



Possible Futures for Iran's Energy Supply: A Scenario Analysis

Mohammad Ehsanifar*, Ali Reza Nezamabadi & Mohammad Alipour

Mohammad Ehsanifar, Industrial Engineering Department, Islamic Azad University, Arak Branch

Ali Reza Nezamabadi, Mechanical Engineering Department, Islamic Azad University, Arak Branch.

Mohammad Alipour, Industrial Engineering Department, Islamic Azad University, Arak Branch.

Keywords

Iran,
Energy production,
Scenario planning,
Fuzzy cognitive map.

ABSTRACT

Energy is essential to improved social and economic wellbeing and is indispensable to most industrial and commercial wealth generations. It is the main factor for relieving poverty, improving human welfare, and raising living standards. Located in the Middle East, Iran holds the world's second largest natural gas reserves and the OPEC's fourth largest supply of oil; and is one of the countries blessed with abundant energy resources. However, geopolitical changes, social issues, economic growth, political challenges, changes in visions, and effective external parameters have led to the increasing variations in the context of energy sector in Iran. In this respect, this study tries to develop fuzzy cognitive map-based scenario planning to evaluate and elaborate the plausible trend of energy production in the country. The cross impact analysis and morphological analysis are also adopted to identify and narrow down key parameters. Fuzzy cognitive map approach in scenarios developing captures expert's knowledge in a graphical manner and uses these captures for a raw scenarios testing and refinement. Four developed scenarios shape the most possible trend for the future of Iran's energy supply through 2031. The integrated approach used in this study covers the deficiencies of merely qualitative/quantitative scenario planning methods.

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 2, All Rights Reserved



آینده های محتمل تولید انرژی در کشور با استفاده از طرح نقشه شناخت فازی

محمد احسانی فر*، علیرضا نظام آبادی، محمد علی پور

کلمات کلیدی

ایران، تولید انرژی، برنامه ریزی مبتنی بر سناریو، طرح نقشه شناخت فازی.

چکیده:

انرژی نقش حیاتی در بهبود رفاه اجتماعی و اقتصادی ایفا می کند و اصلی ضروری در صنایع و تجارت به حساب می آید. کشور ایران دومین ذخایر گاز طبیعی دنیا و چهارمین جایگاه تولید نفت اوپک را در اختیار دارد و از کشورهایی است که از منابع فراوان انرژی برخوردار است. ولی تغییرات ژئوپلیتیکی، مسائل اجتماعی مانند رشد جمعیت، رشد اقتصادی، چالش های سیاسی، تغییرات اهداف و چشم اندازها، و پارامترهای مؤثر خارجی (مانند تغییر قیمت نفت جهانی) باعث تغییرات فزاینده ای در حوزه انرژی شده است و اقتصاد ایران نیازمند سیاست گذاری هدفمند و طرح های بلندمدت است. در این راستا، این نوشتار تلاش دارد با استفاده از برنامه ریزی سناریو مبتنی بر طرح نقشه شناخت فازی، روش تحلیل متقاطع، و همچنین تجزیه و تحلیل ریخت شناسی، روندهای احتمالی آینده انرژی ایران در بخش تولید بررسی نماید. چهار سناریوی محتمل برای تولید انرژی اولیه در کشور تولید شد که بیانگر محتمل ترین وضعیت بخش انرژی در کشور تا سال ۱۴۱۰ خواهند بود. روش یکپارچه بکار رفته در این مطالعه ضعف سایر روش های کمی یا کیفی را پوشش می دهد.

۱. مقدمه

ایران دومین ذخایر گاز طبیعی دنیا و چهارمین جایگاه تولید نفت اوپک را در اختیار دارد [۱]. ایران از جمله کشورهایی است که از منابع فراوان انرژی برخوردار است و پس از ۱۹۱۳ همواره به عنوان یکی از صادرکننده های اصلی نفت محسوب می شده است (جدول ۱). با توجه به اینکه در میان دو منبع بزرگ انرژی جهان (دریای خزر در شمال و خلیج فارس در جنوب) قرار دارد، از جایگاه ویژه ای نیز در سطح بین المللی برخوردار است. از جمله موارد اهمیت این می باشد که یکی از دو کشوری است که قادر است به طور مستقل و

تاریخ وصول: ۹۴/۱۲/۱۰

تاریخ تصویب: ۹۵/۰۲/۲۱

علیرضا نظام آبادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه مهندسی مکانیک، اراک، ایران. alireza.nezamabadi@gmail.com

محمد علی پور، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، ایران. alipour.m.86@gmail.com

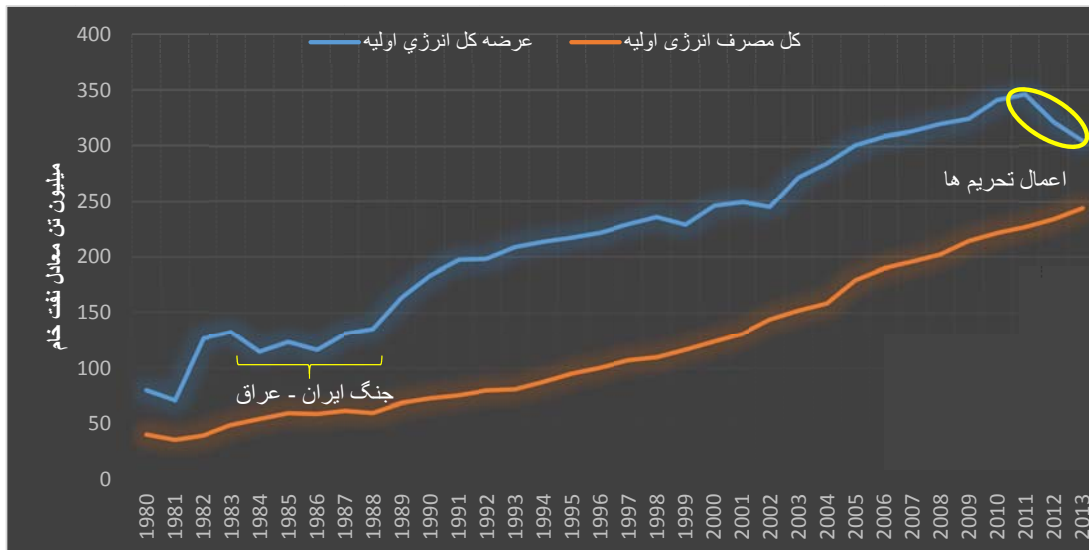
*نویسنده مسئول مقاله: محمد احسانی فر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه مهندسی صنایع، اراک، ایران. m-Ehsanifar@iau-arak.ac.ir

مستقیم نفت و گاز استحصال شده از منبع عظیم دریای خزر را صادر کند. البته از این منظر نیز به دلیل کوتاهی مسافت از رقیب صادراتی خود که روسیه می باشد، می تواند پیشی گیرد [۲]. روند تولید و مصرف انرژی ایران مابین سال های ۱۹۸۰-۲۰۱۳ نیز در نمودار ۲ قابل ملاحظه است که بیانگر رشد چشمگیر مصرف انرژی و البته تولید انرژی است. کل تولید انرژی در ایران در سال ۱۳۹۲ در حدود ۳۰۲۰۹ میلیون تن معادل نفت خام بوده است [۳]. سهم هریک از سوخت ها در سبد مصرف انرژی ایران برای سال ۱۳۹۲ نیز در شکل ۳ مشخص است. همان طور که مشاهده می شود، عمده سهم مصرف انرژی در ایران را سوخت های فسیلی و در رأس آن ها نفت و گاز تشکیل می دهند. ایران همچنین دارای پتانسیل قابل توجهی در حوزه منابع تجدید پذیر مانند هیدرو، باد، خورشید، زمین گرمایی، موج دریا، و زیست توده است که در کنار آن می توان به پیشرفت های صنعت هسته ای در یک دهه اخیر نیز اشاره کرد [۴].

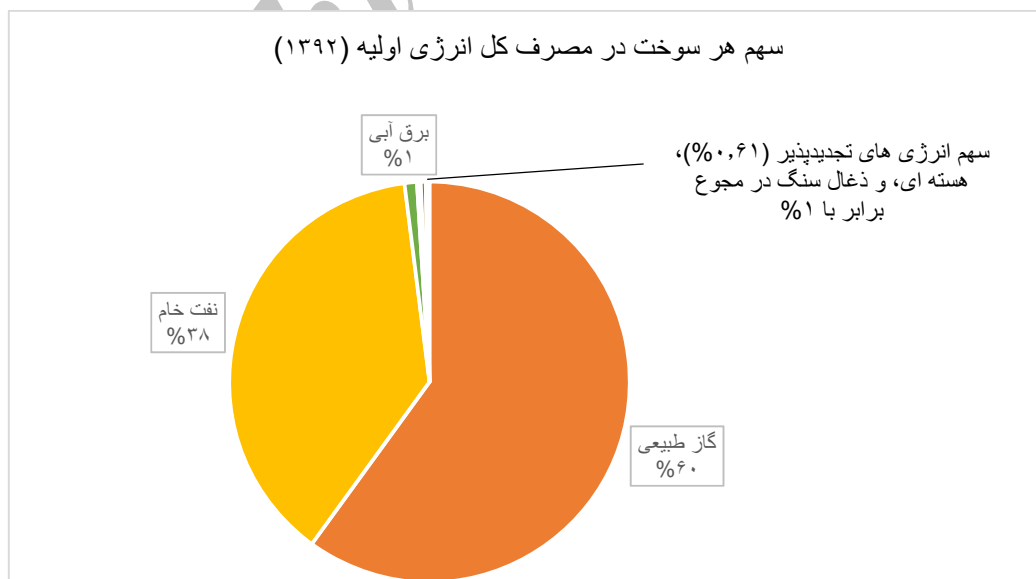
جدول ۱. آمارهای کلیدی انرژی ایران [۳]

آمارهای کلیدی	رتبه جهانی	مقدار
مجموع تولید انرژی اولیه (۲۰۱۲)	۸	Quadrillion Btu *۱۳۰۶۴۴
مجموع مصرف انرژی اولیه (۲۰۱۲)	۱۱	Quadrillion Btu ۹۰۶۴۵
ذخایر ثابت شده نفت خام (۲۰۱۵)	۴	۱۵۸ بلیون بشکه
مجموع تولید نفت و سایر میعانات (۲۰۱۴)	۷	۳۷۵۳ هزار بشکه در روز
ذخایر ثابت شده گاز طبیعی (۲۰۱۵)	۲	۱۲۰۱ تریلیون فوت مربع

* یکای بریتانیایی حرارت (با نماد اختصاری BTU) واحد سنتی انرژی است که برابر ۱۰۵۵ ژول انرژی می باشد.



