

بررسی سبد انرژی در جهان و جایگاه ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶

کد مقاله: ۶۹۱۳۱

طراوت عارف عشقی^۱

چکیده

در طی سالیان متمادی، در بسیاری از کشورهای جهان، مصرف سوخت‌های فسیلی در اولویت بوده و روند نگران‌کننده‌ای به دلیل تغییرات آب و هوایی، انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، انتشار دی‌اکسید کربن، افزایش دمای کره زمین و بالا آمدن سطح آب‌های روی کره زمین، بوجود آمده است و علیرغم اجرا و تعهدات بین‌المللی مختلف در بسیاری کشورها، در جهت کاهش این هزینه‌ها، روند رسیدن به اهداف مورد نظر به کندی صورت می‌گیرد. هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی سبد انرژی جهان و ایران با توجه به آخرین آمار و اطلاعات رسمی ارائه شده است. حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر، یکی از مهمترین موضوعات در دستور کار بسیاری از کشورها است و در ایران تنها ۰/۷۲ درصد از عرضه انرژی‌های اولیه به انرژی‌های تجدیدپذیر اختصاص دارد. از این میزان، بیشترین تولید انرژی تجدیدپذیر مربوط به انرژی باد، با سهم ۶۱ درصد است و مابقی انرژی‌های تجدیدپذیر به انرژی خورشیدی با سهم ۳۹ درصدی اختصاص یافته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که توجه به متنوع‌سازی سبد انرژی و کاهش آلودگی محیط زیستی، نیازمند برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در جهت تغییر به سمت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر و وضع قوانین و مقررات جهت کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف انرژی است.

واژگان کلیدی: انتشار دی‌اکسید کربن، انرژی تجدیدپذیر، سبد انرژی، سوخت‌های فسیلی

تولید و مصرف انرژی برای رشد اقتصادی در همه کشورها ضروری است و مصرف کنونی سوخت‌های فسیلی، مثل زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی، اثر معنی‌داری بر انتشار کربن دارد و موجب افزایش در انتشار گازهای گلخانه‌ای، آب و هوای ناپایدار، افزایش در گرمای زمین و بالا آمدن آب دریاها است. نتایج تحقیقات اثبات کرده است که انتشار دی‌اکسید کربن، بیشترین سهم را در تغییرات آب و هوایی دارد و سوخت‌های فسیلی علیرغم کاهش در ذخایر، قابل تجدید نیستند (پامودی و همکاران^۱، ۲۰۲۳). توجه به تغییرات آب و هوای جهانی، اولویت اصلی همه دولت‌هاست زیرا بر رفاه جامعه، پیشرفت اقتصادی و محیط زیست اثر گذار است. بر اساس سیزدهمین هدف توسعه پایدار، ماهیت تغییر جهانی آب و هوا، گسترده‌ترین همکاری بین‌المللی را با هدف تسریع کاهش جهانی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پرداختن به سازگاری با اثرات منفی تغییرات آب و هوایی ضروری نموده است. به این موضوع در گزارش "تغییر جهان ما: دستور کار ۲۰۳۰ برای توسعه پایدار" که توسط سازمان ملل در سپتامبر ۲۰۱۵ منتشر شد، اشاره شده است (موختارف^۲، ۲۰۲۳).

در اکتبر ۲۰۱۸، هیات بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC)^۳ اخطار داده است که انتشار دی‌اکسید کربن باید تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۴۵ درصد سطح سال ۲۰۱۰، کاهش یابد و به مقدار صفر در سال ۲۰۵۰، برسد تا افزایش دمای کره زمین، تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، ثابت بماند. منافع مختلف محدود کردن افزایش دما به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، در مقابل ۲ درجه سانتی‌گراد در توافقات پاریس ۲۰۱۵ آورده شده است. مهمترین آن اینست که محدودیت افزایش دما به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد، برای جوامع انسانی و اکوسیستم، زمان بیشتری برای پذیرش فرآیند تغییرات آب و هوایی فراهم می‌کند (هولچک و همکاران^۴، ۲۰۲۲).

کاهش انتشار کربن به یک اقدام ضروری برای توسعه پایدار جهانی تبدیل شده است و کشورها به طور فعال یک سری از سیاست‌ها را اتخاذ می‌کنند. به عنوان مثال، سیستم تجارت انتشار گازهای گلخانه‌ای اروپا (EU-ETS)^۵ که در سال ۲۰۰۵ تأسیس شد، سهم بزرگی در کاهش جهانی کربن از طریق مقررات اجباری در مورد انتشار کربن شرکت‌ها، همراه با مقررات بازار را تعیین کرده است و EU-ETS توانسته است میزان انتشار کربن را تقریباً ۲۱ درصد در سال ۲۰۲۰ (در مقایسه با سطح سال ۲۰۰۵) کاهش دهد و اتحادیه اروپا یک هدف چالش برانگیز برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خود به میزان ۴۰ درصد تا سال ۲۰۳۰ را (در مقایسه با سطح ۱۹۹۰) تعیین کرده است. در سپتامبر ۲۰۱۰، دولت فدرال آلمان نیز پیشنهاد کرد که انتشار CO₂ را نسبت به سطح سال ۱۹۹۰ تا ۴۰ درصد، تا سال ۲۰۲۰، تا ۵۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ و تا ۸۰ الی ۹۵ درصد تا سال ۲۰۵۰ کاهش دهد. با این حال، تا پایان سال ۲۰۱۱، انتشار گازهای گلخانه‌ای تنها تقریباً ۲۷ درصد از سطح سال ۱۹۹۰ خود کاهش یافت و با توجه به داده‌های آژانس فدرال محیط زیست آلمان (UBA)، انتشار کربن آلمان در سال ۲۰۲۱، ۷۶۲ میلیون تن بوده است و رشدی ۴/۵ درصدی داشته است. این نشان می‌دهد که یک سال بعد از سال ۲۰۲۰، هدف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۴۰ درصد (در مقایسه با سال ۱۹۹۰) در واقعیت محقق نشده است (رن و زو^۶، ۲۰۲۳).

بر طبق آمار ارایه شده توسط نشریه بریتیش پترولیوم، در سال ۲۰۲۱، مصرف انرژی‌های اولیه تجدیدپذیر (شامل بیوسوخت^۷ و بدون در نظر گرفتن آب^۸) حدود ۵/۱ اگزاژول، افزایش داشته است - با یک نرخ رشد سالانه ۱۵ درصدی که قوی‌تر از سال‌های گذشته (۹ درصد) و بیشتر از هر سوخت دیگری در سال ۲۰۲۱ است. ظرفیت انرژی خورشیدی و بادی در سال ۲۰۲۱ به رشد سریع خود ادامه داده و با افزایش ۲۲۶ گیگاواتی، نزدیک به رکورد افزایش ۲۳۶ گیگاواتی در سال ۲۰۲۰ بوده است. چین به عنوان گرداننده اصلی رشد ظرفیت خورشیدی و بادی در سال گذشته باقی مانده و به ترتیب حدود ۳۶ درصد و ۴۰ درصد از کل اضافه شدن ظرفیت جهان را به خود اختصاص داده است. تولید برق آبی حدود ۱,۴ درصد در سال ۲۰۲۱ کاهش یافت که اولین کاهش از سال ۲۰۱۵ بود. در مقابل، تولید انرژی هسته‌ای حدود ۴/۲ درصد افزایش یافت که قوی‌ترین افزایش از سال ۲۰۰۴ به رهبری چین می‌باشد (بریتیش پترولیوم^۹، ۲۰۲۲).

