

## انرژی خورشید جایگزینی برای انرژی‌های فسیلی

امیر نقوی آزاد \*

### چکیده

نیاز روزافزون به انرژی از چالش‌های کنونی پیش روی بشر است. اندک بودن منابع سوخت‌های فسیلی، اهمیت انرژی‌های نو و تجدیدپذیر را مشخص می‌کند. انرژی‌های تجدیدپذیر به وسیله فرایندهای طبیعی امکان بازگشت به طبیعت را دارند. از این رو، می‌توانند در بلندمدت بهره‌برداری شوند و جایگزین سالمی برای سوخت‌های فسیلی باشند. خورشید بزرگ‌ترین منبع انرژی در دسترس است. با اینکه فاصله زیاد زمین از خورشید، میزان انرژی خورشیدی جذب شده به وسیله زمین در یک ساعت برای تامین نیاز سالانه جهان کافی است. البته، پخش انرژی خورشید بر سطح زمین یکنواخت نیست. میانگین میزان تابش در هر نقطه از زمین را «خورتاب» می‌نامند. توزیع در سطح گسترده و تغییرهای دوره‌ای مانند دلایل کم بودن سهم انرژی خورشید در تامین نیاز کنونی انرژی جهان است. با این وجود، ایمن و رایگان بودن آن باعث شده است که به عنوان جایگزین اصلی سوخت‌های فسیلی در نظر گرفته شود. روند سال‌های اخیر و پیش‌بینی‌ها این نکته را تایید می‌کنند. فناوری‌های نوین، کاربردهای گوناگون و با صرفه‌تر از انرژی خورشید را شتاب داده‌اند. سلول‌های خورشیدی که قسمت عمده نیاز آتی برق مصرفی جهان را تامین خواهند کرد، نمونه خوبی برای فراگیر شدن بکارگیری انرژی خورشید است.

واژگان کلیدی: انرژی، سوخت‌های فسیلی، انرژی‌های تجدیدپذیر، خورشید، انرژی خورشید، سلول خورشیدی.

## ۱. انرژی‌های تجدیدپذیر<sup>۱</sup>

در دنیای کنونی گفتمان انرژی، تامین و مصرف آن از برجسته‌ترین موضوع‌های پیش روی بشر است. با توجه به محدودیت منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر موجود بر روی زمین و بکارگیری بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی که آلودگی‌های زیست‌محیطی بسیاری به دنبال داشته است، اهمیت منابع انرژی جایگزین که سالم‌تر و مطمئن‌تر باشند به خوبی مشخص است. هر چند تعاریف متفاوتی از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد، اما به بیان کلی به آن دسته از منابع انرژی گفته می‌شوند که پس از یک دوره زمانی معین امکان بازگشت به طبیعت را داشته باشند. دوره زمانی می‌تواند چند روز تا چند ده یا چند صد سال باشد.

سوخت‌های فسیلی که برای تولید دوباره به میلیون‌ها سال زمان نیاز دارند در این دسته قرار نمی‌گیرند. در برابر انرژی‌هایی چون خورشید، زیست‌توده‌ها<sup>۲</sup>، باد، آب، موج، جزر و مد، سوخت‌های زیستی<sup>۳</sup> و ... که به وسیله فرآیندهای طبیعی طی مدت زمان به نسبت کوتاهی بازتولید می‌شوند، از جمله انرژی‌های تجدیدپذیراند. در این میان قصد داریم انرژی خورشید را کمی گسترده‌تر بررسی کنیم.

## ۲. خورشید

خورشید منبع بزرگ انرژی و کم و بیش، سرآغاز دیگر انرژی‌هاست. برای نمونه؛ با تابش خورشید به زمین و گرم شدن آن، لایه‌های هوا بین نقاط سرد و گرم به حرکت در می‌آیند که این جریان‌ها باعث تولید باد می‌شوند و این رویداد سالیان سال است که روزانه در همه نقاط زمین روی می‌دهد. ریشه سوخت‌های فسیلی، زیست‌توده‌ها و موج را نیز می‌توان در خورشید یافت. ولی، برای نمونه؛ انرژی هسته‌ای که اجزای سازنده هسته عناصر سنگین و پرتوزا چون اورانیوم را کنار هم نگه می‌دارد، منشائی غیر از خورشید دارد.

