

پژوهشگر دانشگاه علم و صنعت در گفت‌وگو با سمنه عنوان کرد

خورشید گرفتگی در آسمان انرژی ایران

شهناز صفایی: خورشیدی‌شدن صنعت برق ایران دیگر یک انتخاب دور از دسترس نیست؛ کاهش هزینه تجهیزات، توسعه فناوری و تشدید ناترازی برق، مسیر سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های خورشیدی را هموار تر کرده است. هر روز بر تعداد پنل‌ها و پروژه‌های خورشیدی افزوده می‌شود و این روند می‌تواند سهم انرژی پاک را در سبد برق کشور افزایش دهد؛ اما مسئله اصلی فقط سرعت نصب پنل‌ها نیست. تجربه توسعه زیرساخت‌های انرژی نشان داده افزایش ظرفیت تولید، بدون توجه هم‌زمان به شبکه، ذخیره‌سازی، مدیریت مصرف و مدل‌های پایدار سرمایه‌گذاری، نمی‌تواند به‌تنهایی امنیت عرضه برق را تضمین کند. برق خورشیدی ماهیتی متفاوت از نیروگاه‌های متعارف دارد و وابستگی آن به شرایط تابش، ضرورت پیش‌بینی تولید و ایجاد ظرفیت انعطاف‌پذیر در شبکه را بیشتر می‌کند. از سوی دیگر، توسعه این صنعت نیازمند پیوند میان سیاست انرژی، ساخت داخل، تامین مالی و برنامه‌ریزی شبکه است؛ موضوعی که نبود آن می‌تواند سرمایه‌گذاری‌های پراکنده را به پروژه‌هایی کوتاه‌مدت و واکنشی تبدیل کند. اکنون پرسش اصلی این است که آیا ایران می‌تواند رشد شتابان انرژی خورشیدی را به یک برنامه منسجم و بلندمدت برای بازطراحی نظام برق تبدیل کند یا قرار است توسعه پنل‌ها تنها پاسخی موقت به بحران ناترازی برق باشد؟ در این زمینه سمنه با علی میرزایی سیسان، پژوهشگر دانشگاه علم و صنعت گفت‌وگویی داشته که در ادامه می‌خوانید.

● **با توجه به اینکه توسعه انرژی خورشیدی در ایران طی سال‌های گذشته چند بار با موج‌های مقطعی همراه شده و هر بار به دلایلی مانند نبود توجیه اقتصادی پایدار و ارزان بودن سوخت‌های فسیلی متوقف یا کند شده است، به نظر شما چه تفاوتی میان شرایط امروز با موج‌های قبلی وجود دارد و آیا می‌توان امیدوار بود این بار توسعه انرژی خورشیدی به یک مسیر پایدار و بلندمدت تبدیل شود؟**

گسترش جهانی برق خورشیدی فوئولتائیک، یکی از مهم‌ترین نمودهای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای کاهش آثار زیست‌محیطی تولید انرژی است. پروژه‌های جدید انرژی خورشیدی هر روز در کشورهای مختلف، از جمله ایران، به بهره‌برداری می‌رسند. کاهش هزینه تجهیزات، دسترسی گسترده‌تر به فناوری و افزایش رقابت‌پذیری اقتصادی، محرک اصلی این‌روند بوده است. در ایران نیز احداث نیروگاه‌های خورشیدی و نصب پنل‌ها شتاب گرفته است. این تحول می‌تواند زمینه‌ساز نظام انرژی پاک‌تر، غیرمتمرکزتر و برخوردار از فرصت‌های اقتصادی جدید باشد. از نظر فنی، توسعه انرژی خورشیدی ظرفیت قابل توجهی برای کمک به تامین برق کشور دارد.

