Ind. Manag. Persp. 2025, 15(3), 141-169; doi: 10.48308/JIMP.15.3.141

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Integrating DEMATEL and Scenario Planning Approaches to Explain the Future of Energy Imbalance in IRAN

Saeid Torfi*
Hossein Mohebbi**

Extended Abstract

Introduction: In recent years, the energy imbalance has been a significant issue in Iran, affecting all industries, the national economy, and public satisfaction. As a developing country, Iran should not neglect growth and development in the energy sector. Considering its potential, it should move towards resolving the energy imbalance. This research aims to explore the future of energy imbalance in Iran, employing DEMATEL and scenario planning approaches to provide a framework for a better understanding of the influential factors and the paths ahead.

Methods: This research takes a practical approach to examining the future of energy imbalance in Iran and is based on a pragmatic paradigm that emphasizes solving real problems and providing practical solutions. In terms of data collection, this research is descriptive-survey. The statistical population of this study includes university professors, senior managers, and prominent experts active in the Iranian energy industry who have sufficient knowledge and experience in this field. The research process begins with identifying primary drivers through the literature review, followed by determining the key drivers affecting the future of energy imbalance using the DEMATEL method. The DEMATEL method allows for identifying cause-and-effect relationships between different factors and determining the influence and receptiveness of each driver. After determining the key drivers, the analysis of the interactions of these drivers is performed using the specialized Scenario Wizard software. By analyzing the complex relationships between different factors, this software enables the development of plausible scenarios for the future of energy imbalance in Iran. Finally, based on the analyses, four distinct scenarios for the future of energy imbalance in Iran are extracted and described.

Received: Apr. 11, 2025; Revised: May. 25, 2025; Accepted: Aug. 09, 2025; Published Online: Sep. 17, 2025.

* Masters student, Department of Industrial Management, Faculty of Human Sciences, Meybod University, Meybod, Iran.
** Assistant Professor, Deptment of Industrial Management, Faculty of Human Sciences, Meybod University, Meybod, Iran.
Corresponding Author: h.mohebbi@meybod.ac.ir

Ind. Manag. Persp. 2025, 15(3), 141-169; doi: 10.48308/JIMP.15.3.141

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Results and discussion: The four main scenarios identified for the future of energy imbalance in Iran are:
Energy Spring: A favorable scenario with integrated governance, resilience against sanctions, optimized consumption, extensive regional cooperation, and investment in modern infrastructure leading to sustainable growth.
Energy Mirage: An apparent effort to improve with institutional disabilities, limited regional cooperation, and lack of investment leading to unsustainable results.
Energy Quagmire: A catastrophic situation resulting from structural weaknesses, crippling sanctions, inappropriate consumption patterns, regional tensions, and infrastructure crisis leading to the collapse of the energy industry.
Energy Winter: A critical situation caused by structural weaknesses, comprehensive sanctions, failure to change consumption patterns, insufficient regional cooperation, and infrastructure crisis due to lack of investment requiring fundamental rethinking.
These scenarios are developed based on the analysis of key drivers including "Energy Governance and Policy Structure", "International Sanctions", "Social Developments and Energy Consumption Pattern", "Regional Cooperation" and "Energy Investment and Infrastructure".

Conclusion: The research results show that the future of energy imbalance in Iran is highly dependent on integrated and efficient governance in the energy sector and the development of appropriate infrastructure. Critical scenarios such as "Energy Quagmire" and "Energy Winter" require immediate and serious interventions in national policy, while favorable scenarios such as "Energy Spring" provide valuable opportunities to resolve energy imbalance and sustainable development in the country. By providing a comprehensive analytical framework, this research helps policymakers and decision-makers to adopt more effective strategies to address the challenge of energy imbalance in Iran by identifying trends, uncertainties, and potential consequences. This research emphasizes that paying attention to the dynamics of the energy system, understanding the impact of key factors, and creating readiness to face different scenarios are necessary for successful management of energy imbalance in Iran.

Keywords: DEMATEL; Energy Imbalance; Futures Studies; Scenario Planning; Scenario Wizard.

How to Cite: Torfi, Saeid; Mohebbi, Hossein (2025). Integrating DEMATEL and Scenario Planning Approaches to Explain the Future of Energy Imbalance in IRAN. *Ind. Manag. Persp.*, 15(3), 141-169 *(In Persian)*.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۴۱– ۱۶۹، doi: 10.48308/JIMP.15.3.141

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

تلفیق رویکردهای دیمتل و سناریونویسی در تبیین آینده ناترازی انرژی در ایران

سعید طرفی*

حسین محبی**

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: طی سال‌های گذشته یکی از مسائل مهم و محوری کشور، ناترازی در بخش انرژی بوده که تمامی صنایع، اقتصاد کشور و رضایت اجتماعی در میان مردم را تحت تأثیر قرار داده است. از آن‌جایی که ایران یک کشور در حال توسعه محسوب می‌شود، نباید از رشد و توسعه در زمینه انرزی غافل شود و با توجه به ظرفیت مناسبی که در دست دارد باید به سمت رفع ناترازی انرژی حرکت کند. این پژوهش با هدف بررسی آینده ناترازی انرژی در ایران، رویکردهای دیمتل و سناریونویسی را به‌کار می‌گیرد تا چارچوبی برای درک بهتر عوامل مؤثر و مسیرهای پیش رو ارائه دهد.

روش‌ها: این پژوهش با رویکردی کاربردی، به بررسی آینده ناترازی انرژی در ایران می‌پردازد و از منظر پارادایمی، مبتنی بر رویکرد پراگماتیستی است که بر حل مسائل واقعی و ارائه راهکارهای عملی تأکید دارد. از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، این پژوهش از نوع توصیفی–پیمایشی است. جامعه آماری این تحقیق شامل اساتید دانشگاهی، مدیران ارشد و خبرگان برجسته فعال در صنعت انرژی ایران است که دارای دانش و تجربه کافی در این زمینه هستند. فرآیند پژوهش با شناسایی پیشران‌های اولیه از طریق ادبیات موضوع، آغاز و در مرحله بعد با تعیین پیشران‌های کلیدی مؤثر بر آینده ناترازی انرژی با استفاده از روش دیمتل ادامه یافت. روش دیمتل امکان شناسایی روابط علت و معلولی بین عوامل مختلف و تعیین میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر پیشران را فراهم می‌کند. پس از تعیین پیشران‌های کلیدی، تحلیل اثرات متقابل این پیشران‌ها با استفاده از نرم‌افزار تخصصی سناریو ویزارد انجام شده است. این نرم‌افزار، با تحلیل روابط پیچیده بین عوامل مختلف، امکان تدوین سناریوهای محتمل برای آینده ناترازی انرژی در ایران را فراهم می‌سازد. در نهایت، بر اساس تحلیل‌های انجام شده، چهار سناریوی متمایز برای آینده ناترازی انرژی در ایران استخراج و تشریح شدند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۲، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۸، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۶/۲۶.

* کارشناسی ارشد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

** استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

نویسنده مسئول: h.mohebbi@meybod.ac.ir

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۴۱– ۱۶۹، doi: 10.48308/JIMP.15.3.141

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: چهار سناریوی اصلی که برای آینده ناترازی انرژی در ایران شناسایی شده‌اند، عبارتند از:

بهار انرژی: سناریویی مطلوب با حکمرانی یکپارچه، تاب‌آوری در برابر تحریم‌ها، بهینه‌سازی مصرف، همکاری‌های منطقه‌ای گسترده و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مدرن که منجر به رشد پایدار می‌شود.

سراب انرژی: تلاشی ظاهری برای بهبود با وجود ناتوانی‌های نهادی، محدودیت در همکاری‌های منطقه‌ای و کمبود سرمایه‌گذاری که به نتایج ناپایدار منجر می‌شود.

باتلاق انرژی: وضعیت فاجعه‌بار ناشی از ضعف ساختاری، تحریم‌های فلج‌کننده، الگوهای مصرف نامناسب، تنش‌های منطقه‌ای و بحران زیرساختی که به فروپاشی صنعت انرژی منجر می‌شود.

زمستان انرژی: وضعیت بحرانی ناشی از ضعف‌های ساختاری، تحریم‌های جامع، عدم تغییر الگوهای مصرف، ناکافی بودن همکاری‌های منطقه‌ای و بحران زیرساخت‌ها به دلیل کمبود سرمایه‌گذاری که نیازمند بازنگری اساسی است.

این سناریوها بر اساس تحلیل پیشران‌های کلیدی از جمله «ساختار حکمرانی و سیاست‌گذاری انرژی»، «تحریم‌های بین‌المللی»، «تحولات اجتماعی و الگوی مصرف انرژی»، «همکاری‌های منطقه‌ای» و «سرمایه‌گذاری و زیرساخت‌های انرژی» تدوین شده‌اند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهد که آینده ناترازی انرژی در ایران به شدت وابسته به حکمرانی یکپارچه و کارآمد در بخش انرژی و توسعه زیرساخت‌های مناسب است. سناریوهای بحرانی مانند «باتلاق انرژی» و «زمستان انرژی» نیازمند مداخلات فوری و جدی در سیاست‌گذاری ملی هستند، در حالی که سناریوهای مطلوب مانند «بهار انرژی» فرصت‌های ارزشمندی برای رفع ناترازی انرژی و توسعه پایدار در کشور فراهم می‌کنند. این پژوهش با ارائه یک چارچوب تحلیلی جامع، به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا با شناسایی روندها، عدم قطعیت‌ها و پیامدهای محتمل، استراتژی‌های مؤثرتری را برای مقابله با چالش ناترازی انرژی در ایران اتخاذ نمایند. این پژوهش تاکید دارد که توجه به پویایی سیستم انرژی، شناخت تاثیر عوامل کلیدی و ایجاد آمادگی برای مواجهه با سناریوهای مختلف، لازمه مدیریت موفق ناترازی انرژی در ایران است.

کلیدواژه‌ها: آینده‌پژوهی؛ سناریونویسی؛ ناترازی انرژی؛ دیمتل؛ سناریوویزارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

استناددهی: طرفی، سعید؛ محبی، حسین (۱۴۰۴). تلفیق رویکردهای دیمتل و سناریونویسی در تبیین آینده ناترازی انرژی در ایران. چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۵(۳)، ۱۴۱-۱۶۹.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱. مقدمه

ناترازی انرژی در ایران، به‌ویژه در حوزه برق، به‌عنوان یک شکاف ساختاری پایدار میان عرضه و تقاضا، امروزه به یکی از بحران‌های راهبردی کشور در مسیر توسعه اقتصادی و صنعتی تبدیل شده است [۲۱]. این پدیده نه‌تنها امنیت انرژی ملی را با تهدید مواجه کرده، بلکه تحقق اهداف تعیین‌شده در اسناد بالادستی از جمله سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف (۱۳۸۹)، سیاست‌های کلی نفت و گاز و برنامه هفتم پیشرفت را نیز با موانع اجرایی و نهادی قابل‌توجه روبرو ساخته است. مطابق با سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، مقرر شده است که شدت مصرف انرژی با تأکید بر افزایش بازده و بهره‌وری، ظرف برنامه‌های پنج‌ساله به نصف مقدار موجود کاهش یابد؛ همچنین در سیاست‌های اقتصاد مقاومتی، بر توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، اصلاح الگوی مصرف و افزایش تاب‌آوری شبکه انرژی تأکید شده است. سیاست‌های کلی نفت و گاز نیز بر افزایش کارایی زنجیره تولید، کاهش اتلاف منابع و توسعه صادرات مبتنی بر ارزش افزوده تأکید دارد. افزون بر این، در ماده ۴۶ برنامه هفتم پیشرفت، ایجاد یک سازمان متمرکز، راهبردی و مستقل برای حکمرانی انرژی الزامی اعلام شده و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر به ۱۰ درصد تا سال ۱۴۱۴ به‌عنوان هدف کلان تعیین گردیده است [۲۶، ۲۸، ۴۱].

در بخش‌های صنعتی و تولیدی، ناترازی انرژی به مانعی کلیدی در مسیر اجرای سیاست‌های جهش تولید و رشد پایدار اقتصادی تبدیل شده است [۲۸]. از منظر مفهومی، ناترازی انرژی به عدم تعادل میان ظرفیت تولید و میزان تقاضا برای انرژی اطلاق می‌شود [۲۴]. این پدیده محدود به ایران نبوده و در اسناد بین‌المللی همچون سناریوهای آینده انرژی شرکت شل (۲۰۱۳) [۴۲]، نیز به‌عنوان یک مسئله جهانی و قابل پیش‌بینی معرفی شده است [۷]. با توجه به ماهیت سرمایه‌بر، زمان‌بر و پرریسک پروژه‌های زیرساختی در حوزه انرژی، پیش‌بینی دقیق روندهای آتی مصرف و عرضه، به‌ویژه برای افق‌های بلندمدت، یکی از چالش‌های کلیدی نهادهای برنامه‌ریزی و بنگاه‌های سرمایه‌گذاری است [۱۰، ۳۳]. شواهد آماری اخیر نشان می‌دهند که اگرچه ظرفیت نصب‌شده نیروگاهی در پایان فروردین ۱۴۰۴ تنها ۰.۱ درصد نسبت به سال قبل افزایش یافته و به حدود ۹۴،۶۴۹ مگاوات رسیده است، اما حداکثر توان عملی در تابستان ۱۴۰۳ تنها حدود ۶۲،۰۰۰ مگاوات بوده است. این در حالی است که تقاضای پیک برق در همان بازه به حدود ۸۰،۰۰۰ مگاوات رسید و موجب ناترازی حدود ۱۸،۰۰۰ مگاواتی شد [۱۲، ۳۵]. پیش‌بینی‌ها از وخیم‌تر شدن شرایط در تابستان ۱۴۰۴ و حتی افزایش شکاف به بیش از ۲۴،۰۰۰ مگاوات و تا مرز ۳۷،۰۰۰ مگاوات در افق ۱۴۱۴ خبر می‌دهند [۲۵]. در کنار این وضعیت بحرانی، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مجموع ظرفیت تولید، تنها حدود ۰.۶ درصد (حدود ۱۵۰۰ مگاوات) است؛ رقمی که فاصله معناداری با هدف ۱۰ درصدی تعیین‌شده در برنامه هفتم پیشرفت دارد [۴۱]. همچنین، شدت مصرف انرژی در ایران دو برابر متوسط جهانی و چهار برابر کشورهای توسعه‌یافته است، راندمان نیروگاه‌های حرارتی به زیر ۴۰ درصد رسیده و ۹۳ درصد تولید برق کشور همچنان متکی بر سوخت‌های فسیلی است. این مؤلفه‌ها، همراه با تلفات بالای شبکه و فرسودگی زیرساخت‌ها، نشان‌دهنده پایداری ساختاری ناترازی هستند [۲۵، ۳۵]. با وجود تأکیدات مکرر در اسناد بالادستی، مانند ماده ۴۶ برنامه هفتم پیشرفت که خواستار ایجاد سازمان راهبردی و متمرکز حکمرانی انرژی شده است، این اقدام هنوز محقق نشده است. همچنین، قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق (۱۴۰۱) با محوریت نصب کنتورهای هوشمند و اصلاح تعرفه‌ها، تاکنون نتوانسته به نتایج ملموس منجر شود. افزون بر این، توقف انتشار ترازنامه رسمی انرژی کشور از سال ۱۴۰۱ به بعد، مانع مهمی در مسیر سیاست‌گذاری شفاف و مبتنی بر داده به شمار می‌رود [۲۸]. ابعاد اقتصادی و اجتماعی ناترازی نیز قابل‌تأمل‌اند. خاموشی‌های مکرر در فصل تابستان، موجب توقف خطوط تولید و افزایش هزینه‌های غیرمستقیم بر صنایع شده‌اند. سهم بالای بخش خانگی در مصرف برق (۳۱.۹ درصد) و سهم اندک رشد صنعتی (۳۶ درصد)، نشان می‌دهند که الگوی مصرف انرژی در کشور از منطق بهره‌وری فاصله گرفته است. در این شرایط، اعتماد سرمایه‌گذاران برای ورود به حوزه انرژی‌های پاک کاهش یافته، و نبود سازوکارهای مشارکتی بین‌بخشی، بحران ناترازی را به سطحی چندلایه ارتقا داده است که ابعاد فرهنگی، اجتماعی و حتی سیاسی را نیز در بر می‌گیرد [۲۶].

