



توسعه تجدیدپذیرها در ایران - انتخاب یا ضرورت؟

رحیمه مرادیان^۱، فاضل مریدی فریمانی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- استادیار، گروه علوم اقتصادی، دانشکده علوم اقتصادی و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

* تهران، صندوق پستی: ۱۹۸۳۹۶۹۴۱۱، f_moridi@sbu.ac.ir

چکیده

همواره در روند رشد و توسعه اقتصادی، از انرژی به عنوان نیروی محرکه‌ای در جهت تسریع این فرآیند نامبرده شده است. با توجه به ذخایر محدود انرژی‌های فسیلی در جهان فعلی، دیگر نمی‌توان تنها به این منابع انرژی متکی بود؛ از طرفی روند پایدار رشد مصرف انرژی در کشور، محدودیت منابع مالی و تفکیک ناپذیری سرمایه‌گذاری برای توسعه انرژی‌های فسیلی، نیاز بالای آب برای توسعه این نوع انرژی‌ها (به‌ویژه در تبدیل آنها به برق)، آسیب‌پذیری کشور در اثر تمرکز شدید مبادی تولید و پالایش و خطوط انتقال و توزیع نفت و گاز، اشتغال زایی پایین صنایع مرتبط با انرژی‌های فسیلی در کنار آلودگی‌های شدید حاصل از مصرف سوخت‌های فسیلی، همگی مشکلات و چالش‌هایی هستند که ادامه تکیه بر انرژی‌های فسیلی در کشور را زیرسوال برده و حرکت کشور به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر را اجتناب ناپذیر کرده است. این در حالی است که علیرغم تأکیدات سیاستی و تکالیف قانونی موجود، همچنان سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل عرضه انرژی کشور بسیار پایین و عقب تر از برنامه‌های مصوب می‌باشد. در این مقاله با ارایه دلایل و شواهد کمی نشان داده می‌شود که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، دیگر یک انتخاب از میان چندین انتخاب نیست، بلکه در عمل تبدیل به یک ضرورت سیاستی شده است.

کلمات کلیدی: تجدیدپذیرها، کمبود آب، تفکیک پذیری سرمایه‌گذاری، اشتغال، سوخت‌های فسیلی

Developing Renewables in Iran – A must or choice?

Rahimeh Moradian¹, Fazel Moridi Farimani^{2*}

1- Master student of energy economics, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, Faculty of Economics and Political Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

* P.O.B. 1983969411 Tehran, Iran, f_moridi@sbu.ac.ir

Received: 25 May 2021 Accepted: 5 February 2022

Abstract

In the process of economic growth and development, energy has always been mentioned as a driving force to accelerate this process. Given the limited reserves of fossil fuels in the world today, we can no longer rely on these energy sources alone. There are several grounds put into question the increasing reliance on fossil fuels in Iran: steady growth of energy consumption, investment inseparability of fossil fuels, limited financial resources, high water intensity in developing fossil fuels and in particular in the course of their conversion into electricity, the country's low resilience due to the intense concentration of production and refining platforms and oil and gas transmission and distribution networks, low labor intensity of fossil energies along with severe pollution following their consumption. This have made the country's shift towards renewable energy inevitable. However, despite these facts and the emphasis from policy makers and upper hand policies (which stipulates that the share of renewable energies in the electricity supply must reach at least 5% till 2021) the share of the renewables in the total energy supply of the country is still very low and far behind the plans. In this paper, employing an evidence-based method, it is shown that developing renewable energies in Iran, is not any longer a choice amongst several choices, rather, it has become an inevitable policy.

Keywords: Renewables, Water shortage, Investment segregation, Occupation, Fossil fuels



۱- مقدمه

انتقال گاز و برق بوده، ضمن آنکه هزینه‌های اتلاف در شبکه گاز و برق را افزایش می‌دهد.

- تمرکز شدید در تولید و پالایش نفت و گاز و وابستگی شدید کشور به خطوط انتقال برق و گاز، کشور را در معرض آسیب‌پذیری قرار داده است. مجموعه عوامل فوق، زمینه مناسبی برای گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر را در کشور ایجاد کرده است. بر همین اساس و طی دو دهه گذشته تأکیدات گوناگونی توسط سیاست‌گذاران کشور برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته است؛ بطور نمونه در بند «ب» سیاست‌های کلی انرژی مصوب ۱۳۷۹، به «لزوم ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست‌محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی» و «تلاش برای کسب فن‌آوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی و خورشیدی و پیل‌های سوختی و زمین گرمایی» تأکید شده است. همچنین در ماده ۵۰ قانون برنامه پنج ساله ششم دولت مکلف شده است سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک را تا سال ۱۴۰۰ به حداقل ۵ درصد ظرفیت برق کشور برساند. همچنین در بند ج-۳ سند ملی راهبرد انرژی کشور بر افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق تأکید شده است. با این همه، تا سال ۱۳۹۶ تنها ۰/۵ درصد ظرفیت تولید برق کشور از محل نیروگاه‌های بادی، خورشیدی، بیوگاز و بازیافت حرارتی تأمین شده است [۵]. این شکاف میان ظرفیت نصب شده و برنامه‌های مصوب نشان می‌دهد که مساله توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر همچنان به‌عنوان یک مساله حاشیه‌ای و کم اهمیت در حوزه انرژی کشور تلقی می‌شود. به نظر می‌رسد ضروری است آگاهی بخشی‌های وسیع‌تر و عمیق‌تری در ارتباط با تجدیدپذیرها در سطوح مختلف سیاست‌گذاری، علمی و اجرایی کشور انجام شود. این مقاله تلاش می‌کند که با استفاده از واقعیت‌های اقتصاد ایران و ضرورت توسعه تجدیدپذیرها را به تصویر بکشد. در این پژوهش، با برشمردن نقاط ضعف انرژی‌های فسیلی و تأکید بر نقاط قوت انرژی‌های تجدیدپذیر و ضمن ارائه تصویری از وضعیت سبد انرژی و سرمایه‌گذاری انرژی در کشور و همچنین روندهای قابل مشاهده در سطح دنیا و با ارائه یک چارچوب نسبتاً جامع و البته مختصر نشان می‌دهیم که توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر برای کشور دیگر یک انتخاب نیست، بلکه بدلائل متعدد مدتهاست که تبدیل به یک ضرورت راهبردی شده و گریزی از آن نمی‌باشد.

