

Political Economy of Renewable Energy and Scenarios for Iran in the Energy Transition to 2050 Outlook

Ali Esmaili Ardakani 

Assistant Professor of Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Morteza Shokri *

Assistant Professor of Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran

Abstract

In recent years, the share of renewables in the global energy basket has increased significantly. This will have geopolitical consequences, especially for a country like Iran, whose economy is largely dependent on fossil fuel revenues. By examining the transition process of the global and regional economy towards renewable and clean energy, this article tries to outline Iran's position in the energy transition perspective. The main question is: how will Iran position itself in the global energy transition outlook to 2050? Through scenario planning, the authors identified four possible scenarios, including "meeting sustainable development and transition to green gold", "gradual and independent transition to sustainable development and green gold", "development based on black gold" and "development locked with black gold". They cover a wide range of possible futures. By knowing these scenarios and comparing their desirability, policymakers will be able to properly assess the costs and opportunities of the transition to clean energy in different situations.

Keywords: Renewable energies, energy transition era, geopolitics, driving forces, scenarios and uncertainty

JEL Classification: F52 , Q29 , O13 , P26 , P48

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

* Corresponding Author: morteza.shokri63@gmail.com

How to Cite: Esmaili Ardakani, A., Shokri, M. (2023). Political Economy of Renewable Energy and Scenarios for Iran in the Energy Transition to 2050 Outlook. Iranian Energy Economics, 45(12), 11-39.



اقتصاد سیاسی انرژی‌های تجدیدپذیر و سناریوهای آینده ایران در چشم‌انداز گذار انرژی ۲۰۵۰

علی اسمعیلی اردکانی ^{id} | استادیار دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

مرتضی شکری ^{id*} | استادیار دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهانی افزایش چشمگیری داشته است. این موضوع به‌ویژه برای کشوری مثل ایران که بخش اعظم اقتصاد آن متکی بر درآمدهای حاصل از سوخت‌های فسیلی است، پیامدهای ژئوپلیتیکی به دنبال خواهد داشت. مقاله حاضر با بررسی روند گذار اقتصاد جهانی و منطقه‌ای به سوی انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک، تلاش دارد جایگاه ایران را در آینده نظم در حال گذار انرژی ترسیم کند. سؤال اصلی مقاله این است که در عصر گذار انرژی که سوخت‌های پاک محرکه اقتصاد جهانی خواهند بود، ایران چه جایگاهی در چشم‌انداز ژئوپلیتیک اقتصاد انرژی جهانی ۲۰۵۰ خواهد داشت؟ روش پژوهش از نوع کیفی و مبتنی بر سناریونویسی و ابزار گردآوری داده‌ها مبتنی بر مصاحبه و پیمایش پتل خبرگی است. یافته‌های پژوهش در قالب چهار سناریوی محتمل شامل، «تحقق توسعه پایدار و گذار به طلای سبز»، «گذار تدریجی و مستقل به سوی توسعه پایدار و طلای سبز»، «توسعه مبتنی بر طلای سیاه» و «درماندگی توسعه با طلای سیاه» ارائه شده است. این سناریوها طیف گسترده‌ای از وضعیت‌های ممکن را شامل می‌شوند. آشنایی با روایت هر کدام از این سناریوها و مقایسه مطلوبیت آنها، کنشگران و تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد تا در سیاست‌گذاری‌های حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر حالت‌های مختلف را مدنظر داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: انرژی‌های تجدیدپذیر، سوخت‌های فسیلی، ژئوپلیتیک، گذار انرژی و ایران

طبقه‌بندی JEL: F52 , Q29 , O13 , P26 , P48

۱. مقدمه

امروزه توسعه و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در نتیجه حساسیت‌های زیست‌محیطی، نگرانی از پایان عمر سوخت‌های فسیلی و اهمیت تنوع‌بخشی به منابع تأمین انرژی، بیش‌ازپیش در دستور کار سیاسی کشورها قرار گرفته است. سهم منابع تجدیدپذیر در تولید انرژی جهانی در سال‌های اخیر در حال افزایش بوده است. به طوری که از سال ۲۰۰۷ تا سال ۲۰۲۱ سهم این انرژی‌ها در سبد مصرفی تقریباً دو برابر شده و به ۲۸ درصد رسیده است^۱. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۴۰، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب مجموع انرژی به ۴۵ درصد برسد^۲. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، بیشترین توجه به انرژی بادی، خورشیدی و برق آبی خواهد بود.

با وجود توجه فزاینده به انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر، توسعه انرژی سبز هنوز در مرحله آغازین است و سوخت‌های فسیلی هم از نظر تولید و هم از نظر مصرف در بازار پیشرو هستند و همچنان سهم غالب سبد تأمین انرژی دنیا (بیش از ۸۰ درصد) را به خود اختصاص داده‌اند. با این حال روند افزایشی سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد تأمین انرژی جهان می‌تواند پیامدهای ژئوپلیتیکی به همراه داشته باشد.

بسیاری از کشورها با آگاهی از این موضوع و با هدف پیشرفت اجتماعی و اقتصادی، مکانیسم‌هایی برای گذار از انرژی‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر و کم‌کربن ایجاد کرده‌اند. کشورهای پیشرفته و اقتصادی‌های نوظهور در حال انجام اصلاحات زیرساختی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر خود هستند تا در دوران گذار انرژی فرصت‌های قابل توجهی برای نقش‌آفرینی در اقتصاد سیاسی جهانی داشته باشند^۳. کشورهای صاحب انرژی فسیلی نیز در کنار سایر کشورهای پیشرفته برنامه‌هایی را برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در عصر گذار انرژی در پیش گرفته‌اند. برای مثال بسیاری از کشورهای حاشیه خلیج فارس از جمله عربستان سعودی، امارات متحده عربی و قطر، با وجود داشتن منابع غنی نفت و گاز، در سال‌های اخیر تصمیم گرفته‌اند میزان وابستگی به این منابع را کاهش داده و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در برنامه‌های بلندمدت خود قرار دهند.

1. Statista, 2021

2. Renewable energy C2ES, 2021

3. Newell, 2019: 33

در این میان وضعیت ایران به‌عنوان یکی از کشورهای صاحب ذخایر عظیم نفت و گاز در دنیا متفاوت است. از یک‌طرف ایران در مقایسه با سایر کشورهای منطقه، دارای ظرفیت‌های بکری در زمینه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر است (ماینر^۱، ۲۰۲۰) که در صورت بهره‌برداری از آنها می‌تواند به مثابه یک پیشران در ارتقای جایگاه خود در آینده عمل کند. از طرفی دیگر جمهوری اسلامی در سال‌های اخیر تحت تأثیر تحریم‌های بین‌المللی راهبرد اقتصاد مقاومتی را در پیش گرفته است که انگیزه آن را در مقایسه با سایر کشورهای نفتی برای گذار به عصر پسا کربن قوی‌تر ساخته است و در همین راستا برنامه‌های ساختاری کلانی در قالب برنامه‌های توسعه و سند چشم‌انداز جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تعریف کرده است. با این حال محدودیت‌هایی مثل تحریم‌های بین‌المللی، محدودیت‌های فناوری و سرمایه‌گذاری، چشم‌انداز ابهام‌آمیزی را برای کنشگری ایران در سال‌های آینده تعریف می‌کند.

از این رو نویسندگان مقاله با توجه به عدم قطعیت‌های آینده و با تمرکز بر اقتصاد سیاسی انرژی‌های تجدیدپذیر در ژئوپلیتیک جهانی انرژی، تلاش می‌کنند جایگاه ایران در نظم آینده ترسیم کنند. یافته‌های پژوهش به چند بخش تقسیم می‌شود. در ابتدا روش پژوهش که مبتنی بر سناریونویسی است توضیح داده می‌شود. سپس به چارچوب نظری و پیشینه تحقیق پرداخته می‌شود. در بخش سوم تصویری از وضعیت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران ارائه می‌شود. در بخش چهارم مهم‌ترین عوامل و پیشران‌های شکل‌دهنده به آینده انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران استخراج شده است. بر همین مبنا، در بخش پنجم عدم قطعیت‌های کلیدی براساس نظر خبرگان شناسایی شده است. در بخش پایانی مقاله براساس عدم قطعیت‌های کلیدی، سناریوهای محتمل وضعیت ایران در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر روایت شده است.

۲. چارچوب نظری و پیشینه پژوهش

یکی از موضوعات قابل تأمل در حوزه گذار انرژی مربوط به تغییر ژئوپلیتیک نفت و گاز به ژئوپلیتیک انرژی‌های تجدیدپذیر است. شولتن و بوسمن^۲ (۲۰۱۶) پیامدهای بالقوه سیاسی، جغرافیایی و فنی سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر را بررسی می‌کنند. آنان برای

1. Minier

2. Scholten and Bosman

ژئوپلیتیک انرژی‌های تجدیدپذیر پیامدهای زیر را متصور می‌شوند. اول، اهمیت راهبردی یافتن مدیریت منابع اولیه. دوم، تغییر اهرم استراتژیک از تولیدکنندگان به مصرف‌کنندگان و کشورهای که قادر به ارائه خدمات ذخیره‌سازی هستند. سوم، امکان تبدیل شدن بیشتر کشورها به یک «مصرف‌کنندگان بزرگ» ممکن است تا حد زیادی هر نوع نگرانی ژئوپلیتیکی را کاهش دهد.

