فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال نهم / شماره‌ی ۳۵/ زمستان ۱۳۹۱/ صفحات ۱۹۸-۱۶۹

تحلیل حساسیت اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق با فرآیند تحلیل شبکه‌ای

محمدرضا مهرگان

دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران mehregan@ut.ac.ir

هادی سلامی

کارشناس مهندسی سیستم‌ها و بهره‌وری شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی
h.salami@szgopc.com

مصطفی خواجه

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قم، گروه مدیریت صنعتی
mkhajeh2232@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۵

چکیده

انرژی یکی از عوامل اساسی ارتباط متقابل میان طبیعت و جامعه بوده و به‌عنوان عامل اصلی توسعه‌ی اقتصادی قلمداد می‌شود. صنعتی شدن کشورها و افزایش تقاضا برای انواع انرژی، سبب شده است که انرژی به طور عام و انرژی برق به طور خاص در استراتژی‌های توسعه ملی و سیاست‌گذاری‌های کلان کشورها جایگاه بسیار مهم‌تری داشته باشد. در این تحقیق اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق با تکیه بر نقش و میزان تأثیر معیارهای توسعه‌ی پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی) در قالب ارائه‌ی روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ANP-BOCR تدوین گردیده است. در ادامه به تحلیل حساسیت نتایج برآمده از اولویت‌بندی نیروگاه‌ها با استفاده از نرم افزار تصمیمات ویژه پرداخته شده است. نتایج حاکی از آن می‌باشد که در چارچوب شبکه "مزایا"، به ترتیب نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و هسته‌ای بر سایر نیروگاه‌ها برتری دارند. در چارچوب شبکه‌ی "هزینه‌ها"، این نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و برقآبی می‌باشند که از جهت هزینه‌بری بر سایر نیروگاه‌ها ارجحیت دارند. هم‌چنین در چارچوب شبکه‌ی "فرصت‌ها" نیروگاه‌های تجدیدپذیر در اولویت اول قرار می‌گیرند و در نهایت در چارچوب شبکه‌ی "ریسک‌ها"، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در اولویت اول نسبت به سایر نیروگاه‌ها قرار دارد.

طبقه‌بندی JEL: A12,C44,D85,O21,Q42

کلید واژه‌ها: شاخص، توسعه‌ی پایدار، تحلیل حساسیت، فرایند تحلیل شبکه‌ای، مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

انرژی به‌عنوان یکی از ضروری‌ترین و حیاتی‌ترین نیازمندی‌های توسعه‌ی اقتصادی و اجتماعی به شمار می‌رود. امروزه تقاضای بسیار زیاد انرژی که توسط سوخت‌های فسیلی برآورده می‌شود، رشد اقتصادی و توسعه‌ی اجتماعی را تسهیل کرده است. هر چند، سیستم انرژی فعلی به دلیل اثرات منفی آن بر اکوسیستم و حیات بشر، پایدار نمی‌باشد. کمیته‌ی جهانی توسعه و محیط زیست، توسعه‌ی پایدار را به عنوان توسعه‌ای تعریف کرده است که نیازهای نسل حاضر را بدون در خطر افتادن توانایی نسل‌های آینده جهت دستیابی به نیازهایشان فراهم کند. این توسعه شامل یک رویکرد جامع و به هم پیوسته از فرآیندهای اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد (کاراکاستا و اسکونیس[1]، ۲۰۱۰). انرژی برای نیل به توسعه‌ی پایدار در هر مملکتی عاملی مهم و ضروری محسوب می‌شود. اما در این میان نوع انرژی یا تکنولوژی به‌کار گرفته شده در تولید و مصرف آن می‌تواند تأثیر منفی بر برخی از ابعاد توسعه‌ی پایدار داشته باشد. از آن‌جا که آلاینده‌های حاصل از تولید یا مصرف انرژی تأثیر منفی بر بعد زیست محیطی توسعه‌ی پایدار داشته، انتخاب و به‌کارگیری منبع انرژی ای که به کاهش آلودگی زیست محیطی منجر شود حایز اهمیت است. (محمدی، ۱۳۸۵).

توسعه‌ی پایدار در بخش انرژی عبارت است از سامان‌دهی فعالیت‌های بخش انرژی به نحوی که به توسعه‌ی انسانی در تمامی ابعاد مختلف منتهی شود. عدم کارایی سامانه‌های انرژی در تولید، توزیع و مصرف و نیز محدودیت‌های موجود در منابع انرژی، سرمایه‌گذاری و فن‌آوری، از عوامل عمده‌ی عدم دست یابی جوامع کنونی به انرژی پایدار محسوب می‌شوند (جوشانی و بهاری، ۱۳۸۸). در بین انواع مختلف منابع تولید انرژی، انرژی برق دارای نقشی منحصر به‌فرد در دستیابی به توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی است. مصرف برق در ایران، به‌عنوان یک کشور توسعه یافته، به سرعت در حال افزایش است، که از یک‌سو به دلیل افزایش رفاه اجتماعی و از سوی دیگر به دلیل قیمت‌های پایین انرژی است که منجر به استفاده‌ی غیر بهینه می‌شود (زنگنه و همکاران[2]، ۲۰۰۹).

1- Karakosta and Askounis.
2- Zangeneh et al.

Archive of SID

www.SID.ir

پایداری تولید انرژی دارای دو جنبه‌ی اساسی است که شامل "حفاظت از محیط زیست" و "تأمین پایدار منابع انرژی" می‌باشد. در این میان، سیاست‌گذاری‌های مرتبط با انرژی بایستی علاوه بر توجه به ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، به گونه‌ای باشد که از تأمین انرژی قابل اتکاء مکفی و مقرون به صرفه حمایت کند. بدین منظور، تصمیم‌گیرندگان بایستی راه حل‌هایی را در نظر بگیرند که بین اهداف متضاد توسعه‌ی پایدار حال و آینده تعادل برقرار کنند (کان و بوک[1]، ۲۰۰۷).

سازمان اوپک - که ایران عضوی از آن می‌باشد- در حدود ۷۸ درصد ذخایر نفتی جهان را در دست داشته است و حدود ۴۵ درصد نفت جهان را تولید می‌کند. ایران یکی از صادرکنندگان عمده انرژی مانند نفت و گاز طبیعی بوده که تقریبا یازده درصد ذخایر نفتی جهان را دارا می‌باشد. هم‌چنین دومین کشور جهان از نظر ذخایر گازی جهان است که حدود ۱۹/۷ درصد از کل ذخایر گازی جهان را دارد. صنعت برق در ایران، شامل تولید برق، تجهیزات توزیع و انتقال تحت مالکیت وزارت نیرو می‌باشد که از طریق شرکت توانیر و شرکت‌های برق منطقه‌ای اداره می‌شوند (مازندرانی و همکاران[2]، ۲۰۱۰).

تولید انرژی الکتریکی نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۸۸ به ۲۲۱۳۷۲/۲ گیگاوات ساعت رسیده که نسبت به سال قبل از آن حدود ۳/۲ درصد رشد داشته است. از این مقدار حدود ۸۸/۴ درصد توسط وزارت نیرو، ۸/۲ درصد توسط بخش خصوصی و ۳/۴ درصد توسط صنایع بزرگ تولید شده است. از سال ۱۳۸۴ با بهره‌برداری از نیروگاه‌هایی بخش خصوصی به مرور از سهم وزارت نیرو در تولید برق کشور کاسته شده و سهم آن از ۹۶/۱ در سال ۱۳۸۴ به ۸۸/۴ درصد در سال ۱۳۸۸ رسیده است. هم‌چنین با توجه به سیاست خصوصی‌سازی در کشور، سهم نیروگاه‌های بخش خصوصی افزایش یافته و از ۱/۳ درصد در سال ۱۳۸۴ به ۸/۲ درصد در سال ۱۳۸۸ رسیده است. به همین ترتیب، رشد تولید برق نیروگاه‌های بخش خصوصی نسبت به سال ۱۳۸۷ معادل ۱۷/۴ درصد، نیروگاه‌های صنایع بزرگ ۲۴/۰ درصد و نیروگاه‌های وزارت نیرو تنها ۱/۴ درصد بوده است. در سال ۱۳۸۸ سهم انواع نیروگاه‌ها در تولید انرژی الکتریکی نیروگاه‌های وزارت نیرو برای نیروگاه‌های بخاری ۴۷/۲ درصد، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۳۲/۸ درصد،

1- Kone and Buke.
2- Mazandarani et al.

Archive of SID

www.SID.ir

نیروگاه‌های گازی ۱۶/۲ درصد، نیروگاه‌های آبی ۳/۷ درصد، تجدیدپذیر ۰/۱ درصد و نیروگاه‌های دیزلی نیز ۰/۰۶ درصد بوده است. در این سال ۲۲۸/۷ گیگاوات ساعت نیز برق بادی، خورشیدی و بیوگازسوز توسط وزارت نیرو تولید شده است (ترازنامه‌ی انرژی، ۱۳۸۹).

در این مقاله، با استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP[1]) به اولویت‌بندی و تحلیل حساسیت نیروگاه‌های تولید برق پرداخته شده است. دلایل به‌کارگیری این روش را می‌توان به صورت زیر بیان کرد: (اردوگمس و همکاران[2]، ۲۰۰۵)

۱- ANP رویکردی سیستماتیک جهت اولویت‌بندی بوده است و تعاملی بین اهداف و معیارها برقرار می‌کند.

۲- اوزان معیارها یا اولویت های ایجاد شده توسط ANP براساس مقایسات زوجی بنانهاده شده است.

۳- ANP می‌تواند تمام عوامل محسوس و نامحسوس را در مدل درنظر بگیرد.

۴- ANP رویکردی نسبتا آسان و خلاقانه می‌باشد و مورد پذیرش مدیران و سایر تصمیم‌گیرندگان است.

۵- ANP به راحتی می‌تواند جهت حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌کار رود.

۶- ANP قادر به ایجاد تعامل بهتر بین شاخص‌ها و معیارها است.

در نتیجه در این مقاله روش ANP بر سایر روش‌های تحقیق در عملیات ترجیح داده شده است. روش حل مسأله در این مقاله به‌کارگیری فرآیند تحلیل شبکه‌ای با درنظر گرفتن شبکه‌ی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها (BOCR)[3] می‌باشد. در بخش دوم، مبانی نظری تحقیق بررسی شده و در بخش سوم به توضیح درباره‌ی فرآیند تحلیل شبکه پرداخته شده است. در بخش چهارم، ANP به همراه BOCR توصیف شده است. در بخش پنجم با استفاده از نرم افزار تصمیمات ویژه به حل مسأله‌ی اولویت‌بندی نیروگاه‌ها پرداخته شده است. در بخش ششم تحلیل حساسیت نیروگاه‌های تولید برق با توجه به شبکه‌ی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها انجام شده و در نهایت در بخش هفتم به نتیجه‌گیری و ارائه‌ی پیشنهادات پرداخته شده است.