در ادامه مقاله، پس از مرور ادبیات مرتبط و بررسی مختصر جایگاه انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور، به دلایل ضرورت حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته شده و در انتها نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

یا انرژی زمین‌گرمایی در حال حاضر کمتر از ۰/۱ دلار برای هر کیلووات ساعت است. این ارقام میانگین‌های جهانی هستند و هزینه‌ی پروژه‌های انفرادی می‌تواند بسیار متغیر باشد. برای مثال، هزینه‌ی تولید برق از یک نیروگاه انرژی زیست توده می‌تواند از ۰/۰۵ تا ۰/۲۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت متغیر باشد. باین‌حال، اکنون تمام این انواع سوخت‌ها قادر به رقابت با هزینه‌ی توسعه‌ی نیروگاه‌های انرژی جدید مبتنی بر سوخت‌های فسیلی مانند نفت و گاز هستند که به‌طور معمول از ۰/۰۵ تا بیش از ۰/۱۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت متغیر است [۶].

4. International Energy Agency

5. Protocol Kyoto

6. Accord of Paris

۷. آخرین آمار ظرفیت تولید برق کشور تا پایان سال ۱۳۹۶، (۲۰۱۸ میلادی) موجود می‌باشد.

پایان‌پذیری انرژی‌های فسیلی، پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف این نوع انرژی‌ها، عدم امنیت عرضه آنها بدلیل وقوع بحران‌های پیاپی سیاسی و اقتصادی در کشورهای تولید کننده، نیاز شدید به آب در فرآیند توسعه و تولید انرژی‌های فسیلی (به‌خصوص نفت و گاز) و همچنین در مسیر تبدیل انرژی‌های فسیلی به برق و بروز بحران کم‌آبی در نقاط مختلف دنیا^۱ و نسبت کاربری پایین این انرژی‌ها و تمرکز شدید در مراکز تولید و پالایش (و افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها) همگی مباحثی هستند که توسعه منابع جایگزین را ضروری ساخته‌اند [۱].

دهه‌های اخیر انرژی‌های تجدیدپذیر^۲ بعنوان یک راه‌حل مورد توجه نهادهای سیاست‌گذاری و اقتصادی قرار گرفته است؛ منابعی که آلودگی به مراتب پایین‌تری تولید می‌کنند، در فرآیند تولید و تبدیل نیاز کمتری به آب دارند، پراکنده‌اند و همچنین هزینه‌های آنها - بر خلاف هزینه برخی از سوخت‌های فسیلی که در حال افزایش است - در حال کاهش می‌باشد.^۳ و مهم تر از همه، بدلیل پایان‌ناپذیری، از پتانسیل بالایی برای تأمین نیازهای روزافزون اقتصادها به منابع انرژی برخوردارند [۲].

بر همین مبنا تلاش‌های متعددی در سطح بین‌المللی به‌منظور اجبار یا تشویق مردم و کشورها به استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر توسط نهادهای بین‌المللی همچون آژانس بین‌المللی انرژی^۴ و ذیل توافقنامه‌هایی همچون پیمان کیوتو^۵ و توافقنامه پاریس^۶ انجام شده است [۳].

در سال ۲۰۱۹، حدود ۱۱ درصد از تولید انرژی اولیه جهان از انرژی‌های تجدیدپذیر صورت گرفته است [۴]. در ایران نیز به دلیل وجود پتانسیل‌های بالای انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین محدودیت‌ها و مشکلاتی که (به شرح زیر) در ارتباط با استفاده از سوخت‌های فسیلی ایجاد شده است، تلاش‌هایی برای توسعه این انرژی‌ها صورت گرفته است:

- مصرف انرژی در کشور همچنان از یک رشد قابل توجه برخوردار است و این رشد در یک افق ۱۰ تا ۱۵ ساله ادامه خواهد داشت و برای تأمین این تقاضا، باید منابع جدید نفت و گاز توسعه یابد که نیازمند سرمایه‌گذاری متمرکز است و تأمین مالی آن یک چالش اساسی برای دولت محسوب می‌شود.

- آلودگی هوا در کلان شهرها به مرز بحران رسیده و شاهد گسترش این آلودگی‌ها در شهرهای متوسط و حتی کوچک نیز هستیم.

- فرآیندهای تبدیل انرژی‌های فسیلی به برق نیازمند آب قابل توجهی هستند و این مساله به نوبه خود به تشدید بحران آب در کشور می‌انجامد.