اوسالیوان و همکاران^۱ (۲۰۱۷) هفت مکانیسم را مورد بحث قرار می‌دهند که از طریق آنها انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند ژئوپلیتیک را شکل دهند. اول، کارتل‌ها می‌توانند حول مواد حیاتی برای فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر ایجاد شوند. دوم، آنها ارزیابی می‌کنند که در جهانی که در آن انرژی‌های تجدیدپذیر منبع اصلی انرژی هستند، سرمایه برای سرمایه‌گذاری و فناوری ممکن است به‌طور فزاینده‌ای به منابع همکاری یا رقابت بین‌المللی تبدیل شوند. تضادها ممکن است بر سر انتقال فناوری بین کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته و همچنین بر سر زیرساخت‌های انرژی تجدیدپذیر ایجاد شود. سوم، شیوع نفرین منابع می‌تواند تحت تأثیر افزایش انرژی‌های تجدیدپذیر به روش‌های مختلف باشد یعنی دولت‌های نفتی دسترسی به رانت‌های بالای مرتبط با نفرین را از دست خواهند داد و کشورهایی که میزان زیادی انرژی تجدیدپذیر تولید می‌کنند، احتمالاً مشمول این نفرین منابع کمیاب خاکی می‌شوند که در تولید صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر حیاتی هستند. چهارم، پیچیدگی ژئوپلیتیکی می‌تواند آسیب‌پذیری بیشتری برای واردکنندگان انرژی ایجاد کند و وابستگی متقابل بیشتری ایجاد کند و خطرات درگیری را کاهش دهد. پنجم، کاهش مصرف نفت و گاز می‌تواند منجر به اصلاحات سیاسی و تنوع اقتصادی در تولیدکنندگان سوخت فسیلی شود، اما ممکن است به بی‌ثباتی سیاسی در این کشورها نیز منجر شود. ششم، منابع تجدیدپذیر خطر درگیری و بی‌ثباتی را کاهش می‌دهد. هفتم، انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند به تقویت دسترسی پایدار به انرژی کمک کنند و به راه‌حل‌های پایدار برای بی‌ثباتی و درگیری کمک کنند.

شاید مرتبط‌ترین اثر در این زمینه کتاب اسکالتن^۲ (۲۰۱۸) باشد که پیامدهای ژئوپلیتیکی گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر را بررسی می‌کند. این کتاب به موضوعات مختلفی می‌پردازد، از جمله برندگان و بازندگان سناریوی نوظهور انرژی جهانی، تغییر در

1. O'Sullivan, et al.

2. Scholten

روابط انرژی منطقه‌ای و دوجانبه بین قدرت‌های موجود و در حال رشد و واکنش‌های حاکمیتی به گذار و همچنین تحولات زیرساختی نویسنده تصدیق می‌کند که جهان ژئوپلیتیک آینده انرژی، ترکیبی از انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی متعارف خواهد بود.

هش^۱ (۲۰۱۸) با تجزیه و تحلیل پیامدهای ژئوپلیتیکی گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر در سراسر جهان معتقد است که چالش‌های جدید ناشی از سیاست‌های گذار انرژی می‌تواند به‌طور متناقضی مانند ژئوپلیتیک انرژی امروز پیچیده باشد. روابط محلی و غیرمتمرکز در واقع می‌تواند لایه ژئوپلیتیک جدیدی را به بازیگران سنتی فعلی اضافه کند در حالی که ابعاد فنی، اقتصادی، جامعه‌شناختی، رفتاری و حقوقی نیز می‌تواند پازل در حال ظهور را پیچیده کند. افزایش سهم قابل توجه انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهان می‌تواند به وابستگی‌های متقابل جدید و غیرمنتظره مانند وابستگی به مواد کمیاب حیاتی، ژئوپلیتیک جدید، ثبت اختراع و اجرای دیپلماسی تجدیدپذیر منجر شود.

استراتفور^۲ (۲۰۱۸) در ارزیابی خود در مورد چگونگی تغییر ژئوپلیتیک انرژی‌های تجدیدپذیر بر این باور است که برخی از کشورها مثل آلمان، ایالات متحده و چین در دوره گذار بهتر از سایرین عمل خواهند کرد. در واقع، چین در دهه گذشته برای تبدیل شدن به رهبر بی‌رقیب جهان در تولید محصولات انرژی پاک و همچنین بزرگ‌ترین تأمین‌کننده مواد خامی کمیاب، بزرگ‌ترین توزیع‌کننده ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر و بزرگ‌ترین بازار برق در جهان پیشروی کرده است. همچنین کشورهای کوچک‌تر مانند سوئد، دانمارک، اروگوئه، مراکش و کنیا به لطف پتانسیل خود برای صادرات انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری، می‌توانند در نتیجه این گذار نفوذ منطقه‌ای پیش‌ازحد به دست آورند.

اورلند^۳ (۲۰۱۹) اشاره می‌کند که این احتمال وجود دارد که افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر منجر به تمرکززدایی بیشتر شود و این امر ممکن است در واقع سیستم انرژی را انعطاف‌پذیرتر کند. در نتیجه، او تأیید می‌کند که منابع انرژی تجدیدپذیر فراوان اما پراکنده هستند لذا فناوری‌های مربوط به جذب، ذخیره و حمل‌ونقل آنها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، بنابراین رقابت بین‌المللی انرژی ممکن است از کنترل بر منابع فیزیکی و مناطق و مسیرهای حمل‌ونقل به فناوری و حقوق مالکیت معنوی تغییر کند.

1. Hache
2. Stratfor
3. Overland

جیلن و همکاران^۱ (۲۰۱۹) ویژگی‌های فنی و اقتصادی یک گذار سریع انرژی به سال ۲۰۵۰ را بررسی می‌کند و تأیید می‌کند که بهره‌وری انرژی و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر عناصر اصلی این گذار هستند. تجزیه و تحلیل آنان نشان می‌دهد که کربن‌زدایی از سیستم انرژی مقرون به صرفه است زیرا این امر باعث ایجاد مشاغل جدید (حدود ۱۹ میلیون شغل اضافی مستقیم و غیرمستقیم در سال ۲۰۵۰) می‌شود که از دست دادن مشاغل قدیمی (حدود ۷ میلیون) را جبران می‌کند. بنابراین گذار انرژی جهانی منجر به ۱۱/۶ میلیون شغل اضافی مستقیم و غیرمستقیم در بخش انرژی می‌شود.

در مورد ایران نیز پژوهش‌های مختلفی در مورد نقش انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد و توسعه اقتصادی کشور انجام شده است. برای مثال عابدی و همکاران (۱۳۹۴) رابطه میان انتشار گاز دی‌اکسید کربن، انرژی‌های تجدیدپذیر، فسیلی و رشد اقتصادی در ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد بین متغیرهای نرخ رشد انتشار دی‌اکسید کربن با نرخ رشد مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی ارتباط یک‌طرفه جود دارد. به عبارتی مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و تولید ناخالص داخلی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن اثرگذار هستند.

تهامی‌پور و عابدی (۱۳۹۵) با استفاده از یک مدل خود رگرسیونی به بررسی تأثیر انرژی پاک بر سرانه رشد اقتصادی واقعی در ایران طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۴۶ می‌پردازد. طبق برآورد انجام شده، رابطه بین سرانه رشد اقتصادی واقعی و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی و مصرف انرژی الکتریکی چه در کوتاه‌مدت و چه بلندمدت، منفی است. همچنین نتایج بلندمدت حاکی از آن است که یک رابطه منفی معنی‌دار بین مصرف انرژی الکتریکی، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر و مصرف مواد سوختنی و بازیافتی با سرانه رشد اقتصادی واقعی وجود دارد.

عباسی گودرزی و ملکی (۱۳۹۶) نیز در مطالعه خود تلاش می‌کنند مدل کسب و کار منطقی جهت سرعت بخشیدن به نفوذ فناوری‌های تجدیدپذیر در ایران را ارائه کنند. آنها با بررسی سناریوهای مطرح از سوی شرکت‌های بین‌المللی متصدی انرژی‌های تجدیدپذیر، پارامترهای مؤثر بر مدل فوق را استخراج و در طراحی وظایف طرفین مدل از آنها بهره می‌گیرند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده آن است که شرط اولیه و نیروی پیش‌ران قوی در

1. Gielen et al.

اجرای مدل کسب و کار مشترک فوق، اصلاح قیمت حامل‌های انرژی متداول در کشور بوده تا امکان رقابت‌پذیر بودن انرژی‌های تجدیدپذیر با آنها فراهم شود. این عامل می‌تواند مقدمات تضمین سود شرکت‌های بین‌المللی درگیر را فراهم نموده و اجرای طرح مذکور را قوت بخشد.

عابدی و همکاران (۱۳۹۸)، با اشاره به اینکه بهره‌وری سبز، به‌عنوان مهم‌ترین هدف برای افزایش بهره‌وری در کنار حفاظت از محیط زیست که پایه و اساس توسعه پایدار است به بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری سبز در اقتصاد ایران می‌پردازند. آنان با بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری سبز در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۵۳ با استفاده از داده‌های سری زمانی و روش «خودرگرسیون با توزیع با وقفه»^۱ به این نتیجه می‌رسند که عواملی مانند شهرنشینی، فناوری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سهم سوخت‌های فسیلی از کل مصرف انرژی، توانسته‌اند روند رشد بهره‌وری سبز در طول سال‌های مورد مطالعه را توضیح دهند.