با این حال، افزایش تعداد پنل‌ها به‌تنهایی نشانه موفقیت نیست. مسئله اصلی، نبود معیارهای روشن برای سنجش عملکرد و فقدان مسیر تعریف شده مشخص توسط حکمرانی برای توسعه بلندمدت انرژی خورشیدی است. روند موجود تا حد زیادی پراکنده و واکنشی به ناترازی برق به نظر می‌رسد و هنوز در قالب برنامه‌ای منسجم، مثلاً با افاق بیست‌ساله، تعریف نشده است. این وضعیت، ضعف سیاست‌گذاری یکپارچه در پیوند میان انرژی، صنعت، اقتصاد، شبکه برق و تامین مالی را آشکار می‌کند.

باید توجه داشت که با افزایش ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی، گذار از شبکه برق فعلی به سامانه‌ای متکی بر انرژی‌های تجدیدپذیر لزوماً ساده‌تر نمی‌شود. هرچه سهم برق خورشیدی در تامین برق کشور افزایش یابد، نیاز شبکه به انعطاف‌پذیری، ذخیره‌سازی، مدیریت تقاضا، پیش‌بینی دقیق تولید و تقویت زیرساخت‌ها بیشتر خواهد شد. از این‌رو، توسعه پنل‌های خورشیدی باید هم‌زمان با نوآوری در اداره شبکه و ارزیابی دقیق پیامدهای اقتصادی و صنعتی دنبال شود.

در مجموع نگرانی آن است که حل ناترازی برق به شکلی ساده‌انگارانه، صرفاً در افزایش سریع نصب پنل‌های خورشیدی خلاصه شود. بدون اهداف قابل سنجش، تقویت شبکه، توسعه ذخیره‌سازی، سازوکارهای اقتصادی پایدار و برنامه صنعتی روشن، این حرکت نیز ممکن است مانند تجربه‌های پیشین به موجی موقت و کم‌اثر تبدیل شود.

رشد ظرفیت انرژی خورشیدی در ایران طی دو دهه گذشته به‌صورت موج‌هایی مقطعی تجربه شده است. در موج‌های پیشین، پس از جهش‌های اولیه، توسعه این بخش به دلیل نبود توجیه اقتصادی پایدار و ارزان بودن سوخت‌های فسیلی در نتیجه یارانه‌های غیرمنطقی، پس از فروکش‌کردن هیجان اولیه متوقف یا کند شده است. پرسش اصلی این است که چرا این بار ممکن است شرایط متفاوت باشد.

شتاب‌گیری دوباره پروژه‌های خورشیدی در ایران طی دو سال گذشته، بیش از آنکه بر پایه سیاست‌گذاری جامع و بلندمدت باشد، واکنشی به بحران جدی ناترازی برق و تلاش دولت برای اجرای تعهدات قانونی بوده است. با این حال، هنوز پاسخ راهبردی و جامعی از سوی ساختار حکمرانی به این پرسش ارائه نشده است که آیا افزایش صرف ظرفیت نصب‌شده، مطابق اهداف اعلامی دولت، می‌تواند چالش‌های کلان انرژی کشور را برطرف کند یا نه.

● **آیا افزایش ظرفیت نصب‌شده به‌تنهایی می‌تواند ناترازی برق را حل کند؟**

تمرکز غالب در سیاست‌گذاری انرژی کشور همواره بر راه‌حل‌های کوتاه‌مدت بوده است. به این معنا که با افزایش تقاضا، سیاست‌گذاری عمدتاً در پی افزایش عرضه رفته است. هرچند اقدامات سازمان سانب و دیگر بازیگران این حوزه در توسعه برق تجدیدپذیر فعالانه و گاه نوآورانه بوده است، حل ناترازی برق فرایندی خطی و تک‌بعدی نیست. این مسئله به مدیریت اوج بار، کنترل و بهینه‌سازی تقاضا، افزایش انعطاف‌پذیری شبکه و توسعه هم‌زمان فناوری‌های ذخیره‌سازی وابسته است. بسیاری از کشورها واقعیت سلطه چین بر زنجیره تامین جهانی تجهیزات خورشیدی را پذیرفته‌اند و با وجود ریسک‌های ناشی از واردات، در پی بازسازی شبکه برق و تقویت تاب‌آوری انرژی خود هستند. با این حال، شرایط هر کشور ویژگی‌های خاص خود را دارد. ایران نیز با توجه به اهداف و آرمان‌های صنعتی خود، باید جایگاهش را در زنجیره تامین این صنعت بازتعریف کند.