1- Analytic Network Process.

2- Erdogmus et al.

۳- این کلمه متشکل از حروف اول چهار کلمه لاتین Benefits، Opportunities، Costs و Risks می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مبانی نظری

فرآیند تحلیل سلسله‌ی مراتبی (AHP[1]) اولین بار توسط توماس ساعتی[2] در سال ۱۹۷۶ بیان شده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی، یک تکنیک مشهور جهت تجزیه‌ی یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری به مراحل متعدد به روش سلسله مراتبی است. مدل AHP فرض می‌کند که روابط مستقیم و سلسله مراتبی بین سطوح تصمیم وجود دارد. بالاترین عنصر سلسله مراتب نماینده‌ی هدف کلی مدل تصمیم است. سلسسله مراتب، معیارها را تا جایی تجزیه می‌کند که به سطح معیار تصمیم قابل مدیریت برسد. روش تحلیل سلسله مراتبی با وجود سادگی استفاده، از یک رویکرد دقیق جهت بررسی مسایل دنیای واقعی برخوردار است.

ساعتی (۲۰۰۶)، کاربرد روش تحلیل سلسله‌مراتبی را در زمینه‌های بهره‌وری انرژی، طرح‌ریزی برای حمل و نقل (۱۹۷۳-۱۹۷۵)، طرح‌ریزی برای آموزش عالی (۱۹۷۶)، انتخابات ریاست جمهوری در امریکا (۱۹۷۶)، مسئله‌ی تروریسم (۱۹۷۸)، حل جنگ و نزاع در آفریقای جنوبی، تخصیص منابع در IBM، طراحی پل‌ها و پیش‌بینی قیمت‌های نفت و بورس سهام بررسی کرده است. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در حوزه‌ی انرژی و سوخت نیز کاربردهای بسیاری داشته است، از نحوه‌ی تخصیص سوخت گرفته تا انتخاب بهترین مسیر برای عبور دادن لوله‌های نفتی؛ برای مثال ناگشا و بالاچاندرا [3] (۲۰۰۶)، موانع کارآیی انرژی در صنایع کوچک در هندوستان را با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌بندی کرده‌اند.

با ظهور معایب روش سلسله مراتبی و ارتباطات شبکه‌ای متغیرهای مورد تحقیق در دنیای واقعی، گرایش به سمت استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای افزایش یافته است. به دنبال ارائه‌ی رویکرد BOCRبه‌عنوان یک بخش تحلیلی جامع در ارزیابی و تصمیم‌گیری نتایج فرآیند تحلیل شبکه‌ای، رویکرد استفاده کنندگان از ANP کلاسیک تبدیل بهANP-BOCR شده است. در زمینه‌ی رویکرد جدید، ساعتی خود پیشگام بوده و مطالعات چندی مانند پیامدهای تعارض خاورمیانه (۲۰۰۲)، تخصیص منابع انسانی(۲۰۰۴)، آینده جنگ در عراق (۲۰۰۵) را انجام داده است. هم‌چنین در این راستا تحقیقی در زمینه‌ی تأمین انرژی بلندمدت ایالت متحده با رویکرد ANP-BOCR

1- Analytic Hierarchy Process.
2- Tomas Saaty.
3- Nagesha and Balachandra.

Archive of SID

www.SID.ir

انجام شده است. محققان دیگری نیز در زمینه‌ی استفاده از روش مذکور در حوزه‌ی مطالعاتی خود مانند اولویت‌های سوختی در تولید برق، نقش انرژی‌های تجدیدپذیر در توسعه‌ی پایدار، تعیین برق تولیدی و مواردی از این دست استفاده کرده‌اند(ساعتی، ۲۰۰۶).

ارزیابی منابع کنونی انرژی و به‌کارگیری انرژی در تجهیزات صنعتی، در تحقیقات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. بدری[1](۱۹۹۲) با استفاده از یک رویکرد مدل‌سازی ریاضی، تقاضای برق را در بخش‌های خانگی، تجاری و صنعتی ایالات متحده مورد تحلیل قرار داده است. بورگس و پری یرا [2] (۱۹۹۲)، یک مدل دو مرحله‌ای را برای تقاضای انرژی در بخش تولیدی کشور پرتغال طراحی کرده‌اند. اکیساوا و همکاران[3] (۱۹۹۹)، یک مدل ارزیابی انرژی را برای کمی‌سازی اثر صرفه‌جویی انرژی برای چهار گروه و دوازده زیرگروه صنعتی در ژاپن ارائه داده‌اند. اسکارپلینی و رومئو [4] (۱۹۹۹)، سناریوها و خط مشی‌هایی را برای به‌کارگیری سیستم‌های انرژی جایگزین در صنایع کوچک و متوسط اروپایی توسعه بخشیده‌اند. لیتل[5](۲۰۰۰)، عرضه و تقاضای انرژی در صنعت آمریکا را در زمینه‌ی سه نوع انرژی مختلف مورد تحلیل قرار داده است. ورل و پرایس [6] (۲۰۰۱)، سه سناریو برای کاربرد انرژی صنعتی آینده مورد مطالعه قرار داده‌اند. مدل‌های مختلفی از انرژی و جریان مواد جهت محک‌زنی عملیات جاری در صنعت فولاد آمریکا به‌وسیله‌ی اندرسون و هایمن [7] (۲۰۰۱) توسعه یافته‌اند. گانج[8](۲۰۰۳) یک مدل بهینه‌سازی هزینه چند دوره‌ای را برای سیستم‌های انرژی صنعتی پیشنهاد داده است. اولوتاس[9](۲۰۰۵)، از روش ANP جهت تعیین سیاست مطلوب انرژی برای کشور ترکیه استفاده کرده است. کان و باک (۲۰۰۷)، در سال ۲۰۰۷ با استفاده از روش ANP به ارزیابی سوخت‌های جایگزین نیروگاه‌های تولید برق ترکیه پرداخته‌اند.

1- Badri.
2- Borges and Pereira.
3- Akisawa et al.
4- Scarpellini and Romeo.
5- Little.
6- Worrell and Price.
7- Andersen and Hyman.
8- Gong.
9- Ulutas.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- فرآیند تحلیل شبکه‌ای

فرآیند تحلیل شبکه، فرم توسعه یافته AHP است، بنابراین تمامی ویژگی‌های مثبت آن از جمله سادگی، انعطاف پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور همزمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها را دارا بوده و هم می‌تواند ارتباطات پیچیده (وابستگی‌های متقابل و بازخورد) بین و میان عناصر تصمیم را با به‌کارگیری ساختار شبکه‌ای به جای ساختار سلسله مراتبی در نظر بگیرد (زبردست، ۱۳۹۰، ص: ۸۰).

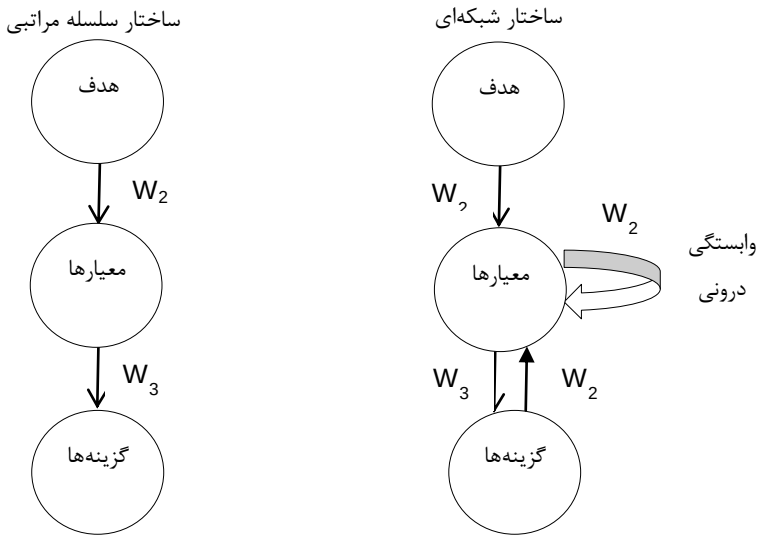
رویکرد ANP شبکه‌ها را جایگزین سلسله مراتب کرده است که در آن دیگر روابط بین سطوح نشان دهنده‌ی رابطه‌ی بالا به پایین نمی‌باشد. روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای حل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد متشکل از دو قسمت می‌باشد: سلسله مراتب کنترلی[1] و ارتباط شبکه‌ای.

سلسله مراتب کنترلی ارتباط بین هدف، معیارها و زیرمعیارها را شامل شده و بر ارتباط درونی سیستم تأثیرگذار است و ارتباط شبکه‌ای، وابستگی بین عناصر و خوشه‌ها را شامل می‌شود. خوشه، مجموعه‌ای از عناصر مرتبط در یک شبکه است. برای هر معیار کنترلی، مجموعه‌ای از خوشه‌ها و عناصر در نظر گرفته می‌شود. تمامی ارتباطات و بازخوردها در درون خوشه، با نام وابستگی‌های درونی و تعاملات و بازخوردهای میان خوشه‌ها با عنوان وابستگی‌های بیرونی شناخته می‌شوند. سلسله مراتب کنترلی شامل سلسله مراتب معیارها و زیر معیارهای کنترلی[2] است که برای آن‌ها اولویت‌ها به شیوه‌ی معمول به‌دست می‌آید؛ با توجه به هدف شبکه‌ای که بررسی می‌شود، معیارها برای مقایسه‌ی خوشه‌ای شبکه و زیر معیارها برای مقایسه‌ی عناصر به کار می‌روند (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۰). تفاوت ساختاری ANP و AHP را می‌توان در شکل (۱) مشاهده کرد.

در شکل ۱ و در ساختار سلسله مراتبی، بردار w_{21} اثر خوشه‌ی هدف بر خوشه‌ی معیارها را نشان می‌دهد. در صورتی که در میان عناصر هر سطح از تصمیم‌گیری (خوشه‌ها) رابطه و همبستگی وجود داشته باشد، ساختار مسأله شبکه‌ای می‌شود. بردار w_{22} رابطه‌ی بین عناصر خوشه معیارها را نشان می‌دهد که این گونه وابستگی را لوپ می‌نامند. بردار w_{23} نیز وابستگی بازخوردی را نشان می‌دهد.

1- Control Hierarchy.
2- Control Criteria and Control Sub criteria.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱- تفاوت بین یک ساختار سلسله مراتبی و شبکه ای

فرآیند ANP در برگیرنده‌ی چهار گام اساسی است که عبارتند از: (لی[1]، ۲۰۰۹)

گام اول - ساختن مدل و ساختاربندی مسأله

مسأله را باید به طور شفاف بیان کرده و به یک سیستم منطقی، برای مثال یک شبکه تجزیه کرد. ساختار مذکور را می‌توان با استفاده از نظر تصمیم‌گیرندگان یا دیگر روش‌های مناسب به دست آورد. در این مرحله مسأله‌ی مورد نظر به یک ساختار شبکه‌ای که در آن گره‌ها به عنوان خوشه‌ها در نظر گرفته می‌شوند، تبدیل می‌شود.