محمدی و دانایی‌فرد (۱۳۹۸) به ارائه الگویی از حکمرانی مشارکتی توسعه انرژی تجدیدپذیر در ایران می‌پردازند. آنان با طرح این مسئله که ضمن پرداختن به موانع دولتی از جمله وضع قوانین تشویقی و تضمینی، برخی از موانع نهادی هنجاری و شناختی، مانند تضاد منافع، عدم تعهد دولتمردان و عدم اعتمادبخش خصوصی را عامل کاهش سرعت توسعه می‌دانند. بر این اساس استفاده از ابزارهای تعهد نظیر کمپین‌ها، ائتلاف‌ها و انجمن‌ها، مشارکت ارگان‌های دولتی در پرداخت هزینه و سود اجتماعی، واقعی‌سازی قیمت حامل‌های انرژی و استفاده از ترکیب خط‌مشی‌گذاری‌ها در سمت تقاضا همانند سمت عرضه را به‌عنوان راهکارهای پیشنهادی شناسایی کرده‌اند.

قائد و همکاران (۱۳۹۸) با بررسی ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران چنین نتیجه‌گیری کرده‌اند که انرژی بادی در مقایسه با سایر انرژی‌های تجدیدپذیر اثر بیشتری بر رشد اقتصادی ایران خواهد داشت. بنابراین ایران با سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی بادی می‌تواند سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی را افزایش دهد.

سعید سلیمانی (۱۴۰۰) در مطالعه‌ای تنوع‌بخشیدن به منابع انرژی را رکن اصلی برنامه جدید ایران می‌داند با این حال تلاش‌های انجام‌شده برای جبران استفاده از سوخت‌های

1. Autoregressive Distributed Lag (ARDL)

فسیلی مورد نیاز را کافی نمی‌داند. وی نشان می‌دهد که یک رابطه علی یک‌طرفه بین رشد اقتصادی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر وجود دارد.

دایی کریم راد و همکاران (۱۴۰۰) با بررسی ارتباط متقابل انرژی‌های پاک، توسعه سرمایه‌های داخلی و خارجی، رشد اقتصادی و کیفیت محیط‌زیست در گروهی از کشورهای در حال توسعه طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۹۵ به این نتیجه می‌رسند که در کشورهای دارای توسعه یافتگی نهاد‌های مالی و ضعف آنها در دسترسی به سرمایه‌های مورد نیاز برای تأمین مالی پروژه‌های انرژی‌های پاک، استقبال چندانی برای سرمایه‌گذاری در این پروژه‌ها صورت نگرفته تا بتواند موجبات کاهش انتشار دی‌اکسید کربن را فراهم آورد.

تفاوت پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌های انجام‌شده، ارائه تحلیلی از منظر آینده‌پژوهی در مورد جایگاه ایران در نظم اقتصادی انرژی جهانی است. پژوهش حاضر ناظر بر روندهای موجود و عدم قطعیت حاکم بر آینده انجام شده است که می‌تواند سیاست‌گذاری انرژی در مدیریت را نااطمینانی‌ها یاری رساند.

۳. روش پژوهش

در سال‌های اخیر آینده‌پژوهان و محققان در رشته‌های مختلف روش‌های کمی و کیفی متنوعی را برای پیش‌بینی منطقی آینده توسعه داده‌اند. منطق نهفته در این روش‌ها این است که آینده‌های مختلفی در پیش روی سیاست‌گذاران وجود دارد که تعیین و شناخت آنها به‌طور مطلق بعید است. زیرا آینده معمولاً به انواع تصمیماتی که افراد می‌گیرند و انواع اقداماتی که در زمان حال انجام می‌دهند بستگی دارد. بنابراین آینده‌پژوهی برای کمک به تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت است که به جای پیش‌بینی آینده به‌عنوان مدیریت عدم قطعیت تعریف می‌شود (نواکی و گیوبیک^۱، ۲۰۱۸:۵۰۳) انتخاب یک آینده با ترسیم گزینه‌های جایگزین معمولاً مبنای یک برنامه‌ریزی راهبردی است که در ادبیات آینده‌پژوهی تحت عنوان آینده مطلوب شناخته می‌شود. با توجه به این موضوع، می‌توان گفت در آینده‌پژوهی، با آینده‌های مختلفی مواجه هستیم. به‌طور کلی آینده را می‌توان براساس سه شیوه تفکر درباره آینده طبقه‌بندی کرد:

آینده‌های ممکن (چه اتفاقی ممکن است بیفتد؟): مطالعات سناریو به‌عنوان توصیف وضعیت‌های احتمالی آینده و تحولات آنها در این حالت گنجانده شده است. آینده‌های محتمل (چه چیزی به احتمال زیاد اتفاق می‌افتد؟): شامل مطالعاتی است که با ماهیت پیش‌بینی مشخص می‌شوند و عمدتاً بر داده‌های تاریخی و تحلیل روند متمرکز هستند.

آینده مطلوب (چه چیزی را ترجیح می‌دهیم اتفاق بیفتد؟): این حالت با مطالعات توسعه پایدار مرتبط است زیرا بر آینده‌های مطلوب، مانند پیش‌بینی تمرکز دارد (بورژسون و دیگران، ۲۰۰۶).

درحالی که بسیاری از آینده‌پژوهان برای عینیت تلاش می‌کنند، بیشتر آنان بر قضاوت ذهنی انسان تکیه دارند. برای مثال در روند پژوهی، استنباط روند از رویدادها به ذهنیت پژوهشگر وابسته است (پدرام و احمدیان، ۱۳۹۴، ۱۰۸). با وجود این، ابزارهای مختلفی برای کاهش این سوگیری از طریق تشویق قضاوت جمعی، ایجاد ایده‌هایی برای تولید قضاوت‌های مختلف، توسعه و به کار گرفته شده است (بیب‌ری، ۲۰۱۸).

پژوهش حاضر از نظر ماهیت کیفی و براساس تحلیل روند انجام شده است که به سناریونویسی ختم می‌شود. منظور از روند، الگویی ذهنی از روابط بین رویدادهاست که جهت‌گیری آینده را نشان می‌دهد. با اینکه رویدادها برگرفته از پدیده‌های عینی هستند، روندها ماهیتی ذهنی دارند. به این معنا که به استنباط پژوهشگر از رابطه بین رویدادها وابسته هستند (پدرام و احمدیان، ۱۳۹۴، ۱۰۹). در تحلیل روند، پژوهشگر تلاش می‌کند با مقایسه نقاط داده در یک دوره معین، مسیر روندها (افزایشی، کاهش‌ی، بدون تغییر) را شناسایی کند. این روش، به تحلیلگر اجازه می‌دهد تا تأثیر رویدادهای مهم و احتمالی را به‌طور نظام‌مند بررسی کرده و با توجه به مجموعه‌ای از رویدادهای از پیش تعیین‌شده، میزان احتمال وقوع، تأثیرات مورد انتظار و سناریوهای مترتب بر آن پدیده را مورد بررسی قرار دهد (پاگلیسی، ۲۰۰۱: ۴۴۵).

به منظور ارائه تصویری روشن از آینده ایران، پژوهش از مرحله تبیین مسئله و شناسایی مؤلفه‌ها آغاز و از طریق تحلیلی، نیروهای پیشران و عدم قطعیت‌های موجود، به تدوین

-
1. Börjeson et al.
 2. Bibri
 3. Puglisi

و توصیف سناریوها و توصیه گزینه‌های راهبردی ختم می‌شود. استخراج پیشران‌ها بر مبنای دیدگاه خبرگان و متخصصین این حوزه و نیز داده‌های عینی و موجود در اسناد و کتب انجام شده است. بر این اساس، روش‌های گردآوری داده‌ها در این پژوهش مبتنی بر مرور منابع و اسناد و پویش محیطی (پنل خبرگی) بوده است.

پس از بررسی و تحلیل مجموعه‌ای از منابع و اسناد ذی‌ربط، تعداد قابل توجهی از روندها و عوامل اثرگذار بر وضعیت فعلی انرژی‌های تجدیدپذیر و آینده‌های محتمل آن شناسایی شد. سپس جهت استخراج مؤلفه‌های کلیدی و شناسایی پیشران‌ها ۱۵ نفر از خبرگان و کارشناسان دانشگاهی و حوزه سیاست‌گذاری برای پنل خبرگان گزینش شدند. این افراد از متخصصان حوزه انرژی، محیط‌زیست، روابط بین‌الملل و جغرافیای سیاسی بودند. پس از برگزاری چند دور از جلسات تخصصی با خبرگان، مؤلفه‌های کلیدی و پیشران‌ها نهایی شد. در گام بعدی میزان عدم قطعیت هر یک از پیشران‌ها براساس نظر همان کارشناسان از نمره ۱ تا ۱۰ ارزیابی شده است. در نهایت براساس خروجی به دست آمده از تحلیل رابطه میان مؤلفه‌های کلیدی از حیث تأثیرگذاری و تأثیرپذیری سناریوهای محتمل ترسیم گردید. مراحل انجام پژوهش در نمودار شماره ۱ ملاحظه می‌گردد.

