

Scenario Planning of Iran's Energy Futures by Combining in Casting Approach and Morphological Analysis

Ali Reza Nasr Esfahani¹, Naser Bagheri Moghaddam^{2*}, Amir Nazemi³ & Abbas Maleki⁴

1. Ph.D. in Futures Studies, National Research Institute for Science Policy (NRISP), Tehran, Iran
2. Assistant Professor, Futures Studies Department, National Research Institute for Science Policy (NRISP), Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Science & Technology Futures Studies Department, National Research Institute for Science Policy (NRISP), Tehran, Iran
4. Associate Professor, Energy Engineering Department, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Received: 23, Aug. 2021

Accepted: 6, Dec. 2021

Pages

Abstract

Due to the complexities of energy scenario planning and the need for library studies and extensive quantitative and qualitative models, scenario planning is not possible in some internal studies due to research limitations. On the other hand, it is also problematic to use global scenarios without the necessary changes for domestic conditions, due to Iran's specific energy drives. Accordingly, the main purpose of this study is to develop energy scenarios for Iran based on the intersection of global energy scenarios and internal uncertainties of Iran's future energy, using an innovative combination of in casting scenario approach and morphological analysis. In this regard, after identifying the factors affecting Iran's energy future based on library studies and exploratory interviews, key uncertainties of Iran's energy future were obtained using the Delphi method, cross-impact analysis, and MicMac software, which included sanctions and the type of Iranian energy market. In addition, after reviewing global energy scenarios from reputable international institutions, based on the views of the focus group, the scenario of the World Energy Council 2060 was selected as the selected scenario. Then, based on the opinions of experts, with the help of morphological analysis logic and Wizard scenario software, three scenarios "Apocalypse Now", "New Age" and "Interstellar" were identified as compatible scenarios for Iran's energy future and developed with an in-casting approach. Policy recommendations were also tailored to each scenario, and based on the results of this study, it is recommended that researchers examine the robustness of the country's energy science and technology priorities such as solar energy, wind energy, and hydrogen energy in the scenarios resulting from this study.

Keywords: Energy Scenario Planning, Cross Impact Analysis, Morphological Analysis, In Casting Approach.

* Corresponding Author: Bagheri@nrsp.ac.ir



سناریونگاری آینده انرژی ایران با ترکیب رویکرد درون قالبی و تحلیل ریخت‌شناسی

علیرضا نصر اصفهانی^۱، ناصر باقری مقدم^{۲*}، امیر ناظمی^۳ و عباس ملکی^۴

۱. دکترای آینده‌پژوهی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، گروه آینده‌پژوهی، تهران، ایران

۲. استادیار، گروه آینده‌پژوهی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران

۳. استادیار، گروه آینده‌پژوهی، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران، ایران

۴. دانشیار، دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه شریف، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱

صفحات

چکیده

با توجه به پیچیدگی‌های سناریونگاری انرژی و نیاز آن به مطالعات کتابخانه‌ای و مدل‌های کمی و کیفی گسترده، امکان سناریونگاری در بعضی از مطالعات داخلی با توجه به محدودیت‌های تحقیقاتی فراهم نیست. از سوی دیگر به‌کارگیری سناریوهای جهانی برای شرایط داخلی، بدون تغییرات لازم با توجه به پیش‌بینی‌های خاص انرژی ایران نیز خالی از اشکال نیست. بر این اساس هدف اصلی این پژوهش، توسعه سناریوهای انرژی ایران بر مبنای «تقاطع سناریوهای جهانی انرژی» و «عدم قطعیت‌های داخلی آینده انرژی ایران» و با بهره‌گیری از ترکیب نوآورانه رویکرد سناریونگاری «درون قالبی» و تحلیل «ریخت‌شناسی» است. در این راستا، پس از شناسایی عوامل مؤثر بر آینده انرژی ایران بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های اکتشافی، عدم قطعیت‌های کلیدی آینده انرژی ایران به کمک روش «دلفی»، «تحلیل تأثیر متقابل» و نرم‌افزار «میک مک» به دست آمد که شامل «تحریم» و «نوع بازار انرژی ایران» بود. افزون بر این، پس از بررسی سناریوهای انرژی جهانی مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی، بر مبنای نظرات گروه کانونی، سناریوی شورای جهانی انرژی ۲۰۶۰ به عنوان سناریوی منتخب برگزیده شد. سپس بر مبنای نظرات خبرگان، به کمک منطق تحلیل ریخت‌شناسی و نرم‌افزار سناریو ویزارد، سه سناریو «اینک آخرالزمان»، «عصر جدید» و «میان‌ستاره‌ای» به عنوان سناریوهای سازگار آینده انرژی ایران، شناسایی و با رویکرد درون قالبی توسعه داده شدند.

کلیدواژه‌ها: سناریونگاری انرژی، تحلیل تأثیر متقابل، تحلیل ریخت‌شناسی، رویکرد درون قالبی.

مقدمه

رویال داتچ شل^۱ برنامه‌ریزی بر مبنای سناریو را برای تصمیم‌گیری‌های راهبردی خود به کار گرفت و توانست؛ بحران انرژی در سال ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹، کاهش تقاضا برای نفت، گسترش جنبش‌های محافظه‌کارانه در سطح جهان و سقوط اتحادیه جماهیر شوروی را پیش‌بینی کند. تحقیقات تجربی لینمان و کلاین^۲ نشان می‌دهد که پس از اولین بحران نفتی در اوایل دهه هفتاد تعداد شرکت‌های آمریکایی که از برنامه‌ریزی سناریویی بهره گرفته‌اند، دو برابر شده است [۱].

نقطه شروع در رویکرد درون‌قالبی^۳ در سناریونگاری، انتخاب سناریوهایی است که پیشتر ایجاد شده است و پس از آن به گسترش دقیق هسته و منطق سناریو پرداخته خواهد شد. مزیت این روش، این است که شرکت‌کنندگان با تردیدهای آینده درگیر نمی‌شوند. تمام آنچه انجام می‌دهند، بیان پیامدهای آینده‌های بدیل بر پایه منطق سناریوهای اولیه است. یکی از راه‌های سناریونگاری به این روش تشکیل گروه‌های کوچکی از افراد است، سپس به آنها نوشته‌ای شامل پاراگرافی از بدیل‌های آینده داده می‌شود که گاهی با بزرگنمایی نگارش شده‌اند. به عنوان مثال، این سناریوهای از پیش نگارش شده می‌توانند در مورد آینده سبز، آینده شرکت‌های چندملیتی و ... باشند. سپس از مشارکت‌کنندگان خواسته می‌شود که تأثیر هر کدام از سناریوها را بر حوزه‌هایی همچون سیاست، قانون، زندگی خانوادگی و جامعه، تفریح و سرگرمی، آموزش، کار و ... بررسی کنند. یکی از مزایای عمده این رویکرد، به تصویر کشیدن اتفاق‌ها و تفاوت‌های ممکن در جهان در صورت برگزیدن هر یک از سناریوهای مختلف است [۶]. این روش، پژوهشگر و کاربر را تشویق می‌کند تا سلسله‌ای از روابط علی را در سناریویی از آینده گسترش دهند. بر پایه این روش، نقطه آغازین پژوهش، شناسایی سناریوهای آینده نیست، بلکه گسترش وضعیت‌هایی مشخص از آینده بر پایه سناریوهای انتخاب شده است. در روش درون‌قالبی می‌توان از سناریویی که دیگران نوشته‌اند آغاز کرد و در ادامه با طرح وضعیت‌ها و موقعیت‌هایی از آینده، آن سناریو را توسعه داد. پرسش

«سناریونگاری» ابزاری با ارزش برای رویارویی با آینده‌های متفاوت به شمار می‌رود. به طور کلی سناریوها را می‌توان برای هر بازه زمانی تولید کرد، اما اگر برای بلندمدت استفاده شوند مؤثرتر خواهند بود. استفاده از برنامه‌ریزی سناریویی برای برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، به منظور تطبیق مؤثرتر و سریع‌تر با تغییرات است [۱]. تاکنون پژوهش‌های مختلفی به بررسی سناریوهای آینده انرژی ایران پرداخته‌اند [۲، ۳، ۴، ۵]. اما همان‌طور که در پیشینه پژوهش اشاره خواهد شد، در تحقیقات داخلی، کمتر به سناریوهای انرژی جهانی مستخرج از گزارش‌های مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی انرژی توجه شده است که دلیل آن در نظر نگرفتن عدم قطعیت‌های خاص کشور ایران در این گزارش‌ها است. از طرفی گزارش‌های مؤسسه‌های بین‌المللی انرژی با توجه به بودجه تحقیقاتی بالا، سابقه طولانی و پژوهشگران فراوانی که در فرایند توسعه سناریوها مشارکت دارند، مورد استناد پژوهشگران بسیاری در سطح جهانی قرار گرفته است و لازم است تا ربطی منطقی بین سناریوهای بین‌المللی و سناریوهای ملی ایجاد شود.

این مطالعه به دنبال ارائه چارچوبی نوین برای تقاطع سناریوهای آینده انرژی جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی مرتبط با شرایط ایران است تا امکان بهره‌گیری همزمان از سناریونگاری‌های انجام شده مؤسسه‌های بزرگ بین‌المللی و نیز عدم قطعیت‌های داخلی را فراهم کند. به نظر می‌رسد نتایج به دست آمده از این چارچوب پیشنهادی قرابت و سازگاری بیشتری با شرایط ایران دارد و در عین حال روندهای بین‌المللی انرژی را نیز پشتیبانی می‌کند.

پیشینه تحقیق

الف. سناریونگاری درون‌قالبی

سناریونگاری برای برنامه‌ریزی مؤسسه‌های خصوصی و عمومی بزرگ، به خصوص پیش از گرفتن تصمیم‌های راهبردی با افق بلندمدت قابل استفاده است. شرکت

1. Royal Dutch Shell
2. Linneman and Klein
3. Incasting

مربوط به کشور که در آنها عوامل و عدم قطعیت‌های کلیدی کشور لحاظ شده است، نیز به عنوان شاخه‌های بزرگ درخت و سناریوهای متمرکز بر موضوعی راهبردی یا بازاری مشخص، میوه‌های این درخت‌اند که تصمیم‌گیرندگان و مدیران با چند مرحله سناریونگاری می‌توانند به آنها دست یابند. پژوهشگران با این کار زاویه دید خود را گسترده می‌کنند و با دریافت تصویری بزرگ و سپس تمرکز روی موضوع مورد نظر خود به نتیجه درست خواهند رسید [۸].

اصلی در رویکرد درون‌قالبی این نیست که: «چگونه این آینده به وقوع پیوسته است؟» و پیشتر پذیرفته شده است که این سناریو باورپذیر است. پرسش اصلی این است که: «در این سناریو، موضوع مورد نظر من چگونه ادامه می‌یابد؟» [۷].

به طور کلی سناریوها به مانند درخت گیلاسی‌اند که میوه و محصول نهایی آن در شاخه‌های کوچک‌تر رشد می‌کند، نه در تنه یا شاخه‌های بزرگ آن. بنابراین سناریوهای کلان جهانی به عنوان تنه درخت، سناریوهای



شکل ۱. جایگاه سناریوهای جهانی، ملی و سازمانی در استعاره درخت گیلاس چرماک [۸]

می‌گیرد. به طور کلی، تحلیل ریخت‌شناسی و حذف ناهنجاری زمینه نسخه‌های قدیمی‌تر تکنیک‌اند و تکنیک جی‌بی‌ان (شبکه جهانی کسب‌وکار)^۳ در سناریونگاری، در واقع زیرمجموعه‌ای از این دو تکنیک است [۹].

ب. تحلیل ریخت‌شناسی

بیشاپ و همکارانش در مقاله‌ای هشت دسته کلی از تکنیک‌های سناریونگاری را بررسی کرده‌اند، یکی از آن دسته‌ها، رویکرد عدم قطعیت است که روش تحلیل ریخت‌شناسی^۱ و حذف ناهنجاری زمینه^۲ در آن جای

جدول ۱. تکنیک‌های سناریونگاری با رویکرد عدم قطعیت [۹]

تکنیک	نقطه شروع	فرایند	محصول
تحلیل ریخت‌شناسی و حذف ناهنجاری زمینه	ابعاد عدم قطعیت	چند گزینه برای هر بعد، اتصال هر گزینه از هر بعد به هم	چند حالت نهایی متشکل از اتصال‌های گزینه‌ها در هر بعد
جی‌بی‌ان	نیروهای پیشران، دو بعد عدم قطعیت	شناسایی مهم‌ترین و کم قطعیت‌ترین پیشران، ماتریس دو در دو، عنوان و شرح	چهار سناریوی دو به دو ناسازگار
توسعه و ارزیابی گزینه‌ها	ابعاد عدم قطعیت	چند گزینه برای هر بعد، تعیین نرخ سازگاری هر گزینه با دیگر گزینه‌ها، انجام محاسبه نزدیکترین همجوار	رتبه‌بندی ترکیب گزینه‌ها بر اساس سازگاری زیاد به کم
مورفول	ابعاد عدم قطعیت	چند گزینه برای هر بعد، ارتباط هر گزینه از هر بعد، حذف ترکیب‌های ناممکن و دادن درجه بالا به محتمل‌ترین، محاسبه احتمال ترکیب‌ها	چیدن حالت نهایی منتج از ارتباط گزینه‌ها

در فضای مسئله به تعداد کمتر است که سازگاری درونی با یکدیگر دارند. به این مجموعه ترتیب‌ها با سازگاری درونی، به اصطلاح «فضای جواب» گفته می‌شود؛

۵. ترکیب یا تحلیل ساختارهای سازگاری: در اینجا ساختار شامل یک یا چند حالت در هر متغیر است. برآیند ساختارهای سازگار ترکیبی، فضای حل مسئله را در مدل ریخت‌شناسی تشکیل می‌دهد.

ج. سناریوهای آینده انرژی در جهان

مؤسسه‌های بین‌المللی متعددی، هر سال گزارش‌هایی از سناریوهای آینده انرژی منتشر می‌کنند. شورای جهانی انرژی در سال ۲۰۱۶، گزارشی از سناریوهای آینده انرژی در جهان در افق ۲۰۶۰ ارائه کرد. در این گزارش سه سناریو «جاز مدرن»^۲، «سمفونی ناتمام»^۳ و «هارد راک»^۴ به عنوان سناریوهای آینده انرژی در جهان معرفی شدند [۱۵]. روش تدوین این سناریوها بر مبنای برگزاری کارگاه‌های مختلف خبرگانی و نیز مصاحبه با نخبگان منتخب حوزه انرژی در جهان و مدل‌سازی کمی انرژی^۵ انجام شده است. عدم قطعیت‌های بحرانی آینده انرژی در جهان بر مبنای این گزارش شامل سرعت رشد نوآوری و بهره‌وری، حکمرانی بین‌المللی و تغییر جغرافیای سیاسی، اولویت‌ها در حوزه تغییرات اقلیمی و ابزارها برای اقدام و عمل است. همچنین ابعاد کلیدی این سه سناریو عبارت‌اند از:

- ◇ جاز مدرن: مکانیسم‌های بازار، نوآوری‌های فناورانه، دسترسی به انرژی برای همه، رشد اقتصادی بیشتر؛
- ◇ سمفونی ناتمام: سیاست‌های منسجم، برنامه‌ریزی بلندمدت، اقدام‌های آب‌وهوایی هماهنگ و متحد بین کشورها، رشد اقتصادی متوسط؛
- ◇ هارد راک: دنیای سیاسی و اقتصادی تکه‌تکه، رشد اقتصادی کندتر، تمرکز بر سیاست‌های داخلی و مسائل امنیت ملی، همکاری‌های جهانی کم.

مؤسسه شل در سال ۲۰۱۳ گزارشی با عنوان «سناریوها؛ نگاهی جدید»^۶ منتشر کرد، این گزارش نگاهی

تحلیل «ریخت‌شناختی» روشی برای صورت‌بندی و بررسی دقیق روابط درونی مسئله‌های پیچیده است که به طور اصولی قابلیت کمی‌سازی ندارند. این روش توسط مشخص کردن پارامترهای مطرح در مسئله مورد نظر و تعریف کردن روابط بین آنها بر اساس سازگاری درونی انجام می‌شود. مجموعه این متغیرها و روابط درونی آنها زمینه ریخت‌شناختی نامیده می‌شوند. تحلیل‌های ریخت‌شناختی می‌توانند برای ایجاد و توسعه سناریوها، توسعه راهبردهای بدیل، تحلیل خطر، مرتبط ساختن ابزار و اهداف در فضای سیاست‌گذاری‌ها، توسعه مدل برای تحلیل‌های موقعیتی یا مشروط و ارزیابی ساختارهای سازمانی برای وظایف متفاوت مورد استفاده قرار گیرند [۱۰]. همان‌طور که اشاره شد از تحلیل ریخت‌شناسی در ایجاد و توسعه سناریوها می‌توان استفاده کرد. به عنوان نمونه از این روش در موضوع‌های دفاعی [۱۱]، توسعه فناوری نانو [۱۲]، محیط زیست [۱۳] و کشاورزی [۱۴] استفاده شده است.

به طور کلی مراحل تحلیل ریخت‌شناسی به صورت زیر است [۱۲]:

۱. تعیین پارامترها و ابعاد مسئله (تعریف متغیرهای مربوط): این روش با شناسایی و تعریف پارامترهای مسئله شروع می‌شود؛
۲. تعریف حالت‌های مختلف و ممکن برای هر بعد یا پارامتر (تعریف محدوده مقدار متغیرها): در این مرحله به هر بعد یا پارامتر، بازه‌ای از مقادیر یا حالت‌های مختلف اختصاص داده می‌شود؛
۳. تشکیل پیکربندی زمینه ریخت‌شناسی: با قرار دادن پارامترها، روبه‌روی هم در جدول، زمینه ریخت‌شناسی N بعدی تشکیل می‌شود. تعداد ابعاد زمینه ریخت‌شناسی به تعداد پارامترهای حاصل از مسئله بستگی دارند. ترتیب، شامل مقدار و یا حالتی از هر پارامتر است و راه‌حلی را برای مشکلات پیچیده ارائه می‌کند. به هر یک از این ترتیب‌ها، پیکربندی زمینه گفته می‌شود؛

۴. ارزیابی سازگاری متقاطع: مرحله بعدی در ریخت‌شناسی کاهش ترتیبات ممکن پیکربندی‌ها

2. Modern Jazz

3. Unfinished Symphony

4. Hard Rock

5. Global Multi-Regional MARKAL Model (GMM MARKAL)

6. New Lens Scenarios

1. CROSS-CONSISTENCY ASSESSMENT (CCA)

آن داستان سناریوها توسعه داده شده است. سپس خطوط داستانی سناریوها با مدل‌سازی انرژی مورد آزمایش قرار گرفتند تا به طور کامل تأثیر روندهای هر سناریو را روی سیستم انرژی بررسی کنند [۱۶]. در جدول (۲) سوابق مطالعه‌های سناریوهای جهانی انرژی ارائه شده است.

بلندمدت به روندهای اقتصادی، سیاست و انرژی تا سال ۲۱۰۰ دارد و به نقشی اساسی تأکید می‌کند که دولت می‌تواند در شکل دادن به آینده انرژی ایفا کند. در این پژوهش، سه سناریو «کوهستان»، «اقیانوس» و «آسمان» از آینده انرژی جهان ارائه شده است. منطق اصلی این سناریوها از طریق مجموعه کارگاه‌هایی استخراج و پس از

جدول ۲. سناریوهای جهانی انرژی (پژوهشگر)

عنوان	مرجع	یافته‌ها	نوآوری	روش کلی
WORLD ENERGY SCENARIOS 2016 - THE GRAND TRANSITION	WEC, 2016 [15]	ارائه سه سناریو از آینده انرژی در جهان در افق ۲۰۶۰ شامل جاز مدرن، سمفونی ناتمام، هارد راک عدم قطعیت‌ها: سرعت رشد نوآوری و بهره‌وری، حکمرانی بین‌المللی و تغییرات ژئوپلیتیکی، اولویت‌ها در حوزه تغییرات اقلیمی، ابزارها برای اقدام و عمل	بهره‌گیری از نظرات رهبران انرژی و مدل‌های کمی	روش کمی (مدل‌سازی کمی انرژی) و روش کیفی
New Lens Scenarios: A shift in perspective for a world in transition	R. D. Shell, 2013 [16]	ارائه ۲ سناریو کوهستان و اقیانوس طی گزارش و ارائه سناریو آسمان طی گزارش دیگری عدم قطعیت‌ها: امنیت جهانی، تمرکز و گستردگی منابع انرژی، حکمرانی دولت بر بازار یا غلبه بازار، منبع اصلی انرژی نفت یا گاز	بررسی عمیق‌تر چالش‌ها و پرداختن به پاسخ پرسش‌های کمتر محتمل	شناسایی روندهای اصلی اجتماعی از طریق مجموعه کارگاه‌ها و استفاده از مدل جهانی انرژی شل (WEM)
Oil security, 2025	SAFE, 2014 [17]	ارائه چهار سناریو از آینده نفت در افق ۲۰۲۵ عدم قطعیت‌ها: عرضه و تقاضای نفت	بررسی پیامدهای و تحلیل آثار منطقه‌ای سناریوها بر نقاط مختلف جهان از منظر امنیتی	توسعه سناریوها بر اساس عدم قطعیت‌های بحرانی
Statoil, Energy perspectives to 2050	Statoil, 2017 [18]	ارائه سه سناریو، اصلاحات، تجدید و رقابت/ پیش‌بینی چشم‌انداز عرضه و تقاضای انرژی تا سال ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ عدم قطعیت‌ها: رشد اقتصادی، شدت انرژی، توسعه فناوری‌های بخش عرضه و تقاضا، سیاست‌های آب‌وهوایی و درگیری‌های منطقه‌ای و ژئوپلیتیکی	ندارد	توسعه سناریوها بر اساس عدم قطعیت‌های بحرانی و استفاده از روش پس‌نگری در سناریو اصلاحات
Shell energy scenarios to 2050, signals & signpost	shell, 2011 [19]	بازبینی و ویرایش دو سناریوی قبلی با نام‌های بلوپرینت و اسکرامبل عدم قطعیت‌ها: رشد جمعیت و مصرف انرژی ناشی از توسعه اقتصادی کشورهای در حال توسعه	ندارد	مرور آماری و تحلیل شهودی پایش روندها و اطلاعات (رصد و دیده‌بانی)

انرژی ایران انجام شده است. حافظی و همکاران [۲۰] در پژوهشی مدل ترکیبی لایه‌ای برای پرداختن به عدم قطعیت‌های ذاتی آینده انرژی توسعه داده‌اند. پیشران‌های به کار گرفته شده در این مطالعه شامل این موارد است «تأمین مالی طرح‌های توسعه‌ای»، «کاهش سطح شدت انرژی»، «تأثیر بهره‌وری داخلی بر حجم صادرات» و «احتمال افزایش تولید گاز ایران». مدل به کار گرفته شده در این پژوهش نشان می‌دهد که در صورت عدم تحریم ایران، افزایش صادرات گاز طبیعی امکان‌پذیر خواهد بود. عباس‌زاده و همکاران [۲۱] در تحقیقی به بررسی سناریوهای آینده نفت ایران در افق ۲۰۲۵ پرداخته‌اند. در

مؤسسه‌های بین‌المللی انرژی با توجه به بودجه تحقیقاتی بالای خود امکان بهره‌گیری از نظرات طیف گسترده‌ای از خبرگان انرژی در سطح جهانی و نیز مدل‌سازی‌های کمی انرژی را دارند، همچنین این مؤسسه‌ها در دوره‌های زمانی متوالی به روزآمدسازی گزارش‌های سناریویی خود می‌پردازند، البته در این گزارش‌ها به متغیرهای خاص سیاسی تأثیرگذار بر آینده انرژی کشورها (مانند تحریم) توجهی نشده است.

د. سناریونگاری آینده انرژی در ایران

مطالعات مختلفی برای بررسی سناریوهای آینده

این چهار سناریو، وضعیت‌های متفاوت از آینده تولید و مصرف نفت در ایران تشریح شده است. این سناریوها بر مبنای فروض متفاوت با استفاده از روش دلفی بر اساس ترکیب پیش‌بینی تولید و مصرف نفت صنعت نفت ایران تا افق ۲۰۲۵، به دست آمده است. این سناریوها به ترتیب عبارت‌اند از:

۳. سناریو آدم‌برفی^۳: مصرف افزایش، تولید ثابت؛
 ۴. سناریو معتاد فقیر^۴: مصرف افزایش، تولید کاهش است.
- در نهایت در این مقاله راهبردهایی ژئوپلیتیکی، ژئواکونومیکی و ژئوکالچرال برای دستیابی ایران به توسعه پایدار و امن در حوزه انرژی ارائه شده است. در جدول (۳) جمع‌بندی از مطالعات انجام شده در زمینه سناریوهای آینده انرژی ایران، ارائه شده است.