گام دوم - ماتریس مقایسات زوجی و بردارهای اولویت

در روش تحلیل شبکه‌ای نیز به مانند روش تحلیل سلسله‌مراتبی عناصر تصمیم در هر خوشه با توجه به اهمیت آن‌ها در ارتباط با معیارهای کنترلی به صورت زوجی و خود خوشه‌ها نیز با توجه به تأثیرشان در هدف به صورت زوجی با هم مقایسه می‌شوند. از تصمیم‌گیرندگان در قالب یک سری مقایسات زوجی پرسیده می‌شود که دو عنصر یا

1- Lee.

Archive of SID

www.SID.ir

دو قسمت در مقایسه با هم چه تأثیری در معیارهای بالادستی خود دارند (مید و سارکیس[1]، ۱۹۹۹). هم‌چنین، اگر روابط متقابلی میان عناصر یک خوشه وجود داشته باشد، باید دو به دو با هم مقایسه شوند. اهمیت نسبی با استفاده از یک مقیاس نسبی به دست می‌آید. برای مثال می‌توان از یک مقیاس ۱ تا ۹ استفاده کرد، در حالی که نمره‌ی ۱ نشان‌دهنده‌ی اهمیت یکسان دو عنصر نسبت به هم و نمره‌ی ۹ نشانه‌ی بالاترین اهمیت یک عنصر (سطر ماتریس) در مقایسه با دیگری (ستون ماتریس) می‌باشد. در یک ماتریس مقایسه‌ی زوجی، ارزش طرف مقابل برعکس می‌باشد؛ یعنی aij = 1/aij، در حالی که aij(aji) نشان‌دهنده‌ی اهمیت i امین (j امین) عنصر در مقایسه با j امین (iامین) عنصر می‌باشد(مید و سارکیس، ۱۹۹۹).

در روش تحلیل شبکه‌ای نیز همانند روش تحلیل سلسله‌مراتبی مقایسات زوجی در قالب یک ماتریس انجام می‌گیرد و بردار اولویت محلی با تخمینی از اهمیت نسبی مرتبط با عناصر (یا قسمت‌ها) به دست می‌آید که از طریق رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود: $\lambda_{max}.W=A.W$ است، به طوری که A ماتریس مقایسات زوجی، W بردار ویژه، λ_{max} بزرگ‌ترین بردار مقادیر A می‌باشد. لازم به یادآوری که ساعتی، در سال ۱۹۸۰، چندین الگوریتم را برای تقریب W ارائه داده است (ساعتی، ۲۰۰۱).

گام سوم - تشکیل ابرماتریس ناموزون[2] و تبدیل آن به ابرماتریس حدی[3]

برای دستیابی به اولویت‌های کلی در یک سیستم با تأثیرات متقابل، بردارهای اولویت محلی در ستون‌های مناسب یک ماتریس به نام ابرماتریس وارد می‌شوند. بردارهای اولویت محلی که از مرحله‌ی دوم به‌دست آمده‌اند، براساس میزان تأثیر هر عنصر بر عنصر دیگر یا هر عنصر بر خودش در ماتریس قرار داده می‌شوند. ابرماتریس به دست آمده یک ماتریس تقسیم‌بندی شده است که هر بخش از آن ارتباط بین دو خوشه در یک سیستم را نشان می‌دهد.

یک ابرماتریس نمونه دارای یک ساختار سه سطحی (هدف، معیارها و گزینه‌ها) به صورت زیر آورده شده است. $W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & 0 & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{pmatrix}$ که در آن w_{21} بردار تأثیر هدف بر

1- Mead and Sarkis.
2- Un weighted Super Matrix.
3- Limit Super Matrix.

Archive of SID
www.SID.ir

معیارهای مسأله بوده و w_{32}، بردار تأثیر معیارها بر هر یک از گزینه‌های تصمیم و I نشان‌دهنده‌ی ماتریس می‌باشد. W، یک ابرماتریس است که ورودی‌های آن همگی به‌صورت ماتریس می‌باشند. در صورتی که معیارها دارای وابستگی درونی باشند، ماتریسی به صورت w_{22} ایجاد می‌شود که نشان‌دهنده‌ی این وابستگی می‌باشد. در این‌صورت ابرماتریس به شکل زیر تبدیل می‌شود:

$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & 0 \\ 0 & w_{32} & I \end{pmatrix}$ با جایگزینی بردار اولویت‌های محلی(ضرایب اهمیت) عناصر و خوشه‌ها، ابرماتریس ناموزون به‌دست می‌آید.

مجموع مقادیر در هر ستون ابرماتریس ناموزون ممکن است به دلیل روابط درونی بین خوشه‌های درون شبکه بیش‌تر از یک باشد. ابرماتریس ناموزون بایستی ابتدا به ابرماتریس تصادفی تبدیل شود، یعنی مجموع هر ستون ابرماتریس باید یک شود. به‌منظور تعیین ابرماتریس حدی تمامی عناصر ابرماتریس به توان رسانده می‌شوند. با استفاده از رابطه‌ی زیر نتایج هم‌گرا شده و اولویت‌های زیر تعیین می‌شود: $\lim_{k\to\infty} W^k$ که در آن W، ابرماتریس تحقیق و K عددی دلخواه و بزرگ است (بایوکیازیچی و سوکو[1]، ۲۰۰۳).

گام چهارم - انتخاب بهترین گزینه

در صورتی که ابرماتریس تشکیل شده همه‌ی شبکه را پوشش دهد، می‌توان وزن‌های اولویت را در ستون گزینه‌ها در یک ابرماتریس نرمال شده یافت. از سوی دیگر، اگر یک ابرماتریس فقط شامل قسمت‌های به هم مرتبط باشد، به محاسبات بیش‌تری برای رسیدن به اولویت‌های کلی گزینه‌ها نیاز است. اولویت‌های نهایی عناصر، شامل گزینه‌ها، را می‌توان با نرمالایز کردن هر بلوک ابرماتریس حدی به‌دست آورد.

۴- ANP به همراه شبکه‌ی مزایا، هزینه‌ها، فرصت‌ها، ریسک‌ها

هر تصمیمی دارای چندین جنبه‌ی مطلوب و نامطلوب می‌باشد که لازم است مورد توجه قرار گیرد. بعضی از این جنبه‌ها قطعی و بعضی احتمالی می‌باشند. جنبه قطعی

1- Buyukyazici and Sucu.

Archive of SID

www.SID.ir

مطلوب، "سود" نامیده می‌شود، در حالی که جنبه‌ی قطعی نـامطلوب "هزینـه" نامیـده شده است. جنبـه‌ی غیرقطعـی مطلـوب یـک تصـمیم "فرصـت" و جنبـه‌ی غیرقطعـی نامطلوب، "ریسک" نامیده می‌شود. در این جا به چهار جنبه به طور یک‌جـا و بـه‌عنـوان BOCR اشاره می‌شود، که از حروف اول جنبه‌های مثبت (سـودها و فرصـت‌هـا) قبـل از حروف اول جنبه‌های منفی (هزینه‌ها و ریسک‌ها) استفاده شـده اسـت. هـر یـک از ایـن جنبه‌ها در یک تصمیم دخیل بوده و باید بـه طـور جداگانـه براسـاس یـک مجموعـه از معیارها (اولویت‌بندی شده) مورد ارزیابی قرار گیرد که هم‌چنین بـرای ارزیـابی هـر نـوع تصمیم‌گیری نیز مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیـرد. رتبـه‌بنـدی گزینـه‌هـا در هـر یـک از مجموعه‌های سود، فرصت، هزینه و ریسک انجام می‌گیرد. سپس با استفاده از این چهـار بعد از منظر معیارهای استراتژیک، رتبه‌بندی نهایی گزینه‌هـا انجـام مـی‌گیـرد. بنـابراین می‌توان نتیجه‌ی آلترناتیوها را برای هـر یـک از سـاختارهای BOCR ترکیـب کـرد، تـا ترکیب کلی آن‌ها را به‌دست آورد. لازم به یادآوری است که باید از فرد (افـراد) در مـورد هزینه‌ها و ریسک‌ها باید سئوال کرد که کدام یک هزینه‌ی بیش‌تر و کـدام یـک ریسـک بیش‌تری دربردارد (نـه ایـن‌کـه کـدام یـک هزینـه یـا ریسـک کـم‌تـری دارد) زیـرا در مقایسه‌های زوجی تنها می‌توان تخمین زد کـه عضـو بـیش‌تـر یـک زوج (جفـت)، یـک مشخصه را چه‌قدر بیش‌تر دارد (ساعتی، ۲۰۰۱).

مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌هـا (شایسـتگی‌هـای BOCR) مفهـومی از فرآینـد تحلیل شبکه‌ای است.با استفاده از BOCR یک شبکه، مشتمل بر چهـار شـبکه‌ی فرعـی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها می‌شود. اولویت‌های گزینه‌ها را می‌تـوان بـا ترکیـب امتیازات هر یک از گزینه‌های زیرمجموعه B ,C,O,R تعیین کرد که پنج روش برای این کار وجود دارد: (لی، ۲۰۰۹)

- **فرمول جمعی:** $P_i = bB_i + oO_i + c[(1/C_i)_{normalized}] + r[(1/R_i)_{normalized}]$
- **فرمول جمعی احتمالی:** $P_i = bB_i + oO_i + c\,(1-C_i) + r\,(1-R_i)$
- **کاهشی:** $Pi = bB_i + oO_i - cC_i - rR_i$
- **مدل ضربی با اولویت‌های توانی:** $P_i = B_i^{b} + O_i^{o} + [(1/C_i)_{normalized}]^{c} + [(1/R_i)_{normalized}]^{r}$
- **مدل ضربی:** $P_i = B_i{*}O_i \,/\, C_i{*}R_i$

Archive of SID

www.SID.ir

ضرایب B ,O ,C ,R وزن گزینه‌ها در هر یک از چهار شبکه‌ی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها می‌باشند، که از طریق ماتریس‌های ویژه‌ی نهایی چهارگانه قابل دستیابی است. ضرایب b,o,c,r در فرمول فوق نیز از طریق انجام مقایسات زوجی بین معیارهای استراتژیک و شبکه‌ی BOCR به‌دست می‌آید. این نوع مقایسه‌ی زوجی حالتی خاص داشته است و ابتکار ساعتی می‌باشد (ساعتی، ۲۰۰۶، ص:۱۳). در این مقایسه‌ی زوجی که نتیجه‌ی آن ارتباط بین معیارهای استراتژیک تحقیق و شبکه‌ی BOCR را در بر دارد؛ سئوالات پرسیده شده، میزان شدت و اهمیت هر یک از معیارها را در شبکه‌ی مورد تحقیق بررسی می‌کند. طیف پرسش‌نامه‌ی مقایسه‌ی زوجی در این قسمت با مقایسات زوجی گذشته تفاوت داشته و شامل طیف ۱- ۹ نمی‌باشد. محققان به ازای تحقیقات مختلف در این زمینه، طیف‌های متنوعی را به‌کار برده‌اند (ساعتی، ۲۰۰۶، ص:۱۴۰). با توجه به این‌که در ارتباط با تأمین و امنیت انرژی در ایالات متحده طیف سه گزینه‌ای (زیاد، متوسط و کم) مورد استفاده قرار گرفته، در این‌جا نیز از این طیف جهت دستیابی به نتایج استفاده شده است (ساعتی، ۲۰۰۶، ص:۱۶۵).