نمودار ۱. چارچوب و گام‌های پژوهش



۴. وضعیت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

به موازات تلاش‌های جهانی برای توسعه انرژی‌های پاک، ایران هم تلاش‌هایی برای گذار به عصرپساکربن انجام داده است. در این راستا بسیاری از برنامه‌های توسعه و اسناد

بالادستی بر نقش توسعه پایدار و سوخت‌های جایگزین تأکید دارند، اما واقعیت این است که تلاش ایران برای انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر به دلیل شرایط و مشکلات منحصر به فرد پیچیده است. اگرچه اقتصاد ایران نسبت به برخی از همسایگانش متنوع‌تر است، همچنان به میزان قابل توجهی به صادرات نفت وابسته است. درآمد اقتصاد ایران به شدت وابسته (۳۵ درصد در سال ۹۷) به صادرات نفت و فرآورده‌های نفتی است (نوراللهی، لوند، نیلسن و تلوفسن^۱، ۲۰۲۱:۴). حدود ۹۸ درصد از کل انرژی اولیه کشور از طریق نفت و گاز طبیعی تأمین می‌شود. براساس گزارش منتشرشده از بریتیش پترولیوم در سال ۲۰۲۲ سهم گاز طبیعی در سبد انرژی کشور ما ۷۱ درصد و سهم نفت خام ۲۷ درصد بوده است (بریتیش پترولیوم^۲، ۲۰۲۲). بنابراین در زمانی که کشورها و شرکت‌ها به‌طور فزاینده‌ای به دنبال انواع انرژی پاک هستند، وابستگی کشور به منابع نفتی و گازی ممکن است در میان‌مدت مانع گذار سریع به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد مصرفی انرژی ایران در حال حاضر کمتر از ۲ درصد است^۳. با این حال روندهای مثبتی در جهت گذار به عصر انرژی‌های پاک در ایران در حال شکل‌گیری است. جمهوری اسلامی ایران در سال‌های اخیر با درک اهمیت انرژی‌های تجدیدپذیر در عصر گذار انرژی، بر روی استفاده از انرژی‌های برق در بخش‌های مختلف اقتصادی متمرکز شده است و سیاست انرژی کشور از سیاستی که متمرکز بر نفت بود به یک منبع انرژی متنوع با منابع پایدارتر در حال تغییر است. (سلیمانی^۴، ۲۰۲۱:۲)

سیاست‌گذاران کشور با شناخت ظرفیت‌های بخش انرژی در سال‌های اخیر برنامه‌هایی را برای بهره‌برداری از آن تدوین کرده‌اند. در چارچوب برنامه‌های هفتم توسعه، ایران تلاش دارد توسعه بخش انرژی‌های تجدیدپذیر را در اولویت قرار دهد. در این راستا رفع موانع و ایجاد سازوکار مناسب به منظور افزایش تولید انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان ۱۲ هزار مگاوات در طول سال‌های برنامه با مشارکت بخش خصوصی و عمومی در اولویت قرار گرفته است (خبرگزاری ایرنا، ۱۴۰۱).

1. Noorollahi, Lund, Nielsen & Thellufsen
2. British Petroleum (BP)
3. EIA, 2021
4. Soleymani

انتظار می‌رود بازار انرژی‌های تجدیدپذیر ایران تا سال ۲۰۲۵ با نرخ رشد ترکیبی، بیش از ۱۰ درصد رشد کند. محرک اصلی بازار شامل تعرفه‌های خوراک برای انرژی‌های غیر برق آبی و افزایش نگرانی‌ها در مورد افزایش آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. با این حال انتظار می‌رود با اعمال تحریم‌های بین‌المللی بر بخش تجارت ایران، تأمین مالی ساخت پروژه‌های تجدیدپذیر بسیار دشوار باشد. پیش‌بینی می‌شود بازار انرژی‌های تجدیدپذیر کشور عمدتاً توسط پروژه‌های در حال ساخت نیروگاه‌های آبی هدایت شود که به احتمال زیاد در دوره پیش‌بینی، نزدیک به ۱۶۵۰ مگاوات به کل ظرفیت کشور اضافه کند. علاوه بر برق آبی، ایران همچنین در حال برنامه‌ریزی برای توسعه ظرفیت خورشیدی خود است که به رشد بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر در طول دوره پیش‌بینی کمک می‌کند (موتور اینتلیجنس^۱، ۲۰۲۱).

۵. عوامل و پیشران‌های کلیدی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

با مروری بر منابع و مستندات تعداد ۲۰ پیشران برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر انتخاب شد. این پیشران‌ها به‌طور کلی به چند دسته اقتصادی، حکمرانی، فناوری، محیط‌زیست و فرهنگی به شرح ذیل تقسیم شد. سپس این پیشران‌ها در اختیار خبرگان قرار گرفته و میزان اهمیت و عدم قطعیت آنها براساس دامنه صفر تا ۱۰ امتیازدهی شد (جدول شماره ۱).

جدول ۱. پیشران‌ها و میزان اهمیت و عدم قطعیت آنها در گذار ایران به انرژی‌های تجدیدپذیر

ردیف	عوامل کلیدی	اهمیت/عدم قطعیت	درجه اهمیت/درجه عدم قطعیت (الی ۱۰)	مجموع امتیاز
۱	سراجه مصرف انرژی	اهمیت	۶	۹
		عدم قطعیت	۳	
۲	سیاست‌های مدیریت مصرف و فرهنگ صرفه‌جویی	اهمیت	۴	۹
		عدم قطعیت	۵	
۳	قیمت سوخت و حامل‌های انرژی	اهمیت	۷	۱۵
		عدم قطعیت	۸	
۴	یارانه انرژی	اهمیت	۵	۱۱
		عدم قطعیت	۶	

ردیف	عوامل کلیدی	اهمیت/عدم قطعیت	درجه اهمیت/درجه عدم قطعیت ۱ الی ۱۰	مجموع امتیاز
۵	الگوهای توسعه اقتصادی و سیاست‌های کلان اقتصادی	اهمیت	۷	۱۳
		عدم قطعیت	۶	
۶	نهادهای دانش‌بنیان	اهمیت	۷	۱۰
		عدم قطعیت	۳	
۷	سیاست‌های زیست‌محیطی	اهمیت	۶	۶
		عدم قطعیت	۴	
۸	توسعه فناوری‌های سبز	اهمیت	۸	۱۴
		عدم قطعیت	۶	
۹	میزان وابستگی به سوخت‌های فسیلی	اهمیت	۷	۱۳
		عدم قطعیت	۶	
۱۰	دسترسی به منابع تجدیدپذیر	اهمیت	۱۰	۱۴
		عدم قطعیت	۴	
۱۱	تحریم‌های بین‌المللی	اهمیت	۸	۱۵
		عدم قطعیت	۷	
۱۲	روش‌های تأمین مالی و سرمایه‌گذاری	اهمیت	۷	۱۳
		عدم قطعیت	۶	
۱۳	افزایش جمعیت	اهمیت	۶	۹
		عدم قطعیت	۳	
۱۴	تغییرات اقلیم جهانی	اهمیت	۵	۱۰
		عدم قطعیت	۵	
۱۵	وابستگی رشد اقتصادی به انرژی‌های نو	اهمیت	۷	۱۳
		عدم قطعیت	۶	
۱۶	سهم نفت در سبد انرژی کشور	اهمیت	۸	۱۳
		عدم قطعیت	۵	
۱۷	قیمت نفت در بازارهای جهانی	اهمیت	۸	۱۱
		عدم قطعیت	۳	
۱۸	الگوی مصرف انرژی	اهمیت	۸	۱۱
		عدم قطعیت	۳	
۱۹	سهم نفت در درآمد ارزی کشور	اهمیت	۷	۱۱
		عدم قطعیت	۴	
۲۰	توسعه تفکر آینده‌نگر در کشور	اهمیت	۸	۱۵
		عدم قطعیت	۷	

منبع: استنتاج نویسندگان

۶. استخراج عدم قطعیت‌های کلیدی

پس از یکسان‌سازی یافته‌های حاصل از مرور منابع و مستندات و نیز دیدگاه خبرگان، ۶ عدم قطعیت کلیدی شناسایی و احصاء شد که سناریوهای آینده ایران را شکل می‌دهند. احصاء عدم قطعیت براساس مجموع امتیازی است که پنل خبرگان به آنها اختصاص داده‌اند. براساس دیدگاه خبرگان، تمامی مؤلفه‌ها یا پیشران‌هایی که مجموع امتیاز آنها بیشتر از ۱۰ بود، به‌عنوان عدم قطعیت‌های کلیدی برگزیده شدند (جدول شماره ۲). مهم‌ترین عدم قطعیت‌های کلیدی شامل تغییر الگوی توسعه اقتصادی، وابستگی به سوخت‌های فسیلی، توجه به سیاست‌های زیست‌محیطی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و استفاده بهینه از منابع، رفع تحریم و قیمت جهانی انرژی است. در احصاء این عدم قطعیت‌های کلیدی، اشتراکات و همپوشانی آنها نیز مورد توجه قرار گرفته است.

