Archive of SID

ارائه مدل یکپارچه تولید سناریوهای نیمه کمی با استفاده از روش ترکیبی مبتنی بر نقشه شناخت فازی: مطالعه موردی تولید نفت ایران

عباس شیخان[۱]، رضا حافظی[۲،*]، مهدی عمرانی‌اواردی[۳]، احمد سعیدی[۴]، امیرناصر اخوان[۵]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۰۹
پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۲

واژگان کلیدی:
برنامه‌ریزی سناریو،
نقشه فازی شناختی،
تحلیل اثرات متقاطع،
روش تجزیه و تحلیل STEEP،
تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی.

چکیده

در بازار رقابتی پویای امروز، ارائه یک چارچوب مؤثر برای یافتن چشم‌اندازهای محتمل یک چالش مهم در جهت اتخاذ تصمیم‌گیری صحیح و سیاست‌گذاری حیاتی است. پژوهش حاضر، چارچوبی جهت توسعه سناریوهای محتمل آینده از طریق روش طرح نقشه فازی شناختی (FCM) پیشنهاد می‌کند. به عنوان یک روش جدید در برنامه‌ریزی سناریو، مدل FCM تلاش می‌کند ساختاری منطقی و معتبر برای سناریوهای محتمل همراه با تجزیه و تحلیل رفتار پویای پارامترها ارائه دهد. در مدل ارائه شده، از روش تجزیه و تحلیل STEEP برای شناسایی پارامترها، از روش تحلیل اثرات متقاطع جهت تعیین عوامل کلیدی، و روش تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی برای انتخاب بردارهای تولید سناریو به کار رفته است. و در نهایت، از روش FCM برای تهیه سناریوی محتمل استفاده می‌شود. مدل توسعه یافته برای توسعه سناریوهای تولید نفت ایران در دوران پساتحریم به کار گرفته شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد، روش پیشنهادی می‌تواند به تولید سناریوهای نیمه کمی سازگار و محتمل گردد که می‌تواند جایگزین مناسبی برای پوشش معایب روش‌های صرفاً کمی / کیفی باشد.

۱- مقدمه

درکی درست از آینده، مسئله‌ای است که پایه و اساس ساختارهای آینده یک سازمان یا نهاد را تعیین می‌کند. آینده‌پژوهی علمی است که با جستجوی عوامل مؤثر بر مسئله تلاش دارد تا به تجسم و مدل‌سازی آینده‌های بالقوه بپردازد و از این طریق تا حد ممکن عدم قطعیت‌ها و آینده‌های غیر قابل کنترل به حداقل برسد [۱]. سناریوسازی یا برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریو یکی از روش‌های آینده‌پژوهی در راستای رسیدن به این هدف است [۲].

برخلاف سناریوسازی، روش‌های پیش‌بینی اطلاعات را بر مبنای فضایی ایستا ارزیابی می‌کنند. به طور مثال، سری‌های زمانی با ادامه روند گذشته و بعضاً با داده‌های جدید اما در شرایط ثابت ارزیابی می‌شوند [۳]. در این روش‌ها، آینده ادامه‌ای از تحولات گذشته و پیش‌بینی آینده بر اساس روندهای گذشته است. این رویکردها بر اساس قطعیت‌ها بنا شده‌اند، اما نامعلومی‌ها (عدم قطعیت‌ها) را در نظر نمی‌گیرند در حالی که عدم قطعیت‌ها بیشترین تأثیر را بر روی آینده دارند [۴]. در غالب کلی، برنامه‌ریزی سناریو تفکر استراتژیک را تحریک کرده و با ایجاد آینده‌های متعدد بر محدودیت‌های فکری غلبه می‌کند و علاوه بر این، سناریوها درزمانی که مشکل پیچیده، نامشخص، و دارای

*. پست الکترونیک نویسنده مسئول: r.hafezi@aut.ac.ir
۱. عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، اراک
۲. دکتری، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
۳. دپارتمان مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی نوشیروانی، بابل
۴. عضو هیات علمی گروه حسابداری دانشکده فنی و حرفه‌ای سما، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک
۵. استادیار، دانشکده مدیریت، علم و فناوری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران

www.SID.ir

Archive of SID

اثر طولانی‌مدت است، مفید هستند [۵].

تاکنون رویکردهای کیفی و کمی مختلفی برای توسعه سناریو طراحی‌شده‌اند که هرکدام از این دو طیف وسیعی از روش‌ها را در بر می‌گیرند [۳]. اثربخشی روش‌های کمی با گذر زمان (و برای چشم‌اندازهای بلندمدت) کاهش می‌یابد و به طور هم‌زمان، سودمندی روش‌های کیفی با گذر زمان افزایش می‌یابد در عین حال که برای چشم‌اندازهای کوتاه‌مدت اغلب ناکارآمد هستند. می‌توان گفت هردوی این روش‌ها مکمل هم هستند و در صورت استفاده هم‌زمان بهترین کارایی را خواهند داشت. با این حال، در بررسی ادبیات، یکی از موانع اصلی در توسعه سناریوهای یکپارچه، پیوند ضعیف بین سناریوهای کمی و کیفی است. به عبارت دیگر، به سختی می‌توان از اطلاعات کمی برای استخراج روایت / داستان بهره برد و در عین حال، تفسیر روایی‌ها به مدل‌های کمی لزوماً بیانگر غنای مفروضات پیچیده‌ای که طراحی شده نیست [۳]. طرح نقشه شناخت فازی (FCM[1]) روشی منحصر به فرد در طراحی سناریو است که می‌تواند مزایای استفاده از داده‌های کمی و کیفی را به طور هم‌زمان در بر داشته باشد. در این روش، پارامترهای مؤثر بر مسئله شناسایی می‌شوند و رفتار پویای آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند [۶].

تاکنون روش‌های مختلفی برای یافتن و شناسایی پارامترهای مسئله مورد استفاده قرار گرفته است که عمدتاً بر پایه مصاحبه با خبرگان، طوفان فکری و مرور ادبیات بوده است. باید توجه داشت که جامعه آماری این روش‌ها به تعدادی خبره محدود می‌شوند و در مواردی حتی شاخص‌ها از پیش تعریف شده هستند. حال آن‌که، در این نوشتار برای یافتن پارامترهای مؤثر مسئله، پرسشنامه استیپ (STEEP[2]) [۷] در پنج شاخص کلی طراحی شده، در بین جمعیت دانشگاهیان توزیع گردیده و سپس توسط خبرگان اصلاح و نهایی شده است. روش تحلیل STEEP رویکردی ساختاریافته برای بررسی محیط و شناسایی نیروهای پیشران است [۸ و ۹] (برای مطالعه بیشتر به [۱۰ و ۱۱] مراجعه کنید). این روش در مقالات متعددی مورد استفاده قرار گرفته [۱۲ و ۱۳] که منجر به شناسایی حداکثری زوایای مسئله می‌شود و از دست رفتن هر پارامتری هرچند کم اثر جلوگیری می‌کند.

این نوشتار همچنین از روش تحلیل اثرات متقابل (CIA[3]) برای تعیین عوامل کلیدی و تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی[4] برای انتخاب بردارهای ورودی استفاده می‌نماید [۳]. به عنوان مورد مطالعاتی، روندهای ممکن تولید نفت ایران با استفاده از مدل ارائه شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و خروجی‌های آن به‌تفصیل بحث می‌شود.