مفهوم BOCR تصمیم‌گیرندگان را قادر به ارزیابی جنبه‌های مختلف یک مسأله شامل مزایا، هزینه‌ها، فرصت‌ها و ریسک‌ها می‌کند. در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری با استفاده از مدل AHP و ANP به همراه شبکه‌ی BOCR انجام شده است که نمونه‌هایی از این تحقیقات عبارتند از: انتخاب سیستم ترکیبی انرژی خورشیدی و بادی (چن و همکاران[1]، ۲۰۰۹)، مدل‌سازی اجرای سیاست انرژی (داگداویرن و اراسلان[2]، ۲۰۰۸)، انتخاب پروژه‌ی سیستم اطلاعاتی (لیانگ و لی[3]، ۲۰۰۸)، یافتن سوخت جایگزین برای گرمایش خانه‌ی مسکونی (اردوگموس و همکاران، ۲۰۰۴)، انتخاب منبع انرژی تجدیدپذیر پایدار به عنوان انرژی کمکی در کره‌ی شمالی (یی و همکاران[4]، ۲۰۱۱).

1- Chen et al.
2- Dagdeviren and Eraslan.
3- Liang and Li.
4- Yi et al.

Archive of SID

www.SID.ir

۵- مدل پیشنهادی ANP جهت اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید انرژی برق

تضمین انرژی و توسعه‌ی پایدار به‌عنوان دو عامل اصلی در این تحقیق مد نظر قرار می‌گیرند. تضمین انرژی دارای دو معیار اقتصادی و فناوری می‌باشد، که به‌علت اهمیت آن‌ها در برق تولیدی نیروگاه‌ها، از آن‌ها به‌عنوان معیارهای استراتژیک نیز نام برده می‌شود. توسعه‌ی پایدار نیز دارای سه معیار اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با توجه به اهمیت معیارهای استراتژیک و تأثیر آن‌ها بر اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق به بررسی این معیارها تحت شبکه‌ی BOCR پرداخته و سپس معیارهای توسعه‌ی پایدار را با توجه به ضرایب BOCR تحلیل نموده و در نهایت انواع نیروگاه‌های تولید برق را اولویت‌بندی شده است.

تعیین اوزان معیارهای استراتژیک و اوزان شبکه‌ی BOCR

در این تحقیق تلاش شده است با نگاهی جامع که برگرفته از رویکرد توسعه‌ی پایدار است به مسئله نگریسته شود، بنابراین برای جامعیت بخشیدن به معیارها، مدل BOCR تشریح می‌شود. ارزیابی اوزان معیارها و اولویت‌بندی نیروگاه‌ها بر اساس معیارها و زیرمعیارها می‌تواند به‌صورت داده‌ی عینی (اگر داده‌ی واقعی وجود داشته باشد) یا کیفی (از طریق ماتریس مقایسات زوجی) انجام‌گیرد. همان‌طور که اشاره شد، از آن‌جا که تأمین انرژی دارای معیارهای کمی است، لذا در اولویت‌بندی برق تولیدی توسط نیروگاه‌ها، این معیارها اولویت بالاتری دارند. بنابراین در این تحقیق این معیارها با عنوان معیارهای استراتژیک معرفی می‌شوند. برخی از معیارهای تأمین انرژی که در مقالات استفاده شده و مورد تأیید مؤسسه‌ی اطلاعات انرژی[1] است، به شرح زیر می‌باشند:

معیارهای فناوری تأمین انرژی

این معیارها عبارتند از: ظرفیت تولید (جانسون[2]، ۲۰۰۱)، ذخیره‌سازی سوخت (آرکل[3]، ۲۰۰۵) ،اطمینان از عرضه‌ی انرژی با تنوع در منابع (ورا[4]، ۲۰۰۴)، حداقل

1- IEA.
2- Johnson.
3- Arkell.
4-Vera.

Archive of SID

www.SID.ir

کردن مصرف سوخت‌های فسیلی (عباسپور و هنیکه[1]، ۲۰۰۵)، احداکثر کردن مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر (لی و همکاران، ۲۰۰۷) و کارایی (بیر[2]، ۲۰۰۷).

معیارهای اقتصادی تأمین انرژی

این معیارها عبارتند از:هزینه‌های سرمایه‌ای (کالدلیس و کاوادیاس[3]، ۲۰۰۷)، هزینه‌های راه‌اندازی (چاتزی موراتیدیس و پیلاواچی[4]، ۲۰۰۸)، هزینه‌های سوخت (فرتیک و تامسیک[5]، ۲۰۰۵) و هزینه‌های خارجی (کلاسن و ریاحی[6]، ۲۰۰۷).

با توجه به تقسیم‌بندی بالا، ابتدا ساختار کنترلی معیارهای استراتژیک تأمین انرژی را مدل‌سازی می‌شود. این مدل در شکل ۲ ترسیم شده است. پس از مدل‌سازی ساختار، بایستی مقایسات زوجی انجام شود. مقایسات زوجی عموما در مدل‌های شبکه‌ای و سلسله مراتبی در سه سطح معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها انجام می‌گیرد. در این تحقیق به دلیل استفاده از مدل BOCR در فرآیند تحلیل شبکه، مقایسات زوجی برای گزینه‌ها انجام نشده است. با توجه به مدل تحقیق، مقایسات زوجی برای دو معیار و ده زیرمعیار انجام می‌گیرد. به منظور انجام مقایسات زوجی تعداد یازده نفر از خبرگان صنعت برق، به‌صورت مجزا به پرسشنامه‌های تهیه شده در این بخش پاسخ داده‌اند. نمونه سئوال مطرح شده جهت مقایسه‌ی زوجی معیارها بدین صورت می‌باشد: "جهت تأمین برق مورد نیاز از نیروگاه‌ها با توجه به هزینه‌ی سرمایه‌گذاری، به نظر شما کدام شاخص ارزش و اهمیت بیش‌تری دارد و این ا همیت به چه میزانی است؟". نمونه‌ای از پرسش‌نامه‌ای که توسط خبرگان تکمیل شده در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- نمونه‌ای از پرسش‌نامه‌ی تکمیل شده توسط خبرگان

هزینه‌ی سوخت	۹	۷	۵	(۳)	۱	۳	۵	۷	۹	هزینه‌ی راه اندازی
هزینه‌ی سوخت	۹	۷	۵	۳	۱	(۳)	۵	۷	۹	هزینه‌ی خارجی
هزینه‌ی راه اندازی	۹	۷	۵	۳	۱	۳	(۵)	۷	۹	هزینه‌ی خارجی

منبع: نتایج تحقیق

1- Abbaswpour and Hennicke.
2- Beer.
3- Kaldellis and Kavadias.
4- Chatzimouratidis and Pilavachi.
5- Feretic and Tomsic.
6- Klaassen and Riahi.

Archive of SID

www.SID.ir

همان‌گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، هزینه‌ی راه اندازی نسبت به هزینه‌ی سوخت ۳ برابر اولویت دارد، که در سطر مربوط به آن مقدار عدد ۳ علامت‌گذاری شده است.

پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، میانگین هندسی قضاوت‌های کارشناسان نرمالایز و وارد نرم افزار تصمیمات ویژه[1] شده است. جداول (۲) و (۳) نمونه‌ای از ماتریس مقایسات زوجی را نشان می‌دهد. تعداد مقایسات زوجی انجام شده ۹۴ مقایسه‌ی زوجی بوده که در قالب یک مقایسه‌ی زوجی (معیارهای فناوری و اقتصادی)، ۶ مقایسه‌ی زوجی از نوع وابستگی بیرونی(زیرمعیارهای اقتصادی)، ۱۵ مقایسه‌ی زوجی از نوع وابستگی بیرونی (زیرمعیارهای فناوری)، ۱۲ مقایسه‌ی زوجی از نوع وابستگی درونی (زیرمعیارهای اقتصادی) و ۶۰ مقایسه‌ی زوجی از نوع وابستگی درونی (زیرمعیارهای فناوری) انجام گرفته است. محاسبات مربوط به ماتریس حدی جهت تعیین اوزان زیرمعیارهای استراتژیک در پیوست یک آورده شده است. ستون آخر ماتریس همان اوزان زیرمعیارها می‌باشد.

جدول ۲- مقایسات زوجی معیارهای اصلی تأمین انرژی

پایداری سیستم برق	اقتصادی	فناوری	نرمالایز
اقتصادی	۱	۰/۵	۰/۳۳۳
فناوری	۲	۱	۰/۶۶۷

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۳- مقایسات زوجی زیرمعیارهای فناوری