جدول ۲. تعیین سناریوهای محتمل براساس نا اطمینانی‌های کلیدی از پیشران‌های اصلی

سناریو ۴ درماندگی توسعه با طلای سیاه	سناریو ۳ توسعه مبتنی بر طلای سیاه	سناریو ۲ گذار تدریجی به سوی طلای سبز	سناریو ۱ جهش در گذار به طلای سبز	سناریوها عدم قطعیت‌های کلیدی
کم	کم	زیاد	زیاد	سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و استفاده بهینه از منابع
پابرجایی	رفع تحریم	پابرجایی	رفع تحریم	تحریم
کم	کم	زیاد	کم	تغییر الگوی توسعه اقتصادی
کم	کم	زیاد	زیاد	توجه به سیاست‌های زیست‌محیطی
کاهش قیمت جهانی	افزایش قیمت جهانی	افزایش قیمت جهانی	کاهش قیمت جهانی	قیمت انرژی در بازارهای جهانی

منبع: استنتاج نویسندگان

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، هر عدم قطعیت می‌تواند دو وضعیت متفاوت (کاهش/افزایشی یا تغییر/عدم‌تغییر) داشته باشد. ترکیب وضعیت‌های دوگانه دوازده حالت را می‌دهد که ۱۲ سناریو است، اما از آنجایی که ۱۲ حالت یا سناریو برای تحلیل و برنامه‌ریزی

زیاد و کسل کننده است، تلاش شده با توجه به همپوشانی برخی عدم قطعیت‌های کلیدی، سناریوها در چهار دسته خلاصه گردد. در ادامه به بررسی عدم قطعیت‌های کلیدی می‌پردازیم.

۱-۶. سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز و استفاده بهینه از ظرفیت منابع

تجدیدپذیر

بر اساس تحقیقات انجام شده، ایران ظرفیت دستیابی به ۴۰۰۰۰ مگاوات در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را دارد و به اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر به عنوان بخشی از طرح اقلیمی خود متعهد شده است (بایومی و فرناندز^۱، ۲۰۱۹: ۱۶۲۱).

انرژی خورشیدی یکی از امیدوارکننده‌ترین مسیرهای ایران برای دستیابی به انرژی‌های تجدیدپذیر است. ایران به عنوان بخشی از کمربند خورشیدی جهانی، هر ساله به طور متوسط ۲ مگاوات ساعت بر مترمربع برای ۲۸۰۰ ساعت آفتاب دریافت می‌کند (عطبی^۲، ۲۰۰۴: ۷۰)، بنابراین، چنانچه صحراهای ایران به طور کامل برای تولید انرژی خورشیدی مورد استفاده قرار بگیرند، ممکن است انرژی کافی برای تأمین منطقه وسیع را تأمین کنند. گفته می‌شود هر ۲۰۰۰ کیلومترمربع پنل خورشیدی در ایران می‌تواند به طور میانگین ۶۰ گیگاوات انرژی تولید کند (شکری کله سر^۳، ۲۰۱۹). لازم به ذکر است این ظرفیت فنی ممکن است در عمل به سبب گرمای بیش از حد، طوفان‌های شن و آلودگی هوا کاهش یابد. در حال حاضر، ظرفیت نصب شده فتوولتائیک در کل کشور در ۳۶۷ مگاوات است که تنها ۰/۰۵ درصد از تولید انرژی‌های تجدیدپذیر را تشکیل می‌دهد (آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر^۴، ۲۰۲۰). این آمار نشان می‌دهد انرژی خورشیدی متمرکز در کشور به طرز چشمگیری یک حوزه توسعه نیافته و مغفول مانده است.

طبق گزارش اداره اطلاعات انرژی آمریکا^۵ در سال ۲۰۲۱، ایران این ظرفیت را دارد که سهم انرژی‌های تجدیدپذیر خود را در ترکیب انرژی خود از حدود ۱ درصد در سال

1. Bayomi & Fernandez
2. Atabi
3. Shokri Kalehsar
4. The International Renewable Energy Agency (IRENA)
5. Energy Information Administration (EIA)

۲۰۱۸ به ۱۶ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش دهد. علاوه بر این، ایران توانایی تولید ۵/۴ تا ۵/۵ کیلووات ساعت برق به ازای هر مترمربع در روز از انرژی خورشیدی را دارد. با توجه به برآورد اطلاعات انرژی آمریکا و توانمندی انرژی خورشیدی ایران، فرصت گسترده‌ای برای بازار انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های آینده وجود دارد (اداره اطلاعات انرژی، ۲۰۲۱).

علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته برای توسعه فناوری‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر، ایران در زمینه فناوری تولید از برخی کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا مانند عربستان عقب است. در سال ۲۰۱۶، سهم ایران در ابداعات و فناوری‌های مربوط به محیط زیست نیم درصد بود، یعنی یک پنجم عربستان سعودی. در مقایسه، فرانسه، چین و آلمان به ترتیب ۳/۷۷، ۹/۲۶ و ۱۰/۷۶ درصد از این اختراعات را تولید کردند (مایر، ۲۰۲۰: ۲۱). این در حالی است که در شرایط تحریم به مانند فناوری هسته‌ای، ایران نیازمند خودتکایی در زمینه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر است.

۲-۶. تحریم‌های بین‌المللی

تحریم‌های بین‌المللی، تأثیری منفی بر همکاری‌های بین‌المللی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران داشته است. شرکت‌های بین‌المللی مثل شرکت دانمارکی وستاس^۱ (بزرگ‌ترین و معتبرترین تولیدکننده توربین‌های بادی)، شرکت سولار بی^۲ (ارائه‌کننده دستگاه‌های تصفیه فاضلاب توسط انرژی خورشیدی)، شرکت آلمانی وارتا^۳، کمپانی استات اوایل نروژ در سال‌های اخیر همکاری خود با ایران را در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر قطع کردند. در مقابل پس از امضای اولیه برجام، شرکت ایرانی انرژی خورشیدی مکران با شرکت آلمانی آدور^۴ (به‌عنوان مدیر برنامه) و شرکت «دوریون ای جی»^۵ سوئیس (به‌عنوان سرمایه‌گذار اصلی) برای ایجاد یک مزرعه خورشیدی قابل توجه در کرمان شروع به همکاری کرد (جانسون، ۲۰۲۲).

علی‌رغم تمایل کشور برای اقدام براساس توافقنامه پاریس، تحریم‌ها و فشارهای مالی ناشی از آن، مانعی جدی برای جذب سرمایه‌گذاری لازم در انرژی‌های تجدیدپذیر بوده

1. Vestas
2. Solar Bee
3. VARTA
4. ADORE GmbH
5. DURION AG
6. Johnson

است. با این حال ایران در سال‌های اخیر پروژه‌های سرمایه‌گذاری گسترده‌ای را در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر مثل برق آبی و انرژی خورشیدی تعریف کرده است. برق آبی بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق است که ۲۰ درصد از انرژی تجدیدپذیر جهان را به خود اختصاص می‌دهد و نزدیک به ۹۸ درصد از منابع تجدیدپذیر در ایران را شامل می‌شود. شرکت‌های ایرانی تجربه قابل توجهی در توسعه نیروگاه‌های آبی دارند. برای مثال، ایران قراردادهای طولانی‌مدتی با تاجیکستان دارد و از توسعه پروژه چندمنظوره اوما اویا^۱ (۱۳۴ مگاوات) در سریلانکا حمایت می‌کند (انجمن بین‌المللی برق آبی^۲، ۲۰۱۶)

۳-۶. توجه به سیاست‌های زیست‌محیطی

اقدامات حفاظت از محیط زیست نیز چشم‌انداز توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران را افزایش می‌دهد. نگرانی‌های زیست‌محیطی تا حد زیادی بر رشد انرژی‌های تجدیدپذیر در طول کار به دلیل مقررات محلی و توافق‌نامه‌های بین‌المللی برای حفاظت از محیط زیست تأثیر می‌گذارد (الصالح^۳، ۲۰۰۹:۶۵۹). ایران به‌عنوان یکی از صادرکنندگان اصلی سوخت‌های فسیلی، می‌تواند با کاهش سهم نفت و گاز طبیعی در بخش انرژی خود و گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر، به مزایای زیست‌محیطی قابل توجهی دست یابد. اگر دولت تغییرات آب و هوایی، آلودگی و سایر مسائل زیست‌محیطی مربوط به تولید نفت را بپذیرد، احتمالاً انرژی‌های تجدیدپذیر را سریع‌تر توسعه خواهد داد. انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های تجدیدناپذیر خطرات زیست‌محیطی کمتری دارند زیرا منابع طبیعی را تخلیه نمی‌کنند و با آلودگی و خطرات زیست‌محیطی کمتری همراه است. از این رو، سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر موردعلاقه سازمان‌های حفاظت از محیط‌زیست است.

آلودگی هوا و کمبود آب یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی در ایران می‌باشد. موضوعی که دولت را برای مقابله با این مسائل تحت فشار فزاینده‌ای قرار داده است. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، چهار شهر از ده شهر به شدت آلوده جهان در ایران است.

1. Uma Oya
2. International Hydropower Association
3. Al-Saleh

از پیامدهای آن می‌توان به ۴۰ هزار مرگ زودرس در اثر آلودگی هوا اشاره کرد (تهران تایمز، ۲۰۲۱). به‌طور کلی مسائل زیست‌محیطی مثل آلودگی هوا ممکن است ایران را مجبور کند که از اتکای خود به منابع نفتی کاسته و به دنبال فرصت‌های سرمایه‌گذاری در پتانسیل خورشیدی باشد.