۲- نقشه فازی شناختی

اکسلورد در دهه ۷۰ میلادی طرح نقشه شناختی را برای ارائه دانش علوم اجتماعی به عنوان گرافی مستقیم و مرتبط بین عناصر (گره‌ها) و پیکان‌ها (فلش‌ها) معرفی کرد [۵]. این نقشه‌های علی و معلولی به طور گسترده برای دریافت دانش علت‌ها و مدل‌های ذهنی خبرگان در یک سیستم پیچیده به کار می‌رفت [۱۴]. گره‌ها بیانگر مفاهیم و فلش‌ها بیانگر روابط علی و معلولی بین این مفاهیم بودند. اما این روابط تنها به صورت مثبت یا منفی نشان داده می‌شدند. در مدل فازی معرفی شده توسط کسکو [۱۵] این روابط می‌توانند مقداری فازی (معمولاً بین صفر تا یک) اختیار کنند [۱۶]. هر گره تحت تأثیر گره‌های به هم پیوسته و مرتبط باهم و بر اساس میزان وزن این روابط است. طرح نقشه شناخت فازی مدلی ریاضی ساده شده‌ای از سیستم‌های باور شناختی است و برای ارائه سیستم‌های دانش فردی یا گروهی به کار می‌رود. این روش در واقع مدل کلی برای پدیده‌های علت و معلولی است که از مدل نقشه شناختی اقتباس‌شده است [۱۷]. به طور خلاصه، مزایای استفاده از FCM در این مطالعه را می‌توان به موارد زیر خلاصه کرد [۱۸]:

- FCM برای یک سیستم ناپایدار با سطح بالایی از عدم اطمینان مناسب است.
- درک ویژگی‌های مسئله، استدلال، و تجزیه و تحلیل پیچیدگی سیستم و رفتار آن با FCM تسهیل می‌شود.
- پیوند ضعیف بین رویکردهای توسعه سناریو کمی و کیفی با FCM برطرف می‌شود.
- نقشه‌های خروجی FCM به جای روایت سناریوها، تفسیر آن به پارامترهای مدل را ساده

[1] Fuzzy Cognitive Map
[2] Social, Technological, Economic, Environmental, Political (STEEP) analysis
[3] Cross Impact Analysis
[4] Morphological analysis

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند.

- به آسانی با روش‌های دیگر ترکیب می‌شود [۱۹].

نقشه شناخت فازی مجموعه‌ای از عناصر است که هرکدام یک پدیده از محیط را نشان می‌دهد. بین گره‌های نقشه شناخت فازی فلش‌هایی وجود دارد که وزنی از بازه [۱,+۱−] می‌پذیرند. اعداد مثبت نشان دهنده رابطه مستقیم و اعداد منفی نشان دهنده رابطه معکوس میان پدیده‌ها هستند [۲۰]. میزان اثر نیز با استفاده از وزن یال تعیین می‌شود. یعنی با در نظر گرفتن وزن آن فلش، افزایش یک مقدار در گره ۱ موجب افزایش در گره ۲ خواهد شد. هر اثر سایر عوامل علی را تحت تأثیر قرار داده و وضعیت سایر گره‌ها را نیز دگرگون می‌سازد. با این حال، اثرات غیرمستقیم نیز در نهایت می‌تواند به تغییرات عوامل دیگر در شبکه منجر شود. بردار وضعیت به دست آمده جدید دوباره با ماتریس مجاورت ضرب می‌شود. از لحاظ تئوری، فرآیند استنتاج می‌تواند بی‌نهایت بار تکرار شود، اما معمولاً تا به دست آمدن ثبات ادامه می‌یابد [۲۱]. تفسیر خروجی نقشه نیز با توجه به دیگر اعداد انجام می‌گردد.

سادگی و انعطاف‌پذیری FCM باعث شده است که در سایر علوم به طور روزافزون مورد استفاده قرار بگیرد. ازجمله این علوم می‌توان به پزشکی، علوم سیاسی، مهندسی، مدیریت، علوم اجتماعی و زیست‌محیطی، مطالعه و تجزیه و تحلیل سیاست خارجی، آنالیز کنترل سیستم نظارتی، مدل‌سازی اجتماعی، اقتصادی، و بسیج جامعه در برابر بیماری همه‌گیر ایدز اشاره کرد.

۳- توسعه مدل پیشنهادی جهت ساخت سناریوهای محتمل

فرایند چارچوب پیشنهادی برای توسعه سناریوها در شکل (۱) نشان داده شده است. مدل پیشنهادی شامل پنج مرحله کلی با چهار روش (STEEP، CIA، تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی، و FCM) و نیز پنل خبرگان است. از خبرگان در پنل خواسته شد: (۱) عوامل شناسایی شده توسط پاسخ‌دهندگان از طریق پرسشنامه STEEP را اصلاح نمایند؛ (۲) ارتباطات علی و معلولی را شناسایی، و وزن عوامل را مشخص کنند؛ (۳) نظر خود را برای یافتن عوامل کلیدی اعلام کنند؛ و (۴) ترکیب عوامل اصلی را برای ساخت بردارهای ورودی سازگار تجزیه و تحلیل کنند.

انتخاب مؤلفه‌های ورودی یکی از مهم‌ترین مراحل توسعه مدل‌های کمی پیش‌بینی آینده است [۱۵].تعداد سناریوهای توصیه شده در متون بین ۳ تا ۶ فرضیه اساسی متغیر است که در این مطالعه چهار سناریو متناسب با وضعیت فعلی صنعت نفت ایران توسعه داده شده است. برخی معتقدند ایران می‌تواند به نقطه عطف برنامه‌ریزی شده در سال ۲۰۳۰ (در پایان سند چشم‌انداز ۲۰ ساله کشور) دست یابد و از این‌رو سناریوهای محتمل در چشم‌انداز ۲۰۳۰ تولید شده است. قدم‌های اجرای مدل به شرح زیر است:

۳-۱- شناسایی عوامل

برای معرفی عوامل مؤثر آینده صنعت نفت ایران، پرسشنامه تجزیه و تحلیل STEEP در پنج دسته کلیدی طراحی شده است: اجتماعی (S)، فن‌آوری (T)، اقتصادی (E1)، زیست‌محیطی (E2)، و سیاسی (P). در هر گروه، پنج سؤال از دانشجویان رشته‌های آینده‌پژوهی و انرژی در مقاطع تحصیلات تکمیلی پرسیده شد: (۱) مشخص کردن عوامل S / T / E1 / E2 / P مهم تولید نفت ایران، (۲) تعیین تأثیر عوامل (مثبت یا منفی) در هدف، (۳) تعیین اهمیت هر عامل شناسایی شده در شرایط امروز و در چشم‌انداز ۱۴۲۰، (۴) تعیین امکان اجرایی شدن هر عامل در شرایط امروز و برای چشم‌انداز ۱۴۲۰، و (۵) تخمین سطح عدم اطمینان نهفته در عامل شناخته شده. خروجی پرسشنامه به عنوان ورودی ساخت FCM و همچنین به عنوان یک داده کمکی در CIA برای پیدا کردن عوامل کلیدی توسط خبرگان و به طور غیرمستقیم استفاده شده است. عوامل استخراج شده توسط پاسخ‌دهندگان و اثرات بالقوه آن‌ها در جدول ۱ به صورت خلاصه آمده است. باید توجه داشت که روندهای قابل پیش‌بینی، عوامل با رفتارهای ناهمگن (ستون آخر جدول ۱) می‌توانند اثر مثبت یا منفی بر روی هدف داشته باشند.