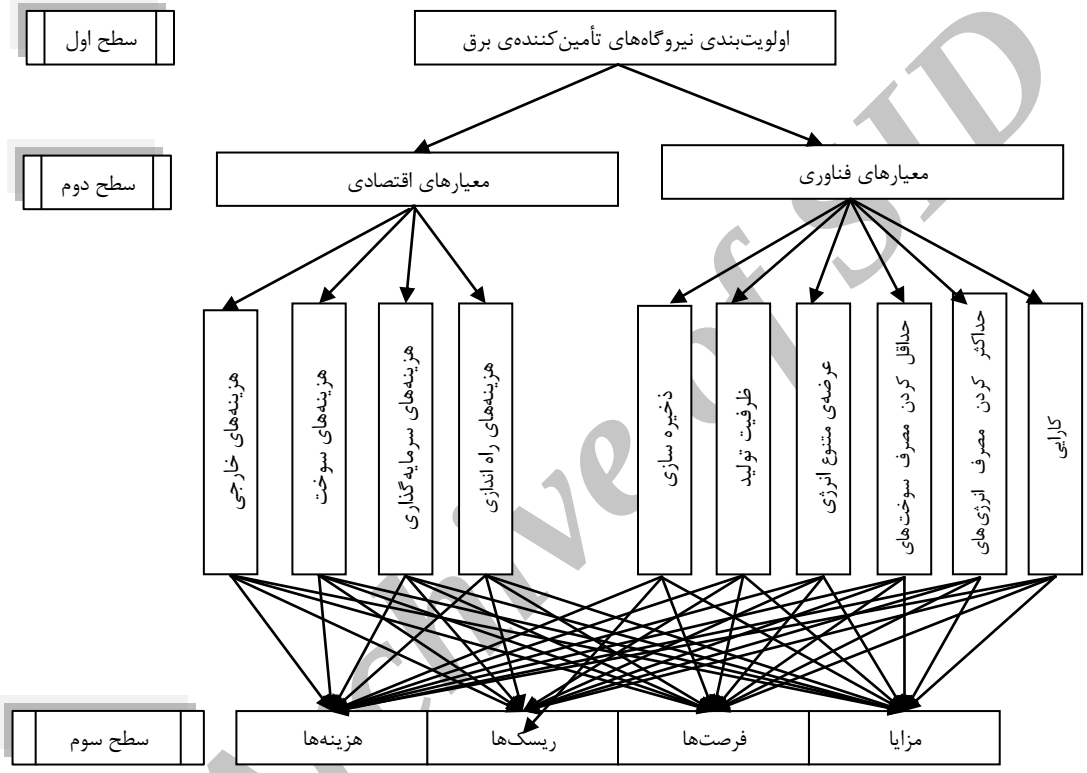
فناوری	ظرفیت تولید	ذخیره‌ی سوخت	عرضه‌ی متنوع	حداقل فسیلی	حداکثر تجدیدپذیر	کارایی	نرمالایز
ظرفیت تولید	۱	۵	۲	۳	۳	۲	۰/۳۴۲
ذخیره‌ی سوخت	۰/۲	۱	۰/۵	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۵	۰/۰۶۱
عرضه‌ی متنوع	۰/۵	۲	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۱۰۳
حداقل فسیلی	۰/۳۳۳	۳	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۱۴۴
حداکثر تجدیدپذیر	۰/۳۳۳	۳	۲	۱	۱	۰/۵	۰/۱۴۴
کارایی	۰/۵	۲	۲	۲	۲	۱	۰/۲۰۶

منبع: نتایج تحقیق

1-Super Decision.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- نمودار ساختار شبکه‌ای مسأله تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

پس از انجام مقایسات زوجی با استفاده از نرم افزار تصمیمات ویژه، بردار نهایی اولویت هر یک از معیارها و زیر معیارهای مدل به دست آمده است. وزن نهایی هر یک از زیرمعیارها در جدول ۴ نشان داده شده است. در نهایت جهت تعیین اوزان شبکه‌ی BOCR از حالتی خاص از پرسش‌نامه‌ی مقایسات زوجی استفاده شده که تمام زیرمعیارهای استراتژیک تأمین انرژی براساس یک طیف سه گانه‌ی زیاد (۱)، متوسط (۰/۷۷۷)، کم (۰/۴۴۴) مورد بررسی قرار گرفته است. پس از نرمالایز کردن داده‌ها اوزان نهایی شبکه‌ی BOCR تعیین و نتیجه‌ی حاصل در جدول ۴ نشان داده شده است.

اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق براساس شاخص‌های توسعه‌ی پایدار با توجه به شبکه‌ی BOCR

پس از محاسبه‌ی اولویت‌های b,o,c,r، نوبت به محاسبه‌ی ضرایب B,O,C,R براساس شاخص‌های توسعه‌ی پایدار می‌رسد. جهت انجام این محاسبات هر یک از معیارهای توسعه‌ی پایدار به زیر معیارهایی تقسیم و براساس شبکه‌ی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها به اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق پرداخته شده است. شکل ۳، ساختار شبکه‌ای BOCR را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۳ نشان داده شده است هر یک از شبکه‌های مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها با توجه به معیارهای توسعه‌ی پایدار(معیارهای اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی) در نظر گرفته شده و با استفاده از نرم افزار تصمیمات ویژه اوزان نهایی هر یک از اجزای شبکه‌ی BOCR تعیین شده است. اوزان نرمال شده هر یک از نیروگاه‌ها با توجه به شبکه‌های مزایا، هزینه‌ها، فرصت‌ها و ریسک‌ها در جدول ۵ آورده شده است. در این جدول رتبه‌ی یک و شش به ترتیب نشان‌دهنده‌ی بهترین و بدترین گزینه‌ها در شبکه‌های مزایا و فرصت‌ها بوده و هم‌چنین نشان‌دهنده‌ی بدترین و بهترین گزینه‌ها در شبکه‌های هزینه‌ها و ریسک‌ها می‌باشند.

در نهایت با استفاده از فرمول جمعی احتمالی به اولویت‌بندی نیروگاه‌های تولید برق پرداخته شده است. نتیجه‌ی نهایی در جدول ۶ آورده شده است. نتایج حاکی از آن است که در نهایت با در نظر گرفتن تمامی جوانب تأمین انرژی و توسعه‌ی پایدار و هم‌چنین بررسی چهار جانبه‌ی مزایا، هزینه‌ها، فرصت‌ها و ریسک‌ها، نیروگاه سیکل ترکیبی با اولویت نهایی ۰/۲۳۷در رتبه‌ی اول قرار گرفته و پس از آن نیروگاه برقآبی با

Archive of SID

www.SID.ir

اولویت نهایی ۰/۲۰۸ قرار گرفته است. در این میان نیروگاه‌های گازی و بخاری اولویت‌های آخر را کسب کرده‌اند.

جدول ۴- شدت و اهمیت معیارهای استراتژیک و تعیین اوزان نهایی BOCR

معیارهای استراتژیک / شبکه‌ها	اقتصادی				فناوری						جمع کل	نرمالایز
	هزینه‌های سوخت(۰/۰۸۶)	هزینه‌های سرمایه‌گذاری(۰/۰۷۵)	هزینه‌های راه‌اندازی(۰/۰۶۳)	هزینه‌های خارجی(۰/۱۰۸)	ظرفیت تولید (۰/۰۶۹)	ذخیره‌سازی (۰/۰۷۱)	عرضه‌ی متنوع انرژی(۰/۰۶۱)	حداقل کردن مصرف سوخت‌های فسیلی(۰/۱۳۶)	حداکثر کردن مصرف انرژی‌های تجدید پذیر(۰/۱۳۷)	کارایی(۰/۱۹۳)		
مزایا	زیاد	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	زیاد	۰/۹۰۷	b=۰/۲۷۱
فرصت‌ها	متوسط	متوسط	کم	زیاد	متوسط	زیاد	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	۰/۸۳۹	o=۰/۲۵۱
هزینه‌ها	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	زیاد	۰/۹۷۱	c=۰/۲۸۹
ریسک‌ها	متوسط	زیاد	کم	کم	کم	زیاد	زیاد	متوسط	کم	کم	۰/۶۳۴	r=۰/۱۸۹
زیاد:۱، متوسط ۰/۷۷۷، کم ۰/۴۴۴												

منبع: نتایج تحقیق

جدول ۵- اوزان و رتبه‌بندی انواع نیروگاه‌ها در شبکه‌ی BOCR

	نیروگاه بخاری		نیروگاه گازی		نیروگاه سیکل ترکیبی		نیروگاه برقآبی		نیروگاه هسته‌ای		نیروگاه تجدیدپذیر	
	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R
مزایا	۰/۰۶۴۰	۶	۰/۰۸۱۷	۵	۰/۲۸۷۰	۱	۰/۱۷۵۴	۳	۰/۲۲۵۶	۲	۰/۱۶۶۴	۴
فرصت‌ها	۰/۰۴۳۰	۶	۰/۰۵۱۱	۵	۰/۱۳۷۱	۴	۰/۲۲۷۰	۲	۰/۱۴۲۲	۳	۰/۳۹۹۷	۱
هزینه‌ها	۰/۱۲۵۳	۴	۰/۱۲۹۳	۳	۰/۰۹۱۷	۶	۰/۱۲۱۲	۵	۰/۳۰۲۰	۱	۰/۲۳۰۵	۲
ریسک‌ها	۰/۲۷۱۵	۱	۰/۲۱۸۸	۲	۰/۱۲۲۸	۵	۰/۱۳۰۴	۴	۰/۰۹۰۰	۶	۰/۱۶۶۵	۳

N: وزن نرمال شده‌ی نیروگاه R: رتبه

منبع: نتایج تحقیق

Archive of SID

www.SID.ir

بر مبنای فرمول جمعی احتمالی، اولویت‌بندی نهایی گزینه‌ها به شرح جدول (۶) قابل مشاهده است. برای نمونه به بررسی وزن نهایی نیروگاه بخاری پرداخته می‌شود که در آن i نشان‌دهنده‌ی نوع نیروگاه می‌باشد:

$$\textbf{Steam Station} = bB_i + oO_i + c(1 - C_i) + r(1 - R_i)$$
$$= (0.271 \times 0.233) + (0.251 \times 0.108) + 0.289 \times (1 - 0.415)$$
$$+ 0.189 \times (1 - 1) = \mathbf{0.257}$$

در این رابطه‌ی مقادیر b,o,c,r از جدول (۴) به دست آمده است و مقادیر O_i , B_i, C_i, R_i با استفاده از سلسله مراتب BOCR براساس شاخص‌های توسعه‌ی پایدار حاصل شده که نتیجه‌ی آن در جدول (۵) قابل مشاهده است. مقادیر داخل جدول (۶) بدین صورت به‌دست آمده است که به بیش‌ترین مقدار به‌دست آمده در هر یک از شبکه‌ها در جدول (۵) مقدار عدد یک اختصاص داده شده و برای تعیین بقیه‌ی مقادیر، آن مقدار بر بیش‌ترین مقدار تقسیم و نتیجه در جدول (۶) آورده شده است.

