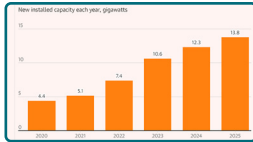


انرژی برق خورشیدی



یک سال پس از خاموشی سراسری اسپانیا، تغییر رویکرد این کشور به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و تکامل شبکه برق‌رسانی، همچنان ادامه دارد.



دهمین کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی و هفتمین دوره جایزه ملی تجدیدپذیر ایران

ماهانامه خبری پژوهشکده انرژی و محیط زیست پژوهشگاه نیرو / شماره ۸ / مرداد ۱۴۰۵

دهمین کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی و هفتمین دوره جایزه ملی تجدیدپذیر ایران



دهمین کنفرانس و نمایشگاه بین‌المللی و هفتمین دوره جایزه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر ایران

تهران - مرکز همایش‌های بین‌المللی برج میلاد

20-21 JULY 2026

۲۹ و ۳۰ تیرماه ۱۴۰۵

تجدیدپذیر با رویکرد مردمی‌سازی و تاب‌آوری سیستم انرژی کشور برشمرد و یادآور شد: در شرایطی که دشمنان تلاش می‌کنند از زیرساخت‌های انرژی به‌عنوان ابزار فشار استفاده کنند، تقویت نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس و تجدیدپذیر با مشارکت مردم، یک راهبرد ضروری برای کشور است.

آنچه در حوزه فنی، علمی و صنعتی بر عهده ماست، افزایش تاب‌آوری کشور از طریق توسعه زیرساخت‌های مقاوم انرژی است. وی همچنین با قدردانی از دولت، وزارت نیرو و سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر، عملکرد دولت چهاردهم را در این حوزه درخشان دانست و خاطرنشان کرد: بر اساس اهداف برنامه هفتم توسعه، قرار بود ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر کشور به ۱۲ هزار مگاوات برسد، اما روند فعلی نشان می‌دهد نه فقط از برنامه عقب نیستیم، بلکه از آن جلوتر هم هستیم. در این راستا مجلس شورای اسلامی بر تحقق اهداف حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و اجرای کامل ماده ۴۶ قانون برنامه هفتم توسعه، حساس و پیگیر است.

آیین پایانی هفتمین دوره جایزه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر ایران، همزمان با دهمین کنفرانس بین‌المللی این حوزه، ۲۹

این کنفرانس در روزهای ۲۹ و ۳۰ تیرماه در مرکز همایش‌های بین‌المللی برج میلاد با همکاری انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر ایران، کمیسیون انرژی اتاق بازرگانی ایران و حمایت معاونت علمی و فناوری ریاست‌جمهوری برگزار شد و بر محورهای کلیدی همچون توسعه بازار برق سبز، الزامات و فرصت‌های ناشی از ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش‌بنیان، نقش صنایع در توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، تأمین مالی پروژه‌ها و بومی‌سازی فناوری‌های نوآورانه تمرکز داشت.

همزمان با این رویداد، هفتمین جایزه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر ایران نیز به عنوان معتبرترین مرجع ارزیابی عملکرد در این حوزه، به سازمان‌ها، صنایع و شرکت‌های برتر اهدا گردید تا از پیشگامان توسعه فناوری، سرمایه‌گذاری و ترویج فرهنگ استفاده از انرژی‌های پاک تجلیل شود.

دکتر شریعتی، نماینده مردم تهران در مجلس و همچنین سخنران افتتاحیه این رویداد، برگزاری این کنفرانس در شرایط فعلی را، پیام روشنی از تاب‌آوری، مقاومت و پایداری ملت ایران دانست. ایشان محور اصلی کنفرانس امسال را توسعه نیروگاه‌های

تیرماه ۱۴۰۵ در برج میلاد تهران برگزار و دکتر محمدحسین جهانگیر از دانشگاه تهران موفق به کسب عنوان شخصیت علمی برتر شد. دکتر جهانگیر، عضو گروه مهندسی منابع و فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر دانشکده مهندسی انرژی و منابع پایدار دانشکده علوم و فناوری‌های میان‌رشته‌ای دانشگاه تهران، به دلیل طرح‌های نوین در زمینه توسعه و بهینه‌سازی سامانه‌های انرژی تجدیدپذیر، ارتقای بهره‌وری منابع پایدار و بومی‌سازی فناوری‌های مرتبط، شایسته این عنوان شناخته شد.

استاندارد جدید چین: آغاز بازاریابی زنجیره ارزش صنعت فوتوولتاییک

● استانداردهای اجباری جدید چین از ابتدای ۲۰۲۷ می‌توانند معادله صنعت فوتوولتاییک را تغییر دهند؛ از خروج تدریجی ظرفیت‌های کم‌بازده و نوسازی خطوط تولید تا تغییر ترکیب فناوری‌ها، کاهش مازاد عرضه و احتمالاً تحول در قیمت جهانی ماژول‌ها

چین در ژوئن ۲۰۲۶ سه استاندارد اجباری جدید برای صنعت فوتوولتاییک منتشر کرد که از ۱ ژانویه ۲۰۲۷ اجرایی خواهند شد. این استانداردها به ترتیب تولید پلی‌سیلیکون، سیلیکون تک‌بلور و ویفر و ماژول‌های سیلیکونی و اینورترها را هدف قرار می‌دهند و برای مصرف انرژی تولید و بهره‌وری محصولات، حداقل الزامات الزام‌آور تعیین می‌کنند. اهمیت این اقدام فراتر از یک مقررات فنی است. صنعت فوتوولتاییک چین طی سال‌های اخیر با ظرفیت مازاد، کاهش شدید قیمت‌ها و رقابت فرسایشی مواجه بوده است؛ شرایطی که حتی سودآوری تولیدکنندگان بزرگ را نیز تحت فشار قرار داده است. در چنین فضایی، استانداردهای جدید می‌توانند به ابزاری برای تصفیه ظرفیت و بازاریابی ساختار تولید تبدیل شوند.

● فشار از پلی‌سیلیکون تا ماژول

نخستین ویژگی مهم این سیاست، پوشش تقریباً کامل زنجیره تولید کریستالی PV است. استاندارد GB 29447-2026 مصرف انرژی تولید پلی‌سیلیکون را هدف قرار می‌دهد؛ GB 47835-2026 به تولید سیلیکون تک‌بلور و فرآیندهای مرتبط با تولید ویفر می‌پردازد؛ و GB 47834-2026 حداقل

بهره‌وری ماژول‌های سیلیکونی و اینورترها را تعیین می‌کند. در نتیجه، فشار مقرراتی در یک نقطه از زنجیره متوقف نمی‌شود، بلکه می‌تواند از مواد اولیه تا محصول نهایی منتقل شود. این مسئله به‌طور بالقوه مزیت اقتصادی کارخانه‌هایی را که با تجهیزات قدیمی و شدت مصرف انرژی بالا فعالیت می‌کنند، کاهش خواهد داد.

● چه ظرفیتی در معرض خطر است؟

تحلیل‌های صنعت نشان می‌دهد که اجرای این استانداردها می‌تواند فرآیند تجمیع و حذف ظرفیت‌های ناکارآمد را تسریع کند. برخی برآوردهای صنعتی از قرارگرفتن تا حدود ۳۰ درصد ظرفیت موجود در معرض تأثیر مقررات جدید سخن می‌گویند. با این حال، این عدد نباید به‌عنوان «۳۰ درصد ظرفیت تعطیل خواهد شد» تفسیر شود؛ زیرا بخشی از ظرفیت اسمی موجود در چین در حال حاضر نیز غیرفعال است یا با ظرفیت کامل کار نمی‌کند. برآوردهای دیگری نیز نشان می‌دهند که میزان ظرفیت در معرض فشار، به شدت به توان تولیدکنندگان برای ارتقای فناوری و رساندن محصولات به سطح راندمان موردنیاز بستگی دارد. در نتیجه، سه مسیر اصلی پیش روی تولیدکنندگان قرار می‌گیرد:

(۱) نوسازی خطوط تولید؛

(۲) ارتقای فناوری و محصول؛

(۳) خروج از بازار. این تفاوت میان «ظرفیت در معرض خطر» و «ظرفیت واقعاً حذف‌شده» یکی از مهم‌ترین نکات در ارزیابی اثر اقتصادی این سیاست است.

● فشار بیشتر بر فناوری‌های قدیمی

در بخش ماژول، آستانه‌های جدید عملاً فضای رقابت را برای محصولات کم‌بازده محدود می‌کنند. طبق گزارش‌های منتشرشده درباره استاندارد نهایی، حداقل بهره‌وری گزارش‌شده برای برخی از فناوری‌های اصلی N-type در محدوده ۲۳/۲ تا ۲۳/۵ درصد قرار دارد. در نتیجه، بیشترین فشار احتمالاً متوجه خطوط قدیمی PERC و نسل‌های اولیه TOPCon خواهد بود؛ در حالی که تولیدکنندگان دارای خطوط جدیدتر و محصولات با راندمان بالاتر، موقعیت بهتری برای انطباق خواهند داشت. تحلیل‌های صنعتی نیز همین روند را محتمل می‌دانند و از ظرفیت‌های قدیمی TOPCon، PERC اولیه، واحدهای پرمصرف پلی‌سیلیکون و تجهیزات قدیمی ویفر

به عنوان بخش های آسیب پذیرتر نام می برند. بنابراین، اثر این مقررات لزوماً «حذف یک فناوری» نیست؛ بلکه می تواند سرعت گذار از نسل های قدیمی به معماری های کارآمدتر را افزایش دهد.

● آیا قیمت پنل ها افزایش خواهد یافت؟

پاسخ لزوماً مثبت نیست. در کوتاه مدت، کارخانه هایی که محصولاتشان با استاندارد جدید سازگار نیست ممکن است پیش از خروج کامل از بازار، ظرفیت خود را به بازارهای صادراتی منتقل کنند یا موجودی های خود را با قیمت پایین تر عرضه کنند. بنابراین، کاهش ظرفیت اسمی چین الزاماً به معنای کاهش فوری عرضه جهانی نیست.

اما در میان مدت، اگر بخش قابل توجهی از ظرفیت ناکارآمد واقعاً از مدار خارج شود و ظرفیت جدید نیز با سرعت گذشته توسعه پیدا نکند، عرضه مازاد می تواند کاهش یابد. این اتفاق می تواند به بهبود حاشیه سود تولیدکنندگان و تعدیل رقابت قیمتی منجر شود. تحلیل OPIS نیز تأکید می کند که انتظار صنعت از این استانداردها، تسریع خروج ظرفیت های قدیمی و کمک به کاهش مازاد عرضه است؛ با این حال، این مقررات به تنهایی احتمالاً برای بازگرداندن سریع بازار به تعادل کافی نیستند.

● تغییر در منطق سرمایه گذاری

شاید مهم ترین اثر این سیاست در بلندمدت، تغییر معیار سرمایه گذاری در صنعت باشد. در سال های گذشته، توسعه سریع ظرفیت تولید یکی از مهم ترین ابزارهای رقابت در زنجیره PV چین بود. اکنون اما معادله در حال تغییر است و دیگر ظرفیت بیشتر الزاماً به معنای مزیت بیشتر نخواهد بود. در محیط جدید، تولیدکننده باید همزمان بتواند راندمان بالاتر، مصرف انرژی کمتر و هزینه تولید رقابتی داشته باشد.

این تغییر می تواند سرمایه گذاری را از کارخانه های بزرگ اما کم بازده به سمت خطوط مجهز به فناوری های جدید، تجهیزات کم مصرف و فرآیندهای پیشرفته تر هدایت کند. در بخش پلی سیلیکون و ویفر نیز تحلیلهای صنعتی بر اهمیت بهینه سازی فرآیند، کاهش مصرف انرژی و نوسازی تجهیزات تأکید دارند.

● اثر جهانی؛ فرصت یا تهدید؟

اهمیت این تحول به مرزهای چین محدود نمی شود. از آنجا که بخش قابل توجهی از ظرفیت تولید جهانی فوتولتاییک، به ویژه در مراحل بالادستی مانند پلی سیلیکون، ویفر و سلول، در چین متمرکز است، هرگونه تغییر ساختاری در ظرفیت تولید این کشور می تواند پیامدهایی فراتر از بازار داخلی چین داشته باشد. تحلیل های مرکز مطالعات راهبردی و بین المللی (CSIS) نیز بر نقش مسلط چین در این بخش های زنجیره تأمین جهانی تأکید دارند.

در چنین شرایطی، اثرات احتمالی استانداردهای جدید را می توان در قالب سه سناریو بررسی کرد. در سناریوی نخست، «اصلاح بازار»، خروج یا کاهش فعالیت ظرفیت های ناکارآمد می تواند به کاهش تدریجی مازاد عرضه، بهبود حاشیه سود تولیدکنندگان و افزایش انگیزه برای سرمایه گذاری در فناوری های پیشرفته منجر شود. در سناریوی دوم، «انتقال مازاد»، بخشی از ظرفیت های قدیمی که امکان ادامه فعالیت در بازار چین را ندارند ممکن است به بازارهای صادراتی روی آورند؛ در این صورت، افزایش عرضه محصولات کم قیمت می تواند فشار رقابتی بر تولیدکنندگان خارج از چین را برای مدتی حفظ کند. در سناریوی سوم، «بازآرایی زنجیره جهانی»، افزایش هزینه های انطباق و نیاز به سرمایه گذاری برای نوسازی خطوط تولید در چین می تواند فرصت بیشتری برای تولیدکنندگان رقیب در سایر کشورها ایجاد کرده و همزمان تلاش دولت ها برای توسعه زنجیره های تأمین مستقل و متنوع را تشدید کند.

با این حال، محتمل است که تحولات واقعی ترکیبی از این سه سناریو باشد. میزان و سرعت خروج ظرفیت های ناکارآمد، توان تولیدکنندگان چینی برای نوسازی خطوط، و واکنش بازارهای صادراتی تعیین خواهد کرد که در نهایت کدام یک از این آثار بر بازار جهانی فوتولتاییک غالب شود.

● یک گام به سوی «صنعت PV کم مصرف تر»

از منظر اقتصاد چرخشی، اهمیت این تحول حتی فراتر از قیمت و رقابت صنعتی است. اگر مقررات جدید باعث شود تولیدکنندگان برای تولید هر واحد پلی سیلیکون، ویفر یا ماژول انرژی کمتری مصرف کنند و همزمان محصولات با راندمان بالاتر سهم بیشتری از بازار بگیرند، شدت مصرف

منابع در کل چرخه تولید PV کاهش خواهد یافت. به بیان دیگر، چین در حال حرکت از سیاست «تولید بیشتر» به سمت «تولید کارآمدتر» است. البته موفقیت این سیاست هنوز قطعی نیست. استاندارد به‌تنهایی نمی‌تواند مازاد عرضه را حذف کند؛ اما می‌تواند اقتصاد فعالیت کارخانه‌های ناکارآمد را تغییر دهد و فرآیند خروج، ادغام و نوسازی ظرفیت را سرعت ببخشد.

● پیامدهای احتمالی برای بازار ایران

این تحولات می‌تواند برای بازار ایران نیز اهمیت ویژه‌ای داشته باشد. در صورت خروج بخشی از ظرفیت‌های قدیمی و کم‌بازده از بازار چین، یکی از مسیرهای احتمالی برای ادامه فعالیت این محصولات، انتقال آنها به بازارهای صادراتی با حساسیت کمتر نسبت به الزامات فنی و بهره‌وری خواهد بود.

در چنین شرایطی، بازار ایران نیز ممکن است به دلیل قیمت پایین‌تر این محصولات، به یکی از مقاصد بالقوه این ظرفیت تبدیل شود. ورود گسترده پنل‌های کم‌بازده، اگرچه ممکن است در کوتاه‌مدت هزینه سرمایه‌گذاری پروژه‌های خورشیدی را کاهش دهد، اما می‌تواند در بلندمدت پیامدهای نامطلوبی برای اقتصاد انرژی کشور ایجاد کند. راندمان پایین‌تر به معنای نیاز به سطح بیشتر برای دستیابی به ظرفیت مشخص، افزایش هزینه‌های سازه و نصب، کاهش تولید انرژی در طول عمر پروژه و در نهایت افزایش مقدار تجهیزات خارج شده از چرخه مصرف است. از سوی دیگر، اگر این محصولات از نظر دوام و نرخ افت عملکرد نیز در سطح پایین‌تری قرار داشته باشند، هزینه واقعی آنها در طول عمر پروژه می‌تواند به‌مراتب بیشتر از اختلاف قیمت اولیه باشد.

از منظر اقتصاد چرخشی واردات محصولات کم‌بازده و با عمر کوتاه‌تر می‌تواند در سال‌های آینده حجم پسماند فوتوولتاییک کشور را افزایش داده و هزینه‌های جمع‌آوری، بازیافت و مدیریت آنها را بر دوش بازار داخلی قرار دهد؛ در حالی که بخش عمده منافع اقتصادی حاصل از فروش این محصولات در زمان ورود به کشور ایجاد شده است. بنابراین، سیاست‌گذاری در بازار ایران نباید صرفاً بر قیمت اولیه هر وات متمرکز باشد، بلکه لازم است شاخص‌هایی مانند راندمان، نرخ افت عملکرد، دوام، طول عمر مورد انتظار، قابلیت ردیابی و الزامات پایان عمر محصول نیز در فرآیند واردات و انتخاب تجهیزات مورد توجه

قرار گیرند.

از این منظر، تجربه چین می‌تواند برای ایران یک پیام سیاستی روشن داشته باشد: بازار ایران نباید به مقصد ظرفیت‌های مازاد و فناوری‌های در حال خروج از بازارهای پیشرفته تبدیل شود. تدوین حداقل الزامات فنی و بهره‌وری برای ماژول‌های وارداتی و ایجاد نظام ارزیابی کیفیت و عملکرد آنها، می‌تواند هم از افت کیفیت ناوگان خورشیدی کشور جلوگیری کند و هم از انتقال بخشی از هزینه‌های پسماند و بازیافت محصولات کم‌کیفیت به سال‌های آینده پیشگیری کند.

منابع و مراجع:

1. State Administration for Market Regulation (SAMR) & Standardization Administration of China (SAC). (2026). GB 47834-2026: Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for crystalline silicon photovoltaic modules and inverters. Published June 27, 2026; effective January 1, 2027. [China National Standards Database].
2. PV Magazine. (2026, July 3). China moves to curb overcapacity in PV industry with mandatory energy consumption standards.
3. PV Magazine. (2026, July 15). China's new PV industry standards unlikely to resolve overcapacity.
4. OPIS, a Dow Jones Company. (2026). China Tightens Energy Standards for Polysilicon, Wafers.
5. PV Magazine. (2026, June 16). China proposes PV product grading system in bid to drive industry consolidation.
6. Caixin Global. (2026, July 3). China Sets Mandatory Solar Efficiency Standards to Curb Overcapacity.
7. CSIS – Center for Strategic and International Studies. (2026). China's Solar Industry Is in Upheaval—The Effects Will Be Global.
8. InfoLink Consulting. (2026). China's forthcoming national energy-efficiency standard may reshape N-type roadmaps and capacity.

● چرا پنل فوتوولتاییک به DPP نیاز دارد؟

یک پنل خورشیدی فقط در زمان فروش، یک «محصول» نیست؛ بلکه در طول عمر خود می‌تواند وارد چندین مرحله متفاوت اعم از تولید، حمل‌ونقل، نصب، بهره‌برداری، تعمیر و نگهداری، استفاده مجدد، پایان عمر و بازیافت شود. در بسیاری از بازارها، با گذشت زمان بخش مهمی از اطلاعات اولیه پنل از دسترس خارج می‌شود. ممکن است مشخصات دقیق مدل، مواد تشکیل‌دهنده، تاریخ تولید، سابقه عملکرد یا اطلاعات مربوط به تعمیرات و خرابی‌های آن دیگر در دسترس نباشد.

DPP می‌تواند این شکاف اطلاعاتی را کاهش دهد و به محصول اجازه دهد «هویت اطلاعاتی» خود را در طول چرخه عمر حفظ کند. این مسئله برای اقتصاد چرخشی اهمیت زیادی دارد؛ زیرا تصمیم درباره یک پنل فرسوده نباید الزاماً به «دفع یا بازیافت» ختم شود. اگر اطلاعات کافی درباره وضعیت پنل وجود داشته باشد، می‌توان ابتدا گزینه‌های تعمیر، بازسازی و استفاده مجدد را ارزیابی کرد.

اهمیت واقعی DPP در این است که نگاه صنعت به پنل فوتوولتاییک را تغییر می‌دهد. پنل دیگر صرفاً یک کالای ۵۵۰ یا ۶۰۰ وات نیست که در زمان فروش ارزیابی شود؛ بلکه محصولی است که هویت، سابقه عملکرد و اطلاعات چرخه عمر آن باید برای چندین دهه حفظ شود. این تحول می‌تواند یکی از پیش‌شرط‌های شکل‌گیری بازار واقعی استفاده مجدد، بازسازی و بازیافت هوشمند پنل‌های فوتوولتاییک باشد.

در چنین بازاری، اطلاعات محصول خود به بخشی از ارزش اقتصادی آن تبدیل خواهد شد. به بیان ساده، آینده صنعت PV فقط «پنل بهتر» نیست؛ «پنل قابل شناسایی، قابل ردیابی و قابل ارزیابی» نیز خواهد بود.

● اطلاعات، حلقه گمشده اقتصاد چرخشی

یکی از مشکلات اصلی اقتصاد چرخشی، کمبود اطلاعات قابل اعتماد درباره محصول است. بازیافت‌کننده باید بداند محصول از چه موادی ساخته شده، چه موادی در آن به کار رفته، چگونه باید باز شود و چه خطرات یا محدودیت‌هایی دارد. مطالعات کمیسیون اروپا نیز نشان می‌دهند که DPP قرار است دسترسی بازیگران مختلف به اطلاعات محصول را بهبود دهد و در کنار شفافیت زنجیره تأمین،

شناسنامه دیجیتال محصول؛ زیرساخت جدید اروپا برای مدیریت چرخه عمر پنل‌های فوتوولتاییک

● اتحادیه اروپا در حال ایجاد یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های اطلاعاتی برای اقتصاد چرخشی است؛ «شناسنامه دیجیتال محصول» می‌تواند در آینده، اطلاعات فنی، زیست‌محیطی و چرخه عمر پنل‌های فوتوولتاییک را از زمان تولید تا بازیافت همراه محصول نگه دارد و شیوه خرید، استفاده مجدد و مدیریت پایان عمر ماژول‌ها را تغییر دهد.

در سال‌های اخیر، بحث پایداری پنل‌های فوتوولتاییک در اروپا از موضوعاتی مانند راندمان و ردیابی کربن فراتر رفته و به یک پرسش بنیادی‌تر رسیده است: وقتی یک پنل وارد بازار اروپا می‌شود، چه مقدار اطلاعات درباره منشأ، مواد، عملکرد، دوام و سرنوشت آن در پایان عمر در دسترس خواهد بود؟

اتحادیه اروپا برای پاسخ به این چالش، چارچوب Digital Product Passport (DPP) یا «شناسنامه دیجیتال محصول» را در قالب مقررات Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) ایجاد کرده است.

این مقررات در سال ۲۰۲۴ تصویب شد و DPP را به‌عنوان یکی از ابزارهای اصلی برای افزایش شفافیت، ردیابی و دسترسی به اطلاعات محصولات در طول چرخه عمر آنها تعریف می‌کند.

DPP را می‌توان یک پرونده دیجیتال قابل دسترسی و مرتبط با یک محصول مشخص دانست که اطلاعات مورد نیاز بازیگران مختلف زنجیره ارزش را در خود نگه می‌دارد. این اطلاعات می‌تواند بسته به نوع محصول شامل مشخصات فنی، اطلاعات زیست‌محیطی، مواد و ترکیبات، دستورالعمل‌های استفاده و نگهداری، الزامات تعمیر، اطلاعات انطباق و راهنمای پایان عمر محصول باشد.

هدف اصلی این سیستم، ایجاد یک زبان مشترک اطلاعاتی میان تولیدکننده، واردکننده، توزیع‌کننده، مصرف‌کننده، تعمیرکار، نهادهای نظارتی و بازیافت‌کننده است؛ به‌گونه‌ای که اطلاعات محصول در طول زنجیره ارزش از بین نرود. این موضوع برای پنل‌های فوتوولتاییک اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا عمر یک ماژول می‌تواند چندین دهه باشد و در این مدت ممکن است مالک، محل نصب، وضعیت عملکرد و حتی کاربرد آن تغییر کند.

مسلط چین در زنجیره تولید جهانی PV، این تغییر می‌تواند تولیدکنندگان آسیایی را نیز به ایجاد زیرساخت‌های ردیابی و مدیریت داده در سراسر زنجیره تولید وادار کند.

● فرصتی که ایران نباید از دست بدهد

این تحول برای ایران نیز یک پیام مهم دارد. بازار ایران می‌تواند پیش از ورود گسترده پنل‌های نسل‌های جدید، زیرساخت شناسنامه‌دار کردن و ردیابی پنل‌ها را ایجاد کند. ثبت اطلاعاتی مانند سازنده، مدل، تاریخ تولید، فناوری سلول، شماره سریال، توان اولیه، گارانتی و سوابق عملکرد، در آینده امکان ارزیابی دقیق‌تر عمر باقیمانده، تصمیم‌گیری درباره استفاده مجدد و برنامه‌ریزی برای بازیافت را فراهم خواهد کرد. چنین رویکردی می‌تواند مانع آن شود که ایران صرفاً مصرف‌کننده پنل باشد و در عین حال، بدون در اختیار داشتن اطلاعات لازم، با موج روبه‌رشد پنل‌ها در پایان عمر مواجه شود.

منابع و مراجع:

1. European Parliament & Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products. Official Journal of the European Union.
2. European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. (2026, July 17). New Digital Product Passport (DPP) web page launched. European Commission.
3. Chawla, K., Chirvasuta, T., Wolf, M.-A., Wolf, K., Rongen, S., Rurup, R., Gonzalez Torres, M., Naumann, G., & Arcipowska, A. (2026). Methodology for defining data requirements for the Digital Product Passport under the ESPR framework. Joint Research Centre, European Commission, JRC145830. DOI: 10.2760/4511279.
4. European Commission, Joint Research Centre. (2021). Solar photovoltaic modules, inverters and systems: options and feasibility of EU Ecolabel and Green Public Procurement criteria. JRC122430.
5. European Commission, Joint Research Centre. (2020). Preparatory study for solar photovoltaic modules, inverters and systems. JRC122431.
6. European Commission. (2025). Ecodesign for Sustainable Products Regulation – Working Plan and implementation framework. EUR-Lex.

ازتعمیر، بازیافت، تصمیم‌گیری آگاهانه و انطباق با مقررات پشتیبانی کند. مطالعه جدید مرکز تحقیقات مشترک اتحادیه اروپا (JRC) نیز دقیقاً بر همین مسئله تمرکز دارد و روش‌شناسی تعیین داده‌های مورد نیاز برای DPP را در چارچوب ESPR ارائه کرده است. این مطالعه در مارس ۲۰۲۶ منتشر شده و داده‌ها را از منظر ارزش، امکان جمع‌آوری و قابلیت استفاده در زنجیره ارزش بررسی می‌کند.

● تأثیر احتمالی بر تولیدکنندگان پنل

DPP می‌تواند رابطه میان تولیدکننده و محصول را نیز تغییر دهد. در مدل فعلی، تولیدکننده عمدتاً تا زمان فروش و گارانتی محصول با آن در ارتباط است. اما در مدل مبتنی بر DPP، انتظار می‌رود اطلاعات محصول برای مدت بسیار طولانی‌تری در دسترس باقی بماند. در نتیجه، تولیدکنندگان ممکن است ناچار شوند اطلاعات بیشتری درباره مواد و اجزای محصول، عملکرد و دوام، اثرات زیست‌محیطی، تعمیر و نگهداری، و پایان عمر جمع‌آوری و مدیریت کنند. این موضوع می‌تواند شفافیت زنجیره تأمین را افزایش دهد و در عین حال هزینه‌های جدیدی برای تولیدکنندگان، به‌ویژه در زمینه جمع‌آوری داده، ردیابی مواد و ایجاد زیرساخت دیجیتال ایجاد کند.

● آیا DPP می‌تواند بازار پنل را تغییر دهد؟

اگر اطلاعات مربوط به دوام، نرخ تخریب، ردیابی کربن، ترکیب مواد و سابقه عملکرد در دسترس خریدار قرار گیرد، رقابت بازار می‌تواند از «قیمت به ازای وات» به سمت معیارهای جامع‌تری حرکت کند. در چنین بازاری، دو پنل ۵۵۰ واتی لزوماً محصولات کاملاً مشابهی نخواهند بود؛ زیرا ممکن است یکی دوام بیشتری داشته باشد، نرخ افت عملکرد پایین‌تری داشته باشد، ردیابی کربن کمتری داشته باشد، مواد قابل بازیافت بیشتری داشته باشد، یا در پایان عمر ارزش بازیافتی بیشتری ایجاد کند. بنابراین DPP می‌تواند به تدریج ارزش واقعی چرخه عمر محصول را وارد تصمیم‌گیری بازار کند.

● اروپا در حال تغییر قواعد بازی اطلاعاتی بازار PV

شناسنامه دیجیتال محصول می‌تواند فراتر از یک الزام اروپایی، به یک استاندارد جدید برای رقابت در بازار جهانی PV تبدیل شود. در صورت الزام تولیدکنندگان به ارائه اطلاعات قابل اعتماد درباره مواد، منشأ، عملکرد، ردیابی زیست‌محیطی و پایان عمر محصول، شرکت‌هایی که امروز صرفاً بر قیمت و راندمان رقابت می‌کنند، در آینده با معیارهای گسترده‌تری برای حضور در بازار اروپا مواجه خواهند شد. با توجه به نقش

از «نرخ تخریب» تا «عمر باقیمانده»؛ نسل جدید پایش پنل‌های خورشیدی

نیست. در روش‌های پیشرفته‌تر، رفتار آینده پنل با مدل‌های فیزیکی، آماری و احتمالاتی شبیه‌سازی می‌شود. مدل‌های فیزیکی تلاش می‌کنند تخریب را به عواملی مانند دما، رطوبت، تابش UV و چرخه‌های حرارتی مرتبط کنند؛ مدل‌های احتمالاتی، مانند فرآیند Wiener و Gamma نیز عدم قطعیت و تغییرپذیری مسیر تخریب را وارد محاسبات می‌کنند. در مطالعات جدید، از مدل‌های احتمالاتی مانند Wiener و Gamma پویا برای پیش‌بینی RUL ماژول‌های PV استفاده شده است.

● چه داده‌هایی لازم است؟

دقت مدل بیش از هر چیز به کیفیت و طول دوره داده‌های واقعی وابسته است.

مهم‌ترین داده‌ها عبارت‌اند از: توان و انرژی تولیدی و داده‌های SCADA، تابش روی صفحه آرایه (POA)، دمای ماژول و شرایط هواشناسی، منحنی‌های I-V برای ارزیابی پارامترهای الکتریکی، تصاویر EL برای شناسایی آسیب‌هایی مانند ترک‌های ریز، تصویربرداری حرارتی برای شناسایی نقاط داغ و ناهنجاری‌های حرارتی، سوابق تعمیر، خرابی و شرایط بهره‌برداری. بسته به روش مورد استفاده، داده‌های SCADA و محیطی می‌توانند هسته اصلی مدل باشند و داده‌هایی مانند I-V، EL و تصویربرداری حرارتی برای تشخیص دقیق‌تر سازوکارهای خرابی به کار روند.

اهمیت کیفیت داده در مقیاس واقعی به خوبی در برنامه PV Fleet Performance Data Initiative نشان داده شده است. NREL برای این پروژه داده‌های نیروگاه‌های بزرگ‌تر از ۲۵۰ کیلووات، با حداقل سه سال سابقه و ثبت داده حداقل هر ۱۵ دقیقه را گردآوری می‌کند و آنها را با داده‌های تابش و هواشناسی ترکیب می‌کند.

این مجموعه داده امکان شناسایی روند واقعی افت عملکرد، مقایسه نرخ تخریب سامانه‌ها و بررسی عوامل مؤثر بر آن را فراهم می‌کند؛ داده‌هایی که برای توسعه و اعتبارسنجی مدل‌های پیش‌بینی عمر نیز اهمیت اساسی دارند.

نکته قابل توجه این است که RUL یک عدد ثابت نیست. اگر مدل در ابتدا بر اساس پنج سال داده، عمر باقیمانده یک

با افزایش تعداد نیروگاه‌های فوتوولتاییک قدیمی، یک پرسش فنی و اقتصادی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند: یک پنل مشخص، با توجه به شرایط واقعی بهره‌برداری، چه مقدار عمر مفید باقی‌مانده دارد؟ پاسخ دیگر نمی‌تواند صرفاً بر اساس عمر اسمی یا یک نرخ متوسط تخریب ارائه شود. تفاوت اقلیم، دمای کار، تابش، آلودگی، شرایط نصب و سازوکارهای تخریب باعث می‌شود پنل‌های یکسان، مسیرهای متفاوتی را طی کنند.

به همین دلیل، در کنار محاسبه نرخ تخریب، پژوهش‌ها به سمت پیش‌بینی عمر باقیمانده (Remaining Useful Life; RUL) برای پنل یا سامانه مشخص حرکت کرده‌اند.

● از داده‌های عملکرد تا پیش‌بینی آینده پنل

نرخ افت عملکرد یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای سنجش روند تخریب پنل و نقطه شروع تخمین عمر باقیمانده است. برای محاسبه آن، داده‌های توان خروجی، تابش روی صفحه آرایه، دمای ماژول، شرایط هواشناسی و اطلاعات بهره‌برداری در طول زمان جمع‌آوری و نرمال‌سازی می‌شوند. سپس روند تغییرات عملکرد با یک مدل تخریب تحلیل می‌شود و زمان رسیدن پنل به یک آستانه عملکردی مشخص، برای برآورد پایان عمر مفید آن به کار می‌رود.

در ساده‌ترین روش، نرخ تخریب از داده‌های تاریخی استخراج و برای آینده برون‌یابی می‌شود. ابزار متن‌باز RdTools که با همکاری NREL توسعه یافته، نمونه‌ای عملی از این رویکرد است و برای استخراج نرخ تخریب از داده‌های سری زمانی PV طراحی شده است.

این ابزار قابلیت‌هایی برای شناسایی و مدیریت برخی عوامل مؤثر بر داده‌های عملکرد، از جمله آلودگی سطح پنل (Soiling)، محدودشدگی توان خروجی اینورتر (Clipping) و انحراف تدریجی داده‌ها یا حسگرها (Drift)، در فرآیند تحلیل تخریب فراهم می‌کند.

اما برای پیش‌بینی RUL، صرفاً محاسبه نرخ تخریب کافی

پنل را تخمین بزنند، ورود داده‌های سال ششم و هفتم می‌تواند این پیش‌بینی را تغییر دهد. این ایده در پژوهش‌های جدید به سمت پیش‌بینی پویا و تطبیقی رفته است. برای نمونه، یک مطالعه منتشرشده در سال ۲۰۲۶، مدلی مبتنی بر فرآیند تخریب Gamma پویا ارائه کرده است که با ورود داده‌های جدید، محاسبات خود را بر اساس آخرین وضعیت عملکرد پنل به‌روزرسانی می‌کند و در نتیجه، پیش‌بینی عمر باقیمانده نیز همگام با تغییر وضعیت پنل اصلاح می‌شود.

هم‌زمان، روش‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای استخراج روابط پیچیده میان شرایط محیطی، عملکرد و تخریب در حال توسعه‌اند. با این حال، AI به‌تنهایی مسئله را حل نمی‌کند؛ ترکیب مدل‌های فیزیکی با روش‌های داده‌محور می‌تواند برای فناوری‌های جدید، که هنوز داده‌های میدانی چندده‌ساله از آنها وجود ندارد، مسیر قابل‌اعتمادتری باشد.

NREL با استفاده از RdTools، داده عملکرد بیش از ۵۰۰ سامانه PV را تحلیل کرده است. این مطالعه نشان داد نرخ تخریب به عواملی مانند فناوری، دمای بهره‌برداری، سایه و سن سامانه وابسته است. همچنین، در نمونه‌ای از سامانه‌های غیرمسکونی قدیمی‌تر، نرخ تخریب در مراحل پایانی عمر افزایش یافته بود.

در یک مطالعه منتشرشده در Energy Engineering در سال ۲۰۲۵، پژوهشگران از مدل دومرحله‌ای Wiener برای مدل‌سازی تخریب و پیش‌بینی عمر باقیمانده ماژول‌های PV استفاده کردند. یک مطالعه جدیدتر در سال ۲۰۲۶ نیز با استفاده از فرآیند Gamma پویا و تنظیم تطبیقی پارامترها، پیش‌بینی بخط RUL را بررسی کرده است.

این مطالعات نشان می‌دهند که پژوهش از محاسبه ساده نرخ تخریب به سمت پیش‌بینی احتمالاتی و به‌روزشونده عمر باقیمانده در حال حرکت است.

● هنوز یک چالش اساسی باقی است

پیش‌بینی RUL به معنی پیش‌بینی دقیق تاریخ خرابی نیست. داده‌های ناقص و پرنویز، تفاوت شرایط اقلیمی، تخریب‌های غیرخطی، خرابی‌های ناگهانی و کمبود داده‌های

چندده‌ساله برای فناوری‌های جدید، همچنان محدودیت‌های جدی هستند. حتی در محاسبه نرخ تخریب نیز عواملی مانند آلودگی، محدودشدگی توان خروجی اینورتر، خاموشی، تغییرات فصلی و انحراف تدریجی حسگرها می‌توانند نتیجه را منحرف کنند. پژوهش‌های NREL نشان داده‌اند که انتخاب روش تحلیل می‌تواند بر عدم قطعیت نرخ تخریب اثر قابل توجهی داشته باشد. بنابراین، مسیر آینده احتمالاً نه استفاده صرف از هوش مصنوعی، بلکه ترکیب داده‌های میدانی، مدل‌های فیزیکی، روش‌های آماری و الگوریتم‌های داده‌محور خواهد بود.

آنچه در این مسیر در حال تغییر است، صرفاً روش محاسبه نرخ تخریب نیست؛ نگاه صنعت به مفهوم عمر پنل در حال تغییر است.

عمر مفید دیگر لزوماً یک عدد ثابت که در ابتدای بهره‌برداری تعیین شود نیست، بلکه می‌تواند بر اساس عملکرد واقعی، شرایط محیطی و شواهد جدید در طول زمان بازنگری شود. این تحول، تخمین عمر باقیمانده را از یک ابزار صرفاً پژوهشی به یکی از مؤلفه‌های بالقوه مدیریت دارایی‌های PV تبدیل می‌کند؛ ابزاری که می‌تواند در تصمیم‌گیری درباره ادامه بهره‌برداری، تعمیر، بازسازی، جایگزینی یا استفاده مجدد از پنل‌ها نقش داشته باشد.

● ایران؛ زیرساخت RUL از داده شروع می‌شود

برای ایران، مهم‌ترین اقدام الزاماً خرید یک نرم‌افزار پیشرفته RUL نیست بلکه ایجاد زیرساخت داده است. بدون داده تاریخی استاندارد از عملکرد، اقلیم، مشخصات ماژول و خرابی‌ها، حتی پیشرفته‌ترین الگوریتم‌های AI نیز نمی‌توانند RUL قابل‌اعتمادی برای ناوگان PV ایران ارائه کنند. ثبت مستمر عملکرد نیروگاه، تابش، دما، مشخصات دقیق ماژول، سوابق تعمیر و خرابی و شرایط بهره‌برداری می‌تواند در سال‌های آینده امکان توسعه مدل‌های بومی تخمین عمر را فراهم کند. این داده‌ها علاوه بر مدیریت نگهداری، می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری درباره ادامه بهره‌برداری، تعمیر، بازسازی، استفاده مجدد و در نهایت بازیافت باشند. در نتیجه، ایران می‌تواند به‌جای آنکه صرفاً در زمان پایان عمر پنل‌ها به فکر مدیریت پسماند باشد، از سال‌های میانی عمر آنها برای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی اقدام کند.

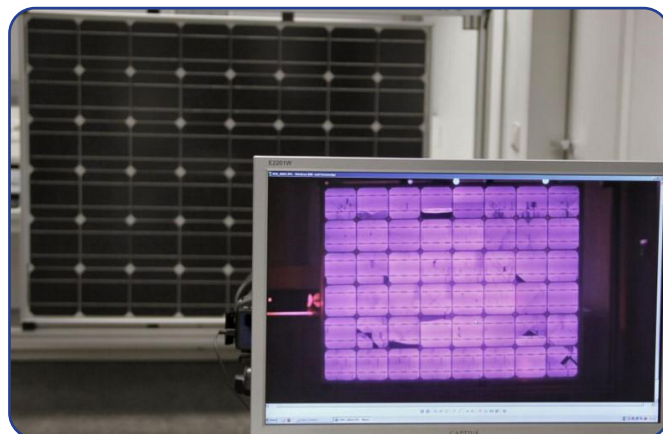
یک سال پس از خاموشی سراسری اسپانیا، تغییر رویکرد این کشور به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و تکامل شبکه برق‌رسانی، همچنان ادامه دارد.

یک سال پیش، تمام اسپانیا و بخش بزرگی از پرتغال دچار خاموشی بی‌سابقه‌ای در مقیاس و مدت زمان طولانی شدند. تنها در عرض چند ثانیه، سلسله‌ای از وقایع پی در پی شبکه برق را درنوردید و اولین رویداد «قطع سراسری» اروپا را در تاریخ معاصر رقم زد. علائم راهنمایی و رانندگی از کار افتادند، شبکه‌های تلفن همراه کاملاً از کار افتادند، پمپ بنزین‌ها نمی‌توانستند سوخت پمپ کنند و سوپرمارکت‌ها نمی‌توانستند پرداخت‌ها را انجام دهند. متروی مادرید متوقف شد و مردم مجبور شدند از واگن‌ها بیرون کشیده شوند. برق در روزهای بعد عمده‌تاً وصل شد، اما بحث‌های سیاسی - داخلی و جهانی - تنها چند ساعت پس از وقوع خاموشی آغاز شد. شبکه برق اسپانیا زمانی که تولید برق خورشیدی بالا بود، از کار افتاد و بحث‌های شدیدی را پیرامون گذار اسپانیا از انرژی فسیلی و به طور بحث‌برانگیزی، انرژی هسته‌ای، برانگیخت. رسانه‌ها تیترهایی مانند «انرژی تجدیدپذیر باعث خاموشی‌های اسپانیا شد»، «اسپانیا در معرض خطر خاموشی‌های جدید با برق صفر خالص» و «قطع برق اسپانیا به دلیل خرابی مزارع خورشیدی» منتشر کردند.

علیرغم یک نظریه گسترده که انرژی‌های تجدیدپذیر را به دلیل فقدان «اینرسی» مقصر می‌داند، تحقیقات بعدی به طور قطعی نشان داده‌اند که این عامل اصلی نبوده است. گزارش نهایی منتشر شده توسط اپراتور شبکه سراسری اروپا، ENTSO-E، در نهایت خاموشی را به «طوفان کامل» چندین شکست مدیریتی مربوط به ولتاژ نسبت داد. این فشار برق بر شبکه است و وقتی خیلی زیاد یا خیلی کم باشد، خطوط برق و ژنراتورها تمایل دارند به طور خودکار قطع شوند. این به نوبه خود باعث ایجاد یک خرابی آبشاری در سراسر شبکه می‌شود.

در حالی که برخی انتظار داشتند این خاموشی منجر به فاصله گرفتن از انرژی‌های تجدیدپذیر شود، عکس این اتفاق افتاده است. یک سال گذشته است، هیچ کاهش قابل توجهی در تلاش‌های اسپانیا برای جایگزینی نیروگاه‌های زغال‌سنگ و گازسوز خود با جایگزین‌های غیرفسیلی مشاهده نمی‌شود.

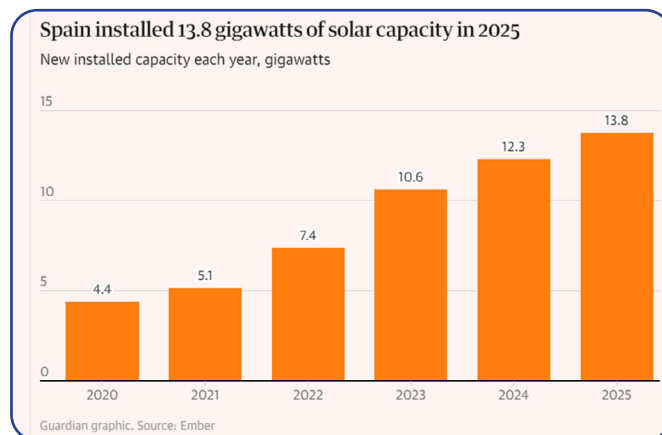
1. Jordan, D. C., Deline, C., Kurtz, S. R., Kimball, G. M., & Anderson, M. (2018). Robust PV Degradation Methodology and Application. IEEE Journal of Photovoltaics, 8(2), 525–531. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2017.2779779>.
2. Deceglie, M. G., Jordan, D. C., Nag, A., Deline, C., & Shinn, A. (2019). Fleet-Scale Energy-Yield Degradation Analysis Applied to Hundreds of Residential and Nonresidential Photovoltaic Systems. IEEE Journal of Photovoltaics, 9(2), 476–482. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2018.2884948>.
3. National Renewable Energy Laboratory (NREL). PV Fleet Performance Data Initiative. U.S. Department of Energy.
4. Jordan, D. C., et al. (2020). PV Fleet Performance Data Initiative: March 2020 Methodology Report. NREL/TP-5K00-76687. <https://doi.org/10.2172/1659786>.
5. Lin, J., Shen, H., Pei, T., & Wu, Y. (2025). Remaining Life Prediction Method for Photovoltaic Modules Based on Two-Stage Wiener Process. Energy Engineering, 122(1), 331–347. <https://doi.org/10.32604/ee.2024.055611>.
6. Chen, W., Wu, Y., Pei, T., Wei, Z., & Wu, Y. (2026). Prediction Method for Remaining Life of Photovoltaic Modules Based on Dynamic Gamma Process and Parameter Adaptive Adjustment. Acta Energiae Solaris Sinica, 47(5), 697–704. <https://doi.org/10.19912/j.0254-0096.tynxb.2024-2395>.
7. Jordan, D. C., Deline, C., Kurtz, S. R., et al. Calculating PV Degradation Rates Using Open-Source Software. National Renewable Energy Laboratory.



این بحران همچنین تمرکز را به سمت کاهش وابستگی به گاز در شبکه برق اسپانیا معطوف کرده است. به نظر می رسد تمام صحبت‌ها در مورد ناامنی انرژی‌های تجدیدپذیر با شوک انرژی که در حال شکل‌گیری است، فرو ریخته است. سپر خورشید و باد تنها چیزی است که برخلاف سایر نقاط اتحادیه اروپا، قیمت‌های انرژی نسبتاً مقرون‌به‌صرفه را برای اکثریت تضمین می‌کند.

در سال ۲۰۲۵، گاز به عنوان نجات‌دهنده شبکه از انرژی‌های تجدیدپذیر مطرح شد. اما در سال ۲۰۲۶، انرژی‌های تجدیدپذیر از مصرف‌کنندگان در برابر تأثیرات حاد گاز محافظت می‌کنند. میانگین قیمت برق اسپانیا در ماه مارس (۴۳ یورو در هر مگاوات ساعت) پس از فنلاند و پرتغال، سومین قیمت پایین در اروپا بود، دو برابر کمتر از آلمان (۹۹ یورو در هر مگاوات ساعت) و سه برابر کمتر از ایتالیا (۱۴۴ یورو در هر مگاوات ساعت). این به دلیل ارتباط ضعیف بین قیمت برق و گاز اسپانیا است. ناامیدی از اینکه چنین فاجعه خاموشی شدیدی باعث شد تا اقداماتی برای محافظت بیشتر از کاربران شبکه برق اسپانیا در برابر بحران قیمت گاز انجام شود، موضوعی رایج در بین کارشناسان و مدافعان انرژی است. اما به دور از هرگونه بازگشت ساختاری به سوخت‌های فسیلی، روندهای بلندمدت در اسپانیا همچنان در جهت مخالف قرار دارند، در حالی که پیامدهای سیاسی و اجتماعی خاموشی آوریل ۲۰۲۵ نشان می‌دهد که مقابله با اطلاعات نادرست به اندازه اصلاح شبکه برق مهم است.

طبق داده‌های اندیشکده انرژی جهانی امبر، اسپانیا در سال ۲۰۲۵، ۱۳.۸ گیگاوات انرژی خورشیدی جدید اضافه کرد، در حالی که این رقم در سال ۲۰۲۴، ۱۲.۳ گیگاوات بود و بالاترین میزان افزایش ظرفیت ماهانه در این کشور، ژوئیه ۲۰۲۵ بود.



پس از خاموشی، استفاده از نیروگاه‌های گازی که در «حالت تقویت‌شده» کار می‌کردند تا ولتاژ شبکه را کنترل کنند، افزایش یافت. اما این نشانه‌ای از این نبود که بازگشت به گاز بهترین اقدام بلندمدت است. بلکه «اسپانیا فاقد جایگزین‌های مناسب بود»، از جمله ذخیره‌سازی بزرگ باتری لیتیوم-یونی یا استفاده از موتورهای چرخان بزرگ که بتوانند همان ضربان قلب پایداری را که توربین‌های چرخان در نیروگاه‌های زغال‌سنگ و گاز ایجاد می‌کنند، بدون انتشار گازهای گلخانه‌ای، برای شبکه فراهم کنند.

یکی از دلایلی که ولتاژ در سال گذشته در این زمان خارج از محدوده طبیعی نوسان داشت، این بود که اپراتور شبکه اسپانیا به طور سنتی ظرفیت تولید انرژی بادی و خورشیدی را برای کمک به کنترل ولتاژ محدود کرده است. البته این وضعیت اخیراً تغییر کرده است و فناوری‌های تجدیدپذیر از ماه آوریل خدمات جبران ولتاژ را ارائه می‌دهند. در ماه‌های پس از خاموشی، درگیری ویرانگری در خاورمیانه در گرفت و بسته شدن تنگه هرمز قیمت بنزین را به شدت افزایش داد. اما اسپانیا به دلیل سرمایه‌گذاری‌های موجود در انرژی‌های تجدیدپذیر، در مقایسه با سایر کشورها نسبتاً محافظت شده است. تخمین زده می‌شد قیمت عمده‌فروشی برق در نیمه اول سال ۲۰۲۴ بدون رشد انرژی بادی و خورشیدی در سال‌های اخیر، ۴۰ درصد بیشتر می‌شد.

تماس با ما

● آدرس: تهران / شهرک قدس / انتهای بلوار شهید دامن / پژوهشگاه نیرو / پژوهشکده انرژی و محیط زیست / گروه پژوهشی انرژی‌های تجدیدپذیر

● دبیر: دکتر سید ابوالفضل موسوی ترشیزی

● ویراستار: دکتر حامد محبی

● تلفن: ۰۲۱- ۴۳۷۶۷۳۳۶

● کد پستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

● صندوق پستی: ۱۴۶۶۵۵۱۷

● آدرس پست الکترونیکی: samoussavi@nri.ac.ir

