷۹ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۵۵۳ ۰٫۷۲۲]
$S_۳$	[۰٫۴ ۰٫۵۸۹]	[۰٫۵۴۹ ۰٫۷۵۲]	[۰٫۴۱۱ ۰٫۵۷۷]
$S_۴$	[۰٫۳۸۸ ۰٫۵۷۵]	[۰٫۵۷۸ ۰٫۷۶۸]	[۰٫۵۹۶ ۰٫۸۱۸]
$S_۵$	[۰٫۴۲۴ ۰٫۶۱۸]	[۰٫۵۲ ۰٫۶۸۶]	[۰٫۶۳۸ ۰٫۸۶۶]
$S_۶$	[۰٫۴۲۴ ۰٫۶۱۸]	[۰٫۵۳۵ ۰٫۷۵۲]	[۰٫۶۳۸ ۰٫۸۶۶]
$S_۷$	[۰٫۳۹۵ ۰٫۵۶۱]	[۰٫۵۰۶ ۰٫۷۱۹]	[۰٫۶۵۲ ۰٫۸۶۶]
$S_۸$	[۰٫۳۰۶ ۰٫۵۰۳]	[۰٫۴۰۵ ۰٫۶۲۱]	[۰٫۴۲۶ ۰٫۶۴۱]
$S_۹$	[۰٫۳۲۹ ۰٫۵۱۷]	[۰٫۴۷۷ ۰٫۶۷]	[۰٫۵۶۷ ۰٫۷۷]

جدول ۱۱. سری مبنا ($S^{\max}$).

$\otimes x_۱^{\max}$	$\otimes x_۲^{\max}$	$\otimes x_۳^{\max}$	$\otimes x_۴^{\max}$
[۰٫۳۷۵ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۳ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۴۹۷ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۲۹۱ ۰٫۷۳۳]
$\otimes x_۵^{\max}$	$\otimes x_۶^{\max}$	$\otimes x_۷^{\max}$	$\otimes x_۸^{\max}$
[۰٫۲۵ ۰٫۶۳۳]	[۰٫۳۶۷ ۰٫۹]	[۰٫۴۵۵ ۰٫۷۵]	[۰٫۳۷۵ ۰٫۶۶۶]
$\otimes x_۹^{\max}$	$\otimes x_{۱۰}^{\max}$	$\otimes x_{۱۱}^{\max}$	$\otimes x_{۱۲}^{\max}$
[۰٫۵۸۸ ۰٫۸۵]	[۰٫۵۴۷ ۰٫۸۳۳]	[۰٫۵۲۸ ۰٫۷۶۶]	[۰٫۵۷ ۰٫۸۶۶]
$\otimes x_{۱۳}^{\max}$	$\otimes x_{۱۴}^{\max}$	$\otimes x_{۱۵}^{\max}$	$\otimes x_{۱۶}^{\max}$
[۰٫۴۸ ۰٫۷۵]	[۰٫۶۵۵ ۰٫۹۱۶]	[۰٫۵۹۹ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۴۵۵ ۰٫۷۶۶]
$\otimes x_{۱۷}^{\max}$	$\otimes x_{۱۸}^{\max}$	$\otimes x_{۱۹}^{\max}$	$\otimes x_{۲۰}^{\max}$
[۰٫۶۱۸ ۰٫۹۵]	[۰٫۶۳ ۰٫۹۵]	[۰٫۶۶ ۰٫۹۵]	[۰٫۵۲۳ ۰٫۷۸۳]
$\otimes x_{۲۱}^{\max}$	$\otimes x_{۲۲}^{\max}$	$\otimes x_{۲۳}^{\max}$	$\otimes x_{۲۴}^{\max}$
[۰٫۶۲۹ ۰٫۹۳۸]	[۰٫۴۴ ۰٫۶۸۳]	[۰٫۵۵۴ ۰٫۷۵]	[۰٫۴۹ ۰٫۷۳۳]
$\otimes x_{۲۵}^{\max}$	$\otimes x_{۲۶}^{\max}$	$\otimes x_{۲۷}^{\max}$	
[۰٫۵۱۸ ۰٫۷۳۳]	[۰٫۶۷۹ ۰٫۸۶۶]	[۰٫۶۵۲ ۰٫۸۶۶]	

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۲. رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس تکنیک GRA.

رتبه	تأمین‌کننده‌ی انرژی	درجه‌ی رابطه‌ی خاکستری
۱	$S_۲$	۰/۷۰۸۲۰۸
۲	$S_۷$	۰/۷۳۲۸
۳	$S_۶$	۰/۷۴۸۳۸۳
۴	$S_۱$	۰/۷۵۶۹۹۷
۶	$S_۴$	۰/۸۵۰۱۱۴
۷	$S_۹$	۰/۸۵۲۲۰۵۰۴۹
۸	$S_۳$	۰/۸۷۵۳۶
۹	$S_۸$	۰/۸۸۳۳۰۳۳۶

پانوشت‌ها

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).

www.SID.ir

Archive of SID

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, addressingsustainability 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. Garcıa-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).

www.SID.ir