۳-۲- ساخت FCM یکپارچه

رایج‌ترین روش توسعه مدل FCM ادغام نقشه‌های علی منفرد (توسط هر خبره) و سپس تبدیل آن به یک نقشه یکپارچه است. ابتدا، عوامل شناسایی شده و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های STEEP به خبرگان ارائه شدند. تابع تانژانت هایپربولیک[1] در این مطالعه مورد استفاده قرار

[1] Hyperbolic tangent function (tanhx)

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گیرد که در مرور ادبیات برای انجام شبیه‌سازی توصیه شده است. این تابع تجزیه و تحلیل بیشتر را با تأکید بر درجه یا گستردگی ممکن می‌کند. از خبرگان (اعضای صنعت، وزارت نفت و نمایندگان دانشگاه‌های تهران) خواسته شد تا وزن عوامل را در فواصل ۱- تا ۱+ اعلام کنند. انتخاب این اعضا بر اساس تجارب و مهارت‌های خاص آنها در حوزه‌های مختلف و در جهت ارائه دیدی بازتر از زوایای مختلف موضوع بود. در مجموع ۲۴ نقشه مستقل به دست آمد که به طور ریاضی با یکدیگر به یک مدل علی واحد ترکیب شدند (با محاسبه میانگین وزن آنها). خبرگان پس از طراحی انفرادی نقشه‌ها و بعد از به دست آمدن نقشه یکپارچه FCM یک بار دیگر در پنل برای بحث و بررسی در مورد نهایی کردن نقشه و جزئیات مربوط به آن (شامل بررسی، تغییر، و زمان‌بندی استاندارد، وزن علیت، و گرایش‌ها) گرد هم آمدند. نقشه یکپارچه نهایی شده در شکل (۲) نشان داده شده است. نقشه از ۷۸ رشته (۵۲ وزن علّی مثبت و ۲۶ وزن علّی منفی) تشکیل شده است.

۳-۳- بردارهای ورودی تحلیل اثرات متقابل

برای یافتن عناصر کلیدی از روش تحلیل اثرات متقاطع و نرم‌افزار میک مک[1] استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل تأثیر متقاطع به عنوان یک روش کلی برای پیگیری تغییرات در احتمال وقوع مجموعه‌ای از رویدادها یا شرایط طراحی شده است.

به طور خلاصه، CIA روشی شامل یک فرایند بررسی آینده‌های ممکن برای کاهش عدم قطعیت و بررسی تجزیه و تحلیل دوبه‌دو از حوادث ذکر شده است.

نیروهای پیشران مشخص شده با کمک روش STEEP برای خبرگان فرستاده شدند. تجزیه و تحلیل بر اساس درجه‌بندی رابطه مستقیم بین پارامترها با کمک پرسشنامه‌ای شامل اهمیت و احتمال نیروهای پیشران (رخدادها) برای هر دو دیدگاه حال و آینده انجام شد. ماتریس حاصله به عنوان یک ورودی برای فرآیند CIA با استفاده از نرم‌افزار میک مک استفاده شد. شکل (۳) خروجی نرم‌افزار را نمایش می‌دهد.

CIA یک نقشه چهارگانه را با چهار ربع (منطقه) که بر اساس دو عامل اصلی (نفوذ و وابستگی) تقسیم می‌شوند، به عنوان خروجی ارائه می‌کند. ربع شمال غرب منطقه‌ای است که نیروهای پیشران کلیدی با بالاترین سطح نفوذ و پایین‌ترین سطح وابستگی قرار دارند. این منطقه ارائه دهنده نیروهای پیشران با بیشترین عدم قطعیت ممکن مورد استفاده برای توسعه منطق سناریو است. همان‌طور که در شکل (۳) نمایش داده شده: ثبات منطقه‌ای (C1)، برداشت تحریم‌ها (۲): فن‌آوری (C5)، برداشت تحریم‌ها (۳): ریسک سرمایه‌گذاری (C6)، ثبات سیاسی داخلی (C8)، روابط دوستانه بین اتحادیه اروپا و ایران (C9)، و نوسانات قیمت نفت (C17) شکل‌دهنده پارامترهای کلیدی این مطالعه هستند.

۴-۳- تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی

تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی برای محدود کردن تعداد ترکیبات ممکن و تولید بردارهای ورودی محتمل (مورد استفاده در سناریوهای مبتنی بر FCM) استفاده می‌شود. این روش با هدف تجزیه و تحلیل ترکیبی بصری تغییرات توسعه‌ای ممکن که نقش مهمی در تولید سناریوهای سازگار دارد به کار برده می‌شود.

جدول ۱: پارامترها / مفاهیم شناسایی‌شده

شماره	جنبه	عامل	نکات	تأثیر بر تولید نفت
C_1	سیاسی	پایداری منطقه‌ای	پیچیدگی‌های تنش دیپلماتیک بین ایران، ترکیه و عربستان سعودی	افزایش / کاهش
C_2		روابط وسیع‌تر با کشورهای شرق آسیا	اولویت ایران به‌عنوان یک مقصد صادرات نفت	افزایش
C_3		ناآرامی در کشورهای مجاور	در کشورهای همسایه (عراق و افغانستان)؛ و در متحد استراتژیک (سوریه)	کاهش
C_4		رفع تحریم‌ها ۱	دسترسی دوباره ایران به بازارهای جهانی: تسهیل در بخش حمل‌ونقل و سیستم مالی؛ بازگشت مشتریان سابق	افزایش