۶-۴. تغییر الگوی توسعه اقتصادی

روند تسریع‌گذار جهانی به سمت سوخت‌های پاک و تجدیدپذیر احتمالاً بخش انرژی کشور را در آینده شکل خواهد داد و اهمیت منابع انرژی تجدیدپذیر را افزایش می‌دهد. در این وضعیت حداقل دو راه وجود دارد که ایران تحت تأثیر روندهای انرژی سبز جهانی قرار می‌گیرد. از یک‌سو، کشور با تهدید کاهش تقاضا برای سوخت‌های فسیلی مواجه است، زیرا کشورهای بیشتری سیاست‌های انرژی‌های تجدیدپذیر را اجرا می‌کنند و اتکا به انرژی‌های تجدیدناپذیر را کاهش می‌دهند. این امر تأثیر مستقیمی بر ایران دارد زیرا کاهش تقاضا می‌تواند منافع اقتصادی حاصل از صادرات نفت و گاز طبیعی را کاهش دهد. از سوی دیگر، پیشرفت در انرژی سبز به یک شاخص از توسعه تبدیل شده است و کشورها را تشویق به بهبود استفاده از منابع تجدیدپذیر برای کاهش آسیب ناشی از تغییر اقلیم و دستیابی به توسعه پایدار می‌کند. بنابراین کشور ما همراه با سایر کشورهای خاورمیانه، به دنبال توسعه زیرساخت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در برنامه‌های توسعه خود و پیشرفت‌های صنعتی در این حوزه در آینده خواهد بود.

با توجه به روند افزایشی مصرف انرژی در ایران و نقش صادرات نفت در اقتصاد کشور، این احتمال وجود دارد که کشور به تدریج پتانسیل خود برای انرژی‌های تجدیدپذیر در پاسخ به روندهای جهانی و منطقه‌ای را گسترش دهد. به‌عنوان مثال، اتخاذ سیاست‌های تشویقی و حمایتی گسترده‌تر برای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به ویژه در حوزه انرژی خورشیدی یا بادی می‌تواند گام اساسی در ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح محلی باشد. به این ترتیب، اتکا به سوخت‌های فسیلی را کاهش داده و از پایداری بلندمدت آن محافظت می‌کند همچنین نیازهای رو به رشد انرژی جمعیت را برآورده می‌کند. با این حال فقدان راهبردی کلان برای برون‌رفت از اقتصاد نفتی مانعی جدی برای

تحول در الگوی اقتصادی کشور است. تجربه سال‌های پس از موافقت‌نامه برجام این موضوع را به خوبی اثبات می‌کند.

۵-۶. قیمت انرژی در بازارهای جهانی

قیمت‌های بالای نفت می‌تواند انگیزه‌ای برای توسعه انرژی‌های جایگزین باشد و چشم‌انداز جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر را تقویت کند که البته از منظر زیست‌محیطی نیز توجیه اقتصادی دارد. با این حال برای کشورهای نفتی از جمله ایران، اثرگذاری قیمت بالای نفت متفاوت از کشورهای مصرف‌کننده است. به این معنا که در کوتاه‌مدت قیمت بالا موجب کاهش انگیزه کشورهای نفتی به سوی انرژی‌های پاک خواهد شد زیرا با افزایش درآمدهای نفتی، امکان تأمین منابع مالی برای پروژه‌های تجدیدپذیر افزایش می‌یابد. کاهش میل به توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر خواهد شد. با این حال در میان‌مدت و بلندمدت این کشورها نیز به سبب کاهش تقاضای سوخت‌های فسیلی که خود تابعی از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر است، میل به سوی توسعه این نوع از سوخت‌ها خواهند داشت.

۷. روایت سناریوها

پس از معرفی زمینه‌ای که سناریوها در آن عمل خواهند کرد و عواملی که برای همه سناریوها مشترک تلقی می‌شوند، در ادامه، مجموعه سناریوهای انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشور تا سال ۲۰۵۰ را بررسی می‌کنیم. این سناریوها روایت‌هایی را در مورد آینده نشان می‌دهند که منعکس‌کننده مفروضات مختلف در مورد چگونگی شکل‌دهی به روندها و مسائل فعلی و در مورد عوامل دیگری هستند که به‌طور بالقوه می‌توانند برای ایجاد طیفی از آینده‌های احتمالی نقش داشته باشند. با این حال باید توجه داشت که هر روایت یکی از آینده‌های مختلف و درعین‌حال به همان اندازه قابل قبول برای کشور را توصیف می‌کند. در حالی که هر روایت به گونه‌ای طراحی شده است که به تنهایی خواننده و بررسی شود، در نظر گرفتن همه سناریوها به درک بهتر طیف گسترده‌ای از حالت‌های مختلف برای آینده انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور کمک می‌کند. در این سناریوها طیف گسترده‌ای از موقعیت‌های ممکن سبب انرژی در آینده تصور می‌شود که از تسلط سوخت‌های فسیلی تا تسلط انرژی‌های تجدیدپذیر را شامل می‌شود. «توسعه مبتنی بر طلای

سیاه» و «گذار تدریجی به توسعه پایدار مبتنی بر طلای سبز» محتمل‌ترین سناریوهای توسعه انرژی برق تا سال ۲۰۳۰ در ایران هستند.

سناریوی اول: تحقق توسعه پایدار و گذار به طلای سبز

این سناریو تصویری را ارائه می‌کند که به سبب رفع تحریم‌های بین‌المللی، درآمدهای ارزی کشور افزایش می‌یابد. در نتیجه افزایش درآمدها، ظرفیت‌های مالی برای توسعه و سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر فراهم می‌شود. همچنین با افزایش نگرانی‌های جهانی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، در دستگاه حکمرانی کشور نیز نگرانی و فوریت بیشتری به مسائل زیست‌محیطی وجود خواهد داشت. اثر ترکیبی این عوامل موجب افزایش توجه به قابلیت انرژی‌های تجدیدپذیر و غیر فسیلی می‌شود. علاوه بر این هیدروژن و سوخت‌های زیستی به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان سوخت حمل‌ونقل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در چنین شرایطی طیف وسیعی از فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر (مانند انرژی خورشیدی، حرارتی و بادی) به منظور تأمین نیازهای داخلی فزاینده برای تولید برق و تولید آب مدنظر خواهد بود. به همین منظور قراردادهای سرمایه‌گذاری با شرکت‌های خارجی جهت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر منعقد خواهد شد. همچنین با توجه به توسعه پایدار و حفظ ذخایر نفتی باقیمانده، ایران سیاست کاهش تولید و فروش نفت را در پیش خواهد گرفت.

در این سناریو توسعه فناوری‌های دوستدار محیط زیست باعث توسعه سوخت‌های تجدیدپذیر و افزایش گرایش بازار و مردم به سمت انرژی‌های پاک شده است. در نتیجه استفاده از فناوری‌های سبز، انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان زیادی مهار شده از انتشار آلاینده‌ها به جو به شدت جلوگیری می‌شود. در سطح تنظیم‌گری نیز قوانین و مقررات سفت و سختی برای محافظت از محیط زیست تدوین و اجرا می‌شود. در نتیجه چنین وضعیتی، استانداردهای محیط زیستی بهبود یافته است. نهادهای دولتی نیز سیاست توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را در اولویت برنامه‌های خود قرار داده‌اند.

سناریوی دوم: گذار تدریجی و مستقل به توسعه پایدار و طلای سبز

در این سناریو ایران تحت تأثیر تحریم‌های بین‌المللی به راحتی قادر به فروش نفت خود در بازارهای جهانی نیست و عمده‌فروش خود را از طریق دور زدن تحریم‌ها انجام می‌دهد. از

طرفی با توجه به افزایش حساسیت‌های زیست‌محیطی جهانی و داخلی در مورد آلودگی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی، نظام حکمرانی در چارچوب آموزه‌های اقتصاد مقاومتی، تنوع‌بخشی به اقتصاد را به‌طور جدی پیگیری می‌کند و میزان وابستگی خود به منابع فسیلی را کاهش می‌دهد. در این زمینه سرمایه‌گذاری شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی به منظور دستیابی به فناوری‌های بومی، در اولویت سیاست‌های محیط‌زیستی و انرژی قرار می‌گیرد. ایران پس از چند سال می‌تواند به مانند سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی هسته‌ای، به فناوری بومی در زمینه انرژی‌های تجدید پذیر دست یابد. وجود ظرفیت‌های جغرافیایی و طبیعی سرعت تحقق بخشی به چنین اهدافی را بالا می‌برد. در نتیجه با سرمایه‌گذاری در فناوری‌های بومی، صنعت انرژی‌های سبز توسعه می‌یابد. جمهوری اسلامی با تکیه بر فناوری بومی، جهشی در تولید انرژی‌های تجدید پذیر ایجاد کند.

سناریوی سوم: توسعه مبتنی بر طلای سیاه

در این سناریو ایران به دلیل رفع تحریم و تمایل به آزادسازی منابع هیدروکربنی برای صادرات با ارزش افزوده بالاتر نظیر تکمیل زنجیره ارزش پتروشیمی، توجه خود را به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر کمتر معطوف می‌کند. از این رو، می‌تواند تولید نفت خود را به حداکثر رسانده و با توجه به افزایش تقاضا به ویژه در مناطقی مانند چین و هند، در راستای حداکثرسازی سهم بازار تلاش می‌کند. با این حال، در حوزه حکمرانی انرژی شاهد تناقض‌هایی آشکار هستیم. از یک سو به دلیل رفع تحریم و گشایش اقتصادی، شاهد فروش نفت در مقیاس وسیع هستیم. از سوی دیگر در نتیجه افزایش حساسیت و نگرانی افکار عمومی در حوزه محیط‌زیست، دستگاه‌های سیاست‌گذاری و مدیران دولتی مسیر توسعه فناوری‌های تجدیدپذیر دنبال می‌شود. به‌طور کلی فقدان نگاه راهبردی و کلان برای اقتصاد کشور در شرایط رفع تحریم، مانع توسعه مؤثر انرژی‌های تجدیدپذیر و سرمایه‌گذاری در فناوری‌های سبز می‌شود. به بیانی دیگر فاکتورهای انرژی‌های تجدیدپذیر و فناوری‌های مربوط به آن در تصمیم‌گیری‌های اقتصادی در اولویت قرار نمی‌گیرند.