خورشید، ستاره مادر منظومه شمسی کم و بیش ۵ میلیارد سال پیش شکل گرفته و اکنون دوران میانسالی خود را می‌گذراند. جرمی در حدود  $2 \times 10^{30}$  کیلوگرم دارد. کم و بیش ۷۰ درصد جرم آن را هیدروژن تشکیل می‌دهد. تخمین زده می‌شود که دما در مرکز خورشید مقدار باور نکردنی ۱۰ تا ۱۵ میلیون درجه کلوین [۱] باشد. با توجه به این دمای زیاد و چگالی بالا، از ترکیب چهار اتم هیدروژن، یک اتم هلیوم تشکیل می‌شود. در این فرآیند که در اینجا به جزئیات آن پرداخته نمی‌شود، مقداری انرژی آزاد می‌شود. در هر ثانیه کم و بیش ۲ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. این توان بزرگ برابر  $3.826 \times 10^{26}$  وات است. با توجه به جرم بی اندازه زیاد خورشید، حتی با این آهنگ مصرف نیز می‌تواند کم و بیش تا

۵ میلیارد سال دیگر به نورافشانی خود ادامه دهد. به دلیل دوری زیاد زمین از خورشید (۱۵۰ میلیون کیلومتر [۱])، تنها سهم ناچیزی از این انرژی به ما می‌رسد.

به مقدار انرژی خورشید که در هر ثانیه به صفحه‌ای به مساحت یک متر مربع که بر فراز جو زمین و عمود بر پرتوهای خورشید قرار گرفته می‌رسد، ثابت خورشیدی<sup>۴</sup> می‌گویند و مقدار آن  $1365$  وات بر متر مربع [۲] است. با توجه به شعاع زمین (کم و بیش  $6400$  کیلومتر)، این شار فرودی به وسیله سطح گسترده‌ای جذب می‌شود. روی‌هم‌رفته، توانی که به بالای جو می‌رسد کم و بیش  $175$  پتاوات ( $175 \times 10^{15}$  وات) تخمین زده می‌شود. نزدیک به ۳۰ درصد آن به فضا بازتابانده می‌شود. باقی آن که به وسیله جو زمین، اقیانوس‌ها و قاره‌ها جذب می‌شود، به طور میانگین در سال مقداری نزدیک به  $3850000 \times 10^{18}$  ژول (انرژی خواهد شد. انرژی‌ای که تنها در مدت یک ساعت به سطح زمین می‌رسد، بیش از نیاز سالانه کل زمین است.

## ۳. خورتاب

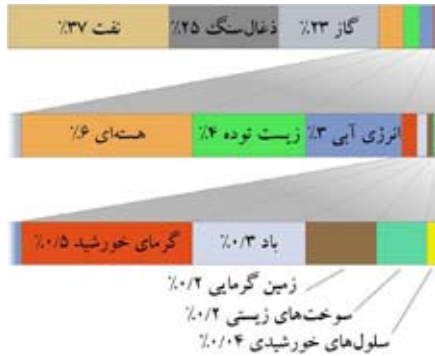
ولی، روی سطح زمین اوضاع کمی متفاوت است. خورشید بر همه جا عمود نمی‌تابد بلکه تابش در مناطق استوایی عمودی‌تر و در مناطق قطبی بسیار مایل است. از طرفی محور دوران زمین به دور خود با صفحه چرخشش به دور خورشید زاویه‌ای در حدود  $23.5$  درجه [۱] می‌سازد (علت بوجود آمدن فصل‌ها نیز همین انحراف محور زمین است). بنابراین، در طول سال زاویه تابش خورشید در یک نقطه ویژه روی زمین تغییر می‌کند. برای نمونه؛ در نیمکره شمالی اول تیر ماه (۲۱ ژوئن) خورشید بلندترین کمان را در آسمان می‌پیماید در حالی که، در اول دی ماه (۲۲ دسامبر) این کمان کوتاهترین است (شکل ۱). از سوی دیگر، در طول شبانه‌روز هم میزان انرژی دریافتی از خورشید متغیر است. پوشش ابر، میزان غبار و آلاینده‌ها و ... را نیز باید به نکات بالا افزود. با در نظر گرفتن همه این عوامل، می‌توان میانگین میزان تابش در هر نقطه از زمین را اندازه گرفت. چنین نموداری را خورتاب<sup>۵</sup> خواهیم نامید [۳].