● **ایران در زنجیره تامین جهانی تجهیزات خورشیدی چه جایگاهی می‌تواند داشته باشد؟**

غلبه برنامه‌ریزی‌های واکنشی و فقدان افاق بلندمدت نشان می‌دهد که مسئله اصلی، نبود یکپارچگی میان توسعه صنعتی، مدیریت انرژی و سیاست‌های کلان اقتصادی است. استقرار پنل‌های خورشیدی در ایران اقدامی مثبت و ضروری است، اما به‌تنهایی برای شکل‌گیری یک زیست‌بوم جامع در تحول انرژی کفایت نمی‌کند.

گذار انرژی اغلب به‌صورت جایگزینی ساده سوخت‌های فسیلی با منابع تجدیدپذیر توصیف می‌شود، درحالی‌که این روایت ناقص



است و دگرگونی‌های ساختاری، نهادی، صنعتی و اجتماعی را نادیده می‌گیرد. در واقع، گذار انرژی تحولی همه‌جانبه است که زیرساخت‌ها، بازار کار، مالیه عمومی، الگوی مصرف و پیوندهای بین‌المللی را دگرگون می‌سازد.

فناوری‌های تجدیدپذیر مانند فوئولتائیک، انرژی بادی و تجهیزات ذخیره‌سازی با کاهش چشمگیر هزینه روبرو شده‌اند، اما بخش اصلی ارزش‌افزوده این صنعت در اختیار کشورهایی قرار گرفته که نتوانسته‌اند در تولید انبوه تجهیزات، زنجیره تامین و فناوری ساخت رقابت‌پذیر شوند. چین نمونه برجسته این‌روند است و همین مزیت، رقابت در ساخت تجهیزات را برای بسیاری از کشورها دشوار کرده است.

توسعه انرژی خورشیدی بدون درک نیازهای زیست‌بوم ایران، نه بحران ناترازی را به‌صورت پایدار مهار می‌کند و نه الزاماً به توسعه صنعتی می‌انجامد. تاریخ نشان داده دانش پیشرفته فناوری خورشیدی در اروپا و آمریکا شکل گرفت، اما ظرفیت عظیم تولیدی چین بود که مقیاس‌پذیری و کاهش هزینه این فناوری را محقق کرد. به‌گونه‌ای که امروزه حتی برخی از پیشگامان اولیه این فناوری، مانند آلمان، نیز بخش عمده تجهیزات موردنیاز خود را وارد می‌کنند.

سرعت و کیفیت تحولاتی مانند برقی‌سازی و کربن‌دایی شبکه به اولویت‌های سیاسی، دسترسی به سرمایه، تاب‌آوری امنیت تامین و ظرفیت شبکه برق وابسته است. در عین حال، پایداری، انجیر دسترسی، به‌صرفه بودن و پذیرش اجتماعی نیز از الزامات اساسی تغییرات کلان در این حوزه به‌شمار می‌آیند. از این‌رو، پرسش اصلی این است که توسعه خورشیدی چگونه می‌تواند نه‌تنها دسترسی به انرژی را افزایش دهد، بلکه به فعالیت‌های اقتصادی و صنعتی کشور نیز یاری برساند.