اگرچه بخشی از بدنه سیاست‌گذاری کشور، با درک پایان‌پذیری سوخت‌های فسیلی و اولویت روزافزون مسائل زیست‌محیطی، در زمینه بهینه‌سازی و سازگارسازی فناوری‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر مورد استفاده در کشور اقداماتی انجام داده‌اند (از جمله واردات تجهیزات، دانش و همین‌طور توسعه همکاری و تولید

داخلی)، اما نگرش مدیریتی حاکم بر مدیران و تصمیم‌گیران به‌طور اساسی تغییر نکرده است. به این معنا که نگاه درون‌زا به توسعه اقتصادی شکل نگرفته است و این مسئله مانع تحقق آموزه‌های اقتصاد مقاومتی می‌شود.

سناریوی چهارم: درماندگی توسعه با طلای سیاه

این سناریو چیزی را نشان می‌دهد که می‌توان آن را به‌عنوان ادامه روند فعلی از نظر در دسترس بودن سوخت‌های فسیلی و اقدامات استراتژیک محدود در حفاظت از محیط‌زیست در نظر گرفت. انگیزه گذار به سوی سوخت‌های پاک و تجدیدپذیر به دلایلی مانند افزایش تقاضای داخلی برای انرژی و کاهش سرمایه‌گذاری به سبب تحریم‌های بین‌المللی شکل نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، به دلیل فقدان فناوری سبز و سرمایه‌گذاری مناسب، انگیزه کافی برای استفاده از این نوع انرژی‌ها وجود نداشته و تلاش می‌شود از طریق دور زدن تحریم‌ها، درآمدهای نفتی در سطح معقولی حفظ شود. در عین حال تلاش می‌شود در چارچوب اقتصاد مقاومتی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح سیاست‌گذاری و قانون‌گذاری در دستور کار قرار بگیرد. به دلیل نبود نگاه راهبردی درون‌زا، الگوی اقتصادی همچنان در عمل وابسته به محیط بین‌المللی است. بنابراین در این سناریو به مانند سناریو قبل، شاهد تناقض‌هایی در سیاست‌ها و عملکرد نظام حکمرانی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر هستیم. از یک‌سو کشور در نتیجه تحریم‌های بین‌المللی، قادر به توسعه مؤثر فناوری‌های انرژی‌های تجدیدپذیر نیست و همچنان بر سوخت‌های فسیلی تمرکز می‌کند. از سوی دیگر در راستای اقتصاد مقاومتی گام‌هایی در سطح سیاست‌گذاری در راستای توسعه بومی فناوری‌های تجدیدپذیر برداشته می‌شود. الگوی توسعه اقتصادی در کشور هماهنگ با نبود فناوری بومی و محرومیت از فناوری‌های خارجی، نسبت به دغدغه‌های زیست‌محیطی نیز بی‌توجه است و قادر به تأمین هزینه‌های هنگفت زیست‌محیطی در حوزه‌های عمرانی و اقتصادی نیست. بنابراین گذار به انرژی پاک و تجدیدپذیر در اولویت مدیران و سیاست‌گذاران نیست.

۸. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای سیاستی

جهان با سرعت بخشیدن به گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر، در حال پذیرش الگوی کربن صفر تا ۲۰۵۰ است و سیستم‌های انرژی در سراسر جهان در حال تغییر شکل هستند. اگرچه

روند گذار از سوخت‌های با کربن بالا برای مبارزه مؤثر با تغییرات آب و هوایی بسیار کند است، تأثیرات اجتماعی - اقتصادی گسترده آن در حال شکل‌گیری است. سرعت متفاوت سرمایه‌گذاری در فناوری و زیرساخت‌های کم‌کربن، منجر به نوعی تقسیم‌بندی در میان کشورهای دنیا در قالب پیشگامان و کمتر توسعه‌یافته در زمینه کربن‌زدایی شده است. در یک‌طرف کشورهای صاحب فناوری مثل ایالات متحده آمریکا، چین و کشورهای اروپایی قرار دارند. در طرف دیگر کشورهایی نظیر عمده کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، همراه با روسیه هستند که بیشتر در معرض کاهش درآمدهای حاصل از سوخت‌های فسیلی می‌باشند. کاهش درآمدهای صادراتی بر چشم‌انداز رشد اقتصادی و بودجه ملی آنها تأثیر منفی خواهد گذاشت. برای جلوگیری از مشکلات اقتصادی، آنها باید اقتصاد خود را با شرایط جدید تطبیق داده و وابستگی خود را به سوخت‌های فسیلی کاهش دهند.

ایران با گذار به سوی انرژی‌های تجدیدپذیر دو مزیت عمده را تجربه خواهد کرد. اول، کاهش تقاضای داخلی برای سوخت‌های فسیلی باعث افزایش رقابت در بازارهای جهانی انرژی خواهد شد. به عبارت دیگر کاهش تقاضای داخلی امکان افزایش صادرات فرآورده‌های با ارزش افزوده بالاتر پالایشی و پتروشیمی را ایجاد می‌کند. دوم، کاهش مصرف سوخت به دولت این امکان را می‌دهد که یارانه‌های پرهزینه خود را کاهش داده و هم‌زمان تقاضای برق رو به رشد را از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر پایدارتر و مقرون به صرفه‌تر تأمین کند.

با افزایش تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر، کشور ما می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ شاهد دستاوردهای مالی باشد. در حال حاضر بیشتر برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر کشور از منابع آبی تأمین می‌شود هرچند ظرفیت‌های بالایی برای انرژی خورشیدی و بادی وجود دارد که نیازمند سرمایه‌گذاری‌های جدیدی است. امکان‌پذیری بالای استفاده از منابع خورشیدی با توجه به ویژگی‌های مناطق جغرافیایی، امنیت بیشتری را از نظر کاربردها ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، کاربرد فناوری خورشیدی در مناطق زلزله‌زده بدون توجه به بلایای طبیعی استمرار خواهد داشت. همچنین در مناطقی که خطر سیل وجود دارد، استفاده از انرژی خورشیدی مؤثر است. در صورت تخریب خطوط انتقال برق می‌توان از این سیستم استفاده نمود.

برای کشوری مانند کشور ما که از یک‌سو دارای ذخایر عظیم و وابسته به مصرف سوخت فسیلی است و از سوی دیگر، در نتیجه تحریم‌های بین‌المللی با چالش کسب درآمد

از منابع گسترده خود و خطر از دست دادن درآمدهای ارزی مواجه است، شرایط قدری پیچیده به نظر می‌رسد. تحت تحریم‌ها می‌توان از همکاری شرکای تجاری راهبردی نظیر چین، عراق، ترکیه، امارات متحده عربی و ونزوئلا استفاده کرد. هرچند با توجه به قدرت سیاسی شرکای تجاری و محدودیت‌های موجود، به نظر می‌رسد که مناسب‌ترین شریک به منظور تقویت فناوری این حوزه، چین است. چین از یک سو مالک بخش زیادی از مواد و فناوری مورد نیاز برای توسعه اقتصاد کم‌کربن است و از سوی دیگر به دنبال تضمین تأمین سوخت فسیلی است تا رشد اقتصادی قابل توجه خود را فراهم کند. خاطرنشان می‌شود تحت شرایط تحریم، مهم‌ترین راهبرد و سناریو برای کشور ما توسعه فناوری بومی سبز و سرمایه‌گذاری در شرکت‌های دانش‌بنیان است. این امر علی‌رغم زمان‌بر بودن، تاب‌آوری سیستم اقتصاد کشور را در بلندمدت افزایش می‌دهد.

در چنین شرایطی و برای تشویق استفاده از برق حاصل از انرژی‌های تجدیدپذیر، راهبردهایی که در ادامه به آنها اشاره شده می‌تواند مؤثر باشد. نخست، برای خرید تضمینی برق تولیدشده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توان از تخصیص بخشی از منابع عمومی در بودجه سالانه استفاده کرد. همچنین توصیه می‌شود دوم، تعرفه برق سبز تدوین شده و بهای برق کلیه نهادهای دولتی با استفاده از این تعرفه محاسبه شود. برای توسعه این روش، پذیرش اختیاری آن توسط مشترکین حامی محیط زیست با حمایت سازمان‌های مردم‌نهاد حامی محیط زیست تبلیغ شده و منابع ناشی از مصرف زیاد به صورت مستقیم به حساب کاربری توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر واریز شود و سوم، آنکه بخشی از هزینه‌های ساخت نیروگاه‌های تجدیدپذیر از محل کمک بلاعوض دولت تأمین شده و سهم معینی برای بررسی میزان کاهش هزینه‌های ساخت این نیروگاه‌ها اختصاص یابد.

۹. تعارض منافع

تعارض منافی وجود ندارد.

۱۰. سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از سرکار خانم دکتر عاطفه تکلیف، عضو هیئت علمی گروه اقتصاد انرژی دانشگاه علامه طباطبائی که با نقطه نظرات خود موجب بهبود مقاله شدند کمال قدردانی دارند.