- برخی میادین مهم نفت و گاز کشور همانند پارس جنوبی دچار افت تولید شده و جبران آن نیازمند هزینه‌های چند ده میلیارد دلاری است و در افق میان مدت امکان تأمین این حجم از سرمایه‌گذاری تقریباً ناممکن است.

- بدلیل توسعه شهرها، روستاها و کارخانجات، همچنان نیازمند توسعه شبکه برق و گاز هستیم. این توسعه‌ها مستلزم صرف هزینه‌های فراوان برای

۱. بر اساس مطالعات صورت گرفته توسط وزارت نیرو، طبق برآوردها به ازای تولید ۱۰۰۰ مگاوات ساعت برق، برای نیروگاه‌های بخاری ۷۰۰ متر مکعب در ساعت، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تا ۳۰۰ متر مکعب در ساعت و برای نیروگاه‌های گازی تا ۱۲۰ متر مکعب در ساعت، آب مصرف می‌شود.

2. Renewable Energy

۳. هزینه‌ی انرژی‌های تجدیدپذیر طی سال‌های گذشته نسبت به قبل روند کاهشی را تجربه کرده به طوری که تقریباً هر منبع انرژی سبز می‌تواند از نظر هزینه با نیروگاه‌های مصرف‌کننده گاز، نفت و زغال سنگ رقابت کند. بطور نمونه انرژی برق‌آبی ارزان‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر است و هزینه‌ی آن به‌طور میانگین ۰/۰۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت انرژی است، اما متوسط هزینه‌ی توسعه‌ی نیروگاه‌های انرژی جدید وابسته به انرژی‌بادی ساحلی، فتوولتائیک خورشیدی، زیست‌توده



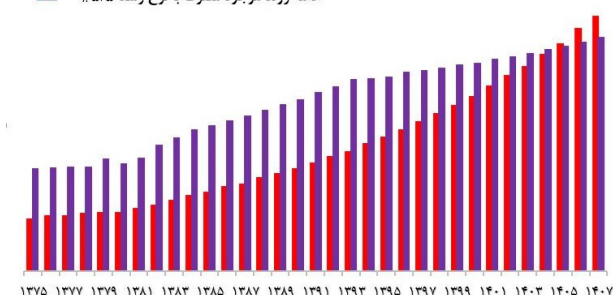
۱۳۹۷	زیست توده	۱۰/۶	٪۲
	برق آبی کوچک	۸۸/۲	٪۱۳
	بازیافت تلفات حرارتی	۱۳/۶	٪۲
	مجموع	۶۸۵/۱	٪۱۰۰

۴- ضرورت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

۴-۱- رشد پایدار مصرف

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف انرژی در کشور طی ۲۵ سال آینده با یک رشد حداقل ۳ درصدی مواجه خواهد بود [۱۴]. این موضوع به معنای دو برابر شدن میزان مصرف کشور طی حدود ۲۵ سال آینده خواهد بود. البته متوسط رشد مصرف انرژی در کشور طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ حدود ۵ تا ۶ درصد در سال بوده است که طی سال‌های اخیر و تحت تاثیر کاهش رشد اقتصادی این روند متوقف شده است. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با فرض ادامه روند گذشته (مربوط به قبل از تحریم‌ها و کاهش شدید رشد اقتصادی) در سال ۱۴۰۷، میزان مصرف از عرضه پیشی خواهد گرفت و این مساله به معنای توقف صادرات نفت و گاز و نیاز به واردات خواهد بود. بررسی سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌های اجرا شده نشان می‌دهد که عمدتاً تلاش می‌شود که این میزان از انرژی مورد نیاز، از طریق توسعه منابع جدید نفت و گاز فراهم شود که نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی هستند. در بخش بعد به این موضوع خواهیم پرداخت و نشان می‌دهیم که تکیه بر منابع نفت و گاز - بدلائیل مختلف - نمی‌تواند راه حل مناسبی برای تامین نیازهای انرژی کشور باشد.

■ عرضه
■ ادامه روند موجود مصرف با نرخ رشد ۵/۵٪



شکل ۱ روند تغییرات میزان تولید و مصرف نفت [۹]

۴-۲- سرمایه‌گذاری یکجا در مقابل سرمایه‌گذاری تفکیک‌پذیر

بر اساس برآوردهای صورت گرفته توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS)، میزان نفت و گاز قابل استحصال در ایران حدود ۱۶۰ میلیارد معادل بشکه نفت خام است و این ذخایر (با توجه به مصرف انرژی در سال برآورد) می‌تواند مصرف ۹۰ تا ۱۲۰ سال - میانگین ۱۰۰ سال - کشور را برآورده کند. بنابراین از حیث کفایت منابع در وضعیت نسبتاً مناسبی قرار داریم. اما از حیث سرمایه‌گذاری وضعیت به گونه دیگری است. بطور معمول در ایران برای بهره‌برداری از منابع نفت و گاز (اکتشاف، توسعه و تولید) نیازمند ۷ تا ۱۲ دلار سرمایه‌گذاری به ازای هر یک بشکه ذخیره نفت و گاز قابل بازیافت هستیم. بر این مبنا و برای توسعه ۱۶۰ میلیارد بشکه معادل نفت خام، باید بین ۱۰۲۰ تا ۱۹۲۰ میلیارد دلار و یا به‌عبارتی سالیانه ۱۰ تا ۱۹ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری کرد. با توجه به مقادیر سرمایه‌گذاری شده طی سال‌های قبل و محدودیت‌های موجود، تامین این حجم از سرمایه‌گذاری سالیانه نه تنها بسیار سخت و بعید که غیرممکن به