شکل ۲. روند تولید و مصرف انرژی (۱۹۸۰-۲۰۱۳) [۳]



شکل ۳. مجموع مصرف انرژی های اولیه در ایران به تفکیک سوخت (۲۰۱۳) [۵]

به طور خلاصه، سناریو به دنبال افزایش کیفیت تصمیم گیری های آینده است؛ چه در غیر این صورت چیزی بیش از یک حد و گمان بی ارزش نخواهد بود [۱۳]. اهمیت انرژی به عنوان پایه و اساس توسعه در هر کشوری روشن و مبرهن است و اقتصاد ایران نیازمند سیاست گذاری هدفمند و طرح های بلندمدت است. بعلاوه، با توجه به افزایش مصرف انرژی، چه در داخل و چه در خارج، و تغییرات آب و هوایی، نیاز به برنامه ریزی بلندمدت برای تحقیق و جستجو در آینده این بخش بیش از پیش احساس می شود. در این راستا، رسیدن به سناریوهای محتمل در آینده انرژی ایران می تواند به سیاست گذاران عرصه انرژی، و در بحث کلان تر، به تصمیم گیران بلندپایه کشور به تدوین استراتژی های واقع گرایانه و با در نظر گرفتن چالش های احتمالی پیش رو در آینده این بخش کمک شایانی نماید. بنابراین، این نوشتار تلاش دارد با استفاده از برنامه ریزی سناریو مبتنی بر طرح نقشه شناخت فازی، روش تحلیل متقاطع، و تجزیه و تحلیل ریخت شناسی روندهای احتمالی آینده انرژی ایران در بخش تولید را بررسی نماید.

۲. طرح نقشه شناخت فازی

اکسلورد در دهه ۷۰ میلادی طرح نقشه شناختی را برای ارائه دانش علوم اجتماعی به عنوان گرافی مستقیم و مرتبط بین عناصر (گره ها) و پیکان ها (فلش ها) معرفی کرد [۱۴]. این نقشه های علی و معلولی به طور گسترده برای دریافت دانش علت ها و مدل های ذهنی خبرگان در یک سیستم پیچیده بکار می رفت. گره ها بیانگر مفاهیم و فلش ها بیانگر روابط علی و معلولی بین این مفاهیم بودند. اما این روابط تنها به صورت مثبت یا منفی نشان داده می شدند. مدل فازی معرفی شده توسط کسکو [۱۵]، این روابط می توانند عددی فازی (معمولاً بین صفر تا یک) به خود بگیرند. هر گره تحت تأثیر گره های به هم پیوسته و مرتبط با هم و بر اساس میزان وزن این روابط است. طرح نقشه شناخت فازی مدلی ریاضی ساده شده ای از سیستم های باور شناختی است و برای ارائه سیستم های دانش فردی یا گروهی بکار می رود. طرح نقشه شناخت فازی در واقع مدل کلی برای پدیده های علت و معلولی است که از مدل نقشه شناختی اقتباس شده است.

در شکل ۴ نمونه ای از نقشه شناختی فازی دیده می شود. این نقشه مثال ساده ای از یک نقشه شناختی محسوب می شود. نقشه شناختی فازی مجموعه هایی از عناصر است که هر کدام یک پدیده از محیط را نشان می دهد. بین گره های نقشه شناختی فازی یال یا فلش هایی وجود دارد که وزنی از بازه $[-1, +1]$ را می پذیرند. در این روش نیز مانند نقشه شناختی عادی اعداد مثبت نشان دهنده رابطه مستقیم و اعداد منفی نشان دهنده رابطه معکوس میان پدیده ها هستند. در نقشه شناختی فازی علاوه بر این میزان اثر نیز با استفاده از وزن یال تعیین می شود. یعنی با در نظر گرفتن وزن

از طرفی، اقتصاد کشور به شدت وابسته به صادرات انرژی است؛ به طوری که بخش عمده صادرات ایران را نفت و گاز طبیعی تشکیل می دهد. در سال ۲۰۱۰، نزدیک به ۸۰٪ از کل صادرات ایران از نفت بود و انتظار می رود این روند در کوتاه مدت و حتی میان مدت نیز ادامه پیدا کند [۶]. کاهش میزان صادرات نفت در سال های اخیر و در راستای آن کاهش تولید انرژی در کشور تأثیرات منفی نه تنها بر بخش انرژی، بلکه بر کل اقتصاد کشور داشته است. وضعیت تولید گاز طبیعی نیز چندان پایدار به نظر نمی رسد. با وجود پتانسیل عظیم در تولید، استخراج، و حتی خط لوله های گاز سراسری، این کشور همچنان نتوانسته صادرات گاز طبیعی را به کشورهایمانند پاکستان، هند، ترکیه و سایر کشورهای اروپایی آغاز نماید [۷]. عدم اتمام فازهای باقی مانده پارس جنوبی به عنوان بزرگ ترین میدان گازی دنیا مسئله ای است که در این زمینه قابل بحث می باشد [۸]. گسترش و صادرات گاز می تواند به عنوان رکن اصلی رشد اقتصاد در آینده نزدیک موجب شکوفایی بخش های مختلف صنعت در کشور گردد. در حوزه انرژی های تجدید پذیر، در حالی که انرژی های مانند باد و خورشیدی پیشرفت های چشمگیری داشته اند، ولی این رشد در سایر انرژی ها مانند پیل سوختی و هیدروژن با سرعت کمتری همراه بوده است. و بعد از گذشت بیش از یک دهه این نوع انرژی های سبز هنوز به مرحله تجاری سازی نرسیده اند [۹]. سهم تولید انرژی های جایگزین در کشور ۰.۰۶۱٪ است که بیانگر نقش اندک این حوزه در سبد انرژی کشور است [۱۰].

درکی درست از آینده وضعیت انرژی در هر کشور مسئله ای است که پایه و اساس ساختارهای آینده زیرساخت اقتصادی آن کشور را تعیین می کند. تولید انرژی بر این اساس، مبنای عملی تعیین کننده به عنوان نیروی پیشران در پیش بینی میزان پیشرفت اقتصادی یک کشور به حساب می آید. حال اگر آن کشور، صادرکننده این منبع هم باشد، اهمیت آن در نه تنها در اقتصاد، بلکه در کل ساختارهای اساسی کشور تأثیرگذار خواهد بود [۱۱]. در نتیجه، درکی صحیح و منطقی از موقعیت آینده تولید انرژی در ایران دارای اهمیت فراوانی است. سناریونویسی یا برنامه ریزی مبتنی بر سناریو یکی از روش های آینده پژوهی در راستای رسیدن به این درک است. بر خلاف سناریونویسی، روش های پیش بینی، اطلاعات را بر مبنای فضایی ایستا ارزیابی می کنند [۱۲]. به طور مثال، سری های زمانی با ادامه روند گذشته و بعضاً با داده های جدید اما در شرایط ثابت ارزیابی می شوند. در این روش ها، آینده ادامه ای از تحولات گذشته و پیش بینی آینده بر اساس روندهای گذشته است. این رویکردها بطور خلاصه بر اساس قطعیت بنا شده اند، ولی نامعلومی ها (عدم قطعیت ها) را در نظر نمی گیرند در حالی که نامعلومی ها بیشترین تأثیر را بر روی آینده دارند.

هستند که فعال سازی وزن مسیر را به علت های آن ها هدایت می کنند. یک تعداد متناهی از طرح نقشه شناخت فازی ها می تواند باهم ترکیب شود تا به تولید یک نقشه مشترک بی انجامد. از این رو، طرح نقشه شناخت فازی یکپارچه یک نگاه جامع تر از مسائل مربوط به محدوده موضوع مطروحه را ارائه می کند.

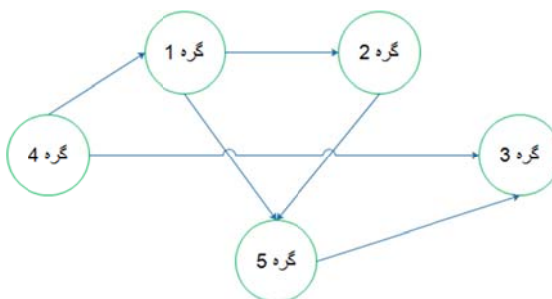
این رویکرد پژوهشی در یک طیف وسیع تر از کاربردهای مختلف در زمینه های دیگر مورد پژوهش قرار گرفته است. این روش برای مطالعه و تجزیه و تحلیل سیاست خارجی، سرمایه گذاری، طراحی و بهبود سیستم ارزیابی اطلاعات، برنامه ریزی محصول، مشکلات و چالش های تولید، آنالیز کنترل سیستم نظارتی، مدل سازی اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، و بسیج جامعه در برابر بیماری همه گیر ایدز بکار رفته است [۱۶].

