DOI: http://dx.doi.org/10.22104/jtdm.2016.316

ترسیم و رتبه‌بندی سناریوهای آینده صنعت برق ایران با بهره‌گیری از نقشه‌شناختی فازی و تحلیل سناریو

احمدرضا قاسمی*[۱]
محمدرضا قبادیان[۲]

چکیده:

ازآنجاکه شناسایی مناسب‌ترین فناوری آینده صنعت برق حداقل در سطح ملی تا حدود زیادی مغفول مانده‌است. این پژوهش با بهره‌گیری از فنون چندرشته‌ای آینده‌پژوهی با بهره‌گیری از نقشه‌شناختی فازی و تحلیل سناریو به ترسیم و رتبه‌بندی سناریوهای آینده صنعت برق ایران پرداخته‌است. در این پژوهش داده‌های ذهنی خبرگان به‌عنوان اصلی‌ترین ابزار در پیش‌بینی آینده فناوری‌های جدید، به‌وسیله نقشه‌شناختی فازی و از طریق انجام مصاحبه عمیق استخراج شده‌است. ترسیم نقشه‌شناختی فازی صنعت برق ایران در حکم ورودی فرآیند آینده‌پژوهی است. تحلیل نقشه‌شناختی فازی صنعت برق ایران که فرآیند اصلی آینده‌پژوهی این پژوهش را دربرمی‌گیرد، شامل سه‌گام سناریونگاری، شبیه‌سازی سناریوها بر پایه نقشه‌شناختی فازی و رتبه‌بندی سناریوها می‌باشد. در گام نخست چهار سناریو فناوری محور برای آینده صنعت برق که برآمده از اولویت‌های سرمایه‌گذاری در این صنعت است، شناسایی می‌شود، گام بعد با قرارگیری این سناریوها در نقشه‌شناختی فازی صنعت برق ایران، شبیه‌سازی این سناریوها بر پایه نقشه‌شناختی فازی انجام شود. در گام آخر نیز رتبه‌بندی سناریوهای حاصل از نتایج شبیه‌سازی سناریوها با استفاده از تکنیک TOPSIS انجام می‌شود. به‌این‌ترتیب سناریو توسعه تولید برق از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر اولویت نخست، سناریو توسعه شبکه هوشمند برق اولویت دوم، سناریو ادامه روال گذشته تولید برق مبتنی بر نیروگاه‌های فسیلی اولویت سوم و سناریو توسعه استفاده از انرژی هسته‌ای در تولید برق اولویت چهارم را در جهت دستیابی به مطلوب‌ترین آینده در صنعت برق از دید این پژوهش کسب نموده‌اند.

کلمات کلیدی:

آینده‌پژوهی، نقشه‌شناختی فازی، تحلیل سناریو.

---

۱ . عضو هیات علمی گروه صنعت و فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
* . نویسنده عهده دار مکاتبات: ghasemiahmad@ut.ac.ir
۲ . کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

امروزه آینده‌پژوهی به‌عنوان ابزاری استراتژیک برای شناسایی حوزه‌های اولویت‌دار علم‌وفناوری توسط سیاست‌گذاران مورداستفاده قرار می‌گیرد، اما ازآنجاکه آینده یک ساختار ذهنی است و به هر شکلی که آینده‌نگر فکر می‌کند شکل می‌گیرد؛ بنابراین برای انجام یک آینده‌پژوهی موفق لازم است تا با استفاده از فنون شناختی، نقش پررنگ ذهن را در این چارچوب لحاظ نمود. برنامه‌ریزان به ابزار دیگری نیز نیاز دارند تا بتوانند آینده را در قالب عناصر قابل پیش‌بینی بیان کنند، این ابزارها سناریوها هستند. سناریوها پیش‌بینی آینده نیستند بلکه بیشتر شبیه به فرضیه‌هایی در مورد آینده‌های متفاوتند که به‌صورت ویژه‌ای برای برجسته‌سازی مخاطرات و فرصت‌های موجود در حوزه‌های راهبردی خاص طراحی می‌شوند (Barlas,2002).

در این پژوهش ابزار نقشه‌های شناختی فازی و تحلیل سناریو برای ترسیم و رتبه‌بندی سناریوهای آینده صنعت برق به‌کار گرفته می‌شود، چراکه با مرور بر ادبیات آینده‌نگاری مشاهده می‌شود که بهره‌گیری از روش‌های کمی مانند سری‌های زمانی یا اقتصادسنجی در مواردی که صحبت از آینده فناوری جدید یا بومی‌سازی فناوری به میان می‌آید، ناتوانی خود را نشان می‌دهد. در این‌گونه موارد اصلی‌ترین مدل برای آینده‌پژوهی استفاده از داده‌های ذهنی خبرگان است،که به‌وسیله فنون شناختی استخراج شده‌اند. همان‌طورکه بیان شد در این مقاله از سناریونگاری که یکی از روش‌های متداول آینده‌پژوهی است، استفاده می‌شود چراکه به گفته فاهی[1] و راندال[2] تفکر در مورد آینده نیازمند زبان مشخصی است تا به‌وسیله آن‌ها فرمول‌بندی شود و نیز برنامه‌ریز به ابزاری نیازمند است تا بتواند آینده را در قالب عناصر قابل پیش‌بینی و عدم قطعیت‌ها بیان کند (Fahey & Randall,1998). از سوی دیگر سناریونگاری راهی مفید و مورد استفاده برای طراحی برنامه‌های زیرساختی بلندمدت به‌منظور تأمین تقاضای نامشخص برق در آینده می‌باشد. چراکه به کمک این روش ایجاد مجموعه‌ای از حالات ممکن که وابسته به مسیرهای سیاستی و فنی گوناگونی می‌باشند، میسر گشته تا عدم قطعیت‌های موجود در مسائل انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی به‌طور مؤثری لحاظ گردند (Mulugetta et al.,2007).

هدف از انجام این پژوهش ترسیم و رتبه‌بندی سناریو آینده صنعت برق با بهره‌گیری از یافته‌های

1 . Liam Fahey
2 . Robert M. Randall

Archive of SID

www.SID.ir

حاصل از انجام مصاحبه با خبرگان و ترسیم نقشه‌شناختی فازی صنعت برق ایران است. با بهره‌گیری از نقشه‌شناختی فازی صنعت برق ایران، سناریوهایی برای آینده این صنعت ترسیم می‌گردد که با شبیه‌سازی و رتبه‌بندی این سناریوها در قالب نقشه شناختی فازی اولویت‌های سرمایه‌گذاری و توسعه فناوری در آینده صنعت برق به‌دست می‌آید تا به این وسیله راهنمایی باشد برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در تدوین یک نقشه راه در حوزه انرژی و به‌خصوص صنعت برق کشور که خلأ آن سال‌ها است که احساس می‌شود.

بنابراین برای دست‌یابی به اهداف این پژوهش باید به این پرسش‌ها پاسخ داده شود:

۱. متغیرهای اصلی صنعت برق ایران جهت ترسیم نقشه‌شناختی فازی کدام‌اند و وزن روابط بین آن‌ها چگونه است؟

۲. چه سناریوهایی پیش روی آینده صنعت برق ایران است؟

۳. رتبه‌بندی سناریوها براساس مطلوب‌ترین آینده متصور برای صنعت برق ایران چگونه است؟

۲- ادبیات نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- آینده‌پژوهی

آینده‌پژوهی، اصول و روش‌های مطالعه و سپس تصمیم‌گیری، طرح‌ریزی و اقدام در خصوص علوم‌وفنون مرتبط با آینده است. آینده‌پژوهی، تفکرات فلسفی و روش‌های علمی و مدل‌های مختلف بررسی و مطالعه آینده را مطرح و با استفاده از آن‌ها آینده بدیل و احتمالی را ترسیم می‌کند. لذا آینده‌پژوهی، ابزاری برای معماری و مهندسی هوشمندانه آینده است (Gordon & Gelen,1994). امروزه مزیت‌هایی چون برخورداری از منابع طبیعی جای خود را به بهره‌مندی از علم‌وفناوری داده‌است، به عبارت بهتر در جهان دائماً متغیر کنونی، مزیت رقابتی هر کشور بیش از آنکه به منابع طبیعی و موروثی آن متکی باشد به مزیت رقابتی فناوری وابسته است. امروزه تمام کشورها حتی کشورهایی که از حیث منابع انسانی و غیرانسانی در شرایط بسیار خوبی به سر می‌برند، این اصل را پذیرفته‌اند که نمی‌توان در تمام زمینه‌های علم‌وفناوری سرمایه‌گذاری کرد، بلکه باید متناسب با وضعیت و اهداف کشور نسبت به انتخاب حوزه‌های اولویت‌دار اقدام نمود.

هرچند تفکر درباره آینده از دهه‌ی ۱۹۶۰ در سطح شرکت‌ها و بنگاه‌های تجاری نفوذ کرد و از سال ۱۹۸۰ نیز مدیریت استراتژیک در پی‌آمد برنامه‌ریزی استراتژیک نمایان شد، اما فعالیت‌های

Archive of SID

www.SID.ir

آینده‌پژوهی از دهه ۱۹۹۰ در سطح کشورهای شمال، به‌ویژه کشورهای اروپایی رشد فزاینده‌ای یافته و سیمای علمی به خود گرفته‌است (Godet,2010). از دیدگاه تاریخی اولین تلاش‌های سنتی مطالعه آینده از سال ۱۹۴۸ در مؤسسه رند آغاز شد. عمده این مطالعات بر مبنای پیش‌بینی بود که سعی در شـــناخت وقایع احتمالی جنگ داشـــت و بعدها در مسائل غیرنظامی هم به‌کار رفت. طی این مطالعات روش‌های ابتدایی و ساده پیش‌بینی برای لمس و جست‌وجوی آینده توسعه یافتند. تلاش‌های نخست در این زمینه بر این فرض اســـتوار بود که برای هر انتخاب امروز، یک آینده ممکن می‌توان تصور کرد و آینده برای ما ناشناخته‌اســـت، اما همیشـــه چیزهایی وجود دارند که می‌توان آن‌ها را پیش‌بینی کرد. روند موفقیت‌های ابتدایی مطالعات رند در اوایل دهه ۱۹۷۰ متوقف شد، دلیل آن نیز وجود یک سری تصورات غلط درباره این مطالعات بود. همگان تصور می‌کردند که پیش‌بینی‌ها حتماً روی خواهند داد ولـــی در عمل چنین نشـــد (Bhaskaran,2006). در اواخـــر ۱۹۷۰ ژاپن برنامه ملی پیش‌بینی آینده علم‌وفناوری را با تحلیل روندها با شـــرکت هزاران خبره پی‌گرفت و تا سال ۱۹۹۱ هر پنج سال یک‌بار این فعالیت‌ها تکرار می‌شد. در اروپا نیز کشور فرانسه در اوایل دهه ۱۹۸۰ برنامه‌های آینده‌پژوهی خود را آغاز نمود و سوئد و نروژ نیز به این جرگه اضافه شدند؛ اما همان‌طورکه اشاره شد از دهه ۱۹۹۰ بود که بســـیاری از کشـــورهای اروپایی به آینده‌پژوهی رویکرد مشتاقانه‌ای نشان دادند و آن را ابزاری برای سیاست‌گذاری کلان خود برگزیدند (Nyiri,2003).

ســـابقه توجه به آینده‌اندیشی در ایران به ســـال‌های پیش از انقلاب بازمی‌گردد. در سال‌های بعد از انقلاب کوشش‌های کم‌وپیش پراکنده‌ای از سوی برخی نهادها و کانون‌های غیردولتی و دولتی درزمینه ترویج فرهنگ آینده‌اندیشی صورت پذیرفت و تواتر این برنامه‌ها و تنوع آن‌ها در سال‌های اخیر افزایش چشـــم‌گیری پیداکرده‌است. فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران نیز با انجام طرح‌های مختلف به ارائه راهکارهای توسعه علم‌وفناوری و نیز آینده‌پژوهی در این حوزه پرداخته‌است که برای مثال می‌توان از طرح راهکارهای مناسب برای توسعه علوم مهندسی و فناوری ایران نام برد که به‌وسیله گروه علوم و مهندســـی در سال ۱۳۸۵ خاتمه یافته‌است. از دیگر فعالیت‌ها انجام‌شده درزمینه آینده‌پژوهی می‌توان به گروه آینده‌اندیشـــی دانشگاه صنعتی امیرکبیر اشاره کرد که با تأسیس در سال ۱۳۷۷ ازجمله اولین واحدهای پژوهشـــی اســـت که به انجام طرح‌های متعددی درزمینه علم‌وفنـــاوری به‌خصوص در حوزه فناوری‌های نو پرداخته‌است که برای نمونه می‌توان از طرح شناسایی فنّاوری‌های نو و راهبرد تحقیقات کـــه در ســـال ۱۳۸۱ خاتمه یافت نام برد. علاوه بر آن طرحی نیـــز با عنوان آینده مدیریت علم‌وفناوری

Archive of SID

www.SID.ir

در سال ۱۳۸۶ با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت علم‌وفناوری در آینده و آگاهی مدیران و برنامه‌ریزان از این عوامل در تیرماه ۱۳۸۷ در گروه آینده‌اندیشی دانشگاه امیرکبیر به اتمام رسید. هدف از اجرای این طرح، شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر مدیریت علم‌وفناوری در آینده ایران و سنجش نظر گزیده‌ای از خبرگان داخلی درباره اهمیت هر یک از این عوامل تا افق مندرج در سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ و پیش‌بینی آنان از احتمال چالش‌های پیشرو تا این افق زمانی بود (بهرامی و همکاران،۱۳۸۷). بااین‌وجود اولین فعالیت جهت آینده‌پژوهی در سطح ملی در بهار ۱۳۸۵ توسط گروه آینده‌اندیشی مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور انجام شد. این مرکز تصمیم گرفت طرحی در خصوص یک پروژه مقدماتی برای اجرای یک تمرین آینده‌نگاری برای تعیین مناسب‌ترین فناوری‌های ایران ۱۴۰۴ را ارائه نماید.