۲- بررسی ادبیات مرتبط

بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با ضرورت توسعه تجدیدپذیرها در ایران و مرور مقالات پیرامون این موضوع، نشان می‌دهد که اغلب مطالعات در این حوزه بر پایان‌پذیری منابع فسیلی و آثار منفی زیست محیطی سوخت‌های فسیلی به عنوان دلایل ضرورت حرکت به سمت تجدیدپذیرها متمرکز بوده‌اند و در کمتر مطالعه‌ای نگاهی جامع به همه زمینه‌ها و علل این ضرورت پرداخته شده‌است. بطور نمونه بریمانی و کعبی نژادبان (۱۳۹۴) [۷]، حقیقی و باباپور (۱۳۹۷) [۸]، پوردربانی (۱۳۹۹) [۹]، ناصحی، ساعی مقدم و ایزی (۱۳۹۹) [۱۰]، منظور و نیاکان (۱۳۹۱) [۱۱]، میبیدی، جنگ‌آور، نوراللهی، ستاری‌فر و خورسندی (۱۳۹۶) [۱۲]، خداپرست و پاداش (۱۳۸۵) [۱۳] هر کدام از دو یا نهایتاً سه منظر به ضرورت توسعه تجدیدپذیرها اشاره کرده‌اند و می‌توان گفت کمتر مطالعه‌ای یافت می‌شود که علاوه بر موارد فوق به بررسی ابعاد مهمی از ضرورت حرکت به سمت تجدیدپذیرها همچون امکان سرمایه‌گذاری تفکیک‌پذیر در تجدیدپذیرها، بالاتر بودن امنیت عرضه انرژی، کاهش تلفات در شبکه برق و انتقال گاز، صرفه‌جویی در مصرف آب و آثار مثبت کاربر بودن این انرژی‌ها پرداخته باشد. به بیانی دیگر، ارایه یک تصویر جامع از ضرورت توسعه تجدیدپذیرها وجه نوآوری این پژوهش محسوب می‌شود.

۳- مروری بر جایگاه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

بر اساس مطالعات صورت گرفته، تا سال ۱۴۰۰ سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق در ایران به کندی افزایش می‌یابد (جدول ۱)، ولی از سال ۱۴۰۰ تا سال ۱۴۲۰ این سهم با سرعت بیشتری نسبت به قبل افزایش می‌یابد. دلیل این مساله، کاهش سطح ذخایر منابع فسیلی عنوان شده‌است [۱]. بر اساس آخرین آمار وزارت نیرو تاکنون از منابع تجدیدپذیر حدود پنج میلیارد و ۴۷۰ میلیون کیلووات ساعت (تجمعی)، انرژی (برق) تولید شده و بهره‌وری (برق) تولید شده است. با اینحال ظرفیت تولید برق تجدیدپذیر هنوز زیر ۱٪ از کل ظرفیت تولید برق در کشور می‌باشد [۵].

جدول ۱ سهم نیروگاه‌های تجدیدپذیر طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۷

سال	نیروگاه	مگاوات	درصد
۱۳۹۹	بادی	۳۰۲/۸۲	٪۳۶
	خورشیدی	۴۰۵/۵۶	٪۴۸
	زیست توده	۱۰/۵۶	٪۱
	برق آبی کوچک	۱۰۵/۶۵	٪۱۳
مجموع	بازیافت تلفات حرارتی	۱۳/۶	٪۲
	مجموع	۸۳۸/۱۹	٪۱۰۰
	بادی	۳۰۲/۲	٪۳۸
	خورشیدی	۳۸۹/۵	٪۴۸
۱۳۹۸	زیست توده	۱۰/۵	٪۱
	برق آبی کوچک	۸۸/۴	٪۱۱
	بازیافت تلفات حرارتی	۱۳/۶	٪۲
	مجموع	۸۰۴/۲	٪۱۰۰
بادی		۲۸۲/۲	٪۴۱
	خورشیدی	۲۹۰/۵	٪۴۲

1. The United States Geological Survey



روستایی می‌توان استفاده کرد که خود کمک شایانی به توسعه مناطق محروم و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری برای انتقال انرژی به این مناطق می‌باشد.

۴-۵- کاهش تلفات در شبکه برق

یکی از مزیت‌های مهم تولید پراکنده در اغلب نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور (علاوه بر برخورداری از امتیازات مربوط به پدافند غیرعامل، افزایش امنیت انرژی و ...)، کاهش تلفات شبکه به دلیل نزدیک بودن به نقاط مصرف می‌باشد (جدول ۲ بیانگر میزان تلفات شبکه توزیع نیروی برق طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۲ می‌باشد). همچنین بخش قابل توجهی از نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور، برق تولیدی خود را به شبکه توزیع منتقل کرده و این برق در همان سطح ولتاژ شبکه نیز به مصرف می‌رسد. از آنجایی که برق تولید شده توسط نیروگاه‌های متعارف (حرارتی) مزیت‌های یاد شده را ندارد و برای رسیدن به نقطه مصرف بایستی کل مراحل انتقال، فوق توزیع و توزیع را در شبکه سراسری برق کشور طی نماید، لذا برق تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر با لحاظ تلفات شبکه برق، قابل تبدیل به تولید معادل نیروگاه‌های حرارتی متعارف (در نقطه تولید برق) می‌باشد. تفاضل این دو مقدار تولید برق، بیانگر مقدار کاهش تلفات در شبکه برق برحسب کیلووات‌ساعت خواهد بود. بر اساس آخرین آمار وزارت نیرو (ساتبا) تا پایان خرداد ماه سال ۱۳۹۹، به صورت تجمعی میزان ۴۶۸ میلیون کیلووات‌ساعت کاهش تلفات در شبکه برق (تولید) را که معادل ۷٪ است شاهد بوده‌ایم [۱۷].