۳. توسعه طرح نقشه شناخت فازی یکپارچه

پروژه با تجزیه و تحلیل عناصر (محرک یا گره های) اصلی آغاز می شود تا در آن پارامترهایی که تأثیر احتمالی بر روند عرضه انرژی در ایران را دارند شناسایی گردند. از خبرگان مختلف مانند اساتید دانشگاه، دانشجویان مقطع دکترا و کارشناسی ارشد مهندسی نفت و آینده پژوهی خواسته شد تا برای شناسایی محرک های مؤثر بر تولید انرژی اولیه در ایران پارامترهای اقتصادی، سیاسی، زیست محیطی، اجتماعی و فناوری را شناسایی کنند. از نظرات ۵۰ خبره برای گردآوری این عوامل استفاده شد که هر کدام از خبرگان تعدادی عوامل را شناسایی کردند.

در طرح نقشه شناخت فازی یکپارچه مجموع این عوامل آورده می شود. بطوریکه تعداد بیشتری عنصر نسبت به هر کدام از عوامل شناخته شده توسط هر خبره وجود دارد. جدول ۲ این عوامل و توضیحات مربوط به آن ها را نشان می دهد. هدف اصلی طرح نقشه شناخت فازی بررسی فاکتورهای علت و معلولی مؤثر بر عرضه انرژی ایران در میان مدت است (۲۰۲۲).

آن فلش، افزایش یک مقدار در گره ۱ موجب افزایش در گره ۲ خواهد شد. اگر گره ۳ را به عنوان گره هدف فرض کنیم یا گره ای که می خواهیم تغییرات سایر عناصر را روی آن ببینیم، آنگاه دو دسته عنصر خواهیم داشت. دسته ای که تأثیر مستقیم بر پارامتر هدف دارند مانند گره های ۴ و ۵، و دسته دوم که تأثیرات آن ها بر روی عنصر هدف غیرمستقیم است (مانند گره های ۱ و ۲). در واقع، تأثیر دسته دوم از روی اثرشان بر روی دسته اول قابل تفسیر است.



شکل ۴. نمونه ای ساده از طرح نقشه شناخت فازی

به طور کل، توسعه طرح نقشه شناخت فازی شامل سه مرحله زیر است:

۱. شناسایی عناصر، پارامترها و دامنه های کلیدی؛
۲. شناسایی روابط علی و معلولی میان این عناصر؛ و
۳. برآورد و تخمین قدرت این روابط علت و معلولی.

طرح نقشه شناخت فازی روابط متقابل بین پدیده هایی که به صورت گرافیکی در نقشه شناختی ارائه می شوند را آنالیز می کند. و به طور گرافیکی روابط علت و معلولی در یک محیط را مدل سازی می کند. این یکی از مزایای اصلی روش است که کار را برای آنالیز و تجزیه و تحلیل رخدادها، پارامترهای مؤثر بر محیط و هدف مورد نظر برای خبرگان و متخصصان تسهیل می نماید. به طور کلی، هر گره یا عنصر بیانگر یک وضعیت، حالت، متغیر، رویداد، هدف، و یا دیگر مؤلفه های یک سیستم است. این عناصر توابع غیرخطی

جدول ۲. معرفی و توصیف عناصر در طرح نقشه شناخت فازی یکپارچه شده

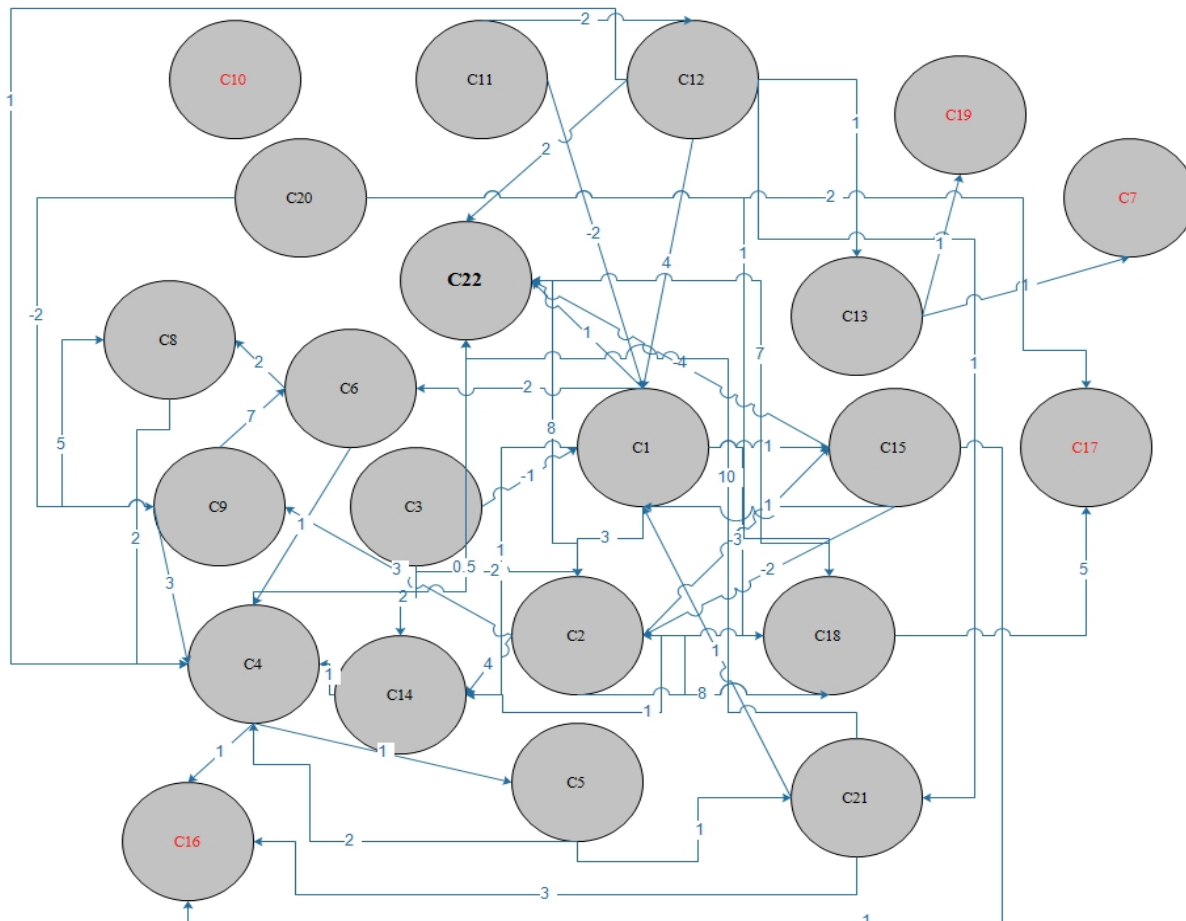
شماره عنصر	نام عنصر	تعریف عنصر
C۱	رشد اقتصادی	با کاهش فشارهای ناشی از تحریم ها و عبور از رکود، انتظار می رود رشد اقتصادی در سال های پیش رو افزایش متوسطی را تجربه کند.
C۲	افزایش مصرف انرژی	مصرف انرژی شاهد رشد چشمگیری در سال های اخیر بوده است. این روند هر چند ادامه خواهد داشت اما شیب ملایم تری را در ادامه خواهد دید.
C۳	رشد جمعیت	طبق آمار بانک جهانی، متوسط رشد جمعیت کشور در سه سال اخیر ۱.۳٪ بوده و ادامه این روند مورد انتظار است.
C۴	گسترش انرژی های تجدید پذیر	استفاده از انرژی های نو در مناطق با پتانسیل بالا توسط بخش خصوصی.
C۵	نوآوری های فناوری	ورود تکنولوژی های پیشرفته از خارج همراه با دستیابی به فناوری های برتر در داخل و جایگزینی آن با تجهیزات فرسوده، بخصوص

در بخش نفت.

سیاست‌های حمایتی دولت	در توسعه انرژی‌های جایگزین
C۶	سیاست‌های حمایتی دولت در جهت رسیدن به هدف ۱۰٪ از تولید برق کشور از انرژی‌های نو.
C۷	آرامش در نهادهای مهم تصمیم‌گیری در کشور با اهداف یکسان سیاسی.
C۸	ارائه بسته‌های حمایتی دولت و خرید تضمینی برق متناسب با قیمت‌های جهانی.
C۹	اراده و عزم سیاسی دولت از طریق پوشش قانونی و حقوقی، برنامه‌ریزی مرکزی، ایجاد ظرفیت، و حمایت نهادی.
C۱۰	همکاری‌های بین‌المللی، پشتیبانی و حمایت، و فرصت‌های مالی در بخش‌های مختلف انرژی. با کاهش محدودیت‌های بین‌المللی می‌توان شاهد همکاری‌های بیشتری با شرکت‌های بین‌المللی بود.
C۱۱	کاهش تنش میان کشورهای همسایه ایران و کشورهای دارای منافع استراتژیک با ایران از جمله سوریه.
C۱۲	اگرچه قیمت نفت در حال حاضر رو به کاهش است، اما طبق پیش‌بینی‌های آژانس بین‌المللی انرژی و اوپک قیمت نفت روندی صعودی خواهد داشت.
C۱۳	با ارتباطات بیشتر میان کشورهای همسایه و افزایش قدرت نظامی موقعیت ژئوپلیتیکی کشور بهبود خواهد یافت.
C۱۴	ظرفیت تولید برق می‌تواند با افزایش نیروگاه‌ها و گسترش انرژی‌های نو افزایش یابد.
C۱۵	کاهش اعطای یارانه‌ها موجب کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و واقعی شدن قیمت‌های حامل‌های سوختی خواهد شد.
C۱۶	تعیین روند کلی بخش انرژی در کشور.
C۱۷	استفاده از فرصت‌های صادرات گاز به کشورهای همسایه و حتی به کشورهای اروپایی.
C۱۸	گسترش خطوط لوله انتقال گاز در نقاط فاقد زیرساخت موجب افزایش مصرف و به تبع آن افزایش تولید گاز خواهد شد. همچنین موجب افزایش احتمال صادرات گاز به کشورهای همسایه نیز می‌شود.
C۱۹	تنش میان غرب و روسیه یا نزدیکی روابط میان ایران و غرب می‌تواند زمینه‌ای برای نگاه غرب به ایران به‌عنوان یک منبع تأمین انرژی باشد.
C۲۰	قیمت کنونی گاز صادرات آن را توجیه‌ناپذیر کرده است. افزایش قیمت می‌تواند پارامتری اساسی در صادرات گاز باشد.
C۲۱	در سال‌های اخیر میزان کشف میادین جدید نفت و گاز به علت کاهش حفاری پایین آمده است. این میزان با ورود شرکت‌های خارجی و افزایش حفاری‌ها روند صعودی خواهد یافت.
C۲۲	منظور افزایش تولید انرژی‌های اولیه در بخش سوخت‌های فسیلی (بخصوص نفت و گاز) و بخش انرژی‌های نو است.