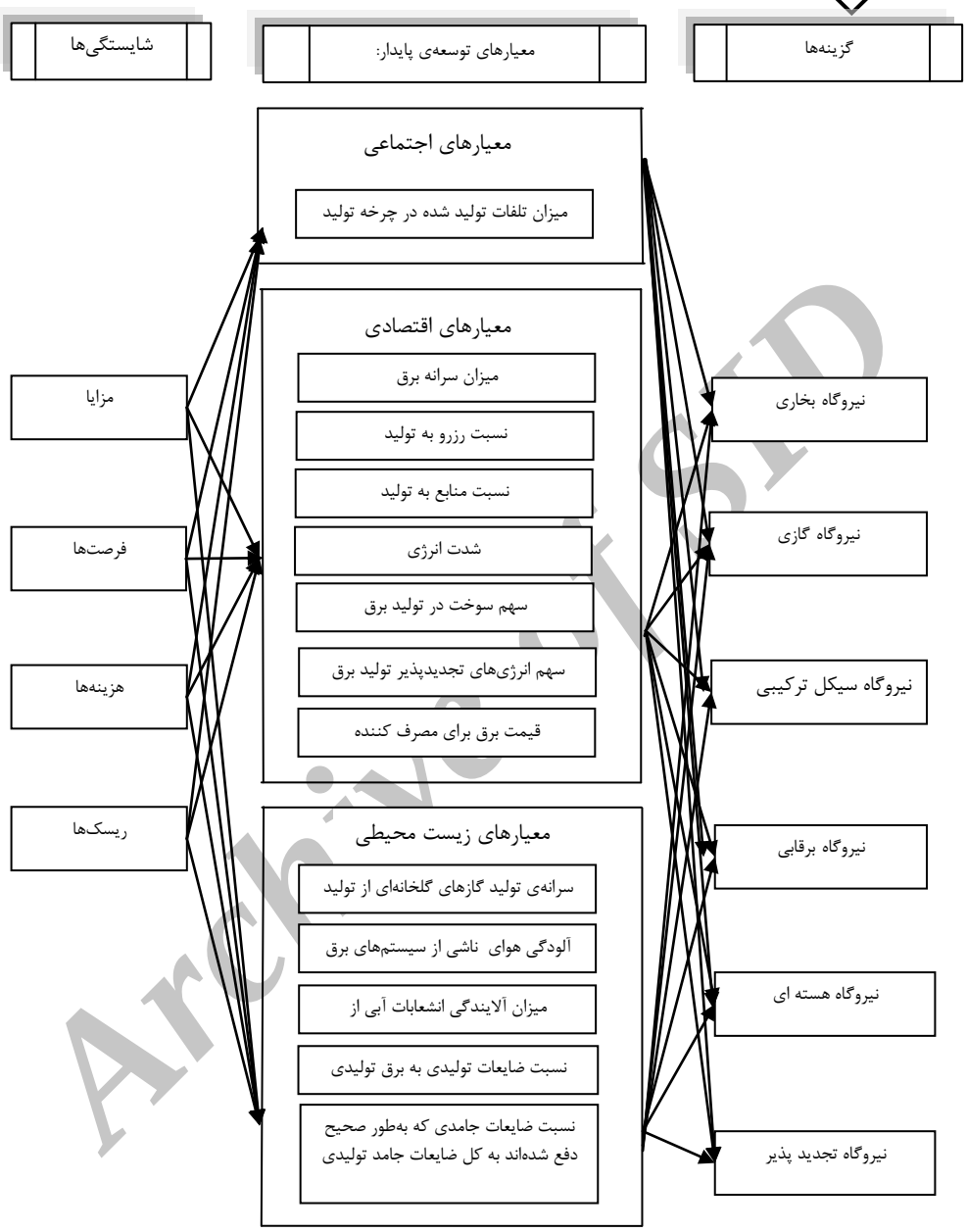
جدول ۶- رتبه‌بندی انواع نیروگاه‌ها

شبکه‌ها / گزینه‌ها	مزایا B_i	فرصت‌ها O_i	هزینه‌ها C_i	ریسک‌ها R_i	وزن‌دهی[1]	رتبه‌بندی
نیروگاه بخاری	۰/۲۲۳	۰/۱۰۸	۰/۴۱۵	۱	۰/۲۵۷	۶
نیروگاه گازی	۰/۲۸۵	۰/۱۲۸	۰/۴۲۷	۰/۸۰۶	۰/۳۱۲	۵
نیروگاه سیکل	۱	۰/۳۴۳	۰/۳۰۲	۰/۴۵۲	۰/۶۶۲	۱
نیروگاه برقآبی	۰/۶۱۱	۰/۵۶۸	۰/۴۰۱	۰/۴۸	۰/۵۷۹	۲
نیروگاه هسته‌ای	۰/۷۸۶	۰/۳۵۶	۱	۰/۳۳۱	۰/۴۲۸	۴
نیروگاه تجدیدپذیر	۰/۵۸	۱	۰/۷۶۴	۰/۶۱۳	۰/۵۴۹	۳

منبع: نتایج تحقیق

1- bBi + oOi +c (1-Ci) + r (1-Ri)

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- سلسله‌ی مراتب BOCR براساس شاخص‌های توسعه‌ی

Archive of SID

www.SID.ir

۶- تحلیل حساسیت مدل ANP-BOCR

به منظور بررسی پایداری جواب ارائه شده، در این بخش به تحلیل حساسیت مدل در چهار شبکه‌ی مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها پرداخته می‌شود. تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که اولویت‌های نهایی در صورت تغییر مقادیر هر یک از شبکه‌ها تا چه اندازه تغییر می‌کند. با توجه به استفاده از معیارهای متنوع توسعه‌ی پایدار در این تحقیق و با تکیه بر بخش تحلیل حساسیت نرم افزار تصمیمات ویژه، اوزان و ترجیحات به‌دست آمده برای گزینه‌های تحقیق (انواع نیروگاه‌ها) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این تحلیل همه جانبه معیارهای فوق در قالب مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها، مورد پردازش قرار می‌گیرند، تا از این طریق راهنمای مناسبی جهت سناریو پردازی در تعیین هر چه بهتر ترکیب برق تولیدی انواع نیروگاه‌ها و اهمیت آن‌ها در چرخه‌ی تأمین برق مورد نیاز معرفی شود. به منظور تحلیل مناسب و مقایسه‌ی انواع گزینه‌ها (نیروگاه‌ها) نسبت به هم از میان انواع روش‌های موجود در بخش چهارم، ضرایب اولویت‌بندی با استفاده از روش کاهشی مورد استفاده قرار گرفته است. روش مذکور در تحلیل نمودار، امکان مقایسه‌ی انواع گزینه‌ها را با هم فراهم می‌کند. از آن‌جا که اولویت‌بندی نهایی نیروگاه‌ها ترکیبی از اولویت‌بندی بر مبنای مزایا، هزینه‌ها، فرصت‌ها و ریسک‌ها می‌باشد، به ترتیب هر یک از چهار جنبه‌ی فوق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

تحلیل حساسیت شبکه‌ی مزایا

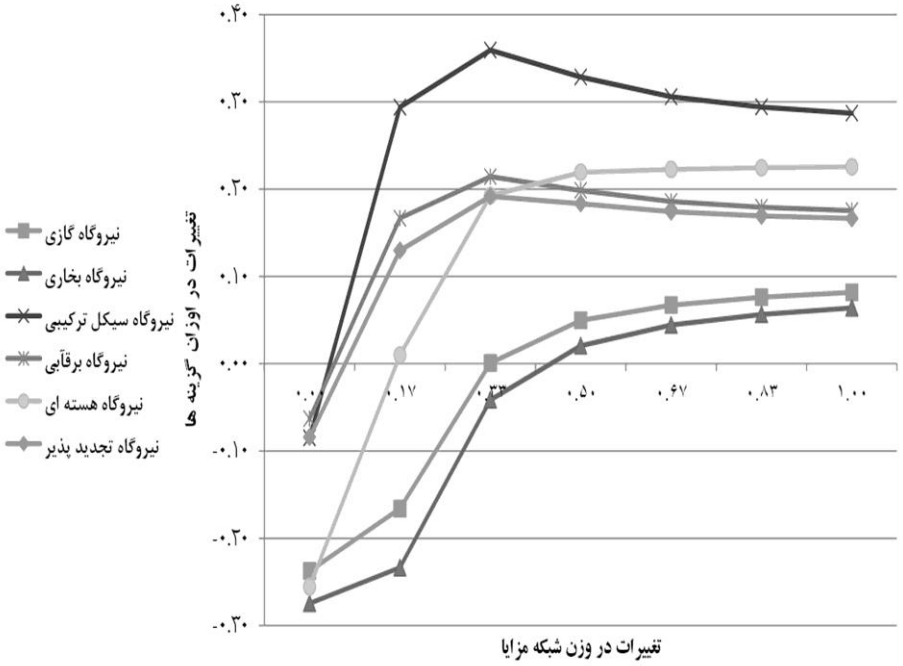
همان‌طورکه از نمودار (۱) قابل مشاهده است، در صورت توجه بالا به مزایای نیروگاهی و در ارجحیت‌های بالای ۰/۱، این نیروگاه سیکل ترکیبی است که از نظر مزایا بر تمامی نیروگاه‌ها غلبه دارد. نیروگاه‌های هسته‌ای نیز در ارجحیت‌های بالاتر از ۰/۴۵ بر سایر نیروگاه‌ها به جزء سیکل ترکیبی برتری دارد. در این میان نیروگاه‌های برقآبی و تجدیدپذیر در ارجحیت‌های کم‌تر از ۰/۰۳ بر سایر نیروگاه‌ها برتری دارند، به‌عبارت دیگر در صورت توجه کم‌تر به جنبه مزایای برق تولیدی نیروگاه‌ها، این نیروگاه‌های برقآبی و تجدیدپذیرند که نسبت به تمامی نیروگاه‌ها از اولویت بالاتری برخوردارند. با این وجود در ارجحیت‌های بالاتر از ۰/۰۳، این تسلط و برتری از بین رفته و شیب نزولی مشاهده می‌شود. نیروگاه‌های گازی و بخاری نیز از ابتدا شیب نزولی داشته و همواره از نظر مزایا جزء نیروگاه‌های مغلوب به شمار می‌آیند.

Archive of SID

www.SID.ir

تحلیل حساسیت شبکه‌ی هزینه‌ها

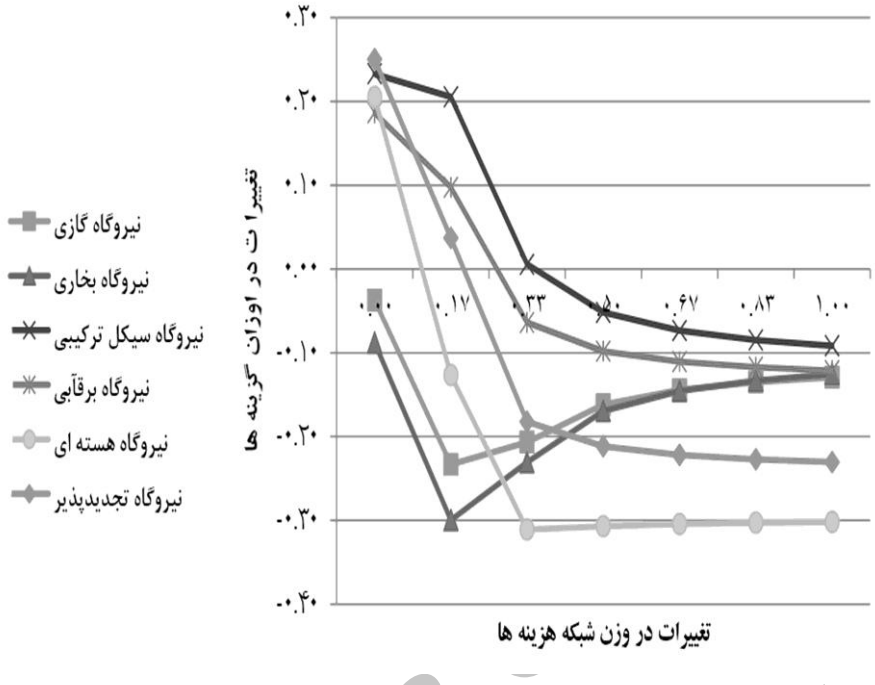
نمودار (۲)، نشان می‌دهد که در ارجحیت‌های بالای ۰/۰۸ این نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و برقآبی هستند که از جهت هزینه‌بری بر سایر نیروگاه‌ها اولویت دارند. به‌عبارت دیگر از نظر توجه به هزینه‌های نیروگاهی و تأمین اهداف توسعه‌ی پایدار این نیروگاه‌های فوق هستند که از نظر اقتصادی نسبت به سایر نیروگاه‌ها برتری دارند. در این بین سایر نیروگاه‌ها در ارجحیت‌های مختلف وضعیت متفاوتی دارند، تا ارجحیت ۰/۲۵، نیروگاه‌های هسته‌ای و تجدیدپذیر اولویت بالاتری نسبت به نیروگاه‌های بخاری و گازی دارند، در حالی که در ارجحیت‌های بالاتر از ۰/۴۲، این نیروگاه‌های بخاری و گازی هستند که در اولویت بالاتری از نیروگاه‌های هسته‌ای و تجدیدپذیر جای می‌گیرند.