[1] MicMac

www.SID.ir

Archive of SID

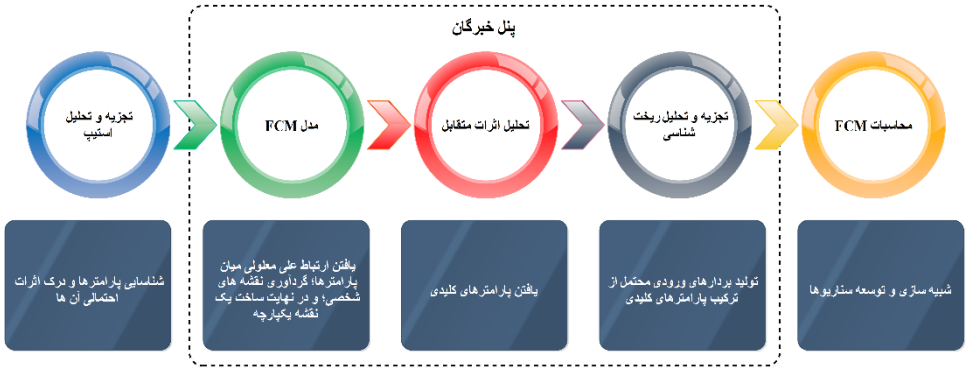
ادامه جدول ۱

شماره	جنبه	عامل	نکات	تأثیر بر تولید نفت
C_5	سیاسی	رفع تحریم‌ها ۲	زیرساخت‌های فرسوده: ورود فن‌آوری جدید از طریق مشارکت با شرکت‌های بین‌المللی نفتی	افزایش / کاهش
C_6		رفع تحریم‌ها ۳	ریسک سرمایه‌گذاری: بازگشت احتمالی تحریم‌ها؛ قرارداد غیر جذاب	افزایش / کاهش
C_7		موقعیت جغرافیایی سیاسی		افزایش / کاهش
C_8		ثبات سیاسی داخلی		افزایش / کاهش
C_9		بهبود روابط ایران و اروپا		افزایش / کاهش
C_{10}		محدودیت صادرات	همکاری کشورهای عضو اوپک[1] برای مدیریت تولید نفت	کاهش
C_{11}	اقتصادی	افزایش تولید گاز طبیعی	اثر افزایش تولید گاز طبیعی در تقاضای نفت داخلی	کاهش
C_{12}		شرایط اقتصادی	شامل رشد ناخالص داخلی (GDP)، کسری بودجه و جبران آن از طریق فروش بیشتر نفت	افزایش / کاهش
C_{13}		تغییر جهت‌گیری در صادرات نفت	تغییر در استراتژی صادرات از نفت خام به فرآورده‌های نفتی	کاهش
C_{14}		گذار به سمت اقتصاد مبتنی بر دانش		کاهش
C_{15}		کاهش نفوذ اوپک در بازارهای جهانی		افزایش / کاهش
C_{16}		افزایش مصرف انرژی		افزایش
C_{17}		نوسانات قیمت نفت		افزایش / کاهش
C_{18}		توسعه منابع نامتعارف نفت و گاز		کاهش
C_{19}		از دست دادن بازار	دسترسی بیشتر به منابع جایگزین توسط مشتریان عمده نفت ایران و متعاقباً از دست دادن بخشی از بازار	کاهش
C_{20}	اجتماعی	رشد جمعیت		افزایش
C_{21}		تغییر در نگاه عمومی به درآمدهای نفتی		کاهش
C_{22}		نگرانی‌های اجتماعی	اشاره به نفوذ فرهنگی روابط با اتحادیه اروپا در کشور	کاهش
C_{23}		اکتشافات جدید میدان‌های نفتی		افزایش
C_{24}	فناوری	بهره‌برداری از میدان‌ها نفتی جدید	با تمرکز بر میدان‌های مشترک با همسایگان	افزایش
C_{25}		گسترش صنعت پتروشیمی		افزایش
C_{26}		توسعه شبکه‌های توزیع		افزایش
C_{27}		افزایش بهره‌وری سوخت		کاهش
C_{28}	زیست‌محیطی	گسترش انرژی‌های تجدید پذیر	شامل: انرژی‌های خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، و زیست‌توده به‌عنوان چهار منابع اصلی انرژی تجدید پذیر در کشور	کاهش
C_{29}		افزایش آلودگی محیط‌زیست	ناشی از سوخت‌های فسیلی.	کاهش
C_{30}		فشار افکار عمومی بر تولید سوخت‌های فسیلی	از طرف انجمن‌های حامی محیط‌زیست برای حفظ منابع طبیعی نسل‌های آینده	کاهش
C_{31}		تولید نفت در کشور	در چشم‌انداز ۲۰۳۰	-

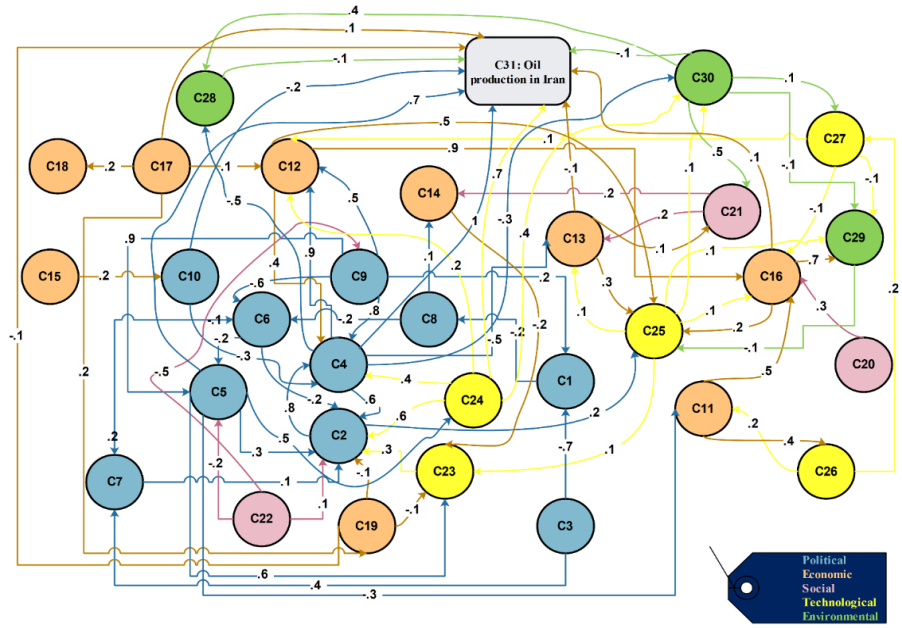
[1] The Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC)

www.SID.ir

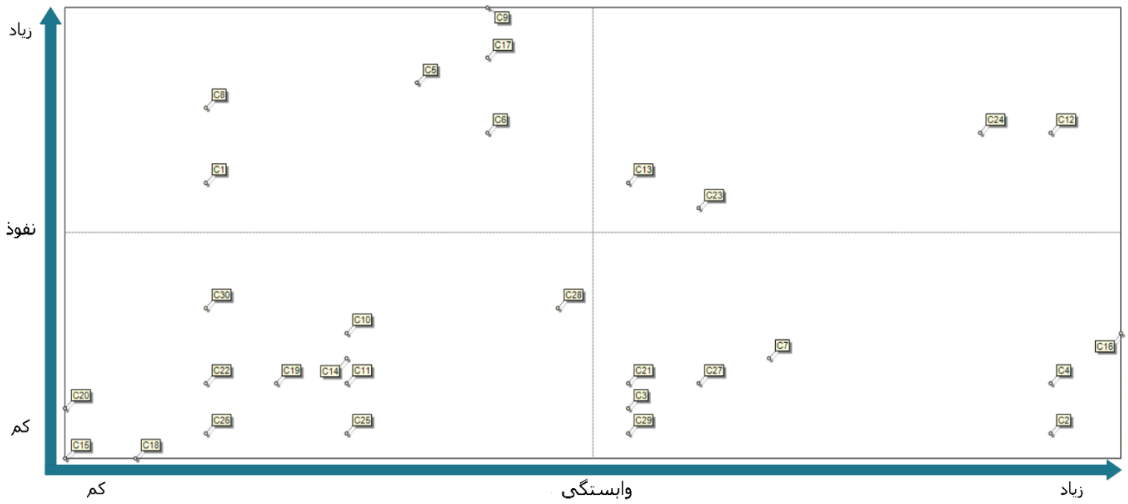
Archive of SID



شکل ۱: چارچوب پیشنهادی شامل پنج گام اصلی برای توسعه سناریوهای مبتنی بر FCM



شکل ۲: نقشه FCM یکپارچه آینده تولید نفت در ایران



شکل ۳: خروجی CIA با استفاده از نرم‌افزار MicMac

ریخت‌شناسی با وارد کردن شش عامل کلیدی شناسایی شده در بخش قبل در بالای هر ستون و سه حالت احتمالی در ردیف‌ها آغاز می‌شود. برای تغییرات عامل C17 (نوسانات قیمت نفت)، ما از پیش‌بینی آژانس بین‌المللی انرژی که محدوده قیمت در سال ۲۰۳۰ را برآورد کرد استفاده کردیم. از خبرگان خواسته شد تا بردارهای ورودی

www.SID.ir

Archive of SID

محتمل را مشخص کنند. نتیجه بحث و گفتگو به چهار بردار ورودی مختلف که در شکل (۴) نشان داده شده است منجر شد. انجام این روش حذف ترکیبات ناسازگار از عوامل اصلی را تسهیل کرد. بردارهای به وجود آمده به عنوان ورودی در بخش بعدی برای توسعه سناریوهای محتمل استفاده می‌شود.