کلیدی بر روی سیستم رسم نشده است و برای سادگی شکل، اعداد روابط بین ۱- تا ۱+ بدون اعشار آمده است. عناصر کلیدی با رنگ قرمز مشخص هستند و C۲۲ پارامتر هدف (تولید انرژی اولیه در ایران) را نشان می‌دهد.

برای ساخت طرح نقشه شناخت فازی، از خبرگان درخواست شد تا نظر خود را راجع به ارتباط بین عناصر توافق شده اعمال کنند. نظرات خبرگان پس از دریافت اجماع شده و به‌صورت یک نقشه یکپارچه به دست آمد (شکل ۵). در این نقشه، تأثیرات عوامل

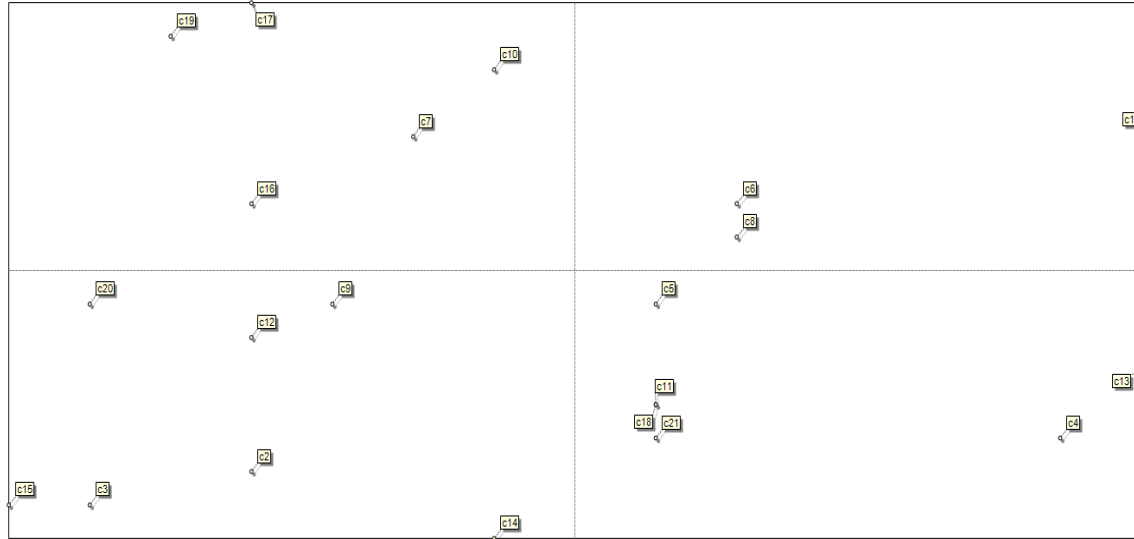


شکل ۵. طرح نقشه شناخت فازی یکپارچه برای تولید انرژی در ایران (بدون در نظر گرفتن روابط عناصر کلیدی و بدون نشان دادن اعشار)

۳-۱. اولویت بندی عناصر

رهیافت یا نگرش بیشینه برای موقعیت‌ها و مسائلی مطرح می‌شود که دارای تعداد بیشتری از عناصر و عدم قطعیت‌ها هستند. در شرایط عدم وضوح نمی‌توان کاملاً از رهیافت استاندارد استفاده کرد [۱۲]. بخش تولید انرژی در ایران نیز همان‌طور که اشاره شد دارای عدم قطعیت‌ها و بی‌ثباتی‌های زیادی از جمله مسائل سیاسی و اقتصادی است. به همین دلیل قبل از رهیافت استاندارد کارهای اضافی نیز باید انجام دهیم تا عناصر و عدم قطعیت‌ها را کاهش دهیم. کاهش تعداد عناصر این امکان را فراهم می‌کند که بر روی عواملی متمرکز شویم که توانایی بیشتری تأثیر را بر روی آینده دارد. این می‌تواند ما را به تهیه هسته اصلی سناریو مانند رهیافت استاندارد پیش ببرد. برای یافتن عناصر کلیدی، از روش تحلیل اثرات متقاطع و نرم‌افزار میک مک استفاده می‌شود. لیست مهم‌ترین عناصر احتمالی در

جدولی ۲۱ در ۲۱ آورده می‌شود (بدون در نظر گرفتن پارامتر هدف (C22)). از خبرگان خواسته شد تا نظر خود را نسبت به تأثیر هر کدام از این عوامل بر روی یکدیگر ارزیابی کرده و نمره‌ای به آن اختصاص دهند. نظرات خبرگان در نرم‌افزار میک مک با عددی در مقیاس صفر تا ۳ مشخص می‌شود. عدد صفر تأثیر بی طرف، عدد ۱ تأثیر کم، عدد ۲ تأثیر متوسط، و عدد ۳ تأثیر زیاد را نشان می‌دهد. در مرحله آخر، عناصر کلیدی و مؤثر که بیشترین نقش را در تولید انرژی اولیه در ایران دارند شناسایی می‌گردند. پارامترهایی کلیدی هستند که کمترین وابستگی و بیشترین نفوذ یا اثر را در میان سایرین داشته باشند. برای شناسایی این عوامل، متغیرها را بر روی یک نمودار رسم می‌کنیم. نموداری حاوی متغیر وابستگی در محور افقی و متغیر پیش‌رانی یا نفوذ در محور عمودی. شکل ۶ این نمودار همراه با عوامل را نشان می‌دهد.



شکل ۶. نمودار وابستگی-نفوذ پارامترهای مؤثر بر تولید انرژی اولیه در ایران

۳-۲. توسعه بردارهای ورودی

پس یافتن عناصر کلیدی به سراغ جعبه ریخت‌شناسی می‌رویم تا بردارهای ورودی سناریوها ساخته شوند. این جعبه کمک می‌کند تا سناریوهای دلخواه از بین عناصر کلیدی تولید گردد. از خبرگان خواسته شد تا سناریوهای مورد نظر خود را با توجه به دو متغیر کلی نسبت به هرکدام از عناصر کلیدی ترسیم کنند. متغیر الف بیانگر مفهوم مطلوب عنصر است و متغیر ب به جنبه نامطلوب آن اشاره دارد. نظرات خبرگان با هم ادغام شده و در نهایت به سناریوهایی مطابق با شکل ۷ ختم می‌شود. تحلیل ریخت‌شناسی ابزاری مناسب برای دریافت بردارهای ورودی محتمل است که متعاقباً برای سناریوهای مبتنی بر طرح نقشه شناخت فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۷]. از مزایای رویکرد ریخت‌شناسی می‌توان به حذف ترکیبات ناسازگار عناصر اشاره کرد [۱۸].

عوامل قرار گرفته در نیمه بالا و سمت راست، پارامترهای با رفتارهای دوگانه هستند. نیمه پایینی و سمت چپ شامل عناصر با نفوذ کم و البته وابستگی اندک؛ و نیمه پایینی و سمت راست شامل پارامترهای با وابستگی زیاد است. عواملی که در نیمه بالای سمت چپ نمودار قرار می‌گیرند عناصر کلیدی هستند و سناریوسازی با آن‌ها صورت می‌گیرد. همان‌طور که از شکل ۶ پیداست، C۷, C۱۰, C۱۶, C۱۷, C۱۹ (ثبات سیاسی، حمایت و همکاری‌های بین‌المللی، چشم‌انداز بلندمدت کلی، فرصت‌های بین‌المللی در حوزه گاز، و نگاه غرب به ایران به‌عنوان یک منبع تأمین انرژی) عناصر کلیدی مسئله هستند.



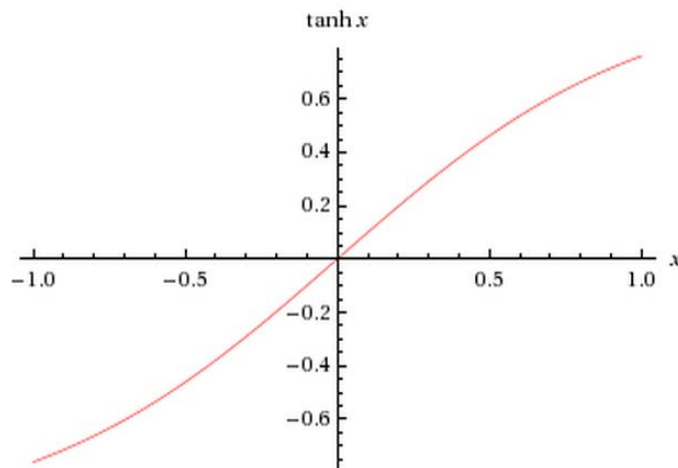
شکل ۷. جدول ریخت‌شناسی سناریوهای ممکن تولید انرژی‌های اولیه ایران

۴. شبیه‌سازی طرح نقشه شناخت فازی و

تجزیه و تحلیل سناریوها

طرح نقشه فازی یکپارچه برای هر کدام از بردارهای ورودی تست می‌شود. قبل از شبیه‌سازی بردارهای ورودی خبرگان نظرات مختلفی از تأثیر پارامترهای کلیدی بر روی کل سیستم اعمال کردند تا نتایج دقیق‌تر و نزدیک به واقعیت تری حاصل شود. در هر کدام از سناریوها، تأثیرات یک سری از عناصر مورد توجه قرار داشت. یعنی، مقدار برخی از عناصر در شبیه‌سازی یک عدد ثابت در نظر گرفته شد تا تأثیر آن‌ها بر روی سایر عناصر و بر روی پارامتر هدف بررسی شود.