منبع: نتایج تحقیق

نمودار ۱- تحلیل حساسیت برای شبکه‌ی مزایا

www.SID.ir



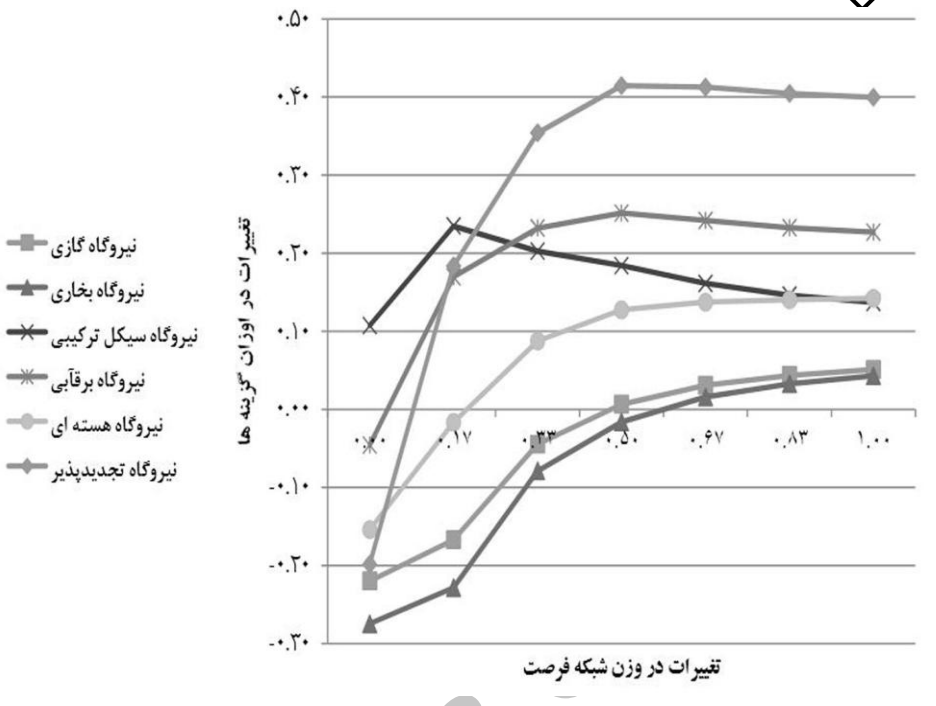
منبع: نتایج تحقیق

نمودار ۲- تحلیل حساسیت برای شبکه‌ی هزینه‌ها

تحلیل حساسیت شبکه‌ی فرصت‌ها

در شبکه‌ی فرصت‌ها که تحلیل حساسیت آن در نمودار (۳) قابل مشاهده است، تا ارجحیت ۰/۲، نیروگاه سیکل ترکیبی در اولویت بالاتری نسبت به سایر نیروگاه‌ها قرار دارد؛ ولی در ارجحیت‌های بالای ۰/۲ این نیروگاه تجدیدپذیر است که در اولویت اول قرار می‌گیرد. در این میان نیروگاه برقآبی نیز تا ارجحیت ۰/۱۵ بالاتر از تمامی نیروگاه‌ها به جزء نیروگاه سیکل ترکیبی قرار دارد، با این حال در ارجحیت‌های بالای ۰/۱۵، پایین‌تر از نیروگاه تجدیدپذیر قرار می‌گیرد؛ ولی هم‌چنان در اولویت بالاتری نسبت به سایر نیروگاه‌ها قرار دارد. نیروگاه‌های گازی و بخاری نسبت به تمامی نیروگاه‌ها پایین‌ترین اولویت را دارند.

Archive
www.SID.ir



منبع: نتایج تحقیق

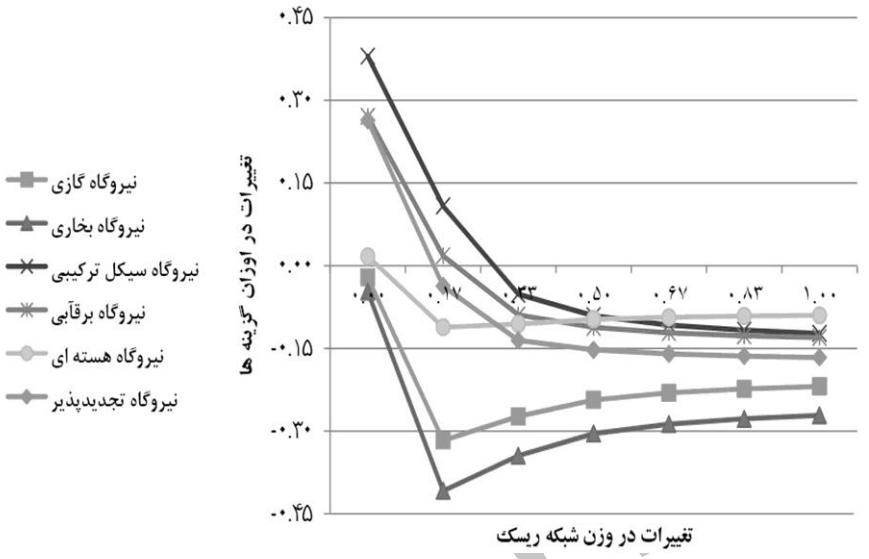
نمودار ۳- تحلیل حساسیت برای فرصت‌ها

تحلیل حساسیت شبکه‌ی ریسک‌ها

آخرین شبکه در تحلیل حساسیت ارجحیت‌های آن برای بررسی اولویت‌بندی انواع نیروگاه‌ها، شبکه‌ی ریسک‌ها می‌باشد. در شبکه‌ی ریسک‌ها همان‌طور که در نمودار (۴) قابل مشاهده می‌باشد، تا ارجحیت ۰/۵۵، این نیروگاه سیکل ترکیبی است که در اولویت اول نسبت به سایر نیروگاه‌ها قرار دارد؛ با این وجود در ارجحیت‌های بالای ۰/۵۵، این نیروگاه هسته‌ای می‌باشد که جایگاه نیروگاه سیکل ترکیبی را تصاحب می‌کند. نیروگاه هسته‌ای تا ارجحیت ۰/۲۸ پایین‌تر از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، برقآبی و تجدید پذیر قرار دارد. نیروگاه برقآبی تا ارجحیت ۰/۴۱ بالاتر از تمامی نیروگاه‌ها به جز ترکیبی قرار می‌گیرد. در نهایت نیروگاه‌های گازی و بخاری از ابتدا شیبی نزولی داشته و همواره در اولویت آخر نیروگاه‌ها قرار دارند.

Archive

www.SID.ir



منبع: نتایج تحقیق

نمودار ۴- تحلیل حساسیت برای ریسک‌ها

۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با بررسی و مطالعه‌ی ترکیب فعلی و آتی نیروگاه‌های برق، مشخص شده است که نیروگاه‌های فسیلی (بخاری، گازی و سیکل ترکیبی) هم‌چنان نقشی اساسی در تأمین برق کشور بر عهده دارند و در چشم انداز بیست ساله، این نیروگاه‌های ترکیبی هستند که جایگاه اول را در میان نیروگاه‌های فسیلی خواهند گرفت. لازم به یادآوری است که هر چند هدف‌گذاری در زمینه‌ی استفاده‌ب کم‌تر از نیروگاه‌های بخاری و گازی انجام گرفته است، با این وجود به علت تأمین انرژی مورد نیاز و از سوی دیگر ارزان بودن تأمین برق از این نوع نیروگاه‌ها اجرای خط مشی‌های تدوین شده در کوتاه مدت و میان مدت بعید به نظر می‌رسد. مقایسه‌ی نتایج این تحقیق با واقعیات موجود نشان می‌دهد، روال تأمین برق تنها در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در هر دو مشترک می‌باشد، البته در ارتباط با تأمین برق از سایر نیروگاه‌ها، تفاوت‌هایی بین نتایج تحقیق و پیش بینی‌های انجام گرفته وجود دارد، بنابراین می‌توان چنین ادعا کرد که این معیارهای توسعه‌ی پایدار و ملاحظات زیست محیطی هستند که سبب ایجاد چنین تفاوتی در نتایج تحقیق

Archive of SID
www.SID.ir

با واقعیات شده‌اند. پیشنهادهای این پژوهش جهت انجام هر چه بهتر تحقیقات آتی در زمینه‌ی اولویت‌بندی انرژی به شرح زیر می‌باشد:

- فرا تحلیلی از تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی اولویت‌بندی نیروگاه‌ها چه در زمینه‌ی تحقیقات داخلی و چه خارجی مورد نیاز می‌باشد. منظور از رویکرد فرا تحلیلی، تحلیل آماری نتایج پژوهش‌ها با هدف ترکیب کردن یافته‌ها می‌باشد که اولین بار توسط جین گلاس[1] در سال ۱۹۷۶ ارائه شده است. حجم بالای تحقیقاتی که در موضوعات متنوع و چالش برانگیز مرتبط با انرژی انباشته شده، زمینه را برای پرداختن محققان به پژوهش‌هایی با رویکرد ترکیبی و استفاده از تکنیک‌های فرا تحلیلی آماده می‌کند. به‌روشنی می‌توان در مقالات متعدد پژوهشی که از تکنیک‌های فراتحلیلی برای ترکیب نظرات و نتایج تحققات پیشین بهره می‌برند، علاقه‌ی محققان برای پرداختن به این امر را مشاهده کرد.