۴- شبیه‌سازی و توسعه سناریوها

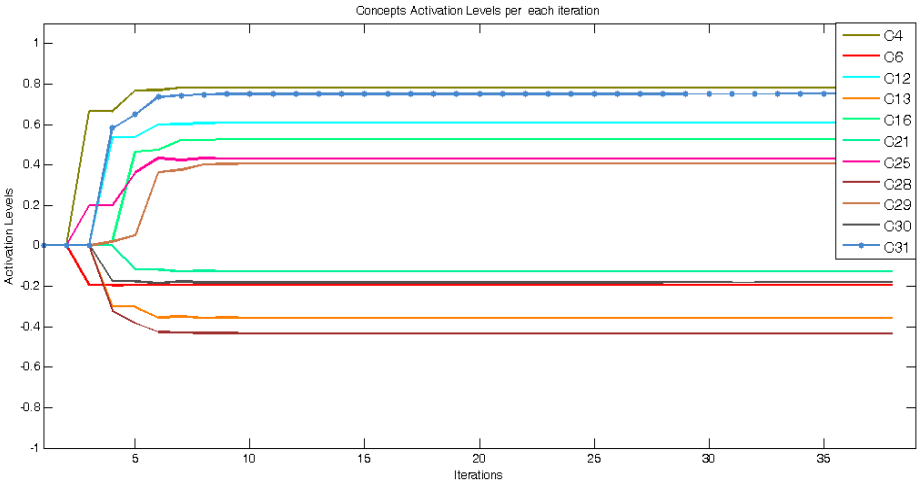
شبیه‌سازی FCM از طریق نرم‌افزار Matlab یا اکسل قابل انجام است. برای نشان دادن اثرات مختلف عوامل با رفتارهای ناهمگن بر روی هدف (C31) و عوامل دیگر، مقادیر اولیه آن‌ها ۱-، ۰ یا ۱ در نظر گرفته شده است. این برای عوامل یک‌طرفه، بسته به وضعیت آنها در هر سناریو، ۰ یا ۱ است.

۴-۱- بردار ۱: به‌سوی ثبات

صحنه سیاسی ایران پس از انتخابات ریاست جمهوری ۱۳۹۶ و ۱۴۰۰ وضعیت پایداری به خود خواهد دید که تضمین‌کننده ثبات داخلی است (ثابت شدن C8 به ۱). این قضیه کشور را برای حضور شرکت‌های بین‌المللی نفت در حوزه شرق آسیا برای سرمایه‌گذاری مهیا می‌کند، و دولت سعی در توسعه روابط گسترده تجاری با بازارهای شرق دور برای تهیه فناوری‌های جدید، و نیز بازپس‌گیری سهم خود از بازارهای نفت دارد (ثابت شدن C2 به ۱). هرچند ایران در این سناریو به دنبال جلوگیری از ایجاد تنش با کشورهای عضو اتحادیه اروپا است، اما همچنان سطح تبادلات تجاری خود را با شرکت‌های غربی محدود نگه خواهد داشت. خروجی شبیه‌سازی در شکل (۵) آورده شده است.

Key drivers / Variations	**C1:** Regional stability	**C5:** Lifting sanctions (2): Technology	**C6:** Lifting sanctions (3): Investment risk	**C8:** Domestic political stability	**C9:** Reconciliation of relations between EU and Iran	**C17:** Oil price fluctuations ($)	
Variation A	**1A**: Stability in the region	**5A**: New technology: comprehensive participation of IOCs	**6A**: Low risk of investment	**8A**: Domestic political stability	**9A**: Renewed strong partnership	**17A**: $X > 120$	2
Variation B	**1B**: Moderate stability in the region	**5B**: Limited participation of IOCs	**6B**: Medium risk of investment	**8B**: Moderate domestic political stability	**9B**: Normalized relations	**17B**: $65 < X \leq 120$	1
Variation C	**1C**: Instability in the region	**5C**: Out-of-date infrastructure: ineffective participation of IOCs	**6C**: High risk of investment	**8C**: Domestic political instability	**9C**: Strained relations	**17C**: $X \leq 65$	4

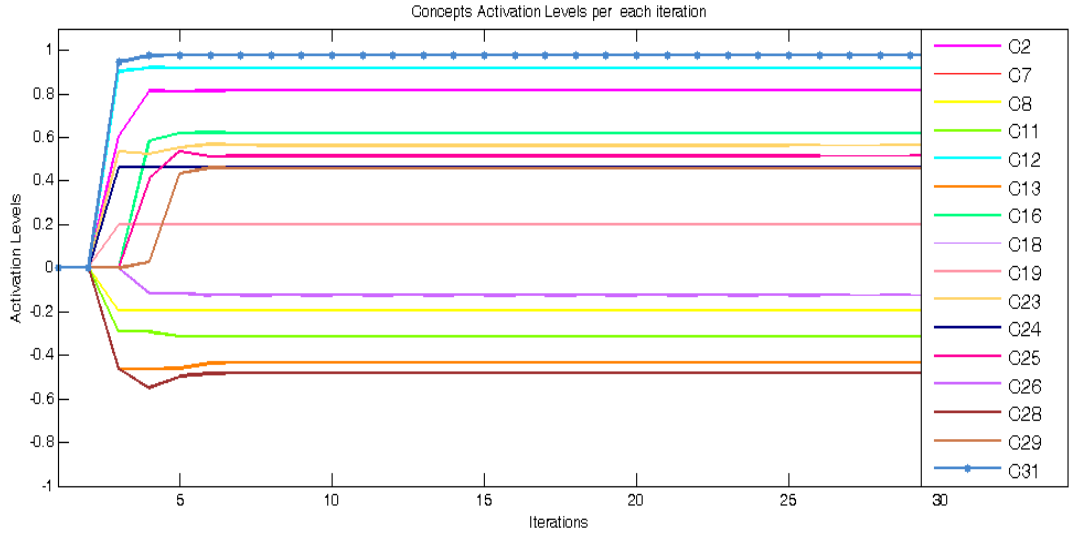
شکل ۴: چهار بردار ورودی ساخته شده توسط تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی



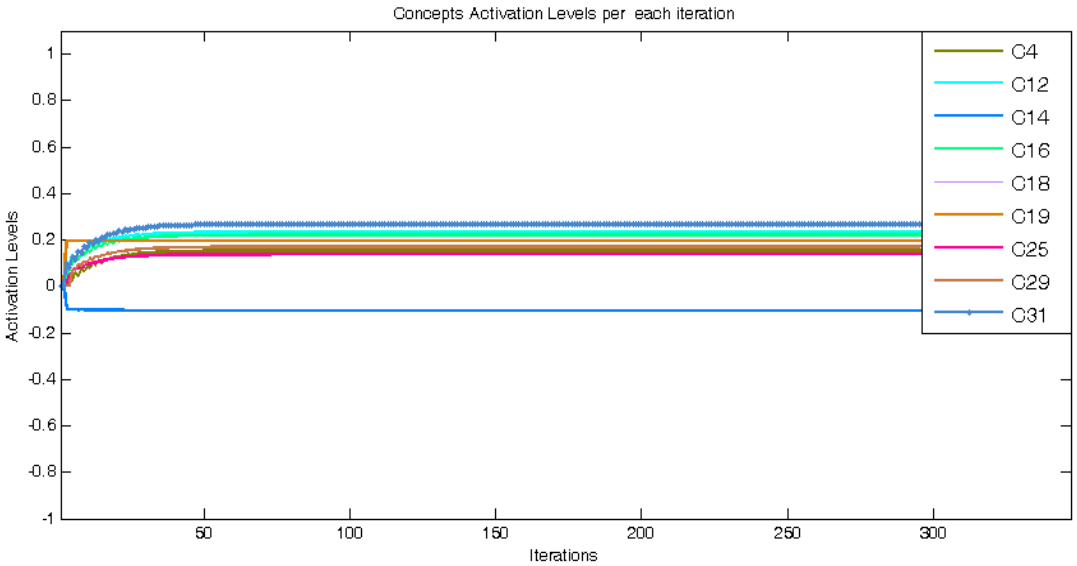
شکل ۵: خروجی اولین شبیه‌سازی FCM: مقادیر عوامل مؤثر