۱. سناریو تند^۱: مصرف ثابت، تولید افزایش؛
۲. سناریو اسب آبی^۲: مصرف افزایش، تولید افزایش؛

جدول ۳. سوابق سناریونگاری انرژی ایران (پژوهشگر)

عنوان	مرجع	یافته‌ها	نوآوری	روش
A Layered Uncertainties Scenario Synthesizing (LUSS) Model Applied to Evaluate Multiple Potential Long-run Outcomes for Iran's Natural Gas Exports	Hafezi et al., 2019 [20]	مدل چندلایه‌ای عدم قطعیت با شبیه‌سازی مونت کارلو در تعیین سناریو محتمل وضعیت گاز ایران در بازار جهانی پیشران‌ها: تأمین مالی طرح‌های توسعه‌ای، کاهش سطح شدت انرژی، تأثیر بهره‌وری داخلی بر حجم صادرات، احتمال افزایش تولید گاز ایران	تحلیل لایه‌ای مسئله	رویکرد ترکیبی، عدم قطعیت کلیدی
A new hybrid fuzzy cognitive map-based scenario planning approach for Iran's oil production pathways in the post-sanction period.	Alipour, Hafezi, Amer, & Akhavan, 2017 [22]	شناسایی آینده‌های باورپذیر تولید نفت ایران در عصر پسایرجام پیشران‌های سناریوها: ثبات در منطقه، حذف تحریم‌ها، ثبات سیاسی کشور، نوسانات قیمت نفت و مصالحه با اتحادیه اروپا	استفاده از نقشه شناختی فازی در سناریونگاری	رویکرد ترکیبی تحلیل تأثیر متقاطع، تحلیل مورفولوژیک، مدل نقشه شناختی فازی
Projecting plausible futures for Iranian oil and gas industries: Analyzing of historical strategies	Hafezi, Akhavan, & Pakseresht, 2017 [23]	بررسی سه سناریو کیفی با مدل مفهومی از راهبردهای موجود با فاکتورهای سرمایه‌گذاری و پیشرفت دانش و فناوری پیشران‌ها: بر مبنای ۲ هدف ناسازگار «بیشینه‌سازی تولید» و «کنترل قیمت‌ها»	کاربست رویکرد تعدیل یافته مشابه مورفولوژیک	تحلیل مورفولوژیک تعدیل یافته با عنوان رویکرد D4
Development a scenario-based model for Iran's energy future	Bahrami & Abbaszadeh, 2016 [24]	ارائه ۴ سناریو و ارزیابی احتمال تحقق آنها در آینده بلندمدت این پژوهش بدون پیشران و بر مبنای خوشه‌بندی توصیفی نتایج نظرسنجی خبرگان و کارشناسان درباره وضعیت عوامل مختلف در روندها تدوین شده‌اند	سنجش اثرات در غالب محاسبات ماتریسی	سنجش اثر عوامل بر روندها مبتنی بر پنل‌های خبرگی
An integrated scenario-based robust planning approach for foresight and strategic management	Alizadeh, Lund, Beynaghi, Abolghasemi, & Maknoon, 2016 [25]	ترسیم سه سناریو آینده صنعت انرژی ایران در افق ۲۰۲۵ عدم قطعیت‌ها: سرمایه‌گذاری‌های خارجی، تحریم‌های اقتصادی و مصرف انرژی داخلی	تدوین راهبرد پابرجا در تمامی سناریوها با استفاده از نظر خبرگان	رویکرد ترکیبی عدم قطعیت‌های کلیدی و تحلیل تأثیر متقاطع
Iran's oil development scenarios by 2025	Abbaszadeh et al., 2013 [21]	ترسیم چهار سناریو آینده نفت ایران تا افق ۲۰۲۵ عدم قطعیت‌ها: میزان مصرف داخلی، میزان صادرات	سناریونگاری بر پایه فرض‌های متفاوت	رویکرد ترکیبی تصویرسازی خبره محور و تحلیل تأثیر متقاطع
سناریوهای آینده مدیریت انرژی برق در ایران	مرزبان و محمدی، ۱۳۹۵ [۵]	ترسیم چهار سناریوی آینده انرژی ایران عدم قطعیت‌ها: تمرکزگرایی، مشارکت‌گرایی	توجه به پیشران‌های درونی به جای پیشران‌های بیرونی	رویکرد عدم قطعیت‌های کلیدی

عنوان	مرجع	یافته‌ها	نوآوری	روش
سناریونگاری صنعت نفت و گاز ایران در شرایط تحریم، مبتنی بر رویکرد عدم قطعیت‌های کلیدی و تحلیل اثرات متقابل	امینی و همکاران، ۱۳۹۴ [۲]	ترسیم چهار سناریو آینده صنعت نفت و گاز ایران <u>عدم قطعیت‌ها</u> : اهمیت سوخت‌های فسیلی در تولید جهانی، نیاز بازار جهانی نفت و گاز به ایران	اعتبارسنجی سناریوها با تناظر به وضع موجود و راهبردهای کنونی صنعت نفت و گاز کشور	رویکرد ترکیبی عدم قطعیت‌های کلیدی و تحلیل تأثیر متقاطع
آینده‌پژوهی در حوزه انرژی و «ارزیابی راهبردهای مدیریت انرژی کشور» با استفاده از برنامه‌ریزی سناریو	چهارسوقی و همکاران، ۱۳۹۱ [۳]	ارائه سه سناریو آینده صنعت انرژی ایران در افق ۲۰ ساله <u>عدم قطعیت‌ها</u> : روابط خارجی ایران با سایر کشورها، سرمایه‌گذاری خارجی، قوانین و مقررات در مقابل مخاطرات زیست‌محیطی مصرف انرژی	ارزیابی راهبردهای انرژی کشور در سناریوها	رویکرد عدم قطعیت‌های کلیدی

جدول ۴. چارچوب گام به گام تحقیق

ردیف	گام‌ها	روش	ابزار گردآوری داده	خروجی
۱	شناسایی سناریوهای جهانی	گروه کانونی	اسناد (گزارش‌های جهانی)	سناریوهای برگزیده جهانی
۲	شناسایی عدم قطعیت‌های مکمل مرتبط با شرایط ایران	تحلیل تأثیر متقابل	پرسشنامه	عدم قطعیت‌های کلیدی داخلی
۳	تقاطع سناریوهای جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی و حذف موارد ناهمگون	تحلیل مورفولوژیک	پرسشنامه	سناریوهای منتخب ایران
۴	توسعه سناریوها	رویکرد درون‌قالبی	پنل خبرگان	سناریوهای منتخب غنی شده ایران

همچنین مراحل بخش تحلیل ریخت‌شناسی به صورت زیر است [۱۲]:

- تعیین پارامترها و ابعاد مسئله (تعریف متغیرهای مربوط): این روش با شناسایی و تعریف پارامترهای مسئله شروع می‌شود؛
- تعریف حالات مختلف ممکن برای هر بعد یا پارامتر (تعریف محدوده مقدار متغیرها): در این مرحله به هر بعد یا پارامتر، بازه‌ای از مقادیر یا حالت‌های مختلف اختصاص داده می‌شود؛
- تشکیل پیکربندی زمینه ریخت‌شناسی: با استفاده از قرار دادن پارامترها در روبه روی هم یک جدول، زمینه ریخت‌شناسی N بعدی تشکیل می‌شود. تعداد ابعاد

با بررسی نتایج تحقیقات انجام گرفته می‌توان گفت پژوهشگران داخلی به متغیرهای خاص ایران، کمتر به سناریوهای انرژی جهانی توجه کرده‌اند، در این راستا هدف این پژوهش، توسعه سناریوهای آینده انرژی ایران بر اساس تقاطع سناریوهای جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی آینده انرژی ایران است.

روش پژوهش

این پژوهش براساس هدف کاربردی و بر اساس روش گردآوری از نوع پیمایشی و بر مبنای ماهیت داده از نوع کیفی و به صورت توصیفی-تحلیلی است. برای توسعه سناریوهای انرژی ایران در این پژوهش از ترکیب رویکرد سناریونگاری درون‌قالبی و تحلیل ریخت‌شناسی بهره گرفته شده است. بر این اساس، پس از مطالعه سناریوهای جهانی در حوزه انرژی، سناریوی برگزیده جهانی از بین سناریوهای مختلف انتخاب خواهد شد. در ادامه مسیر، عدم قطعیت‌های کلیدی مرتبط با شرایط ایران، از طریق نظرات خبرگان به کمک پرسشنامه استخراج خواهد شد. در گام سوم بر مبنای روش تحلیل مورفولوژیک، با تقاطع سناریو برگزیده جهانی و عدم قطعیت‌های کلیدی داخلی و حذف موارد ناهمگون، سناریوهای برگزیده انرژی ایران انتخاب می‌شود و پس از آن بر اساس رویکرد درون‌قالبی در پنل خبرگان، سناریوهای انرژی ایران غنی و پربار خواهد شد و ابعاد آن در قالب داستان سناریو توسعه داده می‌شود. در جدول (۳) چارچوب گام به گام تحقیق اشاره شده است.^۱

۱. برای اعتبارسنجی مدل به کارگرفته شده در این پژوهش به [۲۶] رجوع شود.

نمونه‌گیری هدفمند است. یکی از اقسام نمونه‌گیری هدفمند، نمونه‌گیری خبرگانی است. نمونه‌گیری از خبرگان شامل انتخاب از بین افرادی که تجربه یا خیره بودن آنها در حوزه مطالعاتی محرز شده است [۲۸]. معیارهای انتخاب خبرگان عبارت است از تسلط نظری، تجربه عملی و تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش. مهم‌ترین نکته در تعیین تعداد خبرگان کسب اطمینان از جامعیت دیدگاه‌های مختلف در این طرح است [۲۹]. دسترسی به معیار پیش‌گفته از طریق شاخص‌های زیر در این پژوهش سنجیده شد.

- ◇ داشتن تحصیلات تکمیلی؛
- ◇ سوابق پژوهشی در حوزه آینده‌پژوهی انرژی؛
- ◇ وجود دست‌کم یک خیره با سوابق سیاست‌گذاری در حوزه انرژی؛
- ◇ وجود دست‌کم یک خیره با سوابق مدیریتی اجرایی در حوزه انرژی؛
- ◇ حداقل ۵ سال سابقه کار؛
- ◇ تمایل به مشارکت در پژوهش.

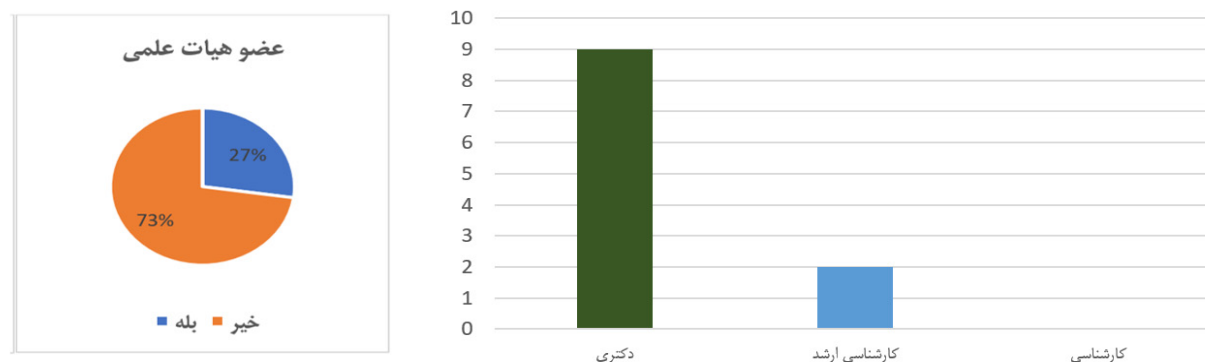
بر این اساس در این سه پرسشنامه، جامعه آماری شامل خبرگان و متخصصان حوزه انرژی‌اند که شامل استادان دانشگاهی، مدیران، سیاست‌گذاران و پژوهشگران حوزه انرژی‌اند. به این ترتیب در شکل (۲) و (۳) پراکنش تحصیلات دانشگاهی خبرگان مشارکت‌کننده (جامعه نمونه) در پرسشنامه تحلیل تأثیر متقاطع و پرسشنامه ارزیابی سازگاری ارائه شده است.

زمینه‌ی ریخت‌شناسی به تعداد پارامترهای حاصل از مسئله بستگی دارد. یک ترتیب شامل یک مقدار و یا حالت از هر یک پارامترها است و یک راه‌حل را برای مشکلات پیچیده ارائه می‌کند. به هر یک از این ترتیب‌ها، یک پیکربندی زمینه گفته می‌شود؛

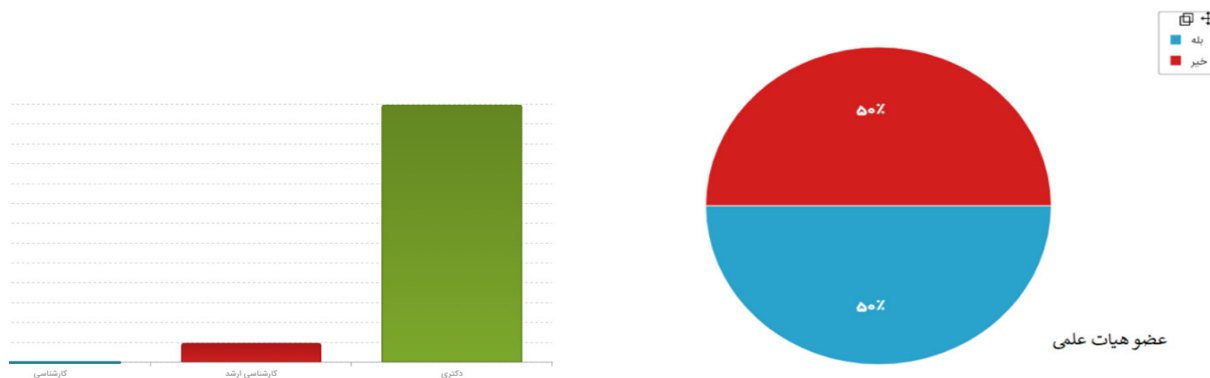
۴. ارزیابی سازگاری متقاطع: مرحله‌ی بعدی در ریخت‌شناسی کاهش ترتیبات ممکن پیکربندی‌ها در فضای مسئله به تعداد کمتر است که دارای سازگاری درونی با یکدیگر هستند. به این مجموعه ترتیبات با سازگاری درونی، اصطلاحاً فضای جواب گفته می‌شود؛

۵. ترکیب یا تحلیل ساختارهای سازگاری: در اینجا ساختار شامل یک یا چند حالت در هر متغیر می‌باشد. برآیند ساختارهای سازگار ترکیبی، فضای حل مسئله در مدل مورفولوژیک تشکیل می‌دهد. تحلیل ارزیابی سازگاری متقابل روشی برای فهم شبکه اثرات است و سناریو ویزارد ابزاری است که قضاوت‌های کمی شده را دریافت و سناریوهای مناسب‌تر را ارائه می‌دهد [۲۷، ۴].

این تحقیق شامل سه پرسشنامه است. پرسشنامه دلفی برای انتخاب عوامل کلیدی مؤثر بر آینده انرژی، پرسشنامه دوم در راستای تحلیل اثرات متقابل برای شناسایی عدم قطعیت‌های کلیدی آینده انرژی کشور، پرسشنامه سوم به منظور تحلیل ریخت‌شناسی و تقاطع سناریوهای انرژی جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی است. روش نمونه‌گیری در این پژوهش در سه پرسشنامه فوق،



شکل ۲. پراکنش تحصیلات دانشگاهی خبرگان مشارکت‌کننده در پرسشنامه تحلیل تأثیر متقاطع ۱



شکل ۲. پراکنش تحصیلات دانشگاهی خبرگان مشارکت‌کننده در پرسشنامه ارزیابی سازگاری متقابل

جدول ۵. ارزیابی سناریوهای بین‌المللی انرژی

افق زمانی سناریو	گسترده‌گی سناریو	میزان استفاده از آن در سطح جهانی	میزان استفاده توسط سایر ذی‌نفعان در ایران	معیارها
*	*	*		سناریوهای شل ۲۱۰۰
*	*	*	*	شورای جهانی انرژی ۲۰۶۰
	*	*		استات اوپل ۲۰۵۰
		*		سیف ۲۰۲۵

گام دوم: شناسایی عدم قطعیت‌های کلیدی انرژی ایران

۱. شناسایی عوامل مؤثر بر آینده انرژی

در این مرحله عوامل تأثیرگذار بر آینده انرژی در جهان و ایران شناسایی شدند. روش جمع‌آوری این عوامل بر مبنای مطالعات مقاله‌ها، گزارش‌ها و نیز مصاحبه‌های اکتشافی با خبرگان حوزه انرژی انجام است. در جدول (۶) عوامل مؤثر بر آینده انرژی در جهان و ایران ارائه شده است.

جدول ۶. عوامل مؤثر بر آینده انرژی

ردیف	عوامل کلیدی مؤثر بر آینده انرژی	مرجع
۱	جمعیت	[۱۶]
۲	رشد اقتصادی	[۱۸]، خبرگان
۳	قیمت انرژی	[۳۱-۳۲]
۴	میزان مصرف داخلی/ واردات	[۲۱]، خبرگان
۵	میزان صادرات	[۲۱]، خبرگان
۶	سرمایه‌گذاری‌های خارجی	[۳]، خبرگان

یافته‌ها

گام اول: شناسایی سناریوی برگزیده جهانی

در این گام پس از انتخاب سناریوهای انرژی مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی، معیارهایی برای انتخاب سناریوی برگزیده جهانی به دست آمد. این معیارها شامل موارد زیر بود:

- ◇ سازگاری افق زمانی سناریوهای مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی با افق زمانی این پژوهش (۲۰۴۰ و بالاتر)؛
- ◇ محدود نبودن قلمرو موضوعی سناریوهای بین‌المللی به حوزه خاصی مثلاً نفت، گاز یا انرژی‌های تجدیدپذیر (گسترده‌گی سناریو)؛
- ◇ میزان استفاده پژوهشگران بین‌المللی از سناریوهای بین‌المللی؛
- ◇ میزان به‌کارگیری پژوهشگران داخلی از سناریوهای بین‌المللی.

بر این اساس چهار نفر عضو گروه پژوهش (به علاوه یک فرد میانجی) بر مبنای منطق روش گروه کانونی به بحث گروهی غیررسمی درباره انتخاب شناسایی جهانی پرداختند [۳۰] و در نهایت سناریوی شورای جهانی انرژی به عنوان سناریوی منتخب نهایی شد.^۱ در جدول (۵)، وضعیت سناریوهای بین‌المللی انرژی را با توجه به معیارهای مذکور می‌توان مشاهده کرد.

۱. در بخش ۳-۲ مختصات سناریوهای شورای جهانی انرژی ۲۰۶۰ اشاره شده است.

۲. سرشماری عوامل کلیدی تأثیرگذار بر آینده انرژی در ایران

در این مرحله بر مبنای روش دلفی، عوامل کلیدی تأثیرگذار بر آینده انرژی ایران برشمرده شدند. عوامل به دست آمده در قالب الگوی STEEP در جدول (۷) دسته‌بندی شده است. این عوامل در قالب پرسشنامه اثرات متقابل به خبرگان ارائه خواهد شد تا میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری این عوامل از یکدیگر مشخص شود.

جدول ۷. عوامل کلیدی مؤثر بر آینده انرژی ایران

ردیف	عامل	نوع
۱	تحریم	سیاسی
۲	تولید ناخالص داخلی	اقتصادی
۳	تأمین مالی طرح‌های توسعه انرژی	اقتصادی
۴	بهره‌وری انرژی	فناورانه
۵	ملاحظه‌های زیست‌محیطی	زیست‌محیطی
۶	میزان مصرف داخلی انرژی	اجتماعی
۷	میزان صادرات انرژی	سیاسی
۸	قیمت انرژی	اقتصادی
۹	نوع و ماهیت بازار انرژی (آزاد/ دولتی)	سیاسی

۳. تحلیل اثرگذاری/ اثرپذیری عوامل کلیدی با میک مک

در این گام نظرات هر یک از خبرگان در ماتریس تأثیرگذاری/ تأثیرپذیری وارد شد و با استفاده میانگین داده‌ها ماتریسی تهیه شد که براینده نظرات خبرگان پاسخ‌دهندگان به پرسشنامه را نشان می‌دهد. این براینده که در جدول (۸) نمایش داده شده است، به صورت ماتریسی ۹*۹ است که به عنوان ورودی نرم‌افزار میک مک استفاده شده است. عدد ۳ بیشترین تأثیر، عدد ۲ تأثیر متوسط، عدد ۱ تأثیر کم و عدد صفر بی‌اثر بودن پارامتر واقع در سطر مربوط بر پارامتر واقع در ستون مورد نظر را نشان می‌دهد.

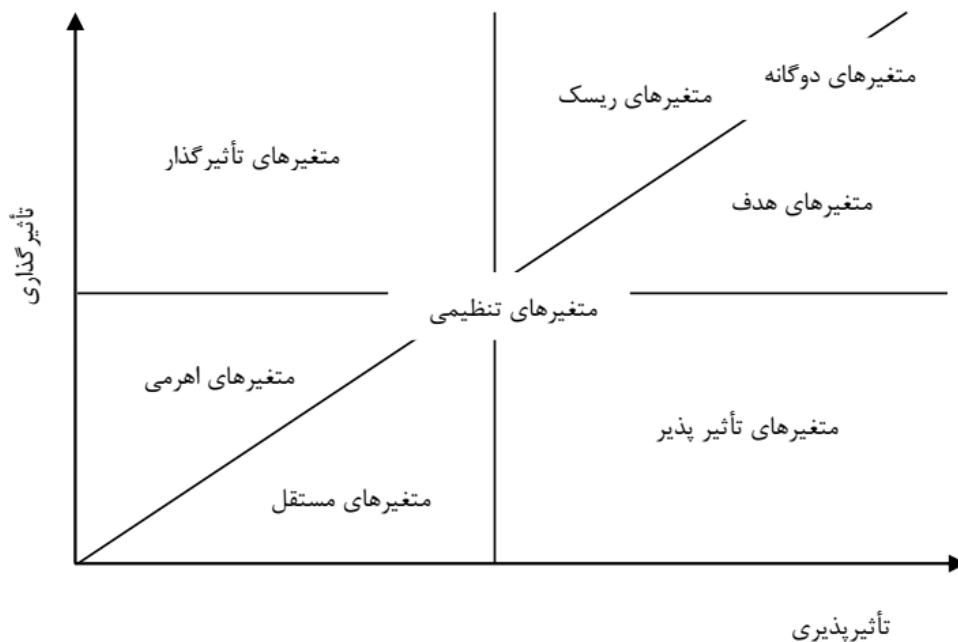
ردیف	عوامل کلیدی مؤثر بر آینده انرژی	مرجع
۷	تحریم‌ها	[۲۲، ۲۵]. خبرگان
۸	ثبات در منطقه	[۲۲]
۹	ثبات سیاسی کشور	[۲۲]
۱۰	تغییرات ژئوپلیتیکی	[۱۵]
۱۱	روابط سیاسی ایران به خصوص با آمریکا	خبرگان
۱۲	شدت انرژی	[۱۸]
۱۳	امنیت جهانی	[۱۶]
۱۴	اهمیت سوخت‌های فسیلی در تولید جهانی	[۲]
۱۵	تمرکززدایی اقتصادی در برابر تمرکزگرایی اقتصادی	[۵]
۱۶	مشارکت‌گرایی اجتماعی در برابر انحصارگرایی اجتماعی	[۵]
۱۷	بیشینه‌سازی تولید	[۲۳]
۱۸	تأمین مالی طرح‌های توسعه‌ای	[۲۰]. خبرگان
۱۹	بهره‌وری	[۲۰]
۲۰	کارایی انرژی	خبرگان
۲۱	بهینه‌سازی سیستم‌های انرژی	خبرگان
۲۲	تمرکز و گستردگی منابع انرژی	[۱۶]
۲۳	ملاحظه‌های زیست‌محیطی	[۳]
۲۴	گرم شدن جهانی	خبرگان
۲۵	مصرف انرژی ناشی از توسعه اقتصادی کشورهای در حال توسعه	[۱۹]
۲۶	درجه خودکفایی	خبرگان
۲۷	رشد بازار (تجارت)	خبرگان
۲۸	نیاز بازار جهانی نفت و گاز به ایران	[۲]
۲۹	تولید ناخالص داخلی	[۳۳]. خبرگان
۳۰	سرعت رشد نوآوری و بهره‌وری	[۱۵]
۳۱	پیشرفت فناوری	خبرگان
۳۲	نوع و ماهیت بازار انرژی	[۱۶]
۳۳	گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر	خبرگان
۳۳	گاز به عنوان منبع اصلی	[۱۶]

جدول ۸. ماتریس تأثیرگذاری / تأثیرپذیری عوامل کلیدی آینده انرژی ایران

بازار	قیمت	صادرات	مصرف	زیست‌محیطی	بهره‌وری	تأمین مالی	جی‌دی‌پی	تحریم	
۱	۲	۳	۲	۱	۲	۳	۳	۰	تحریم
۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۰	۱	جی‌دی‌پی
۱	۱	۲	۲	۲	۲	۰	۲	۱	تأمین مالی
۱	۲	۲	۳	۲	۰	۱	۲	۱	بهره‌وری
۱	۲	۱	۱	۰	۲	۱	۱	۱	زیست‌محیطی
۱	۲	۲	۰	۲	۲	۲	۲	۱	مصرف
۱	۱	۰	۱	۱	۱	۲	۲	۲	صادرات
۲	۰	۲	۳	۱	۳	۲	۲	۱	قیمت
۰	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۱	بازار

می‌دهد (شکل ۴). همچنین خروجی نرم‌افزار میک مک به صورت نمودار شکل (۵) است.

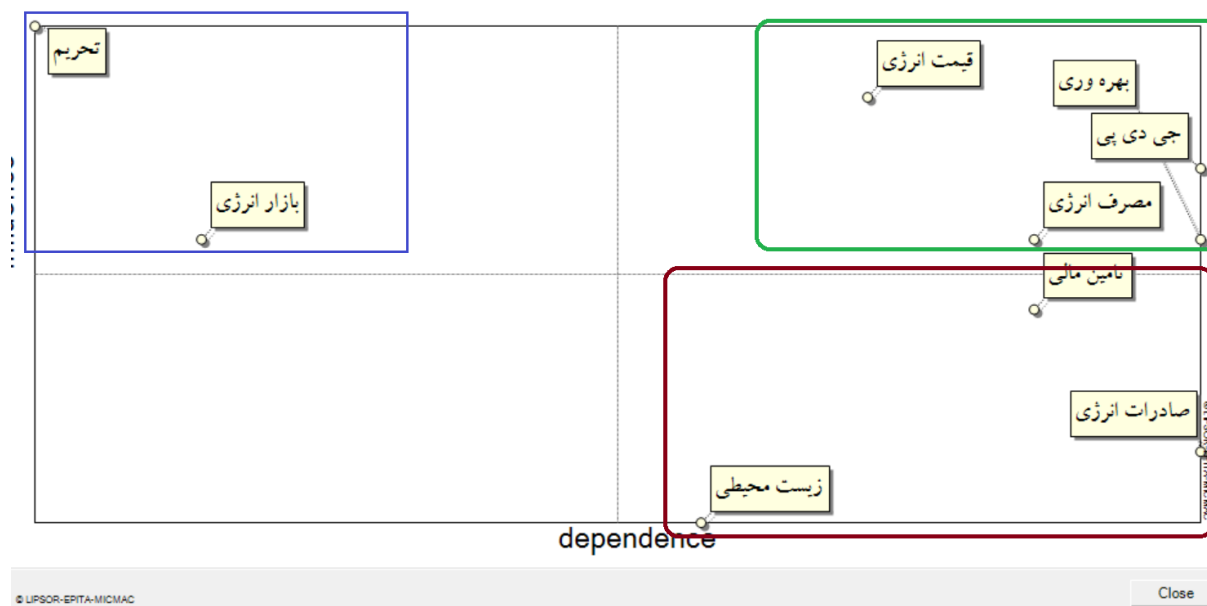
در ماتریس متقاطع، جمع اعداد سطرهای هر متغیر به عنوان میزان تأثیرگذاری و جمع اعداد ستونی از متغیرها، نیز میزان تأثیرپذیری آن متغیر را از سایر متغیرها نشان



شکل ۴. ماتریس اثرگذاری / اثرپذیری

بر اساس نتایج تحلیلی این ماتریس، تحریم‌ها و نوع بازار انرژی از تأثیرگذارترین عوامل در آینده انرژی ایران‌اند. تأمین مالی طرح‌های توسعه انرژی و میزان صادرات انرژی و ملاحظه‌های زیست‌محیطی متغیرهای تأثیرپذیر در آینده انرژی کشورند. میزان مصرف داخلی انرژی، تولید ناخالص داخلی و بهره‌وری انرژی متغیرهای هدف در آینده انرژی ایران‌اند.

Direct influence/dependence map



شکل ۵. نقشه پراکندگی عوامل و جایگاه آنها در محور تأثیرپذیری و تأثیرگذاری بر اساس دسته‌بندی گروهی

تعریف حالت‌های مختلف ممکن برای هر بعد: سناریوی شورای جهانی انرژی شامل سه سناریوی «جاز مدرن»، «سمفونی ناتمام» و «هارد راک» است. عدم قطعیت تحریم شامل افزایش تحریم‌ها و قطع تحریم‌ها است. عدم قطعیت بازار انرژی ایران شامل بازار دولتی انرژی (حکمرانی دولتی بر بازار انرژی) و بازار خصوصی انرژی (آزاد شدن بازار انرژی و غلبه مکانیزم بازار) است؛

تشکیل پیکربندی زمینه ریخت‌شناسی: بر مبنای حالت‌های مختلف که برای سه بعد سناریوهای انرژی جهانی، عدم قطعیت تحریم و عدم قطعیت بازار انرژی ایران تعریف شد، ریخت‌شناسی سناریوهای آینده انرژی ایران در جدول (۹) آمده است.

جدول ۸. جدول ریخت‌شناسی سناریوهای آینده انرژی ایران

عدم قطعیت بازار انرژی ایران	عدم قطعیت تحریم	سناریوهای انرژی جهانی
بازار دولتی انرژی	افزایش تحریم‌ها	جاز مدرن
بازار آزاد انرژی	قطع تحریم‌ها	سمفونی ناتمام هارد راک

ارزیابی سازگاری: در این مرحله ترتیب‌های ممکن پیکربندی‌ها در فضای مسئله که سازگاری درونی با یکدیگر دارند، شناسایی

با توجه به نتایج به دست آمده و نقشه پراکندگی عوامل در محور تأثیرپذیری و تأثیرگذاری، عدم قطعیت‌های کلیدی آینده انرژی ایران به ترتیب شامل: ۱. تحریم (افزایش تحریم‌ها/ کاهش و قطع تحریم‌ها)؛ ۲. نوع بازار انرژی ایران (بازار دولتی انرژی/ بازار خصوصی و آزاد انرژی).

گام سوم: تقاطع سناریوهای جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی و حذف موارد ناهمگون به کمک تحلیل ریخت‌شناسی

در این گام با تقاطع سناریوی برگزیده جهانی انرژی (که در گام اول پژوهش تعیین شد) و عدم قطعیت‌های داخلی آینده انرژی ایران (که در گام دوم پژوهش مشخص شد) به کمک روش تحلیل ریخت‌شناسی، سناریوهای ناهمگون حذف خواهد شد. این مراحل در ادامه تشریح خواهد شد.

تعیین پارامترها و ابعاد مسئله: با توجه به هدف پژوهش که تدوین سناریوهای آینده انرژی ایران از طریق تقاطع سناریوهای جهانی و عدم قطعیت‌های داخلی است، ابعاد مسئله شامل سناریوی شورای جهانی انرژی و عدم قطعیت تحریم و بازار انرژی ایران است؛

شدن بازار انرژی چگونه خواهد بود؟» اگر این تأثیر محدودکننده (تضعیف‌کننده) شدید باشد، عدد «۳-»، اگر تأثیر نسبتاً محدودکننده متوسط باشد عدد «۲-»، اگر اثر آن محدودکننده ضعیف باشد عدد «۱-» خواهد بود، چنانچه بدون تأثیر باشد عدد «۰» (صفر)، همچنین اگر تأثیر تقویت‌کننده اندکی داشته باشد عدد «۱+»، تأثیر به نسبت تقویت‌کننده داشته باشد عدد «۲+»، چنانچه تأثیر به شدت تقویت‌کننده داشته باشد عدد «۳+» را به خود اختصاص خواهد داد. در جدول (۱۰) میانگین گرد شده نتایج نظرات خبرگان ارائه شده است.^۱

می‌شوند. به صورت کلی ماتریس فوق (جدول ۹) نشان‌دهنده کل زمینه ریخت‌شناسی مسئله است که $2 \times 2 \times 3 = 12$ حالت منحصر به فرد است. ارزیابی سازگاری متقابل شامل بررسی دقیق هر حالت است؛

تحلیل ساختارهای سازگاری: مبنای ارزیابی سازگاری، پرسشنامه‌ای است که تأثیر پارامترهای جدول ریخت‌شناسی بر همدیگر سنجیده می‌شود. نحوه تکمیل به این ترتیب است که تأثیر وضعیت «A1» متغیر «X» بر وضعیت «B1» متغیر «Y» با اختصاص نمره‌ای بین «۳-» تا «۳+» مشخص خواهد شد. به عنوان مثال «تأثیر افزایش تحریم ایران بر دولتی

جدول ۹. ماتریس اثرات متقابل متغیرهای کلیدی جدول ریخت‌شناسی

عدم قطعیت بازار انرژی		عدم قطعیت تحریم		سناریوهای انرژی جهانی			سازگاری	تأثیر
				بازار دولتی	بازار خصوصی	بازار دولتی		
۲	۱-	۱	۱-	۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
۱-	۱	۱	۱-	۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
۱-	۱	۲-	۲	۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
۲-	۱			۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
۱	۱-			۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
		۰	۱	۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی
		۱	۱-	۰	۰	۰	بازار دولتی	بازار خصوصی

توضیح داده می‌شوند:^۲

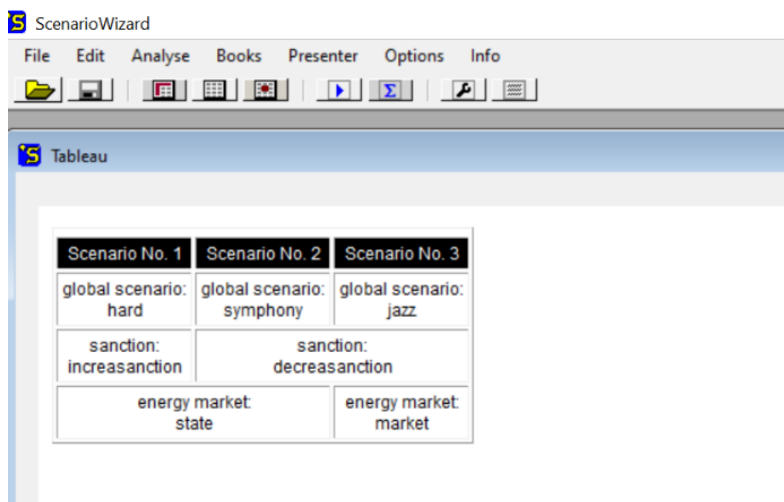
- ◇ سناریو ۱: «اینک آخرالزمان» که در این سناریو تحریم‌ها افزایش، بازار انرژی ایران دولتی و جهان سناریوی انرژی هارد راک را تجربه می‌کند؛
- ◇ سناریو ۲: «بین ستاره‌ای» که در این سناریو تحریم‌ها کاهش پیدا می‌کند، بازار انرژی ایران دولتی و جهان سناریوی انرژی سمفونی ناتمام تجربه خواهد کرد؛
- ◇ سناریو ۳: «عصر جدید» که در این سناریو تحریم‌ها از بین می‌رود، بازار انرژی ایران خصوصی و جهان سناریوی انرژی جاز مدرن را تجربه می‌کند.

با مشخص شدن قضاوت کمی شده خبرگان درباره رابطه حالت‌های مختلف با یکدیگر، ماتریس اثرات متقابل آنها شکل می‌گیرد که مبنای ورود به نرم‌افزار سناریو ویزارد برای ساخت سناریوها و اولویت‌بندی آنهاست. پس از تکمیل ماتریس بر مبنای نظرات خبرگان انرژی کشور، این ماتریس در نرم‌افزار سناریو ویزارد وارد شد.

بر اساس داده‌های واردشده در نرم‌افزار سناریو ویزارد، پرسشنامه تحلیل شد و نتایج حاکی از آن است که بر اساس نظر خبرگان سه سناریو با درجه سازگاری قابل قبول شناسایی شد که در شکل ۶ بدان اشاره شده است. بر این اساس سه سناریو قابل بیان است که در ادامه

۱. با توجه به آنکه، ماتریس جدول (۱۰)، ورودی نرم‌افزار سناریو ویزارد است و در این نرم‌افزار اعداد اعشاری را نمی‌توان وارد کرد، میانگین گرد شده نظرات خبرگان در جدول (۱۰) آورده شده است.

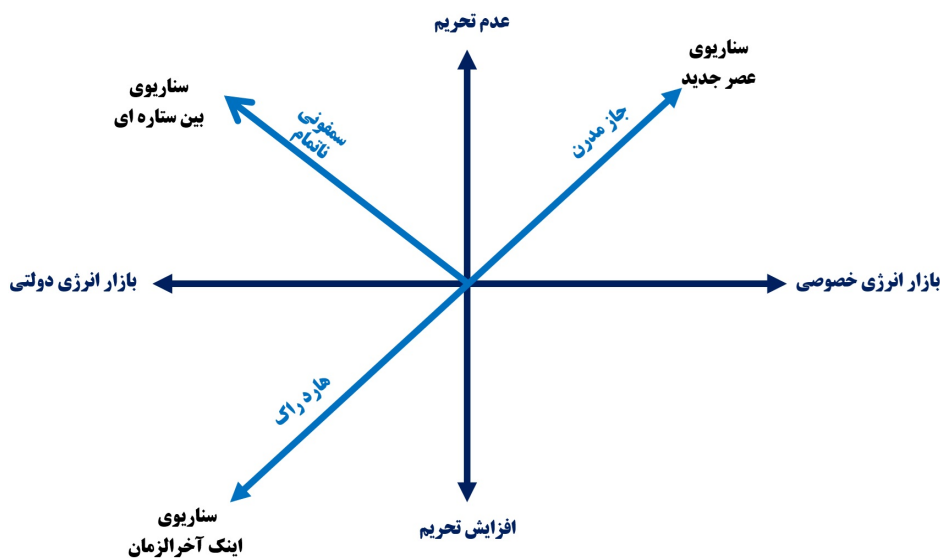
۲. عناوین سناریوها بر اساس نام فیلم‌های سینمایی الهام‌بخش در حوزه خود انتخاب شده است.



شکل ۶. سناریوهای محتمل (خروجی سناریو ویزارد)

تمایزات آن با یکدیگر در گام قبلی به دست آمدند و در شکل (۷) اشاره شده است. در این گام، بر مبنای رویکرد درون قالبی، سناریوهای انرژی ایران توسعه داده شد که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

گام چهارم: توسعه سناریوهای انرژی ایران بر مبنای رویکرد درون قالبی پس از مشخص شدن منطق تفکیک سناریوها، نوبت به توسعه سناریوها می‌رسد. ساختار اصلی سناریوها و



شکل ۷. سناریوهای آینده انرژی ایران

انرژی ایران بپردازند. به طور مثال در سناریوی اول (اینک آخرالزمان) خبرگان به بسط آینده انرژی جهان (سناریوی هارد راک) و پیامدهای آن در ابعاد دسترسی به انرژی، مدیریت مصرف انرژی، تنوع سبد انرژی، اقتصادی، زیست‌محیطی و فناورانه برای ایران در شرایطی پرداختند که بازار انرژی ایران دولتی است و تحریم‌ها افزایش یافته است. داستان سناریوی دوم و سوم نیز در گارگاه خبرگانی بر این اساس توسعه داده شد، که در ادامه بیان شده است.

بر مبنای رویکرد درون قالبی، سناریوهای جهانی انرژی به عنوان تنه اصلی درخت آینده انرژی‌اند، عدم قطعیت‌های کلیدی انرژی ایران به عنوان شاخه‌های درخت‌اند و در نهایت میوه‌های این درخت، سناریوهای آینده انرژی ایران‌اند. بر این اساس چند کارگاه خبرگانی برای توسعه و غنی‌سازی سناریوهای انرژی ایران تشکیل شد. در این کارگاه‌ها از خبرگان درخواست شد به گسترش داستان سناریوی جهانی انرژی با لحاظ کردن عدم قطعیت داخلی

سناریوی اول: اینک آخرالزمان

در این سناریو پیش‌بینی می‌شود که اکتشاف و استخراج میادین نفتی جدید صورت نمی‌گیرد و با افزایش عمر عملیاتی چاه‌های نفتی و روند کاهشی ذخایر، تولید نفت کاهش می‌یابد. با کاهش تولید نفت، صادرات آن به تدریج متوقف و فقط برای مصارف داخلی استفاده می‌شود. قطع صادرات نفت نه فقط باعث می‌شود که ایران اثر خود را در معاملات بین‌المللی از دست بدهد، بلکه منجر به استهلاک شدید ارز ملی خواهد شد. از سوی دیگر، دولت با افزایش مصرف داخلی نفت، اقدام‌هایی مانند افزایش قیمت حامل‌های سوخت را برای کنترل مصرف سوخت انجام خواهد داد.

تیرگی روابط سیاسی و وجود تحریم‌های سیاسی و اقتصادی در این سناریو سبب می‌شود تا جریان آزاد منابع مالی و فناوری تحت تأثیر قرار بگیرد که این پدیده در میان مدت و بلندمدت، امنیت عرضه انرژی را با مخاطره مواجه می‌کند. همچنین این تحریم‌ها سبب می‌شود کشور ایران از دسترسی به بازارهای بزرگ محروم شود و ضریب امنیت تقاضای انرژی از ایران کاهش یابد. در این سناریو به دلیل وجود مشکلات اقتصادی و نبود امنیت انرژی در کشور، مقررات و قوانین پیشین در زمینه حفظ محیط زیست بهبود پیدا نکرده است.

از فرصت‌های موجود در این سناریو، می‌توان به توجه به توسعه درون‌زای فناوری و رفع نیازهای داخلی و خروج از وابستگی به نقش انرژی در اقتصاد ملی و پررنگ شدن نقش دانشگاه‌ها در توسعه فناوری‌های بومی بخش انرژی کشور اشاره کرد. تهدیدهای موجود در این سناریو شامل فقدان دسترسی به بازار بین‌المللی گاز و نفت و کاهش درآمدهای نفتی، دسترسی نداشتن به فناوری‌های نوین جهانی، کاهش عمر میادین نفتی و برداشت غیرصیانتی از منابع نفتی و در نتیجه کاهش اکتشاف و استخراج از میادین نفتی است. در این سناریو بازیگر اصلی دولت و شرکت‌های دولتی‌اند و بخش خصوصی حضور کم‌رنگی در توسعه انرژی کشور به دلیل بازارهای موازی دارد و دولت نقش مجری و برنامه‌ریز در حوزه انرژی برعهده دارد و به تنظیم‌گری نمی‌پردازد.

در این سناریو نظام بین‌المللی از هم‌گسیخته است و کشورها متمرکز بر تأمین انرژی خود، با همکاری‌های جهانی پایین بر پایه راهکارهای محلی‌اند. وضعیت اقتصاد جهانی منجر به انتقال کمتر فناوری و همچنین ظرفیت‌های بودجه‌ای کمتر برای زیرساخت‌های کارآمدتر و اجرای فناوری‌های جدید در حوزه انرژی می‌شود. کاهش ظرفیت برای ساخت زیرساخت‌ها و رشد اقتصادی کندتر به این معنا است که تنوع‌بخشی به سوخت‌های حمل‌ونقل به کندی پیش می‌رود. در این سناریو با افزایش تنش‌های ژئوپلیتیکی، دولت‌ها سیاست‌هایی را ایجاد می‌کنند که هدف از آن تأمین انرژی، تعادل امنیت، رفاه اجتماعی و رفع نگرانی‌های زیست‌محیطی در کشورهای خود، بر اساس بستر محلی و بدون توجه زیاد به تأثیرات جهانی است.

سناریو دوم: بین‌ستاره‌ای

در این سناریو به دلیل کاهش تحریم، درآمدهای نفتی دولتی افزایش پیدا می‌کند و انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل دسترسی به منابع مالی و فناوری بین‌المللی توسعه پیدا خواهد کرد و در نتیجه تنوع سید انرژی به دلیل گسترش تجدیدپذیرها و هماهنگی با فضای جهانی بالا خواهد بود. در این سناریو، در نتیجه سیاست‌های از بالا به پایین دولت مانند اصلاح نظام قیمت‌گذاری انرژی، هدفمند شدن یارانه‌ها و بهینه‌سازی مصرف انرژی شدت مصرف انرژی تا حد زیادی کاهش می‌دهد و سیاست‌های کنترل انتشار کربن دولت به شدت سخت‌گیرانه می‌شود، سیاست‌های که به دنبال فقدان تولید پسماند و آلودگی، محافظت از محیط زیست و همزمان به دستیابی به اقتصادی پایدار است. بر این اساس مقررات قدیمی در زمینه زیست‌محیطی اصلاح می‌شود و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اولویت‌های سرمایه‌گذاری بخش انرژی کشور قرار می‌گیرد.

در این سناریو دولت به تنظیم‌گری (و نه اجرا، واگذاری و رهاسازی) در بخش انرژی می‌پردازد و بر مبنای رویکرد تنظیم‌گری دولت، شرکت‌های خصوصی

مقدار زیادی افزایش پیدا نخواهد کرد. همچنین کشور ایران به دلیل قبول الزام‌های زیست‌محیطی جهانی و پذیرش پروتکل‌های بین‌المللی مانند کاپ، به مسائل زیست‌محیطی توجه جدی خواهد داشت. از فرصت‌های این سناریو دسترسی به منابع مالی بین‌المللی و دسترسی به فناوری‌های جهانی در حوزه انرژی و از تهدیدهای آن بی‌توجهی به ظرفیت دانشگاه‌ها در توسعه فناوری‌های بومی در حوزه انرژی خواهد بود.

در این سناریو در سید انرژی کماکان انرژی‌های فسیلی بخش غالب خواهد بود، اما استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل الزام‌های بین‌المللی و دسترسی به فناوری‌های نوین جهانی در این بخش رشد متوسطی تجربه خواهد کرد. در سناریوی عصر جدید، بیشترین برداشت از میادین نفتی به صورت غیرصیانتی صورت خواهد گرفت و از طرفی به دلیل دسترسی به فناوری‌های بین‌المللی افزایش اکتشاف و استخراج از میادین نفتی و گازی انجام خواهد گرفت. به دلیل رویکرد بازارمحور در این سناریو، قیمت انرژی در کشور تابعی از شرایط جهانی و قیمت‌های بین‌المللی انرژی خواهد بود.

در این سناریو جهان، رویکردی بازارمحور برای دسترسی همه به انرژی و انرژی مقرون به صرفه بر پایه نوآوری‌های فناورانه است. با گسترش نوآوری‌های فناورانه، بهبود سریع در اقتصاد انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، تغییرات جدی در شدت انرژی و کربن جهانی امکان‌پذیر خواهد بود. در حمل‌ونقل نفوذ گاز طبیعی و خودروهای الکترونیک به ترکیب متنوع سوخت منجر می‌شود. در این سناریو به دلیل سیاست‌های حمایتی و نوآوری فناورانه، سهم منابع غیرفسیلی را افزایش پیدا خواهد کرد. در جدول (۱۱) ابعاد مختلف سناریوهای انرژی ایران برای مقایسه بهتر سناریوها تشریح شده است.

خدمات انرژی^۱ برای افزایش بهره‌وری در بخش انرژی گسترش می‌یابد. در این سناریو به دلیل کاهش تحریم و تشویق دولت برای توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های انرژی، نقش دانشگاه پرنسگ خواهد شد و دانشگاه‌ها در تحقیق و توسعه و همکاری با صنعت و همکاری‌های بین‌المللی با کشورهای همراه سهم مهمی ایفا خواهند کرد. همچنین از تهدیدهای این سناریو مداخله‌های نابه جای دولت، حرکت از دولت تنظیم‌گر به سمت دولت مجری، اجبار یا پذیرش ناآگاهانه پروتکل‌های بین‌المللی زیست‌محیطی است.

در این سناریو، همکاری‌های قدرتمند جهانی شکل می‌گیرد، اقدام‌های هماهنگ و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت بین‌المللی در راستای مواجهه با تغییرات اقلیمی صورت می‌گیرد. همچنین نهادهای جهانی و دولت‌های ملی از ارائه فناوری‌های جدید برای بهبود کارایی انرژی و اقدام سیاستی مؤثر در زمینه تغییر اقلیم حمایت می‌کنند.

در این سناریو، همکاری منطقه‌ای تسریع‌کننده استانداردسازی و انتقال دانش است. استانداردسازی و انتقال دانش امکان کارآمدتر فناوری بین مناطق را فراهم می‌کند. شبکه گسترده‌ای از مشوق‌های مالی از طرف دولت‌ها، از قبیل یارانه‌های سبز و قیمت‌گذاری کربن در بین بخش‌ها ظهور می‌کند

سناریوی سوم: عصر جدید

با وجود امنیت پایدار و بلندمدت انرژی و ثبات سیاسی در کشور و در منطقه از یک سو و از سوی دیگر کاهش و رفع تحریم‌ها، شاهد رشد و گسترش عرضه جهانی انرژی خواهیم شد. در این سناریو بخش خصوصی به خرید کالا و محصولات پیشرفته کشورهای توسعه‌یافته اقدام می‌ورزد و انتقال فناوری از سوی شرکت‌های خصوصی به صورت کلید در دست^۲ و با مجوز انجام می‌گیرد و در نتیجه نقش دانشگاه‌ها تحقیق و توسعه بومی در حوزه علم و فناوری بخش انرژی کمرنگ خواهد شد.

در این سناریو به دلیل فقدان تنظیم‌گری دولت در زمینه مصرف انرژی و داشتن منابع انرژی، بهره‌وری به

1. ESCO

2. Turn-Key

جدول ۱۰. مقایسه سناریوهای آینده انرژی ایران

ردیف	ابعاد	سناریو اینک آخر الزمان	سناریو میان‌ستاره‌ای	سناریو عصر جدید
۱	دسترسی به انرژی	برداشت غیرصیانتی از منابع نفتی و کاهش عمر میادین نفتی و در نتیجه کاهش اکتشاف و استخراج میادین نفتی و کاهش تولید نفت و گاز	افزایش اکتشاف و استخراج منابع نفتی با لحاظ کردن برداشت صیانتی از منابع نفتی و گازی	افزایش اکتشاف و استخراج با بیشترین برداشت از میادین نفتی
۲	مدیریت مصرف انرژی	بهره‌وری پایین به دلیل فقدان دسترسی به منابع مالی و فناوری	رشد بالای بهره‌وری و افزایش بهینه‌سازی مصرف انرژی به دلیل نقش تنظیم‌گری دولت و برای حفظ سهم از بازار جهانی	رشد متوسط بهره‌وری به دلیل الزام‌های بین‌المللی و دسترسی به فناوری‌های نوین جهانی و البته فقدان تنظیم‌گری دولت
۳	تنوع سبد انرژی	کاهش تنوع سبد انرژی به دلیل نبود دسترسی به منابع مالی و فناوری و فقدان توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و تکیه کشور به انرژی‌های فسیلی	تنوع بالای سبد انرژی با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر به دلیل هماهنگی با فضای جهانی و دسترسی به منابع مالی بین‌المللی	تنوع متوسط سبد انرژی با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر
۴	اقتصادی	کاهش درآمدهای نفتی و افزایش قیمت حامل‌های انرژی برای کنترل مصرف	افزایش درآمدهای نفتی دولت به دلیل کاهش تحریم و اصلاح نظام قیمت‌گذاری انرژی	قیمت انرژی تابعی از شرایط جهانی و قیمت‌های بین‌المللی انرژی
۵	زیست‌محیطی	توجه ناکافی به تغییرات اقلیمی و موضوع‌های زیست‌محیطی	توجه به مسائل زیست‌محیطی به دلیل هماهنگی با پروتکل‌های بین‌المللی	توجه جدی به مسائل زیست‌محیطی و پذیرش پروتکل‌های بین‌المللی زیست‌محیطی مانند کاپ
۶	فناوری	فقدان دسترسی به فناوری‌های تنوع‌بخشی، افزایش بهره‌وری انرژی دسترسی نداشتن به فناوری‌های اکتشاف و افزایش باز یافت	توسعه نسبی فناوری‌های مربوط به اکتشاف، استخراج انرژی و فناوری‌های تجدیدپذیر به دلیل کاهش تحریم‌ها و دسترسی‌های به منابع فناوری بین‌المللی	انتقال فناوری به صورت کلید در دست و با مجوز از طریق شرکت‌های خصوصی

مدیریت در حوزه انرژی در وزارتخانه‌ها انجام خواهد گرفت. همچنین نهادهای تنظیم‌گر در بالادست و پایین دست نفت و گاز و برق شکل خواهد گرفت. بر مبنای رویکرد تنظیم‌گری، شرکت‌های خصوصی خدمات انرژی برای افزایش بهره‌وری در بخش انرژی گسترش پیدا خواهد کرد و به دلیل کاهش تحریم و تشویق دولت برای توسعه و بومی‌سازی فناوری‌های انرژی، نقش دانشگاه پررنگ خواهد شد. در جدول (۱۲) نقش بازیگران کلیدی هر یک از سناریوهای آینده انرژی ایران ارائه شده است.

جدول ۱۱. نقش بازیگران کلیدی در سناریوهای آینده انرژی ایران

ابعاد سناریو	اینک آخر الزمان	عصر جدید	میان‌ستاره‌ای
دولت	دولت تصدی‌گر و مجری	نقش کم‌رنگ دولت	دولت برنامه‌ریز و تنظیم‌گر
بخش خصوصی	عدم حضور جدی بخش خصوصی	نقش پررنگ بخش خصوصی و مدل‌های کسب‌وکار جدید در حوزه انرژی	حضور شرکت‌های خصوصی به ویژه شرکت‌های خدمات انرژی

در سناریو «اینک آخر الزمان»، دولت بیشتر نقش تصدی‌گری و اجرا بر عهده دارد، مدیریت یکپارچه انرژی در کشور انجام نخواهد گرفت، وظایف حاکمیتی دولت از وظایف تصدی‌گری مورد تفکیک نخواهد گرفت و هم‌زمان وظایف تنظیم‌گری، تصدی‌گری، سیاست‌گذاری، مدیریت و برنامه‌ریزی در دولت انجام خواهد گرفت. همچنین در این سناریو بخش خصوصی حضور پررنگی ندارد و گرچه به دلیل تحریم دانشگاه‌ها نقش مهمی در توسعه بومی فناوری‌های حوزه انرژی بر عهده دارند.

در سناریوی «عصر جدید» مکانیزم بازار در بخش انرژی بر حکمرانی دولت غلبه خواهد داشت و بخش خصوصی به خرید کالا و محصولات پیشرفته کشورهای توسعه‌یافته اقدام می‌ورزد و انتقال فناوری از سوی شرکت‌های خصوصی به صورت کلید در دست و با مجوز انجام می‌گیرد و در نتیجه نقش دانشگاه‌ها تحقیق و توسعه بومی در حوزه علم و فناوری بخش انرژی کم‌رنگ خواهد شد.

همچنین در سناریوی «میان‌ستاره‌ای» تصدی‌گری به شرکت‌های زیرمجموعه دولت و بخش خصوصی واگذار خواهد شد و به صورت متمرکز برنامه‌ریزی و

د) چالش/ بدیع بودن^۴: به معنای آنکه، سناریوها باید خرد مرسوم مخاطبان را درباره آینده به چالش بکشانند. در مصاحبه‌های تکمیلی، خبرگان بدیع بودن سناریوها را بیان کردند؛

ه) تفاوت: ساختار متفاوت سناریوها با یکدیگر در کارگاه مورد تأیید خبرگان قرار گرفت.

به منظور بررسی روایی هر سه پرسشنامه از نظرات خبرگان بهره گرفته شد. به این ترتیب پرسشنامه‌ها به دو نفر از متخصصان انرژی ارائه شد و قابلیت آن برای سنجش نظرات افراد در مورد انتخاب عوامل کلیدی مؤثر بر آینده انرژی، تحلیل تأثیر بر گذر انرژی و تحلیل مورفولوژیک به تأیید خبرگان رسید. برای سنجش پایایی پرسشنامه، از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است، پرسشنامه تحلیل اثرات متقابل ۰٫۹۱ و پرسشنامه تحلیل مورفولوژیک ۰٫۸۳ محاسبه شد که مقادیر قابل قبولی است.

نتیجه‌گیری

با وجود آنکه پژوهش‌های مختلفی به بررسی سناریوهای آینده انرژی ایران پرداخته‌اند اما به نظر می‌رسد در تحقیقات داخلی کمتر به گزارش‌های سناریوهای انرژی جهانی توجه شده است. از طرفی سناریوهای منتشر شده مؤسسه‌های بین‌المللی انرژی، با توجه به بودجه تحقیقاتی بالا، سابقه طولانی، مدل‌های کمی و کیفی مورد استفاده و پژوهشگران فراوانی که در فرایند توسعه سناریوها مشارکت داشته‌اند، مورد استناد پژوهشگران گسترده در سطح جهانی قرار گرفته است. ولی پژوهشگران داخلی با توجه به متغیرهای سیاسی خاص کشور ایران، کمتر به گزارش‌های بین‌المللی انرژی توجه کرده‌اند.

در این راستا، در این پژوهش با بهره‌گیری از ترکیب نوآورانه رویکرد سناریونگاری درون‌قالبی و تحلیل ریخت‌شناسی به توسعه سناریوهای آینده انرژی ایران پرداخته شد و بر مبنای مطالعات کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های اکتشافی ساختارمند، عدم

ابعاد سناریو	اینک آخرالزمان	عصر جدید	میان ستاره‌ای
دانشگاه	نقش کلیدی دانشگاه به دلیل توسعه بومی فناوری‌های حوزه انرژی	بی‌توجهی به ظرفیت دانشگاه‌ها در توسعه فناوری‌ها	همکاری دانشگاه با صنعت و همکاری‌های بین‌المللی با کشورهای همراه

اعتبارسنجی سناریوهای انرژی

پژوهشگران معیارهای مختلفی را برای اعتبارسنجی سناریو تعیین کرده‌اند. چرماک^۱ و همکاران اهمیت این موضوع را روشن کرده‌اند و توضیح می‌دهند که اعتبار سناریوها باید بررسی تا مشخص شود که آیا این سناریوها برای استفاده در فرایندهای تصمیم‌گیری مناسب‌اند یا خیر [۳۴]. بر اساس مقاله ویلسون پنج معیار برای اعتبارسنجی سناریوها پیشنهاد شده است [۳۵].

الف) باورپذیری^۲: به معنای آنکه سناریوها امکان رخ دادن داشته باشند. باورپذیری هر سناریو را خبرگان مشارکت‌کننده کارگاه سناریونگاری و مصاحبه‌های تکمیلی پس از آن مورد تأیید قرار دادند. همچنین عامر و همکاران بهره‌گیری از تحلیل ریخت‌شناسی را در فرایند سناریونگاری را ابزاری برای دستیابی به باورپذیر شدن سناریوها می‌داند [۱] که در فرایند توسعه سناریوهای این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است؛

ب) سازگاری درونی^۳: به معنای آنکه تضاد یا ناپیوستگی داخلی در سناریو دیده نشود، عامر و همکاران [۱] بهره‌گیری از ماتریس تحلیل سازگاری را ابزاری برای دستیابی به سازگاری در فرایند سناریونگاری می‌داند که در این پژوهش از تحلیل سازگاری متقابل در فرایند توسعه سناریوها بهره گرفته شده است؛

ج) کاربرد: به دلیل ماهیت کاربردی پژوهش که شورای عالی عتف تعریف کرده است، و در فرایند توسعه سناریوها از نظرات آنان بهره گرفته شده است که جنبه کاربردی‌پذیری سناریوها را نشان می‌دهد؛

1. Chermack
2. Plausibility
3. Consistency

4. Challenge/ Novelty

گسترش تحریم‌های سیاسی در این سناریو توجه ویژه به دیپلماسی خارجی کارآمد در حوزه انرژی از توصیه‌های سیاستی در این سناریو به شمار می‌آید که شامل احداث یا خرید سهام پالایشگاه‌های سودده خارج از کشور به منظور ایجاد تقاضای بلندمدت برای صادرات نفت خام، مشارکت در کنسرسیوم توسعه میادین نفت و گاز و پروژه‌های خطوط لوله منطقه، ایجاد ظرفیت‌های ذخیره‌سازی نفت خام در بازارهای بالقوه نفت خام ایران با اولویت بازارهای شرق آسیا، گسترش صنعت بانکداری خلیج فارس و دریای عمان، تنوع‌بخشی بازارهای هدف صادراتی متناسب با شکل‌گیری بازارهای جدید، تقویت حضور بخش خصوصی در تجارت نفت خام و گاز در مبادی وارداتی و صادراتی، افزایش سوآپ نفت خام با اولویت حوزه خزر و فراورده‌های نفتی متناسب با زیرساخت‌های موجود، ایجاد شبکه به هم پیوسته برق منطقه‌ای از راهبردهای سیاستی برای ارتقای دیپلماسی انرژی در این سناریو خواهد بود.

تنوع‌بخشی: کاهش وابستگی سیستم انرژی ایران به انرژی‌های فسیلی در این سناریو، مستلزم تنوع‌بخشی به سبد انرژی از طریق توسعه سایر منابع انرژی از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر است. سیاست تنوع‌بخشی در این سناریو به این معنا است که بر انرژی تجدیدپذیر تکیه نمی‌شود و به سببی از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، باد، زیست‌توده تکیه می‌کنند، به سازوکار سیاست‌گذاری برای بهبود بهره‌وری انرژی مثل اصلاح قیمت‌ها و حامل‌های انرژی تکیه نمی‌کند. بلکه ترکیبی از سیاست‌ها مانند مالیات، تعرفه، دستورالعمل‌ها را شامل می‌شود و ج.ا.ا. به کشوری برای واردات انرژی متکی نیست و به مقصدی برای صادرات انرژی اتکا نمی‌کند.

سناریو میان‌ستاره‌ای

از ابعاد این سناریو حرکت از دولت برنامه‌ریز و تنظیم‌گر به سمت دولت متصدی و مجری در بخش انرژی و حضور کم‌رنگ بخش خصوصی در فضای انرژی کشور است. بر این اساس توصیه‌های سیاستی مرتبط با فضای این سناریو اشاره خواهد شد.

قطعیت‌های کلیدی آینده انرژی ایران شامل تحریم و نوع بازار انرژی ایران به کمک روش دلفی، تحلیل تأثیر متقابل و نرم‌افزار میک مک به دست آمد. افزون بر این، پس از بررسی گزارش‌های سناریونگاری مؤسسه‌های معتبر بین‌المللی انرژی، سناریوی شورای جهانی انرژی به عنوان سناریوی منتخب برگزیده شد. سپس بر مبنای نظرات خبرگان به کمک منطق تحلیل ریخت‌شناسی و نرم‌افزار سناریو ویزارد، سه سناریو «اینک آخرالزمان»، «عصر جدید» و «میان‌ستاره‌ای» به عنوان سناریوهای سازگار آینده انرژی ایران، شناسایی شد. همچنین متناسب با هر سناریو توصیه‌های سیاستی در ادامه اشاره خواهد شد!

سناریو اینک آخرالزمان

با توجه به محیط پیچیده و پرتنش امنیتی آینده پیش رو در جهان، منطقه و ایران در سناریوی «اینک آخرالزمان»، ضرورت تدوین سیاست‌های اقتضایی در حوزه امنیت انرژی در برخورد با بحران‌های انرژی ضروری به نظر می‌رسد که در ادامه اشاره خواهد شد.

توجه به مسائل زیست‌محیطی: با توجه به انتشار بسیار بالای دی‌اکسیدکربن در این سناریو توجه به مسائل زیست‌محیطی و اقلیمی در دستور کار مسئولان و نهادهای مرتبط قرار گیرد که شامل اعمال جریمه کربن به منظور کم کردن انتشار گازهای گلخانه‌ای، توسعه و حمایت از فناوری‌های صنعتی نوین دارای کمترین آلاینده‌گی زیست‌محیطی، الزام به کارگیری سیستم‌های کاهش انتشار گازهای آلاینده، گلخانه‌ای و فلرینگ، دستیابی به استاندارد یورو ۴ و یورو ۵ در تولید بنزین و گازوییل پالایشگاه‌های کشور، استفاده بیشتر از انرژی‌های پاک و فناوری‌های کاهش انرژی کربن خواهد بود.

دیپلماسی خارجی کارآمد در بخش انرژی: با توجه به

۱. توصیه‌های سیاستی ارائه شده در این بخش برآمده از مصاحبه با خبرگان، سیاست‌های برنامه ششم توسعه در بخش انرژی کشور، گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس [۳۶] اولویت‌های اندیشکده اقتصاد مقاومتی [۳۷] و پژوهش انجام گرفته توسط پژوهشکده امنیت اقتصادی تدبیر [۳۸] است.

اسناد کلان راهبردی در حوزه امنیت انرژی از سوی حکومت، بازنگری راهبردها به صورت منظم، توجه دولت به بافت و ظرفیت‌های هر منطقه در سیاست‌گذاری در حوزه امنیت انرژی، هماهنگی و سازگاری راهبردهای انرژی تدوین شده با یکدیگر، و سازوکارهای پیگیری و نظارت مشخص از سوی دستگاه‌های مسئول به نظر ضروری خواهد بود.

ویژگی این پژوهش در مقایسه با مطالعات سناریونگاری اشاره شده در ابتدای مقاله از نظر روش‌شناختی، بهره‌گیری از ترکیب روش‌های تحلیل ریخت‌شناسی و رویکرد سناریونگاری درون‌قالبی برای توسعه سناریوهای آینده انرژی ایران است. همچنین این مطالعه چارچوبی نوین به منظور بهره‌گیری همزمان از سناریونگاری‌های انجام شده مؤسسه‌های بزرگ بین‌المللی و همچنین عدم قطعیت‌های داخلی مرتبط با شرایط ایران فراهم کرده است. علاوه بر آن، سناریوهای ارائه شده در این پژوهش از منظر ابعاد امنیت انرژی ایران شامل دسترسی به انرژی، مدیریت مصرف انرژی، تنوع سبد انرژی، اقتصادی، زیست‌محیطی و فناورانه^۱ توسعه پیدا کرده است، که تاکنون پژوهشگر در تحقیقات داخلی صورت گرفته این رویکرد مشاهده نکرده است.

بر مبنای نتایج این تحقیق، توصیه می‌شود پژوهشگران پابرجایی اولویت‌های علم و فناوری انرژی کشور مانند انرژی خورشیدی، انرژی بادی و انرژی هیدروژن را در سناریوهای برآمده از این تحقیق بررسی کنند. همچنین با توجه به جایگاه ایران به عنوان دومین کشور دارنده منابع نفتی دنیا، رفتار انرژی ایران در آینده (مانند رویکرد بیشترین استخراج یا صیانتی از منابع انرژی) و یا سیاست صادرات انرژی ایران به کشورهای همسایه تأثیر به‌سزایی در آینده امنیت انرژی منطقه و جهان خواهد داشت. بنابراین، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در پژوهش‌های آینده سناریوهای نقش ایران در امنیت انرژی منطقه و جهان مورد مطالعه قرار دهند. علاوه بر آن، توجه به تأثیر کلان روند نوظهور برقی شدن خودروها و تغییرات آینده بخش حمل‌ونقل به عنوان نیروی پیشران

برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و تنظیم‌گری دولت در بخش انرژی؛ حکمرانی حکومت و دولت در بخش انرژی کشور در این سناریو مستلزم اقدام‌ها و سیاست‌هایی مانند تأسیس نهاد مستقل تنظیم‌گر در بخش انرژی، احصا شورای عالی انرژی از طریق بازنگری در ساختار و دبیرخانه در کوتاه مدت و زمینه‌سازی برای تشکیل وزارت انرژی در بلندمدت با هدف ایجاد یکپارچگی در اداره بخش انرژی، اصلاح رابطه مالی دولت با پالایشگاه‌ها، اصلاح رابطه وزارت نفت با شرکت ملی نفت ایران از طریق انعقاد قرارداد نفتی برای هر یک از میداین در اختیار این شرکت، اصلاح ساختار بخش توزیع برق از طریق تفکیک وظایف حاکمیتی و غیرحاکمیتی است.

تقویت بخش خصوصی در فضای انرژی کشور: تقویت بخش خصوصی انرژی کشور در این سناریو مستلزم کسب سیاست‌هایی مانند حمایت از تأسیس شرکت‌های غیردولتی برای سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های اکتشاف (نه مالکیت)، بهره‌برداری و توسعه میداین نفت و گاز کشور به ویژه میداین مشترک در چارچوب سیاست‌های کلی اصل ۴۴، استفاده از اهرم خرید برای ملزم کردن شرکت‌های خارجی به همکاری با شرکت‌های داخلی به منظور انتقال دانش فنی، تقویت شرکت‌های دانش‌بنیان برای طراحی، مهندسی، ساخت، نصب تجهیزات و انتقال فناوری در صنایع بالادستی و پایین‌دستی نفت و گاز است.

سناریو عصر جدید

غلبه مکانیزم بازار بر حکمرانی دولت در فضای انرژی کشور از مختصات کلیدی این سناریو خواهد بود. بر این اساس توصیه‌های سیاستی مرتبط با این سناریو ارائه خواهد شد.

فقدان واگذاری سازوکار مدیریت امنیت انرژی به بازار: بر این اساس در این سناریو پیشنهاد می‌شود که سازوکار بهبود امنیت انرژی به بازار واگذار نشود و حکومت مداخله‌های راهبردی و سیاستی برای ارتقای امنیت انرژی کشور انجام دهد.

سیاست‌گذاری راهبردی در حوزه امنیت انرژی از سوی دولت: به منظور تقویت نقش دولت و حکومت در فضای سیاست‌گذاری امنیت انرژی کشور در این سناریو، تدوین

۱. چگونگی برشمردن ابعاد امنیت انرژی ایران در پژوهش [۳۹] اشاره شده است.

در آینده انرژی جهان و ایران، تدوین سناریوهای آینده انرژی ایران با توجه به کلان روند الکترونیکی شدن خودرها و تغییرات آینده بخش حمل‌ونقل در دستور کار پژوهشگران قرار گیرد.

منابع مالی: مطالعه حاضر از پایان‌نامه دکتر استخرج و با پشتیبانی مالی دبیرخانه شورای عالی عتف انجام شده است.

منابع ----- References

- [1] Amer, M., Daim, T. U., & Jetter, A. A review of scenario planning. *Futures*, 2013, 46, 23-40.
- [۲] امینی، ح.، بنیادی‌نائینی، ع. و پیشوایی، م. سناریونگاری صنعت نفت و گاز ایران در شرایط تحریم، مبتنی بر رویکرد عدم قطعیت‌های کلیدی و تحلیل اثرات متقابل. مدیریت فردا، ۴۵، ۱۳۹۴، (۱۳)، ۸۵-۹۸.
- [۳] چهارسوقی، س. ک.؛ رحمتی، م.؛ معمارپور، م. رجب‌زاده قطری، ع. آینده‌پژوهی در حوزه انرژی و ارزیابی راهبردهای مدیریت انرژی کشور با استفاده از برنامه‌ریزی سناریو. بهبود مدیریت، ۱۳۹۱، ۶، (۴)، ۳۳-۵.
- [۴] حافظی، ر.؛ افضلی، ح.؛ ظهور، ح. سناریوهای آینده تأمین انرژی ایران. مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی، ۲۰۲۱، ۱۱ (۳۸)، ۲۳۲-۲۰۴.
- [۵] مرزبان، ا.؛ محمدی، م. سناریوهای آینده مدیریت انرژی برق در ایران. پژوهش‌های مدیریت در ایران، ۱۳۹۵، ۱۹ (۲۰)، ۱۷۷-۲۰۴.
- [6] Burns, A & McGrail, S. Australia's potential internet futures: Incasting alternatives using a new technology images framework'. *Journal of Futures Studies*, 2012, 16 (4), 33-50
- [7] Schultz, W. L. SCENARIO INCASTING: Exploring Possible Alternative Futures. Retrieved from <http://www.infinitefutures.com/tools/inclassic.shtml>. 2007.
- [8] Chermack, T. J. Learning-Decision scenarios Scenario Planning in Organizations: How to Create, Use, and Assess Scenarios (pp. 288): Berrett-Koehler Publishers. 2011.
- [9] Bishop, P., Hines, A., & Collins, T. The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*, 2007, 9 (1), 5-25.
- [۱۰] ناظمی، ا.؛ برجسته، ح. و نوریخس، ع. مدل‌های همکاری مشترک در صنعت نفت و گاز ایران؛ رویکرد ریخت‌شناسی. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی انرژی، ۱۳۹۶، ۳ (۴)، ۱۱۳-۱۴۶.
- [11] Johansen, I. Scenario modelling with morphological analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 126, 116125-. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.016>.
- [۱۲] کوثری، س.؛ قاضی‌نوری، س. س.؛ ثقفی، ف. و عمو عابدینی، ق. توسعه سناریوی مطلوب آثار اجتماعی توسعه فناوری نانو در ایران: یک رویکرد مورفولوژیک. سیاست علم و فناوری، ۱۳۹۵، ۹ (۲)، ۱-۱۵.
- [13] Ritchey, T. Modeling Alternative Futures with General Morphological Analysis. *World Futures Review*, 2011, 3 (1), 83-94. doi:10.1177/194675671100300105.
- [14] Lord, S., Helfgott, A., & Vervoort, J. M. Choosing diverse sets of plausible scenarios in multidimensional exploratory futures techniques. *Futures*, 2016, 77, 11-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.12.003>.
- [15] WEC. World Energy Scenarios 2016 - The Grand Transition. Retrieved from www.worldenergy.org/assets/downloads/World-Energy-Scenarios-2016_Full-Report.pdf. 2016.
- [16] Royal Dutch Shell, New Lens Scenarios: A shift in perspective for a world in transition. The Hague. 2013.
- [17] SAFE. OIL SECURITY 2025: U.S. NATIONAL SECURITY POLICY IN AN ERA OF DOMESTIC OIL ABUNDANCE. 2014.
- [18] Statoil. Energy perspectives to 2050. Norway: Statoil. 2017.
- [19] Royal Dutch Shell. Signals and Signposts. Energy Scenarios to 2050. 2011.
- [20] Hafezi, R., Akhavan, A., Pakseresht, S., & Wood, D. A. A Layered Uncertainties Scenario Synthesizing (LUSS) model applied to evaluate multiple potential long-run outcomes for Iran's natural gas exports.

- Energy, 2019, 169, 646-659.
- [21] Abbaszadeh, P., Maleki, A., Alipour, M., & Maman, Y. K. Iran's oil development scenarios by 2025. Energy Policy, 2013, 56, 612-622.
- [22] Alipour, M., Hafezi, R., Amer, M., & Akhavan, A. N. A new hybrid fuzzy cognitive map-based scenario planning approach for Iran's oil production pathways in the post-sanction period. Energy, 2017, 135, 851-864.
- [23] Hafezi, R., Akhavan, A., & Pakseresht, S. Projecting plausible futures for Iranian oil and gas industries: Analyzing of historical strategies. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2017, 39, 15-27.
- [24] Bahrami, M., & Abbaszadeh, P. Development a scenario-based model for Iran's energy future. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62, 963-970.
- [25] Alizadeh, R., Lund, P. D., Beynaghi, A., Abolghasemi, M., & Maknoon, R. An integrated scenario-based robust planning approach for foresight and strategic management with application to energy industry. Technological Forecasting and Social Change, 2016, 104, 162-171.
- [۲۶] نصر اصفهانی، ع.؛ باقری مقدم، ن.؛ ناظمی، ا. و ملکی، ع. پیشنهاد یک مدل اولویت‌گذاری آینده‌پژوهانه علم و فناوری برای ایران بر اساس نظر خبرگان. راهبرد اجتماعی فرهنگی، ۲۰۲۲، ۱۱ (۱).
- [27] Weimer-Jehle, W. ScenarioWizard 4.1-Constructing Consistent Scenarios Using Cross-Impact Balance Analysis. Stuttgart Research Center for Interdisciplinary Risk and Innovation Studies. University of Stuttgart Stuttgart, Germany. 2013.
- [28] Singh, K. Quantitative social research methods: Sage. 2007.
- [۲۹] لشگر بلوکی، م. طراحی مدل فرایندی تدوین راهبردی پابرجا در شرایط عدم قطعیت با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری. (رساله دکترا)، شهید بهشتی. ۱۳۹۰.
- [۳۰] لیتوسلیتی، ل. کاربرد گروه‌های کانونی در پژوهش. تهران: نشر علم. ۱۳۹۲.
- [31] EIA. International Energy Outlook. Retrieved from www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo2019.pdf. 2019.
- [32] enerdata. Global Energy Trends. 2020.
- [33] Ford, S., & More, E. China's Energy Futures Report on the China Power Pathways Technology Roadmapping. 2013.
- [34] Chermack, T. J., Lynham, S. A., & Ruona, W. E. A review of scenario planning literature. Futures Research Quarterly, 17 (2), 7-32. 2001.
- [35] Wilson, I. Mental maps of the future: an intuitive logics approach to scenarios. Learning from the future: Competitive foresight scenarios, 1998, 81-108.
- [۳۶] حسینی، ح.، اسحاق‌پور، ش.، آقایی، ا. ارزیابی علل ناکامی‌های مربوط به تدوین سیاست‌های جامع انرژی در کشور. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. ۱۳۹۵.
- [۳۷] مسیر انرژی ایران. اندیشکده اقتصاد مقاومتی. ۱۳۹۷.
- [۳۸] صیادی، م. خداپرست، ی. شاخص‌سازی و سنجش جامع ابعاد مختلف ریسک امنیت انرژی ایران. تهران: پژوهشکده امنیت اقتصادی تدبیر. ۱۳۹۸.
- [۳۹] نصر اصفهانی، ع. مدل آینده‌پژوهانه اولویت‌گذاری علم و فناوری از منظر امنیت انرژی مورد مطالعه: اولویت‌های کمیسیون انرژی شورای عالی علوم، تحقیقات و فناوری ایران. (رساله دکترا)، مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور، تهران. ۱۴۰۰.