● **آیا توسعه خورشیدی وابستگی انرژی ایران را کاهش می‌دهد یا فقط شکل آن را تغییر می‌دهد؟**

برای بسیاری از کشورها، توسعه برق خورشیدی یک اولویت است، زیرا این فناوری هم هزینه نسبتاً پایینی دارد و هم منافع ژئوپلیتیکی، اقتصادی و زیست‌محیطی مهمی به همراه می‌آورد. انرژی خورشیدی می‌تواند الاینده‌گی را کاهش دهد، سید تولید برق را متنوع‌تر کند، آسیب‌پذیری در برابر نوسانات بازار سوخت را بکاهد و دسترسی به انرژی را تقویت کند. در مناطقی با تابش مناسب، مانند ایران، خورشید بسترى ارزشمند برای رشد اقتصادی و ارتقای امنیت انرژی فراهم می‌آورد. در مقیاس‌های پایین نصب پنل‌ها، اثرات شبکه‌ای توسعه خورشیدی محدود است، اما با افزایش قابل‌توجه ظرفیت نصب‌شده، هم اثرات مباش زیاد است و هم چالش‌های یکپارچه‌سازی، پایداری شبکه، ارتقای زیرساخت‌ها و مخاطرات سایبری به شکلی فزاینده آشکار می‌شوند.

● **شبکه برق ایران برای پذیرش سهم بالاتر انرژی خورشیدی به چه تغییراتی نیاز دارد؟**

برای کشوری مانند ایران که از ذخایر عظیم گاز طبیعی برخوردار است، معادلات گذار انرژی پیچیده‌تر می‌شود. تنوع‌بخشی به منابع انرژی مزینی مهم به‌شمار می‌رود، اما تصور اینکه توسعه خورشیدی به‌تنهایی می‌تواند همه تنگناها را برطرف کند، دقیق نیست. گذار سریع و بی‌برنامه از تولید برق گازپایه به برقی‌سازی گسترده ممکن است وابستگی به سوخت را با وابستگی به واردات پنل، اینورتر، باتری و مواد معدنی حیاتی جایگزین کند. در چنین وضعیتی، نوع وابستگی تغییر می‌کند، اما اصل چالش امنیت زنجیره تامین همچنان باقی می‌ماند.

وابستگی تجاری به معنای نفی تعامل بین‌المللی یا تلاش برای خودکفایی مطلق در همه مراحل تولید نیست. خودکفایی کامل نه واقع‌بینانه است و نه از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه. هدف اصلی باید ارتقای تاب‌آوری از مسیر تنوع‌بخشی به تامین‌کنندگان، شکل‌دهی به پیمان‌های راهبردی، کسب مهارت‌های منتخب و حضور سنجیده در بازارهای جهانی باشد.

تحریم‌ها و فشارهای اقتصادی، موانع جدی برای ایران ایجاد کرده‌اند، اما سیاست‌گذاری کلان باید حوزه‌های دارای مزیت نسبی در زنجیره ارزش را شناسایی کند. این تصور که ایران بتواند در آینده نزدیک وارد زنجیره جهانی ساخت و تولید انبوه پنل‌های خورشیدی شود، با واقعیت‌های بازار جهانی و ساختار رقابت در این صنعت سازگار نیست.

با این حال، ایران می‌تواند به‌تدریج در حوزه‌هایی مشخص و دارای ظرفیت واقعی فعالیت کند. تولید برخی قطعات تخصصی، فراوری مواد، ارائه خدمات مهندسی، توسعه زیرساخت‌های آزمون و استاندارد، بازیافت تجهیزات در پایان عمر، مدیریت هوشمند شبکه و افزایش انعطاف‌پذیری تقاضا، از جمله زمینه‌هایی هستند که می‌توانند ظرفیت‌های صنعتی و فناورانه کشور را تقویت کنند.