www.SID.ir

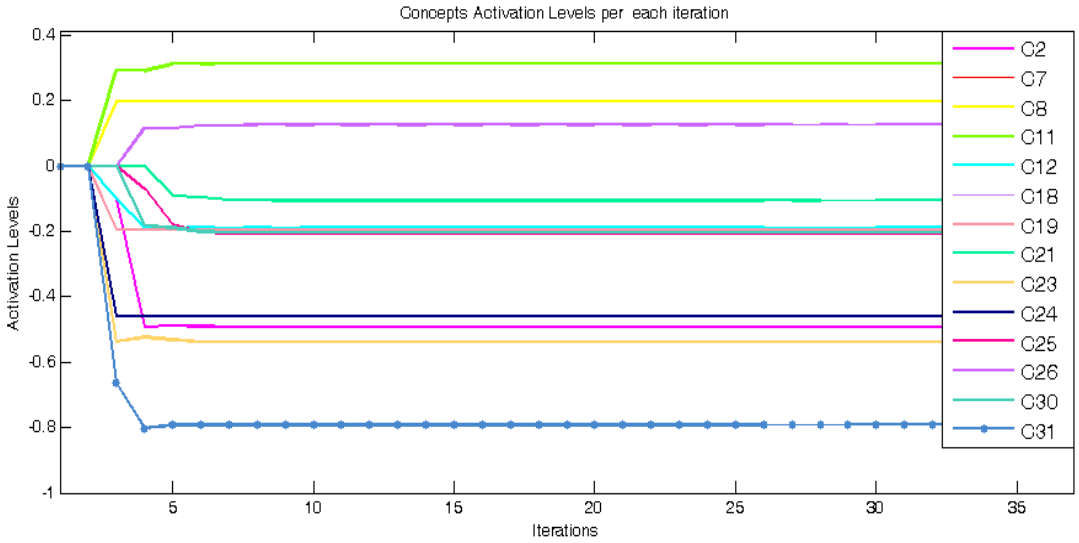
Archive of SID



شکل ۶: خروجی شبیه‌سازی دوم FCM: مقادیر عوامل مؤثر



شکل ۷: خروجی شبیه‌سازی سوم FCM: مقادیر عوامل مؤثر



شکل ۸: خروجی شبیه‌سازی چهارم FCM: مقادیر عوامل مؤثر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: ویژگی‌های کلیدی سناریوهای مبتنی بر FCM

ویژگی‌های کلیدی / سناریو	مقدار عامل C31	تغییرات تولید نفت	عوامل	(+) مجموع (≥0.1)	(−) مجموع (≤-0.1)	تعداد تکرارها
به‌سوی ثبات	0.749	افزایش	C_2, C_8	5	5	36
پس از طوفان	0.978	افزایش زیاد	C_1, C_4, C_5, C_6, C_9, C_{17}	10	5	31
اسب خسته	0.268	افزایش کم	C_1, C_6, C_8, C_{17}	7	1	344
تاریکی در انتهای جاده	-0.791	کاهش	C_1, C_4, C_5, C_6, C_{17}	3	10	34

در این تعادل، گسترش صنعت پتروشیمی (C25) و افزایش آلودگی محیط‌زیست (C29) مثبت هستند، و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر (C28)، تغییر دید عموم نسبت به درآمدهای نفتی (C21) و فشار افکار عمومی بر تولید سوخت‌های فسیلی (C30) کمی منفی هستند (شکل (۵)). علاوه بر این، نوع تعامل سیاست خارجی کشور، روابط آن را با اتحادیه اروپا تغییر نمی‌دهد ($C9:0$). در این سناریو ایران اساساً موفق به بازگشت به بازارهای بین‌المللی ($C4:0.78$) و افزایش تولید خود می‌شود ($C31:0.74$) پیش‌بینی می‌شود افزایش بسیار زیاد تولید نفت با حذف تحریم‌ها طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۶ برای دهه آینده ثابت بماند.

۴-۲- بردار ۲: پس از طوفان

ترکیبی از ثبات در منطقه، حذف تحریم‌ها ($C4-C6$)، روابط نزدیک با اتحادیه اروپا، و افزایش قیمت نفت اثرات مثبت بسیار زیادی بر منابع نفتی ایران دارند ($C31:0.97$) (شکل (۶)). بازسازی روابط خارجی با کشورهای غربی با مشارکت IOC ها ارتباط تنگاتنگی دارد و موجب می‌شود ریسک سرمایه‌گذاری‌های مشترک حاصل به حداقل برسد. این امر باعث احیای صنعت نفت، بهره‌برداری از میدان‌های مشترک جدید ($C24:0.46$)، و اکتشافات میدان‌ها نفتی جدید ($C23:0.56$) می‌شود. شایان ذکر است که اثرات سرمایه‌گذاری بین‌المللی در تولید بسیار کندتر از اثر فوری لغو تحریم‌ها خواهد بود. با این وجود، کشور می‌تواند در پایان این دهه حتی به تولید بیش از ۶ میلیون بشکه در روز امیدوار باشد.

بر اساس این سناریو، ترکیه، عربستان سعودی و ایران در نهایت راهی برای سازش و رسیدن به یک توافق برای ایستادگی در برابر تهدیدات مشترک منطقه‌ای پیدا می‌کنند. قیمت نفت تا سال ۲۰۲۰ افزایش چشم‌گیری خواهد داشت (بیشتر از ۱۲۰ $) که باعث می‌شود اعضای اوپک سقف تولید خود را افزایش دهند. در سناریوی جدید، تولید نفت یک مزیت اقتصادی است ($C12:0.92$)، تقاضای انرژی بخش صنعت افزایش می‌یابد ($C16:0.62$)، و وضعیت عوامل زیست‌محیطی مشابه سناریوی قبلی است. اما نکته قابل‌تأمل این است که افزایش تولید نفت اثرات منفی بر بهره‌برداری از میدان‌های جدید گاز طبیعی دارد ($C11:-0.31$). این وضعیت را می‌توان با در نظر گرفتن تمرکز دولت به رقابت شدید با همسایگان برای به دست آوردن مجدد سهم بازار توجیه کرد.

۴-۳- بردار ۳: اسب خسته

این سناریو نشان دهنده وضعیت راکد اقتصادی با ریسک سرمایه‌گذاری متوسط (ثابت شدن C6 به ۰)، قیمت نفت بالا (ثابت شدن C17 به ۱)، روابط خصمانه با اتحادیه اروپا (ثابت شدن C9 به ۰)، و بی‌ثباتی در منطقه و نیز صحنه داخلی (ثابت شدن C1 و C8 به ۱-) است. با وجود برخی از پارامترهای منفی، تولید نفت همچنان رشد اندکی را نشان می‌دهد ($C31:0.26$).بردار خروجی از دست دادن سهم کمی از بازار را نشان می‌دهد ($C19:0.19$). روابط با کشورهای شرق آسیا ($C2:0.07$)، اکتشافات جدید میدان‌های نفتی ($C23:0.01$)، و میدان‌های مشترک بهره‌برداری جدید ($C24:0$) بهبود نمی‌یابند (شکل (۷)). سیستم جدید تثبیت شده دارای حساسیت قابل اغماضی نسبت به عوامل محیطی نیز است. این سناریو فرض می‌کند که منطقه خاورمیانه در حال تجربه شرایط ناپایدار به دلیل جنگ داخلی و درگیری‌های مذهبی است. در حالی که قیمت نفت با یک رشد قابل توجه روبروست، ایران و عربستان سعودی به عنوان دو عضو بانفوذ اوپک درگیر منازعات منطقه‌ای هستند. انتظار می‌رود که بخشی از تقاضای انرژی اتحادیه اروپا و چین توسط منابع تجدیدپذیر

www.SID.ir

Archive of SID

مرتفع گردد که این امر منجر به از دست دادن بخش کوچکی از بازار خواهد شد.

