

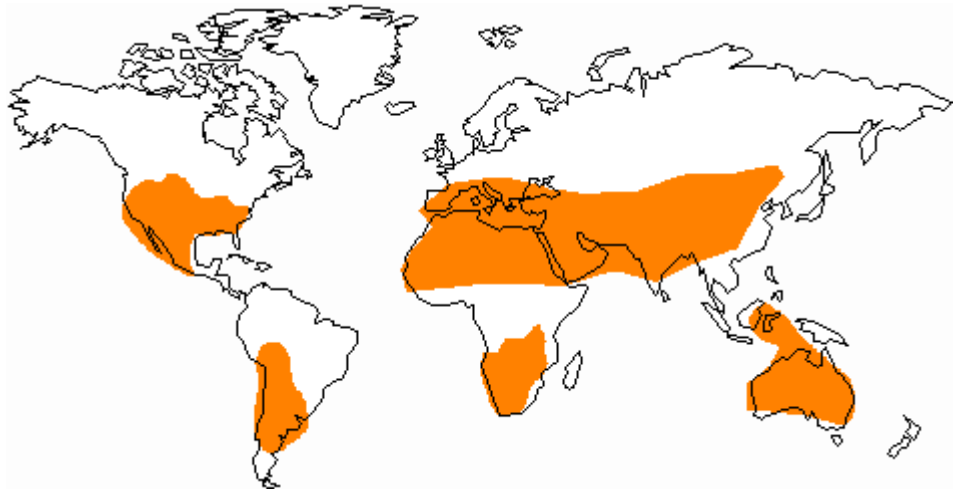
## انرژی خورشیدی و تامین برق مناطق محروم

### کوروش زعیم

من بارها درباره زیانبار بودن انرژی هسته ای نوشته ام، که نخستین آن در ۱۳۵۸ منتشر شد. همه کشورهای پیشرفته که دارای توانمندی تولید برق از نیروگاههای هسته ای هستند، و برخی از خطرات آن آسیب دیده اند، مانند آمریکا، اوکراین و ژاپن، اکنون در اندیشه کنار نهادن آن به سود منابع انرژی پاک مانند خورشید و باد و موج دریا هستند. از زمانی که من جایگزینی انرژی فسیلی و هسته ای را به این منابع طبیعی توصیه کردم، ما هزاران میلیارد تومان برای انرژی هسته ای بی نتیجه هزینه کرده ایم یا دزدیده ایم، در صورتیکه اگر با روی آوردن به انرژی پاک در آن پیشگام می شدیم، اکنون نه تنها کشورمان در روشنایی می درخشید که بزرگترین صادرکننده نیروی برق هم می شدیم. اکنون من پیشنهاد گذشته خود را همراه با ارزیابی برتری انرژی خورشیدی به عنوان یک راهبرد ملی پیشنهاد می کنم.

### شرایط کشور برای بهره برداری از آفتاب:

خورشید پیوسته ۳۵ هزار برابر انرژی مورد نیاز همه جهان بر کره زمین می تاباند. از این انرژی کمتر از یک دهم درصد برای تولید برق بهره برداری می شود. در آمریکا امروز حدود ۲٪ انرژی مصرفی از آفتاب گرفته می شود.



ایران یکی از کشورهای واقع در کمربند تابش مستقیم خورشید، یعنی مدارهای ۲۵ تا ۴۲ درجه نیمکره شمالی است، در حالیکه بیشینه سطح این کمربند روی کره زمین را اقیانوس فراگرفته، و همه خشکی های واقع در این نوار به فراوانی ما تابش خورشید را دریافت نمی کنند. در کشور ما انرژی خورشیدی از همه منابع دیگر انرژی چون اورانیوم، ذغالسنگ، نفت و گاز فراوانتر و غنی تر است. تابش خورشید در کشور ما سالی ۲۸۰ تا ۳۰۰ روز است که بر بیش از دو سوم پهنه کشور با میانگین تابشی بیش از ۵ کیلووات ساعت بر مترمربع سطح زمین در روز<sup>۱</sup> می تابد که با کارآمدی ۷۰٪ بهره برداری پذیر است. این میزان تابش خورشیدی یکی از بالاترین در جهان بشمار می رود. خاور کشور، منطقه کویری، بلوچستان، کرمان و کناره خلیج پارس، با تابشی نزدیک ۶ کیلووات ساعت در روز، یک قطب انرژی خورشیدی جهانی شناخته شده است. طبق پژوهش سازمان هوافضای آلمان<sup>۲</sup>، ما در کویر خود میتوانیم به آسانی بیش از ۲۰۰ مگاوات نیروگاه گرمایشی خورشیدی ایجاد کنیم که این معادل دویست نیروگاه هسته ای یک مگاواتی مشابه نیروگاه بوشهر است. برآستی، بیابانهای ایران میتوانند به بزرگترین نیروگاه برق جهان تبدیل و نیاز همه منطقه را از پاکستان تا عراق و پیرامون دریای کاسپین را تامین کند.