۲-۲- نقشه‌شناختی فازی (FCM)

نقشه‌شناختی یا همان مدل‌های گرافیکی علت‌ومعلولی توسط رابرت اکسلورد[1] در سال ۱۹۷۶ در حوزه علوم سیاسی معرفی شد. کوسکو[2] در سال ۱۹۸۶ برای اولین بار ابزارهای فازی را برای ترسیم این مدل‌ها مورداستفاده قرارداد و مدل‌های نقشه‌های شناختی فازی (FCM) را برای اولین بار معرفی نمود. نقشه‌های شناختی فازی روش‌هایی ترکیبی هستند که از لحاظ بعضی مفاهیم بین سیستم‌های فازی و شبکه‌های عصبی قرار دارند. آن‌ها دانش را از حالت نمادین و وضعیت‌های مرتبط به آن مانند فرآیندها، خط‌مشی‌ها و رخدادها در حالتی قابل قیاس بیان می‌کنند.

مشخصه اصلی این مدل، گرافی هدایت‌شده است که با استفاده از آن فرآیند نتیجه‌گیری و بررسی روابط علت‌ومعلولی میان برخی عوامل نمایش داده می‌شود. ایجاد یک مدل نقشه‌شناختی نیازمند ورودی‌های است که از تجارب و دانش افراد خبره در موضوع موردنظر به‌دست می‌آید؛ بنابراین در مدل‌های FCM تجارب انباشته‌شده افراد با دانش موجود در حوزه‌های که مدل در آن ترسیم‌شده‌است یکپارچه می‌شود و بر مبنای آن‌ها روابط علت‌ومعلولی میان عوامل تشکیل‌دهنده نظام به وجود می‌آید (Kandasamy & Smarandache,2003). مشابه شکل ۱، یک مدل FCM[3] تشکیل‌شده از یک سری گره‌ها یا مفاهیم است که به‌وسیله کمان‌های وزن‌دار با یکدیگر ارتباط داخلی دارند. هر ارتباط داخلی میان دو گره دارای وزنی است که معادل نیرو رابطه علت‌ومعلولی میان آن دو گره می‌باشد. یک نقشه‌شناختی

1 . Robert Axelrod
2 . Kosko
3 . Fuzzy Cognitive Map

www.SID.ir

با فنون مختلف شامل استفاده از پرسشنامه‌ها برای استخراج نظرات خبرگان و ترسیم متغیرها و روابط، بهره‌گیری از تحلیل‌محتوا برای کشـف روابط در متون نوشـتاری، اسـتفاده از داده‌های کمی و فرآیند مصاحبه عمیق با افراد مختلف و خبرگان می‌تواند به تصویر کشیده شود (Özesmi,2004)

۲-۳- سناریو نگاری

ازجمله روش‌های شناسایی آینده، سناریو نگاری یا برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو است. این روش یکی از روش‌های متداول جهت مقابله با عدم قطعیت در محیط است که به دلیل قابلیت‌هایش در به تصویر کشیدن آینده‌های محتمل از محبوبیت روزافزونی در نزد برنامه‌ریزان برخوردار شده‌است (سلیمی بنی، ۱۳۸۵). با توجه به این واقعیت که پیش‌بینی جوابگوی تغییرات گسـترده و سـریعی که رخ می‌دهد نیست و همچون گذشته کارایی لازم را ندارد، برنامه‌ریزان برای شناخت صحیح‌تر و کارآمدتر از آینده به سناریونگاری روی آورده‌اند. سناریو یک تصویر کمی یا کیفی از آینده محتمل یک سازمان یا گروه است که براساس مجموعه‌ای از فرضیات ترسیم‌شده‌است. سناریوها پیش‌بینی آینده نیستند بلکه بیشتر شبیه به فرضیه‌هایی در مورد آینده‌های متفاوت‌اند که به‌صورت ویژه‌ای برای برجسته‌سازی مخاطرات و فرصت‌های موجود در حوزه‌های راهبردی خاص طراحی می‌شوند (Barlas,2002). پیتر شوارتز یکی از پیشـگامانی که بیش از ۴۰ سال درزمینه سناریونگاری فعالیت دارد در مورد توانمندی‌های سناریو چنین می‌گوید، قدرت سناریو به این خاطر است که آینده غیرقابل‌پیش‌بینی است و متغیرهای زیادی بر آن تأثیر دارد. سـناریو به پژوهشـگر این اجازه را می‌دهد که خلاق‌تر بیاندیشد و راه‌های مختلف را بررسی کند و حتی فرضیه‌های خود نسبت به آینده را به چالش بکشد (Rodin & Schwartz,2010).

تاریخچه سناریو نگاری- به‌عنوان ابزار آینده‌پژوهی به سال ۱۹۴۰ - باز می‌گردد زمانی‌که مؤسسه رند از آن به‌عنوان ابزاری برای تحقیق در مورد فناوری‌های اسـلحه اسـتفاده کرد. هدف از آن ترکیب تحلیل و قوه تخیل بود که درنهایت به شـکل گزارشـی درمی‌آمد. بعدازآنکه هالیوود عنوان سناریو را منسـوخ و فیلم‌نامه را به‌جای آن برگزید، هرمان کان عنوان سـناریو را برای این روش انتخاب کرد. در سـال ۱۹۶۷ کان با همکاری آنتونی وارنر[1] در کتابی به‌عنوان به‌سـوی سال ۲۰۰۰ احتمالات آتی نظم جهانی را با توصیف توان نظامی ذاتی قدرت‌ها و چالش بین‌المللی که در برابر امنیت ایالات‌متحده قرار دارد مورد بررسی قرارداد (Chermack,2001). برای نخستین بار در اوایل دهه ۱۹۷۰ بود که شرکت

1 . Anthony Weiner

www.SID.ir

جنرال الکتریک، برای ارزیابی شرایط عمومی اقتصادی و اجتماعی آمریکا در دهه ۸۰ میلادی از روش سناریونگاری در زمینه صنعتی بهره جست. دست‌اندرکاران این شرکت برای واکنش‌های احتمالی در برابر قیمت‌های مختلف هر بشکه نفت با استفاده از سناریو برنامه‌ریزی کردند و به‌این‌ترتیب در شرایط کاملاً بی‌ثباتی که قیمت نفت نوسان بسیاری داشت، مدیریت شرکت به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای خود را با شرایط منطبق ساخت و سود بسیاری به‌دست آورند. شل همچنین در میانه دهه ۸۰ میلادی سناریوهایی را درباره آینده کشور شوروی تصویر کرد؛ زیرا این کشور رقیب اصلی او در بازار نفتی اروپا به‌شمار می‌رفت. آغاز بحران انرژی محرک توسعه سناریو و سبب گسترش کاربرد آن بود. دو پروژه، طرح خودکفایی[1] و طرح سیاست انرژی بنیاد فورد[2] از مشهورترین سناریوها برای آینده انرژی محسوب می‌شد و درواقع این سناریوها بودند که آگاهی عمومی را نسبت به اهمیت مسئله انرژی برانگیختند (بنیاد توسعه فردا،۱۳۸۴).

۲-۴ - آینده صنعت برق و انرژی

سال‌ها است انرژی برق به بخش تفکیک‌ناپذیر زندگی بشری تبدیل‌شده‌است و بخش‌های مختلف صنعتی، کشاورزی و خدماتی با شبکه برق ارتباطی پیچیده و تنگاتنگ دارد. اما نیاز بشر در سال‌های گذشته تغییر کرده‌است، پیشرفت‌های اخیر علمی و صنعتی‌شدن سبب شده که به برق باکیفیت بالاتری نیاز باشد. در حقیقت با پیشرفت ادوات و تجهیزات مورداستفاده در صنعت، روزبه‌روز نیاز بیشتر به برق باکیفیت و با امنیت بالاتر احساس می‌شود. بسیاری از کشورها یا مناطق مثل اتحادیه اروپا، کشورهای OECD و ... نیز نسبت به تدوین نقشه راه صنعت برق خود اقدام کرده‌اند. اولویت‌ها و مسائلی که در این برنامه‌ها در دهه‌های آینده بر آن تأکید دارند، دارای همپوشانی زیادی با یکدیگر است. به‌عبارت‌دیگر صنعت برق جهان در آینده با مشکل‌های مشابهی روبه‌رو است و حل آن‌ها نیز راه‌حل مشابهی دارد. موضوع‌های استراتژیک صنعت برق جهان را می‌توان در پنج موضوع زیر خلاصه کرد:

- هوشمندسازی شبکه برق
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر
- ترکیب بهینه سبد تولید
- مدیریت مصرف و بهبود بهره‌وری

1 . Project Independence , Federal Agency Administration , 1974
2 . Ford Foundation Energy Policy Project, Freeman , 1974

Archive of SID

www.SID.ir

- توسعه حمل‌ونقل بر پایه برق (OECD Publishing & International Energy Agency,2010) .

اما این صنعت خود بخشی از بازار بزرگ و پر نوسان انرژی است که تحت‌تأثیر تحولات جهانی قرار دارد. سال‌هاست که کشورها، شرکت‌ها و مؤسسات بزرگ تحقیقاتی اقدام به انجام برآوردهای بلندمدت از وضعیت انرژی جهان نموده‌اند. در اینجا نتایج دو مورد از این پیش‌بینی‌ها بیان می‌گردد:

- براساس گزارش سال ۲۰۱۴ شرکت بی‌پی، تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۳۵ به‌طور متوسط سالانه یک و نیم درصد افزایش خواهد یافت. براساس این گزارش، نفت کمترین رشد را تا سال ۲۰۳۵ در میان سوخت‌های اصلی خواهد داشت، به‌نحوی‌که متوسط رشد سالانه آن تنها ۰/۸ درصد خواهد بود. اگرچه تا سال ۲۰۳۵، ترکیب انرژی‌های اولیه تغیر خواهد کرد، اما سلطه سوخت‌های فسیلی از بین نخواهد رفت. در این گزارش پس از نفت، انتظار می‌رود زغال‌سنگ کمترین رشد را داشته باشد به‌طوری‌که متوسط رشد سالانه تقاضا برای آن تا سال ۲۰۳۵ تنها ۱/۱ درصد خواهد بود. براساس پیش‌بینی بی‌پی گاز طبیعی با نرخ متوسط رشد سالانه ۱/۹ درصد تا سال ۲۰۳۵، سریع‌ترین رشد را در میان سوخت‌های فسیلی خواهد داشت. افزایش تولید انرژی هسته‌ای تا سال ۲۰۳۵ به‌طور متوسط ۱/۹ درصد خواهد کرد که ۹۶ درصد این رشد به سه کشور چین، هند و روسیه اختصاص خواهد داشت. ازنظر بی‌پی، سریع‌ترین رشد در میان حامل‌های انرژی در انرژی‌های تجدیدپذیر رخ خواهد داد و سهم این انرژی‌ها در سبد انرژی‌های اولیه از پنج درصد کنونی به ۱۴ درصد در سال ۲۰۳۵ افزایش خواهد یافت .(British Petroleum,2014)

- شورای جهانی انرژی در گزارش سال ۲۰۱۳ خود، چشم‌انداز انرژی جهان را در افق سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی نموده‌است. براساس پیش‌بینی این شورا هرچند مصرف جهانی انرژی اولیه روند رو به رشد خود را ادامه خواهد داد، اما نرخ رشد آن کمتر از دهه‌های گذشته پیش‌بینی می‌شود. پیش‌بینی ترکیب انرژی اولیه در سال ۲۰۵۰ حاکی از آن است که بالاترین نرخ رشد متعلق به منابع انرژی‌های تجدیدپذیر خواهد بود. سهم برق در ترکیب انرژی نهایی در سال ۲۰۵۰ به میزان قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت. این میزان از ۱۷ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۳۰ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید. تولید جهانی برق تا سال ۲۰۵۰ از ۲۱/۵ میلیارد مگاوات ساعت در سال ۲۰۱۰ با ۱۵۰ درصد افزایش به ۵۳/۶ میلیارد مگاوات ساعت خواهد رسید و در این میان، تولید برق از منابع تجدیدپذیر در سال ۲۰۵۰ حدود چهار تا پنج برابر سال ۲۰۱۰ خواهد بود.(Frei et al., 2013)

Archive of SID

www.SID.ir

۳- روش‌شناسی

ایـن مقاله از منظر هـدف کاربردی و از منظر روش گردآوری اطلاعات مطالعه موردی اسـت. در این پژوهش جامعه آماری شامل خبرگان و متخصصان صنعت برق ایران است که اساتید دانشگاهی حوزه برق قدرت، مدیران و مهندسـین صنعت تولید، انتقال و توزیع برق و پژوهشـگران پژوهشگاه‌ها مورد ارتباط با صنعت برق را شامل می‌گردد.