پس از یک دوره کوتاه از صلح در فضای پسا تحریم، روابط ایران و اتحادیه اروپا دوباره تیره و تار می‌شود. چالش‌های داخلی و خارجی در خاورمیانه روابط سیاسی دوجانبه را پیچیده‌تر می‌کند. با این حال می‌توان امیدوار بود که تعداد انگشت‌شماری از IOCها در برخی از پروژه‌های داخلی مشارکت داشته باشند. به طور کلی، روند کلی تولید نفت در سناریوی اسب خسته مشابه مسیر فعلی است.

۴-۴- بردار ۴: تاریکی در انتهای جاده

سناریوی تاریکی در انتهای جاده توصیف وضعیتی است که در آن خاورمیانه در معرض بحران‌های گسترده‌تری است (ثابت شدن C1 به ۱-)؛ شرکت‌های بین‌المللی در میدان‌های بالادستی نفت حضور ندارند (ثابت شدن C5 و C6 به ۱-)، و قیمت نفت رشدی نخواهد داشت ($\leq$ ۶۵ $) (ثابت شدن C17 به ۱-). خروجی شبیه‌سازی نشان‌دهنده کاهش روابط ایران و شرق آسیا ($C2:-0.49$) و کشف نفت خام و بهره‌برداری ($C24:-0.46$ و $C23:-0.53$) و تغییر منفی اندک در وضعیت کشور است ($C7:-0.19$). حتی در این سناریو نیز عوامل زیست‌محیطی مثبت نیستند ($C28:-0.8$، $C29:-0.2$ و $C30:-0.2$)، در حالی که مصرف بدون تغییر باقی خواهد ماند ($C16:-0.03$) (شکل (۸)). شبیه‌سازی همچنین نشان‌دهنده وخیم شدن وضعیت اقتصادی است ($C12:-0.18$)، که صنعت نفت کشور را با مشکلات روزافزونی مواجه خواهد کرد.

اثر مفروضات سناریو در تولید نفت ایران ویرانگر خواهد بود ($C31:-0.79$). شرکت‌های معتبر نفتی به تعامل مجدد در پروژه‌های نفت کشور به دو دلیل تمایل ندارند: اول، چالش هسته‌ای، و دوم، شرایط غیر جذاب قرارداد که به خاطر آن منابع مالی زیادی را پیش از تحریم‌ها به دلیل قرارداد با ایران از دست داده‌اند. بنابراین، برخلاف سناریوی "به سوی ثبات"، این بار این شرکت‌های خارجی هستند که از حضور در پروژه‌های کشور اجتناب می‌کنند.

۵- ارزیابی مدل ارائه شده

ویژگی‌های کلیدی سناریوهای توسعه‌یافته در جدول ۲ خلاصه شده است.

علاوه بر سناریوهای تولیدی، مدل پیشنهادی ارائه شده زوایای دیگری از مسئله را نیز نمایان می‌سازد. به طور مثال:

- رابطه معکوس بین تولید نفت و تغییر در سیاست‌های کلی بخش نفت.
- اینکه موفقیت دولت در توسعه صنعت نفت موجب افزایش وابستگی به صنعت نفت خواهد شد.
- و یا طبق سناریوی آخر، کاهش تولید نفت و به طور کلی سقوط صنعت نفت موجب توجه بیشتر به انرژی‌های تجدید پذیر نمی‌شود.

همچنین می‌توان سؤالاتی از خروجی‌های مدل FCM مطرح کرد، مانند: چرا توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر رابطه معکوس با تولید نفت دارد؟ این نکات و پرسش‌های مطرح شده تنها با نگاه به نقشه نمی‌تواند مطرح شود. بدین معنا که کشف زوایای مختلف مسئله و به‌تبع آن ارائه تجزیه و تحلیل جامع‌تر، نیازمند پیاده‌سازی (شبیه‌سازی) روش است.

بنابراین می‌توان گفت که چارچوب ارائه شده یک ابزار قدرتمند برای تولید سناریوهای مختلف و در عین حال معنادار است. سناریوهای ارائه شده نشان دهنده مزایای استفاده از مدل نیمه کیفی است که توسط مدل‌های سنتی ارائه نشده‌اند. به طور خاص، سناریوهای FCM زمانی مفید است که اطلاعات غیر شفاف وجود دارد و یا روند آینده برای پیش‌بینی بسیار نامطمئن است. این ویژگی موجب می‌شود برای تحلیل بسیاری از کشورها با ساختارهای مختلف و یا در حال توسعه که در آن شاخص‌های اقتصاد کلان مورد استفاده در روش‌های کمی کمک زیادی به تعیین روند واقعی مسیر انرژی نمی‌کند، مؤثر و کارا باشد.

مدل FCM همچنین با موفقیت با سایر روش‌ها ترکیب شد، که نشان دهنده توانایی FCM برای یکپارچه شدن در یک مدل ترکیبی است. در این راستا، مزایای چارچوب ترکیبی به کار گرفته شده را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

اول، برخلاف مدل‌های رایج سناریوسازی در روش طرح نقشه شناخت فازی، جامعه آماری برای یافتن عوامل مؤثر محدود به خبرگان نشده است. این باعث تضمین شناخت زوایای گسترده‌تری از مسئله شد. بعلاوه، روش STEEP به پرسش‌شوندگان اجازه داد تا عوامل را در هر دسته بیشتر و بهتر بشناسند. اهمیت شناسایی تمامی عوامل دخیل در

www.SID.ir

Archive of SID

مسئله برای رسیدن به دیدی کلی‌تر در تحقیق جیتر و شواین فورت نیز ذکرشده است [۱۸].

دوم، در مدل ارائه شده از یک روش کمی (تحلیل اثرات متقاطع) به جای پرسش از خبرگان برای یافتن عوامل کلیدی استفاده شد که باعث جلوگیری از انتخاب سلیقه‌ای و کاهش کیفیت مدل می‌شود. این مسئله در برخی از تحقیقات با رویکرد صرفاً کیفی قابل مشاهده است [۲۲]. استفاده از تحلیل اثرات متقاطع و تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی در ساخت سناریوهای سازگار به اثبات رسید، که با توصیه کردن اینکه کدام عامل می‌تواند تغییر کرده و کدام عامل در هر روند ثابت باقی بماند باعث بهبود شبیه‌سازی FCM شده است. این عامل به جلوگیری از مداخله شخصی در فرآیند شبیه‌سازی و در نتیجه رسیدن به یک نتیجه دقیق‌تر کمک می‌کند (به عنوان مثال تقید حالت اولیه یک بردار با توجه به درک شخصی). ضمن اینکه ترکیب استفاده از این دو رویکرد موجب شناسایی تمامی عوامل کلیدی مسئله در یک رویکرد ساختارمند شده و در نتیجه سناریوهایی باثبات (برخلاف سناریوهای تصادفی) تولید می‌گردد.

سوم، سناریوهای نیمه کیفی - نیمه کمی تولید شده بر اساس رابطه علی و معلولی بین بیش از سی عامل مؤثر انتخاب شده است و تأثیر کلیه عوامل در سناریوها دیده شده است. برخلاف برخی از تحقیقات که در آن تولید سناریو محدود به چند پارامتر است [۲۳]، در این مطالعه کلیه عوامل در تولید سناریوها نقش دارند و هیچ کدام از فرآیند ارزیابی حذف نمی‌گردند.