دستیابی به امنیت پایدار در حوزه انرژی و از بین بردن ناترازی انرژی، نیازمند ضرورت تدوین راهبردهای آینده‌محور و پیش‌بینی آینده انرژی است [۹]. محققان و پژوهشگران آینده‌پژوه بر این باورند که مجموعه‌ای از سناریوها باید در تدوین راهبردها مد نظر گرفته شود و در مورد آنها ملاحظات ممکن مورد توجه باشد. در واقع یک مجموعه سناریو سبب می‌شود که مجموعه گسترده‌تر و عمیق‌تری از آینده‌های

بدیل و باورپذیر را به نمایش بگذارد. اگر تدوین راهبرد و سیاست‌گذاری را بر مبنای این چنین طیف‌هایی تبیین و ترسیم کنیم، به‌طور قطع این راهبردها و سیاست‌ها دقت بالایی خواهد داشت و پژوهشگر قادر است که آینده‌ای قابل اعتماد و اتکا را تبیین و تشریح نماید. زیرا که سناریوها به تدوین راهبردها و طراحی برنامه‌ها کمک بسیاری می‌کند [۱۸].

با وجود مطالعات و تحقیق‌های متعدد بین‌المللی درباره اهمیت آینده انرژی هم‌چون مرچانت[1] و همکاران (۲۰۲۵) [۳۴]، بالاک‌ریشنان[2] و همکاران (۲۰۲۴) [۶]، یان[3] و همکاران (۲۰۲۳) [۴۵] و بروگر[4] و همکاران (۲۰۲۱) [۸] که نشان دادند کشورها قادر هستند در جلوگیری از ناترازی انرژی، نقش مهمی به‌واسطه پیش‌بینی آینده انرژی ایفا کنند؛ در ایران نیز پژوهش‌های محدود و پراکنده‌ای هم‌چون باقری‌مقدم و همکاران (۱۴۰۳) [۵]، حافظی و رحیمی‌راد (۱۴۰۳) [۲۱]، ابراهیمی‌نزهمی و همکاران (۱۴۰۳) [۱۴] و نصراصفهانی و همکاران (۱۴۰۰) [۳۷] به آینده انرژی (سوخت‌های فسیلی و تولید برق) اشاره کرده‌اند که به تدوین پیش‌بینی‌ها و بعضاً سناریوهایی نیز در این زمینه پرداخته‌اند. با این حال، پژوهش جامعی که مبتنی بر آینده‌پژوهی ناترازی انرژی در ایران با رویکرد ترکیبی دیمتل و سناریونویسی باشد و به‌شکلی همه‌جانبه به آینده ناترازی انرژی بپردازد یافت نشد.

این پژوهش، نگاهی کلان و جامع به آینده ناترازی انرژی درایران با رویکرد سناریونویسی دارد. زیرا که با بررسی ناترازی انرژی و کاهش فاصله عرضه و تقاضا در زمینه انرژی، می‌توان به ثبات انرژی امیدوار بود. در واقع، هدف این پژوهش تعیین پیشران‌های کلیدی و مؤثر در آینده ناترازی انرژی در ایران به‌منظور تعریف و تدوین سناریوهای محوری و مهم جهت ترسیم و تشریح آینده‌ای بدیل از ناترازی انرژی است تا با حرکت به سمت امنیت پایدار در حوزه انرژی در ایران، به پیشرفت‌های قابل توجهی در زمینه‌های فناوری، اقتصادی، اجتماعی و ژئوپلیتیک دست یافت.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مبانی نظری

ناترازی انرژی در ایران، به‌ویژه در بخش‌های پرمصرفی چون صنعت، به یکی از چالش‌های راهبردی توسعه پایدار و تحقق سیاست‌های کلان اقتصادی تبدیل شده است. این پدیده که به عدم تعادل ساختاری میان عرضه و تقاضای انرژی اشاره دارد، زمانی رخ می‌دهد که سرعت رشد تقاضا برای انرژی از ظرفیت تولید و تأمین آن فراتر می‌رود، به‌طوری‌که ساختار عرضه قادر به پاسخ‌گویی مستمر و کارآمد به نیازها نیست [۲۱]. این وضعیت، در ایران با توجه به چند مؤلفه تشدید می‌شود: وابستگی شدید به منابع فسیلی، پایین بودن بهره‌وری در فرآیندهای تولید و مصرف انرژی، فرسودگی زیرساخت‌های شبکه و هم‌زمان، رشد تقاضای ناشی از الگوی مصرف غیربهینه و نبود مدیریت تقاضامحور [۲۶]. در سطح ملی، تحلیل‌های اگزرژی و انرژی در صنایع مختلف ایران نشان داده‌اند که راندمان کلی سیستم‌های انرژی پایین و شدت مصرف انرژی بسیار بالا است، که این مسئله نقش مهمی در تعمیق شکاف انرژی ایفا می‌کند [۱۱]. پژوهش‌های داخلی نیز به‌وضوح نشان داده‌اند که ساختار مصرف انرژی در کشور (در بخش‌های خانگی، صنعتی و کشاورزی) به‌گونه‌ای است که هیچ تناسب پایداری میان میزان مصرف با ظرفیت تولید وجود ندارد و همین موضوع، ماهیت مزمن ناترازی انرژی را توضیح می‌دهد [۲۶]. در سطح بین‌المللی نیز ناترازی انرژی به‌عنوان یک پدیده قابل پیش‌بینی و حیاتی شناخته می‌شود. برای نمونه، در سناریوهای انرژی شرکت شل (۲۰۱۳)، ناترازی میان عرضه و تقاضا به‌عنوان یکی از بحران‌های پیش‌روی حکمرانی جهانی انرژی تحلیل شده است [۴۲]. از سوی دیگر، ابعاد اقتصادی و راهبردی این مسئله، اهمیت پیش‌بینی روندهای آینده انرژی را دوچندان می‌کند. از آنجا که سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انرژی نیازمند منابع مالی هنگفت و بازه‌های زمانی بلندمدت است، دستیابی به تعادل پایدار میان عرضه و تقاضا تنها با بهره‌گیری از تحلیل‌های آینده‌نگر امکان‌پذیر است [۲۷]. شرکت‌های فعال در حوزه انرژی و نهادهای سیاست‌گذار، برای اتخاذ تصمیم‌های سرمایه‌گذاری

1. Merchant
2. Balakrishnan
3. Yan
4. Brugger

و طراحی سیاست‌های اصلاحی، نیازمند دسترسی به تصویر دقیقی از الگوهای مصرف آینده، شناسایی عوامل تشدید ناترازی و درک روابط علّی میان آن‌ها هستند [۲۳].

مجموعه اقداماتی برای ترسیم و تجسم آینده بالقوه و برنامه‌ریزی برای آن‌ها آینده‌پژوهی است. تحقیقات آینده‌پژوهی را باید حوزه‌ای بین رشته‌ای دانست و با طیف گسترده‌ای از نظرات درباره آینده ارتباط دارد [۳۹]. آینده‌پژوهی منجر به پیش‌بینی و تحلیل روندها می‌گردد که این امر برای پیشبرد اهداف سازمان‌ها بسیار حائز اهمیت است. در واقع با پیش‌بینی فرآیندها می‌توان فرصت‌ها و تهدیدات موجود را ارزیابی کرد و بهترین تصمیم ممکن را اتخاذ نمود [۱۵]. آینده‌پژوهی با استفاده از ابزارهایی مانند سناریونویسی، امکان شناسایی گزینه‌های استراتژیک برای مقابله با پدیده‌ها از جمله ناترازی را فراهم می‌کند [۳۹]. در سناریونویسی تصمیم‌گیری‌های مهمی در برابر آینده‌های بدیل، صورت می‌پذیرد. طبق گفته وندل‌بل، تمامی تکنیک‌های آینده‌پژوهی مقدمه سناریونویسی هستند و قادرند که سناریو را خلق نمایند. در نتیجه رویکرد سناریونویسی را می‌توان شیوه‌ای برای خلاصه‌سازی خروجی‌های آینده‌پژوهی دانست [۴].

مقالات علمی به‌عنوان ابزاری برای اعتباربخشی به پژوهش‌ها، نیازمند ترکیب روش‌های نوین و تحلیل‌های دقیق هستند. استفاده از روش دیمتل در پیشینه پژوهش، الهام‌بخش ترکیب آن با روش‌های آینده‌پژوهی از جمله سناریونویسی است. جهت توصیف روابط درونی میان عوامل از روش دیمتل استفاده می‌شود، بدین صورت که خبرگان قادرند با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با تأثیرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. باید بیان داشت که ماتریس حاصله از روش دیمتل (ماتریس ارتباطات داخلی)، نشانگر رابطه علی و معلولی بین عوامل و همچنین اثرپذیری و اثرگذاری متغیرها است [۲، ۱۹]. بنابراین، دیمتل به عنوان یک ابزار تحلیل علّی- معلولی، توانایی شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر ناترازی انرژی را دارد. در این پژوهش، شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر آینده ناترازی انرژی و تحلیل روابط علّی میان آنها با دیمتل انجام می‌شود.

بنابراین، ناترازی انرژی در ایران را نه می‌توان صرفاً یک مسأله فنی یا مقطعی دانست و نه بدون تحلیل سیستمی و آینده‌نگر قابل حل است. این بحران چندبُعدی، به دلیل ماهیت ساختاری آن، نیازمند رویکردی تلفیقی در تحلیل و تصمیم‌سازی است؛ رویکردی که بتواند عوامل مؤثر را از منظر ساختار علّی–معلولی تحلیل کند و برای آینده‌های ممکن، سناریوهایی منسجم و واقع‌گرایانه تدوین نماید. با وجود پژوهش‌های متعدد در سطح بین‌المللی درباره اهمیت آینده انرژی در جهان، با این حال، پژوهش جامعی که مبتنی بر آینده‌پژوهی ناترازی انرژی با رویکرد سناریونویسی باشد و به‌شکلی همه‌جانبه به آینده ناترازی انرژی در ایران بپردازد یافت نشد. بنابراین، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکردهای دیمتل و سناریونویسی، نه‌تنها به تحلیل نظری آینده ناترازی انرژی در ایران می‌پردازد، بلکه راهکارهای عملی برای سیاست‌گذاران نیز ارائه می‌دهد.

پیشینه تحقیق

جهت شناسایی و استخراج پیشران‌های مرتبط با موضوع تحقیق، از روش مرور نظام‌مند استفاده شده است که بدین شرح است.

بخش اول: برای مرور نظام‌مند با هدف شناسایی و استخراج پیشران‌های کلیدی تأثیرگذار بر آینده ناترازی انرژی، سؤال اصلی مطالعه بدین شکل طراحی شده است: «چه آینده‌های ممکنی در ناترازی انرژی ترسیم و تشریح شده است و در پژوهش‌های گذشته به تدوین درآمده‌اند؟»

بخش دوم: در مطالعه حاضر برای به‌روز بودن اطلاعات تحقیقات گذشته، بازه زمانی ۵ ساله (۲۰۲۱ الی ۲۰۲۵) مد نظر گرفته شد.

بخش سوم: برای انتخاب پژوهش‌های گذشته، معیارهایی در نظر گرفته شد که بدین شرح است:

الف) معیارهای ورود:

- ✓ مقالات منتشرشده در مجلات معتبر علمی (شامل علمی‌پژوهشی داخلی، ISI، Scopus).
- ✓ مقالاتی که به پیشران‌های انرژی و ناترازی پرداخته‌اند.
- ✓ مقالاتی که از روش‌های علمی تجزیه و تحلیل آینده‌پژوهی (مانند سناریونویسی، تحلیل روند و مدل‌سازی) بهره برده‌اند.

ب) معیارهای خروج:

- ✓ مقالاتی که صرفاً به سیاست‌های کلی انرژی و ناترازی انرژی پرداخته‌اند.
- ✓ تحقیقاتی که بر فناوری‌های سنتی بهبود ناترازی یا غیرمرتبط با آینده‌پژوهی تمرکز داشته است.
- ✓ پژوهش‌هایی که داده‌های تحلیلی کافی برای استنتاج پیشران‌ها را نداشته‌اند.

بخش چهارم: از پایگاه‌های اطلاعاتی زیر استفاده شد:

الف) پایگاه‌های در سطح داخلی: Ganj, Magiran, Civilica, SID.

ب) پایگاه‌های در سطح بین‌المللی: Science Direct, Google Scholar, Scopus, Web of Science.

بخش پنجم: در این بخش برای یافتن تحقیقات مرتبط در پایگاه‌های اطلاعاتی از ترکیب کلیدواژه‌های زیر برای جستجوی پژوهش‌ها استفاده شد:

("Energy imbalance" OR "The future of energy imbalance") AND ("Energy imbalance scenarios" OR "Analyzing the trend of energy imbalance").

بخش ششم: غربال‌گری تحقیقات به‌صورت دو مرحله‌ای انجام شد:

الف) غربال‌گری اولیه: با بررسی عناوین و چکیده‌ها، مقالات تکراری و نامرتبط کنار گذاشته شد.

ب) غربال‌گری ثانویه: به‌منظور تأیید تناسب مقالات با سؤال پژوهش، بر روی مقالات براساس متن کامل بررسی دقیقی انجام گرفت.

پس از غربال‌گری از حدود ۶۱ پژوهش اولیه، تعداد ۲۷ پژوهش نهایی برای تجزیه و تحلیل انتخاب شد که هیچ کدام از این تحقیقات، به آینده‌پژوهی ناترازی انرژی در ایران با رویکرد تلفیقی دیمتل و سناریونویسی نپرداخته‌اند. بر همین اساس، مطابق با جدول ۱ نگاه کلی خواهیم داشت بر بعضی از مطالعات گذشته مرتبط با موضوع پژوهش.