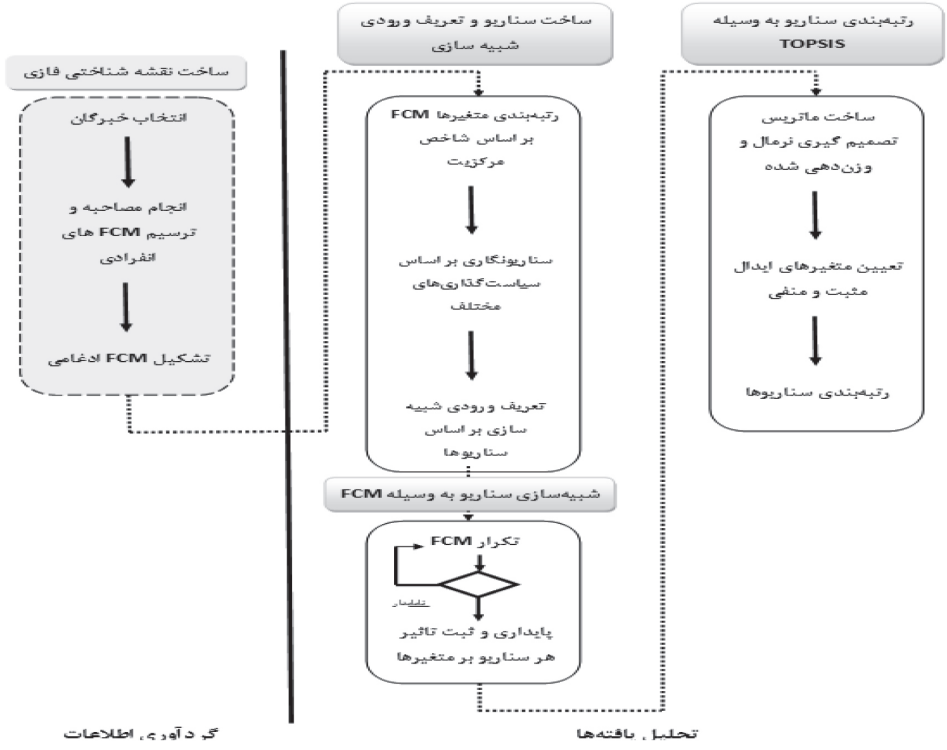
نمونه‌برداری انجام‌شـده در این مقاله هدف‌دار و غیراحتمالی از نوع نمونه‌برداری قضاوتی اسـت. این نمونه‌برداری مسـتلزم انتخاب آزمودنی‌هایی است که بهترین شـرایط را برای ارائه اطلاعات مورد انتظار از دید پژوهشگر داشته و نیز در دسترس می‌باشند. در این پژوهش پس از انجام هفت مصاحبه ازنظر پژوهشگر اشباع نظری حاصل‌شده و فرآیند انجام مصاحبه خاتمه می‌یابد. برای دستیابی به‌دقت و عینیت بیشـتر در دسـت‌یابی به اشـباع از ملاک تعداد کل متغیرها در نقشه‌های شناختی فازی به تعداد مصاحبه‌ها انجام‌شـده و نیز از تعداد متغیرهای جدید اضافه‌شـده به نقشـه شـناختی فازی به ازای یک مصاحبه جدید بهره گرفته‌شده‌اسـت. از مجموع هفت مصاحبه‌شونده چهار نفر دارای مدرک دکترا در رشـته برق با گرایش‌های قدرت و کنترل و از اعضای هیئت‌علمی دانشـگاه می‌باشـند. دو مصاحبه‌شـونده دیگر دارای مدرک فوق‌لیسـانس مهندسـی برق با گرایش قدرت بوده که مسئولیت واحدهای تحقیق‌وتوسعه در صنایع کلیدی صنعت برق ایران را عهده‌دار می‌باشند و مصاحبه‌شونده آخر نیز با مدرک فوق‌لیسانس برق گرایش قدرت و از مدیران ارشد برق منطقه‌ای می‌باشد.

پژوهشگران کیفی با مفاهیم روایی و پایایی ناآشنا نیستند، اما شاخص‌ها و راهکارهایی متفاوت را معرفی می‌کنند. مشهورترین این شاخص‌ها به نقل از گوبا و لینکلن است که توافق نسبی بر آن وجود دارد. آن‌ها چهار شـاخص اعتبار، اعتماد، تأییدپذیری و انتقال‌پذیری را به‌عنوان زیرمجموعه دقت ذکر می‌کنند (محسن‌پور، ۱۳۹۰). برای دستیابی به‌دقت در این پژوهش مواردی موردتوجه قرارگرفته‌است که به‌اختصار بیان می‌گردد. به جهت تأیید اعتبار و اعتماد پژوهشـگر در انتخاب مصاحبه‌شـوندگان ترکیبـی از چند گروه با دیدگاه‌ها و تخصص‌هایی متفاوت در صنعت برق مانند اسـاتید دانشـگاهی، مدیران و مهندسـین اسـتفاده نموده‌است. بازنگری بیرونی در گام ترسیم نقشه‌های شناختی فازی، از طریق اعتباردهی و بازبینی توسـط مصاحبه‌شـوندگان پس از پایان ترسیم هر FCM انجام‌شده‌است. بررسی و نقد نقشه شناختی فازی یکپارچه از طریق بررسی متغیرها و روابط علی بین آن‌ها توسط سه کارشـناس فعال در حوزه صنعت برق که در فرآیند ترسـیم نقشه شناختی فازی شرکت نکرده بودند،

Archive of SID

www.SID.ir

انجام می‌شـود. در جهت بررسـی قابل‌تأیید بودن پژوهش روش‌های جمـع‌آوری و تحلیل داده‌ها که عبارت‌اند از ترسیم نقشه‌های شناختی فازی و سناریونگاری و پیشینه استفاده از آن‌ها در پژوهش‌های مشـابه از مشـاوره و داوری ۵ تن از اسـاتید دانشگاه اسـتفاده شـد و ازآنجاکه این پژوهش در قالب یک پایان‌نامه‌اسـت از وجود اسـاتید راهنما جهت داوری حین انجام پژوهش و اسـاتید داور در پایان پژوهش بهره گرفته شده‌است، از قابلیت تأییدپذیری بالایی برخوردار می‌باشد. در جهت دست‌یابی به قابلیت انتقال‌پذیری در این پژوهش تلاش شده فراتر از حوزه مورد مطالعه و صنعت برق روشی برای آینده‌پژوهی با استفاده از فنون شناختی و سناریونگاری ارائه شود که تمامی گام‌ها از گردآوری داده‌ها تا نحوه‌ی تجزیه‌وتحلیل آن به‌راحتی قابل‌شناسایی باشد تا کسانی که نتیجه این پژوهش را مشاهده و قضاوت می‌کنند، محتوای پژوهش را یک مجموعه تئوری خوب بداند.



شکل ۲: مراحل تحلیل اطلاعات گردآوری‌شده

www.SID.ir

مرحله گردآوری اطلاعات، ترسیم نقشه شناختی فازی حوزه موردپژوهش از طریق مصاحبه با خبرگان را شامل می‌شود. به‌طورکلی اطلاعات موردنیاز جهت ترسیم نقشه‌های شناختی فازی به چهار طریق به‌دست می‌آیند: ۱. از طریق پرسش‌نامه ۲. از طریق استخراج از منابع کتابخانه‌ای ۳. از طریق اطلاعاتی که روابط منطقی را نمایش می‌دهند. ۴. از طریق مصاحبه با افراد (Özesmi,2004). تکنیک مصاحبه عمیق در تشکیل نقشه شناختی فازی از دو گام تحلیل متن ارائه‌شده توسط کارلی و پالمکوست در سال ۱۹۹۲ استفاده شد. این گام‌ها شامل شناسایی مفاهیم (متغیرهای مسئله) و روابط میان این مفاهیم است. در این پژوهش نتیجه مرحله گردآوری اطلاعات، یک نقشه شناختی فازی ادغامی از حوزه موردمطالعه است که مطابق شکل ۲ در سه‌گام موردتحلیل قرار می‌گیرد.

این سه‌گام عبارت‌اند از:

- **سناریو نگاری و تشکیل ماتریس ورودی شبیه‌سازی:** نخستین گام در جهت تحلیل یافته‌ها شناسایی سناریوهایی برای آینده حوزه موردمطالعه می‌باشد. متغیرهای نقشه شناختی فازی براساس تعداد روابطی که با سایر متغیرها دارند ازنظر اهمیت رتبه‌بندی می‌شود. منطق سناریوها از طریق انتخاب‌هایی که پیش‌روی سیاست‌گذاران وجود دارد، انتخاب می‌شود، سپس این سناریوها پربار شده به همراه مضامین، اثرات و شاخص‌ها ارائه می‌شود. ویژگی‌ها و شاخص‌های هر سناریو نمره صفر یا یک را به هر یک از متغیرهای نقشه شناختی فازی نسبت می‌دهد. به این روش ماتریس ورودی جهت شبیه‌سازی سناریوها تشکیل می‌شود.
- **شبیه‌سازی سناریوها به‌وسیله نقشه شناختی فازی:** در گام دوم هر ماتریس ورودی که معرف یک سناریو است، در ماتریس مجاورت نقشه شناختی فازی که نشان‌دهنده وزن ارتباط هر دو متغیر موجود در نقشه شناختی فازی است، ضرب می‌شود. ازآنجاکه نقشه‌های شناختی فازی سیستم‌های پویا هستند، به‌طوری‌که تغییر در یک متغیر ممکن است سایر متغیرها را نیز تغییر دهد که به‌نوبه خود ارزش متغیر ورودی را نیز متأثر می‌کند. این فرآیند تا رسیدن به پایداری ادامه می‌یابد. مقادیر متغیرهای نقشه شناختی فازی که به ازای هر سناریو به پایداری رسیده‌اند، در ماتریسی ثبت می‌شود تا در رتبه‌بندی سناریوها در گام بعد به‌کار گرفته شود.
- **رتبه‌بندی سناریوها به‌وسیله** TOPSIS: در گام سوم و نهایی سناریوها به‌وسیله روش TOPSIS از میان روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری چند معیاره رتبه‌بندی می‌شود. برای این کار ابتدا متغیرهایی از نقشه شناختی فازی که ملاک مقایسه سناریوها می‌باشد، جهت تشکیل

Archive of SID

www.SID.ir

ماتریس تصمیم‌گیری انتخاب می‌شـود. ماتریس تصمیم‌گیری بعد از نرمال‌شدن با توجه به‌اندازه اهمیت شاخص‌ها وزن دهی می‌شود. سپس با تعیین گزینه‌های ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی که معیار محاسبه نمرات درروش TOPSIS می‌باشد، سناریوها مطابق با نمراتی که کسب نموده‌اند، رتبه‌بندی می‌شود.