شکل ۲ نمودار خورتاب بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳ را نشان می‌دهد که در ۲۴ ساعت شبانه‌روز و با احتساب داده‌های ماهواره‌های هواشناسی بدست آمده است. همان‌طور که از شکل پیداست، مناطق نزدیک به استوا (برای نمونه؛ صحرای آتاکاما در شیلی با  $275$  وات بر مترمربع) بیشترین میزان خورتاب، و مناطق نزدیک به قطب‌ها کمترین میزان آن را دارند. در کشور ما نیز منطقه گندم بریان در کویر لوت از جمله مناطقی است که خورتاب بالایی دارد [۴].

1. Renewable Energies  
2. Biomasses  
3. Biofuels

4. Solar Constant  
5. Insolation

شکل ۳ مقایسه‌ای بین منابع متفاوت مصرف جهانی انرژی را در سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد. مطابق شکل قسمت عمده نیاز جهان از سوخت‌های فسیلی (حدود ۸۵ درصد) بدست می‌آید و ۱۵ درصد آن از انرژی‌های تجدیدپذیر. در این میان، سهم انرژی گرمایی خورشید تنها ۰/۵ درصد است. نزدیک به ۰/۰۴ درصد انرژی مصرفی را هم سلول‌های خورشیدی با تبدیل مستقیم انرژی خورشید به انرژی الکتریکی تامین می‌کنند.

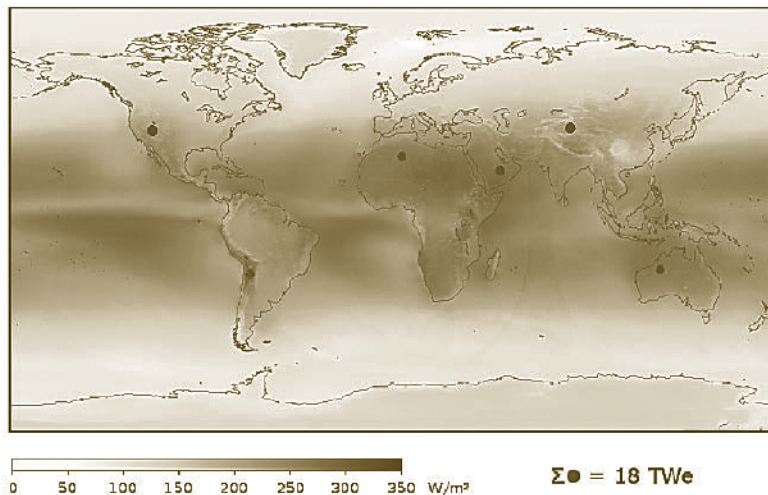


شکل ۳. منابع گوناگون مصرف انرژی جهان در سال ۲۰۰۵  
([http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area))



شکل ۱. موقعیت‌های گوناگون خورشید در شهری در شمال غرب ترکیه در سه روز متفاوت از سال. کمان بالایی مربوط به انقلاب تابستانی، پایینی مربوط به انقلاب زمستانی است و کمان میانی معتدل را نشان می‌دهد.  
(Tunc Tezel: [www.twanight.org](http://www.twanight.org))

نکته چشمگیر دیگر در شکل این است که اگر کل سطح مناطقی که با نقاط سیاه مشخص شده‌اند با باتری‌های خورشیدی با بازده ۸ درصد پوشانده شود، توان الکتریکی تولیدی برابر ۱۸ تراوات (۱۸×۱۰<sup>۱۲</sup> وات) می‌شود که برای تامین نیاز کنونی جهان کافی است.