جدول۱. پیشینه پژوهش

منبع	حوزه تمرکز	روش‌شناسی و ویژگی‌ها	نتایج اصلی	کاستی در مقایسه با پژوهش حاضر
باقری‌مقدم و همکاران (۱۴۰۳) [۳]	سیاست‌گذاری فناوری و شدت انرژی/کربن	تحلیل سناریوهای "مسیرهای معرف غلظت" و "مسیرهای مشترک اقتصادی اجتماعی" با تقلیل مقیاس از سطح بین‌المللی به ملی	شناسایی مسیرهای مواجهه با ناترازی انرژی و کربن در ایران	عدم تمرکز بر سناریونویسی ساختاری و فقدان تحلیل ساختار متقابل پیشران‌ها
حافظی و رحیمی‌راد (۱۴۰۳) [۲۱]	مشارکت اجتماعی و انرژی	مطالعه کیفی پدیدارشناسی با رویکرد آینده‌نگاری	تحلیل نقش پذیرش اجتماعی در کاهش ناترازی انرژی	بدون تدوین سناریو، فاقد پیشران‌های ساختاری کلان و فاقد ابزارهای کمی
ابراهیمی‌نزهمی و همکاران (۱۴۰۳) [۱۴]	پیش‌بینی روند مصرف برق	استفاده از رگرسیون، شبکه عصبی و سایر مدل‌های آماری	پیش‌بینی دقیق مصرف برق در آینده با توجه به شدت انرژی	محدود به پیش‌بینی برق، فاقد دید کلان سناریویی و تحلیل علّی متقابل
نصراصفهانی و همکاران (۱۴۰۰) [۳۷]	سناریونگاری آینده انرژی ایران	ترکیب رویکرد درون‌قالبی و تحلیل ریخت‌شناسی	تدوین ۳ سناریو با تمرکز بر تحریم و بازار انرژی	استفاده از رویکرد ذهنی/کیفی، عدم بهره‌گیری از ابزارهای ساختاری کمی مانند MICMAC یا سناریوویزارد
حافظی و همکاران (۱۴۰۰) [۲۰]	تأمین انرژی ایران در افق ۱۴۲۰	تحلیل روندهای جهانی و داده‌های ملی با مشارکت خبرگان	تمرکز بر سناریوهای تأمین انرژی و خطرات زیست‌محیطی	سناریوها مبتنی بر نظرات کیفی خبرگان، بدون تحلیل ساختاری پیشران‌ها

منبع	حوزه تمرکز	روش‌شناسی و ویژگی‌ها	نتایج اصلی	کاستی در مقایسه با پژوهش حاضر
مرچانت و همکاران[1] (۲۰۲۵) [۳۴]	شاخص عدم تعادل انرژی جهانی (EEI)	تحلیل روند با استفاده از سناریوهای اقلیمی آینده	پیش‌بینی تسریع گرمایش زمین و تأکید بر کاهش سوخت فسیلی	فاقد تمرکز ملی/ بومی و بدون چارچوب سناریونویسی در سطح ایران
بالاک‌ریشنان و همکاران[2] (۲۰۲۴) [۶]	انرژی سبز و شبکه‌های هوشمند	مدل‌سازی بهینه‌سازی ترکیبی ترافیک و انرژی در شبکه‌های سبز	استراتژی اشتراک انرژی CASE و استفاده از تامین برق تجدیدپذیر ایستگاه‌های پایه	کاربرد محدود برای سیاست‌گذاری کلان، فاقد سناریونویسی ملی یا پیشران‌های کلان
یان و همکاران[3] (۲۰۲۳) [۳]	سیستم‌های یکپارچه انرژی با انرژی تجدیدپذیر	مدل‌سازی ترکیبی بهینه‌سازی ظرفیت و عملیات تحت عدم قطعیت	ارتقای انعطاف‌پذیری سیستم انرژی در سناریوهای تصادفی	تمرکز بر تکنولوژی و مدل‌سازی عددی، فاقد جهت‌گیری سیاست‌گذاری انرژی در ایران
بروگر و همکاران[4] (۲۰۲۱) [۴۵]	روندهای اجتماعی و تقاضای انرژی در اروپا	سناریونویسی با تحلیل روندهای اجتماعی و تدوین ۵ سناریو	تأثیر روندهای کارآمد و ناکارآمد اجتماعی بر مصرف انرژی	فاقد بومی‌سازی برای ایران و تحلیل ساختاری علّی میان پیشران‌ها

حال، بررسی پیشینه پژوهش نشان داد که تاکنون هیچ مطالعه‌ای به‌طور خاص، چارچوبی جامع و ساختاریافته برای تحلیل آینده ناترازی انرژی با تلفیق روش‌های دیمتل و سناریونویسی ارائه نکرده است. اگرچه برخی پژوهش‌ها به بررسی سیاست‌ها، تحلیل روند مصرف یا مدل‌سازی‌های عمومی انرژی پرداخته‌اند، اما تمرکز مستقیم و آینده‌نگر بر مسئله ناترازی، آن هم با تکیه بر روش‌های علّی و سناریونویسی، در ادبیات علمی جای خالی دارد. از این‌رو، پژوهش حاضر با نگاهی جامع، نظام‌مند و آینده‌محور به تحلیل ناترازی انرژی در ایران، در پی پرکردن این شکاف تحلیلی است. تمرکز اصلی این تحقیق، شناسایی و تعیین پیشران‌های کلیدی و تأثیرگذار در آینده ناترازی انرژی طی یک دهه آتی و تدوین سناریوهای بدیل و باورپذیر برای مسیرهای ممکن این پدیده است. این اقدام در راستای طراحی سیاست‌های مؤثر برای مواجهه با چالش ناترازی، دستیابی به تعادل پایدار میان عرضه و تقاضا و تحقق امنیت انرژی در سطح ملی صورت می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، این پژوهش تلاش می‌کند تا با ارائه یک چارچوب پیشنهادی ترکیبی و ترسیم آینده‌های محتمل، بستری را برای برنامه‌ریزی استراتژیک و سیاست‌گذاری آگاهانه در حوزه انرژی کشور فراهم آورد. از این طریق، ضمن کاهش عدم قطعیت‌ها و پیچیدگی‌های موجود در نظام انرژی، می‌توان به توسعه پایدار، کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و اصلاح سیاست‌های تأمین و مصرف انرژی در ایران کمک کرد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این مطالعه از منظر هدف کاربردی و از نوع آمیخته است؛ همچنین، از نظر چگونگی گردآوری داده‌ها از مجموعه تحقیقات توصیفی- پیمایشی به‌شمارمی‌آید. با هدف شناسایی و تحلیل ساختاری پیشران‌های تأثیرگذار بر ناترازی انرژی آینده در ایران و توسعه سناریوهای کلیدی، این پژوهش از رویکرد مروری بر ادبیات موضوعی و روش مقایسه زوجی با استفاده از تکنیک دیمتل در محیط اکسل و تحلیل اثرات متقابل با نرم‌افزار سناریو ویزارد بهره گرفته است. با توجه به ماهیت تخصصی پژوهش و تمرکز آن بر تحلیل ساختاری پیشران‌های ناترازی انرژی با استفاده از روش‌های آینده‌پژوهانه، جامعه آماری تحقیق را خبرگان دارای تجربه و دانش عمیق در حوزه انرژی و آینده‌پژوهی تشکیل دادند. از آنجا که تعداد افراد واجد شرایط با چنین ویژگی‌هایی محدود است، از روش نمونه‌گیری غیراحتمالی هدفمند (قضاوتی) استفاده شد؛ روشی که در مطالعات آینده‌پژوهی و سناریونویسی، به‌ویژه در مواردی که تحلیل‌ها بر پایه قضاوت خبرگان انجام می‌شود، از اعتبار علمی بالایی برخوردار است.

- ملاک‌های انتخاب خبرگان پژوهش شامل موارد زیر بود:

1. Merchant et al.
2. Balakrishnan et al.
3. Yan et al.
4. Brugger et al.

– دارا بودن حداقل مدرک کارشناسی ارشد در یکی از حوزه‌های انرژی، آینده‌پژوهی، اقتصاد، مهندسی یا سیاست‌گذاری؛
– حداقل پنج سال سابقه تخصصی در زمینه تحلیل، سیاست‌گذاری یا برنامه‌ریزی انرژی؛
– مشارکت در پروژه‌های پژوهشی، مشاوره‌ای یا مدیریتی مرتبط با چشم‌انداز انرژی کشور.

با استناد به مطالعات گذشته که حضور ۹ تا ۱۸ نفر خبره را برای تحلیل‌های ساختاری و سناریونویسی کافی می‌دانند [۳۸] و بر مبنای نقطه اشباع نظری، در نهایت ۱۲ نفر خبره به شرح ذیل انتخاب شدند.

- ۲ نفر از مدیران ارشد وزارت نیرو و شرکت توانیر (با سابقه در تدوین اسناد بالادستی انرژی)؛
- ۱ نفر از مدیران شرکت تولید نیروی برق حرارتی (متخصص در بهره‌برداری نیروگاهی و تحلیل مصرف سوخت)؛
- ۲ نفر از کارشناسان ارشد ساتبا (با تمرکز بر سیاست‌گذاری انرژی‌های تجدیدپذیر و مدیریت بار)؛
- ۳ نفر از مشاوران ارشد شرکت‌های خصوصی و پروژه‌های ملی انرژی؛
- ۴ نفر از اعضای هیأت علمی دانشگاه‌ها در حوزه‌های آینده‌پژوهی، اقتصاد انرژی و مهندسی انرژی.

این افراد دارای میانگین سابقه کاری حدود ۱۱ سال و مدارک تحصیلی در سطوح کارشناسی‌ارشد تخصصی و دکتری حرفه‌ای بودند. تخصص‌های آنها شامل برنامه‌ریزی راهبردی انرژی، بهره‌وری، فناوری نیروگاه‌ها، مدل‌سازی سناریویی و تحلیل تقاضا بود. این ترکیب متنوع و متوازن از نظر تجربه میدانی، دیدگاه‌های دانشگاهی و جایگاه سازمانی، پشتوانه‌ای معتبر برای تحلیل علّی پیشران‌ها و تدوین سناریوهای جامع پژوهش محسوب می‌شود و به اطمینان از جامعیت، دقت و واقع‌گرایی نتایج پژوهش کمک شایانی کرده است.

در پژوهش حاضر، با بهره‌گیری از مطالعات کتابخانه‌ای (فیش‌برداری، کتب، پایان‌نامه‌ها و مقالات مرتبط) و مطالعات میدانی (مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و پرسشنامه) نسبت به جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعاتی که احتیاج بود، اقدام گردید. پرسشنامه‌های تحقیق (مطابق با پیوست) شامل سه پرسشنامه «الف»، «ب» و «ج» به شرح ذیل است:

پرسشنامه «الف»: در این پرسشنامه میزان اهمیت و عدم قطعیت پیشران‌هایی که در ناترازی انرژی به‌واسطه مطالعات یافت شده‌اند، با استفاده از طیف لیکرت پنج‌تایی توسط خبرگان تعیین می‌شود.

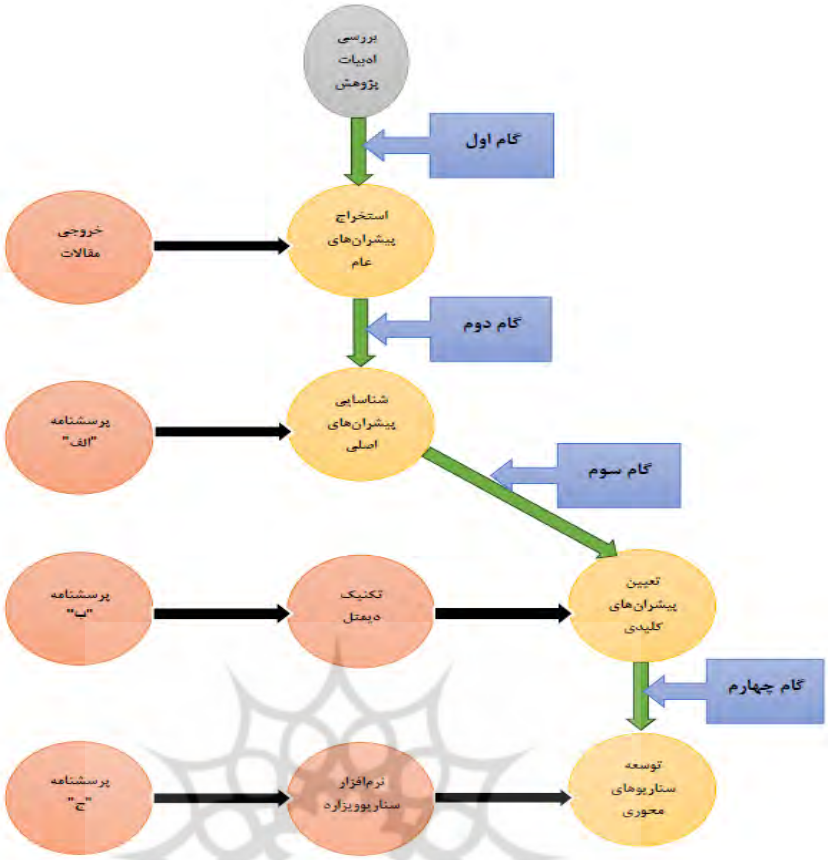
پرسشنامه «ب»: پرسشنامه دوم مربوط به تحلیل روش دیمتل است که پیشران‌های اصلی (دارای میزان اهمیت و عدم قطعیت بالا) را از طریق تحلیل روابط علت و معلولی مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

پرسشنامه «ج»: پرسشنامه سوم در ارتباط با تحلیل اثرات متقابل (سناریوویزارد[۱]) است که پیشران‌های کلیدی خروجی از روش دیمتل را به جهت تدوین سناریوهای محوری مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

در ادامه، چارچوب انجام پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است که مراحل انجام آن در بخش یافته‌های پژوهش به‌صورت تفصیلی شرح داده خواهد شد تا روند انجام پژوهش و تحلیل داده‌ها به‌طور کامل تعیین شود.

پرتال جامع علوم انسانی

۱. Scenario Wizard



شکل ۱: چارچوب پژوهش

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

استخراج پیشران‌های عام. در گام نخست، لازم است تا پیشران‌های عام در حوزه ناترازی انرژی استخراج شوند. در همین راستا، از روش کدگذاری دستی[1] مبتنی بر چارچوب مفهومی اولیه [۳۶]، بدین‌صورت استفاده شد: ابتدا، با مرور متون حوزه آینده‌پژوهی انرژی و ادبیات بین‌المللی، چارچوبی مفهومی با ۴ دسته کلی پیشران‌ها شامل: ساختاری- فناورانه، سیاستی- حاکمیتی، اقتصادی- مصرفی و اجتماعی- رفتاری تعریف شد. سپس، متن کامل ۲۷ مقاله منتخب به‌صورت دقیق توسط دو پژوهشگر، به‌طور مستقل بررسی شد و مفاهیم کلیدی، تکرارشونده یا دارای برجستگی تحلیلی استخراج شد؛ این مفاهیم در چارچوب پیشنهادی دسته‌بندی و با یکدیگر تطبیق داده شد تا هم‌گرایی مفهومی و کفایت تکرار مفاهیم تأیید شود؛ در نهایت، لیستی از پیشران‌های پرتکرار و عام به شرح جدول ۲ یافت شد.

جدول ۲. استخراج پیشران‌های عام

پیشران عام	منبع
ساختار حکمرانی و سیاست انرژی	[۳۳،۲۱،۵،۳]
چالش‌های مالی و اقتصادی	[۲۹،۲۴،۲۱،۵]
نوآوری و فناوری‌های انرژی	[۲۱،۱۳،۵]
اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع انرژی	[۴۰،۱۱،۱]
ذخایر سوخت‌های فسیلی	[۳۷،۲۴]

1. Manual Framework Coding

منبع	پیشران عام
[۳۰،۱۷،۳]	امنیت ملی
[۳۷،۳۰،۲۴]	زنجیره‌های تأمین در بخش انرژی
[۳۰،۲۴]	همکاری‌های منطقه‌ای
[۳۲،۱۶،۱۴]	روند تغییرات تقاضای انرژی
محقق ساخته	تحولات اجتماعی و الگوی مصرف انرژی
[۲۶،۲۰،۵]	سرمایه‌گذاری و زیرساخت‌های انرژی
محقق ساخته	نقش بخش خصوصی در بازار انرژی
[۳۲،۲۰،۱۶]	تنوع‌بخشی به منابع انرژی
محقق ساخته	بهره‌وری انرژی
[۳۲،۲۴،۲۱]	حکمرانی مشارکتی در بخش انرژی
[۲۲،۱۶]	جایگاه ایران در ژئوپلیتیک انرژی
[۲۱،۱۶]	تحریم‌های بین‌المللی
[۴۶،۳۷]	میزان صادرات
محقق ساخته	نظام قیمت‌گذاری و یارانه‌های انرژی
[۲۱،۲۰،۳]	رشد و توسعه بازارهای انرژی
[۴۵،۲۶،۱]	پایداری زیست‌محیطی
[۴۵،۱۶]	ظرفیت ذخیره‌سازی و مدیریت تقاضا

شناسایی پیشران‌های اصلی (تعیین میزان اهمیت و عدم‌قطعیت). در این گام از تجزیه و تحلیل داده‌ها پرسشنامه «الف» با طیف لیکرت[1] پنج‌تایی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به میزان اهمیت و میزان عدم‌قطعیت، تعدادی پیشران استخراج می‌شود که در واقع پیشران‌های اصلی پژوهش به‌شمار می‌روند. از ضریب آلفای کرونباخ[2] برای مشخص نمودن پایایی پرسشنامه استفاده شد که مقدار به‌دست آمده ۸۸ درصد نشانگر این امر است که ابـزار جمع‌آوری داده‌ها، پایایی مناسبی دارد. با توجه به اینکه بازه نمره‌دهی بین ۱ تا ۵ است، براین اساس پیشران‌هایی که دارای میانگین بالای ۳ (هم‌زمان در میزان اهمیت و میزان عدم قطعیت) هستند، از اهمیت و عدم قطعیت بالاتری نسبت به دیگر پیشران‌ها برخوردارند که در واقع این خروجی‌ها، پیشران‌های اصلی در پژوهش هستند [۴۳]. در جدول ۳ پیشران‌های اصلی مشهود است.