۴-تحلیل یافته‌ها

نقشـه شـناختی فازی قابلیت مدل‌سـازی روابط علی و معلولی وزن‌دار و پیچیده را با تعریف قدرت یال‌هـا دارد، بـه این صورت که ارتباط بین دو متغیر C_i و C_j به‌صورت W_{ij} نشـان داده می‌شـود. قدرت همبسـتگی روابط به‌صورت متغیرهای زمانی در فاصله بین [۱+و۱-] نگاشـته می‌شـود. این روابط براسـاس تئـوری گراف می‌تواند به ماتریـس مجاورت به فرم $E=[e_{ij}]$ تبدیل شـود تا جهت تحلیل به کمک فنون ریاضی به‌کار گرفته‌شـود. روش مورداسـتفاده در این پژوهش برای ترسـیم نقشـه شـناختی فازی برگرفته از پژوهش شفیعا و همکارانش و شـامل پیمودن سه گام: شناسایی متغیرهای دور و نزدیک در بافت‌های مؤثر بر موضوع، توسـعه نقشـه‌های شـناختی فردی و توسعه نقشه شناختی فازی ادغامی است (شفیعا و همکاران، ۱۳۹۲) است. حال براساس سه‌گام معرفی‌شده و تکنیک مصاحبه عمیق ارائه‌شـده توسـط کارلی و پالمکوست در جهت ترسیم نقشه‌های شناختی فازی اقدام به انجام مصاحبه می‌شود. در گام نخست ابتدا چگونگی ترسیم یک نقشه شناختی فازی به مصاحبه‌شونده از طریق یک نقشه کاملاً نامربوط که مسئله‌ای به‌وسیله آن حل‌شده‌است، توضیح داده می‌شود (Taber,1991). زمانی‌که مصاحبه‌شوندگان فرآیند ساخت یک نقشه شناختی فازی را درک می‌کنند، آن زمان آن‌ها قادر هستند تا نقشه خود را از فرآیند مسئله موردبررسی رسم نمایند. حال از مصاحبه‌شـونده سـؤال می‌شود که مهم‌ترین متغیری که از مسئله، سیستم، مشکل یا نتیجه موردنظر به ذهنش می‌رسـد را نام ببرد، این متغیرها بر روی برگه‌ای لیسـت می‌شوند. بعد از لیست این متغیرها توسـط مصاحبه‌شـونده از او خواسته می‌شـود که روابط بین این متغیرها را بیان کند. متغیرها درجاهای مختلف این برگه رسم می‌شوند و از مصاحبه‌شونده خواسته می‌شود این متغیرها را به‌وسـیله خطوطی که روابط بین متغیرها را تفسـیر می‌کند به یکدیگر متصل کند. این خطوط با علامت مثبت یا منفی به همراه قدرت روابط که شـامل قوی، متوسـط و کم یا مقادیری از اعداد حقیقی بین بازه منفی یک تا مثبت یک می‌تواند باشد تا به روابط بین متغیرها نسبت داده‌شود. باید

Archive of SID

www.SID.ir

توجه داشــت برای همه مصاحبه‌شوندگان از مقیاس مشــابه استفاده گردد و در هر مقطع مصاحبه، مصاحبه‌شــونده قادر باشد متغیرهای جدید را به نقشه اضافه نماید. مصاحبه زمانی به پایان می‌رسد که مصاحبه‌شــونده احساس کند که نقشــه خود را به پایان رسانده‌است و چیز بیشتری برای اضافه نمودن به آن ندارد (Özesmi,2004).

ازآنجایی که هدف در این پژوهش رتبه‌بندی ســناریوهای آینده صنعت برق ایران اســت، نیاز به شاخص‌هایی برای رتبه‌بندی وضعیت صنعت برق وجود دارد. این معیارها از پروژه انجام‌شده توسط بانک جهانی به نام نظارت بر عملکرد تأسیسات الکتریکی که نتایج آن در سال ۲۰۰۹ منتشرشده‌است، اســتخراج گردید. این هفت شــاخص عبارت است از نرخ دسترســی، قیمت برق، بازگشت سرمایه، تلفات، هزینه‌های زیســت‌محیطی، قابلیت اطمینان و کیفیت برق (Tallapragada et al., 2009). در حوزه‌ای واحد و با خبرگانی بادانش و دیدگاه تا حدودی مشــترک مواجه هستیم به‌سرعت تعداد مفاهیم و متغیرهای اضافه‌شــده به نقشه‌های شــناختی فازی در ازای موارد جدید مصاحبه به صفر میل می‌کند (Özesmi,2004). گام آخر در تشکیل نقشه شناختی فازی، ادغام نقشه‌های شناختی فــازی حاصل از هر یک از مصاحبه‌ها در یکدیگر و تشــکیل یک نقشــه شــناختی فــازی اجتماعی (ادغامــی) از صنعت برق ایران می‌باشــد. در این پژوهش از رویکــرد SODA I با وزن اعتباری برابر برای مصاحبه‌شــوندگان استفاده‌شده‌است. در این روش ماتریس‌های مجاورت دریافتی از هر یک از نقشــه‌های شناختی فازی انفرادی با یکدیگر جمع می‌شوند و سپس برای به دست‌آوردن وزن‌ها هر یک از یال‌ها، بر تعداد خبرگان تقســیم می‌شــود. در این پژوهش در تشــکیل نقشه شناختی فازی اجتماعی ابتدا شــش متغیر از ۳۰ متغیر که تعداد کمتر از یک‌ســوم مصاحبه‌شــوندگان به آن اشاره نموده بودند حذف گردید و در محاســبه وزن یال‌ها که نشان‌دهنده ارتباط بین متغیرها می‌باشد به ازای مقادیر [۱, ۰/۸] و [۰/۸-, ۱-] به ترتیب یک و منفی یک و ازای مقادیر [۰/۲, ۰] و [۰, ۰/۲-] صفر قرار داده شــد. برای اطمینان بیشتر از اعتبارسنجی نقشه شناختی فازی ادغامی سه کارشناس که در فرآیند ترســیم نقشه‌های شناختی فازی شرکت نکرده ولی با حوزه مورد مطالعه آشنا بوده‌اند خواسته شد تا با بررسی و نقد نقشه شناختی فازی یکپارچه، متغیرها و روابط علی بین آن‌ها ساختار آن را تأیید نمایند.(Jetter,2006)

متغیرهای نهایی نقشــه شــناختی فازی اجتماعی در جدول ۱ بیان و ماتریس مجاورت متناظر با نقشه شناختی ادغامی در شکل ۴ نمایش داده‌شده‌است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: متغیرهای نهایی نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران

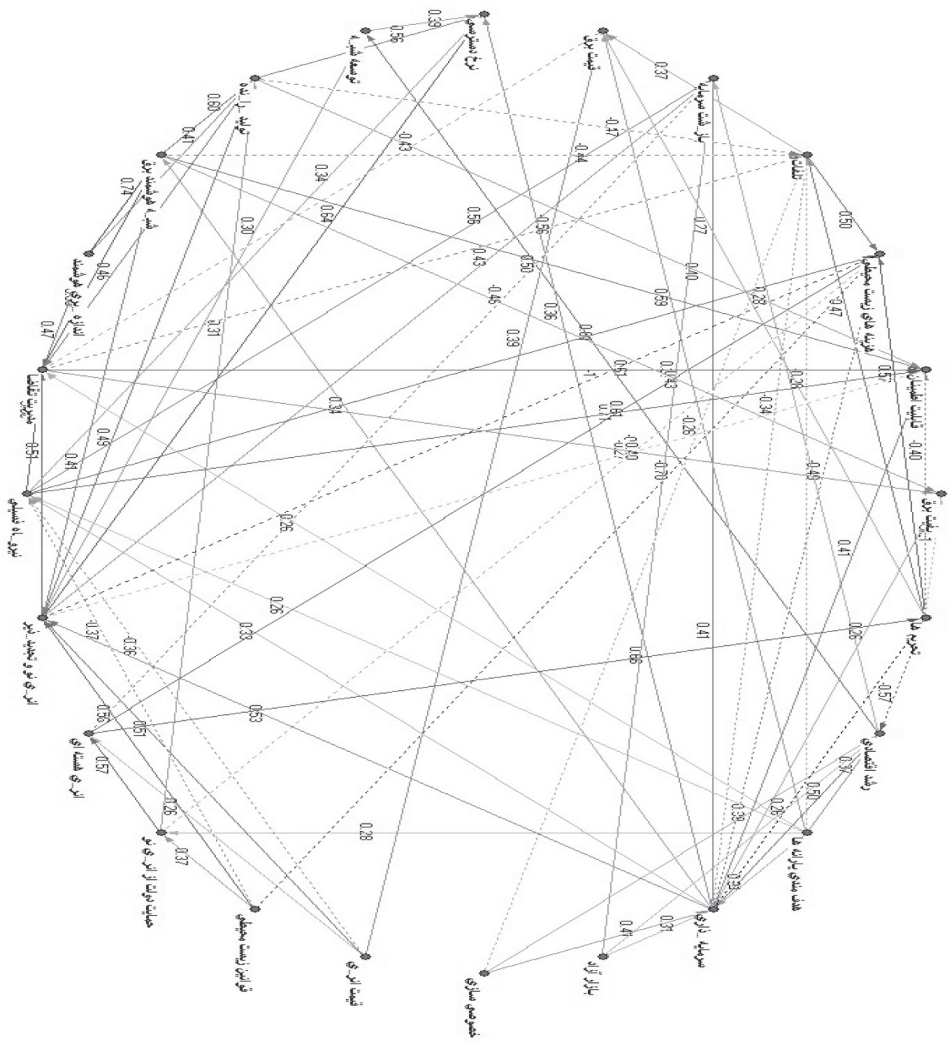
نرخ دسترسی	قیمت برق	بازگشت سرمایه	تلفات
هزینه محیط‌زیست	قابلیت اطمینان	کیفیت برق	تحریم‌ها
رشد اقتصادی	هدفمندی یارانه‌ها	سرمایه‌گذاری	بازار آزاد
خصوصی‌سازی	قیمت انرژی	قوانین زیست‌محیطی	حمایت دولت از انرژی نو
انرژی هسته‌ای	انرژی نو و تجدیدپذیر	نیروگاه‌های فسیلی	مدیریت تقاضا
اندازه‌گیری هوشمند	شبکه هوشمند برق	تولید پراکنده	توسعه شبکه

MATRIX	نرخ دسترسی	قیمت برق	بازگشت سرمایه	تلفات	هزینه های زیست محیطی	قابلیت اطمینان	کیفیت برق	تحریم ها	رشد اقتصادی	هدف مندی یارانه ها	سرمایه گذاری	بازار آزاد	خصوصی سازی	قیمت انرژی	قوانین زیست محیطی	حمایت دولت از انرژی نو	انرژی هسته ای	انرژی نو و تجدیدپذیر	نیروگاه فسیلی	مدیریت تقاضا	اندازه گیری هوشمند	شبکه هوشمند برق	تولید پراکنده	توسعه شبکه
نرخ دسترسی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.34	0.00	0.00	0.00	0.56	0.39
قیمت برق	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	-.43	0.00	0.00	0.00	0.00
بازگشت سرمایه	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.31	0.00	-.26	0.00	0.00	-.96	0.43	0.56	0.00	0.00	0.00	-.44	0.00
تلفات	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	-.28	-.034	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.61	0.00	-.55	0.00	-.47	0.00
هزینه محیط زیست	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	-0.49	0.00	0.00	0.00	-0.70	0.00	-0.30	0.71	0.61	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00
قابلیت اطمینان	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.40	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.40	0.00	0.59	0.40
کیفیت برق	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-.21	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00
تحریم ها	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
رشد اقتصادی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.50	0.26	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
هدفمندی یارانه ها	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	-1.0	0.00	0.31	0.00	0.31	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
سرمایه گذاری	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
بازار آزاد	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
خصوصی سازی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
قیمت انرژی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
قوانین زیست محیطی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
حمایت دولت از انرژی نو	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
انرژی هسته ای	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
انرژی نو و تجدیدپذیر	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.53	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
نیروگاه های فسیلی	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.56	-.037	-.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
مدیریت تقاضا	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
اندازه گیری هوشمند	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
شبکه هوشمند برق	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
تولید پراکنده	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
توسعه شبکه	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

جدول ۲: ماتریس مجاورت متناظر با نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران

www.SID.ir

جهت ترسیم نقشه شناختی فازی ادغامی به‌صورت رایانه‌ای از دو نرم‌افزار FCMapper و Pajek بهره‌گیری شد؛ که در حاصل کار در شکل ۳ نمایش داده‌شده‌است. در این پژوهش از خروجی نرم‌افزار FCMapper همچنین در رتبه‌بندی متغیرها براساس شاخص ورودی، خروجی و مرکزیت در سناریو نگاری و همچنین وزن‌دهی به شاخص‌های جهت رتبه‌بندی سناریوها استفاده گردیده‌است.



شکل ۳: نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران

www.SID.ir

همان‌گونه‌که در بخش قبل بیان شـد، تحلیل یافته‌ها در سـه‌گام سناریونگاری و تشکیل ماتریس ورودی شبیه‌سازی، شبیه‌سازی سناریوها به‌وسیله نقشه شناختی فازی و درنهایت رتبه‌بندی سناریوها به‌وسـیله TOPSIS انجام می‌گیرد. این گام‌ها را به‌ترتیب در جهت شناسایی، شبیه‌سازی و رتبه‌بندی سـناریوها انجام می‌گیرد تا درنهایت با شناسایی بهترین سناریو برای آینده صنعت برق ایران، جایگاه شبکه هوشمند برق درراه دست‌یابی به این آینده مطلوب بررسی شود.