در این مطالعه، شبیه‌سازی مدل به وسیله تابع سیگموئید دوقطبی، تابع تانژانت هیپربولیک اجرا شد. تابع تانژانت هیپربولیک یک تابع ریاضی است که در پژوهش‌های گذشته به استفاده از این تابع برای شبیه‌سازی طرح نقشه شناخت فازی توصیه شده است [۱۹]. این تابع وزن عناصر در فاصله -۱ تا +۱ را می‌پذیرد. یکی از مزایای این تابع این است که بجای صفر یا یک در نظر گرفتن توابع (یا در نظر گرفتن به صورت مطلق) آن‌ها را به صورت "کمی فعال"، "کمی غیرفعال" و غیره نشان می‌دهد (بر خلاف تابع باینری ساده). این‌گونه خروجی‌های فازی گونه و غیر مطلق در نهایت به جواب‌های دقیق‌تری ختم می‌شود. یک تابع تانژانت هیپربولیک برای مقادیر بین -۱ تا +۱ در شکل ۸ رسم شده است و رابطه ۱ تابع تانژانت هیپربولیک را برای این مقادیر نشان می‌دهد.



شکل ۸. تابع تانژانت هیپربولیک رسم شده برای مقادیر -۱ تا +۱

می‌آید (رابطه ۲). به عنوان مثال، رابطه ۳ نمایشگر بردار وضعیت برای سناریوی اول است. تابع تانژانت هیپربولیک بعد از هر ضرب به عنوان تابع آستانه بر روی بردار خروجی اعمال می‌شود. بردار دوم از ضرب ماتریس به دست آمده از ضرب اول در ماتریس وضعیت به دست می‌آید (و اعمال تابع تانژانت هیپربولیک). این روند تا جایی

- ✓ بردار ورودی ۱: عدم ثبات سیاسی داخلی - عدم حضور/حضور محدود شرکت‌های خارجی - توسعه میادین نفت و گاز در جهت تولید بیشتر - عدم وجود/وجود فرصت‌های محدود برای صادرات گاز - توجه غرب به ایران برای تأمین انرژی.
- ✓ بردار ورودی ۲: ثبات سیاسی - عدم حضور/حضور محدود شرکت‌های خارجی - توسعه میادین نفت و گاز در جهت تولید بیشتر - فرصت‌های بین‌المللی برای صادرات گاز - عدم توجه/توجه اندک غرب به ایران برای تأمین انرژی.
- ✓ بردار ورودی ۳: عدم ثبات/یا ثبات نسبی سیاسی - حمایت و همکاری‌های بین‌المللی - توسعه میادین نفت و گاز در جهت تولید بیشتر - فرصت‌های بین‌المللی برای صادرات گاز - عدم توجه/توجه اندک غرب به ایران برای تأمین انرژی.
- ✓ بردار ورودی ۴: ثبات سیاسی - حمایت و همکاری‌های بین‌المللی - ادامه روند فعلی تولید سوخت‌های فسیلی/توجه بیشتر به انرژی‌های جایگزین - عدم وجود/وجود فرصت‌های محدود برای صادرات گاز - عدم توجه/توجه اندک غرب به ایران برای تأمین انرژی.

$$S_i(x_i) = \frac{(e^{-c(x_i - y_i)} - e^{-c(x_i - y_i)})}{(e^{-c(x_i - y_i)} + e^{-c(x_i - y_i)})} \quad (1)$$

روند شبیه‌سازی با ضرب بردار ورودی (وضعیت یا استنتاج) در اینجا (۲۲*۱) و ماتریس مجاور طرح نقشه شناخت فازی (S_i) (۲۲*۲۲) آغاز می‌شود و بدین ترتیب بردار خروجی اول به دست

آغاز می شود که ارائه کننده وضعیت پیشنهادی برای این حالت است. فرضیات سناریوی اول بر عدم حمایت و همکاری های بین المللی در بخش انرژی و همچنین چالش های سیاسی داخلی استوار است. خروجی شبیه سازی برای بردار ورودی اول در سطر آخر جدول ۳ آمده است. وضعیت اولیه C₇، C₁₃، C₁₆ و C₁₇ مقدار ۱ در نظر گرفته شده اند در حالی که مقادیر سایر عناصر صفر هستند. وضعیت C₇، C₁₃، C₁₆ و C₁₇ در طول شبیه سازی ثابت نگه داشته شده اند. شبیه سازی طرح نقشه شناخت فازی توسط نرم افزار متلب انجام می گیرد و تابع تانژانت هیپربولیک به عنوان تابع اسکواچ بکار می رود. شبیه سازی تا جایی تکرار می شود که نتایج به ثبات برسند. بردار خروجی پس از ۳۹ بار به ثبات می رسد. نکته قابل ذکر در مورد خروجی ها این است که به جز پارامتر هدف (C₂₂)، در باقی پارامترها مقادیر بین -۱.۰ تا ۱.۰ صفر در نظر گرفته شده اند. شکل ۹ سطوح فعال سازی عناصر در ۳۹ تکرار انجام شده را نمایش می دهد.

ادامه پیدا می کند که نتایج تکراری شوند و به اصطلاح به ثبات برسند. در نتیجه، سیستم پایدار می گردد و ضرب های ماتریس های جدید نتایج یکسانی را در بردار خروجی به همراه خواهند داشت. کاربرد مدل طرح نقشه شناخت فازی با ثابت در نظر رفتن عناصر مختلف و روش های ضرب بردار - ماتریس مجاور تجزیه و تحلیل می شود تا تأثیر این اختلالات و انحرافات بر روی وضعیت مدل ارزیابی شود.

$$S_i = I_j \times E \quad (2)$$

$$\text{بردار وضعیت ورودی اول} = [1000001001100000] \quad (3)$$

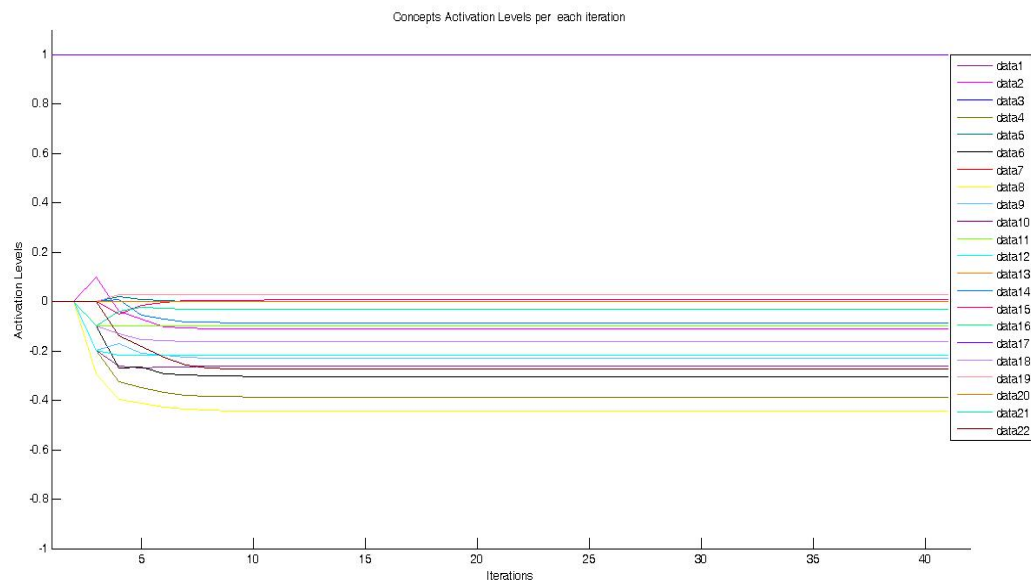
در رابطه ۲، S_i بردار وضعیت جدید (بردار خروجی یا بردار استنتاج)، I_j زامین بردار استنتاج، و E ماتریس مجاور طرح نقشه شناخت فازی است.