جدول ۲ میزان تلفات شبکه توزیع نیروی برق طی سال‌های ۱۳۹۸-۱۳۹۲ [۵]

سال	میزان تلفات شبکه توزیع نیروی برق (درصد)
۹۲	۱۴/۸۳
۹۳	۱۲/۹۳
۹۴	۱۱/۹۳
۹۵	۱۱/۵۴
۹۶	۱۰/۷۹
۹۷	۱۰/۴۱
۹۸	۹/۷۶

۴-۶- صرفه‌جویی در مصرف آب

آب و انرژی منابع بسیار مهمی برای رشد اقتصادی هستند، در نتیجه کمبود آب و تحلیل رفتن منابع آبی، امکان تامین پایدار انرژی را نیز در حاله‌ای از ابهام فرو برده است. علاوه بر آنکه منشأ ۱۴ درصد از برق تولیدی کشور نیروگاه‌های برق آبی هستند، سایر نیروگاه‌ها (جز نیروگاه‌های بادی) نیز کم و بیش برای فعالیت‌های خود نیاز به آب دارند که در شکل ۲ میزان آب مصرفی در نیروگاه‌های برق بر اساس نوع فناوری آن‌ها قابل مشاهده می‌باشد. با این حال

نظر می‌رسد. از سویی دیگر سرمایه‌گذاری در حوزه نفت و گاز تقسیم‌کردنی یا قابل تفکیک نمی‌باشد؛ به عنوان مثال برای توسعه یک میدان با ذخیره قابل بازیافت ۱ میلیارد بشکه نیازمند ۷ تا ۱۲ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری هستیم. با اینحال نمی‌توان این سرمایه‌گذاری را به اجزا یا فازهای خیلی کوچک تقسیم نمود و آنها را در طول زمان و توسط افراد مختلف انجام داد. نهایتاً این حجم از سرمایه‌گذاری را می‌توان در ۳ یا ۴ فاز و در ۸ تا ۱۲ سال اجرایی کرد. این در حالی است که در تجدیدپذیرها این محدودیت وجود ندارد و می‌توان سرمایه‌گذاری را به صورت جز به جز بین تعداد کثیری از افراد یا خانوارها و در طول زمان توزیع و تقسیم کرد. در واقع این امکان وجود دارد که توسعه انرژی بادی یا خورشیدی توسط میلیون‌ها خانوار یا واحد تولیدی در سراسر یک کشور و به صورت همزمان و با استفاده از سرمایه‌های خرد انجام شود.

۴-۲- عوامل زیست محیطی

طبق آمار، (ترازنامه انرژی ۱۳۹۶ جدول ۱-۲۳۱) میزان انتشار دی‌اکسیدکربن در کشور در حدود ۶۰۰ میلیون تن بوده است که سرانه هر نفر در حدود ۷ تن می‌باشد. با گسترش تدریجی استفاده از تجدیدپذیرها می‌توان به کاهش این رقم دست یافت. در ایران بیشترین میزان انتشار CO_2 و سایر گازها مانند SO_2 و NO_x با سهم حدود یک سوم مربوط به تولید برق از منابع فسیلی است. لذا اگر بخواهیم تخمینی از سهم منابع تجدیدپذیر کشور (۸۳۶ مگاوات نصب شده و ۲۲۸ مگاوات در حال نصب) را در حوزه‌ی عدم انتشار آلاینده‌ها بر اساس آخرین آمار وزارت نیرو بررسی کنیم، به نتایج ذیل می‌رسیم:

جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2): ۳۶۹۳ هزارتن

جلوگیری از انتشار آلاینده‌های NO_x ، SO_x ، SPM و ... : ۲۲/۲ هزارتن

هرچند این کاهش سهم ناچیزی از کل تولید CO_2 کشور را پوشش می‌دهد اما آنچه مهم است آغاز هر چه سریعتر دوره انتقال آرام به تجدیدپذیرها و جدایی از سوخت‌های فسیلی است.

۴-۴- امنیت عرضه انرژی

منابع انرژی‌های فسیلی از حیث توزیع جغرافیایی، عموماً دارای توزیع یکنواختی نیستند. از این رو برای بهره‌برداری از آن‌ها در همه نقاط یک کشور، یا باید نسبت به انتقال نفت خام و گاز به پالایشگاه‌ها و و نیروگاه‌های متمرکز^۱ که در نزدیک مبادی مصرف واقع شده‌اند - اقدام کرد و یا واحدهای پالایش و تولید انرژی را در نزدیکی میادین تولید نفت و گاز ایجاد کرد و محصولات تولید شده را (بنزین، گازوئیل، برق و ...) را از طریق خطوط انتقال به سراسر کشور منتقل نمود. این مساله (خطوط انتقال نفت و گاز یا برق یا تجمع پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها در یک نقطه مانند عسلویه در ایران) موجب آسیب‌پذیری امنیت ملی کشورها می‌شود. در این موارد، آسیب دیدن یک نیروگاه برق اصلی، موجب قطع برق در منطقه وسیعی می‌شود که خسارات جبران‌ناپذیری به همراه دارد [۱۵]. این در حالیست که انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند به صورت کاملاً پراکنده و در نزدیکی و یا حتی همان محل مصرف نسبت به تولید انرژی اقدام کنند و از منظر پدافند غیرعامل گزینیه‌ای بسیار مناسب به حساب می‌آیند [۱۶]. همچنین از این انرژی‌ها در بخش قابل توجهی از مناطق کمتر توسعه‌یافته و