۴-۱ سناریوهای آینده صنعت برق

گام نخست در جهت تحلیل یافته‌ها شناسایی سناریوهایی برای آینده حوزه موردمطالعه می‌باشد. در برنامه‌ریزی مبتنی بر سـناریو دو رویکرد بیش از بقیه خودنمایی می‌کند. در رویکرد نخست سناریوها به‌عنوان ابزاری برای بررسـی عدم قطعیت‌ها اسـتفاده می‌شود. در این نگاه آنچه در محتوای سناریوها نقـش اصلی را ایفا می‌کند، عوامل غیرقابل‌کنترل بیرونی و عدم قطعیت‌هایی اسـت که در سیسـتم موردمطالعه وجود دارد و هر سـناریو با فرض تحقق یکی از این عدم قطعیت‌ها، روند آینده سیستم را به تصویر می‌کشد. نقش سیاست‌گذاران در این رویکرد برنامه‌ریزی برای کسب آمادگی به‌منظور مقابله با نتایج وقوع هر یک از عدم قطعیت‌های احتمالی است؛ اما در رویکرد دوم این سیاست‌گذاران هستند که در هر سناریو تعیین‌کننده می‌باشند. در این نگاه از سناریو نگاری برای بررسی اثرات سیاست‌های مختلفی که ممکن اسـت در آینده اتخاذ گردد، استفاده می‌شود؛ یعنی در این رویکرد برنامه‌ریزان در هر سناریو با فرض اتخاذ یک سیاست نتایج آن سیاست را در روندهای آینده بررسی کرده و هر سناریو بیانگر نتایج یک سیاست خواهد بود. در این مقاله از رویکرد دوم جهت سناریونگاری استفاده می‌شود.

منطق سناریوها از طریق ساخت ماتریس سناریوها با استفاده از متغیرهای کلیدی انتخاب می‌شود، متغیرها را می‌توان ازنظر شـاخص ورودی یعنی تأثیرپذیری از سـایر متغیرهـا که برابر با قدر مطلق وزن‌های ورودی است و نیز شاخص خروجی یعنی تأثیرگذاری بر سایر متغیرها که برابر با قدر مطلق وزن‌های خروجی اسـت و نیز حاصل جمع این دو شـاخص بانام شـاخص مرکزیـت رتبه‌بندی نمود (Özesmi,2004). در جدول ۳ به کمک نرم‌افزار FCMapper متغیرهای نقشـه شـناختی فازی به ترتیب شاخص مرکزیت رتبه‌بندی شده‌اند. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود مفهوم سرمایه‌گذاری دارای بالاترین شـاخص خروجی و شـاخص مرکزیت می‌باشـد. این متغیر دارای بالاترین عدم قطعیت نیز می‌باشد، چراکه قابلیت هدایت به‌سوی طیف گسترده‌ای از فن‌آوری‌ها را دارا می‌باشد. خود سرمایه‌گذاری

Archive of SID

www.SID.ir

تحت‌تأثیر تحریم‌ها، بازگشت سرمایه، خصوصی‌سازی، بازار آزاد و هدفمندی یارانه‌ها قرار دارد.

جدول ۳: رتبه‌بندی متغیرهای نقشه شناختی فازی براساس شاخص مرکزیت

متغیرها	خروجی	ورودی	شاخص مرکزیت
سرمایه‌گذاری	۳.۵۶	۲.۴۴	۶.۰۰
انرژی نو و تجدیدپذیر	۳.۱۵	۲.۵۰	۵.۶۵
مدیریت تقاضا	۲.۰۰	۲.۸۹	۴.۸۹
هزینه‌های زیست‌محیطی	۰.۰۰	۴.۸۸	۴.۸۸
تحریم‌ها	۳.۴۹	۰.۶۶	۴.۱۵
شبکه هوشمند برق	۳.۰۷	۱.۰۸	۴.۱۵
نیروگاه فسیلی	۲.۷۱	۱.۳۲	۴.۰۳
تولید پراکنده	۲.۳۸	۱.۳۲	۳.۷۰
تلفات	۰.۸۷	۲.۸۲	۳.۶۹
قابلیت اطمینان	۰.۰۰	۳.۲۹	۳.۲۹
رشد اقتصادی	۰.۷۸	۲.۰۹	۲.۸۷
انرژی هسته‌ای	۱.۸۳	۰.۸۳	۲.۶۶
بازگشت سرمایه	۰.۴۱	۲.۰۴	۲.۴۵
نرخ دسترسی	۰.۰۰	۲.۲۹	۲.۲۹
هدفمندی یارانه‌ها	۲.۰۶	۰.۰۰	۲.۰۶
قوانین زیست‌محیطی	۲.۰۰	۰.۰۰	۲.۰۰
حمایت دولت از انرژی نو	۱.۱۸	۰.۶۵	۱.۸۳
قیمت برق	۰.۰۰	۱.۷۶	۱.۷۶
اندازه‌گیری هوشمند	۱.۶۲	۰.۰۰	۱.۶۲
قیمت انرژی	۱.۵۲	۰.۰۰	۱.۵۲

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرها	خروجی	ورودی	شاخص مرکزیت
کیفیت برق	۰.۰۰	۱.۳۰	۱.۳۰
توسعه شبکه	۰.۳۹	۰.۸۰	۱.۱۹
خصوصی‌سازی	۱.۰۶	۰.۰۰	۱.۰۶
بازار آزاد	۰.۸۸	۰.۰۰	۰.۸۸

در رتبه‌های بعدی از شاخص مرکزیت دسته فناوری‌های تولید برق یعنی انرژی‌ها نو و تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای و نیروگاه‌های فسیلی و دسته فناوری‌های توزیع برق یعنی مدیریت تقاضا و شبکه هوشمند برق قرار دارند. متغیرهای هزینه‌های زیست‌محیطی و تحریم‌ها نیز در شاخص مرکزیت رتبه بالایی در نقشه شناختی فازی نظرات خبرگان برای خود کسب نموده‌اند که در ترسیم فضای سناریوها موردتوجه قرار می‌گیرد. در انتها نیز متغیرهای سیاسی و اقتصادی قرار دارند که کمتر از سایر متغیرها مدنظر خبرگان صنعت برق قرارگرفته‌است. با توجه به موارد فوق و سایر پژوهش‌های صورت گرفته در عرصه ملی (رازینی و همکاران،۱۳۸۹) و بین‌المللی (EPRI,2013) چهار مسیر برای تمرکز سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تولید و توزیع صنعت برق وجود دارد، این مسیرها چهار سناریو فناوری محور آینده صنعت برق را ترسیم می‌کند.

- سناریو نخست- ادامه روال گذشته تولید برق مبتنی بر نیروگاه‌های فسیلی
- سناریو دوم- توسعه استفاده از انرژی هسته‌ای در تولید برق
- سناریو سوم- توسعه تولید برق با استفاده انرژی‌های نو و تجدیدپذیر
- سناریو چهارم- توسعه شبکه هوشمند برق

پیش از تشریح فضای هر یک از سناریوها، وقوع یا عدم وقوع یک سری از متغیرها را در تمامی سناریو یکسان فرض می‌شود تا مقایسه دقیق و صحیحی میان سناریوها انجام گیرد. اولین این متغیرها تحریم‌ها است که رابطه معکوس بسیار قوی با سرمایه‌گذاری دارد، در تمامی سناریوها فرض بر این است که تحریم‌ها برداشته‌شده‌است. رشد اقتصادی، هدفمندی یارانه‌ها، خصوصی‌سازی و بازار آزاد چهار متغیر اقتصادی نقشه شناختی فازی صنعت برق هستند که در هر چهار سناریو شرایط مشابهی برای آن‌ها در نظر گرفته‌شده‌است. محیط‌زیست یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که در حال حاضر

Archive of SID

www.SID.ir

توجه زیادی به آن نمی‌شود بااین‌وجود در تمامی سناریوها فرض بر این است که قوانین سخت‌گیرانه زیست‌محیطی تصویب و اجرا گردد.

فضای سناریو نخست: با توجه به حجم وسیع منابع فسیلی در ایران و وجود زیرساخت‌های فراوان در کشور، در سناریو اول رویکرد ادامه روند موجود موردبررسی قرار می‌گیرد. دسترسی آسان و ارزان به سوخت‌های فسیلی باعث گسترش استفاده از آن‌ها در نیروگاه‌های ایران طی سال‌های گذشته شده‌است. از سوی دیگر فناوری‌های نسبتاً بومی به‌کاررفته در این نیروگاه‌ها در شرایط تحریم تنها انتخاب مدیران صنعت برق بوده‌است. در مقابل این امتیازات آلودگی زیست‌محیطی بالای نیروگاه‌های فسیلی، افزایش جهانی قیمت انرژی، واقعی‌سازی قیمت انرژی در ایران با هدفمندی یارانه‌ها، روند رو به اتمام ذخایر فسیلی و تهدیداتی که در وابستگی بیش‌ازحد به یک منبع انرژی وجود دارد از معایب توسعه چنین نیروگاه‌هایی است.

فضای سناریو دوم: یکی از مهم‌ترین موارد استفاده صلح‌آمیز از انرژی هسته‌ای، تولید برق در نیروگاه‌های اتمی است. با توجه به پایان‌پذیر بودن منابع فسیلی و روند روبه رشد توسعه اقتصادی و اجتماعی، استفاده از نیروگاه‌های هسته‌ای یکی از راه‌هایی است که در تولید انرژی برق موردتوجه قرار گیرد. با توجه به سند ملی توسعه نیروگاه‌های هسته‌ای در این سناریو فرض می‌شود برنامه‌های وزارت نیرو برای گسترش نیروگاه‌های هسته‌ای به‌طور کامل محقق گردد. بااین‌حال مسئله پسماندهای هسته‌ای، حجم بسیار پایین ذخایر کشف‌شده اورانیم در ایران، هزینه بسیار بالا و غیررقابتی فراوری سوخت هسته‌ای ایران، اعمال تحریم‌ها هسته‌ای و عدم دسترسی به تکنولوژی روز این حوزه، تحقق این سناریو را با تردیدهایی همراه نموده‌است.

فضای سناریو سوم: در این سناریو اولویت توسعه نیروگاهی به بهره‌برداری از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر اختصاص می‌یابد. امروزه سیاست‌گذاران به‌صورت فزاینده‌ای نسبت به مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر آگاه شده‌اند چراکه عواملی مانند امنیت انرژی، سازگاری به محیط‌زیست، پایان‌ناپذیری، رایگان بودن انرژی اولیه، ایجاد شغل، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ایجاد تنوع در سبد انرژی، بهبود سلامت، توسعه روستایی و دسترسی به انرژی باعث همکاری گسترده‌ای میان بخش‌های اقتصادی در کشورهای مختلف گردیده‌است. انرژی‌های نو و تجدیدپذیر افزون بر موارد ذکرشده سبب بالا رفتن ضریب امنیت انرژی و تقویت کشور ازنظر پدافند غیرعامل می‌شود. بااین‌حال استفاده از این منابع مشکلاتی را نیز در پی دارد. بالا بودن سرمایه‌گذاری اولیه، عدم امکان دسترسی دائمی به منابع و

Archive of SID

www.SID.ir

درنتیجه کاهش قابلیت اطمینان ازجمله معایب بیشتر منابع تجدیدپذیر می‌باشد.

فضای سناریو چهارم: در این سناریو اولویت سرمایه‌گذاری نه در بخش تولید بلکه در ایجاد تحول در بخش انتقال و توزیع متمرکزشده‌است. امروزه مسائل و مشکلاتی بزرگ در شبکه‌های برق وجود دارد و براین‌اساس شبکه هوشمند باهدف رفع این مشکلات و مدیریت بهتر و کارآمدتر سیستم قدرت از طریق مانیتورینگ پیشرفته، اتوماسیون و کنترل تولید، انتقال و توزیع برق مطرح‌شده‌است. مشخصه‌های اصلی شبکه برق هوشمند درواقع بیان ویژگی‌های این شبکه‌ها بر مبنای قابلیت آن است. مشارکت آگاهانه و فعالانه مصرف‌کنندگان، اصلاح تولید و میزان ذخیره، فراهم آوردن کیفیت توان موردنیاز، انعطاف‌پذیری در مقابل اختلالات و بلایای طبیعی و محصولات، خدمات و بازارهای جدید برخی از مشخصه‌های شبکه هوشمند برق می‌باشد که شش کاربرد اساسی زیرساخت‌های اندازه‌گیری پیشرفته، پاسخ به تقاضا یا مدیریت سمت تقاضا، استفاده از منابع تولید پراکنده و تجدیدپذیر، اتوماسیون توزیع، آگاهی فراگیر از موقعیت منطقه و حمل‌ونقل الکتریکی را امکان‌پذیر می‌نمایند. با بیان فضای چهار سناریو فناوری‌های صنعت برق، مقادیر اولیه متغیرهای نقشه شناختی فازی متناظر با هر سناریو شناسایی‌شده و ماتریس ورودی جهت شبیه‌سازی سناریوها بر پایه نقشه شناختی فازی تشکیل می‌شود. چهار ماتریس ورودی جهت شبیه‌سازی هر یک از سناریوها در جدول ۴ آورده شده‌است.