- مقایسه‌ی تطبیقی بین نتایج اولویت‌بندی نیروگاه‌ها در یک کشور واردکننده‌ی انرژی و یک کشور صادر کننده پیشنهاد می‌شود.

- مقایسه‌ی تطبیقی بین نتایج حاصل از پیش‌بینی‌های دولت و تحقیقات انجام گرفته در زمینه‌ی اولویت‌بندی نیروگاه‌ها پیشنهاد می‌شود. به علت داشتن نگرش‌های اقتصادی در زمینه‌ی تأمین انرژی از سوی دولت، نتایج این مطالعات می‌تواند تحلیل شکافی بین وضعیت موجود و مطلوب باشد.

فهرست منابع

جوشانی، اکرم و بهاری، ابوذر (۱۳۸۸). "شاخص‌های توسعه‌ی پایدار در سند توسعه‌ی انرژی استان هرمزگان"، تهران، هفتمین همایش ملی انرژی.

ترازنامه‌ی انرژی سال ۱۳۸۸(۱۳۸۹). تهران، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی.

زبردست، اسفندیار (۱۳۸۹)، "کاربرد فرآیند تحلیل شبکه‌ای در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای"، نشریه‌ی هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، شماره‌ی ۴۱، صفحات: ۹۰-۷۹.

1- Jane Glass.

Archive of SID

www.SID.ir

محمدی، مهرداد (۱۳۸۵)، "اولویت‌بندی به‌کارگیری منابع انرژی در نیل به توسعه‌ی پایدار در کشور"، تهران، اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی.

مهرگان، محمدرضا، سلامی، هادی، خواجه، مصطفی، (۱۳۹۰)، "ارائه‌ی یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه، جهت برون سپاری فرآیندهای کسب و کار با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای، مدیریت توسعه و تحول"، سال سوم، شماره‌ی ۶، صفحات: ۳۰-۱۷.

Abbaswpour M. & Hennicke P, (2005), Climate Policy and Sustainable Development: Opportunities for Iranian-German Cooperation. Case Study: Solar Thermal Energy in Iran, Retrieved from CEERS and Wuppatal Cooperative: http://www.ceers.org/News/Solar_Iran-Execut_Summary.pdf

Akisawa, A., Kang, Y.T., Shimazaki, Y., & Kashiwagi, T, (1999), Environmentally Friendly Energy System Models Using Material Circulation and Energy Cascade-the Optimization Work, Energy 24(7), 561–78.

Andersen, J.P., & Hyman, B, (2001), Energy and Material Flow Models for the US Steel Industry, Energy 26(2), 137–159.

Arkell, R, (2005), Sustainable Energy Development in Renewable Energy Resources Now May Save Us more than Money in the Future, Japan.

Badri, M.A, (1992), Analysis of Demand for Electricity in the United States, Energy 17(7), 725–33.

Beer, J.M, (2007), High Efficiency Electric Power Generation: the Environmental Role, Progress in Energy and Combustion Science 33, 107–134.

Borges A.M, Pereira A.M, (1992), Energy Demand in Portuguese Manufacturing: A Two-Stage Model, Energy 17(1), 61–77.

Buyukyazici, M., Sucu, M, (2003), the Analytic Hierarchy and Analytic Network, Journal of Mathematics and Statistics 32, 65-73.

Chatzimouratidis, A.I. & Pilavachi, P.A, (2008), Sensitivity Analysis of the Evaluation of Power Plants Impact on the Living Standard Using the Analytic Hierarchy Process, Energy Conversion and Management 49, 3599–3611.

Chen H.H., Kang H.Y, Lee A.H.I, (2009), Strategic Selection of Suitable Projects for Hybrid Solar-Wind Power Generation Systems, Renewable & Sustainable Energy Reviews 14(1), 413–21.

Archive of SID

www.SID.ir

Dagdeviren, M., Eraslan, E, (2008), Priority Determination in Strategic Energy Policies in Turkey Using Analytical Network Process (ANP) with Group Decision Making, International Journal of Energy Resources 33, 1047–57.

Erdogmus, S., Aras, H., Koc, E, (2004), Evaluation of Alternative Fuels for Residential Heating in Turkey Using Analytical Network Process (ANP) with Group Decision-Making, Renewable & Sustainable Energy Reviews 10, 269–79.

Erdogmus, S., Kapanoglu, M., Koc, E, (2005), Evaluating High-Tech Alternatives by Using Analytic Network Process with BOCR and Multiactors, Evaluation and Program Planning 28, 391–399.

Feretic, D., & Tomsic, Z, (2005), Probabilistic Analysis of Electrical Energy Costs Comparing: Production Costs for Gas, Coal and Nuclear Power Plants, Energy Policy 33, 5–13.

Gong M, (2003), Optimization of Industrial Energy Systems by Incorporating Feedback Loops into the MIND Method, Energy 28, 1655–69.

Johnson, D, (2001), Sustainable Energy for Future Generations, NEA News 19.1, 4-7.

Kaldellis, J.K., & Kavadias, K.A, (2007), Cost–Benefit Analysis of Remote Hybrid Wind-Diesel Power Stations: Case Study Aegean Sea Islands, Energy Policy 35, 1525–1538.

Karakosta, C., & Askounis, D, (2010), Developing Countries' Energy Needs and Priorities under a Sustainable Development Perspective: A Linguistic Decision Support Approach, Energy for Sustainable Development 14, 330–338.

Klaassen, G., & Riahi, K, (2007), Internalizing Externalities of Electricity Generation: An Analysis with MESSAGE-MACRO, Energy Policy 35, 815–827.

Kone, A.C., & Buke, T, (2007), An Analytical Network process (ANP) Evaluation of Alternative Fuels for Electricity Generation in Turkey, Energy policy 37, 5220-5228.

Lee A.H.I, (2009), A Fuzzy Supplier Selection Model with the Consideration of Benefits, Opportunities, Costs and Risks, Expert Systems with Applications 36, 2879–2893.

Lee, S. K., Mogi, G., & Kim, J. W, (2008), the Competitiveness of Korea as a Developer of Hydrogen Energy Technology: The AHP Approach, Energy Policy 36, 1284–1291

Archive of SID

www.SID.ir

Liang, C., Li, Q, (2008), Enterprise Information System Project Selection with regard to BOCR, International Journal of Project Management 26,810–20.

Little, A.D, (2000), Overview of Energy Flow for Industries in Standard Industrial Classifications 20-39, Available at: http://steamingahead.org/library/adlittle.pdf.

Mazandarani, A & Mahlia, T.M.I, & Chong, W.T., & Moghavvemi, M, (2010), A Review on the Pattern of Electricity Generation and Emission in Iran from 1967 to 2008, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 1814-29.

Mead, L., & Sarkis, J, (1999), Analyzing Organizational Project Alternatives for Agile Manufacturing Processes: an Analytic Network Approach, International Journal of Production Research 37(2), 241-261.

Nagesha, N., & Balachandra, P, (2006), Barriers to Energy Efficiency in Small Industry Clusters: Multi-Criteria-Based Prioritization Using the Analytic Hierarchy Process, Energy 31(12), 1969-1983.

Saaty, T, (2001), Fundamentals of Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, Pittsburgh: RWS| Publications.

Saaty, T, (2006), Theory and Applications of the Analytic Network Process Decision Making with| Benefits, Opportunities, Costs and Risks, Pittsburgh: RWS| Publications.

Scarpellini, S., & Romeo, L.M, (1999), Policies for the Setting up Of Alternative Energy Systems in European SMEs: a Case Study, Energy Conversion and Management| 40(15-16), 1661–68

Ulutas B.H, (2005), Determination of the Appropriate Energy Policy for Turkey, Energy 30, 1146-61.

Vera, I., & Langlois, L, (2007), Indicators for Sustainable Energy Development, Energy 32, 875–882.

Worrell, E., and Price, L, (2001), Policy Scenarios for Energy Efficiency Improvement in Industry, Energy Policy 29, 1223–1241.

Yi, S.K., Sin, H.Y., Heo, E, (2011) ,Selecting Sustainable Renewable Energy Source for Energy Assistance to North Korea, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, 554–563

Zangeneh A., Jadid S, & RahimiKian, A, (2009), A Hierarchical Decision Making Model for the Prioritization of Distributed Generation Technologies: A Case Study for Iran, Energy Policy 37, 5752–63.

Archive of SID

www.SID.ir

	Econom	Technol	E۱:fuel	E۲:inv	E۳:ope	E۴:exte	Benefits	Cost	Opportu	Risks	T۱:capa	T۲:sto	T۳:div	T۴:min	T۵:max	T۶:eff	Securit
Econo	۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Techn	۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
E:fuel۱	۰,۲۵۸	.	۰,۲۵۸	۰,۲۵۸	۰,۲۵۸	۰,۲۵۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۰۸۶
E:inve۲	۰,۲۲۶	.	۰,۲۲۶	۰,۲۲۶	۰,۲۲۶	۰,۲۲۶	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰۰۷۵
E:oper۳	۰,۱۹۰	.	۰,۱۹۰	۰,۱۹۰	۰,۱۹۰	۰,۱۹۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۰۶۳
E:exte۴	۰,۳۲۵	.	۰,۳۲۵	۰,۳۲۵	۰,۳۲۵	۰,۳۲۵	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۱۰۸
Benef	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Costs	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oppo	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Risks	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Secur	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
T:capa۱	.	۰,۱۰۳	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۱۰۳	۰,۱۰۳	۰,۱۰۳	۰,۱۰۳	۰,۱۰۳	۰,۱۰۳	۰,۰۶۹
T:sto۲	.	۰,۱۰۶	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۱۰۶	۰,۱۰۶	۰,۱۰۶	۰,۱۰۶	۰,۱۰۶	۰,۱۰۶	۰,۰۷۰
T:div۳	.	۰,۰۹۱	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۰۹۱	۰,۰۹۱	۰,۰۹۱	۰,۰۹۱	۰,۰۹۱	۰,۰۹۱	۰,۰۶۱
T:min۴	.	۰,۲۰۳	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۲۰۳	۰,۲۰۳	۰,۲۰۳	۰,۲۰۳	۰,۲۰۳	۰,۲۰۳	۰,۱۳۵
T:max۵	.	۰,۲۰۵	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۲۰۵	۰,۲۰۵	۰,۲۰۵	۰,۲۰۵	۰,۲۰۵	۰,۲۰۵	۰,۱۳۷
T:eff۶	.	۰,۲۸۸	.	.	.	.	.	.	.	.	۰,۲۸۸	۰,۲۸۸	۰,۲۸۸	۰,۲۸۸	۰,۲۸۸	۰,۲۸۸	۰,۱۹۲

پیوست ۱- ماتریس حدی زیرمعیارهای استراتژیک

Archive of SID

www.SID.ir