۱. نیروگاه‌های تولید متمرکز در واقع به تولید توان و الکتریسیته، در تأسیسات بزرگ اطلاق می‌شود. این تأسیسات تولید توان، غالباً دور از مصرف‌کنندگان قرار داشته و از طریق خطوط انتقال ولتاژ بالا به شبکه برق متصل می‌شوند.



کشور مالزی و کلمبیا) - افزایش باید. لازم به ذکر است که مقیاس رشد تولید ناخالص داخلی از یک کشور به کشور دیگر متغیر است.

بر اساس این پیش بینی، با دو برابر شدن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان، ژاپن شاهد بالاترین رشد تولید ناخالص داخلی به میزان ۲/۳ درصد خواهد بود (این نتایج در اثر سرمایه‌گذاری وسیع در صنعت فتولتائیک و کاهش قابل توجه واردات سوخت‌های فسیلی حاصل می‌شود). کشورهای استرالیا، برزیل، آلمان، کره جنوبی، مکزیک و آفریقای جنوبی هم‌چنین شاهد رشد مثبت تولید ناخالص داخلی بیش از ۱٪ خواهند بود. در مقابل، پیش بینی می‌شود که کشورهای صادرکننده نفت نظیر عربستان، روسیه، نیجریه و ونزوئلا که اقتصاد آن‌ها وابسته به نفت است، در اثر رشد انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان با کاهش صادرات در بلندمدت روبرو شوند و در نتیجه یک رشد تولید ناخالص داخلی منفی را تجربه نمایند.

طی دهه‌های اخیر، یکی از نقاط ضعف اقتصاد ایران، وابستگی شدید دولت به درآمدهای نفتی بوده است. به گونه‌ای که طبق گزارش اوپک^۱ در حدود ۱۴/۴ درصد تولید ناخالص داخلی ایران در سال ۲۰۱۸ را تولید و صادرات نفت تشکیل داده است^۲. مسلماً هرگونه نوسانی در قیمت جهانی نفت همچون زمان کنونی و یا هرگونه تحریم خرید نفت ایران، می‌تواند مشکلات اساسی برای اقتصاد کشور پدید آورد، همان‌گونه که در شرایط حاضر پدید آورده است. بنابراین، با دو برابر شدن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان تا سال ۲۰۳۰، چنانچه اقتصاد ایران همچنان متکی به درآمدهای نفتی باقی بماند، ایران نیز احتمالاً در کنار سایر کشورهای عمده صادرکننده نفت مانند عربستان، با کاهش تولید ناخالص داخلی مواجه خواهد شد [۲۰].

۴-۸- اشتغال‌زایی انرژی‌های تجدیدپذیر

یکی از اصلی‌ترین مزایای توسعه انرژی‌های پاک اشتغال‌زایی است. براساس مطالعات صورت گرفته توسط آیرینا، حدود ۱۱ میلیون نفر در سال ۲۰۱۸ میلادی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر مشغول به کار بوده‌اند. این فرصت‌های شغلی مربوط به تمامی زنجیره ارزش، از زمان برنامه‌ریزی جهت انجام یک پروژه تا ساخت، نصب، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری می‌باشد. بر اساس این مطالعات پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ اشتغال در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر به ۲۳/۶ و در ۲۰۵۰ به ۲۸/۸ میلیون شغل برسد. همچنین بر اساس گزارش EUEI^۳ تعداد مشاغل ایجاد شده به‌ازای یک میلیون دلار سرمایه‌گذاری در بخش تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی حدود ۳ برابر منابع فسیلی (۱۶/۷ شغل در برابر ۵/۳ شغل) می‌باشد. مشاغل ایجاد شده در این حوزه به سه دسته شغل‌های مستقیم^۴، غیرمستقیم^۵ و وابسته^۶ تقسیم می‌شوند. لازم به ذکر است که ضرایب مربوط به اشتغال غیرمستقیم و وابسته^۶ بسته به نوع کسب و کار، منطقه جغرافیایی یا سایر عوامل (بین ۱/۵ تا ۲/۵ برابر اشتغال مستقیم) تغییر می‌کند. ایران نیز به‌عنوان کشوری مستعد در زمینه تولید برق با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و با داشتن نرخ بیکاری بالا، می‌تواند با بهره‌گیری از این موقعیت فرصت اشتغال قابل توجهی ایجاد کند [۲۱].