جدول ۴: ورودی‌های شبیه‌سازی

متغیرها	ورودی‌های شبیه‌سازی			
	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
نرخ دسترسی	۰	۰	۰	۰
قیمت برق	۰	۰	۰	۰
بازگشت سرمایه	۰	۰	۰	۰
تلفات	۰	۰	۰	۰
هزینه‌های زیست‌محیطی	۰	۰	۰	۰
قابلیت اطمینان	۰	۰	۰	۰
کیفیت برق	۰	۰	۰	۰

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرها	ورودی‌های شبیه‌سازی			
	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
تحریم‌ها	۰	۰	۰	۰
رشد اقتصادی	۱	۱	۱	۱
هدفمندی یارانه‌ها	۱	۱	۱	۱
سرمایه‌گذاری	۱	۱	۱	۱
بازار آزاد	۱	۱	۱	۱
خصوصی‌سازی	۱	۱	۱	۱
قیمت انرژی	۱	۱	۱	۱
قوانین زیست‌محیطی	۰	۰	۱	۰
حمایت دولت از انرژی نو	۰	۰	۱	۰
انرژی هسته‌ای	۰	۱	۰	۰
انرژی نو و تجدیدپذیر	۰	۰	۱	۰
نیروگاه فسیلی	۱	۰	۰	۰
مدیریت تقاضا	۰	۰	۰	۱
اندازه‌گیری هوشمند	۰	۰	۰	۱
شبکه هوشمند برق	۰	۰	۰	۱
تولید پراکنده	۰	۰	۱	۱
توسعه شبکه	۱	۱	۱	۱

۲-۴ شبیه‌سازی سناریوهای آینده صنعت برق بر پایه‌ی نقشه شناختی فازی

دومین گام در تحلیل یافته‌ها شبیه‌سازی سناریوها بر پایه‌ی نقشه شناختی فازی است. ماتریس ورودی شبیه‌سازی متناظر با هر یک از سناریوها با $\vec{X}^{0}$ نمایش داده می‌شود.

$\vec{X}^{0}=[x_1^{0}\ x_2^{0}\ x_3^{0}\ldots x_n^{0}]$ بـه مفهوم ارزش یا مقدار اولین متغیر ماتریس شبیه‌سـازی در لحظه

Archive of SID

www.SID.ir

صفر می‌باشـد. مقادیر جدید هر یک از متغیرها ماتریس ورودی شبیه‌سازی جهت فرآیند تکرارشونده ضرب برداری از طریق تابع فعال که در این پژوهش تابع غیرخطی و مشـتق‌پذیر سیگموئید است، به دسـت می‌آید. تابع سـیگموئید[1] رایج‌ترین تابع فعال جهت یکنواخت نمودن مقادیر متغیرها از طریق نرمالیزه نمودن در محدوده [۰،۱] می‌باشد. رابطه ۲ بردار حالت $\vec{X}^{t+1}$ در لحظه t+۱ نشان می‌دهد.

$$\vec{X}^{t+1} = f(\vec{X}^t.A) = f(\hat{x}_1^t \ \hat{x}_2^t \ \hat{x}_3^t \ \dots \ \hat{x}_n^t) = (f(\hat{x}_1^t) f(\hat{x}_2^t) f(\hat{x}_3^t) \ \dots \ f(\hat{x}_n^t)) \quad (۲)$$
$$= (x_1^{t+1} \ x_2^{t+1} \ x_3^{t+1} \ \dots \ x_n^{t+1})$$

x_i^t مقدار متغیر i در لحظه t، f(x) تابع سـیگموئید و A ماتریس مجاورت نقشـه شناختی فازی است. این مقادیر در طی فرآیند، پیوسته در حال تغییر هستند (Salmeron et al,. 2012). رابطه ۳ مؤلفه i ام از بردار حالت $\vec{X}^{t+1}$ در لحظه t+۱ را محاسبه می‌نماید.

$$\vec{X}_i^{t+1} = \frac{1}{(1+e^{-\lambda.\vec{x}_i^t})} \quad (۳)$$

λ درجه نرمال‌سـازی یا ثابت شـیب تابع اسـت. مقادیر بین یک و پنج برای λ درجه مناسبی از نرمال‌سـازی را در محدوده [۰،۱] ارائه می‌دهد (Bueno & Salmeron, 2009). فرآیند شبیه‌سازی هر سناریو بر پایه نقشه شناختی فازی زمانی به پایان می‌رسد که ثبات در ارزش متغیرها برآورده شده باشـد. بردار حالت نهایی نشان‌دهنده تأثیرات تغییر در ارزش هر یک از متغیرها نقشه شناختی فازی اسـت که در پایان شبیه‌سـازی هر یک از سناریوها الگویی ثابت از ارزش متغیرها ایجاد می‌شود که به آن در اصطلاح الگوی پنهان یا نقطه ثابت جذب گویند (Salmeron et al,. 2012). ازآنجاکه فرآیند شبیه‌سازی سناریوها بر پایه نقشه شناختی فازی با ۲۴ متغیر در حالت دستی غیرممکن می‌باشد، از نرم‌افزار MATLAB برای انجام محاسبات ریاضی استفاده‌شده‌است. خروجی شبیه‌سازی سناریو نخست که در تکرار چهارم به‌دست‌آمده‌اسـت، نمایش داده‌شده‌اسـت. برای سایر سناریوها نیز این مسیر طی می‌گردد، نتایج حاصل از شبیه‌سـازی هر یک از سـناریوها براساس نقشه شناختی فازی در جدول ۵ بیان‌شده‌است.

1 . Sigmoid function

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵: مقادیر متغیرها نقشه شناختی فازی در پایان شبیه‌سازی هر یک از سناریوها

متغیرها	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
نرخ دسترسی	۰.۸۲۱۵۷	۰.۸۱۸۲۵۴	۰.۸۲۹۹۲۷	۰.۸۲۵۶۹۲
قیمت برق	۰.۵۵۷۶۷۳	۰.۵۶۰۲۶	۰.۵۵۵۶۲۶	۰.۵۴۹۹۷۸
بازگشت سرمایه	۰.۶۶۳۹۰۲	۰.۶۶۲۵۸۵	۰.۶۶۹۸۵۵	۰.۶۶۶۴۸۳
تلفات	۰.۲۲۰۵۲۷	۰.۲۲۴۱۹۴	۰.۲۲۳۲۰۸	۰.۲۱۶۳۰۴
هزینه‌های زیست‌محیطی	۰.۳۹۷۴۶۱	۰.۴۰۸۲۲۵	۰.۳۴۷۰۳۷	۰.۳۸۷۰۲۳
قابلیت اطمینان	۰.۷۷۸۳۶۶	۰.۷۷۳۹۲۳	۰.۷۶۷۲۷۶	۰.۷۸۱۲۶۱
کیفیت برق	۰.۶۵۵۱۹۵	۰.۶۵۱۵۲۱	۰.۶۵۶۴۰۸	۰.۶۵۷۵۴۶
تحریم‌ها	۰.۵۹۹۵۸۸	۰.۵۹۹۵۸۸	۰.۶۱۲۹۱۸	۰.۵۹۹۵۸۸
رشد اقتصادی	۰.۶۱۳۷۱۲	۰.۶۰۶۲۹۲	۰.۶۴۴۱۵۸	۰.۶۱۲۳۳۲
هدفمندی یارانه‌ها	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
سرمایه‌گذاری	۰.۵۵۰۲۷۷	۰.۵۵۰۲۷۷	۰.۵۷۸۴۳۲	۰.۵۵۱۵۴۹
بازار آزاد	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
خصوصی‌سازی	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
قیمت انرژی	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
قوانین زیست‌محیطی	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵
حمایت دولت از انرژی نو	۰.۵۸۰۵۴۲	۰.۵۸۰۵۴۲	۰.۵۸۰۵۴۲	۰.۵۸۰۵۴۲
انرژی هسته‌ای	۰.۶۱۳۲۳	۰.۶۱۳۲۳	۰.۶۲۳۵۱۵	۰.۶۱۳۲۳
انرژی نو و تجدیدپذیر	۰.۸۰۸۵۱۴	۰.۸۰۳۳۴۴	۰.۸۰۹۶۵۳	۰.۸۰۹۱۵
نیروگاه فسیلی	۰.۴۸۹۱۷۵	۰.۴۸۴۰۳۲	۰.۵۰۲۰۴۶	۰.۴۸۸۲۱۵
مدیریت تقاضا	۰.۸۵۴۷۰۱	۰.۸۵۴۷۰۱	۰.۸۴۶۷۲۳	۰.۸۵۷۵۸۳
اندازه‌گیری هوشمند	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵

Archive of SID

www.SID.ir

متغیرها	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
شبکه هوشمند برق	۰.۶۳۸۱۸۶	۰.۶۳۳۲۷۵	۰.۶۵۰۳۴۴	۰.۶۳۷۲۷۲
تولید پراکنده	۰.۶۸۴۶۳۹	۰.۶۸۴۶۳۹	۰.۶۸۱۱۷۷	۰.۶۸۴۶۳۹
توسعه شبکه	۰.۶۳۷۱۹۶	۰.۶۳۴۷۵۷	۰.۶۶۳۱۲۴	۰.۶۳۹۰۶۳

۴-۳ رتبه‌بندی سناریوها

در گام سوم و نهایی از تحلیل یافته‌ها، رتبه‌بندی سناریوها و به عبارت بهتر سیاست‌های اتخاذشده انجام می‌شود. تا فرآیند تصمیم‌گیری را که جوهره اصلی مدیریت و هدف نهایی این پژوهش دریافتن مناسب‌ترین سناریو برای دست‌یابی به بهترین آینده است، یاری نماید.

تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (MCDM) مبحثی است که به فرآیند تصمیم‌گیری در حضور معیارهای متفاوت و گاهی متناقض با یکدیگر می‌پردازد. هر مسئله تصمیم‌گیری می‌تواند دارای اهداف یا معیارهای چندگانه باشد که حل آن یا به‌معنای طراحی بهترین جواب یا انتخاب بهترین جواب از میان جواب‌های موجود باشد. از دیدگاه کلی می‌توان مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را به دودسته مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه و مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه تقسیم نمود. در مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) که در این مقاله مدنظر است، با تعدادی از سناریوهای از پیش تعریف‌شده که سطحی از مشخصه‌های موردنظر را ارضا می‌کند، مواجه می‌باشد. حال باید براساس میزان و اطلاعات در دسترس از سناریوها و معیارها، بهترین سناریو را انتخاب نمود.

در این پژوهش از تکنیک TOPSIS که ازجمله روش‌های جبرانی در MADM است، بهره گرفته‌شده‌است. این تکنیک منطقی و قابل فهم است و روش‌های بکار رفته در آن پیچیده نیست و از آنجا که همه شاخص‌ها وزن برابری از دید خبرگان صنعت برق نداشته‌است، تکنیک TOPSIS مجموعه وزن‌هایی را از نقشه شناختی فازی صنعت برق دریافت می‌نماید. در این روش علاوه بر درنظرگرفتن فاصله یک نقطه از نقطه ایده‌آل، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم درنظر گرفته می‌شود. این روش فرض می‌کند که هر معیار در ماتریس تصمیم‌گیری مطلوبیت افزایش یا کاهش یکنواخت دارد، به‌عبارت‌دیگر مقادیر بزرگ‌تر معیارها، اولویت بالاتر را برای معیارهای از نوع سود و اولویت پایین‌تر را برای معیارهای از نوع هزینه در پی دارد. به علاوه مطالعات انجام‌شده (Salmeron et al,. 2012) بیانگر توانایی بالای این مدل در رتبه‌بندی سناریوها است. رتبه‌بندی سناریوها به روش TOPSIS

Archive of SID

www.SID.ir

مستلزم طی شش گام زیر است.