جدول ۳. پیشران‌های مربوط به تکنیک دیمتل

نماد	پیشران‌های اصلی
VAR۰۱	ساختار حکمرانی و سیاست‌گذاری انرژی
VAR۰۲	چالش‌های مالی و اقتصادی
VAR۰۳	نوآوری و فناوری‌های انرژی
VAR۰۴	اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع انرژی
VAR۰۵	همکاری‌های منطقه‌ای
VAR۰۶	تحولات اجتماعی و الگوی مصرف انرژی
VAR۰۷	سرمایه‌گذاری و زیرساخت‌های انرژی
VAR۰۸	تنوع‌بخشی به منابع انرژی
VAR۰۹	بهره‌وری انرژی
VAR۱۰	تحریم‌های بین‌المللی

1. Likert scale
2. Cronbach's alpha coefficient

نماد	پیشران‌های اصلی
VAR۱۱	میزان صادرات
VAR۱۲	نظام قیمت‌گذاری و یارانه‌های انرژی

تعیین پیشران‌های کلیدی با استفاده از تکنیک دیمتل. در این بخش از تجزیه و تحلیل داده‌ها پیشران‌های اصلی به‌صورت مقایسات زوجی در پرسشنامه «ب» مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند و روابط میان ۱۲ متغیر در یک ماتریس ۱۲×۱۲ مطابق جدول ۴ تشکیل می‌شود. لازم به‌ذکر است که الگوی نمره‌دهی از ۰ تا ۴ است.

جدول ۴. ماتریس ارتباط مستقیم

X	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12
V۰۱	۰	۳	۳	۲	۳	۲	۴	۳	۴	۳	۳	۴
V۰۲	۳	۰	۲	۱	۲	۱	۳	۲	۳	۳	۲	۴
V۰۳	۲	۲	۰	۱	۱	۱	۲	۳	۴	۱	۱	۲
V۰۴	۱	۱	۱	۰	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۱	۱
V۰۵	۲	۲	۲	۱	۰	۱	۲	۲	۲	۲	۳	۲
V۰۶	۲	۲	۱	۲	۱	۰	۱	۱	۳	۱	۱	۳
V۰۷	۳	۳	۳	۱	۲	۱	۰	۲	۳	۲	۲	۳
V۰۸	۲	۲	۳	۲	۲	۱	۲	۰	۳	۱	۱	۲
V۰۹	۲	۳	۳	۲	۱	۳	۲	۲	۰	۱	۱	۳
V۱۰	۳	۳	۲	۱	۳	۱	۳	۱	۲	۰	۳	۳
V۱۱	۱	۲	۱	۱	۳	۱	۲	۱	۱	۲	۰	۲
V۱۲	۳	۴	۲	۱	۲	۳	۳	۲	۴	۲	۲	۰

در ادامه باید ماتریس روابط مستقیم را نرمالیزه[۱] کرد. برای نرمال سازی ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط مستقیم محاسبه می‌شود. بزرگترین عدد مجموع سطرها و ستون‌ها (رابطه ۱) با k نمایش داده خواهد شد. برای نرمال سازی (رابطه ۲) باید تک‌تک درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم بر k تقسیم شود. نتایج در جدول ۵ ارائه شده است.

$$k = max\{max \sum_{j=1}^{n} x_{ij}, \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\}$$

$$N = \frac{1}{k} * X$$

رابطه (۱) و (۲)

جدول ۵. ماتریس نرمالیزه

N	Var۰۱	Var۰۲	Var۰۳	Var۰٤	Var۰٥	Var۰٦	Var۰۷	Var۰۸	Var۰۹	Var۱۰	Var۱۱	Var۱۲
Var۰۱	۰	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۱۱۷۶	۰.۰۸۸۲	۰.۱۱۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۱۱۷۶
Var۰۲	۰.۰۸۸۲	۰	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۱۱۷۶
Var۰۳	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۱۱۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸
Var۰۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۹	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴
Var۰۵	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۹	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸
Var۰۶	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲
Var۰۷	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲
Var۰۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰	۰.۰۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸

۱. Normalized

N	Var۰۱	Var۰۲	Var۰۳	Var۰٤	Var۰۵	Var۰٦	Var۰۷	Var۰۸	Var۰۹	Var۱۰	Var۱۱	Var۱۲
Var۰۹	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲
Var۱۰	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۹	۰	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲
Var۱۱	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹۴	۰.۰۸۸۲	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۲۹	۰.۰۵۸۸	۰	۰.۰۵۸۸
Var۱۲	۰.۰۸۸۲	۰.۱۱۷۶	۰.۰۵۸۸	۰.۰۲۹۴	۰.۰۵۸۸	۰.۰۸۸۲	۰.۰۸۸۲	۰.۰۵۸۸	۰.۱۱۸	۰.۰۵۸۸	۰.۰۵۸۸	۰

پس از آن نوبت به محاسبه ماتریس T می‌رسد. برای محاسبه ماتریس ارتباط کامل، ابتدا یک ماتریس همانی ۱۲×۱۲ تشکیل می‌شود. سپس این ماتریس همانی را با ماتریس نرمالیزه، تفریق کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. ماتریس نرمال در ماتریس حاصل ضرب (رابطه ۳) می‌شود تا ماتریس ارتباط کامل بدست آید. ماتریس T در جدول ۶ مشهود است.

$$T = N \times (I - N)^{-1}$$ رابطه (۳)

جدول ۶: ماتریس ارتباط کامل

T	Var۰۱	Var۰۲	Var۰۳	Var۰٤	Var۰۵	Var۰٦	Var۰۷	Var۰۸	Var۰۹	Var۱۰	Var۱۱	Var۱۲
Var۰۱	۰.۱۹۳	۰.۲۹۹	۰.۲۶۸۷	۰.۱۷۳۷	۰.۲۴۶۲	۰.۱۹۵۱	۰.۳۰۷۵	۰.۲۴۹۳	۰.۳۴۹۷	۰.۲۳۴۴	۰.۲۳۹۵	۰.۳۳۵۶
Var۰۲	۰.۲۳۷۷	۰.۱۷۷	۰.۲۰۶۹	۰.۱۲۳۵	۰.۱۸۹۶	۰.۱۴۲۱	۰.۲۴۵۳	۰.۱۹۰۵	۰.۲۷۷۵	۰.۲۰۶۱	۰.۱۸۴۴	۰.۲۹۲۳
Var۰۳	۰.۱۷۳۵	۰.۱۸۹۱	۰.۱۱۷۸	۰.۱۰۳۷	۰.۱۲۸	۰.۱۱۶۶	۰.۱۷۸۳	۰.۱۸۶۶	۰.۲۵۸۶	۰.۱۲۱۳	۰.۱۲۲۹	۰.۱۹۶۷
Var۰۴	۰.۱۰۷۸	۰.۱۱۷۹	۰.۱۰۶۳	۰.۰۵۱۳	۰.۰۹۵۷	۰.۱۱۴۶	۰.۱۱۰۲	۰.۱۲۵	۰.۱۵۶۵	۰.۰۹۰۴	۰.۰۹۲۳	۰.۱۲۳۸
Var۰۵	۰.۱۷۶۶	۰.۱۹۲۶	۰.۱۷۳۴	۰.۱۰۳۴	۰.۱۰۶۳	۰.۱۱۵۸	۰.۱۸۳۲	۰.۱۶۱۵	۰.۲۰۷۹	۰.۱۵۳۴	۰.۱۸۳	۰.۲۰۰۳
Var۰۶	۰.۱۶۱۵	۰.۱۷۶۲	۰.۱۳۱۶	۰.۱۲۲۶	۰.۱۱۸۱	۰.۰۸۱۳	۰.۱۳۹۸	۰.۱۲۲۲	۰.۲۱۷۳	۰.۱۱۳۳	۰.۱۱۴۸	۰.۲۰۸۹
Var۰۷	۰.۲۲۹۶	۰.۲۴۸۷	۰.۲۲۵۹	۰.۱۱۹۵	۰.۱۸۲۱	۰.۱۳۶۲	۰.۱۵۵۸	۰.۱۸۵۹	۰.۲۶۹۵	۰.۱۷۴۱	۰.۱۷۷۱	۰.۲۵۸۳
Var۰۸	۰.۱۷۶۱	۰.۱۹۱۳	۰.۲۰۰۸	۰.۱۳۱۱	۰.۱۵۶۷	۰.۱۱۸	۰.۱۸۱۱	۰.۱۰۸۶	۰.۲۳۶۸	۰.۱۲۴۲	۰.۱۲۶۷	۰.۱۹۹
Var۰۹	۰.۱۸۸۳	۰.۲۳۰۱	۰.۲۰۹۱	۰.۱۳۸۳	۰.۱۳۹۳	۰.۱۷۹۴	۰.۱۹۲۲	۰.۱۷۲۴	۰.۱۷۱۴	۰.۱۳۳۵	۰.۱۳۴۶	۰.۲۳۹۸
Var۱۰	۰.۲۲۹۶	۰.۲۴۸۶	۰.۱۹۸۱	۰.۱۱۷۸	۰.۲۱۰۸	۰.۱۳۴۵	۰.۲۳۷۷	۰.۱۵۸	۰.۲۴۰۷	۰.۱۲۰۹	۰.۲۰۶۵	۰.۲۵۸۲
Var۱۱	۰.۱۲۹۸	۰.۱۶۸	۰.۱۲۴۸	۰.۰۸۸۶	۰.۱۶۹۳	۰.۰۹۹۴	۰.۱۶	۰.۱۱۵۱	۰.۱۵۳۴	۰.۱۳۶۸	۰.۰۸۵۱	۰.۱۷۴
Var۱۲	۰.۲۴۵۲	۰.۲۹۱۱	۰.۲۱۴۱	۰.۱۳۰۴	۰.۱۹۳۹	۰.۲۰۰۲	۰.۲۵۱۵	۰.۱۹۷۳	۰.۳۱۳۴	۰.۱۸۶۱	۰.۱۸۸۶	۰.۱۹۷۶

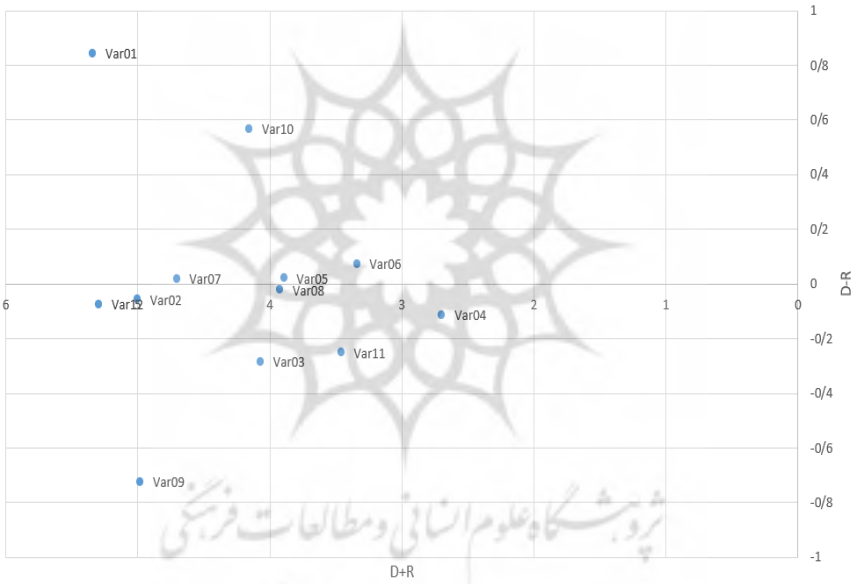
در ادامه نمودار عِلّی تشکیل می‌شود. در این بخش جمع عناصر سطر و ستون ماتریس ارتباط کامل (T) محاسبه و به صورت زیر تحلیل می‌شود [۳۱]:

- جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است (میزان تاثیر گذاری متغیرها).
- جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل های سیستم است (میزان تاثیرپذیری متغیرها).
- بنابراین بردار افقی (D + R) میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.
- بردار عمودی (D – R) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D – R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علت محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود.

با توجه به جدول عِلّی (جدول ۷) و نمودار عِلّی (شکل ۲) متغیرهای ۱ و ۶ و ۵ و ۷ و ۱۰ به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار شناخته می‌شوند و در واقع پیشران‌های کلیدی پژوهش حاضر هستند و متغیرهای متغیرهای ۲ و ۳ و ۴ و ۸ و ۹ و ۱۱ و ۱۲ به‌منزله متغیرهای تأثیرپذیر به‌شمار می‌روند.

جدول ۷: جدول علّی پیشران‌ها

جدول علّی	D	R	D+R	D–R
Var۰۱	۳.۰۹۱۷	۲.۲۴۸۷	۵.۳۴۰۴	۰.۸۴۳
Var۰۲	۲.۴۷۲۹	۲.۵۲۹۶	۵.۰۰۲۵	−۰.۰۵۶۷
Var۰۳	۱.۸۹۲۹	۲.۱۷۷۴	۴.۰۷۰۳	−۰.۲۸۴۴
Var۰۴	۱.۲۹۱۹	۱.۴۰۳۹	۲.۶۹۵۸	−۰.۱۱۲
Var۰۵	۱.۹۵۷۴	۱.۹۳۵۹	۳.۸۹۳۳	۰.۰۲۱۵
Var۰۶	۱.۷۰۷۵	۱.۶۳۳۱	۳.۳۴۰۶	۰.۰۷۴۴
Var۰۷	۲.۳۶۲۷	۲.۳۴۲۵	۴.۷۰۵۲	۰.۰۲۰۲
Var۰۸	۱.۹۵۰۳	۱.۹۷۲۳	۳.۹۲۲۶	−۰.۰۲۲۱
Var۰۹	۲.۱۲۸۴	۲.۸۵۲۹	۴.۹۸۱۲	−۰.۷۲۴۵
Var۱۰	۲.۳۶۱۴	۱.۷۹۴۴	۴.۱۵۵۸	۰.۵۶۶۹
Var۱۱	۱.۶۰۴۳	۱.۸۵۵۶	۳.۴۵۹۹	−۰.۲۵۱۲
Var۱۲	۲.۶۰۹۳	۲.۶۸۴۴	۵.۲۹۳۶	−۰.۰۷۵۱



شکل ۲. نمودار علّی پیشران‌ها

سناریونویسی در سناریوویزارد. در این مرحله، پنج پیشران کلیدی مطابق با جدول ۸ که در واقع سناریوهای پژوهش، حول محور این پنج پیشران تدوین می‌شوند، بایستی وارد نرم‌افزار سناریو ویزارد شوند.