۶- نتیجه‌گیری

این نوشتار یک رویکرد یکپارچه را برای بررسی آینده نفت از طریق روش برنامه‌ریزی مبتنی بر سناریوهای FCM ارائه داده است. در ابتدا تجزیه و تحلیل STEEP برای مشخص کردن تمام عوامل درگیر استفاده شده است. سپس CIA و تجزیه و تحلیل ریخت‌شناسی برای تعیین عوامل کلیدی و انتخاب سناریو استفاده شدند. استفاده از این روش در محدود کردن ترکیبات ممکن عوامل اصلی برای رسیدن به مجموعه‌ای از روندهای قابل قبول و در نتیجه، ساخت سناریوی سازگار بسیار با اهمیت بود. علاوه بر این، این روش یک راه هوشمندانه‌تری برای تعیین حالت اولیه هر بردار به جای مداخله‌های شخصی به ارمغان آورد. در نهایت، مدل FCM برای تهیه سناریوهای نیمه کمی استفاده شد. زوایای مختلف این مسئله از طریق اجرای شبیه‌سازی FCM کشف شدند. چارچوب پیشنهادی نیز بررسی موضوع را به تعداد محدودی از عوامل از پیش تعریف شده و عوامل سناریو محدود نمی‌کند. این روش منحصر به فرد از ترکیبی از مزایای تجزیه و تحلیل کمی و نیز کیفی برخوردار است و سناریوهای جامعی را ارائه می‌دهد.

در انتها، پیشنهاد می‌شود مدل ارائه شده برای بررسی آینده صنعت گاز ایران نیز پیاده‌سازی شود. مقایسه نتایج آن و آنالیز خروجی‌های آن با این مطالعه می‌تواند نتایج جالبی به همراه داشته باشد. مدل ارائه شده در این مطالعه همچنین می‌تواند با جایگزینی طرح نقشه شناخت فازی با طرح نقشه شناخت فازی شهودی نیز پیاده شود و نتایج آن با این روش مقایسه شود. در شناخت عوامل کلیدی، روش‌های دیگری نیز همچون روش‌های تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه می‌تواند به کار آیند.

www.SID.ir

Archive of SID

۷- مراجع

[1] M. Alipour, S. Alighaleh, R. Hafezi, & M. Omranievardi, "A new hybrid decision framework for prioritizing funding allocation to Iran's energy sector", Energy. Vol. 121, 2017, pp. 388–402.

[2] P. Abbaszadeh, A. Maleki, M. Alipour, & Y.K. Maman, "Iran's oil development scenarios by 2025", Energy policy, Vol. 56, 2013, pp. 612–622.

[3] R. Hafezi, A. Akhavan, & S. Pakseresht, "Projecting plausible futures for Iranian oil and gas industries: Analyzing of historical strategies", Journal of Natural Gas Science and Engineering. Vol. 39, 2017, pp. 15–27.

[۴] م. پازکی، "روشی موثر در تعیین نوع خطا در خطوط انتقال با استفاده از طبقه‌بندی کنندهٔ بیز مبتنی بر کرنل"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی, دوره ۱۶، شماره ۵۲، ۱۳۹۷، صفحه ۱۲۹-۱۱۹.

[5] M. Alipour, & A. Sheykhan, "A vision for Iran’s fuel cell and hydrogen development", International journal of environmental science and technology, Vol. 14, No. 1, 2017, pp. 193–210.

[6] E. Roghanian, M. Alipour, & M. Rezaei, "An improved fuzzy critical chain approach in order to face uncertainty in project scheduling", International Journal of Construction Management, Vol. 18, No. 1, 2018, pp. 1–13.

[7] M. Alipour, R. Hafezi, B. Ervural, M.A. Kaviani, & Ö. Kabak, "Long-term policy evaluation: Application of a new robust decision framework for Iran’s energy exports security", Energy. Vol. 157, 2018, pp. 914–931.

[8] A.S. Oliveira, M.D. de Barros, F. de Carvalho Pereira, C.F.S. Gomes, & H.G. da Costa, "Prospective Scenarios: a Literature Review on the Scopus Database", Futures. Vol. 100, 2018, pp. 20–33.

[9] R. Bradfield, G. Cairns, and G. Wright, "Teaching scenario analysis—an action learning pedagogy", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 100, 2015, pp.44–52.

[10] Craig S. Fleisher, and Babette E. Bensoussan, Strategic and competitive analysis: methods and techniques for analyzing business competition, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.

[11] F. Aggestam, & B. Wolfslehner, "Deconstructing a complex future: Scenario development and implications for the forest-based sector", Forest Policy and Economics, Vol. 94, 2018, pp. 21–26.

[12] R. Bourgeois, E. Penunia, S. Bisht, & D. Boruk, "Foresight for all: Co-elaborative scenario building and empowerment", Technological Forecasting and Social Change, Vol. 124, 2017, pp. 178-188.

[13] R.A. Slaughter, "What difference does ‘integral’ make?", Futures, Vol. 40, No. 2, 2008, pp. 120–137.

[۱۴] ا. تربتی، م.ع. ارسنجانی، م. فیروزشاهی، "تدوین نقشه استراتژی مدیریت زنجیره تامین با ترکیب نمودار حلقه علی و کارت امتیازی متوازن"، مجله مدل سازی در مهندسی, دوره ۱۳، شماره ۴۲، ۱۳۹۴، صفحه ۱۶۵-۱۵۱.

[15] M. Amer, T.U. Daim, & A. Jetter, "A review of scenario planning", Futures, Vol. 46, 2013, pp. 23-40.

[۱۶] ح. کوهساری، ا. نجفی، ح. علی الهی، م. آدم پیرا، "بررسی عوامل مؤثر بر عملیات تراکم دینامیکی در خاک های دانه ای مبتنی بر روش فازی"، مجله مدل سازی در مهندسی، دوره ۱۳، شماره ۴۳، ۱۳۹۴، صفحه ۱۵۸-۱۴۳.

[17] E. Roghanian, M. Alipour, & M. Rezaei, "An improved fuzzy critical chain approach in order to face uncertainty in project scheduling", International Journal of Construction Management, Vol. 18, No. 1, 2018, pp. 1–13.

[18] A. Jetter, & W. Schweinfort, "Building scenarios with Fuzzy Cognitive Maps: An exploratory study of solar energy", Futures. Vol. 43, No. 1, 2011, pp. 52–66.

[۱۹] ح. ناهید تیتکانلو، ر. فکری، ع. کرامتی، "مدلسازی عدم قطعیت در فرایند ارزیابی عملکرد کارکنان مبتنی بر تئوری شواهد و تئوری فازی"، مجله مدل سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۵۱، ۱۳۹۶، صفحه ۴۳۲-۴۱۱.

[20] S.K. Chaharsooghi, M. Rezaei, & M. Alipour, "Iran’s energy scenarios on a 20-year vision", International journal of environmental science and technology, Vol. 12, No. 11, 2015, pp. 3701–3718.

[۲۱] ا. عابدی نیا، ن. امجدی، "پیش‌بینی بار در بازار برق با استفاده از مدل هیبرید شبکه عصبی و الگوریتم بهبود یافته جستجوی گرانشی"، مجله مدل سازی در مهندسی، دوره ۱۳، شماره ۴۰، ۱۳۹۴، صفحه ۷۷-۶۹.

[22] R. Hafezi, M. Bahrami, & A.N. Akhavan, "Sustainability in development: rethinking about old paradigms", World Review of Science, Technology and Sustainable Development, Vol. 13, No. 2, 2017, pp. 192–204.

[23] R. Hafezi, S. Malekifar, & A. Akhavan, "Analyzing Iran’s science and technology foresight programs: recommendations for further practices", foresight, Vol. 20, No. 3, 2018, pp. 312–331.

www.SID.ir