۱) تشکیل ماتریس تصمیم D (رابطه ۴)

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ \vdots \\ A_2 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} C_1 & \dots & C_m \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \end{array} \qquad (۴)$$

که در آن A_i نمایشگر سناریوها، C_j شاخص‌ها و x_{ij} ارزش کسب‌شده هر یک از شاخص‌ها از شبیه‌سازی سناریوها بر پایه نقشه شناختی فازی است. چهار سناریو آینده صنعت برق و هفت شاخص پروژه نظارت بر عملکرد تأسیسات الکتریکی انجام‌شده توسط بانک جهانی که متغیرهای یک تا هفت نقشه شناختی فازی ما را شامل می‌شود، با یکدیگر ماتریس تصمیم را که ارزش درایه‌های آن برابر با نتایج شبیه‌سازی سناریوها آینده صنعت برق بر پایه نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران است، تشکیل می‌دهند. این ماتریس برابر است با

$$D=\begin{bmatrix} ۰.۸۲۱۵۷ & ۰.۵۵۷۶۷۳ & ۰.۶۶۳۹۰۲ & ۰.۲۲۰۵۲۷ & ۰.۳۹۷۴۶۱ & ۰.۷۷۸۳۶۶ & ۰.۶۵۵۱۹۵ \\ ۰.۸۱۸۲۵۴ & ۰.۵۶۰۲۶ & ۰.۶۶۲۵۸۵ & ۰.۲۲۴۱۹۴ & ۰.۴۰۸۲۲۵ & ۰.۷۷۳۹۲۳ & ۰.۶۵۱۵۲۱ \\ ۰.۸۲۹۹۲۷ & ۰.۵۵۵۶۲۶ & ۰.۶۶۹۸۵۵ & ۰.۲۲۳۲۰۸ & ۰.۳۴۷۰۳۷ & ۰.۷۶۷۲۷۶ & ۰.۶۵۶۴۰۸ \\ ۰.۸۲۵۶۹۲ & ۰.۵۴۹۹۷۸ & ۰.۶۶۶۴۸۳ & ۰.۲۱۶۳۰۴ & ۰.۳۸۷۰۲۳ & ۰.۷۸۱۲۶۱ & ۰.۶۵۷۵۴۶ \end{bmatrix}$$

۲) تبدیل ماتریس تصمیم به یک ماتریس نرمالیزه شده بی مقیاس با استفاده از فرمول نورم رابطه ۵

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \quad , \quad j = ۱،۲,...,m \quad , \quad i = ۱،۲,...,n \qquad (۵)$$

$$R=[r_{ij}]=\begin{bmatrix} ۰.۵۰۲۹۵ & ۰.۳۴۱۴ & ۰.۴۰۶۴۳ & ۰.۱۳۵ & ۰.۲۴۳۳۲ & ۰.۴۷۵۶ & ۰.۴۰۱۴۷ \\ ۰.۵۰۱۴۴ & ۰.۳۴۳۳۴ & ۰.۴۰۶۰۴ & ۰.۱۳۷۳۹ & ۰.۲۵۰۱۸ & ۰.۴۷۴۲۷ & ۰.۳۹۹۲۶ \\ ۰.۵۱۱۱۷ & ۰.۳۴۲۲۲ & ۰.۴۱۲۵۸ & ۰.۱۳۷۴۸ & ۰.۲۱۳۷۵ & ۰.۴۷۲۵۸ & ۰.۴۰۴۳ \\ ۰.۵۰۵۵۳ & ۰.۳۳۶۷۲ & ۰.۴۰۸۰۵ & ۰.۱۳۲۴۳ & ۰.۲۳۶۹۵ & ۰.۴۷۸۳۶ & ۰.۴۰۲۵۸ \end{bmatrix}$$

۳) محاسبه ماتریس تصمیم نرمالیزه موزون (بی مقیاس وزین) که از ضرب ماتریس تصمیم نرمالیزه‌شده در اوزان مرتبط با آن به دست می‌آید. مقدار V_{ij} نرمالیزه موزون از رابطه ۶ به دست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

$$v_{ij} = \omega_j r_{ij} \quad , j = ۱،۲,...,m \ , i = ۱،۲,...,n \quad , \sum_{j=۱}^{m} w_j = ۱ \qquad (۶)$$

در این پژوهش برای وزن‌دهی از شاخص مرکزیت متغیرهای نقشه شناختی فازی استفاده می‌شود و برای جلوگیری از پیچیدگی بیش از حد مدل شـــاخص‌ها با ضریب اهمیت یکسان فرض گردیده‌اند. بنابراین از تحلیل فراوانی به‌جای تحلیل محتوایی در تعیین وزن روش TOPSIS استفاده شده‌است و وزن هر یک از شاخص‌ها از محاسبه تقسیم شاخص مرکزیت آن متغیر بر حاصل جمع هفت شاخص مرکزیت مطابق جدول ۶ به‌دست می‌آید.

جدول ۶: اندازه مرکزیت و وزن هفت شاخص رتبه‌بندی

شاخص	نرخ دسترسی	قیمت برق	بازگشت سرمایه	تلفات	هزینه‌های زیست‌محیطی	قابلیت اطمینان	کیفیت برق
مرکزیت	۲,۲۹	۱,۷۶	۲,۴۵	۳,۶۹	۴,۸۸	۳,۲۹	۱,۳۰
وزن	۰,۱۱۶	۰,۰۹	۰,۱۲۶	۰,۱۸۷	۰,۲۴۸	۰,۱۶۷	۰,۰۶۶

$$v_{ij} = \omega_j r_{ij} = \begin{bmatrix} ۰.۰۵۸۳٤ & ۰.۰۳۰۷۲ & ۰.۰۵۱۲۱ & ۰.۰۲۵۲٤ & ۰.۰٦۰۳٤ & ۰.۰۷۹٤۳ & ۰.۰۲٦۵۰ \\ ۰.۰۵۸۱۷ & ۰.۰۳۰۹۰ & ۰.۰۵۱۱٦ & ۰.۰۲۵۷۰ & ۰.٦۲۰٤ & ۰.۰۷۹۲۰ & ۰.۰۲٦۳۵ \\ ۰.۰۵۹۲۹ & ۰.۰۳۰۸۰ & ۰.۰۵۱۹۹ & ۰.۰۲۵۷۱ & ۰.۰۵۳۰۱ & ۰.۰۷۸۹۲ & ۰.۰۲٦٦۸ \\ ۰.۰۵۸٦٤ & ۰.۰۳۰۳۰ & ۰.۰۵۱٤۱ & ۰.۰۲٤۷٦ & ۰.۰۵۸۷٦ & ۰.۰۷۹۸۹ & ۰.۰۲٦۵۷ \end{bmatrix}$$

۴) تعین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^+) از رابطه ۷ و راه‌حل ایده‌آل منفی (A^-) از طریق رابطه ۸

$$A^+ = \{(max_{i=۱}^{n} v_{ij} Ij \in I^+),(min_{i=۱}^{n} v_{ij} Ij \in I^-)\} = [v_۱^+, v_۲^+, ..., v_m^+] \qquad (۷)$$

$$A^- = \{(min_{i=۱}^{n} v_{ij} Ij \in I^+),(max_{i=۱}^{n} v_{ij} Ij \in I^-)\} = [v_۱^-, v_۲^-, ..., v_m^-] \qquad (۸)$$

که در آن I^+ نشـــان‌دهنده معیار سود و I^- نشان‌دهنده معیار هزینه است. از میان شاخص‌های این پژوهش نرخ دسترســـی، بازگشـــت ســـرمایه، قابلیت اطمینان و کیفیت برق معیار سود و شاخص‌های قیمت برق، تلفات و هزینه محیط‌زیست معیار هزینه می‌باشد.

$$A^+ = [۰.۰۵۹۲۹, ۰.۰۳۰۳۰, ۰.۰۵۱۹۹, ۰.۰۲٤۷٦, ۰.۰۵۳۰۱, ۰.۰۷۹۸۹, ۰.۰۲٦٦۸]$$
$$A^- = [۰.۰۵۸۱۷, ۰.۰۳۰۹۰, ۰.۰۵۱۱٦, ۰.۰۲۵۷۱, ۰.٦۲۰٤, ۰.۰۷۸۹۲, ۰.۰۲٦۳۵]$$

Archive of SID

www.SID.ir

۵) مقدار اندازه‌های جدایی (فاصله) با استفاده از فاصله اقلیدسی m بعدی محاسبه می‌شود. مقدار جدایی d_i^+ و d_i^- از ایده‌آل‌های مثبت و منفی از رابطه ۹ و ۱۰ به دست می‌آید.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}(v_{ij} - v_j^+)^2} \quad , i = 1,2,...,n \qquad (9)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , i = 1,2,...,n \qquad (10)$$

با استفاده از این روابط فاصله اقلیدسی هر یک از سناریوها با راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی به‌دست می‌آید.

$d_1^+ = 0,0075$, $d_2^+ = 0,0092$, $d_3^+ = 0,0014$, $d_4^+ = 0,0058$
$d_1^- = 0,0019$, $d_2^- = 0,00028$ $d_3^- = 0.0092$, $d_4^- = 0,0036$

تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل و رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از رابطه۱۱

$$C_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad , \quad i = 1,2,...,n \qquad (11)$$

مقدار شاخص c_i^+ بین ۰ تا یک می‌باشد و هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، آن شاخص بهتر است. نزدیکی نسبی هر یک از سناریوها با راه‌حل ایده‌آل و رتبه هر یک از سناریوها در جدول ۷ بیان‌شده‌است.

جدول ۷: رتبه‌بندی سناریوها

سناریوها	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
نزدیکی نسبی c_i^+	۰,۲۰۲	۰,۰۲۹۵	۰,۸۶۸	۰,۳۸۳
رتبه‌بندی سناریوها	۳	۴	۱	۲

بنابراین سناریو توسعه تولید برق با استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر رتبه نخست، سناریو توسعه شبکه هوشمند برق رتبه دوم و دو سناریو ادامه روال گذشته تولید برق مبتنی بر نیروگاه‌های فسیلی و توسعه استفاده از انرژی هسته‌ای در تولید برق نیز رتبه سوم و چهارم در اولویت سرمایه‌گذاری

Archive of SID

www.SID.ir

در آینده صنعت برق ایران را کسب نموده‌اند.

۵- جمع‌بندی و ارائه پیشنهادهای پژوهش

هدف از این پژوهش ترسیم و رتبه‌بندی سناریوهای آینده صنعت برق ایران بود. در این راستا ۲۴ متغیر اساسی مؤثر بر این صنعت و روابط بین آن‌ها در قالب نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران به‌دست‌آمد، در ادامه با ترسیم و شبیه‌سازی سناریوها در نقشه شناختی فازی صنعت برق و رتبه‌بندی سناریوها براساس شاخص‌های استخراجی از طریق روش TOPSIS مطلوب‌ترین سناریو برای آینده این صنعت شناسایی گردید.

مورد جالب‌توجه در نتایج این پژوهش اولویت‌های اول و دوم سرمایه‌گذاری یعنی انرژی‌های تجدیدپذیر و شبکه هوشمند برق می‌باشد، به‌طوری‌که این دو فناوری مکمل یکدیگرند. هر جا سخن از انرژی تجدیدپذیر است بر لزوم تحول در شبکه کنونی برق تأکید می‌شود و در کنار سایر قابلیت‌ها، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر از اصلی‌ترین انگیزه‌ها در هوشمندسازی شبکه برق می‌باشد؛ بنابراین شبکه هوشمند برق نه‌تنها اولویت دوم سرمایه‌گذاری را برای قابلیت‌های پرشمار خود کسب نموده، بلکه یکی از زیرساخت‌های اساسی استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر نیز محسوب می‌شود. شبکه هوشمند برق راهکارهایی برای حل چالش‌های کنونی صنعت برق مانند چالش‌های قابلیت اطمینان، چالش‌های زیست‌محیطی و چالش‌های اقتصادی و بازده انرژی ارائه می‌دهد. از دیدگاه قابلیت اطمینان، شبکه هوشمند نیاز شبکه فرسوده کنونی قدرت است. شبکه الکترومکانیکی موجود ظرفیت تأمین تقاضاهای چندین برابر شده را ندارد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ میزان تقاضا سه برابر مصرف کنونی خواهد شد؛ بنابراین نیاز مبرم شبکه قدرت امروز تغییر در ساختار برای روشن نگاه‌داشتن چراغ خانه مشترکان است. خروجی‌های ناگهانی و بی‌برنامه و مدت زمان آن لطمات فراوانی را به مصرف‌کننده وارد می‌کند. از دیدگاه اقتصادی و بهره‌وری انرژی، شبکه هوشمند با ایجاد قابلیت پایش بی‌درنگ مصرف و مدل‌سازی دقیق‌تر منابع تولید، موجب بهره‌برداری اقتصادی‌تر از شبکه شده، کاهش قیمت برق و رضایت مصرف‌کنندگان را به دنبال دارد. با این حال پیاده‌سازی شبکه هوشمند نیازمند آمادگی بستر مخابراتی و اتوماسیون شبکه توزیع ایران است و بدون این دو نمی‌توان انتظار داشت که توفیقی در این کار حاصل شود. نصب کنتورهای AMI در ایران که از آن به‌عنوان هوشمندسازی شبکه توزیع یاد می‌شود، تنها بخشی از فعالیت‌هایی است که برای هوشمندسازی شبکه

Archive of SID

www.SID.ir

موردنیاز اســت. از سوی دیگر هدف از توسعه شبکه هوشمند بهبود عملکرد شبکه از منظر خاموشی، تلفات و ســایر شــاخص‌های کلیدی است. در شرایطی که امکان پایش شــبکه ۲۰ کیلوولت در ایران وجود ندارد و اطلاع از قطعی خطوط ۲۰ کیلوولت از طریق سامانه ۱۲۱ صورت می‌گیرد و امکان مانور خودکار در شبکه فشار متوسط محدود است، نصب کنتورهای هوشمند برای مشترکان گام آخری است که باید برداشته شود و اولویت دادن به آن به قیمت کنارگذاشتن اقدام‌های مهم‌تر قابل توجیه نیست (سلطانی،۱۳۹۱).

نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش برای آینده صنعت برق ایران همانند گزارشات و پیش‌بینی‌های بین‌المللی که به دو مورد آن در بخش ۴-۲ اشاره شده بود بر توجه به توسعه بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق تأکید دارد. انرژی تجدیدپذیر منافع کوتاه، میان و بلندمدت قابل‌ملاحظه‌ای از قبیل امنیت عرضه انرژی، توسعه پایدار صنایع محلی، ایجاد اشتغال و پایداری زیست‌محیطی به همراه دارد. این در حالی اســت که منابع انرژی فســیلی علاوه بر تجدیدناپذیربودن، به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای نظیر دی‌اکسیدکربن، اثرات منفی بسیاری بر سلامت و محیط‌زیست دارند. استفاده از انرژی تجدیدپذیر باقابلیت ایجاد فرصت‌های شــغلی و درآمدزایی، باعث توانمندســازی و تقویت خوداتکایی جوامع محلی شــده و به تحقق اهداف فقرزدایی کمک می‌کند. اشــتغال‌زایی سامانه‌های تولید انرژی تجدیدپذیر به دلیل ماهیت آن بیش از اشــتغال‌زایی ناشی از توسعه سوخت‌های فسیلی بوده و عمدتاً به‌صورت بومی و محلی است. همچنین انرژی تجدیدپذیر کمتر در معرض نوسانات قیمت در بازارهای جهانــی قرار دارند و ازاین‌رو به ثبات اقتصادی کشــورها کمک می‌کنند. وجود شــبکه‌های پراکنده و مســتقل انرژی‌های تجدیدپذیر در ســطح محلی و منطقه‌ای، ثبات شــبکه را افزایش داده و احتمال خاموشی سرتاسری را کاهش می‌دهد. با تمام این اوصاف سوخت فسیلی ارزان قیمت و یارانه پرداختی دولت به نیروگاه‌ها در کنار نبود بستر تکنولوژیک مناسب جهت بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر، بزرگ‌ترین مانع در جهت نیل به این هدف در ایران امروز خواهد بود.

در ارتباط با انرژی هسته‌ای باید توجه نمود که انرژی هسته‌ای به‌هیچ‌وجه ارزان‌ترین انرژی نیست. در اروپا حتی با احتســاب هزینه آلایندگی کربنی از زغال‌ســنگ و گاز گران‌تر است. انرژی هسته‌ای از انرژی باد و در بســیاری کشــورها از انرژی خورشــیدی هم گران‌تر تمام می‌شود؛ اما مسئله مالی تنها مســئله انرژی هسته‌ای نیســت، فاجعه فوکوشیما نمونه‌ای است که بار دیگر پس از ۲۵ سال از فاجعه چرنوبیل یادآوری کرد که بهره‌برداری از انرژی هســته‌ای چــه مخاطراتی دارد. موضوع دیگر ضایعات

Archive of SID

www.SID.ir

هسته‌ای است، در هیچ بخش از اقصی نقاط جهان امکانات یا فضای ثابتی برای نگه‌داری همیشگی از ضایعات سوخته هسته‌ای وجود ندارد. فعالان زیست‌محیطی می‌گویند با توجه به هزینه‌های بالای و مخاطرات ذاتی انرژی هسته‌ای، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر معقول‌تر است. از سال ۲۰۰۰ میلادی دولت آلمان تصمیم گرفت به‌مرور انرژی هسته‌ای را کنار بگذارد و طبق برنامه قرار است تا سال ۲۰۲۲ آخرین راکتور پنجمین تولیدکننده برق هسته‌ای جهان هم تعطیل شود. بلژیک نیز سیاستی شبیه به همسایه بزرگش آلمان در پیش‌گرفته و اسپانیا هم برنامه‌ای برای افزودن به هفت نیروگاه هسته‌ای خود ندارد. در سال ۱۹۸۷ مردم ایتالیا در یک همه‌پرسی مخالفت خود را با تولید انرژی هسته‌ای اعلام کردند که به توقف فعالیت هر چهار نیروگاه هسته‌ای ایتالیا که بعضی عمری کمتر از ۱۰ سال داشت انجامید. حتی فرانسه که نماد انرژی هسته‌ای در اروپا است، اعلام نموده که وابستگی به این انرژی را شدیداً کاهش خواهد داد. در این پژوهش تولید برق از انرژی هسته‌ای با اختلاف بسیار با سایر سناریوها پایین‌ترین رتبه را در اولویت‌های سرمایه‌گذاری از دید خبرگان این صنعت کسب نموده‌است این درحالی‌است که سرمایه‌گذاری برای تولید برق هسته‌ای در ایران دهه‌ها است سرمایه فراوانی را جذب خود کرده و هزینه‌های بسیاری را از ابعاد گوناگون به کشور تحمیل نموده‌است.

در این مقاله مشاهده گردید که بهره‌گیری از فنون شناختی و به تصویر کشیدن نقشه شناختی فازی موجب ارتقای اثربخشی فرآیند سناریونگاری و انتخاب بهترین سناریو به‌عنوان آینده مطلوب در فرآیند آینده‌پژوهی می‌شود. مراحل طی شده در این پژوهش می‌تواند به‌منظور آینده‌پژوهی در حوزه‌ها و صنایع مختلف مورد بهره‌برداری قرار گیرد. به‌کارگیری این مراحل دارای منافع و مزایای فراوانی است که ازجمله آن‌ها می‌توان، ساده‌سازی بافت‌های پیچیده با ارتباط زیاد میان متغیرها، جمع‌آوری نظام‌مند تجربیات و خرد خبرگان، قابلیت اطمینان بالای مدل با تجمیع نظرات خبرگان، سهولت در تفسیر متغیرها با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی، عدم محدودیت در تعداد خبرگان متغیرها و سناریوها، سهولت بسیار در تعریف و شبیه‌سازی سناریوهای متفاوت، قابلیت رتبه‌بندی سناریوها براساس نزدیکی به حالت ایده‌آل، قابلیت انعطاف‌پذیری بالای چارچوب و سهولت در شبیه‌سازی مجدد نتایج بازنگری شده در متغیرها و روابط میان آن‌ها را نام برد.

یافته‌های این پژوهش ازجمله نقشه شناختی فازی صنعت برق ایران، چهار سناریو آینده صنعت برق و اولویت‌های سرمایه‌گذاری در فناوری‌های آینده صنعت برق می‌تواند مورد استفاده برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران صنعت برق قرار گیرد و حتی با تعریف پروژه‌های مشابه با بهره‌گیری از نقشه شناختی

Archive of SID

www.SID.ir

فازی صنعت برق ایران ســناریوهایی جدید ساخت، شبیه‌سازی و رتبه‌بندی نمود. در پایان باید گفت خروجی یک تحقیق کیفی می‌بایستی چراغ راهی برای پژوهش‌های کیفی و کمی بعد از خود شود، لذا با توجه روش انجام این پژوهش و نتایج حاصل از آن به پژوهشگران آتی توصیه می‌شود در حوزه‌های زیر به پژوهش بپردازند.

- انجام فرآیند آینده‌پژوهی به‌خصوص در حوزه فناوری در صنایع مادر کشور
- توســعه مراحل آینده‌پژوهی استفاده‌شــده در این پژوهش و تلاش در جهت دستیابی به مدل یا چارچوبی برای آینده‌پژوهی با بهره‌گیری از نقشه شناختی فازی و تحلیل سناریو
- تدوین چشــم‌انداز و نقشــه راه آینده صنعت برق ایران با تکیه‌بر انرژی‌های تجدیدپذیر و شبکه هوشمند برق
- بررسی اثرات سیاست‌های انرژی کشور در حوزه تولید برق بر روی سهم انواع نیروگاه‌ها در آینده صنعت برق ایران

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

- بنیاد توسعه فردا. (۱۳۸۴). *روش‌های آینده‌نگاری تکنولوژی*. تهران.
- بهرامی، محسن. طاعتی، مهکامه. ضیغمی، فاطمه. (۱۳۸۷). *گزارش طرح آینده مدیریت علم‌وفناوری*. گروه آینده‌شناسی، پژوهشکده فناوری‌های نو، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- رازینی، صالح. مقدس تفرشی، سید مسعود. بطحایی، سید محمد تقی .(۱۳۸۹). سناریو نگاری باهدف آینده‌پژوهی در صنعت تولید برق ایران. نشریه انرژی ایران، دوره ۱۳، شماره۳ .
- سلیمی بنی، آرمان. (۱۳۸۵). *پیش‌بینی نیاز مصرف شبکه سرتاسری تا سال ۱۳۹۵*. شرکت مدیریت برق ایران، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت بر امنیت شبکه، دفتر برنامه‌ریزی و نظارت بر توسعه شبکه.
- شفیعا، محمدعلی. رحیمی مقدم، محمد. بدیع، کامبیز. (۱۳۹۲). *آینده‌نگاری مبتنی بر فنون شناختی*. مطالعات مدیریت راهبردی، شماره ۱۵.
- سلطانی، مسعود. (۱۳۹۱). *ضرورت بازنگری نگرش مدیران صنعت برق ایران از هوشمندسازی شبکه*، شرکت مشاوره مدیریت آریانا.
- محسن‌پور، محدثه. (۱۳۹۰). ارزیابی داده‌های کیفی. فصلنامه علمی، پژوهشی کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزه‌وار. سال شانزدهم شماره ۲۴.
- Axelrod, R. (1994). Structure of decision: The cognitive maps of political elites. 1976. Princeton University Press. Referenced in John Sterman,» Learning in and about complex systems,» System Dynamics Review, Summer-Fall, 2, 1879-1955
- Barlas, Y. (2002). System dynamics: Systemic feedback modeling for policy analysis. Knowledge for Sustainable Development-An Insight into the Encyclopedia of Life Support Systems.
- Bhaskaran, P. B. (2006).Futurology: A literature survey. The IUP Journal of Management Research.
- British Petroleum. (2014). BP energy outlook 2035. *BP stats, Jan*.
- Bueno, S., & Salmeron, J. L. (2009). Benchmarking main activation functions in fuzzy cognitive maps. *Expert Systems with Applications*, *36*(3), 5221-5229.
- Chermack, T.J. (2011). *Scenario Planning in Organizations*. Published by Berrett-Koehler Publishers, Inc.san Francisco. bk business book.
- EPRI. (2013). Program on Technology Innovation: Using Scenario Planning to "Stress Test" EPRI's R&D Portfolio.
- Fahey, Liam & Robert M. Randall.(1998). *Learning form the Future*. Competitive

Archive of SID

www.SID.ir

Foresight Scenarios, New York.

- Frei, C., Whitney, R., Schiffer, H. W., Rose, K., Rieser, D. A., Al-Qahtani, A. & Volkart, K. (2013). *World energy scenarios: Composing energy futures to 2050*. Conseil Francais de l'energie, 12 rue de Saint-Quentin, 75010 Paris (France).
- Gordon,T. J. and Gelen, J.C.,(1994). Evironmental Scaning. AC/UNU Millennium Project.
- Godet, M. (2010). Future memories. *Technological Forecasting and Social Change*, *77*(9), 1457-1463.
- Jetter, A. J. (2006, July). Fuzzy cognitive maps for engineering and technology management: what works in practice?. In Technology Management for the Global Future, 2006. PICMET 2006 (Vol. 2, pp. 498-512). IEEE.
- Kandasamy, W. V., & Smarandache, F. (2003). *Fuzzy cognitive maps and neutrosophic cognitive maps*. Infinite Study.
- Khan, H., & Anthony, J. (1967). Wiener. The Year 2000–A Framework For Speculation on The Next Thirty Three Years. New York: Hudson Institute.
- Martin, B. (2001). *Technology foresight in a rapidly globalizing economy*. na
- Mulugetta, Y., Mantajit, N., & Jackson, T. (2007). Power sector scenarios for Thailand: An exploratory analysis 2002–2022. *Energy Policy*, *35*(6), 3256-3269.
- Nyiri, L. (2003). Foresight as a Policy-making Tool. *Technology Foresight for Organizers, Unido text book*.
- OECD. Publishing, & International Energy Agency. (2010). Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios and Strategies to 2050. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Özesmi, U., & Özesmi, S. L. (۲۰۰۳). Ecological models based on people's knowledge: a multi-step fuzzy cognitive mapping approach. *Ecological Modelling*, *176*(1), 43-64.
- Rodin, J., & Schwartz, P. (2010). Scenarios for the future of technology and international development: Washington. *DC: The Rockefeller Foundation and Global Business Network (Monitor Group)*.
- Salmeron, J. L., Vidal, R., & Mena, A. (2012). Ranking fuzzy cognitive map based scenarios with TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, *39*(3), 2443-2450.
- Taber, R. (1991). Knowledge processing with fuzzy cognitive maps. *Expert Systems*

Archive of SID

www.SID.ir

with Applications, *2*(1), 83-87

- Tallapragada VSN, P., Shkaratan, M., Izaguirre, A. K., Helleranta, J., Rahman, S., & Bergman, S. (2009). Monitoring Performance of Electric Utilities: Indicators and Benchmarking in Sub-Saharan Africa.

Archive of SID

www.SID.ir