جدول ۸. پیشران‌های کلیدی

نماد	پیشران کلیدی
A	ساختار حکمرانی و سیاست‌گذاری انرژی
B	تحریم‌های بین‌المللی
C	تحولات اجتماعی و الگوی مصرف انرژی
D	همکاری‌های منطقه‌ای
E	سرمایه‌گذاری و زیرساخت‌های انرژی

در ادامه برای هر یک از این نیروهای محرکه تعدادی وضعیت که مربوط به آینده‌های باورپذیر (بدیل)، که معرف نیروهای محرکه در کشور ایران است، مطرح می‌شود. در واقع هر یک از این وضعیت‌ها نقش یک متغیر را برای نرم‌افزار سناریوویزارد ایفا می‌کنند که هر کدام از آنها زیرمجموعه‌ای از یک پیشران محسوب می‌شوند. برای هر پیشران، سه وضعیت آینده محتمل تعریف شد که نمایان‌گر طیفی از مطلوب (تحقق کامل)، ایستا (رکود) و بحرانی (نامطلوب) هستند. محتوای کیفی هر وضعیت با رجوع به اسناد بالادستی ایران (مانند برنامه هفتم پیشرفت و سیاست‌های کلی انرژی)، نظرات خبرگان و همچنین مقالات مروری منتخب از پیشینه پژوهش، تدوین شد. جداول ۹ الی ۱۳ وضعیت هر یک از پنج پیشران کلیدی را نشان می‌دهند.

جدول ۹. وضعیت‌های مربوط به پیشران ساختار حکمرانی و سیاست‌گذاری انرژی (A)

علامت	وضعیت	درجه مطلوبیت	شرح وضعیت
A۱	سبز	مطلوب	حکمرانی یکپارچه و کارآمد در سیاست‌گذاری بخش انرژی
A۲	زرد	ایستا	ناتوانی نهادی در مدیریت کلان انرژی
A۳	قرمز	بحرانی	ضعف ساختاری و فقدان چارچوب سیاستی در حوزه سیاست‌گذاری انرژی

جدول ۱۰. وضعیت‌های مربوط به پیشران تحریم‌های بین‌المللی (B)

علامت	وضعیت	درجه مطلوبیت	شرح وضعیت
B۱	سبز	مطلوب	تاب‌آوری صنعت انرژی در برابر تحریم‌ها
B۲	زرد	ایستا	تحریم‌های گزینشی بر بخش‌های خاص انرژی
B۳	قرمز	بحرانی	تحریم‌های فراگیر و فلج‌کننده بر زنجیره ارزش انرژی

جدول ۱۱. وضعیت‌های مربوط به پیشران تحولات اجتماعی و الگوی مصرف انرژی (C)

علامت	وضعیت	درجه مطلوبیت	شرح وضعیت
C۱	سبز	مطلوب	بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی از طریق فرهنگ‌سازی و ارتقای رفتارهای اجتماعی
C۲	زرد	ایستا	تأثیر محدود سیاست‌های کلان بر بهینه‌سازی مصرف انرژی
C۳	قرمز	بحرانی	ناکامی در تغییر الگوی مصرف انرژی

جدول ۱۲: وضعیت‌های مربوط به پیشران همکاری‌های منطقه‌ای (D)

علامت	وضعیت	درجه مطلوبیت	شرح وضعیت
D۱	سبز	مطلوب	همکاری‌های منطقه‌ای گسترده در بخش انرژی
D۲	زرد	ایستا	همکاری‌های منطقه‌ای محدود و ناکافی در بخش انرژی
D۳	قرمز	بحرانی	عدم همکاری و تنش در حوزه انرژی منطقه‌ای

جدول ۱۳. وضعیت‌های مربوط به پیشران سرمایه‌گذاری و زیرساخت‌های انرژی (E)

علامت	وضعیت	درجه مطلوبیت	شرح وضعیت
E۱	سبز	مطلوب	توسعه زیرساخت‌های مدرن انرژی با سرمایه‌گذاری‌های کلان
E۲	زرد	ایستا	نارسایی زیرساخت‌های انرژی به دلیل محدودیت سرمایه‌گذاری
E۳	قرمز	بحرانی	بحران زیرساخت‌های انرژی ناشی از عدم سرمایه‌گذاری

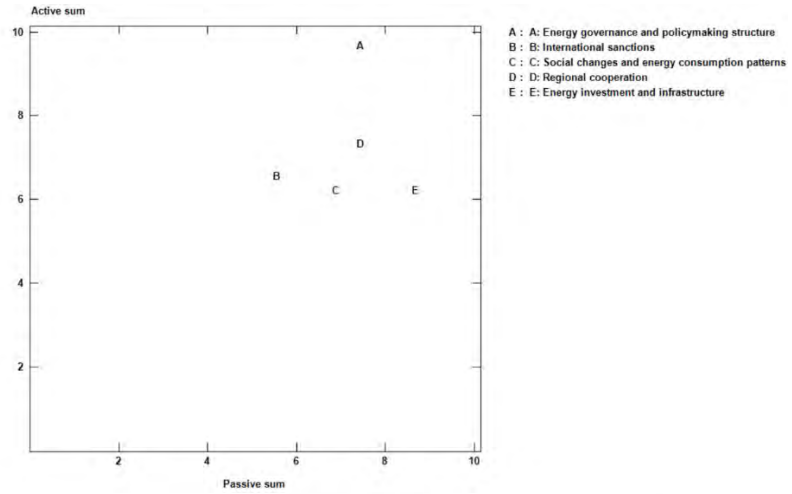
در ادامه، براساس وضعیت‌های مختلف هر یک از پیشران‌ها باید پرسشنامه «ج» که به ماتریس اثر متقابل معروف است، مطابق با جدول ۱۴ توسط خبرگان تکمیل شود تا داده‌های مورد نظر برای نرم‌افزار سناریوویزارد، ساخته شود.

جدول ۱۴. روابط اثرگذاری ماتریس اثرات متقابل

	A			B			C			D			E		
	A۱	A۲	A۳	B۱	B۲	B۳	C۱	C۲	C۳	D۱	D۲	D۳	E۱	E۲	E۳
A: Energy governance and policymaking structure															
A۱: Integrated and efficient governance in energy sector policymaking				۲	۰	-۲	۳	۱	-۲	۳	-۱	-۳	۳	-۲	-۳
A۲: Institutional Inability to Manage Macro Energy				-۲	۰	۳	-۳	-۲	۳	-۳	۲	۳	-۳	۲	۳
A۳: Structural weakness and lack of policy framework in the field of energy policymaking				-۳	-۱	۳	-۳	-۳	۳	-۳	۲	۳	-۳	۳	۳
B: International sanctions															
B۱: Energy industry resilience to sanctions	۳	۱	-۱				۲	۱	-۱	۲	۱	-۱	۲	۱	-۱
B۲: Selective sanctions on specific energy sectors	۱	۱	-۱				۱	۱	-۱	۱	-۱	۲	۱	-۱	۲
B۳: Comprehensive and crippling sanctions on the energy value chain	-۳	-۲	۳				-۲	-۱	۲	-۳	۱	۳	-۳	۲	۳
C: Social changes and energy consumption patterns															
C۱: Optimizing energy consumption patterns through culture building and promoting social behaviors	۳	۱	-۱	۲	۱	-۱				۲	-۱	۱	۳	۱	-۱
C۲: The limited impact of macro policies on optimizing energy consumption	۱	۰	-۱	۱	۰	-۱				۱	-۱	-۱	۱	-۱	-۲
C۳: Failure to change energy consumption patterns	-۳	-۲	۳	-۲	-۱	۲				-۳	۱	-۲	-۳	-۲	۳
D: Regional cooperation															
D۱: Extensive regional cooperation in the energy sector	۳	-۲	-۳	۲	۱	-۲	۲	۱	-۱				۳	-۲	-۳
D۲: Limited and insufficient regional cooperation in the energy sector	-۱	۱	۲	-۱	-۱	۱	-۱	-۱	۱				-۱	۱	۲
D۳: Lack of cooperation and tension in the regional energy sector	-۳	۳	۳	-۲	-۱	۲	-۲	-۱	۲				-۳	۲	۳
E: Energy investment and infrastructure															
E۱: Developing modern energy infrastructure with large investments	۳	۱	-۱	۲	۱	-۱	۳	۱	-۱	۲	-۱	-۲			
E۲: Insufficient energy infrastructure due to investment constraints	۱	۰	-۱	۰	۰	-۱	۱	۰	-۱	۱	-۱	۱			
E۳: Energy infrastructure crisis due to lack of investment	-۳	-۲	۳	-۲	-۱	۲	-۳	-۲	۳	-۳	۲	۳			

از نتایج نرم‌افزار سناریوویزارد، شبکه سیستم سناریو است. دلیل اهمیت شبکه سیستم سناریو این است که میزان کیفیت سناریوها را بیان می‌دارد. بدین شکل که مطابق با استانداردی که برای نرم‌افزار بیان شده است، اگر پیشران‌های مربوط به سناریوویزارد در ربع بالا

سمت راست واقع شوند، حاوی این مفهوم است که سناریوها کاملا روند مطلوب و قابل اطمینانی را گذرانده‌اند. اکنون با توجه به نمودار شبکه سیستم سناریو در این پژوهش (مطابق با شکل ۳)، می‌توان بیان داشت که مسیر طی شده قابل اتکا است.



شکل ۳. شبکه سیستم سناریو

از دیگر نتایج سناریوویزارد که از اهمیت بالایی برخوردار است، تابلو سناریو است (مطابق با جدول ۱۵). این تابلو توصیف کننده نمای کلی از سناریوهای محوری و سازگار مستخرج از نرم‌افزار سناریوویزارد است.

جدول ۱۵. تابلوی سناریوها

Scenario No. ۱	Scenario No. ۲	Scenario No. ۳	Scenario No. ۴
A: Energy governance and policymaking structure: A۱: Integrated and efficient governance in energy sector policymaking	A: Energy governance and policymaking structure: A۲: Institutional Inability to Manage Macro Energy	A: Energy governance and policymaking structure: A۳: Structural weakness and lack of policy framework in the field of energy policymaking	
B: International sanctions: B۱: Energy industry resilience to sanctions		B: International sanctions: B۳: Comprehensive and crippling sanctions on the energy value chain	
C: Social changes and energy consumption patterns: C۱: Optimizing energy consumption patterns through culture building and promoting social behaviors		C: Social changes and energy consumption patterns: C۳: Failure to change energy consumption patterns	
D: Regional cooperation: D۱: Extensive regional cooperation in the energy sector	D: Regional cooperation: D۲: Limited and insufficient regional cooperation in the energy sector	D: Regional cooperation: D۳: Lack of cooperation and tension in the regional energy sector	D: Regional cooperation: D۲: Limited and insufficient regional cooperation in the energy sector
E: Energy investment and infrastructure: E۱: Developing modern energy infrastructure with large investments	E: Energy investment and infrastructure: E۲: Insufficient energy infrastructure due to investment constraints	E: Energy investment and infrastructure: E۳: Energy infrastructure crisis due to lack of investment	

تدوین سناریوها. در این بخش، توصیف و روایت داستانی هر سناریو، با استفاده از یافته‌های مطالعات، مصاحبه‌ها و نظر خبرگان، نهایی شده است. روایت توصیفی هر سناریو، با بهره‌گیری از مباحث و دیدگاه‌های کیفی خبرگان نگارش شده و روایی خروجی‌ها از طریق رجوع به آرای خبرگان سنجیده شده است. در نگارش سناریوها سعی بر این شد، تحلیلی نظام‌مند از وضعیت هر یک از پیشران‌ها و عوامل کلیدی مرتبط با آن پیشران، در فضای هر یک از سناریوهای احصاء شده به‌دست آید.

سناریو اول (بهار انرژی): این سناریو نمایانگر چشم‌اندازی آرمانی اما باورپذیر از آینده نظام انرژی ایران است؛ آینده‌ای که در آن اصلاحات ساختاری در حکمرانی انرژی به‌عنوان نقطه عزیمت عمل می‌کند و زمینه را برای هم‌افزایی سایر پیشران‌ها فراهم می‌سازد. در این چشم‌انداز، نظام سیاست‌گذاری انرژی با رویکردی یکپارچه، شفاف و مبتنی بر شواهد بازطراحی شده است. این تحول نهادی منجر به حذف تداخل وظایف، انسجام بین دستگاه‌ها و چابک‌سازی فرآیند تصمیم‌سازی می‌شود. نتیجه این حکمرانی کارآمد، افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی، ارتقای قابلیت‌های فنی نهادهای مجری و هماهنگی بهتر در اجرای برنامه‌های کلان انرژی است. در چنین ساختاری، ایران موفق می‌شود به‌واسطه دیپلماسی انرژی فعال و تنوع‌بخشی به شرکای راهبردی، از شدت آسیب‌پذیری خود در برابر تحریم‌ها بکاهد. به‌جای وابستگی به یک یا دو بازار صادراتی، قراردادهای بلندمدت منطقه‌ای، سوآپ انرژی و انتقال فناوری در قالب همکاری‌های منطقه‌ای تعریف می‌شوند. این امر به تاب‌آوری زنجیره ارزش انرژی منجر می‌شود. در سطح مصرف، با اجرای برنامه‌های ملی آگاهی‌بخشی، هوشمندسازی کنتورها، سیاست‌های تعرفه‌گذاری پلکانی و فرهنگ‌سازی از مدرسه تا رسانه، الگوی مصرف انرژی به‌تدریج از رفتارهای اتلاف‌محور به بهره‌ور و مسئولانه تغییر می‌یابد. این بهینه‌سازی رفتار مصرف، فشار تقاضا را کاهش داده و نیاز به توسعه بی‌رویه تولید را کم می‌کند. در بُعد منطقه‌ای، ایران در این سناریو به یک گره منطقه‌ای در بازار انرژی تبدیل می‌شود. گسترش خطوط تبادل انرژی (برق و گاز) با کشورهای همسایه، مشارکت در طرح‌های مشترک تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و تبادل فناوری‌های نوین، جایگاه ژئوپلیتیکی ایران را تقویت کرده و امنیت عرضه را منطقه‌ای می‌سازد. در نهایت، سرمایه‌گذاری کلان در نوسازی زیرساخت‌های برق، گاز، انرژی‌های نو و ذخیره‌سازی هوشمند انرژی، زمینه جهش بهره‌وری و کاهش تلفات شبکه را فراهم می‌کند. تمرکز بر زیرساخت‌های فناورانه (مانند شبکه‌های برق هوشمند، تولید پراکنده، کربن‌زدایی نیروگاه‌ها) باعث افزایش پایداری عرضه و آمادگی برای پاسخ به نوسانات اقلیمی و تقاضا می‌شود. پیامدهای کلیدی سناریوی "بهار انرژی" عبارتند از:

- ✓ کاهش ناترازی انرژی به زیر ۵ هزار مگاوات در بازه میان‌مدت؛
- ✓ افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر به بیش از ۱۵ درصد در افق ۱۴۱۰؛
- ✓ افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی به بالای ۴۵ درصد؛
- ✓ ارتقاء اعتماد سرمایه‌گذاران انرژی و جذب مشارکت بخش خصوصی و خارجی؛
- ✓ افزایش تاب‌آوری انرژی در برابر شوک‌های سیاسی– اقتصادی.