۵- جمع بندی و توصیه‌های سیاستی

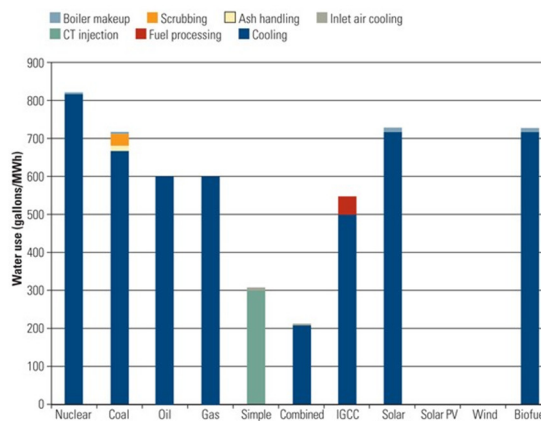
4. Direct
5. Indirect
6. Induced

منابع تجدیدپذیر تولیدکننده انرژی الکتریکی، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف آب به نسبت نیروگاه‌های حرارتی دارند [۱۷].

در حال حاضر، تولید انرژی سالانه حدود ۱۵٪ (۵۸۰ میلیارد متر مکعب) مصرف آب شیرین در دنیا را به خود اختصاص می‌دهد که از این مقدار تقریباً ۶۶ میلیارد مترمکعب (۱۱٪) به منابع باز نمی‌گردد. به طور میانگین برای استخراج نفت در ازای هر میلیون BTU به ۳-۸ لیتر آب جهت حفاری، سیلاب‌زنی و تحریک مخازن، نیاز است.

هم‌چنین در مرحله تولید برق، نیروگاه‌های برق آبی، هسته‌ای و حرارتی به ترتیب بیشترین میزان مصرف آب را دارا هستند [۱۸].

با استفاده از میانگین مصرف آب برای تولید هر کیلووات ساعت برق (آمار تفصیلی صنعت برق)، می‌توان صرفه‌جویی متناظر آب در نتیجه‌ی تولید برق از منابع پاک (تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی) را به صورت ماهیانه و تجمعی تخمین زد که این میزان بر اساس آخرین آمار وزارت نیرو در سال ۱۳۹۹ برابر با صرفه‌جویی ۱۲۰۳ میلیون لیتر برآورد شده است. این میزان تقریباً معادل با مصرف آب شهری سالانه در شهر تهران می‌باشد.



شکل ۲ میزان آب مصرفی در نیروگاه‌های برق بر اساس نوع فناوری [۱۹]

۴-۷- تأثیرپذیری کشور از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان

بی‌تردید اصلی‌ترین هدف اقتصاد مقاومتی تشخیص و شناسایی حوزه‌های فشار در عرصه‌های بین‌المللی و متعاقباً تلاش در جهت کنترل و بی‌اثر کردن این فشارها و در شرایط ایده‌آل تبدیل چنین فشارهایی به فرصت می‌باشد. با توجه به این امر که حوزه انرژی یکی از تأثیرگذارترین بخش‌ها در اقتصاد می‌باشد، رصد دقیق روند سیاست‌های انرژی در جهان و اثرات آن بر آینده اقتصادی ایران امری ضروری و قابل توجه می‌باشد.

طبق گزارش رایج شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر که به بررسی اثرات توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بر اقتصاد کلان در سطح بین‌المللی پرداخته است، پیش‌بینی می‌شود با دو برابر شدن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهان تا سال ۲۰۳۰، تولید ناخالص داخلی در جهان ۰/۶ درصد - معادل ۷۰۶ میلیارد دلار (معادل مجموع تولید ناخالص داخلی

1. OPEC

۲. لازم به ذکر است که میزان وابستگی تولید ناخالص داخلی کشورهایی همچون عربستان، امارات، کویت و عراق به درآمدهای نفتی در سال ۲۰۱۸ به ترتیب ۲۴.۸، ۱۸.۱، ۴۱.۲ و ۳۲.۱ درصد بوده است.

3. European Union Energy Initiative

- [9] R. Pourdarbani, Review of Current Status and Future Demand for Renewable Energy in Iran and its Marketing, *Journal of Renewable and New Energy Promotion*, Vol. 7, No. 1, pp. 118-124, 2019. (In Persian)
- [10] P. Nasehi, M. Saei Moghadam and R. iziy, An Analysis of The Future of The World's Energy from The Darkness of The Oil to The Brightness of The New Energies A Case Study on The Opportunities and Challenges of Iran, *Journal of Renewable and New Energy*, Vol. 7, No. 1, pp. 84-95, 2019. (In Persian)
- [11] D. Manzour and L. Niakan, Renewable Energy Development in Iran: Barriers and Strategies, *Iranian Journal of Energy*, Vol. 15, No. 3, 2012. (In Persian)
- [12] A. Emami Meybodi, H. Jang Avar, Y. Noorollahi, M. Satarifar, M. Khorsandi, The Investigation and Analysis of the Renewable Energy Development on Macroeconomic Indicators, *Journal Strategic Studies of Public Policy*, Vol. 7, No. 24, pp. 137-158, 2017. (In Persian)
- [13] M. Khodaparast and A. Padash, the need to use clean energy to reduce environmental pollution, *Biennial National Conference of the Iranian Association of Environmental Specialists*, Vol. 6, 2006. (In Persian)
- [14] H. Ghadaksaz and Y. Saboohi, Energy supply transformation pathways in Iran to reduce GHG emissions in line with the Paris Agreement, *journal Energy Strategy Reviews*, Vol. 32, 2020.
- [15] Renewable and Sustainable Development, *Renewable and Energy Security*, Iranian Renewable Energy Association, <http://irrea.ir>. (In Persian)
- [16] Renewable and Sustainable Development, *Renewable and Passive Defense*, Iranian Renewable Energy Association, <http://irrea.ir>. (In Persian)
- [17] Ministry of Power, SATBA Social, Economic and Environmental Studies Office, *Report on protection of renewable sources and energy efficiency*, 2019. (In Persian)
- [18] M. Rezaei and M. Hossein Sarrafzadeh, Challenges and Opportunities for Wastewater Reuse in Municipal Consumptions: A Case Study in Tehran Metropolis, *The Journal of Iran-Water Resources Research*, Vol. 12, No. 4, pp. 36-49, 2017. (In Persian)
- [19] IRENA- *Renewable Energy in The Wather, Energy & Food Nexus*, Iranian Renewable Energy Association, <http://irrea.ir>. (In Persian)
- [20] Iranian Renewable Energy Association, *Impacts of Renewable Energy Development*, 2016, <http://irrea.ir>. (In Persian)
- [21] Ministry of Energy, SATBA, *Annual Report on Renewable Energy and Employment*, 2018.