۴-۱. سناریوی اول

بردارهای ورودی ارائه شده در بخش قبل برای ساخت شبیه سازی مدل مورد استفاده قرار می گیرد. شبیه سازی با تعریف بردار وضعیت

جدول ۳. نتایج شبیه سازی طرح نقشه شناخت فازی برای بردار ورودی اول

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂
C ₇	-۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	-۰.۱	۰	-۰.۳	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	۰	۰	-۰.۳
C ₁₀	۰	۰	۰	-۰.۱	-۰.۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	۰	۰	-۰.۳	۰	-۰.۰۸	-۰.۲
C ₁₆	۰	۰.۰۱	۰	-۰.۲	۰	-۰.۱	۰	-۰.۳	-۰.۲	۰	۰	-۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰.۰۵	۰.۰۹
C ₁₇	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۲	۰	۰	-۰.۱	-۰.۶
C ₁₉	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰.۰۴	۰	۰	۰	۰	۰.۰۵	۰.۰۸
نتایج	-۰.۲	-۰.۱	۰	-۰.۳	۰	-۰.۳	۱	-۰.۴	-۰.۲	۰	۰	-۰.۲	۱	۰	۰	۱	۱	-۰.۱	۰	۰	۰	-۰.۲۷۲



شکل ۹. نمودار سطوح فعال سازی عناصر در هر تکرار برای سناریوی اول

نابسامان کنونی انرژی‌های نو رو به وخامت بیشتری می‌رود و سهم اندک ۶۱.۰٪ سبد انرژی کشور از این بخش باز هم کمتر خواهد شد (۴ C۶، C۸، C۹). نظرات خبرگان راجع به عناصر کلیدی همراه با نتایج شبیه‌سازی برای بردار ورودی اول در جدول ۴ آمده است و شکل ۱۰ سطوح فعال‌سازی عناصر در هر تکرار را نمایش می‌دهد. وضعیت اولیه C۱۰ و C۱۶ مقدار ۱ و ثابت در نظر گرفته شده است و سایر مقادیر صفر هستند. طبق فرض این سناریو، اگرچه همکاری خاصی از طرف کشورهای پیشرفته به چشم نخواهد خورد، اما تکمیل میداین گازی پارس جنوبی و وجود ثبات سیاسی در داخل کمک زیادی به افزایش تولید انرژی در کشور خواهد کرد (C۷). این ثبات سیاسی موجب بهبود موقعیت ژئوپلیتیکی کشور و متعاقباً ثبات در سطح منطقه خواهد شد (C۱۱ و C۳). در این سناریو شاهد رشد اندک اقتصادی خواهیم بود و این در حالی است که مصرف انرژی با توجه به رشد اقتصادی رشد چشمگیری خواهد کرد (C۲). افزایش ظرفیت سیستم برق کشور و افزایش نیروگاه‌های حرارتی از جمله دلایل مصرف بیش از پیش انرژی اولیه خواهد بود (به‌خصوص گاز طبیعی). همچنین، برق تولید شده در آینده توانایی صادرات به کشورهای همسایه از جمله عراق را خواهد داشت.

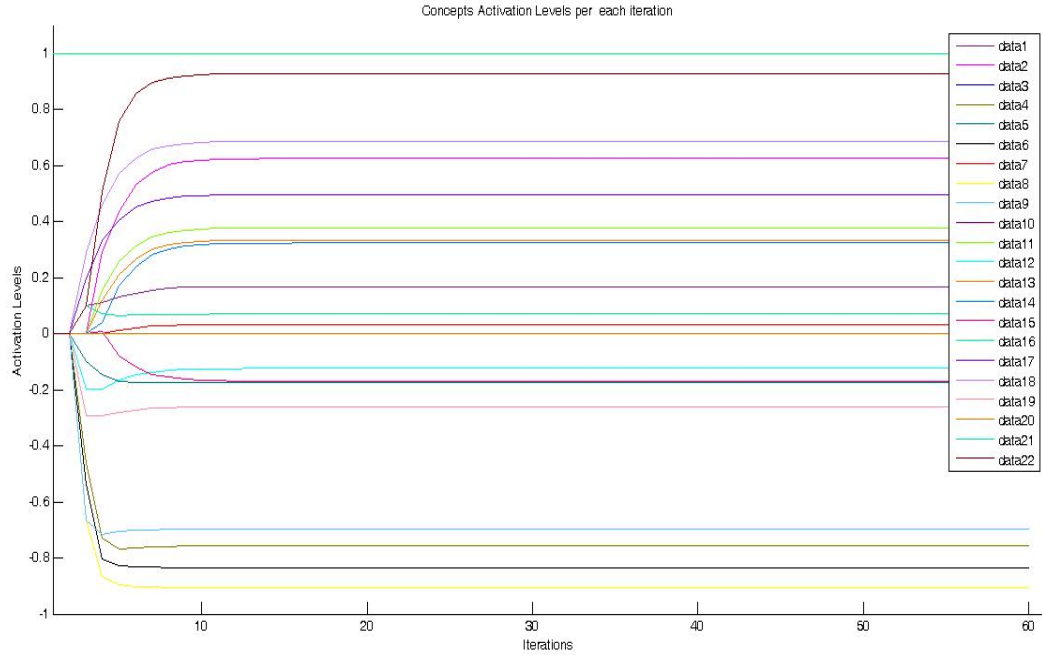
سناریوی اول به‌طور کلی، بدبینانه‌ترین سناریوی تبیین شده می‌باشد که در آن تولید انرژی اولیه مقداری کاهش خواهد یافت. با ادامه تنش میان ایران و کشورهای غربی انتظار می‌رود حضور شرکت‌های بین‌المللی فعال در این حوزه در کشور محدود گردد. چالش‌های تنظیمات قرارداد وزارت نفت با شرکت‌های بین‌المللی و نگرانی این شرکت‌ها از عدم ثبات در کشور آن‌ها را برای حضور در ایران مردد می‌سازد. تجهیزات کشف، استخراج، و حفاری نفت قدیمی هستند و نیاز به بازسازی و یا جایگزینی دارند. عدم حضور این شرکت‌ها موجب خواهد شد که تولید در بخش نفت با روند منفی مواجه شود. مصرف نفت تقریباً ثابت خواهد ماند (C۲)، رشد منفی اقتصادی در این سناریو وجود دارد (C۱)، و افزایش مصرف انرژی باعث کاهش صادرات نفت خواهد شد. با چالش‌های گفته‌شده در بخش نفت و فرسودگی تجهیزات، عمده تلاش دولت در راستای حفظ سطح تولید فعلی خواهد بود و اندک توجه به بخش انرژی‌های تجدید پذیر نیز کاهش خواهد یافت (۴ C۶، C۸، C۹).

۲-۴. سناریوی دوم

در این سناریو، چشم‌انداز بلندمدت کشور در راستای صادرات هرچه بیشتر نفت و تولید گاز طبیعی برای تأمین نیاز داخلی کشور است. توسعه بخش سوخت‌های فسیلی بدان معناست که وضعیت

جدول ۴. نتایج شبیه‌سازی طرح نقشه شناخت فازی برای بردار ورودی دوم

	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶	C۷	C۸	C۹	C۱۰	C۱۱	C۱۲	C۱۳	C۱۴	C۱۵	C۱۶	C۱۷	C۱۸	C۱۹	C۲۰	C۲۱	C۲۲
C۷	۰.۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۴	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C۱۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۰۳	۰	-۰.۰۵	-۰.۰۶
C۱۶	۰.۰۱	۰	۰	-۰.۵	۰	-۰.۶	۰	-۰.۸	-۰.۸	۰	۰	-۰.۰۲	۰	۰	۰	۰.۰۲	۰.۰۳	۰	۰	۰.۰۶	۰.۰۷	۰.۰۷
C۱۷	۰.۰۴	۰.۰۲	۰	۰	۰	-۰.۳	۰	-۰.۴	-۰.۵	۰	۰.۰۸	۰	۰.۰۷	۰	۰	۰.۰۷	۰	۰.۰۹	۰	۰	۰	۰.۰۹
C۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۰۳	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱
نتایج	۰.۰۱	۰.۰۶	۰	-۰.۰۷	-۰.۰۱	-۰.۰۸	۰.۰۳	-۰.۰۹	-۰.۰۷	۱	۰.۰۳	-۰.۱	۰.۰۳	۰.۰۳	-۰.۰۱	۱	۰.۰۵	۰.۰۶	-۰.۰۲	۰	۰	۰.۰۹۲
																						۸



شکل ۱۰. نمودار سطوح فعال سازی عناصر در هر تکرار برای سناریوی دوم

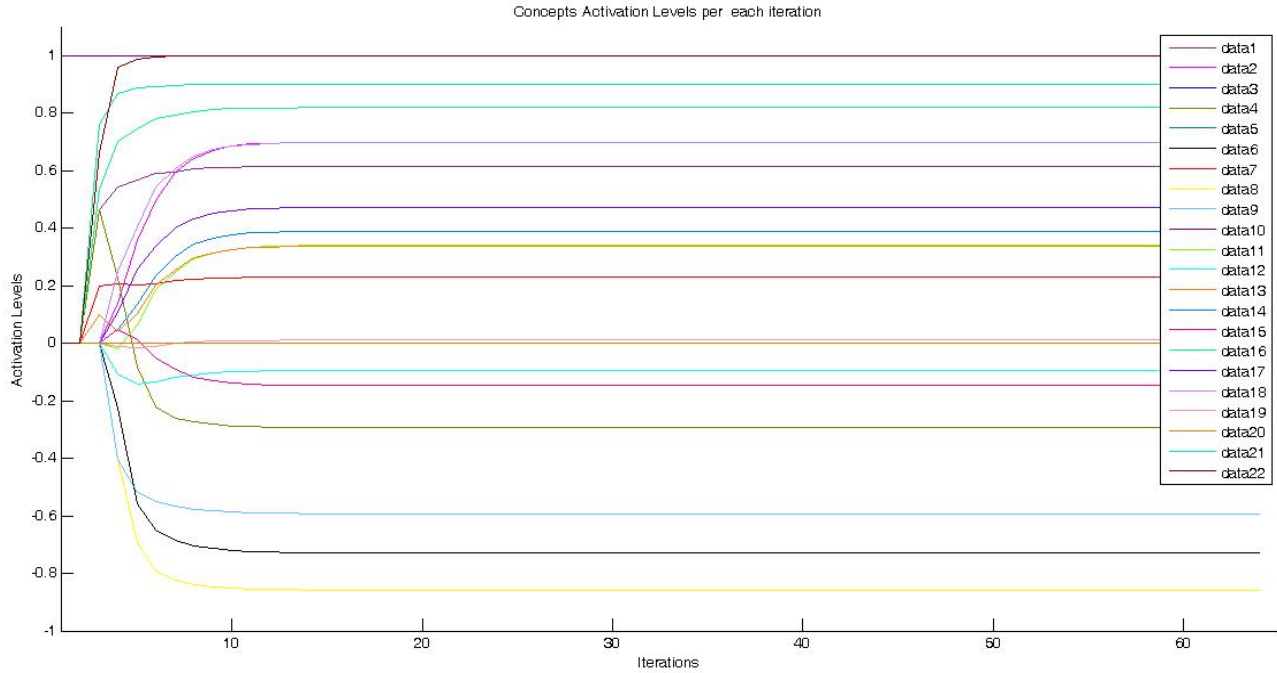
۳-۴. سناریوی سوم

فرضیات سناریوی سوم بر نزدیکی روابط بین ایران و غرب و در نتیجه حضور پر رنگ کمپانی های پیشرو در بخش انرژی بنا شده است. در اینجا پارامترهای C5 و C10 ثابت و اندازه اولیه آن ها برابر ۱ در نظر گرفته شد. نتایج شبیه سازی برای بردار ورودی سوم در سطر آخر از جدول ۵ خلاصه شده است. همکاری شرکت های خارجی زمینه را برای گسترش و نوآوری فناوری مهیا می کند که می تواند به کشف و استخراج بیشتر میادین جدید نفتی منجر شود (C21). با توجه به سیاست دولت مبنی بر تمرکز حداکثری بر میدان های مشترک نفت و گاز با کشورهای همسایه (به خصوص عراق و قطر)، استخراج از میادین مشترک نفت و گاز با سرعت بیشتری انجام می پذیرد (C21). و با همکاری شرکت های درگیر در