ORCID

Ali Esmaili Ardakani

 <https://orcid.org/0000-0001-8032-7609>

Morteza Shokri

 <https://orcid.org/0000-0001-7126-0043>

۱۱. منابع

- ابراهیمی، قانده؛ دهقانی، علی و فتاحی، محمد. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر بر رشد اقتصادی ایران. *پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی*، سال نهم، شماره ۳۵، ۱۴۸-۱۳۷.
- پدرام، عبدالرحیم و احمدیان، مهدی. (۱۳۹۴). *آموزه‌ها و آزموده‌های آینده‌پژوهی*. تهران، مؤسسه افق آینده‌پژوهی راهبردی.
- تهامی‌پور، مرتضی؛ عابدی، سمانه؛ کریمی بابا احمدی، رضا و ابراهیمی‌زاده، مرتضی. (۱۳۹۵). بررسی تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر سرانه رشد اقتصادی واقعی ایران. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، شماره ۱۹، ۷۷-۵۳.
- دایی کریم راد، سعید؛ شیخ بهایی، آرزیتا و قبادی، سارا. (۱۴۰۰). ارتباط متقابل انرژی‌های پاک، توسعه سرمایه‌های داخلی و خارجی، رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست در منتخبی از کشورهای در حال توسعه با رویکرد گشتاورهای تعمیم‌یافته سیستمی. *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، دوره ۱۰، شماره ۴۰، ۳۷-۱۱.
- سلیمانی، احمد و آبرومند آذر، پریسا. (۱۳۹۴). بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر و اثرات زیست‌محیطی آن‌ها در ایران. *کنفرانس بین‌المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی*.
- عابدی، سمانه؛ دانشمند، آریین و نوریان، شیما. (۱۳۹۸). بررسی عوامل مؤثر بر رشد بهره‌وری سبز در اقتصاد ایران، *تحقیقات اقتصادی*، دوره ۵۴، شماره ۳، ۶۵۸-۶۳۳.
- عابدی، سمانه؛ رحمانی دیزگاه، مهسا و زاهدیان، رقیه. (۱۳۹۴). ارتباط میان انتشار گاز CO₂، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی فسیلی و رشد اقتصادی در ایران. *سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی*، مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دستداران محیط زیست، تهران، ایران.
- عباسی گودرزی، علی و ملکی، عباس. (۱۳۹۶). سیاست‌گذاری جمهوری اسلامی ایران در بهره‌برداری بهینه از منابع انرژی تجدیدپذیر، *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، دوره ۷، شماره ۲۳، ۱۵۹-۱۷۴.
- محمدی، نعیمه و دانایی‌فرد، حسن. (۱۳۹۸). الگوی حکمرانی مشارکتی توسعه انرژی تجدیدپذیر ایران. *مطالعات راهبردی سیاست‌گذاری عمومی*، بهار ۱۳۹۸، شماره ۳۰.

References

- Abbasi G.A. and Maleki, A. (2015). Politicization of the Islamic Republic of Iran in Exploitation. *Strategic Studies of Public Policy*, Summer 2016, Number 23, pp. 159-174. [In Persian].
- Abedi, S., Daneshmand, A. and Noorian.Sh (2017). Investigation of the effective factors on green productivity growth in economy of Iran. *Economic Research*, Volume 54, Number 3, pp. 633-658. [In Persian]
- Abedi, S., Rahmani Dizgah. M. and Zahedian, R. (2014). The relationship between CO2 emissions, renewable energies, fossil energy and economic growth in Iran. *Journal of Economic Research*, Volume 46, N. 94, pp. 151-173 (In Persian).
- Al-Saleh, Y. (2009). Renewable energy scenarios for major oil-producing nations: The case of Saudi Arabia. *Futures*, 41(9), pp. 650-662
- Atabi, F. (2004). Renewable energy in Iran: Challenges and opportunities for sustainable development. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 1(1), pp. 69-80.
- Bayomi, N.E. and Fernandez, J. (2019). Towards sustainable energy trends in the Middle East: A study of four major emitters. *Energies*, 12(9), pp. 1615-1635.
- Bouckaert, S. Pales, A. F., McGlade, C., Remme, U., Wanner, B., Varro, L. and Spencer, T. (2021). *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. (Report NO. 01781941). National Academies. Retrieved from: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/063ae08a-7114-4b58-a34e-39db2112d0a2/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector.pdf>
- Dai Karim Rad, S., Sheikh Bahai, A. and Ghobadi, S. (1400). The Interrelationship of Clean Energy, Development of Domestic and Foreign Capital, Economic Growth, and Environmental Quality in a Selection of Developing Countries with the Generalized Method of Moments. *Iranian Energy Economy Research Journal*, Volume 10, Number 40, pp. 11-37. [In Persian]
- Energy, E. T. (2021). US Energy Information Administration (EIA) Monthly Energy Review.
- Ghaed.E., Dehghani, A. and Fattahi, M. (2019). The Effect of Types of Renewable Resources on the Economic Growth of Iran. *Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research*. Vol. 9, No. 35 (Serial Number 35), pp. 137-148. [In Persian]
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Dbazilian, M., Wagner, N. and Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energ Strat Rev*, 24(2019), pp. 38-50.
- Hache, E. (2018). Do renewable energies improve energy security in the long run?. *Inter Econ* ,156(2018), pp.127-135.

- IRENA, (2020). Irena Query Tool,” Irena Query Tool, accessed May 9, 2020, <https://www.irena.org/Statistics/Download-Data>
- Johnson, R. (2022). The challenges facing Iran's quest for clean and renewable energy. Retrieved from: <https://www.diligenciagroup.com/blogs/the-challenges-facing-irans-quest-for-clean-and-renewable-energy>
- Kalehsar, O. S. (2019). Iran's Transition to Renewable Energy: Challenges and Opportunities. *Middle East Policy*, 26(2), 62-71.
- Minier, Q. (2020). *Opportunities for alternative energies deployment in Iran*. (Report No. SciencesPo 2020-01), Kuwait, pp. 1-37.
- Modor Intelligence (2021). IRAN POWER MARKET - GROWTH, TRENDS, COVID-19 IMPACT, AND FORECASTS (2022-2027). Retrieved from: [B2n.ir/w52178](https://www.modorintelligence.com/reports/iran-power-market-growth-trends-covid-19-impact-and-forecasts-2022-2027)
- Mohammadi, N. and Danaeifard, H. (2018). Participatory Governance Model of Renewable Energy Development in Iran. *Strategic Public Policy Studies*, Spring 2018, No. 30, pp. 133-155. [In Persian].
- Newell, P. (2019). Trasformismo or transformation? The global political economy of energy transitions. *Review of international political economy*, 26(1), pp. 25-48.
- Noorollahi, Y. Lund, H. Nielsen, S. and Thellufsen, J. Z. (2021). Energy transition in petroleum rich nations: case study of Iran. *Smart Energy*, 3, 100026.
- Nováky, Erzsébet and Sáfrányné Gubik, Andrea (2018) *Handling Uncertainty in Futures Studies*. In: Security challenges in the 21st century. Dialóg Campus Kiadó, BUDAPEST, pp. 501-525. ISBN 9786155920769
- O'Sullivan, M., Overland, I. and Sandalow, D. (2017). The geopolitics of renewable energy. *Columbia Center on Global Energy Policy and Harvard Belfer Center for Science and International Affairs, Working paper*, July 2017
- Overland, I. (2019). The geopolitics of renewable energy: debunking four emerging myths. *Energ Res Soc Sci*, 49(2019), pp. 37-40
- Pedram, A. and Ahmadian, M. (2015). *Teachings and Experiences of future Studies*. Institute for Strategic Futures Horizen. Tehran. [In Persian]
- Puglisi, M. (2001). The study of the futures: an overview of futures studies methodologies. Interdependency between agriculture and urbanization: conflicts on sustainable use of soil water. *Bari: CIHEAM. Options Méditerranéennes, Série A. Séminaires Méditerranéens*, (44), pp. 439-463.
- Scholten, D. and Bosman, R. (2016). The Geopolitics of Renewables: Exploring the political implications of renewable energy systems. *Technol Forecast Soc Chang*, 103(2016), pp. 273-283

- Solaymani, S. (2021). A review on energy and renewable energy policies in Iran. *Sustainability*, 13(13), 7328.
- Statista (2021). Share of renewable power in energy generation globally from 2007 to 2021". Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/489131/share-of-renewables-in-power-generation-globally/>
- Stratfor (2018) How renewable energy will change geopolitics. Strat for assessments, <https://worldview.stratfor.com/article/how-renewable-energy-will-change-geopolitics>. Accessed 27 June
- Tahamipour, M., Abedi, S., Karimi Baba Ahmadi, R. and Ebrahimizadeh, M. (2015). Investigation of the effect of renewable energy on real economic growth per capita in Iran. *Journal of Iran Energy Economics*, No. 19, pp. 53-77. [In Persian]
- Tehran times (2021). Some 40,000 premature deaths occur in Iran due to air pollution". Retrieved from: <https://www.tehrantimes.com/news/460410/Some-40-000-premature-deaths-occur-in-Iran-due-to-air-pollution>
- The International Hydropower Association (2016). Country Profile: Iran. Retrieved from: <https://www.hydropower.org/country-profiles/iran>.



استناد به این مقاله: اسمعیلی اردکانی، علی؛ شکری، مرتضی. (۱۴۰۱). اقتصاد سیاسی انرژی‌های تجدیدپذیر و سناریوهای آینده ایران در چشم‌انداز گذار انرژی ۲۰۵۰، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۴۵ (۱۲)، ۳۹-۱۱.



Iranian Energy Economics is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.