سناریو دوم (سراب انرژی): سناریوی دوم تصویری از وضعیتی است که در آن برخی شاخص‌های مثبت در حوزه مصرف و مقابله با تحریم‌ها مشاهده می‌شود، اما در غیاب حکمرانی مؤثر و سرمایه‌گذاری کافی، نتیجه مطلوب حاصل نمی‌شود. در این آینده محتمل، فرهنگ‌سازی عمومی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در جریان است. سیاست‌های آگاهی‌بخشی، آموزش مدارس، رسانه‌ها و مشوق‌های اقتصادی محدود برای مصرف‌کنندگان اجرا می‌شود و بخشی از جامعه، رفتار مصرفی خود را اصلاح می‌کند. این اصلاحات موجب کاهش رشد مصرف انرژی در برخی بخش‌ها می‌شود، اما در سطح کلان تغییری ایجاد نمی‌کند. در مقابل، صنعت انرژی توانسته است بخشی از تاب‌آوری خود در برابر تحریم‌ها را حفظ کند. این تاب‌آوری نه از محل اصلاح ساختار، بلکه از طریق تجربیات قبلی، انبارش سوخت، تولید داخلی برخی تجهیزات و متنوع‌سازی نسبی شرکای خارجی به دست آمده است. با وجود این تلاش‌ها، ناتوانی نهادی در مدیریت کلان انرژی بزرگ‌ترین مانع بهبود پایدار است. ضعف در سیاست‌گذاری، تعدد نهادهای تصمیم‌گیر، تضاد در اهداف و نبود هماهنگی بین بخش‌های دولتی و خصوصی باعث شده اصلاحات پراکنده و بی‌اثر بماند. نبود سازمانی مقتدر برای یکپارچه‌سازی سیاست‌ها باعث شده اقدامات انجام‌شده در حوزه مصرف و صادرات، به نتیجه راهبردی نرسد. همچنین، همکاری‌های منطقه‌ای انرژی محدود باقی می‌ماند. ایران فاقد

چارچوب بلندمدت برای تبادل انرژی با همسایگان است و پروژه‌های منطقه‌ای، بیشتر تحت تأثیر ملاحظات سیاسی، امنیتی یا کوتاه‌مدت هستند. این امر فرصت‌های بزرگی مانند بازار انرژی آسیای غربی را بلااستفاده می‌گذارد. در نهایت، محدودیت سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها باعث می‌شود شبکه‌های انتقال، تولید و توزیع فرسوده بمانند. سرمایه‌گذاران از نبود شفافیت در تعرفه‌ها، قوانین ناپایدار و ساختار ناکارآمد، دلسرد شده‌اند. این موضوع به افت بازدهی، افزایش تلفات و ناترازی ساختاری منجر می‌شود. پیامدهای کلیدی سناریوی "سراب انرژی" عبارتند از:

- ✓ تداوم ناترازی انرژی در حدود ۱۵ هزار مگاوات با نوسان بالا؛
- ✓ بهبود نسبی در برخی شاخص‌های مصرف، بدون کاهش مؤثر تقاضای کل؛
- ✓ ایجاد تناقض راهبردی بین تاب‌آوری بیرونی (تحریم) و ضعف درونی (حکمرانی)؛
- ✓ کاهش انگیزه سرمایه‌گذاران در نیروگاه‌ها و انرژی‌های تجدیدپذیر؛
- ✓ اتلاف منابع اصلاحی به‌دلیل نبود زیرساخت نهادی هماهنگ‌کننده.

سناریو سوم (باتلاق انرژی): این سناریو تاریک‌ترین و بحرانی‌ترین مسیر ممکن در آینده ناترازی انرژی ایران را به تصویر می‌کشد. این سناریو بر پایه برآیند پنج وضعیت حادِ پیشران‌های کلیدی استوار است که هرکدام به‌تنهایی چالش‌برانگیز هستند، اما در کنار یکدیگر، موجب فروپاشی کارکردی نظام انرژی کشور می‌شوند. در این چشم‌انداز، حکمرانی انرژی با بحران ساختاری روبه‌رو است. سیاست‌گذاری در سطح کلان نه‌تنها فاقد انسجام و جهت‌گیری راهبردی است، بلکه اساساً وجود یک چارچوب نهادی یا هماهنگ‌کننده واحد زیر سؤال می‌رود. نهادهای تصمیم‌گیر در تعارض با یکدیگر عمل کرده و نه نقشه راهی روشن دارند و نه توان پیاده‌سازی تصمیمات. این فروپاشی سیاستی به شکل مستقیم، سایر پیشران‌ها را نیز تضعیف می‌کند. در بُعد خارجی، تحریم‌های فراگیر نه‌تنها بر صادرات انرژی، بلکه بر زنجیره تأمین فناوری، سرمایه، تجهیزات نیروگاهی و حتی تأمین سوخت اثر گذاشته‌اند. زنجیره ارزش انرژی از استخراج تا انتقال و بهره‌برداری، با اختلالات شدید روبه‌رو شده و دسترسی به منابع مالی بین‌المللی نیز به‌شدت محدود شده است. این تحریم‌ها منجر به فلج نسبی در توسعه و نگهداری زیرساخت‌ها شده‌اند. هم‌زمان، در حوزه مصرف انرژی نیز شکست کامل در اصلاح رفتار مصرفی رخ داده است. سیاست‌های آگاهی‌بخشی شکست خورده، تعرفه‌های غیرواقعی ادامه یافته و شدت مصرف انرژی در صنایع و بخش خانگی به بالاترین سطوح رسیده است. منابع انرژی به‌طور ناعادلانه و ناکارآمد مصرف می‌شوند و در عین حال تقاضا به‌طور مستمر رشد می‌کند. در سطح منطقه‌ای، ایران از شبکه‌های همکاری انرژی کنار گذاشته شده و روابط منطقه‌ای پرتنش و مبتنی بر بی‌اعتمادی است. پروژه‌های برق‌رسانی، تبادل انرژی یا سوآپ با همسایگان یا قطع شده‌اند یا به‌شدت ناپایدارند. در این بستر، سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی در زیرساخت‌ها به‌طور کامل متوقف شده است. نیروگاه‌ها فرسوده‌اند، شبکه‌های انتقال و توزیع پراتلاف شده‌اند، و نیروگاه‌های جدید تجدیدپذیر، یا اساساً ساخته نمی‌شوند یا غیرفعال هستند. ناترازی ساختاری از کنترل خارج شده است. پیامدهای کلیدی سناریوی "باتلاق انرژی" عبارتند از:

- ✓ بروز ناترازی ۳۰ تا ۳۵ هزار مگاواتی در پیک مصرف؛
- ✓ خاموشی‌های گسترده و منظم در بخش خانگی و صنعتی؛
- ✓ خروج سرمایه‌گذاران داخلی از صنعت انرژی؛
- ✓ افزایش شدید قیمت انرژی در بازار سیاه و غیررسمی؛
- ✓ بروز اعتراضات اجتماعی ناشی از بحران انرژی.

سناریو چهارم (زمستان انرژی): این سناریو با نام "زمستان انرژی" بیانگر وضعیتی است که در آن، فروپاشی کامل مانند سناریوی باتلاق رخ نمی‌دهد، اما یک رکود فراگیر، انسداد تصمیم‌گیری و فرسایش تدریجی ظرفیت‌ها شکل می‌گیرد. نام «زمستان» برای این سناریو استعاره‌ای است از انجماد سیاستی، کندی اصلاحات و سرمای ناشی از بی‌تحرکی ساختاری. در این سناریو، حکمرانی انرژی فاقد انسجام و ناتوان در ایجاد اجماع راهبردی است. سیاست‌ها به‌صورت مقطعی و تحت فشار بحران‌ها اتخاذ می‌شوند. چارچوب سیاست‌گذاری در حوزه انرژی یا وجود ندارد یا صرفاً در سطح سند باقی می‌ماند. تصمیم‌گیری بین بخشی فاقد هم‌افزایی است و ریسک‌گریزی سیاست‌گذاران باعث

تأخیر در اجرای اصلاحات کلیدی شده است. تحریم‌های شدید همچنان پابرجا هستند و امکان تأمین تجهیزات حیاتی، فناوری‌های انتقال و فاینانس خارجی را محدود کرده‌اند. در حالی که امکان فروش محدود سوخت یا برق به برخی همسایگان باقی مانده، اما دسترسی به منابع جهانی سرمایه و فناوری مختل است. تاب‌آوری نسبی به بن‌بست رسیده است. در بُعد اجتماعی، هیچ پیشرفت معناداری در اصلاح الگوی مصرف مشاهده نمی‌شود. برنامه‌های فرهنگ‌سازی از هم گسیخته، مشوق‌ها ناکارآمد و ابزارهای تعرفه‌گذاری ناکافی‌اند. شدت انرژی افزایش یافته و در شرایط زمستانی یا تابستانی، تقاضا از عرضه پیشی می‌گیرد. در سطح منطقه‌ای، تعاملات انرژی محدود و ناپایدار باقی می‌ماند. مذاکرات همکاری انرژی با کشورهای منطقه اغلب بی‌نتیجه‌اند یا به قراردادهایی کوتاه‌مدت و غیرساختاری محدود شده‌اند. ایران در غیاب یک راهبرد منطقه‌ای جامع، نتوانسته است از ظرفیت ژئوپلیتیکی خود بهره‌برداری کند. در این میان، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها ناکافی است. بودجه‌های دولتی محدود است و فضای عدم اطمینان، مانع از ورود سرمایه‌گذاران غیردولتی شده است. نیروگاه‌ها، شبکه‌های توزیع، پست‌ها و خطوط انتقال به‌آرامی فرسوده می‌شوند. افزایش خاموشی‌ها تدریجی اما رو به رشد است. پیامدهای کلیدی سناریوی "زمستان انرژی" عبارتند از:

- ✓ تداوم ناترازی ۲۰ هزار مگاواتی با نوسانات شدید فصلی؛
- ✓ وقوع خاموشی‌های هدفمند در مناطق صنعتی و پرمصرف؛
- ✓ افزایش هزینه فرصتِ فرصت‌های ازدست‌رفته همکاری منطقه‌ای؛
- ✓ توقف طرح‌های تحول دیجیتال در صنعت انرژی؛
- ✓ آسیب‌پذیری افزاینده کشور در برابر شوک‌های اقلیمی یا ژئوپلیتیکی.

۵. نتیجه‌گیری وپیشنهادها

در این مطالعه با شناسایی پیشران‌ها و پایش آن‌ها در مراحل گوناگون، در نهایت ۵ پیشران کلیدی مربوط به حوزه ناترازی انرژی از طریق روش دیمتل احصاء شد. با تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار سناریوویزارد، ۴ سناریوی محوری و سازگار در حوزه ناترازی انرژی تدوین شد که این سناریوها براساس احتمال وقوع آنها با توجه به شرایط کشورمان، باورپذیر است. خلاصه سناریوها در جدول ۱۶ قابل مشاهده است:

جدول ۱۶: تعاریف سناریوها

ردیف	نام سناریو	تعریف سناریو
۱	**بهار انرژی**	تصویری مطلوب از آینده انرژی ایران را ترسیم می‌کند که در آن حکمرانی یکپارچه و کارآمد، تاب‌آوری صنعت انرژی در برابر تحریم‌ها، بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی از طریق فرهنگ‌سازی، همکاری‌های منطقه‌ای گسترده و توسعه زیرساخت‌های مدرن انرژی با سرمایه‌گذاری‌های کلان، همگی به‌صورت هم‌افزا عمل می‌کنند.
۲	**سراب انرژی**	تصویری از یک وضعیت متناقض را ترسیم می‌کند. از یک سو، تلاش‌هایی برای تاب‌آوری در برابر تحریم‌ها و بهینه‌سازی مصرف انرژی صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، ناتوانی‌های نهادی در مدیریت کلان انرژی، محدودیت در همکاری‌های منطقه‌ای و کمبود سرمایه‌گذاری، مانع از توسعه زیرساخت‌های انرژی و دستیابی به امنیت پایدار انرژی می‌شود.
۳	**باتلاق انرژی**	این سناریو بیانگر یک وضعیت فاجعه‌بار است که منجر به فروپاشی کامل صنعت انرژی و بروز بحران‌های انسانی می‌شود. این سناریو نشان می‌دهد که عناصر سناریو چگونه به یکدیگر مرتبط بوده و بر شدت بدترین وضعیت‌های انرژی دامن می‌زنند.
۴	**زمستان انرژی**	به وضعیت بحرانی در بخش انرژی ایران اشاره دارد که ناشی از ضعف‌های ساختاری و عدم وجود چارچوب‌های سیاستی کارآمد در حکمرانی انرژی، تحریم‌های جامع بین‌المللی، عدم توانایی در تغییر الگوهای مصرف انرژی، ناکافی بودن همکاری منطقه‌ای و بحران زیرساخت‌های انرژی به دلیل کمبود سرمایه‌گذاری است.

در ادامه باید بیان داشت که این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های پیشین به‌طور جامع و گسترده بر روی آینده ناترازی انرژی با رویکرد سناریونویسی به شیوه سناریوویزارد، تأکید کرده است، در حالی‌که در پژوهش‌های دیگر بر آینده بخش‌هایی خاص و حوزه‌های خاصی از آینده انرژی مانند نقش سیاست فناوری و نوآوری در مواجهه هم‌زمان با ناترازی شدت انرژی و شدت کربن، مشارکت اجتماعی و نقش آن در حل چالش ناترازی، مدل‌سازی و پیش‌بینی روند مصرف انرژی برق و غیره پرداخته‌اند و روش آن‌ها نیز سناریوی ویزارد نبوده است، مانند پژوهش‌های باقری‌مقدم و همکاران (۱۴۰۳) [۵]، حافظی و رحیمی‌راد (۱۴۰۳) [۲۱]، ابراهیمی‌نزهمی و همکاران (۱۴۰۳) [۱۴] و مرچانت[1] و همکاران (۲۰۲۵) [۳۴]. بنابراین این مطالعه که برمبنای برخی پیشران‌های عام مورد تحلیل قرار گرفته، می‌تواند تا حدودی هم‌راستا با پژوهش‌های فوق باشد. در واقع این پژوهش‌ها به موضوع آینده انرژی در یک حوزه خاص ورود کرده‌اند و سناریوها را به‌صورت جزء بیان کرده‌اند، ولی در پژوهش حاضر با شناسایی پیشران‌ها و پالایش آنها در سطوح گوناگون، در نهایت به پنج پیشران کلیدی مربوط به حوزه ناترازی انرژی رسیده و با تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار سناریوویزارد به تدوین چهار سناریوی سازگار و باورپذیر ناترازی انرژی به‌صورت جامع پرداخته شد. بر این اساس، پژوهش حاضر توصیه می‌کند سناریوهای سوم و چهارم به‌عنوان سناریوی هشدار[2] و سناریوی اول به‌عنوان سناریوی هدف[3] در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری ملی توسعه صنعت انرژی، مبنا قرار گیرند. این تفکیک می‌تواند به نهادهای تصمیم‌گیر در طراحی استراتژی‌های اجتناب از رکود و ناترازی انرژی و نقشه‌راه دستیابی به شکوفایی و توسعه صنعت انرژی در ایران کمک نماید.

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که آینده ناترازی انرژی در ایران نه یک مسیر محتوم، بلکه یک برونداد قابل شکل‌دهی بر اساس نحوه تصمیم‌سازی سیاست‌گذاران، کیفیت حکمرانی انرژی و میزان هماهنگی میان نهادهای مسئول است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که از میان چهار سناریوی ترسیم‌شده، سناریوی دوم (سراب انرژی) از نظر احتمال تحقق در آینده، نزدیک‌ترین به وضعیت موجود است و نشان‌دهنده وضعیتی است که در آن برخی تلاش‌ها انجام می‌شود، اما به دلیل ناهماهنگی نهادی و ضعف ساختاری، نتایج مطلوب حاصل نمی‌شود. در مقابل، سناریوی اول (بهار انرژی) به‌عنوان مطلوب‌ترین وضعیت راهبردی، تصویری از آینده‌ای است که در آن حکمرانی یکپارچه، تاب‌آوری در برابر تحریم‌ها، مشارکت اجتماعی در مصرف انرژی، سرمایه‌گذاری زیرساختی و همکاری منطقه‌ای به‌شکل هم‌افزا عمل می‌کنند. این سناریو بیشترین میزان سازگاری درونی پیشران‌ها را داراست و از منظر سیاست‌گذاری، نماینده آینده‌ای پایدار و قابل اعتماد برای نظام انرژی کشور است. دستاورد عملیاتی این پژوهش در ارائه بسته‌ای سیاستی متشکل از راهکارهای تفکیک‌شده برای هر سناریو است؛ بسته‌هایی که مسیر گذار از وضعیت‌های بحرانی به سمت آینده‌ای مطلوب را برای سیاست‌گذاران روشن می‌سازد. به‌ویژه سناریوی چهارم (زمستان انرژی) که به‌عنوان مسیر میانی میان بن‌بست و اصلاح تدریجی در نظر گرفته شده، نیازمند مداخلات سیاستی هوشمند، اصلاحات تدریجی نهادی، تقویت ظرفیت‌های فناورانه داخلی و طراحی سازوکارهای شفاف برای جذب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی است. بر این اساس، دستیابی به آینده‌ای قابل اتکا در بخش انرژی، تنها از مسیر تدوین و اجرای یک نقشه راه راهبردی، گام‌بندی‌شده و مبتنی بر تحلیل آینده امکان‌پذیر است؛ نقشه‌ای که در آن طراحی سازوکارهای هماهنگ‌کننده سیاستی، اصلاح ساختار تعرفه‌گذاری، اجرای استانداردهای بهره‌وری، گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه همکاری‌های منطقه‌ای، هم‌زمان و نظام‌مند دنبال شوند. به بیان دیگر، آینده ناترازی انرژی در ایران، محصول انتخاب‌های امروز است؛ اگر این انتخاب‌ها در سطح ملی بر مبنای شواهد، تحلیل‌های ساختاری و با مشارکت نهادی انجام نشوند، کشور با خطر تثبیت سناریوهای بحران‌محور روبه‌رو خواهد شد. اما اگر تصمیم‌گیری‌ها به‌موقع، آینده‌نگر و هماهنگ باشند، سناریوهای مطلوب نه‌تنها قابل دستیابی، بلکه ابزار توسعه پایدار و امنیت انرژی ملی خواهند بود.