ایران طی ۱۰۰ سال گذشته، تمرکز شدیدی بر حوزه انرژی‌های فسیلی و بخصوص نفت و گاز کرده است و سهم عمده‌ای از سبد انرژی‌های اولیه کشور از محل منابع نفت و گاز تامین می‌شود. در این مقاله نشان دادیم که فشارهای زیست محیطی و آلودگی‌های هوا به شرایط بحرانی رسیده است؛ منابع آبی با کمبود شدید مواجهند و حتی بدلیل کمبود سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مختلف نفت و گاز، تولید از این منابع نیز با افت شدید مواجه شده‌اند یا خواهند شد. علاوه بر همه این‌ها توسعه خطوط انتقال برق و گاز به نقاط جدید مصرف سرمایه بر است، ضمن آنکه تمرکز واحدهای تولید، پالایش و انتقال نفت و گاز، کشور را با خطرات متعدد از حیث پدافند غیرعامل مواجه کرده است. از آن سو نشان دادیم که انرژی‌های تجدیدپذیر واجد نقاط مثبت قابل توجهی هستند؛ پایان ناپذیرند، با توجه به ماهیت و فناوری تولیدشان می‌توانند به صورت پراکنده و توسط سرمایه‌گذاران خرد فراوان تولید شوند، نیاز به خطوط انتقال گسترده ندارند، آسیب بسیار پایینی برای محیط زیست دارند و از همه مهم تر نیاز کمتری به منابع آبی داشته و نرخ اشتغال زایی بالاتری دارند.

از این رو به نظر می‌رسد که توسعه تجدیدپذیرها باید به شکلی جدی و البته هوشمندانه مورد توجه قرار گیرد. مهم‌ترین جمع‌بندی این مقاله عبارت است از اینکه مساله تجدیدپذیرها نباید به‌عنوان یک مساله حاشیه‌ای و کم اهمیت در میان انبوه مسایل انرژی کشور قلمداد شود. چرا که حرکت به سمت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر یک انتخاب میان چندین انتخاب نیست و تبدیل به یک ضرورت شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که تغییر ریل سیاست‌گذاری‌ها و اقدامات اجرایی به سمت تجدیدپذیرها و کاهش سهم انرژی‌های فسیلی بسیار کند بوده و ارتقای سهم این انرژی‌ها نیازمند کوشش‌های علمی و تلاش‌های عملی می‌باشد.

بررسی دلایل عدم توفیق کشور در این حوزه، روش‌های حمایت از این صنعت نوپا، بهره‌گیری از تجارب سایر کشورها در این زمینه و جهت‌دهی به مسیر توسعه آن می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی قرار گیرد.

۶- مراجع

- [1] A. Ostadzad, Long-term forecast of the optimal share of renewable energy in total energy in the form of a sustainable growth model, *Journal of Energy Planning and Policy Research*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-28, 2013. (In Persian)
- [2] M. Fotras, A. Aghazadeh and S. Jabraili, the study of the effect of renewable and non-renewable energy consumption on the growth of selected economic developing countries (including Iran), *Quarterly Journal of Energy Economics Studies*, Vol. 9, No. 32, pp. 51-72, 2012. (In Persian)
- [3] Sh. Elahi, J. Gharibi, M. Majidpour and A. Anvari Rostami, The Diffusion of Renewable Energy Technologies: Grounded Theory Approach, *Scientific Quarterly Innovation Management*, Vol. 4, No. 2, pp. 33-56, 2015. (In Persian)
- [4] H. Ritchie and M. Roser, Energy, *Published online at OurWorldInData.org*, 2020; <https://ourworldindata.org/energy/>.
- [5] Deputy Minister of Electricity and Energy, Office of Planning and Macroeconomics of Electricity and Energy, *Energy balance sheet of 2017*. (In Persian)
- [6] D. Dudley, Renewable Energy Costs Take Another Tumble; Making Fossil Fuels Look More Expensive Than Eve, *Forbes Magazine*, 2019.
- [7] M. Barimani and A. Kaebinejadian, Renewable Energy Developing in Iran (Investigating Objections and Presenting Approaches), *Journal of Renewable and New Energy Promotion*, Vol. 2, No. 1, pp. 24-28, 2015. (In Persian)
- [8] A. Haghghi and A. Babapour, Using of renewables energies such as effective way to reduce environmental pollution, *Journal of Renewable and New Energy Promotion*, Vol. 5, No. 5, pp. 40-50, 2018. (In Persian)