بخش انتقال گاز می تواند خطوط لوله انتقال گاز طبیعی را به نقاط مورد نیاز برساند که این زمینه را برای احتمال صادرات گاز طبیعی در آینده به کشورهای همسایه و حتی غرب بیشتر می کند. مانند سناریوی دوم، شاهد رشد اقتصادی مثبت هرچند اندک خواهیم بود (C1) و در عین حال وضعیت توسعه انرژی های نو روند مثبتی نخواهد داشت. سناریوی سوم خوش بینانه ترین حالت ممکن برای افزایش تولید انرژی اولیه در ایران است که در آن تولید انرژی تا سال ۱۴۱۰ افزایش چشمگیری خواهد داشت (C22). تعداد تکرارهای شبیه سازی برای بردار ورودی سوم به ۶۲ رسید. شکل ۱۱ بیانگر سطوح فعال سازی پارامترهای مؤثر بر تولید انرژی اولیه در ایران در هر تکرار مربوط به سناریوی سوم است.

جدول ۵. نتایج شبیه سازی طرح نقشه شناخت فازی برای بردار ورودی سوم

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22
C7	-۰.۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	-۰.۱	۰	-۰.۳	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱	۰	۰	-۰.۳
C10	۰.۵	۰	۰	۰.۳	۰	۰	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۱	۰	۰	۰.۶	۰	۰	۰	۰	۰.۹	۰.۸
C16	۰.۱	۰	۰	-۰.۵	۰	-۰.۶	۰	-۰.۸	-۰.۸	۰	۰	-۰.۲	۰	۰	۰	۰.۲	۰.۳	۰	۰	۰	۰.۶	۰.۷
C17	۰.۴	۰.۲	۰	۰	۰	-۰.۳	۰	-۰.۴	-۰.۵	۰	۰.۸	۰	۰.۷	۰	۰	۰.۷	۰	۰.۹	۰	۰	۰	۰.۹
C19	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۳	۰	۰	۰	۰	۰	-۰.۱
نتایج	۰.۶	۰.۶	۰	-۰.۳	۱	-۰.۷	۰.۲	-۰.۸	-۰.۵	۱	۰.۳	۰	۰.۳	۰.۳	-۰.۱	۰.۸	۰.۴	۰.۷	۰	۰	۰.۹	۰.۹۹۸



شکل ۱۱. نمودار سطوح فعال سازی عناصر در هر تکرار برای سناریوی سوم

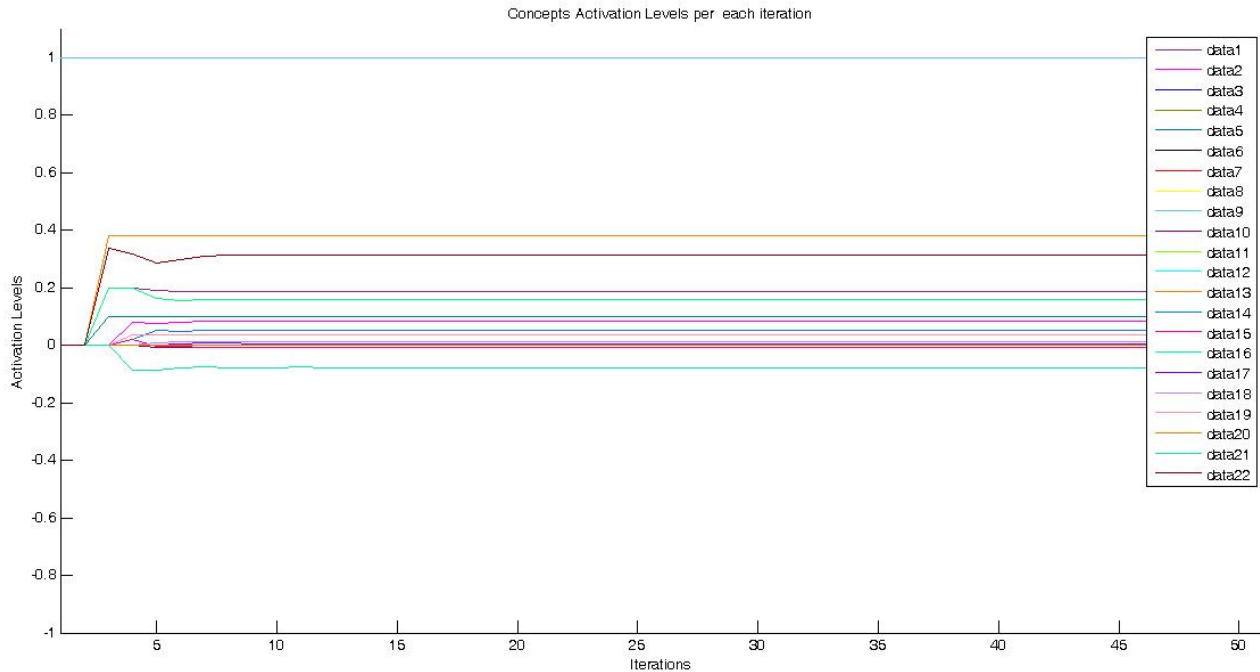
۴-۴. سناریوی چهارم

سناریوی آخر با ثابت در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به انرژی های تجدید پذیر آغاز می شود که در آن مقادیر C۴ و C۶ و C۷ و C۸ و C۹ برابر ۱ فرض شده و مقادیر این عناصر در طول شبیه سازی در این عدد ثابت شده اند. نظرات خبرگان و نتایج شبیه سازی برای بردار ورودی آخر در جدول ۶ آمده است. شبیه سازی این بردار ۴۸ بار تکرار شد. شکل ۱۲ سطوح فعال سازی عناصر در هر تکرار را نمایش می دهد. این سناریو را می توان به سناریوی سبز تعبیر کرد که در آن دولت می کوشد تمرکز خود را بر گسترش انرژی های نوین بنا گذارد. روند تولید فعلی سوخت های فسیلی کمابیش ادامه پیدا خواهد کرد و البته گاز تولید و مصرف

بیشتری خواهد داشت. دولت تلاش می کند مصرف سوخت در بخش حمل و نقل داخلی را کنترل نماید (C۲). روند افزایش شهرنشینی و گسترش آلودگی زیست محیطی کلان شهرها دولت را تا ۱۴۱۰ مجاب خواهد کرد به سمت سوخت های جایگزین حرکت نماید. سوخت هیدروژنی به عنوان جایگزینی برای سوخت بخش حمل و نقل داخل شهر مورد توجه قرار خواهد گرفت در حالی که انرژی های خورشیدی و بادی سهم ۱۰٪ تعیین شده از چشم انداز ۲۰ ساله کشور را هر چند با تأخیر ۶ ساله برآورده خواهند ساخت. در سناریوی چهارم، روابط ایران و غرب وضعیت نوسانی را تجربه خواهد کرد (C۱۰) و با توجه به ثبات بالای سیاسی در داخل (C۷)، موقعیت ژئوپلیتیک آن بهبود پیدا خواهد کرد (C۱۳).

جدول ۶. نتایج شبیه سازی طرح نقشه شناخت فازی برای بردار ورودی چهارم

	C۱	C۲	C۳	C۴	C۵	C۶	C۷	C۸	C۹	C۱۰	C۱۱	C۱۲	C۱۳	C۱۴	C۱۵	C۱۶	C۱۷	C۱۸	C۱۹	C۲۰	C۲۱	C۲۲
C۷	۰.۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۴	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۳
C۱۰	۰.۰۵	۰	۰	۰.۰۳	۰	۰	۰.۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰.۰۶	۰	۰	۰	۰	۰.۰۹	۰.۰۸
C۱۶	۰	۰.۰۱	۰	۰.۰۴	۰	۰.۰۲	۰	۰.۰۵	۰.۰۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۳	۰	۰	۰.۰۵	۰.۰۲
C۱۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۳	۰	۰	۰	۰.۰۶
C۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۱
نتایج	۰.۰۱	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰.۰۳	۰	۰	۰.۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۳۱۲



شکل ۱۲. نمودار سطوح فعال سازی عناصر در هر تکرار برای سناریوی چهارم

ویژگی های ۴ سناریوی ساخته شده در جدول ۷ خلاصه شده است. حد زیادی به سیاست های خارجی کشور و البته سیاست گذاری های داخلی (چشم اندازهای بلندمدت) وابسته است و تغییر در هر کدام از این شاخه ها تأثیر پررنگی بر بخش صنعت خواهد گذاشت. به طور کلی، سناریوی اول بدبینانه ترین، سوم خوش بینانه ترین، و سناریوی چهارم سناریوی سبز آینده روند تولید انرژی ها اولیه در ایران هستند. تغییرات کلیدی مرتبط با بخش تولید انرژی ایران تا

جدول ۷. خلاصه ویژگی های سناریوهای ساخته شده

سناریو	تغییرات تولید انرژی در ایران	مقدار پارامتر هدف (C۲۲)	فرضیات کلیدی	پارامترهای ثابت شده	تعداد پارامترهای مثبت	تعداد پارامترهای منفی	تعداد تکرارهای شبیه سازی
سناریوی اول	کاهش اندک	-۰،۲۷۲	عدم حمایت و همکاری های بین المللی؛ وجود چالش های داخلی	C۷ و C۱۳ و C۱۶ و C۱۷	۰	۸	۳۹
سناریوی دوم	افزایش زیاد	۰،۹۲۸	تولید و صادرات هرچه بیشتر نفت و گاز	C۱۰ و C۱۶	۸	۸	۵۸
سناریوی سوم	افزایش بسیار زیاد	۰،۹۹۸	گسترش روابط ایران و غرب و حضور گسترده شرکت های بین المللی انرژی در کشور	C۵ و C۱۰	۱۰	۵	۶۲
سناریوی چهارم	افزایش اندک	۰،۳۱۲	گسترش انرژی های نو در راستای حرکت در مسیر سبز	C۴ و C۶ و C۷ و C۸ و C۹	۲	۰	۴۸

۵. نتیجه گیری

مقاطع و ریخت شناسی برای بخش تولید انرژی اولیه در ایران بوده است. بخش تولید انرژی اولیه در ایران به این دلیل انتخاب شد که تأثیرات پررنگ آن در تمام سطوح کشور و نه تنها اقتصاد حائز اهمیت است. صادرات انرژی از جمله نفت و اثرات آن به عنوان

طرح نقشه شناخت فازی به عنوان روشی نوظهور در سطوح پژوهشی در حال پیاده سازی است. این مطالعه به دنبال بکارگیری تکنیکی یکپارچه مبتنی بر این متد و روش های تحلیل اثرات

که نام‌های واضح برای عناصر کلیدی برای یکپارچه‌سازی طرح نقشه شناخت فازی ها مؤثر است.

✓ در طول فرآیند بهره‌گیری از نظرات خبرگان، طوفان فکری هم برای یافتن محرک‌های بیشتر مؤثر بر مسئله و هم برای یافتن ارتباطات بین محرک‌ها می‌تواند مؤثر باشد.

برای مطالعات آتی، می‌توان روش استفاده شده را برای انرژی های نو از جمله انرژی خورشیدی و بادی (با توجه به پتانسیل بالای آن در کشور)، انرژی های فسیلی مانند نفت و گاز، و حتی هسته ای پیاده سازی کرده و نتایج آن را با این مطالعه مقایسه نمود.

مراجع

[1]. Fadai, D., Shams, Z., & Abbasi, A., 2011. "Analyzing the causes of non-development of renewable energy-related industries in Iran". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, pp. 2690-2695.

[۲]. زارع زاده، منصوره، قادری، سیدفرید، و توکلی مقدم، رضا. « بررسی سیستمی اثرات سیاست‌های قیمتی انرژی بر مصرف صنایع ایران »، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۱، جلد ۲۴، صفحه ۱۱۶-۱۰۸، ۱۳۹۲.

[3]. EIA 2015. Energy Information Administration, Iran's Key Energy Statistics, Retrieved Nov. 26, 2015, from <http://www.eia.gov/beta/international/country.cfm?iso=IRN>.

[4]. Bahrami, M., & Abbaszadeh, P., 2013. "An overview of renewable energies in Iran". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, pp. 198-208.

[۵]. وزارت نیرو، (۱۳۹۳)، ترازنامه انرژی ایران (۲۰۱۳)، تهران، ایران.

[6]. Chaharsooghi, S. K., Rezaei, M., & Alipour, M. 2015. "Iran's energy scenarios on a 20-year vision". *International Journal of Environmental Science and Technology*, 12(11), pp. 3701-3718.

[۷]. اصفهانیان، مجید، و امین ناصری، محمدرضا، «ارائه یک مدل شبکه عصبی جهت پیش بینی کوتاه مدت قیمت نفت خام»، نشریه بین المللی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۱، جلد ۱۹، صفحه ۳۵-۲۷، ۱۳۸۷.

درآمد اصلی کشور، رشد مصرف انرژی در کشور، ظهور انرژی‌های نو و تجدید پذیر، انرژی هسته‌ای و مسائل پیرامون آن در سطح بین‌المللی این بخش را از سایر بخش ها مجزا می‌کند.

سناریوهای تولید شده از طریق نظرات خبرگان و پرسشنامه‌های پاسخ‌داده شده توسعه پیدا کرد. این تحقیق همچنین رویکردی جدید برای طراحی سناریو در بخش تولید انرژی‌های اولیه و ساخت مطالعات آینده ارائه کرد. این مطالعه نشان داد که سناریوسازی مبتنی بر طرح نقشه شناخت فازی ابزاری مناسب برای ارائه دانش به صورت سمبلیک است و روند نقشه‌برداری یا نگاشت آن به بررسی اثرات سناریوهای مختلف بر روی یکدیگر کمک می‌کند. خبرگان از این طریق قادر شدند تا به راحتی محرک‌هایی که ممکن است بر روی روند تولید بیشترین نقش را ایفا کنند، برجسته و نگاشت کنند. علی‌رغم برخی محدودیت‌ها، مدل یکپارچه طرح نقشه شناخت فازی یک مدل بصری را پیشنهاد می‌دهد و بینشی برای درک عوامل حمایت‌کننده و پیشران و عوامل مانع توسعه و گسترش بخش انرژی در کشور فراهم می‌نماید. رویکرد توسعه سناریو مبتنی بر طرح نقشه شناخت فازی به شناسایی و مدل‌سازی چه کمی و چه کیفی فاکتورها و روابط پیچیده علت و معلولی در زمینه گسترش انرژی اولیه در ایران کمک کرده است.

با وجود موفقیت پیاده سازی مدل، مشکلاتی در رابطه با انجام روش وجود دارد که پیشنهاداتی برای رفع این موانع در ادامه می‌آید:

✓ افزایش تعداد خبرگان و اختصاص زمان بیشتر برای بازنگری نقشه یکپارچه یکی از راه‌های بهبود نتایج مطالعه است. ایجاد کارگاه‌های متعدد در این راستا و همچنین پند خبرگان برای شناسایی محرک‌های اصلی و در مرحله بعد شناسایی پارامترهای کلیدی می‌تواند قدم مهمی در این زمینه باشد.

✓ توصیه می‌شود مدل‌های طرح نقشه شناخت فازی برای هر خبره قبل از شبیه‌سازی‌های اصلی پیش‌پردازش شود. این کار برای شناسایی ارتباطات گم‌شده بین عناصر مؤثر خواهد بود. بعلاوه، موجب پاک کردن متغیرهای ناقص، استانداردسازی چارچوب زمانی و بهبود آگاهی خبرگان برای پارامترها می‌شود.

✓ برای یافتن عناصر می‌توان از روش آنالیز استیپ^۱ استفاده کرد.

✓ شفاف سازی معنا و توصیف عناصر به شدت توصیه می‌شود. این امر ترکیب کردن آسان‌تر طرح نقشه شناخت فازی های دریافت شده از خبرگان و حذف عناصر اضافی را تسهیل می‌کند. مروری بر ادبیات همچنین نشان می‌دهد

¹ Steep analysis

- [18]. Durance, P., & Godet, M. 2010. Scenario building: uses and abuses. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1488-1492.
- [19] Jetter, A. J. 2006. "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.
- [۸]. نپاوندی، نسیم، و نجف زاده، کیان، «مقایسه دو رویکرد توسعه سمت عرضه انرژی الکتریکی در مقابل مدیریت سمت تقاضا با روش سیستم های دینامیک»، شماره ۴، جلد ۲۲، صفحه ۳۵۸-۳۴۲، ۱۳۹۰.
- [9]. Nasiri, M., Khorshid-Doust, R. R., & Moghaddam, N. B. 2013. "Effects of under-development and oil-dependency of countries on the formation of renewable energy technologies: A comparative study of hydrogen and fuel cell technology development in Iran and the Netherlands". *Energy Policy*, 63, pp. 588-598.
- [10]. Ghobadian, B., Najafi, G., Rahimi, H., and Yusaf, T.F. 2009. "Future of renewable energies in Iran", *Renewable Energy*, 13, pp. 689-695.
- [11]. Abbaszadeh, P., Maleki, A., Alipour, M. and Maman, Y.K., 2013. Iran's oil development scenarios by 2025. *Energy Policy*, 56, pp.612-622.
- [۱۲]. ملکی، عباس. آینده پژوهی و انرژی. تهران: انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۹۲.
- [13]. Walsh, P. R. 2005. "Dealing with the uncertainties of environmental change by adding scenario planning to the strategy reformulation equation". *Management Decision*, 43(1), pp. 113-122.
- [14]. Axelrod, R. 2015. "Structure of decision: The cognitive maps of political elites". *Princeton university press*.
- [15]. Kosko, B. 1986. "Fuzzy cognitive maps". *International Journal of man-machine studies*, 24(1), pp. 65-75.
- [16]. Rodriguez-Repiso, L., Setchi, R., & Salmeron, J. L. 2007. "Modelling IT projects success with fuzzy cognitive maps". *Expert Systems with Applications*, 32(2), pp. 543-559.
- [17]. Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K. H., Ekvall, T., & Finnveden, G. 2006. "Scenario types and techniques: towards a user's guide". *Futures*, 38(7), 723-739.