حال با توجه به یافته‌های پژوهش باید بیان نمود که هر یک از این سناریوها فرصت‌ها و تهدیدهای متفاوتی برای آینده ناترازی انرژی در ایران ارائه می‌دهند. این تحلیل سناریویی به ما اجازه می‌دهد تا راهکارهای مختلفی برای هر سناریو پیشنهاد دهیم که این راهکارها بدین شرح است:

1. Mechant
2. Risk Scenario
3. Desirable Scenario

راهکارهای پیشنهادی برای تحقق سناریوی اول؛

۱- تثبیت حکمرانی یکپارچه انرژی:

- ایجاد مرکز فرماندهی انرژی کشور[1] ذیل شورای عالی انرژی با مأموریت تلفیق سیاست‌گذاری‌ها، بودجه‌ریزی و نظارت یکپارچه در وزارت‌خانه‌های نیرو، نفت و سازمان محیط‌زیست.
- اجرای کامل ماده ۴۶ برنامه هفتم پیشرفت با حذف نهادهای موازی، تجمیع اختیارات پراکنده و شکل‌دهی ساختاری مستقل و متمرکز برای تنظیم‌گری سیاست انرژی.
- ایجاد داشبورد ملی انرژی برای تصمیم‌گیران، مبتنی بر شاخص‌های مصرف، ناترازی، بهره‌وری، شدت انرژی و تلفات شبکه به‌صورت لحظه‌ای و منطقه‌ای.

۲- افزایش تاب‌آوری ساختاری در برابر تحریم‌ها:

- ایجاد زنجیره تأمین بومی تجهیزات حیاتی انرژی از طریق سیاست «مشارکت اجباری فناوری» در قراردادهای داخلی.
- توسعه دیپلماسی انرژی منطقه‌ای با محوریت اتصال به شبکه برق آسیای میانه و جنوب‌غربی آسیا به‌عنوان راهبرد کاهش وابستگی به غرب.
- ایجاد نظام ارزی جایگزین و پلتفرم‌های تهاتری انرژی[2] برای مقابله با تحریم بانکی.

۳- اصلاح فرهنگ مصرف و نهادینه‌سازی رفتارهای بهینه:

- راه‌اندازی سامانه رفتار سبز شامل اپلیکیشن ملی انرژی که به شهروندان امتیاز مصرف بهینه، مشوق مالی، کاهش مالیات یا بازگشت یارانه می‌دهد.
- الزام شرکت‌های تولید لوازم خانگی و ساختمانی به نصب QR Code بهره‌وری انرژی برای افزایش آگاهی مصرف‌کننده.
- همکاری با رسانه ملی و پلتفرم‌های اجتماعی برای اجرای کمپین‌های چندرسانه‌ای پیوسته، طبقه‌بندی‌شده برای گروه‌های سنی و صنفی مختلف.

۴- توسعه همکاری‌های منطقه‌ای و افزایش نقش ژئوپلیتیکی ایران در بازار انرژی:

- تدوین سند راهبردی دیپلماسی انرژی ایران تا ۱۴۱۰ شامل صادرات برق و گاز، خطوط لوله مشترک، بازار برق خلیج فارس و اتصال به کریدور شمال–جنوب.
- ایجاد پلتفرم تبادل فناوری انرژی منطقه‌ای با عضویت ایران و کشورهای منطقه برای تبادل فناوری، تجهیزات و آموزش نیروهای متخصص.
- امضای قراردادهای تبادل برق (Swap) بلندمدت با پشتیبانی ضمانت‌نامه‌های دولتی برای پایداری عرضه منطقه‌ای.

۵- نوسازی هوشمند زیرساخت‌ها و توسعه انرژی‌های پاک:

- اولویت سرمایه‌گذاری در پروژه‌های ذخیره‌سازی انرژی، پمپ–تخلیه‌ای و باتری‌های متمرکز در استان‌های بحرانی از نظر پیک مصرف.
- ایجاد نهاد تنظیم‌گر پروژه‌های خورشیدی غیرمتمرکز خانگی و صنعتی[3] با هدف خرید تضمینی برق خورشیدی تولیدی تا سقف مشخص.
- اعطای تسهیلات مالیاتی و تعرفه‌ای برای واردات فناوری‌های کلیدی انرژی‌های نو با هدف جهش در ظرفیت نصب‌شده به بالای ۱۰ درصد تا سال ۱۴۱۰.

1. National Energy Coordination Center
2. Energy Barter Exchange
3. Solar Aggregators

راهکارهای پیشنهادی برای عبور از سناریوی دوم؛

۱- بازآرایی حکمرانی انرژی با تمرکز بر نهادسازی و هماهنگی افقی:

- تشکیل شورای عالی یکپارچه حکمرانی انرژی ذیل شورای عالی امنیت ملی با اختیارات فرابخشی برای انسجام سیاست‌ها میان وزارت نفت، نیرو، صمت، سازمان برنامه و بودجه، مجلس و سایر نهادهای ذی‌ربط.
- تدوین سند جامع حکمرانی انرژی ایران تا افق ۱۴۱۵ با سنجه‌های عملکردی مانند شدت انرژی، سهم تجدیدپذیرها، کاهش تلفات و شاخص تاب‌آوری.
- طراحی مدل سه‌لایه‌ای حکمرانی انرژی (سیاست‌گذار، تنظیم‌گر، مجری) با الگوگیری از کشورهایOECD[1] ، همراه با اجرای پایلوت در ۳ استان.
- راه‌اندازی سامانه پنجره شفافیت انرژی برای ثبت و انتشار آنلاین قراردادها، بودجه‌ها، مصوبات، تعرفه‌ها و شاخص‌های عملکرد نهادهای انرژی.

۲- نهادینه‌سازی همکاری‌های منطقه‌ای پایدار و هدفمند:

- انعقاد قراردادهای چندجانبه Swap و Transit با کشورهای همسایه برای واردات انرژی بر اساس ظرفیت مازاد فصلی.
- ایجاد نهاد «دیپلماسی انرژی ایران» ذیل وزارت خارجه با مأموریت توسعه مشارکت‌های منطقه‌ای، تسهیل پروژه‌های مشترک انرژی و حل اختلافات قراردادی.
- تدوین اطلس فرصت‌های سرمایه‌گذاری منطقه‌ای انرژی به زبان انگلیسی و عربی با تمرکز بر مناطق آزاد، نیروگاه‌های خورشیدی مرزی و خطوط اتصال شبکه برق.

۳- اصلاح بنیادین ساختار مالی بخش انرژی و جذب سرمایه‌گذاری هدفمند:

- ایجاد «صندوق سرمایه‌گذاری پروژه‌های کلیدی انرژی» با مشارکت صندوق توسعه ملی، بازار سرمایه و بخش خصوصی، ویژه پروژه‌های کاهش ناترازی.
- طراحی ابزارهای مالی نو مانند اوراق بهادار انرژی، گواهی صرفه‌جویی انرژی، صندوق‌های جسورانه انرژی‌های نو برای جذب سرمایه داخلی و خارجی.
- بازطراحی الگوی قراردادهای انرژی با اعمال شرط انتقال فناوری و استفاده از تأمین مالی ارزی–ریالی ترکیبی با پوشش ریسک از طریق بیمه‌نامه‌ها.

۴- تحول در سیاست مصرف و بهره‌وری انرژی با ابزارهای هوشمند:

- راه‌اندازی سامانه کارت انرژی خانوار با سهمیه هوشمند و قیمت‌گذاری پلکانی بر مبنای سقف الگوی مصرف منطقه‌ای.
- توسعه سامانه رتبه‌بندی انرژی صنایع و ساختمان‌ها و پیوند آن با مشوق‌ها، مجوزهای ساخت و معافیت‌های مالیاتی.
- الزام صنایع پرمصرف به ارائه گزارش سالانه بهره‌وری انرژی به سازمان استاندارد و ارائه جرایم و مشوق‌های مبتنی بر عملکرد انرژی.

۵- افزایش تاب‌آوری منابع ملی و زیرساخت انرژی:

- افزایش ظرفیت تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر به ۱۵ درصد سبد انرژی تا ۱۴۱۰ از طریق مشوق خرید تضمینی، تعرفه ترجیحی و تسهیلات بانک‌ها.
- توسعه سریع پروژه‌های خورشیدی خانگی و صنعتی بالاتر از ۱۰ مگاوات با حذف بروکراسی صدور مجوز، معافیت مالیاتی و اتصال به شبکه با تعرفه تضمینی ۱۰ ساله.
- اولویت‌بندی توسعه میادین مشترک نفت و گاز مرزی با مشارکت شرکت‌های بین‌المللی و انعقاد قراردادهای مشارکت در تولید.

1. Organisation for Economic Co-operation and Development

راهکارهای پیشنهادی برای غلبه بر سناریوی سوم؛

۱- بازآفرینی ساختار حکمرانی انرژی با رویکرد اضطراری:

- تشکیل «ستاد ملی نجات انرژی» ذیل ریاست‌جمهوری با عضویت دائمی نهادهای اصلی (وزارت نیرو، نفت، برنامه و بودجه، بانک مرکزی، مجلس).
- تعلیق وظایف نهادهای متوازی و تدوین «نقشه راه مدیریت بحران انرژی» برای دوره ۱۴۰۴—۱۴۰۸ شامل سیاست‌های تنظیم‌گری فوق‌العاده، سهمیه‌بندی اضطراری، و مداخله مستقیم دولت.
- نصب داشبورد ملی ناترازی انرژی در سطح کابینه با داده‌های لحظه‌ای از تولید، مصرف، تلفات، واردات، خاموشی‌ها و پیش‌بینی سناریوهای کوتاه‌مدت.

۲- تاب‌آوری مقابل تحریم‌ها از طریق دیپلماسی انرژی غیربلوکی:

- گسترش تجارت پایاپای انرژی با کشورهای دوست با محوریت انتقال فناوری به‌جای ارز.
- فعال‌سازی قراردادهای تهاتری انرژی، کالا و فناوری به‌ویژه در حوزه تجهیزات نیروگاهی، توربین، ذخیره‌سازی، خطوط انتقال.
- توسعه سازوکار مالی غیرسوئیفت (با ارزهای محلی) در همکاری با روسیه و کشورهای حوزه شانگهای.

۳- برنامه اضطراری اصلاح الگوی مصرف و مهار رشد تقاضا:

- اجرای طرح جیره‌بندی هوشمند برق با کارت انرژی در بخش خانگی و صنعتی با امکان انتقال سهمیه، کاهش انگیزشی مصرف و مجازات مصارف مازاد.
- تولید محتوای چندرسانه‌ای بحران‌محور برای تغییر رفتار مصرفی (کمپین‌های آموزشی مشابه کمپین‌های کرونا با پیام‌های تصویری، اجتماعی و مذهبی).
- الزام صنایع بزرگ به تدوین و اجرای برنامه کاهش ۱۰درصد شدت انرژی ظرف یک‌سال با حمایت تعرفه‌ای و ممنوعیت واردات فناوری‌های پرمصرف.

۴- بازیابی حداقلی همکاری‌های منطقه‌ای در شرایط بحران:

- تشکیل کنسرسیوم «نجات برق اضطراری منطقه‌ای» با حضور ایران، عراق، ترکمنستان و ارمنستان برای انتقال برق اضطراری در دوره پیک تابستان.
- مبادله اضطراری سوخت و برق از طریق بنادر دریایی جنوب با ایجاد زیرساخت‌های شناور گازی و خرید اضطراری برق از امارات و قطر.
- مذاکره با کشورهای کم‌ریسک سیاسی برای انعقاد قراردادهای ۶ماهه اضطراری تأمین انرژی در ازای صادرات کالاهای غیرتحریمی یا خدمات فنی.

۵- سرمایه‌گذاری اضطراری در احیای زیرساخت‌های حیاتی:

- ایجاد «صندوق ویژه نوسازی اضطراری زیرساخت انرژی» با برداشت هدفمند از منابع صندوق توسعه ملی با نظارت هیأت امنای بحران انرژی.
- اولویت‌بندی ۲۰ پروژه فوق‌بحرانی زیرساختی (نیروگاه‌های پشتیبان، پست‌های استراتژیک، خطوط فوق‌توزیع، مخازن ذخیره گاز) با زمان‌بندی ۱۸ ماهه.
- واگذاری بهره‌برداری از پروژه‌های اضطراری به بخش خصوصی با مدل BOT کوتاه‌مدت و خرید تضمینی به نرخ منطقه‌ای.

راهکارهای پیشنهادی برای برون‌رفت از سناریوی چهارم؛

۱- بازنگری تدریجی در حکمرانی انرژی:

- تشکیل «کمیته ملی تحول حکمرانی انرژی» با اختیار تنظیم‌گری فرابخشی ذیل شورای‌عالی امنیت انرژی.

- اجرای اصلاحات فازبندی‌شده در ساختار نهادی با اولویت تفکیک سطوح تصمیم‌گیری، اجرا و نظارت، برای کاهش تعارض منافع و انباشت ناکارآمدی.
- بررسی تطبیقی تجربه کشورهای مشابه در اصلاح حکمرانی انرژی (مانند ترکیه، مکزیک و هند) برای الگوبرداری نهادی.

۲- ظرفیت‌سازی داخلی برای افزایش تحمل در برابر فشار تحریم‌ها:

- ایجاد مراکز توسعه فناوری‌های بومی انرژی در دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان برای ارتقاء خودکفایی فنی در نیروگاه‌ها، تجهیزات انتقال، ذخیره‌سازی و انرژی‌های تجدیدپذیر.
- اعطای معافیت مالیاتی به شرکت‌های توسعه‌دهنده زنجیره تأمین داخلی انرژی به‌ویژه در بخش‌های استراتژیک مانند مبدل‌ها، ترانسفورماتورها و سلول‌های خورشیدی.
- راه‌اندازی بورس انرژی بومی با معاملات ریالی و قراردادهای بلندمدت داخلی به‌عنوان سپری در برابر نوسانات خارجی.

۳- بازآرایی فرهنگی در مصرف انرژی بر اساس رفتارشناسی جامعه:

- برنامه‌ریزی نسل‌محور برای آموزش رفتار مصرفی از طریق کتاب‌های درسی، رسانه‌های اجتماعی و بازی‌های آموزشی.
- اجرای طرح تعرفه‌گذاری پلکانی صعودی در مناطق پرمصرف با بازتوزیع درآمدی برای اقشار آسیب‌پذیر.
- برندسازی اجتماعی برای الگوی مصرف مسئولانه با مشارکت چهره‌های فرهنگی، هنری و دینی برای نهادینه‌سازی سواد انرژی.