چندین محرک و مکانیسم وجود دارد که در جهان برای کاهش انتشار کربن، هم در طرف عرضه (انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی هسته‌ای و تکنولوژی‌های CCS^{۱۰}) و هم طرف تقاضا (نرخ مصرف کمتر و استفاده کاراتر از ابزار و تجهیزات) می‌باشد. به عنوان مثال در ایالات متحده، بعضی از مکانیسم‌های کاهش انتشار کربن شامل لغو یارانه برای تکنولوژی‌های برقی سنتی، قیمت‌گذاری دقیق برق، معرفی تعرفه خوراک در سطح کشور و ایجاد صندوق ملی برای آگاهی عمومی می‌باشد (قدرت‌اله، ۲۰۲۲). حرکت به سمت انرژی پاک و تجدیدپذیر، یکی از مهمترین موضوعات در دستور کار بسیاری از کشورها است. موسسه انرژی تجدیدپذیر بین‌المللی (IRENA)^{۱۱} انتقال انرژی را به عنوان نقشه راهی به سمت تبدیل صنعت انرژی دنیا به طوری که منابع

1 - Pambudi et al

2 - Mukhtarov

3 - Intergovernmental Panel on Climate Change

4 - Holechek

5 - European Emissions Trading System

6 - Ran and Xu

7 - biofuels

8 - hydro

9 - British petroleum

۱۰- فناوری کاهش گازهای گلخانه‌ای، شامل جذب، حمل و نقل و ذخیره‌سازی گاز دی‌اکسیدکربن

11 - International Renewable Energy Agency

انرژی بدون کربن جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند تعریف کرده است و این فرآیند باید تا نیمه دوم قرن حاضر انجام شود. انرژی تجدیدپذیر که همچنین انرژی پاک نامیده می‌شود، می‌تواند به عنوان انرژی بدست آمده از خورشید، امواج، زمین گرمایی، باد، چوب، ضایعات و مواد گیاهی (بیوماس) تعریف شود. با ارزش‌ترین، جذاب‌ترین و خصوصیت متمایز کننده انرژی تجدیدپذیر اینست که می‌تواند در سه حوزه حیاتی کاهش آلودگی، امنیت انرژی و رشد اقتصادی بلندمدت کمک کننده باشد (موختاراف و همکاران، ۲۰۲۲). همانطور که در بخش‌های بعدی بدان اشاره خواهد شد در سال ۲۰۲۱، ایران در مقام ششم انتشار کربن در دنیا بعد از کشورهای چین، ایالات متحده، هند، روسیه و ژاپن قرار گرفته است.

کشورهایی که انتشار گاز دی‌اکسید کربن بیشتری نسبت به ایران دارند جزء اقتصادهای پیشرفته و یا در حال گذارند و حجم فعالیت اقتصادی بسیار بالایی دارند. از اینرو چنین جایگاهی برای اقتصاد ایران چندان منطقی نبوده و تامل برانگیز است و ادامه چنین وضعیتی در آینده پیامدهای سیاسی، اقتصادی، محیط زیستی نامناسبی را برای کشور در پی خواهد داشت (نجاتی و همکاران، ۱۳۹۸).

در تمامی کشورهای عضو آژانس بین‌المللی انرژی، در یکی از وزارتخانه‌های بخشی وجود دارد که مسئول تنظیم سیاست و پیگیری قوانین انرژی است. در برخی از کشورها مانند آمریکا، وزارت انرژی عهده‌دار این مسئولیت است، ولی در اکثر کشورهای عضو، این نهاد با وزارتخانه‌های صنایع یا بازرگانی ادغام شده که بیانگر ارتباط نزدیک سیاست انرژی، سیاست اقتصادی و سیاست صنعتی است. در عین حال در این کشورها با توجه به نوع حکمرانی، قوانین و مسئولیت‌های دولت تعیین می‌شود (عباس ملکی، ۱۳۹۰).

جدول ۱: ابزارهای مورد استفاده دولت‌های عضو آژانس بین‌المللی، (ماخذ: عباس ملکی، ۱۳۹۰)

اقتصادی / مالی	تجاری	مالکیت و سازمان‌های دولتی	مقررات	تحقیق و توسعه
- مالیات بر انرژی، بهره مالکانه و نرخ آلاینده‌ها - معافیت‌های مالیاتی - یارانه‌های مستقیم، کمک‌ها و پرداخت‌های انتقالی - ابزارهای اعتباری (نرخ بهره یارانه‌ای، بهره‌های کم بهره و ضمانت‌های وام)	- تعرفه‌های وارداتی / صادراتی - پروانه‌های وارداتی / صادراتی - سهمیه‌بندی - محدودیت و ممنوعیت‌های تجاری - تبعیض میان عرضه‌کنندگان داخلی و خارجی برای تأمین نیازهای دولت	- مالکیت شرکت‌های انرژی - خصوصی‌سازی - اداره شرکت‌های دولتی با استفاده از قوانین تجارت	- کنترل‌های مقداری و قیمتی - مقررات بازاری (شامل محدودیت‌های دسترسی به بازار) - مقررات زیست محیطی (شامل استانداردهای کیفیت سوخت و آلاینده‌ها) - مقررات فنی (شامل استانداردهای حداقل کارکرد و توافقتنامه‌های اختیاری) - تضمین پرداخت‌ها	- هدایت بخش عمومی در R&D - تأمین مالی بخشی از نیازهای بخش خصوصی در R&D - همکاری‌های بین‌المللی

در جدول ۱ به ابزارهای مختلف مورد استفاده توسط آژانس بین‌المللی انرژی که در جهت سیاست‌گذاری انرژی مورد استفاده است اشاره شده است.

در ایران نیز به دلیل وجود پتانسیل 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 انرژی صورت گرفته است (مرادیان و مریدی فریمانی، ۱۴۰۱).

- 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 میان‌مدت 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 انتقال گاز و برق بوده، ضمن آنکه هزینه‌های اتلاف در شبکه برق و گاز 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 (مرادیان و مریدی فریمانی، ۱۴۰۱).

۲- پیشینه تحقیق

هولچک و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای با عنوان یک ارزشیابی جهانی: آیا انرژی تجدیدپذیر می‌تواند تا سال ۲۰۵۰، جایگزین انرژی‌های سوختی تا سال ۲۰۵۰ شود؟ به بررسی تاثیر استفاده از ۸ روش در ارتباط با یک انتقال کامل از سوخت‌های فسیلی به انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰ پرداختند. این ۸ روش شامل توسعه انرژی تجدیدپذیر، بهبود کارایی انرژی، افزایش صرفه‌جویی در انرژی، مالیات کربن، تعادل متوازن بیشتر رفاه بشر و مصرف سرانه انرژی، سیستم‌های پوشش و تجارت، جذب کربن، مصرف و ذخیره و توسعه قدرت هسته‌ای می‌باشد. نتایج تحقیق نشان داد که برای صفر شدن میزان مصرف سوخت فسیلی تا سال ۲۰۵۰، نیاز است که تولید انرژی تجدیدپذیر، تا ۶ برابر یا ۸ برابر افزایش یابد اگر که تقاضای انرژی ثابت نگه داشته شود یا به میزان ۵۰ درصد از سطح تقاضای انرژی ۲۰۲۰ افزایش یابد. همچنین جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۵۰، امکان‌پذیر است اما نیازمند بکارگیری جدی همه ۸ روش، تغییرات مهم در شیوه زندگی کشورهای توسعه‌یافته و همکاری نزدیک همه کشورها است.

زاهدی و همکاران (۲۰۲۳) در تحقیقی، پتانسیل تولید برق از انرژی خورشیدی در سواحل اقیانوسی جنوب شرق ایران را مورد بررسی قرار دارند. جغرافیای داده‌های نقشه تابش خورشیدی ایران برای برآورد توان استفاده شد. نتایج نشان داد که ۳۷/۵ درصد از مساحت مکران قابل بهره‌برداری مزارع خورشیدی است. با راندمان تبدیل ۱۵٪ و ضریب مساحت ۷۰٪، تولید برق سالانه برای منطقه قابل بهره‌برداری تقریباً ۱۷۲۰۰ گیگاوات ساعت است که می‌تواند نیروی محرکه‌ای برای توسعه صنعتی، اقتصادی و اجتماعی منطقه مکران باشد.

زاهدی و همکاران (۲۰۲۲) پژوهشی تحت عنوان مطالعه استراتژیک سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر، بهینه‌سازی و پایداری در ایران انجام دادند و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که با وجود پتانسیل‌های متنوع ایران در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی بادی نسبت به سایر موارد از نظر توجیه اقتصادی و رقابت در بازار و نرخ‌های تولید داخلی، دارای اولویت است. نرخ‌های تولید سایر منابع انرژی تجدیدپذیر برای تولید برق و اتصال به شبکه دارای اولویت کمتر برای سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت یا میان‌مدت هستند، با این حال، برای استفاده غیرشبکه‌ای در کشور، می‌تواند در کوتاه‌مدت هم بسیار مفید باشند و به طور کلی ایران می‌تواند به عنوان قطب انرژی‌های تجدیدپذیر باشد.

نجاتی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی به بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تاکید بر بخش‌های مختلف اقتصادی ایران پرداختند. به این منظور از داده‌های دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۵ استفاده کردند و مدل رگرسیون به ظاهر نامرتب بکار گرفته شد. نتایج تحقیق نشان داد که مصرف انرژی رابطه مثبت و معنی‌داری با انتشار دی‌اکسید کربن دارد اما مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اثر یکسانی بر آلودگی ندارد.

بریمانی و کعبی‌نژادیان (۱۳۹۴) به پژوهشی با عنوان توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران (بررسی موانع و ارائه راهکار) پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که مزیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و همچنین جهت‌گیری نظام جمهوری اسلامی ایران در حرکت به سمت اقتصاد بدون نفت، اولویت بخشی به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر را ضروری ساخته است.

۳- مصرف جهانی انرژی‌های اولیه

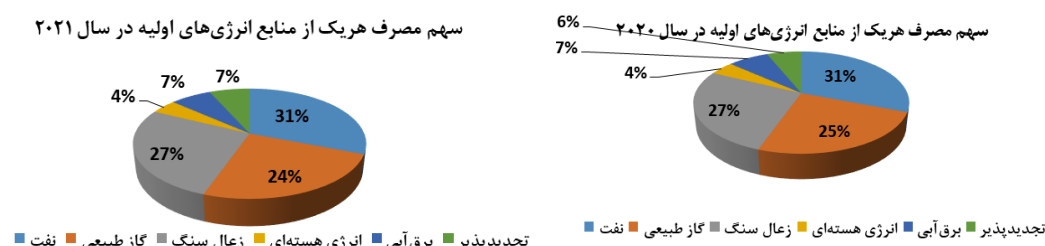
در دنیای معاصر، انرژی برای بدست آوردن نرخ مورد نظر رشد اقتصادی بسیار مهم است. این موضوع با توجه به این واقعیت است که انرژی جزء حیاتی همه فعالیت‌های اقتصادی است که بدون آن تولید بسیاری کالاها و خدمات ممکن نیست. بر طبق آمار ارایه شده در نشریه بریتیش پترولیوم (۲۰۲۰)، مصرف انرژی‌های اولیه در سال ۲۰۱۹ رشد کمتری (۱/۳ درصد) نسبت به سال ۲۰۱۸، داشته است. افزایش در مصرف انرژی ناشی از انرژی‌های تجدیدپذیر و گاز طبیعی بوده است و همه سوخت‌ها به غیر از انرژی هسته‌ای نرخ رشد کندتری را نسبت به میانگین ده ساله گذشته داشته‌اند.

در سال ۲۰۲۰، پاندمی کووید ۱۹، یک اثر چشمگیر بر روی بازارهای انرژی گذاشت و میزان مصرف انرژی‌های اولیه و انتشار کربن، کاهشی با سریعترین نرخ از زمان جنگ جهانی دوم داشتند. با اینحال، مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر رشد داشته و انرژی خورشیدی بیشترین میزان مصرف را تا این سال داشته است. در سال ۲۰۲۰، مصرف انرژی‌های اولیه، ۴/۵ درصد کاهش داشته

است که بیشترین کاهش از سال ۱۹۴۵ می‌باشد. کاهش در مصرف انرژی اساساً ناشی از کاهش مصرف نفت بود که تقریباً سه چهارم، کاهش خالص را داشت اگر چه گاز طبیعی و زغال سنگ نیز کاهش‌های معنی‌داری را تجربه کردند (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۰).

تقاضای انرژی اولیه، در سال ۲۰۲۱، ۵/۸ درصد افزایش داشت که بیشتر از سطح ۱/۳ درصدی سال ۲۰۱۹ بود. بین سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱، مصرف انرژی اولیه بیش از ۸ اگزاژول افزایش داشت و مصرف سوخت‌های فسیلی به میزان زیادی بدون تغییر باقی ماند. افزایش در مصرف انرژی بین سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۱، کاملاً ناشی از منابع انرژی تجدیدپذیر بوده است. مصرف انرژی در ۲۰۲۱، به میزان ۳۱ اگزاژول افزایش داشت که بیشترین افزایش در تاریخ است. این افزایش ناشی از مصرف کشورهای نوظهور (۱۳ اگزاژول) و چین به میزان ۱۰ اگزاژول می‌باشد. در سال ۲۰۲۰، ایالات متحده، هند و روسیه، بیشترین کاهش مصرف انرژی را داشته‌اند. چین بیشترین میزان افزایش در مصرف انرژی (۲/۱ درصد)، را در میان معدود کشورهایی که افزایش در مصرف انرژی داشتند را دارا می‌باشد.

انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی در سال ۲۰۲۱ با شدت زیادی به حدود سطح سال ۲۰۱۹ برگشت. این بازگشت شدید، به واسطه رشد اقتصادی توضیح داده شده است. با شروع دوباره فعالیت‌های اقتصادی بعد از قرنطینه‌ها و دیگر مسائل مرتبط با کووید ۱۹، مصرف انرژی با شدت افزایش پیدا کرد. انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی در سال ۲۰۱۹، به میزان ۰/۵ درصد کاهش داشته است و کمتر از نیمی از میانگین رشد سالانه ۱/۱ درصدی ۱۰ سال گذشته می‌باشد. انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی در سال ۲۰۲۰، به میزان ۶/۳ درصد کاهش داشته است که پایین‌ترین سطح آن از سال ۲۰۱۱ است و مانند مصرف انرژی‌های اولیه این کاهش، بیشترین میزان کاهش بعد از پایان جنگ جهانی دوم است. در شکل‌های ۱ و ۲ سهم مصرف هریک از منابع انرژی‌های اولیه در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ ارائه شده است.



شکل ۱- سهم مصرف هریک از منابع انرژی‌های اولیه در سال ۲۰۲۰ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۱)

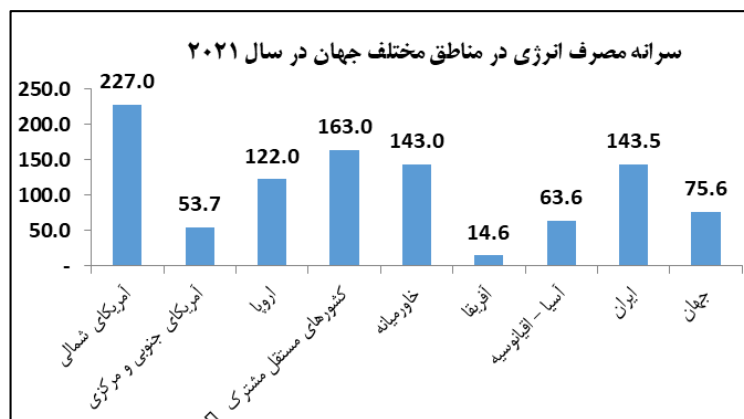
شکل ۲- سهم مصرف هریک از منابع انرژی‌های اولیه در سال ۲۰۲۱ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲)

همانطور که مشاهده می‌شود در سال ۲۰۲۰، مقدار مصرف نفت به ۳۱ درصد رسیده و زغال سنگ با ۲۷ درصد، گاز طبیعی با ۲۵ درصد، انرژی برق آبی با ۷ درصد، انرژی‌های تجدیدپذیر با ۶ درصد و انرژی هسته‌ای با ۴ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در سال ۲۰۲۱، در مقادیر مصرف نفت، زغال سنگ و انرژی برق آبی، نسبت به سال ۲۰۲۰، تغییری مشاهده نمی‌شود. مصرف گاز طبیعی یک درصد کاهش داشته و مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر یک درصد افزایش داشته است.

۳-۱- سرانه مصرف انرژی در جهان

میانگین مصرف سرانه انرژی در جهان کاهش ۵/۵ درصدی در سال ۲۰۲۰ داشته است که ناشی از کاهش مصرف در آمریکای شمالی (۸/۶- درصد) و اروپا (۸- درصد) می‌باشد. آمریکای شمالی ناحیه‌ای است که بیشترین میزان مصرف سرانه انرژی را داشته است و بعد از آن به ترتیب کشورهای مستقل مشترک المنافع و خاورمیانه هستند و آفریقا کمترین میزان مصرف میانگین را داشته است. مقایسه سرانه مصرف انرژی در ایران با جهان و برخی از کشورهای منتخب در شکل ۳ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که در سال ۲۰۲۱، سرانه مصرف انرژی در ایران در حدود خاورمیانه بوده ولی حدود دو برابر سرانه مصرف انرژی در دنیا است (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲).

در جدول ۲، مصرف نهایی انرژی در جهان در سال ۲۰۱۹، بر اساس منبع و بخش مصرف‌کننده آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود برق در بخش صنعت بیشترین میزان مصرف انرژی، نفت در بخش حمل و نقل و سوخت زیستی و ضایعات در بخش خانوارها، بیشترین میزان مصرف انرژی را دارند (سازمان ملل، ۲۰۲۲).



شکل ۳: سرانه مصرف انرژی در جهان، ایران و مناطق مختلف در سال ۲۰۲۱ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲)

جدول ۲- مصرف نهایی انرژی در جهان بر اساس منبع و بخش مصرف کننده (اگزاژول) (ماخذ: گزارش آماری سازمان ملل، ۲۰۲۲)

بخش	زغال سنگ	نفت	گاز طبیعی	سوخت زیستی و ضایعات	برق	گرما	کل
مصرف نهایی کل	۴۰/۱	۱۷۰/۲	۶۹/۴	۴۱/۹	۸۱/۳	۱۳/۲	۴۱۶/۱
مصرف انرژی کل	۳۶/۹	۱۴۱/۵	۶۱/۲	۴۱/۹	۸۱/۳	۱۳/۲	۳۷۵/۹
صنعت	۳۲	۱۲/۵	۲۵/۹	۱۰/۸	۳۴/۶	۶/۱	۱۲۱/۹
حمل و نقل	۰/۱	۱۴۰/۹	۵	۳/۹	۱/۵	۰/۰۴	۱۱۵/۴
مربوط به پناهگاهها	۰	۱۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰	۰	۱۲/۱
خانوارها	۲/۴	۱۱/۵	۲۰/۲	۲۳/۵	۲۱/۹	۴/۹	۸۴/۴
غیره	۲/۴	۱۲/۶	۱۰	۳/۷	۲۳/۳	۲/۲	۵۴/۲
استفاده غیر انرژی	۳/۲	۲۸/۷	۸/۳	۰	۰	۰	۴۰/۱

میزان مصرف انواع انرژی در بخش‌های مختلف در ایران براساس آمار منتشر شده توسط وزارت نیرو (۱۳۹۸)، در جدول ۳ مشاهده می‌شود. همانطور که مشخص است در بخش خانگی، تجاری و عمومی و صنعت، گاز طبیعی بیشترین میزان مصرف، در بخش حمل و نقل و مصارف غیر انرژی، فرآورده‌های نفتی بیشترین میزان مصرف را دارد.

جدول ۳- مصرف نهایی انرژی در ایران بر اساس منبع و بخش مصرف کننده (میلیون تن معادل نفت خام) (ماخذ: وزارت نیرو، ۱۳۹۸)

بخش	زغال سنگ	فرآورده‌های نفتی	گاز طبیعی	منابع تجدیدپذیر قابل احتراق	برق	کل
خانگی، تجاری و عمومی	۰/۱	۳۳/۳	۴۱۵/۱	۸/۳	۷۸/۹	۵۷۱/۷
صنعت	۰/۸	۲۰/۹	۳۰۲/۱	۰	۵۶/۴	۳۸۰/۲
حمل و نقل	۰	۳۰۸/۵	۴۷/۷	۰	۰/۴	۳۵۶/۶
کشاورزی	۰	۱۴/۹	۲۰/۷	۰	۲۲/۵	۵۸/۱
سایر مصارف	۰	۰/۷	۰	۰	۳	۳/۷
مصارف غیر انرژی	۴/۴	۱۳۵/۴	۱۰۴/۹	۰	۰	۲۴۴/۷

طبق آخرین آمار ارائه شده توسط وزارت نیرو، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران ۱/۷ برابر متوسط سرانه مصرف نهایی جهانی و ۰/۸ برابر مصرف کشورهای OECD است. سرانه مصرف نهایی گاز طبیعی و نفت خام و فرآورده‌های نفتی ایران، ۶/۱ و ۱/۵ برابر متوسط مصرف سرانه جهانی بوده است. مصرف سرانه برق، زغال سنگ و انرژی‌های تجدیدپذیر از متوسط جهانی پایین‌تر می‌باشد. در سال ۱۳۹۷، سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های کشاورزی، خانگی تجاری و عمومی، حمل و نقل و صنعت به ترتیب ۳/۳، ۲/۱، ۱/۵ و ۱/۶ برابر متوسط جهانی بوده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۸).

۳-۲- انتشار کربن

یکی از اصلی‌ترین و مهمترین چالش‌های اقتصاد دنیای مدرن، افزایش معنی‌دار انتشار کربن می‌باشد. بر اساس گزارش بانک جهانی، سطح تجمعی CO₂ در سراسر جهان تقریباً رشدی ۷۰ درصدی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ داشته است. این موضوع یک واقعیت هشداردهنده است که منعکس کننده سرعت افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. با در نظر گرفتن این موضوع، هیئت بین‌دولتی تغییرات اقلیمی (IPCC) سازمان ملل گزارش داده است که اگر این روند ادامه یابد، گرمایش جهانی، به ۱/۵ درجه از سال ۲۰۳۰ تا سال ۲۰۵۲ می‌رسد (مختاروف، ۲۰۲۳). حتی با وجود توافق بین‌المللی پاریس در سال ۲۰۱۵، برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، دمای جهانی به دلیل افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی، افزایش داشته است. با ادامه اتکا بر سوخت‌های فسیلی به عنوان منابع انرژی اولیه، پیش‌بینی شده است که دمای کره زمین، ۳ درجه یا حتی بیشتر، تا پایان این قرن افزایش یابد (هولچک و همکاران، ۲۰۲۲). طبق آمار ارائه شده توسط نشریه بریتیش پترولیوم، از مجموع ۱۰ کشور تولید کننده بیشترین حجم دی‌اکسیدکربن در جهان، هفت کشور در سال ۲۰۱۸ رشد حجم انتشار کربن را تجربه کرده‌اند و تنها ژاپن، آلمان و عربستان عملکرد موافقی به لحاظ کاهش انتشار کربن داشتند. در این سال، اگرچه چین و ایالات متحده به تنهایی حدود ۴۳/۹ درصد انتشار کربن جهان را در سال ۲۰۱۸ به خود اختصاص داده‌اند و با رشد ۲/۲ و ۲/۶ درصدی، میزان انتشار کربن آنها در مقایسه با کشورهای دیگری که رشد بالاتری از آنها دارند رقم بسیار بالاتری است، اما رشد تولید دی‌اکسیدکربن در کشورهای روسیه و ایران به ترتیب ۴/۲ و ۵/۵ درصد به عنوان دو کشور مهم تولیدکننده نفت و گاز و همچنین هند به عنوان مصرف کننده بزرگ منابع فسیلی و دارنده رتبه نخست رشد تقاضای انرژی تا سال ۲۰۴۰ با رشد ۷ درصد و میزان انتشار کربن ۲۴۷۹/۱ میلیون تنی مورد توجه و ابراز نگرانی صاحب‌نظران و کارشناسان قرار گرفته است. در سال ۲۰۱۹، نیز از مجموع ۱۰ کشور تولیدکننده بیشترین حجم دی‌اکسیدکربن در جهان تنها کشورهای چین، هند، ایران و عربستان سعودی، رشد مثبتی نسبت به سال قبل داشته‌اند و ایران با انتشار ۶۷۰/۷ میلیون تن دی‌اکسیدکربن با یک پله ترقی نسبت به سال ۲۰۱۸ (رتبه هشتم)، در سال ۲۰۱۹، در مقام هفتم قرار گرفته است. جداول ۲ و ۳ جهت بررسی و مقایسه میزان انتشار کربن ۱۰ کشور اول جهان به لحاظ میزان انتشار کربن در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ ارائه شده است.

جدول ۴- ده کشور اول جهان به لحاظ میزان انتشار کربن در سال ۲۰۲۰ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۱)

رتبه	کشور	میزان انتشار کربن (میلیون تن)	نرخ رشد نسبت به سال قبل (درصد)	سهم از کل جهان (درصد)
۱	چین	۹۸۹۹/۳	۰/۶	۳۰/۷
۲	ایالات متحده	۴۴۵۷/۲	-۱۱/۶	۱۳/۶
۳	هند	۲۳۰۲/۳	-۷/۱	۷/۱
۴	روسیه	۱۴۸۲/۲	-۷/۴	۴/۶
۵	ژاپن	۱۰۲۷	-۸/۴	۳/۲
۶	ایران	۶۷۸/۲	۰/۲	۲/۱
۷	آلمان	۶۰۴/۹	-۱۱/۵	۱/۹
۸	کره جنوبی	۵۷۷/۸	-۷/۵	۱/۸
۹	عربستان سعودی	۵۷۰/۸	-۱/۸	۱/۸
۱۰	کانادا	۵۱۷/۷	-۱۰/۷	۱/۶

همانطور که در جدول ۵، مشاهده می‌شود، در سال ۲۰۲۰، نیز علیرغم کاهش قابل توجهی که در انتشار کربن مشاهده می‌شود که به دلیل پاندمی کرونا و تاثیر آن بر فعالیت‌های اقتصادی بوده است، چین همچنان دارای رشد ۰/۶ درصدی است و ایران دارای رشد ۰/۲ درصدی نسبت به سال قبل می‌باشد و رتبه ایران نسبت به سال ۲۰۱۹ از مقام هفتم به مقام ششم رسیده است. در سال ۲۰۲۱ نیز، چین، ایالات متحده و هند همچنان مقام‌های اول تا سوم در انتشار کربن را دارند و ایران نسبت به سال ۲۰۲۰ از مقام ششم به مقام هفتم رسیده و کاهش کمی در میزان انتشار کربن داشته است (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲).

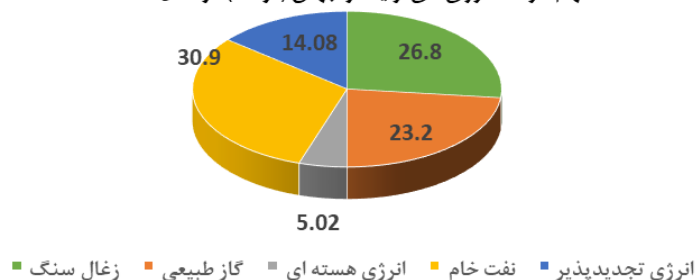
جدول ۵- ده کشور اول جهان به لحاظ میزان انتشار کربن در سال ۲۰۲۱ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲)

رتبه	کشور	میزان انتشار کربن (میلیون تن)	نرخ رشد نسبت به سال قبل (درصد)	سهم از کل جهان (درصد)
۱	چین	۱۰۵۳۳	۵/۸	۳۱/۱
۲	ایالات متحده	۴۷۰۱/۱	۶/۶	۱۳/۹
۳	هند	۲۵۵۲/۸	۱۲/۲	۷/۵
۴	روسیه	۱۵۸۱/۳	۸/۹	۴/۷
۵	ژاپن	۱۰۵۳/۷	۲/۶	۳/۱
۶	ایران	۶۲۸/۹	۵	۱/۹
۷	آلمان	۶۶۰/۵	۲/۶	۱/۹
۸	کره جنوبی	۶۰۳/۸	۲/۸	۱/۸
۹	عربستان سعودی	۵۷۵/۳	۱/۴	۱/۷
۱۰	کانادا	۵۲۷/۴	۲/۲	۱/۶

۴- عرضه جهانی انرژی‌های اولیه

بر اساس آمار و اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس بین‌المللی انرژی^۱ در سال ۲۰۱۹، نفت خام بیشترین سهم از انرژی‌های اولیه عرضه شده در جهان را بخود اختصاص داد و زغال‌سنگ، گاز طبیعی، انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی هسته‌ای مقام‌های بعدی را دارا هستند. در شکل ۴ سهم‌های مربوطه مشاهده می‌شود.

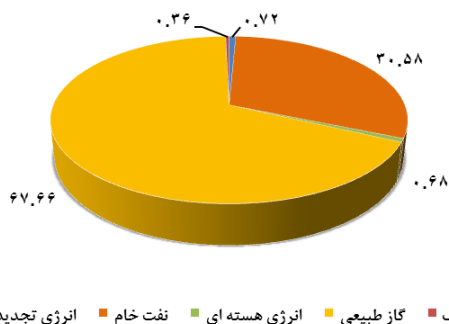
سهم عرضه انرژی‌های اولیه در جهان (درصد) در سال ۲۰۱۹



شکل ۴- سهم عرضه انرژی‌های اولیه در جهان در سال ۲۰۱۹ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۰)

همچنین بر اساس آمار و اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس بین‌المللی انرژی^۲ در سال ۲۰۱۹ برای کشور ایران، از بین انرژی‌های عرضه شده، گاز طبیعی (۶۷/۶۶ درصد) بیشترین سهم را دارا است و نفت خام (۳۰/۵۸ درصد)، انرژی‌های تجدیدپذیر (۰/۷۲ درصد)، انرژی هسته‌ای (۰/۶۸ درصد) و زغال‌سنگ (۰/۳۶ درصد)، رتبه‌های بعدی (شکل ۵) را دارند.

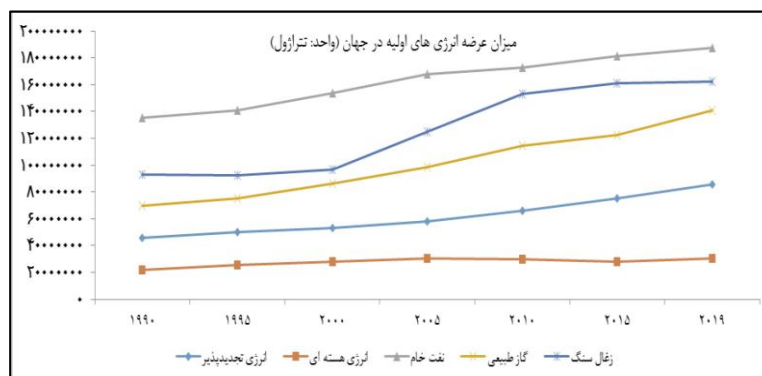
سهم عرضه انرژی‌های اولیه در ایران (درصد) در سال ۲۰۱۹



شکل ۵- سهم عرضه انرژی‌های اولیه در ایران در سال ۲۰۱۹ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۰)

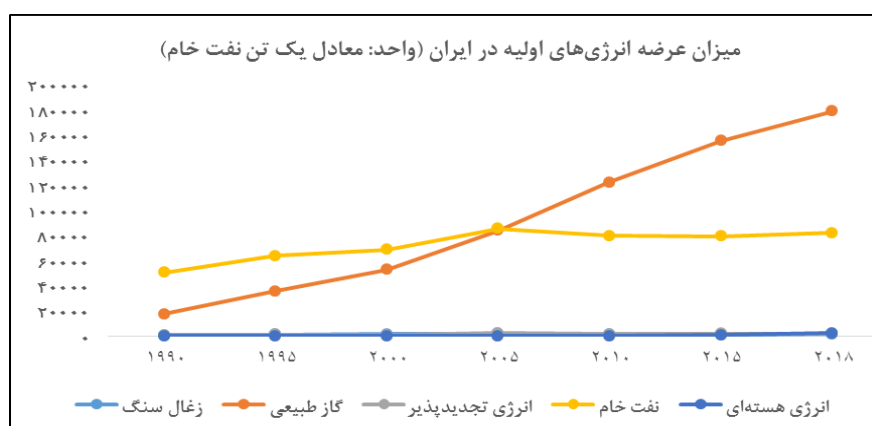
1 - www.iea.org
2 - www.iea.org

بررسی روند عرضه انرژی‌های اولیه در جهان، بر اساس آمار و اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس بین‌المللی انرژی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ بر حسب واحد تترائول در شکل ۶ قابل مشاهده است. ملاحظه می‌شود که نفت خام همواره سهم بیشتری از عرضه انرژی‌های اولیه را داشته است. زغال سنگ در رتبه دوم قرار داشته و در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰، با روند صعودی عرضه شده است. گاز طبیعی و انرژی‌های تجدیدپذیر با سیری صعودی در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. انرژی هسته‌ای نیز کمترین سهم عرضه شده را در طی این سال‌ها داشته است.



شکل ۶- روند سهم‌های عرضه انرژی‌های اولیه در جهان ۱۹۹۰-۲۰۱۹ (ماخذ: یافته‌های تحقیق از iea)

بر اساس آمار و اطلاعات ارائه شده در سایت آژانس بین‌المللی انرژی در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ روند عرضه انرژی‌های اولیه در ایران بر حسب واحد معادل یک تن نفت خام در شکل ۷ ارائه شده است. بررسی این روند نشان می‌دهد که از سال ۲۰۰۵ عرضه گاز طبیعی از نفت خام پیشی گرفته است. انرژی‌های تجدیدپذیر، زغال سنگ و انرژی هسته‌ای مقادیر بسیار کمی را در مقایسه با این دو انرژی بخود اختصاص می‌دهند.



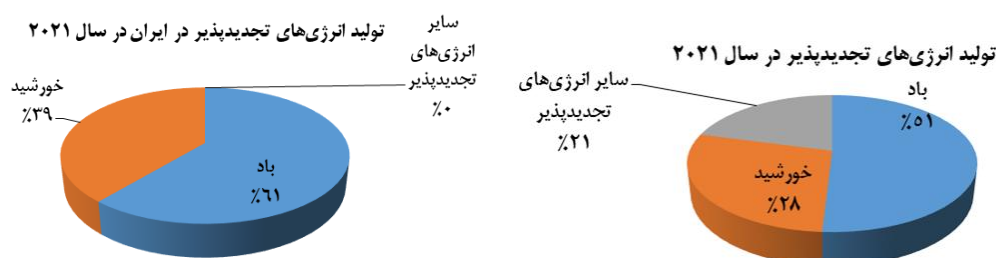
شکل ۷- روند سهم‌های عرضه انرژی‌های اولیه در ایران ۱۹۹۰-۲۰۱۹ (ماخذ: یافته‌های تحقیق از iea)

نگاهی به ترکیب سبد انرژی مصرفی در مناطق مختلف، نشان‌دهنده بخشی از اولویت‌های سیاست‌گذاری حوزه انرژی در این مناطق است. در سال ۲۰۲۰، مصرف نفت خام در کشورهای آفریقا، اروپا و آمریکا بیشترین سهم را بین انرژی‌های اولیه داشته است. گاز طبیعی در کشورهای مستقل مشترک المنافع (CIS) و خاورمیانه بیشترین سهم را داشته و زغال سنگ بیشترین سهم را در آسیا - اقیانوسیه دارا بوده است (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۱).

۵- سهم تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان

همانطور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود ۵۱ درصد از انرژی تجدیدپذیر تولید شده در سال ۲۰۲۱ مربوط به انرژی باد می‌باشد و انرژی خورشیدی با ۲۸ درصد مقام دوم را داشته است. سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، شامل الکتریسیته تولید شده از انرژی زمین گرمایی، بیوماس و دیگر منابع انرژی اولیه است (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲).

همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود در ایران بیشترین تولید انرژی تجدیدپذیر مربوط به انرژی باد است، با سهم ۶۱ درصد و مابقی انرژی‌های تجدیدپذیر به انرژی خورشیدی با سهم ۳۹ درصدی اختصاص یافته است و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر، مقدار بسیار کمتری را دارد که در حد صفر در نظر گرفته شده است (بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲).

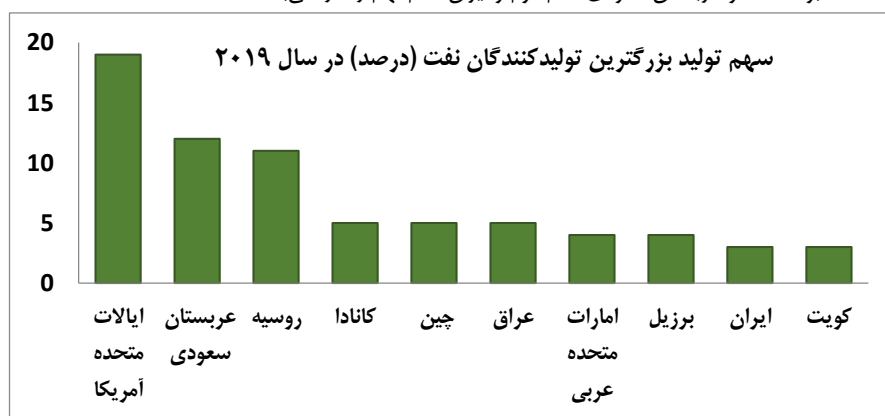


شکل ۹- سهم تولید هریک از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، در سال ۲۰۲۱ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲)

شکل ۸- سهم تولید هریک از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱ (ماخذ: بریتیش پترولیوم، ۲۰۲۲)

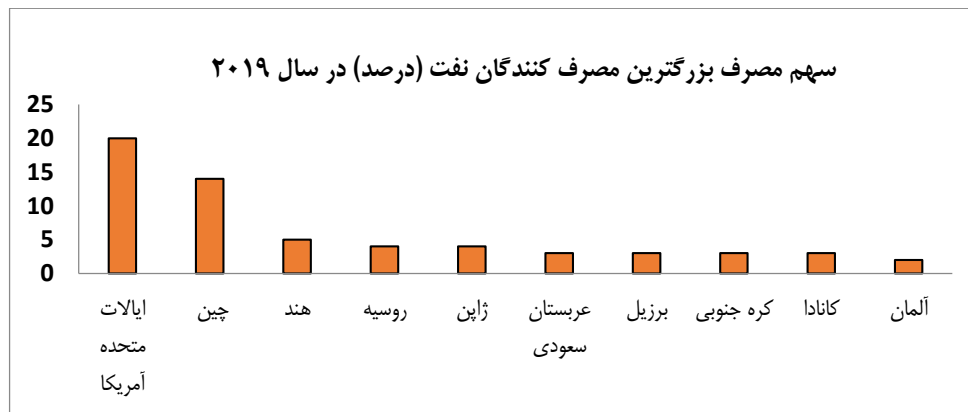
۶- سهم بزرگترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان نفت در جهان

بنابر گزارش سازمان بین‌المللی انرژی که در شکل‌های ۱۰ و ۱۱، ارائه شده است، در سال ۲۰۱۹، بزرگترین تولید کننده نفت در دنیا، ایالات متحده بوده است و عربستان سعودی مقام دوم و ایران مقام نهم را دارا می‌باشد.



شکل ۱۰- سهم تولید بزرگترین تولیدکنندگان نفت (درصد) در سال ۲۰۱۹ (ماخذ: یافته‌های تحقیق از iea)

طبق همین گزارش بزرگترین مصرف‌کننده نفت در جهان نیز در سال ۲۰۱۹، ایالات متحده بوده و چین و هند مقام‌های بعدی را دارا هستند.



شکل ۱۱: سهم مصرف بزرگترین مصرف‌کنندگان نفت (درصد) در سال ۲۰۱۹

امروزه، کشور ما ایران به مقدار زیادی وابسته به ذخایر نفت و گاز است و قسمت بزرگی از اقتصاد آن به درآمدهای ناشی از این منابع وابسته است که نه پایدار هستند و نه راه حل دائمی برای برای طرف کردن نیاز نسل‌های آتی در ایران می‌باشد. از طرف دیگر، تحریم‌های بین‌المللی اثرات معنی‌داری بر بخش انرژی ایران داشته است و بسیاری از پروژه‌های نفت و گاز تعلیق شده است. اخیراً، دولت ایران بر مصرف انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های مختلف اقتصادی، تمرکز کرده است و سیاست‌های انرژی ایران از یک کشور متکی بر نفت به منابع انرژی متنوع و با پایداری بیشتر تغییر کرده است (بابایی پیروزیان، ۲۰۲۳).

با توجه به آنچه در تحقیق حاضر به آن پرداخته شد و پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه فناوری‌های تولید و مصرف انواع حامل‌های انرژی در دنیا، همچنین مسائل مهم زیست محیطی، تحولات بازارهای انرژی و بحث امنیت عرضه انرژی در دنیای کنونی، می‌توان گفت که توجه به تنوع سید انرژی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و همگام با محیط زیست باید بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گیرد.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی سید انرژی جهان و ایران با توجه به آخرین آمار و اطلاعات ارائه شده می‌باشد. همانطور که بررسی شد در طی سالیان متمادی، در بسیاری از کشورهای جهان، مصرف سوخت‌های فسیلی در اولویت بوده و روند نگران‌کننده‌ای به دلیل تغییرات آب و هوایی، انتشار آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی، انتشار دی‌اکسید کربن، افزایش دمای کره زمین و بالا آمدن سطح آب‌های روی کره زمین، بوجود آمده است و علیرغم اجرا و تعهدات بین‌المللی مختلف در بسیاری کشورها، در جهت کاهش این هزینه‌ها، روند رسیدن به اهداف مورد نظر به کندی صورت می‌گیرد. بررسی میزان انتشار کربن، در کشورمان ایران نیز نتایج نگران‌کننده‌ای را به همراه داشته است. موقعیت ایران به لحاظ دارا بودن ذخایر مهم نفت و گاز، وابستگی بخش اقتصادی به درآمدهای نفتی، نوسانات قیمت نفت، قرار گرفتن در چهار راه انرژی جهانی، وجود تحریم‌های بین‌المللی و نیز مصرف سرانه بالاتر از متوسط جهانی انرژی در بخش‌های مختلف، باعث شده تا لزوم توجه به متنوع‌سازی سید انرژی، وضع قوانین و مقررات جهت کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف انرژی، برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری در جهت تغییر به سمت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر بیش از پیش مشخص شود.

منابع

۱. بریمانی، مهدی و کعبی نژادیان، عبدالرزاق (۱۳۹۴)، «توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران (بررسی موانع و ارائه راهکار)»، فصلنامه علمی-ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، دوره ۲، شماره ۱، صص ۳۴-۲۸.
۲. مرادیان، رحیمه و مریدی فریمانی، فاضل، (۱۴۰۱)، «توسعه تجدیدپذیرها در ایران- انتخاب یا ضرورت؟»، فصلنامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، دوره ۹، شماره ۲، صص ۳۳-۲۸.
۳. ملکی، عباس، (۱۳۹۰)، «سیاست‌گذاری انرژی»، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.
۴. نجاتی، مهدی، جلالی، سیدعبدالمجید و باوقار زعیمی، پگاه، (۱۳۹۸)، «بررسی اثر رشد تولیدات و مصرف انرژی بر انتشار دی‌اکسید کربن با تاکید بر بخش‌های مختلف اقتصادی ایران»، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۲۳، شماره ۶۹، صص ۲۸۰-۲۵۷.
۵. وبسایت آژانس بین‌المللی انرژی (<https://www.iea.org>)
۶. وزارت نیرو، ۱۳۹۸، «آمار و نمودارهای ایران و جهان، معاونت امور برق و انرژی - دفتر برنامه ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی»، انتشارات وزارت نیرو.
7. Babaie Pirouziana, A. R., Zahedi, R., Ahmadi, A., & Olya, N. (2023). Integration of renewable energy-based systems for transport sector in 2050; a case study in Iran. *Renewable Energy Research and Applications*, 4(1), pp. 21-30.
8. BP Statistical Review of World Energy. (2022), 71st edition.
9. BP Statistical Review of World Energy. (2021), 70st edition.
10. BP Statistical Review of World Energy. (2020), 69st edition.
11. Holechek, J. L., Geli, H. M., Sawalhah, M. N., & Valdez, R. (2022). A global assessment: can renewable energy replace fossil fuels by 2050?. *Sustainability*, 14(8), 4792. pp. 1-22.

12. Mukhtarov, S. (2023). The impact of renewable energy consumption and technology progress on CO₂ emissions in the long run: Evidence from Turkey, Research Square. pp. 1-16.
13. Mukhtarov, S., Aliyev, F., Aliyev, J., and Ajayi, R. (2022). Renewable Energy Consumption and Carbon Emissions: Evidence from an Oil-Rich Economy. *Sustainability*, 15(1), 134. pp. 1-12.
14. Qudrat-Ullah, H. (2022). A review and analysis of renewable energy policies and CO₂ emissions of Pakistan. *Energy*, 238, 121849. pp. 1-14.
15. Pambudi, N. A., Firdaus, R. A., Rizkiana, R., Ulfa, D. K., and Salsabila, M. S. (2023). Renewable Energy in Indonesia: Current Status, Potential, and Future Development. *Sustainability*, 15(3), 2342. pp. 1-29.
16. Ran, W., & Xu, T. (2023). Low-Carbon Supply Chain Coordination Based on Carbon Tax and Government Subsidy Policy, *Sustainability*, 15(2), 1135. pp. 1-19.
17. Zahedi, R., Sadeghitabar, E., & Ahmadi, A. (2023). Solar energy potential assessment for electricity generation in the southeastern coast of Iran, *Future Energy*, 2(1). pp. 15-22.
18. Zahedi, R., Zahedi, A., and Ahmadi, A. (2022). Strategic study for renewable energy policy, optimizations and sustainability in Iran, *Sustainability*, 14(4), 2418.
19. United Nation. (2022). Energy Statistics Pocketbook. Department of Economic and Social Affairs Statistics Division, Series E No.5, New York