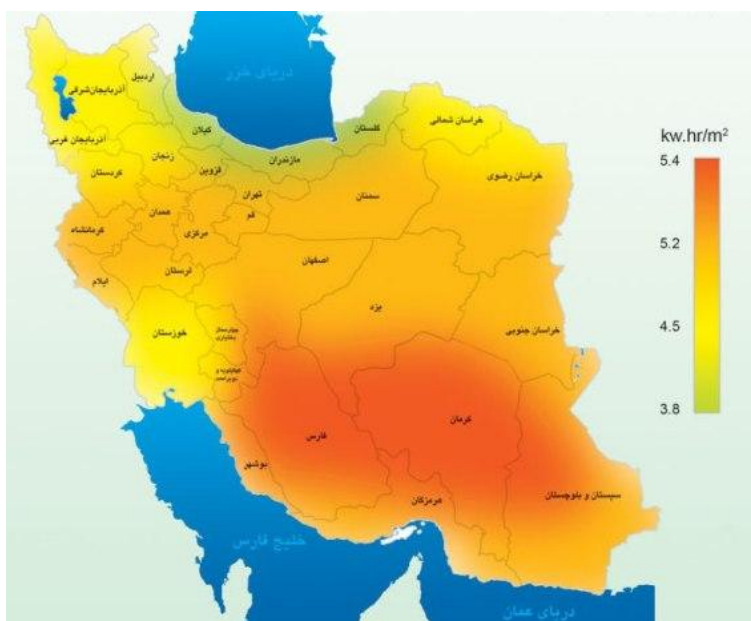
### پیشنهاد برای تامین نیروی برق مناطق محروم:

من پیشنهاد می کنم که دولت در همه مناطق روستایی و کشاورزی، بویژه در روستاهای دوردست و یا محروم اقتصادی، مانند بخش هایی از استانهای پهناور خاوری و جنوبی و استانهای کوهستانی یا جنگلی باختر کشور، که از کمترین وسیله های یک زندگی آسوده و

<sup>۱</sup> سازمان فضایی ناسای آمریکا: تبریز 4/13، تهران 4/58، مشهد 4/74، بندرعباس 5/75 کیلووات ساعت معادل ۴۰۷۶ کیلوکالری بر متر مربع در روز.

<sup>۲</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

امروزی، مانند آب آشامیدنی و شستشو، روشنایی، گرمایش، سرمایش، لوازم برقی، تلمبه های آبیاری و غیره محروم هستند، روی بام هر خانه و تاسیسات کشاورزی آنان یک دستگاه سامانه انرژی خورشیدی با گنجایش پنج تا ده کیلووات ساعت به هزینه خود نصب کند.



برآوردها نشان می دهد<sup>3</sup> که یک واحد مسکونی روستایی بسیار کمتر از ۵ کیلووات ساعت در روز برق مصرف می کند، در صورتیکه واحدهای مسکونی شهری میانگین ۱۴ کیلووات ساعت مصرف می کنند. همه این سامانه های انرژی خورشیدی روستایی با نصب یک شمارنده به شبکه سراسری برق کشور پیوند داشته باشد. هزینه تامین و نصب این تاسیسات را دولت به خانوارها وام بی بهره خواهد داد. چند کیلووات ساعت مازاد بر برق مصرفی خانوار یا تاسیسات بطور خودکار وارد شبکه سراسری برق کشور شده و ارزش آن طبق جدول نرخ دولتی فروش برق از بدهی صاحبخانه کاسته خواهد شد تا کلیه بدهی مستهلک گردد. پس از استهلاک هزینه تامین و نصب سیستم، دولت ارزش برق مازاد ورودی به شبکه سراسری را به خانوار پرداخت خواهد کرد.

به این ترتیب همه مردم کشور در روستاها و مناطق دوردست نه تنها از آسایش نیروی برق در زندگی خود بی هیچ هزینه ای بهره مند خواهند شد، که بهای مازاد برق مصرفی آنان، پس از بازپرداخت بدهی به دولت، یک منبع درآمد برای خانوار خواهد بود. شرایط اجرای موفقیت آمیز این پیشنهاد به شرح زیر است:

**یک:** این پروژه را می تواند وزارت نیرو انجام دهد یا واگذار به بخش خصوصی کند، به شرط تامین اعتبارات بانکی لازم و تضمین بازخرید نیروی برق مازاد بر مصرف توسط دولت.

**دو:** خانوار مقدار برق مورد نیاز خود را مصرف می کند، و مازاد آن خودکار وارد شبکه برق سراسری می شود، و در واقع آنرا دولت خریداری می کند. دولت از ارزش نیروی برق دریافتی خود نخست هزینه تامین و نصب سیستم را بر می دارد و پس از مستهلک شدن هزینه نصب یا وام اعطاء شده، ارزش برق مازاد را به خانوار می پردازد.

**سه:** یک دستگاه جذب و ذخیره انرژی خورشیدی و تبدیل آن به نیروی برق پشت بام همه خانه های روستایی و تاسیسات دورافتاده از شبکه برق سراسری، هزینه سنگین ساخت نیروگاه ها، پست های توزیع و ترانسفورماتورها و دکل های انتقال برق را منتفی یا کاهش می دهد. به احتمال زیاد، مازاد نیروی برق خانوارها را وزارت نیرو میتواند در همان حوالی با کمترین سرمایه گذاری در تاسیسات انتقال به مشتریان دیگر بفروشد.

**چهار:** یک دستگاه پنج کیلوواتی حدود چهار تا پنجاه میلیون تومان هزینه دارد، و ده کیلوواتی تا هشتاد میلیون سرمایه می برد. ولی در سطح کلان، چه پیمانکار بخش خصوصی سرمایه گذار این طرح باشد و چه دولت، انبوهی پروژه، هزینه را می تواند دستکم نیمه کند. همچنین دولت می تواند تولید پانل های خورشیدی را تشویق یا تولید کنونی را افزایش دهد تا هزینه از این هم بیشتر کاهش یابد. چون این پروژه به تدریج و در طی چند سال انجام شدنی است، بازگشت تدریجی سرمایه نخستینی حجم سرمایه در جریان کار را در کمینه نگه

<sup>3</sup> وزارت نیرو

می دارد. هزینه استهلاک سالانه سامانه های موجود در ایران بسته به کیفیت سیستم 0.25 تا 1 درصد است، یعنی هر چه کیفیت سیستم بالاتر باشد، استهلاک آن طولانی تر و ضریب آن کوچکتر است.

**پنج:** هزینه بیمه تاسیسات جزوی از وام اعطایی، ولی هزینه تعمیر و نگهداری و پاک کردن پانل ها با مصرف کننده خواهد بود.

**شش:** از آنجا که امکان تولید برق با این روش، با توجه به شمار خانه ها و تاسیسات روستایی در کشور و میانگین ۵ کیلووات ساعت تولید برق، این شبکه می تواند برای حدود ۳ میلیون از ۶,۵ میلیون خانوار روستایی<sup>4</sup> ۱۵ هزار مگاوات برق تولید کند که معادل ۱۵ نیروگاه هسته ای شبیه نیروگاه بوشهر است. افزایش واحدها به ده کیلووات ساعت، این ارقام را دوبرابر می کند.

**هشت:** دولت برای تشویق کارخانه ها و مراکز تولیدی به نصب نیروگاههای خورشیدی مناسب فعالیت خودشان، به آنها وام بی بهره یا کم بهره با اقساط درازمدت معادل عمر اقتصادی اینگونه سامانه ها اعطا کند تا در زمان بحران یا رویدادهای پیش بینی نشدنی تولید کشور آسیب نبیند.

**نه:** اهمیت پیشنهاد من در هنگام رخداد عملیات تروریستی، خرابکاری یا جنگ آشکار می شود که با بمباران یا انفجار یک یا چند نیروگاه فسیلی یا هسته ای، برق کل منطقه قطع نمی شود و شهروندان روستایی و واحدهای تولیدی کماکان به کار خود ادامه می دهند.

### هزینه و بازگشت سرمایه:

یاخته های پانلهای خورشیدی فوتولتائیک<sup>5</sup> هستند، یعنی نور آفتاب (فوتون) را بطور مستقیم تبدیل به نیروی برق (ولتاژ) می کنند. کارآمدی این پانل ها بستگی به کیفیت آنها دارد. بهره وری پانلهایی که از چین وارد می شود و کیفیت چندان بالایی ندارند، از ۱۱٪ تا ۱۷٪ است، و گمرک شده برای هر وات ۲۰۰۰ تومان هزینه می برند؛ ولی پانل های ساخت اروپا یا امریکا تا ۳۰٪ بهره وری دارند و بیش از دو برابر گرانتر هستند. منظور از بهره وری ۱۵٪ اینست که از هر کیلووات ساعت تابش خورشید بر متر مربع پانلها، تنها ۱۵۰ وات آن تبدیل به برق می شود. بنابراین، برای هر کیلووات ساعت برق نیاز به ۷ متر مربع پانل است، و برای ۵ کیلووات ۳۵ متر مربع پشت بام پوشانده می شود.

پانل ها و سامانه الکترونیکی تزریق به شبکه (یک میلیون تومان) و پایه و سازه مربوطه (سه میلیون تومان) و باتری ها که اکنون وارد می شوند، و همچنین طراحی و نصب و راه اندازی اگر در ایران تولید انبوه شوند تا یک سوم بهای کنونی ارزانتر و کیفیت آن هم بهتر خواهد شد و شاید بتوانیم بهره وری را به همان ۳۰٪ پانل های با کیفیت برسانیم. عمر مفید پانلهای خورشیدی ۱۵ تا ۲۰ سال است، ولی هر سال باید تعمیر و نگهداری شوند. در هر حال، برای انجام چنین پروژه انبوهی باید مطالعات میدانی و محاسبات هزینه و بازگشت سرمایه بطور دقیق انجام گیرد.

اگر بر پایه همین هزینه های امروزی و با ادوات وارداتی دورنمایی از سودآوری این پیشنهاد را نشان بدهیم، موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

**تلفات برق در سیستم کنونی:** تلفات برق کشور ۲۳ درصد برآورد شده که ۱۵ تا ۱۶٪ از استاندارد جهانی بیشتر است، و باید آنرا ناشی از سوء مدیریت در ایجاد و مدیریت یک شبکه کارآمد برق شمرد. از ۲۲۵ میلیارد کیلووات ساعت مصرف سالانه برق در کشور ۳۴ میلیارد کیلووات ساعت بی جهت تلف می شود. با نرخ ۴۰۹ ریال هر کیلو وات ساعت حدود ۱/۴ میلیارد دلار در سال به خزانه دولت زیاد وارد می آید. ولی با این پروژه سرمایه دولت به تدریج باز می گردد و، پس از آن، دولت برق را به اندازه کیلووات دریافتی خریداری می کند. در دسر و هزینه تعمیر و نگهداری را هم ندارد.

**سیر نزولی بهای یاخته های خورشیدی:** از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۱۵، بهای جهانی یاخته های خورشیدی تا یک صدم افت کرده و از ۶ دلار به حدود ۶ تا ۸ سنت رسیده است. دلیل این افت شدید بها، کاهش بهای مدول سیلیکون کریستالی است که در آنها بکار می رود. دلایل کاهش بهای سیلیکون کریستالی عبارتند از: کاهش هزینه پلی سیلیکون، که ماده اولیه آن است، بهبود قابل ملاحظه در تکنولوژی تولید یاخته ها و پانل های خورشیدی، افزایش چشمگیر درخواست جهانی و در نتیجه افزایش گنجایش تولید، رقابت شدید در اثر افزایش شمار تولید کنندگان که باعث فراوانی یاخته ها شده است. بطور میانگین، در پنج سال گذشته، کاربرد پانل های خورشیدی سالانه ۵۵٪ افزایش داشته است.

<sup>4</sup> <http://www.radiofarda.com/content/f8-changes-in-family-pattern-in-iran/27026902.html>

<sup>5</sup> Photovoltaic (PV)

**هزینه برق خورشیدی در سنجش با دیگر سوختها:** برآورد سنجشی میانگین هزینه تولید هر کیلووات ساعت برق با سوخت های گوناگون در ایران را نداریم، ولی در امریکا<sup>6</sup> از قرار زیر است:

برق گازی ۶,۴ سنت، برق بادی ۷,۵ سنت، برق ذغال سنگ ۸ سنت، برق هسته ای ۱۰ سنت، برق خورشیدی PV، ۱۵ سنت، برق خورشیدی گرمایشی ۱۶ سنت. هزینه تولید برق به وسیله ژنراتورهای گازوئیلی و بنزینی که در این بررسی در نظر گرفته نشده، بسیار بیشتر از گزینه های بالا است.

بنابراین، هنوز هزینه تولید برق از انرژی خورشید بالاتر از گزینه های دیگر است، ولی با وجود اینکه با پیشرفت تکنولوژی بهره وری از پانلهای خورشیدی بسیار بالاتر خواهد رفت و هزینه تولید هر کیلووات را پایینتر خواهد آورد، مزایای زیست محیطی آن، پاک بودن، رایگان و ابدی بودن آن را هیچکدام از گزینه های دیگر ندارند. البته در میان انرژی های پاک، باد هم گزینه خوبیست که ما در بیابان هایمان فراوان می وزد، ولی سرمایه اولیه آن بیشتر از گزینه خورشیدی است.

### آینده انرژی خورشیدی:

در پژوهش هایی که انجمن برق خورشیدی گرمایشی اروپا، گروه "تمرکز سامانه های نیروی خورشیدی و انرژی شیمیایی"<sup>7</sup> وابسته به آژانس بین المللی انرژی، و "صلح سبز بین الملل"<sup>8</sup> درباره آینده نیروی متمرکز خورشیدی انجام داده اند، نتیجه گرفته اند که نیروی متمرکز خورشیدی می تواند تا سال ۲۰۵۰ تا ۲۵٪ نیاز انرژی جهان را فراهم آورد. برای رسیدن به این هدف نیاز به ۹۳ میلیارد یورو سرمایه گذاری خواهد بود. در تکنولوژی بهره برداری از نیروی خورشید، اسپانیا با ۵۰ پروژه دولتی و ۲۳۰۰ مگاوات برق خورشیدی تا کنون پیشتاز است و بزرگترین صادرکننده تکنولوژی انرژی خورشیدی نیز به شمار می آید. پس از آن، امریکا با ۸۸۲ مگاوات، امارات متحده با ۱۰۰ مگاوات، هندوستان با ۵۰ مگاوات، و به ترتیب الجزیره، مصر، مراکش، استرالیا، چین و تایلند به ترتیب از ۲۵ تا ۵ مگاوات نیروی خورشیدی تولید می کنند.<sup>9</sup>

از آنجا که کارآمدترین کاربرد تکنولوژی دریافت تابش خورشیدی در جای هایی انجام می گیرد که تابش خورشید مستقیم و بیشترین باشد، انتظار می رود که بیشترین رشد بهره برداری از تابش خورشیدی در افریقا، مکزیک، جنوب باختری ایالات متحده، بخش خاوری امریکای جنوبی، استرالیا، و البته ایران باید، باشد. بررسی ها نشان داده که اگر سامانه ذخیره انرژی خورشیدی بر پایه کاربرد نیترات ها باشد (مانند نیترات های کلسیم، پتاسیم، سدیم و غیره)، نیروگاههای خورشیدی کارآمدتر و با بازده بیشتر خواهند شد. بر پایه این فرضیه، یک پژوهش نشان داده که به علت سودآوری تکنولوژی کاربرد نیترات ها و افزایش چشمگیر در صد ذخیره انرژی خورشیدی، اگر دولتها مانعی در برابر رشد این صنعت قرار ندهند، تا سال ۲۰۵۰، سرمایه گذاری می تواند تا ۱۷۶ میلیارد یورو افزایش یابد و تولید جهانی به ۵,۱ میلیون مگاوات برسد و هزینه هر کیلووات برق برای مصرف کنند دستکم یک سوم کاهش یابد.

اخیرا اتحادیه اروپا با پشتیبانی شرکتهای صنعتی آلمان پروژه ای را به نام دزرتک<sup>10</sup> (تکنولوژی صحرا) در صحرای شمال افریقا برای تولید انرژی خورشیدی آغاز کرده اند و انتظار دارند که تا سال ۲۰۵۰، حدود ۱۵٪ برق مورد نیاز اتحادیه اروپا، خاورمیانه و شمال افریقا را تامین کند. مراکش و الجزیره هم در این پروژه سهیم شده اند و انتظار دارند مازاد نیاز خود را به اروپا صادر کنند.

### بهره برداری کنونی ایران از انرژی خورشیدی:

در ایران هم سازمانهایی برای بررسی و ترویج بهره برداری از انرژی های نو و پاک، مانند خورشید و باد و موج دریا فعال شده اند. پژوهشهای ارزشمندی درباره ظرفیت های بهره برداری از انرژی خورشیدی در سراسر ایران انجام گرفته است<sup>11</sup>. به گفته وزارت نیرو، اکنون تنها حدود ۲۲۰ مگاوات نیروگاه خورشیدی و بادی در کشور نصب و راه اندازی شده است، ولی دو گونه نیروگاه تفکیک نشده اند و اظهار نشده که چند مگاوات آن به بهره برداری رسیده است. ولی همینکه بهره برداری از انرژی خورشیدی وارد سامانه برنامه ریزی دولتی شده، امید پیشرفت آن هم می رود.

<sup>6</sup> دانشگاه جرج واشینگتن، استان واشینگتن.

<sup>7</sup> Solar PACES

<sup>8</sup> Greenpeace International

<sup>9</sup> Global Status Report, September 2014

<sup>10</sup> Desertec

<sup>11</sup> [http://www.necjournals.ir/files/site1/user\\_files\\_96a659/godadmin-A-10-2-1-fb06875.pdf](http://www.necjournals.ir/files/site1/user_files_96a659/godadmin-A-10-2-1-fb06875.pdf)

از سال ۱۳۹۲ حدود چهارصد دستگاه خورشیدی بر بام مدرسه ها و مسجدهای برخی روستاهای بی برق که با شبکه سراسری فاصله زیادی داشتند و سرمایه گذاری در برق رسانی به آنها اقتصادی تشخیص داده نشده نصب شده است. در شهرها هم برخی شهروندان با سرمایه گذاری شخصی و برای پیشگیری از قطع برق دستگاههای دریافت و ذخیره و تبدیل انرژی خورشیدی به برق دست به این کار زده اند.

وزارت نیرو با اعلام بودجه ۴۰۰ میلیارد تومانی برای تامین ۵٪ هزینه نصب سامانه های خورشیدی در خانه ها، خواسته که این روند را تشویق کند، که با برآورد ۵۰ میلیون تومان هزینه یک سامانه ۵ کیلووات ساعتی این طرح برای نصب بیش از ۱۴ هزار واحد مسکونی پاسخگو نیست، ولی آزمایشی برای مطالعه اینگونه راهکارها می تواند باشد. پر انرژی برترین دستگاههای برقی خانه ها دستگاه های گرمایشی و سرمایشی هستند که به آسانی می توانند از انرژی خورشیدی استفاده کنند.

### **کورش زعیم**

هموند شورای مرکزی جبهه ملی ایران

تهران - ۵ خرداد ۱۳۹۴