۴- دیپلماسی سایه برای بازگشت تدریجی به تعاملات منطقه‌ای:

- ایجاد کانال‌های غیررسمی همکاری انرژی از طریق پیمان‌های فنی، غیردولتی و دانشگاهی با کشورهای همسایه.
- حضور مؤثر ایران در کنسرسیوم‌های غیردولتی انرژی منطقه‌ای مانند انجمن‌های برق آسیای غربی، مجمع فناوری‌های سبز و برنامه‌های تبادل تخصصی.
- توسعه پروژه‌های مشترک کوچک‌مقیاس با هزینه پایین و بازده سریع (مانند پست‌های مرزی انرژی تجدیدپذیر، مبادله برق اضطراری، آموزش مشترک نیروی انسانی).

۵- فعال‌سازی سرمایه‌گذاری غیردولتی با ابزارهای مالی نوآورانه:

- راه‌اندازی «صندوق توسعه انرژی ایران» با سرمایه اولیه از منابع داخلی و تزریق سرمایه‌گذاری مشترک با کشورهای منطقه و صندوق‌های اسلامی.
- انتشار اوراق انرژی پروژه‌محور با ضمانت دولت یا نهادهای بین‌المللی همکار (مانند بانک توسعه اسلامی).
- تشکیل خوشه‌های انرژی منطقه‌ای در استان‌های مرزی با مشارکت سرمایه‌گذاران محلی، بخش خصوصی و شهرداری‌ها.

حال، در پاسخ به وضعیت پیچیده ناترازی انرژی در ایران، سه محور راهبردی قابل پیگیری است. نخست، افزایش ظرفیت تولید از طریق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و نوسازی نیروگاه‌های فرسوده. گزارش‌های رسمی ساتبا حاکی از آن است که طی بازه ۱۰ ماهه منتهی به سال ۱۴۰۴، ظرفیت انرژی خورشیدی کشور با رشدی بی‌سابقه به حدود ۵۱۴ مگاوات افزایش یافته است [۴۱]. با این حال، تحقق هدف کلان ۳۰ هزار مگاوات انرژی تجدیدپذیر تا افق ۱۴۱۴، مستلزم سرمایه‌گذاری پایدار و سالانه‌ای معادل ۲ میلیارد دلار است؛ رقمی که بدون جذب سرمایه‌گذاری خارجی و سیاست‌های تشویقی عملیاتی نخواهد شد [۲۵]. محور دوم، مدیریت سمت تقاضاست؛ از جمله با اصلاح ساختار تعرفه‌ای، استفاده از بازار رقابتی برق مانند بورس انرژی، و گسترش زیرساخت‌های فناوری‌های هوشمند برای رصد و کنترل مصرف در بخش‌های پرمصرف (صنعتی و خانگی). در این زمینه، افزایش سطح آگاهی عمومی و استانداردسازی الزامی بهره‌وری انرژی در تجهیزات و ساختمان‌ها، از الزامات غیرقابل چشم‌پوشی است. محور سوم، اصلاح ساختاری حکمرانی انرژی کشور است. این امر با اجرای کامل ماده ۴۶ برنامه هفتم پیشرفت برای ایجاد سازمان راهبردی انرژی، حذف موازی‌کاری نهادی، شفاف‌سازی اطلاعات آماری و عبور از تصمیمات مقطعی و بخشی‌نگر میسر می‌شود. تنها با تحقق هم‌زمان این سه محور می‌توان به آینده‌ای پایدارتر در تأمین و توزیع انرژی در کشور امیدوار بود.

در جمع‌بندی پایانی می‌توان گفت، پژوهش حاضر تلاش کرده است با ترکیب رویکردهای دیمتل و سناریونویسی، همزمان به دو هدف کلیدی پاسخ دهد: نخست، پر کردن خلأ نظری موجود در تحلیل آینده ناترازی انرژی در ایران؛ دوم، ارائه مسیرهای کاربردی برای تصمیم‌گیران به‌منظور گذار از وضعیت‌های بحرانی به سمت آینده‌ای مطلوب. از منظر علمی، این پژوهش نخستین مطالعه‌ای است که آینده ناترازی انرژی در ایران را با رویکرد ساختاریافته و بومی‌سازی‌شده، با بهره‌گیری از ابزارهای دیمتل و سناریو ویزارد، مدل‌سازی کرده و با ترسیم تعامل میان پیشران‌های کلیدی، چارچوبی چندلایه و منسجم برای آینده‌پژوهی انرژی کشور ارائه داده است. از منظر اجرایی نیز نتایج این پژوهش به شکل مستقیم می‌تواند در طراحی سیاست‌های کلان، برنامه‌ریزی وزارتخانه‌ها، تدوین اسناد راهبردی انرژی و مدیریت سرمایه‌گذاری‌ها در بخش انرژی مورد استفاده قرار گیرد. بسته سیاستی پیشنهادی برای هر سناریو، امکان اقدام در شرایط مختلف را فراهم می‌سازد و به سیاست‌گذاران این امکان را می‌دهد تا با تحلیل وضعیت‌های محتمل، تصمیمات منعطف و هوشمند اتخاذ کنند. بنابراین، این پژوهش نشان داد که آینده ناترازی انرژی در ایران، نه از پیش تعیین‌شده، بلکه محصول انتخاب‌های امروز در سطح سیاست‌گذاری و حکمرانی انرژی است. اگر این تصمیم‌ها علمی، منسجم و مبتنی بر شواهد اتخاذ نشوند، احتمال تثبیت سناریوهای بحران‌محور بالا خواهد بود؛ اما اگر اصلاحات نهادی، سیاست‌گذاری مشارکتی و اقدامات ساختاری در دستور کار قرار گیرد، رسیدن به آینده‌ای پایدار و کارآمد در بخش انرژی دور از دسترس نخواهد بود.

سرانجام به سه مورد از پیشنهادات برای پژوهش‌های آتی و کاربردی در راستای موضوع پژوهش حاضر اشاره می‌شود:

- ❖ استفاده از دیگر روش‌های سناریونویسی مانند روش اس‌سی‌آر، مکتب فرانسوی، روش جی‌بی‌ان و غیره برای تطبیق‌پذیری با سایر حوزه‌ها؛
- ❖ طراحی مدل ریاضی یا سیستمی مبتنی بر داده‌های واقعی برای اعتبارسنجی سناریوهای ترسیم‌شده؛
- ❖ تدوین برنامه‌ریزی راهبردی و عملیاتی در حوزه ناترازی انرژی با توجه به تشریح سناریوهای محتمل در این زمینه.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

1. Agreement, P. (2015). *Paris agreement. In report of the conference of the parties to the United Nations framework convention on climate change* (21st session, 2015: Paris). Retrived December, 4(2017), 2, Getzville, NY, USA: Hein-Online.
2. Azar, A., rajabzadeh ghatromi, A., akhavan, A. (2017). Mapping Sustainable Production Model Using ISM and Fuzzy DEMATEL. *Industrial Management Studies*, 15(46), 1-26. doi: 10.22054/jims.2017.7986 [In Persian].
3. Azimzadeh-Arani, M., Tahmasbi-Blokabad, R. (2024). Investigating the role of the governance structure of the gas sector in solving the challenge of imbalance; (Case study: selected countries). *Strategic Studies in Public Policy, 14(52),* 128-155. [In Persian].
4. Badiei-Khamsehfard, S. M. H. (2024). Systematic review of scenario writing: Analysis of articles published in Futures and Foresight journals. *Strategic Futures Studies Quarterly, 3(11),* 55-78. [In Persian].
5. Bagheri-Moghaddam, N., Ahmadi, M. A., Abbaspour, M., Nazemi, A. (2024). The role of technology and innovation policy in simultaneously confronting the imbalance of energy intensity and carbon intensity. *Strategic Studies in Public Policy, 14(52),* 104-126. [In Persian].
6. Balakrishnan, A., De, S., Wang, L. (2024). Case: Common framework for traffic and energy optimization towards future green grid-connected networks. *IEEE Transactions on Network and Service Management, 21(3),* 2888-2899.
7. Bentham, J. (2014). The scenario approach to possible futures for oil and natural gas. *Energy policy,* 64, 87-92.
8. Brugger, H., Eichhammer, W., Mikova, N., Donitz, E. (2021). "Energy Efficiency Vision 2050: How will new societal trends influence future energy demand in the European countries?" *Energy Policy, 152(9),* 112216.
9. Cascajo, R., Molina, R., Perez-Rojas, L. (2022). Sectoral Analysis of the Fundamental Criteria for the Evaluation of the Viability of Wave Energy Generation Facilities in Ports—Application of the Delphi Methodology. *Energies, 15(7),* 2667.

10. Chapagain, K., Kittipiyakul, S., Kulthanavit, P. (2020). Short-term electricity demand forecasting: Impact analysis of temperature for Thailand. *Energies, 13(10),* 2498.
11. Dehghani, A. S., & Rostamzadeh Khosroshahi, A. (2016). Energy and exergy analysis of Tabriz thermal power plant. *Energy of Iran, 18 (3),* 123-144. [In Persian].
12. Donya-e-Eqtesad Newspaper. (2024, April 24). *Installed power plant capacity announced*. Retrieved from https://donya-e-eqtesad.com
13. Dosi, G. (1983). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy, 11(3).* 1-12.
14. Ebrahimi-Nazhami, M., Mirbagheri-Jam, M., Moharrami, H. (2024). Modeling and forecasting the trend of electricity consumption in Iran. *Sustainable Energy Systems Quarterly, 3(33),* 323-339. [In Persian].
15. Edalet, M. H., Azmi, R., Bagherinejad, J. (2019). Improving the accuracy of process prediction in business process management by using LSTM architecture. *Industrial Management Perspective, 10(3),* 71-97. [In Persian].
16. Esmaili-Ardakani, A., Shokri, M. (2022). Political Economy of Renewable Energy and Future Scenarios of Iran in the Perspective of Energy Transition 2050. *Iranian Journal of Energy Economics, 12(45),* 11-39. [Persian].
17. Fartash, K., Khayatiyan-Yazdi, M. S., Ghorbani, A. (2019). Pathology of the Role of Actors in the Governance Structure of Iran's Solar Energy. *Public Policy, 6(2),* 155-177. [In Persian].
18. Fertash, K., Khayatan-Yazdi, M. S., Ghorbani, A. (2021). Iran's renewable energy development scenarios in the horizon of 1420 with a forward-looking approach. *Futures of Management Quarterly, 32(4),* 153-138. [In Persian].
19. Habibi, A., Izadyar, S., Sarafarazi, A. (2024). Fuzzy Multi-Criteria Decision Making. *Tehran: Katibeh Gil, 1st edition*. [In Persian].
20. Hafezi, R., Afzali, H. R., Zohoor, H. (2021). Future scenarios of Iran's energy supply. *Quarterly Journal of Strategic Studies in Public Policy, 11(38),* 204-233. [In Persian].
21. Hafezi, R., Rahimi-Rad, Z. (2024). Social participation and its role in solving the challenge of energy imbalance. *Strategic Studies in Public Policy, 14(52),* 82-102. [In Persian].
22. Hajimineh, R., Rezaeirad, E. (2024). The future of renewable energies in Iran's energy policy. *Future energy. 3(3).* 1-13.
23. Harper, W. (2012). The Oxford Handbook of Interdisciplinarity. *Theological Librarianship, 5(2),* 88-89.
24. Heidari, H., Akbari, M., Souhankar, A., Hafezi, R. (2022). Review of global energy trends towards 2040 and recommendations for Iran oil and gas sector. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *19(8),* 8007-8018.
25. Iran Grid Management Company. (2023). *Summer 2024 peak load report and 2035 forecast*. Retrieved from https://www.igmc.ir
26. Iranian Energy Organization, (2024). *National Energy Imbalance Crisis Document in the Industrial Sector*. Tehran: Ministry of Energy Publications.
27. Islam, M. A., Che, H. S., Hasanuzzaman, M., & Rahim, N. (2020). *Energy demand forecasting.* In Energy for Sustainable Development. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814645-3.00005-5
28. Islamic Parliament Research Center, (2023). *Analysis of Investment Risks in Iran's Energy Infrastructure*. Tehran: Center for Research Publications.
29. Jamasb, T., Nepal, R., Timilsina, G., Toman, M. (2014). Energy Sector Reform, Economic Efficiency and Poverty Reduction. *Working Paper, University of Queensland, School of Economics,529,* 1-87.
30. Karimi, M. S., Hafezi, R., Souhankar, A. (2022). Reframing of Iran's Energy Diplomacy in Natural Gas on the Horizon of 1420, Necessity or Choice? *Strategic Studies of public policy, 11(41),* 116-135. [In Persian].
31. Moayedfar, S., Mohebbi, H., Mozaffaree Pour, N., & Sharifi, A. (2025). Developing a localized resilience assessment framework for historical districts: A case study of Yazd, Iran. *PloS one*, 20(2), e0317088.
32. Marzban, E., Mohammadi, M. (2021). Future scenarios of electric energy management in Iran. *Management Research in Iran, 20(3),* 177-204. [In Persian].
33. Mathias, M. C., Szklo, A. (2007). Lessons learned from Brazilian natural gas industry reform. *Energy Policy, 35 (12),* 6478–6490.
34. Merchant, C., Allan, R., Embury, O. (2025). Quantifying the acceleration of multidecadal global sea surface warming driven by Earth's energy imbalance. *Environmental Research Letters, 20*, 024037.
35. Ministry of Energy. (2024). *Performance report of the power industry, April 2024*. Iran Grid Management Company. Retrieved from https://www.tavanir.org.ir
36. Mohebbi, H., Torfi, S. (2025). Futures Studies on Artificial Intelligence Development in Iran: A Scenario Planning Approach. *Business Intelligence Management Studies*. *14(53),* 159-204. [In Persian].
37. Nasr-e-Isfahani, A., Bagheri-Moghaddam, N., Nazemi, A., Maleki, A. (2021). Scenario planning of Iran's energy future by combining the in-frame approach and morphological analysis. *Quarterly Journal of Approach, 31(3),* 35-86. [In Persian].

38. Qiyasi-Fard, N., Mohebbi, H., Nabi-Meybodi, M. (2023). Analysis of barriers to entrepreneurship development in deprived areas using Delphi and ANP methods. *Journal of Entrepreneurship Development, 16(1),* 61-76. [In Persian].
39. Raitpishe, S., Tizro, A. (2016). Futures research in determining quality strategies for customs and logistics services to customers with a scenario-based approach. *Industrial Management Perspective, 6(3),* 101-129. [In Persian].
40. Rovinaru, M. D., Bako, D. E., Rovinaru, F. I., Rus, A. V., Aldea, S. G. (2022). Where are we heading? Tacklingthe climate change in a globalized world. *Sustainability, 15(1),* 565.
41. SATBA: Renewable Energy and Energy Efficiency Organization. (2025). *Report on the development of solar power plants in Iran. Tehran: Ministry of Energy*. Retrieved from https://www.satba.gov.ir
42. Shell Global, (2013). *New Lens Scenarios: A Shift in Perspective for a World in Transition*. The Hague: Shell International.
43. Torfi, S., Mohebbi, H., Babaei meybodi, H. (2025). Identification and Structural Analysis of Drivers Influencing the Future of Renewable Energy Technologies in Iran (Case Study: Solar Energy). *Journal of sustainable Energy Systems*. doi: 10.22059/ses.2025.388342.1112
44. United Nations Development Programme (UNDP). (2015). *Energy Plus Guidelines: Planning for Improved Energy Access and Productive Uses of Energy*. New York: UNDP.
45. Yan, R., Wang, J., Huo, S., Qin, Y., Zhang, J., Tang, S., Wang, Y., Liu, Y., Zhou, L. (2023). Improving flexibility and stochastic multi-scenario hybrid optimization for an integrated energy system with high-ratio renewable energy. *Journal Energy*, *263(15),*125779.
46. Zare-Mirakabad, A., Niazi, I., Salehi, S. (2011). Future planning of key technologies in the ICT industry of Iran with emphasis on identifying business models. *Industrial Management Perspective, 1(4),* 107-130. [In Persian].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی