

## سهم انرژی خورشیدی از سبد انرژی جهان در سال ۲۰۳۰

اردوان شهسوار<sup>۱</sup>، حسین یوسفی<sup>۲\*</sup>، اسرافیل شاهورن<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی انرژی‌های تجدیدپذیر، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۲- دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

\* صندوق پستی تهران، ۱۴۳۹۹۵۷۱۳۱، Hosseinyousefi@ut.ac.ir

### چکیده

با افزایش روزافزون جمعیت پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ جمعیت کل جهان به حدود ۸/۵ میلیارد نفر برسد. استفاده بیش از حد از انرژی‌های فسیلی که تنها تا سال ۲۳۰۰ پاسخگوی نیازهای بشر هستند، نیاز به منابع انرژی جایگزین و نو بیش از پیش احساس می‌شود. انرژی‌های فسیلی دارای دو مشکل اساسی پایان پذیر بودن و انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای هستند که در مقابل یکی از مهمترین مزیت‌های انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک بودن آن‌ها می‌باشد. از میان تمام انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی یکی از پرکاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد که پتانسیل بسیار زیادی برای استفاده از آن به شکل‌های مختلف در ایران و جهان موجود می‌باشد. با پیشرفت تکنولوژی و کاهش قیمت، استفاده از انرژی خورشیدی روز به روز به صرفه‌تر می‌شود. در این مقاله با بررسی وضعیت رشد جمعیت و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی در جهان و پیش‌بینی روند آن تا سال ۲۰۳۰ و بررسی ویژگی‌های انرژی خورشیدی و روند استفاده از آن در جهان، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ مقدار تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر به مقدار ۱۰۲۰۰ میلیارد کیلووات ساعت برسد. همچنین تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی به ۱۰۴۰ میلیارد کیلووات ساعت، میزان تولید انرژی از منابع اولیه به حدود ۶۵۵ کوادریلیون بی‌تی‌یو و میزان مصرف انرژی به حدود ۶۷۰ کوادریلیون بی‌تی‌یو برسد.

کلید واژگان: انرژی‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی، ۲۰۳۰

## The share of solar energy from the world energy basket in 2030

Ardavan Shamsavari<sup>1</sup>, Hossein Yousefi<sup>2\*</sup>, Esrafil Shahveran<sup>1</sup>

1- Master of Science (MSc) Student, Renewable Energies Engineering, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Renewable Energies and Environment, Faculty of New Science and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran

\* P.O.B. 1439957131, Tehran, Iran, Hosseinyousefi@ut.ac.ir

### Abstract

By increasing the population of the world, it is expected to reach to 8.5 billion by 2030. The excessive use of fossil fuels that meet human needs only by 2300, there is a growing need for alternative and new energy sources. Fossil fuels have two major problems; it is going to finish and releasing various kinds of greenhouse gases, which, in contrast to one of the most important advantages of renewable energy, that they are clean. Among all the renewable energies, solar energy is one of the most widely used renewable energies that has a huge potential for its use in different forms in Iran and the world. With the advent of technology and lower prices, the use of solar energy is becoming more and more affordable. In this paper, by studying the population growth and consumption of different types of fossil fuels in the world and its prediction by 2030, and the study of the properties of solar energy and the trend of its use in the world, it is predicted that by 2030, the amount of electricity generated from renewable sources reaches to 10,200 billion kilowatt hours. Also solar power generation will be 1040 billion kilowatt hours, the amount of energy from the primary sources will be about 655 quadrillion btu, and energy consumption will be about 670 quadrillion btu.

**Keywords:** Fossil Energies, Renewable Energies, Solar Energy, 2030

## ۱- مقدمه

تکنولوژی انرژی خورشیدی به دوصورت برای تولید الکتریسیته و گرمایش به کار می‌رود که برای تبدیل به آن‌ها از سلول‌های فتوولتائیک و کلکتورهای خورشیدی استفاده می‌شود که در سال‌های گذشته با استفاده از فناوری‌ها و مواد مختلف بازدهی تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته و حرارت و گرما افزایش یافته است و این پیشرفت ادامه دارد [۹، ۱۱].

در بین تمامی کشورهای جهان، ایران یکی از کشورهایی می‌باشد که دارای پتانسیل بسیار زیادی برای استفاده از انرژی خورشید به علت شرایط جغرافیایی و تابش بالای خورشید در آن می‌باشد اما به دلیل وجود منابع بسیار زیاد نفت و گاز توجه بسیار کمی به پیشرفت آن در کشور شده است [۱۰].

با وجود تمام مزیت‌های انرژی خورشیدی که از جمله آن‌ها می‌توان به کاهش میزان انتشار کربن‌دی‌اکسید در جهان، افزایش امنیت انرژی، قابلیت دسترسی به انرژی خورشیدی در تمام مناطق، کاهش روز افزون قیمت تکنولوژی‌های مرتبط با انرژی خورشیدی و نزدیک شدن قیمت آن به سوخت‌های فسیلی و افزایش کارایی استفاده از آن‌ها اشاره کرد، از مهمترین مشکلات آن نیز می‌توان به نیاز به دربرگرفتن مساحت زیادی از زمین برای ایجاد نیروگاه‌های خورشیدی، ثابت نبودن تابش خورشید در طول شبانه روز، اثرات بصری نامناسب استفاده از صفحات خورشیدی، جمع شدن گرد و غبار بر روی صفحات خورشیدی، نیاز به وسایل ذخیره کننده یا باتری و سرمایه گذاری کم اشاره کرد [۱۱]. حال با توجه به تمام مزایا و معایب ذکر شده می‌توان دریافت که بکارگیری انرژی خورشیدی می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. با تمام این تفاسیر، اتمام منابع سوخت‌های فسیلی امری اجتناب ناپذیر است و پیش‌بینی شده است که منابع گاز طبیعی تا حدود ۵۶ سال آینده به پایان خود برسند [۳]. پس حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر امری بسیار ضروری می‌باشد.

## ۲- روش کار

در این مقاله با استفاده از روش تحلیل اطلاعات و بررسی روند گذشته و فعلی انرژی و عوامل دخیل در تغییرات آن، روند آینده آن‌ها پیش‌بینی شده است. برای پیش‌بینی‌هایی که در این تحقیق انجام شده‌اند، از الگوریتم هموارسازی نمایی یا (Exponential Triple Smoothing) ETS استفاده شد. اساس کار این الگوریتم بر پایه رشد سالیانه تولید انرژی از این منبع بصورت خطی است. از مزایای این روش پیش‌بینی آینده با خطایی قابل قبول است. از معایب این روش کلی بودن آن و توجه کم به جزئیات می‌باشد.

## ۱-۲- وضعیت جمعیت جهان

انرژی نقشی بسیار مهم در زندگی انسان‌ها و اقتصاد و توسعه آن در جوامع دارد. وجود منابع سرشار انرژی در قسمت‌های مختلف جهان، باعث تأمین نیازهای مردم و توسعه اقتصادی کشورهای مختلف می‌شود. افزایش جمعیت با روندی بسیار سریع در جهان به خصوص در قسمت‌هایی از آفریقا و آسیا که به همراه افزایش رشد سطح زندگی و روند رو به رشد صنعتی شدن جوامع و پیشرفت‌های اقتصادی کشورهایی مثل چین و هند همراه شده است، باعث افزایش شدید تقاضا برای انرژی و مصرف بیشتر آن در تمام جهان شده است [۱، ۲]. شکل ۱، روند رشد جمعیت جهان را تا سال ۲۰۳۰ نشان می‌دهد. جمعیت جهان در سال ۲۰۱۴ حدود ۷۲۸۲/۴۶ میلیون نفر بوده است [۲] که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ به ۸/۵ میلیارد نفر و تا سال

افزایش جهانی تقاضا برای انرژی از سوخت‌های فسیلی نظیر نفت و گاز، نقش بسیار مهمی در انتشار بسیار زیاد گازهای گلخانه‌ای نظیر کربن‌دی‌اکسید و آلودگی هوای ناشی از آن‌ها دارد. یکی از دلایل بسیار مهم این افزایش تقاضا، رشد بسیار زیاد جمعیت جهان و پیشرفت تکنولوژی و مشکلات همراه با آن نظیر فقر، مشکلات محیط زیستی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشد [۲، ۱۱].

از بین ۱۰ چالش مهم جهان در ۵۰ سال آینده، کمبود انرژی و نحوه تأمین آن، یکی از اساسی‌ترین و اصلی‌ترین مسائل آینده می‌باشد که به دلیل پایان‌پذیر بودن منابع انرژی فسیلی در آینده، بسیار مورد اهمیت واقع شده است [۳].

یکی از تعهدنامه‌هایی که برای جلوگیری از افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش دمای ناشی از آن منعقد شده، پیمان پاریس می‌باشد. بر اساس این پیمان که به امضای بیش از ۱۶۰ کشور جهان رسیده، باید افزایش دمای متوسط جهانی به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد نسبت به سطح قبل از صنعتی شدن و میزان گرمایش جهانی به ۱/۵ درجه سانتی‌گراد محدود شود [۴].

با میزان امروزه مصرف سوخت‌های فسیلی، به نظر پیمان پاریس برای جلوگیری از افزایش دما ناکارآمد می‌آید [۵]. به طور مثال ایران حدود ۱/۷ درصد کربن‌دی‌اکسید جهان را تولید می‌کند و جزو ۱۰ کشور اول تولید کننده کربن‌دی‌اکسید جهان می‌باشد، که نشان دهنده مصرف بالای انرژی‌های فسیلی می‌باشد [۱۱].

به دلیل بحران انرژی، تمام کشورهای جهان به دنبال کاهش مصرف انرژی و پیدا کردن منابع جدید جهت تأمین نیازهایشان می‌باشند [۶]. بنابراین رفتن به سمت منابع انرژی تجدیدپذیر به عنوان منابع جایگزین دارای ظرفیت بالا، قابل اعتماد، از نظر اقتصادی به صرفه و همیشگی هستند، یک ضرورت برای آینده می‌باشد [۷، ۲].

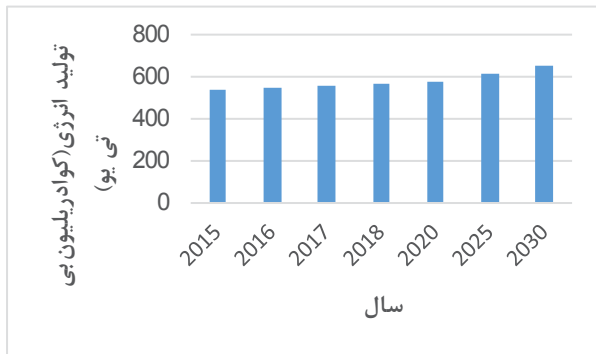
انرژی‌های تجدیدپذیر خود به انرژی خورشیدی، انرژی بادی، انرژی زیست توده، انرژی امواج و... تقسیم می‌شوند. از بین تمامی انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی خورشیدی که بصورت رایگان برای استفاده تمام کشورهای جهان موجود می‌باشد، یکی از پرکاربردترین انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان می‌باشد که استفاده از این تکنولوژی تاریخی بلندمدت دارد.

استفاده از انرژی خورشیدی بصورت مستقیم یا غیرمستقیم به دوران تمدن‌های باستانی برمی‌گردد که یونانیان و رومی‌ها از انرژی خورشیدی در ساختمان‌های خود استفاده می‌کردند [۸].

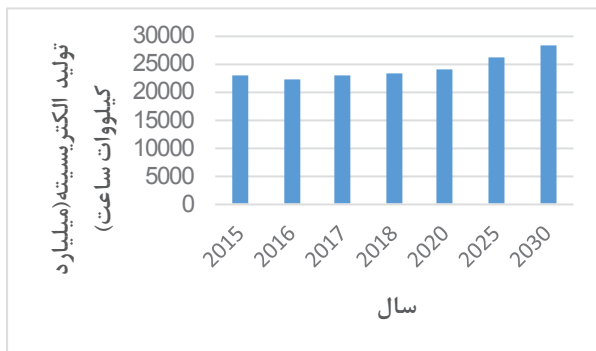
بین سال‌های ۱۸۶۰ و جنگ جهانی اول، استفاده از فناوری‌هایی برای تولید بخار برای راه‌اندازی موتورها و پمپ‌های آب، با محبوس کردن گرمای خورشید مورد استفاده بود. سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی اولیه بسیار بزرگ بودند و در آزمایشگاه‌های کشور آمریکا ساخته شدند و یکی از مهمترین استفاده‌های آن‌ها، تولید الکتریسیته در سفینه‌هایی بود که توسط ناسا به فضا پرتاب می‌شدند.

در دهه ۷۰ میلادی، به دلیل بحران‌های نفتی، سرمایه‌گذاری و علاقه به انرژی خورشیدی رو به فزونی گشت اما با کاهش قیمت نفت و استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی، انرژی خورشیدی کمتر مورد توجه قرار گرفت. اما دوباره با شروع قرن جدید توجه به انرژی خورشیدی بیشتر شد و توسعه آن مورد توجه تمام کشورهای جهان قرار گرفت [۹].





شکل ۳ روند رشد تولید انرژی در جهان [۱۲]



شکل ۴ روند رشد تولید الکتریسیته در جهان [۱۲]

### ۲-۳- روند تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان

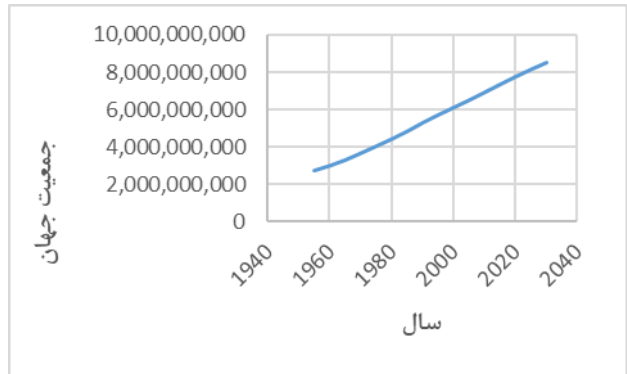
یکی از مهمترین مشکلات سوخت‌های فسیلی انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای است، که زندگی انسان‌ها را در سرتاسر دنیا تحت تاثیر قرار می‌دهد و حدود ۸۰ درصد از کربن‌دی‌اکسید جهان وابسته به تولید و استفاده از سوخت‌های فسیلی است [۱]. این گازها باعث آلوده کردن اکوسیستم [۲] و مرگ ۴ تا ۷ میلیون انسان در سرتاسر جهان و بیمار شدن هزاران نفر دیگر می‌شود [۱۳].

از مشکلات دیگر انتشار گازهای گلخانه‌ای، تغییرات آب و هوایی، بحران‌هایی مثل خشکسالی‌های طولانی، از بین رفتن مناطق کشاورزی، از بین رفتن گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی، آب شدن سریع برف [۱] و بالا آمدن سطح دریاها می‌باشد [۲].

چین، آمریکا، هند، روسیه، ژاپن، آلمان، کره جنوبی، ایران، عربستان و اندونزی ده تولید کننده اول کربن‌دی‌اکسید در جهان هستند که مسئول تولید ۶۸ درصد انتشار جهانی کربن‌دی‌اکسید می‌باشند. در سال ۲۰۱۲ حدود ۳۲۷۲۲ میلیون متریک تن کربن‌دی‌اکسید در جهان تولید شد که مقداری بسیار زیاد و باعث بروز مشکلات عدیده‌ای همچون گرمایش جهانی و تغییرات آب و هوایی در آینده می‌شود [۲]. شکل ۵، روند تولید کربن‌دی‌اکسید در جهان را نشان می‌دهد که با این روند مصرف انرژی تا سال ۲۰۳۰ مقدار حدودی ۴۰۳۸۰ میلیون متریک تن کربن‌دی‌اکسید در جهان آزاد می‌شود که بسیار خطرناک می‌باشد [۱۲].

به طور مثال مقدار کربن‌دی‌اکسید تولیدی در چین و هند به علت تولید و مصرف بالای انرژی با روندی بسیار سریع در حال رشد می‌باشد. آلاینده‌های دیگری مثل SO<sub>2</sub> و NO<sub>x</sub> نیز باعث مشکلاتی مثل باران اسیدی نیز می‌شوند.

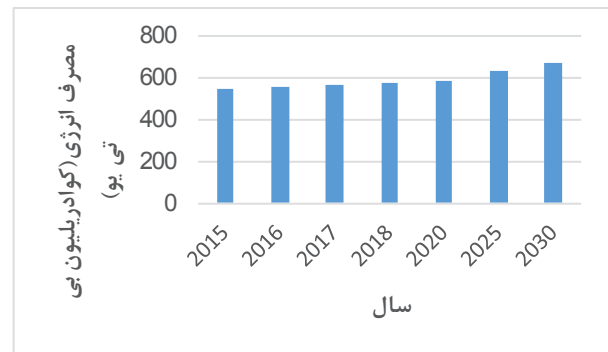
۲۰۵۰ به ۹/۷ میلیارد نفر و تا سال ۲۱۰۰ به ۱۱/۲ میلیارد نفر در جهان برسد [۱] که نشان می‌دهد جمعیت در هر نسل تا حدود ۲ میلیارد نفر و هر سال حدود ۸۳ میلیون نفر افزایش پیدا می‌کند [۱، ۲].



شکل ۱ روند رشد صعودی جمعیت جهان [۱۱]

### ۲-۲- وضعیت انرژی در جهان

شکل ۲، روند افزایش مصرف انرژی را نشان می‌دهد. درصد زیادی از انرژی جهان در حال حاضر از منابع انرژی فسیلی تامین می‌شود. مصرف انرژی در سراسر جهان تا سال ۲۰۱۱ حدود ۵۲۰ کوادر بلیون بی‌تی‌یو بوده است [۲]. پیش‌بینی می‌شود با روند فعلی، مصرف تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۶۷۰ کوادر بلیون بی‌تی‌یو برسد [۱۲]. در نتیجه تا سال ۲۳۰۰ به علت مصرف بالا، منابع انرژی به انتهای خود خواهند رسید [۲] و به همین علت دنیا به دنبال تولید انرژی بیشتر و جایگزینی منابع پایان پذیر با منابع دیگر می‌باشد.



شکل ۲ روند رشد مصرف انرژی در جهان [۱۲]

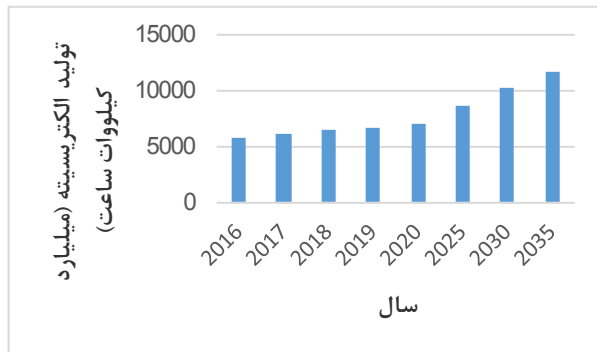
شکل ۳، روند تولید انرژی را نشان می‌دهد. که حدود ۷۷/۹ درصد از الکتریسیته جهان توسط سوخت‌های فسیلی شامل نفت، گاز، زغال سنگ و انرژی هسته‌ای تامین می‌شود [۲].

از میان آن‌ها حدود ۴۲ درصد از الکتریسیته در قسمت‌های مختلف جهان از زغال سنگ تامین می‌شود، اما این روند با مصرف فعلی زغال سنگ به ۳۷ درصد کاهش خواهد یافت [۷]. پیش‌بینی می‌شود با روند فعلی، تا سال ۲۰۳۰ تولید از منابع اولیه انرژی به حدود ۶۵۵ کوادر بلیون بی‌تی‌یو برسد که کمتر از مقدار نیاز جهان در آن سال می‌باشد و باعث ایجاد کمبود انرژی خواهد شد. شکل ۴، روند تولید الکتریسیته در جهان تا سال ۲۰۳۰ را از منابع مختلف نشان می‌دهد که با روند فعلی تا سال ۲۰۳۰ نیاز به تولید حدود ۲۸۵۰۰ میلیارد کیلووات‌ساعت الکتریسیته می‌باشد [۱۲].

به طور مثال کشور ایران یکی از بزرگترین ذخایر نفت و گاز را در جهان دارد [۶] که در سال ۲۰۱۳ حدود ۲۲۴ میلیارد کیلووات الکتریسیته که ۹۲ درصد آن از سوخت‌های فسیلی بود، تولید کرد [۳].

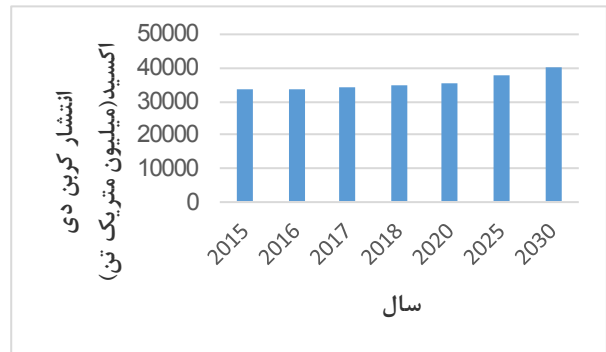


خورشیدی یکی از فراوانترین و پایدارترین منابع انرژی می‌باشد که استفاده از آن بصورت تبدیل آن به الکتریسیته و گرما از ۱۹۷۰ در پی بحران انرژی اوج گرفت. تبدیل آن به گرما با استفاده از کلکتورهای خورشیدی و تبدیل آن به الکتریسیته با استفاده از سلول‌های فتوولتاییک صورت می‌گیرد [۱۴].



شکل ۶ روند تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر در جهان [۱۲]

کشور ایران یکی از ده تولید کننده اول کربن‌دی‌اکسید در جهان و بزرگترین انتشاردهنده کربن‌دی‌اکسید در خاورمیانه می‌باشد. در دهه گذشته انتشار کربن‌دی‌اکسید در ایران تا ۱۰/۳ درصد با میانگین سالانه ۱/۴ درصد افزایش یافت که این رشد باعث تحقق نیافتن محدودیت‌های پیمان کیوتو شد و دلیل اصلی آن وابستگی ایران به تولید انرژی از نفت خام و گاز می‌باشد که منبع اصلی تولید توان در ایران هستند [۱].



شکل ۵ روند رشد تولید کربن‌دی‌اکسید در جهان [۱۲]

جدول ۱ درصد ظرفیت کلی الکتریسیته نصب شده تجدیدپذیرها بین ۲۰۱۲ تا

۲۰۱۵ [۱]

نوع انرژی	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴	۲۰۱۵
نیروگاه آبی (%)	۱۷/۸	۱۷/۶	۱۷/۵	۱۷
فتوولتاییک (%)	۱/۸	۲/۴	۲/۹	۳/۶
نیروگاه متمرکزکننده خورشیدی (%)	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱
بادی (%)	۵/۱	۵/۵	۶/۱	۶/۹
زمین گرمایی (%)	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
زیست توده (%)	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۷
تمام تجدیدپذیرها (%)	۲۶/۵	۲۷/۳	۲۸/۵	۲۹/۵
ظرفیت کلی (گیگاوات)	۱۴۷۰	۱۵۷۹	۱۷۱۲	۱۸۴۸

### ۳- وضعیت انرژی خورشیدی در جهان و پیش‌بینی آینده آن

همانطور که در بخش قبل ذکر شد، تقاضای جهانی انرژی، تغییرات آب و هوایی، محدود بودن منابع انرژی‌های فسیلی، افزایش قیمت‌ها و آلودگی‌های محیط زیستی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی مثل خطرات نیروگاه‌های انرژی هسته‌ای، باعث کشش به سمت منابع جایگزین یعنی انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. این منابع دارای دو ویژگی بسیار مهم پاک بودن و قابل برگشت پذیری می‌باشند [۱۰]. به طور مثال اتحادیه اروپا استراتژی را در سال ۲۰۱۵ تعیین نمود که طبق آن باید تا سال ۲۰۳۰:

۱- ۴۰ درصد کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با سطح آن در سال ۱۹۹۰ صورت گیرد.

۲- ۲۷ درصد ذخیره و صرفه جویی انرژی صورت گیرد.

۳- ۲۷ درصد از مصرف انرژی از منابع تجدیدپذیر صورت گیرد.

پس نقش اساسی انرژی‌های تجدیدپذیر در آینده بشر بیش از پیش مشخص می‌شود [۱۴]. براساس آمار آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر، تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر تا سال ۲۰۱۵ روندی صعودی داشته است [۱].

جدول ۱، نشان‌دهنده ظرفیت کلی نصب شده از انرژی‌های تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته تا سال ۲۰۱۵ می‌باشد که در اکثر بخش‌ها روندی صعودی را دارا می‌باشد. یکی دیگر از مهمترین مزیت‌های استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد شغل‌های جدید می‌باشد. در سال ۲۰۱۲ بر اساس گزارش‌های جهانی، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند موجب ایجاد ۵ میلیون شغل در کشورهای مختلف شود [۳].

شکل ۶، روند تولید الکتریسیته از منابع تجدید پذیر در جهان را نشان می‌دهد، که در سال ۲۰۱۳ حدود ۲۳ درصد از الکتریسیته جهان از منابع تجدید پذیر تامین می‌شد، که در این بین نقش انرژی بادی و خورشیدی پررنگ تر از بقیه منابع می‌باشد. پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۳۰ حدود ۱۰۲۰۰ و تا سال ۲۰۳۵ حدود ۱۱۸۰۰ میلیارد کیلووات ساعت الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر تولید شود، که نشان‌دهنده پیشرفت بسیار زیادی نسبت به گذشته می‌باشد [۱۰، ۱۲]. در میان تمامی انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی



پیش‌بینی‌ها حاکی از کاهش قیمت بیشتر آن‌ها در آینده به علت حرکت جهان به سمت استفاده از آن‌ها می‌باشد [۱].

#### ۴- نتایج

با بررسی‌های انجام شده و روش تحلیل اطلاعات پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰:

- ۱- جمعیت جهان به حدود ۸/۵ میلیارد نفر
- ۲- روند مصرف انرژی به حدود ۶۷۰ کوادریلیون بی‌تی‌یو
- ۳- روند تولید انرژی به حدود ۶۵۵ کوادریلیون بی‌تی‌یو
- ۴- میزان تولید الکتریسیته به ۲۸۵۰۰ میلیاردکیلووات ساعت
- ۵- میزان آزادسازی و تولید کربن‌دی‌اکسید در جهان به ۴۰۳۸۰ میلیون متریک تن
- ۶- میزان تولید الکتریسیته از منابع تجدیدپذیر به حدود ۱۰۲۰۰ میلیارد کیلووات ساعت و تولید الکتریسیته از منابع انرژی خورشیدی به حدود ۱۰۴۰ میلیارد کیلووات ساعت خواهد رسید.

#### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

با روند فعلی مصرف انرژی در جهان و افزایش جمعیت، استخراج از منابع پایان‌پذیر روزبه‌روز افزایش یافته و باعث کاهش این منابع در آینده می‌شود. با توجه به بحث‌های محیط زیستی پیرامون استفاده از این منابع و آلودگی آن‌ها، حرکت به سمت منابع تجدیدپذیر امری ضروری محسوب می‌شود که در حال حاضر نیز دنیا در حال حرکت به سمت آن می‌باشد. از بین تمامی منابع تجدیدپذیر استفاده از انرژی خورشیدی دارای مقبولیتی مناسب بین کشورهای مختلف می‌باشد که پیش‌بینی می‌شود روند تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی در سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۰۴۰ میلیاردکیلووات ساعت برسد که همین رشد استفاده از انرژی خورشیدی نسبت به گذشته، باعث استفاده بیشتر از آن در آینده و کاهش قیمت نصب و راه‌اندازی و کاهش مشکلات زیست محیطی می‌شود.

#### ۵- مراجع

- [۱] A. Shahsavari and M. Akbari, "Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 90, no. March, pp. 275–291, 2018.
- [۲] N. Kannan and D. Vakeesan, "Solar energy for future world: - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 62, pp. 1092–1105, 2016.
- [۳] M. Mirhabibi, M. B. Askari, B.R. Bahrapour, V. Mirzaei Mahmoud abadi, and M. Tikdari, "Comparing the generation of electricity from renewable and non-renewable energy sources in Iran and the world: now and future," *World Journal of Engineering*, vol. 12, no. 6, pp. 627–638, 2015.
- [۴] C. Dong, X. Dong, Q. Jiang, K. Dong, and G. Liu, "What is the probability of achieving the carbon dioxide emission targets of the Paris Agreement? Evidence from the top ten emitters," *Sci. Total Environ.*, vol. 622–623, no. December 2015, pp. 1294–1303, 2018.
- [۵] G. P. Peters *et al.*, "Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement," no. January, 2017.
- [۶] N. Mousavi, M. Mohebbi, and M. Teimouri, "Identifying The Most Applicable Renewable Energy Systems Of Iran," vol. 6, no. 03, 2017.
- [۷] B. Kumar, "A study on global solar PV energy developments and policies with special focus on the top ten solar PV power producing countries," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 43, pp. 621–634, 2015.

انرژی خورشیدی یکی از بهترین گزینه‌ها برای آینده جهان می‌باشد زیرا:

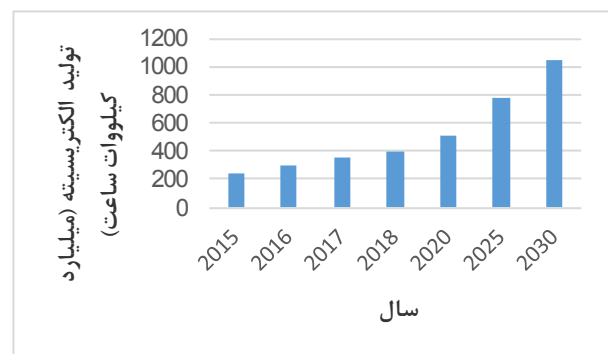
۱- بصورت رایگان است.

۲- باعث کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای بخصوص کربن‌دی‌اکسید می‌شود.

۳- می‌توان از آن برای کاربردهای مختلفی چون تولید برق، گرمایش و سرمایش خانه، تولید گرما برای صنعت، گرمایش آب، پخت‌وپز و خشک کردن استفاده نمود [۲].

پیش‌بینی شده است که استفاده از سیستم سلول‌های فتوولتائیک می‌تواند باعث کاهش انتشار ۱۰۰-۶۹ میلیون تنی کربن‌دی‌اکسید، ۱۸۴۰۰۰-۱۲۶۰۰۰ تنی سولفوردی‌اکسید و ۹۹۰۰۰-۶۸۰۰۰ تنی نیتروژن اکسید تا سال ۲۰۳۰ شود. همچنین استفاده از نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی نیز کمک بسیار زیادی به جلوگیری از انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌کنند. که هر متر مربع از سطح متمرکزکننده‌ها سالیانه از انتشار حدود ۳۰۰-۲۰۰ کیلوگرم از کربن‌دی‌اکسید جلوگیری می‌کنند [۱].

کشورهای آمریکا، ژاپن، آلمان، ایتالیا و چین بیشترین ظرفیت تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی را دارند و دارای روندی روبه‌رشد می‌باشند [۳]. شکل ۷، مقدار تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی را در جهان نشان می‌دهد که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ مقدار حدودی ۱۰۴۰ میلیارد کیلووات ساعت از الکتریسیته جهان از انرژی خورشیدی تامین شود که مقداری بسیار زیاد نسبت به گذشته می‌باشد [۱۲].



شکل ۷ تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی [۱۲]

به طور مثال کشور ایران که روی کمربند خورشیدی قرار دارد تنها حدود ۰/۱ درصد از ظرفیت کلی کشور به سلول‌های فتوولتائیک اختصاص دارد که مقدار بسیار کمی است و در سال ۲۰۱۲ تنها حدود ۸۰ مگاوات ساعت الکتریسیته از سلول‌های فتوولتائیک تولید شد که پیش‌بینی می‌شود با روند فعلی تا سال ۲۰۳۰ ظرفیت نصب شده برای تولید الکتریسیته از انرژی خورشیدی به حدود ۱۳۹/۲۹۸ مگاوات برسد [۱۵].

کل ظرفیت نصب شده از سلول‌های فتوولتائیک تا پایان سال ۲۰۱۰ در جهان برای تولید الکتریسیته ۴۰ گیگاوات بود که رشد قابل توجهی را نسبت به سال‌های قبل تجربه کرد اما پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۳۰ به ۱۸۴۵ گیگاوات برسد و همچنین ظرفیت نیروگاه‌های متمرکزکننده خورشیدی به حدود ۱۳۷ گیگاوات خواهد رسید [۹].

با پیشرفت تکنولوژی و افزایش استفاده از سلول‌های فتوولتائیک، قیمت آن‌ها به شدت کاهش یافته و از ۰/۲۸۵ دلار به ازای هر کیلووات ساعت در سال ۲۰۱۰ به ۰/۱۲۶ دلار به ازای هر کیلووات ساعت در ۲۰۱۵ رسید که



- [۸] B. Ghobadian, G. Najafi, H. Rahimi, and T. F. Yusaf, "Future of renewable energies in Iran," vol. 13, pp. 689–695, 2009.
- [۹] G. R. Timilsina, L. Kurdgelashvili, and P. A. Narbel, "Solar energy: Markets, economics and policies," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 449–465, 2012.
- [۱۰] H. Bahrapour, M.B. Askari, M. R. Bahrapour, and M. Bahrapour, "Review of sustainable energy sources in Kerman," *World J. Eng.*, vol. 13, no. 2, pp. 109–119, 2016.
- [۱۱] "Current world population. Available from:2018. (<http://www.worldometers.info/world-population/#pastfuture/>)." .
- [۱۲] "International Energy Agency, International Energy Statistics.2018; Available from: (<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm>)." .
- [۱۳] M. Z. Jacobson *et al.*, "100 % Clean and Renewable Wind , Water , and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World 100 % Clean and Renewable Wind , Water , and Sunlight All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World," *Joule*, pp. 1–14, 2017.
- [۱۴] J. Settino *et al.*, "Overview of solar technologies for electricity, heating and cooling production." *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 90, no. July 2017, pp. 892–909, 2018.
- [۱۵] G. Najafi, B. Ghobadian, R. Mamat, T. Yusaf, and W. H. Azmi, "Solar energy in Iran: Current state and outlook," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 931–942, 2015.