شکل ۲. نمودار میانگین تابش موضعی خورشید  
([http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area))

با این وجود، بکارگیری انرژی خورشید رو به افزایش است. کشورهای گوناگون در سرتاسر جهان با توجه به توانایی‌های موجود به این سمت روی آورده‌اند. پژوهش‌هایی برای جایگزین کردن این انرژی سالم به جای سوخت‌های فسیلی در دست انجام است و اقدام‌هایی نیز صورت گرفته است. سیاست‌های تشویقی برای وادار کردن عموم به بکارگیری انرژی خورشید در مصارف خانگی، صنعتی و تجاری هم‌اکنون در برخی از کشورها (برای نمونه؛ در ترکیه) اجرا می‌شود.

#### ۴. سهم انرژی خورشید در نیاز جهانی انرژی

باینکه این توانایی زیاد است، دشواری‌هایی در بکارگیری انرژی خورشید وجود دارد. مهمترین دشواری، گسترده بودن آن است. این انرژی بسیار رقیق است و جمع‌آوری آن به سازه‌های گسترده‌ای نیاز دارد. از این رو، انرژی خورشید در تامین انرژی جهان نسبت به دیگر منابع سهم اندکی دارد.

## ۵. کاربردهای انرژی خورشید

بدون وجود خورشید زندگی بر روی زمین به شکل کنونی امکان بروز نمی‌یافت. تمام گونه‌های گیاهی، جانوری و نوع بشر برای ادامه زندگی به خورشید وابسته‌اند. میلیون‌ها سال است که با برآمدن خورشید موجودات زنده تکاپوی روزانه خود را آغاز می‌کنند و با غروب آن بیشتر این تکاپوها پایان می‌یابد. پرتو و گرمای آن برای فرایندهای زیستی موجودات زنده کاملاً ضروریست. بشر نیز از تابش خورشید همواره بهره برده است. هر کدام از ما می‌توانیم نمونه‌های زیادی از بکارگیری سنتی نور و گرمای خورشید در زندگی روزمره‌مان بباییم. این موارد همان‌طور که پیشتر هم بیان شد، نقش اندکی در مصرف کنونی انرژی در جهان دارند. ولی، امروزه روش‌های دیگری برای بهره‌وری از انرژی خورشید وجود دارد. میزان کارایی، بازده و در دسترس بودن آن‌ها هم روز به روز در حال افزایش است. در زیر برخی از آن‌ها را بررسی می‌کنیم.

### ۵.۱. پخت و پز

از ساده‌ترین راه‌های بکارگیری تابش خورشید این است که آن را در نقطه‌ای کانونی کنیم و گرمای فراوری شده را بکارگیری نماییم. این گرما می‌تواند به طور مستقیم برای پخت و پز بکار رود یا اینکه صرف جوشاندن آب شود. آب جوش بدست آمده در آشپزخانه قابل استفاده است. اجاق‌های خورشیدی، بشقاب‌های بزرگ سهموی هستند که نور خورشید را به سمت محفظه پخت بازتاب می‌کنند. دما در این محفظه حتی تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد هم می‌رسد. این اجاق‌ها را طوری طراحی می‌کنند که همواره خورشید را دنبال کند. در مدل‌های نوین این اجاق‌ها، هندسه بشقاب متناسب با دگرگونی‌های فصلی زاویه تابش خورشید قابل تغییر است. همچنین، کانون ثابت در آن‌ها کار پخت و پز را ساده‌تر می‌کند. نمونه‌ای از این اجاق‌ها که در آن از بخار آب جوش برای پختن غذا بکار گرفته می‌شود در شکل ۵ دیده می‌شود. این روش در خشک کردن خوراکی‌هایی که نیاز به خشک شدن دارند نیز می‌تواند مفید باشد. برای نمونه؛ در محفظه‌های عایق‌بندی شده‌ای که نور خورشید در آن‌ها کانونی می‌شود، می‌توان خوراکی‌هایی مانند سبزی‌ها را خشک کرد. گرمای بالای بوجود آمده در این محفظه‌ها حتی در پاستوریزه و ضدعفونی کردن مواد غذایی کاربرد دارد.

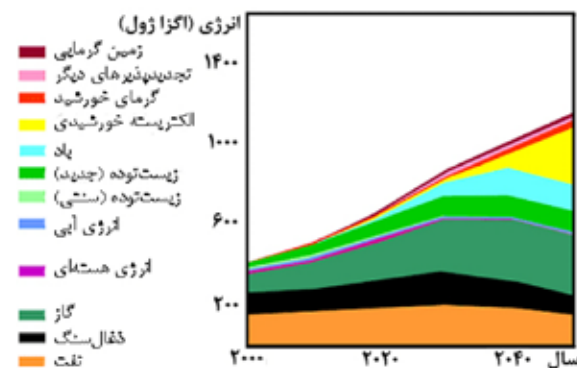


شکل ۵. اجاق خورشیدی

([http://en.wikipedia.org/wiki/File:Auroville\\_Solar\\_Bowl.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Auroville_Solar_Bowl.JPG))

برنامه‌ریزی‌هایی نیز برای آینده در نظر گرفته شده‌اند. شکل ۴ میزان کل انرژی مصرفی جهان را از سال ۲۰۰۰ تاکنون و پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰ را نشان می‌دهد. سهم هر یک از انواع گوناگون انرژی نیز در آن مشخص شده است. آنچنان که از نمودار برمی‌آید، نیاز بشر به منابع انرژی روز به روز افزایش می‌یابد. با توجه به محدود بودن منابع سوخت‌های فسیلی، گرایش به بکارگیری انرژی‌های نو و تجدیدپذیر، پیشگیری ناپذیر به نظر می‌رسد.

با این وجود هر چند روند مصرف نفت و ذغال‌سنگ به طور کلی کاهش خواهد یافت، ولی گاز طبیعی که سابقه کمتری در مصرف دارد، همچنان به عنوان یک منبع مهم انرژی مورد بهره‌برداری قرار خواهد گرفت. به گمان بسیاری، سهم انرژی هسته‌ای و برق‌آبی کمتر خواهد شد. از سوی دیگر، افزایش چشمگیری در میزان بکارگیری انرژی‌های نوشونده پیش‌بینی می‌شود. در این میان، روش‌های نوین در بهره‌برداری از انرژی موجود در زیست‌توده‌ها نقش مهمی خواهند داشت. انرژی باد نیز مورد توجه است و به طور گسترده‌ای بکار گرفته خواهد شد. ولی، همان‌طور که از شکل پیداست، بیشترین افزایش در بکارگیری انرژی خورشید، انتظار می‌رود. خورشید منبع ریشه‌ای تامین انرژی بشر در دهه‌های آتی خواهد بود. قسمت عمده برق مصرفی در آینده با کمک انرژی خورشید تولید خواهد شد. فناوری‌های نوین که به سرعت در حال پیشرفت و تکمیل‌اند، گرما و نور خورشید را برای مصارف زیاد و گوناگون بکار خواهند برد. روند افزایش بکارگیری انرژی خورشید دست کم تا آخر این سده ادامه خواهد یافت.



شکل ۴. سهم منابع مختلف انرژی و پیش‌بینی‌ها تا سال ۲۰۵۰

<http://www.greensunrising.com/Graphs/BSWolarConsumption.htm>

در بخش‌های آتی علل کم بودن سهم کنونی بکارگیری انرژی خورشید و نیز دلایل گرایش به بکارگیری بیشتر آن را بیان خواهیم کرد. ولی، اکنون برآنیم که به چند مورد از کاربردهای آن پردازیم و پیشرفت‌هایی که در این زمینه صورت گرفته است و راهکارهای فراگیر شدن آن را بررسی کنیم.

## ۵.۲. تصفیه آب

دسترسی به آب سالم و پاکیزه از نیازهای نخستین همه جوامع است. اگر بتوان انرژی خورشید را برای تصفیه آب بکار گرفت، بسیاری از دشواری‌ها در این باره رفع خواهند شد و هزینه‌ها به مقدار چشمگیری کاهش می‌یابند. امروزه، افزون بر سازویرگ‌های صنعتی پالایش آب که می‌توانند نیاز یک منطقه را تامین کنند، دستگاه‌هایی نیز برای مصارف خانگی طراحی شده‌اند. این آب‌شیرین‌کن‌ها ابعاد کوچکی دارند، ترابری آنها آسان است و براحتی در هر جایی کاربرد دارند. همچنین، افزون بر صرفه اقتصادی، مصرف روزانه یک خانواده را برآورده می‌کنند. شکل ۶ نمونه‌ای از آنها را نشان می‌دهد. در کشورهایی که دشواری در دسترسی به آب شیرین دارند، از این دستگاه‌ها استقبال زیادی شده است. کشور ما نیز با توجه به آب و هوای به نسبت خشک و مناطق کویری گسترده که هم خورتاب مناسب و هم آب شور دارد، از توانایی بالایی در این زمینه برخوردار است. در این میان، برای نمونه می‌توان به شمال منطقه خوزستان و کناره‌های دریاچه بختگان و دریاچه مهارلو در استان فارس اشاره کرد.



شکل ۶. آب شیرین کن خورشیدی

([http://climatelab.org/Solar\\_Water\\_Treatment](http://climatelab.org/Solar_Water_Treatment))

## ۵.۳. سامانه‌های گرمایشی

امروزه، حجم زیادی از آب گرم مصرفی خانه‌های برخی از کشورها به وسیله آبگرمکن‌های خورشیدی تامین می‌شود. صفحه‌های خورشیدی نیز به عنوان سامانه‌های گرمایشی-سرمایشی خانه‌ها بکار گرفته شده‌اند. این صفحه‌ها که رنگ تیره دارند، گرمای خورشید را جذب می‌کنند. درون آنها شبکه‌ای از لوله‌های نازک قرار دارد که سیالی حاوی ضدجوش در آن جریان دارد. گرمای جذب شده، به وسیله این سیال به انبار آب انتقال داده می‌شود. به این ترتیب، دمای آب را می‌توان تا بیش از ۶۰ درجه سانتیگراد بالا برد. این آب گرم برای شست‌وشو و حمام کردن مناسب است. همچنین، با اتصال آن به سامانه شوفاژ خانه، برای گرم کردن اتاق‌ها می‌تواند بکار رود. از آنجایی که این انبارها عایق‌بندی شده‌اند، در تمام طول شبانه‌روز و حتی در روزهای

ابری هم گرمای آب را نگهداری می‌کنند.

## ۵.۴. نیروگاه‌ها

انرژی خورشید را می‌توان در اندازه کلان در نیروگاه‌ها بکار گرفت. به این منظور، آرایه‌ای از آینه‌ها را در منطقه گسترده ای بنا می‌کنند. جهت‌گیری این آینه‌ها را طوری تنظیم می‌کنند که نور خورشید به بالای یک برج مرکزی بازتاب شود. انرژی کانونی شده در این ناحیه می‌تواند آب را تبخیر کند. این بخار آب باعث چرخاندن توربین‌ها و سرانجام برق فراوری می‌شود. بزرگترین نیروگاه از این نوع در صحرای موجاوا<sup>۱</sup> در ایالت کالیفرنیا آمریکا قرار گرفته است و توانی نزدیک به ۳۵۴ مگاوات دارد. تصویری از این نیروگاه را در شکل ۷ دیده می‌شود. آرایش دیگر این مجموعه می‌تواند به صورت ردیف‌های خطی از بازتاب‌کننده‌های سهموی باشد که لوله‌های آب از کانونشان می‌گذرد و داغ می‌شود.



شکل ۷. نیروگاه خورشیدی فراوری برق

([http://en.wikipedia.org/wiki/File:PS10\\_solar\\_power\\_tower.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:PS10_solar_power_tower.jpg))

در کوره‌های خورشیدی، آینه مقعر یا سهموی بسیار بزرگی، نور خورشید را جمع‌آوری می‌کنند. بزرگترین این کوره‌ها در فرانسه ساخته شده است و دما در مرکز آن حتی به ۳۵۰۰ درجه سانتیگراد نیز می‌رسد. این دمای بالا در صنعت، برای ذوب فلزات کاربرد دارد. در موارد آزمایشگاهی می‌توان موادی که برای نمونه در نیروگاه‌های هسته‌ای بکار گرفته می‌شوند و باید دماهای بالا را تحمل کنند، را در این کوره‌ها آزمایش کرد. کاربرد دیگر آن در تجزیه مواد است. برای نمونه، پیوندهای مولکول‌های متان را می‌شکنند و هیدروژن بدست آمده در پیل‌های سوختی را بکار می‌گیرند. تهیه نانومواد، مانند نانوذرات روی یا نانولوله‌های کربنی نیز در این کوره‌ها انجام پذیر است.

## ۵.۵. فراوری برق

بیشترین تمرکز روی انرژی خورشید در آینده، تبدیل مستقیم آن به

1. Mojave Desert



سلول‌های خورشیدی قسمت عمده برق مصرفی جهان را در دهه‌های آتی فراوری خواهند کرد. چشم‌اندازی که برای آینده تصور می‌شود، خانه‌هایی است که نیاز برق ساکنین‌شان به وسیله سلول‌هایی تامین می‌شود که در کنارشان گذاشته شده است.

### ۶. جمع‌بندی

انرژی خورشید به میزان زیاد موجود است، ولی پخش گسترده و رقیق آن دشواری‌هایی در بکارگیری آن در پی دارد. مقدار آن نیز به تناوب تغییر می‌کند. برای زمان‌هایی که تابش آن افت می‌کند، چاره‌ای باید اندیشید. فناوری‌های مربوط به انرژی خورشید اکنون گران‌قیمت هستند. هزینه نخستین راه‌اندازی دستگاه‌های بکارگیری آن تا اندازه‌های بالاست. زیرساخت‌های لازم برای راه‌اندازی و گسترش طرح‌های صنعتی و تجاری در این زمینه، سیاست‌گذاری‌های کلان و همه‌جانبه می‌خواهد. با این وجود، انرژی خورشید سالم و ایمن است. در همه جا در دسترس و به آسانی بکارگرفته می‌شود. دستگاه‌های آن استهلاک کم، و دوام زیاد دارند. امکان ایجاد شبکه‌های کوچک و محلی از آن‌ها وجود دارد. انرژی خورشید پایدار و دائمی است. سرانجام، همه این عوامل باعث می‌شوند که انرژی خورشید بهترین منبع انرژی برای آیندگان باشد.

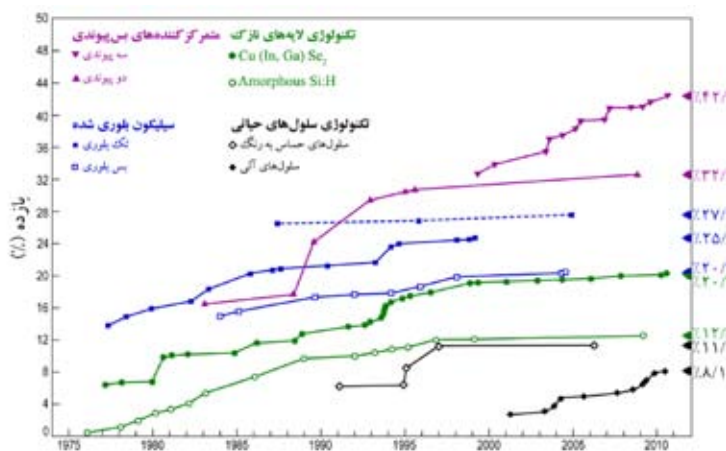
### ۷. قدردانی

در پایان لازم می‌دانم از استاد گرانقدر، پروفسور یوسف ثبوتی بابت حمایت‌ها و راهنمایی‌های ارزشمندشان قدردانی نمایم.

انرژی الکتریکی است. فناوری سلول‌های خورشیدی در این مسیر راهگشا خواهد بود. این سلول‌ها امروزه در اسباب‌بازی‌ها، چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها، ماهواره‌هایی که به دور زمین در حال چرخش‌اند و ... کاربرد دارند. ریشه کار آن‌ها بر پایه اثر فوتوالکتریک است. جزئیات بیشتر در این زمینه را باید در متون تخصصی فیزیک حالت جامد یافت. ولی، این سلول‌ها را می‌توان از لحاظ فناوری‌هایی که در ساخت آن‌ها بکار رفته به چند دسته کلی تقسیم کرد:

متمرکزکننده‌های بی‌پیوندی<sup>۱</sup>، فناوری لایه‌های نازک<sup>۲</sup>، سلول‌های سیلیسیم بلورین<sup>۳</sup> و ... فناوری‌های بکار رفته در هر یک از این دسته‌ها نیز تفاوت‌هایی با هم دارند. آنچه که در مورد سلول‌های خورشیدی مهم است، بازده آن‌هاست. نخستین نسل سلول‌های خورشیدی که در دهه هفتاد میلادی ساخته شدند، بازدهی حدود ۱۰ درصد داشتند [۵].

با پیشرفت دانش علمی و فنی، این میزان در حال افزایش است. امروزه، در نمونه‌های آزمایشگاهی نوین، بازده این سلول‌ها به بیش از ۴۰ درصد نیز رسیده است. شکل ۸ وضعیت برترین پژوهش‌های انجام گرفته برای بهبود بازده سلول‌های خورشیدی را نشان می‌دهد. هرچند تا فناوری آنبوه آن‌ها در اندازه‌های بزرگ و صنعتی فاصله داریم ولی، آینده بسیار امیدوارکننده است. روند کنونی که صرفه اقتصادی نیز به همراه داشته است، گرایش به کاربرد سلول‌های خورشیدی را افزایش داده است. ساخت وسایل ترابری خورشیدی شاهدهی بر این مدعاست. طراحی نیروگاه‌های خورشیدی فراوری برق در دست بررسی است و نمونه‌هایی از آن‌ها هم اکنون در حال بهره‌برداری‌اند.



شکل ۸. فناوری‌های ساخت و میزان بازده سلول‌های خورشیدی

(<http://www.observatorynano.eu/project/filesystem/images/2en.p04.jpg>)

1. Multijunction Concentrators
2. Thin-films Technology
3. Crystalline Silicon Cells

- [۱]. دگانی، م. (۱۳۸۶) "نجوم به زبان ساده، ترجمه خواجه‌پور، م. ر.". انتشارات گیتاشناسی.
- [2]. Willson, R. C., Mordvinov, A. V. (2003). "Secular Total Solar Irradiance Trend during Solar Cycles 21–23.", Geophys. Res. Lett., Vol. 30, No. 5, PP. 1984-1987.
- [3]. Bishop, J. K. B., Rossow, W. B. (1991). "Spatial and Temporal Variability of Global Surface Solar Irradiance", J. Geophys. Res. Vol. 96, PP. 839-858.
- [۴] علوی‌پناه س. ک.، شمسی‌پور ع. ک.، جعفری‌گلو م. (۱۳۸۴). "الگوی رفتاری دمای سطوح مختلف در بیابان لوت"، بیابان، جلد ۱۰، شماره ۱، صص ۱۲۵-۱۴۲.
- [۵] ثبوتی، ی. (۱۳۹۰). "زمین گرم ارمغان سده بیست‌ویکم"، انتشارات گیتاشناسی.
- <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html>.
- International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP). <http://isccp.giss.nasa.gov>.
- National Geophysical Data Center (NGDC), NOAA Satellite and Information Service, Coastline Extractor. <http://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/>.
- [http://www.ez2c.de/ml/solar\\_land\\_area](http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area).
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. <http://www.ren21.net/>.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_cooker](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cooker).
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_power](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power).
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_furnace](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_furnace).
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic\\_cell](http://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaic_cell).
- <http://www.nrel.gov> National Renewable Energy Laboratory.