انرژی خورشیدی در ایران می‌تواند نقشی مکمل و ارزشمند برای سوخت‌های فسیلی ایفا کند. توسعه این انرژی، مصرف داخلی هیدروکربن‌ها را کاهش می‌دهد و امکان آزادسازی بخشی از این منابع را برای صادرات یا مصرف در فعالیت‌های دارای ارزش‌افزوده بالاتر فراهم می‌سازد. با این همه، تحقق این ظرفیت‌ها تنها در صورت اصلاح ساختار بازار برق و ادغام توسعه تجدیدپذیرها در یک راهبرد جامع تحول صنعتی و اقتصادی ممکن خواهد بود. بسته بودن بازار برق ایران، یکی از موانع اصلی بهره‌گیری کامل از این ظرفیت‌ها به شمار می‌آید.

مطالعات تحلیل‌گران صنعتی، از جمله پژوهش‌های گروه مشاوره بوستون، نشان می‌دهد گذار انرژی در جهان با چند معمای ساختاری روبرو است. نخستین مسئله، افاق زمانی است. هزینه‌های گذار انرژی فورس و سنگین هستند و دولت‌ها به‌تنهایی توان تامین همه آن‌ها را ندارند. از این‌رو، جلب مشارکت بخش خصوصی اهمیتی حیاتی دارد.

این هزینه‌ها شامل نوسازی شبکه برق، سرمایه‌گذاری سنگین در زیرساخت‌ها، تغییر الگوی اشتغال و بازنشستگی زودهنگام بخشی از دارایی‌های فسیلی است. در مقابل، منافع گذار، از جمله بهبود سلامت عمومی، کاهش آسیب‌های اقلیمی و افزایش پایداری بلندمدت، در افق‌های زمانی دورتر آشکار می‌شوند. نظام‌های تصمیم‌گیری و بنگاه‌ها معمولاً تحت فشار بازدهی‌های کوتاه‌مدت قرار دارند، درحالی‌که حل بحران‌های زیست‌محیطی به ثبات قدم، اعتماد و صبوری نیازمند است. چالش بعدی مسئله تعهد مشترک ذی‌نفعان مختلف است. هر بازیگر ممکن است تمایل داشته باشد از دستاوردهای پاک‌سازی محیط‌زیست بهره‌مند شود، بی‌آنکه سهم متناسب خود را از هزینه‌های صنعتی و اقتصادی آن بپردازد. در بازارهای بین‌المللی، صنایعی که زودتر برای سبز شدن و کاهش انتشار سرمایه‌گذاری می‌کنند، ممکن است در مقایسه با رقبایی که در محیط‌های مقرراتی سهل‌گیرانه‌تر فعالیت دارند، با کاهش رقابت‌پذیری قیمتی مواجه شوند.

پیشگامان گذار انرژی، هرچند در بلندمدت دانش فنی، اعتبار و سهم بازار بیشتری به دست می‌آورند، در کوتاه‌مدت با ریسک بالا و ناطمینیاتی‌های مقرراتی دست‌وپنجه نرم می‌کنند. این شکاف انگیزشی سبب می‌شود بسیاری از کنشگران تصمیم‌گیری و اقدام را به تأخیر بیندازند.

افزون بر این، ارزش برق خورشیدی به زمان تابش وابسته است و نیاز به پایداری شبکه در ساعات شب یا فصل‌های سرد را از میان نمی‌برد. شتاب‌زدگی نسنجیده می‌تواند به کنار گذاشتن زودهنگام تأسیسات فسیلی بینجامد که هنوز از نظر اقتصادی کارآمد هستند. زمان‌بندی منطقی به فناوری‌ها، مهارت‌های انسانی و زنجیره‌های تامین فرصت می‌دهد تا همگام با توسعه ظرفیت، به بلوغ برسند.

محیط تصمیم‌گیری اقتصادی نیز تحت‌تأثیر تحولات ژئوپلیتیکی، نوسانات مقرراتی، اختلالات لجستیکی و سرعت بالای تغییرات فناوری قرار دارد. سیاست‌های حمایتی دولت‌ها ممکن است در واکنش به دغدغه‌های معیشتی و صنعتی تغییر کنند. سرمایه‌گذاران خصوصی نیز هم‌زمان خواهان مدیریت ریسک‌های اقلیمی و دسترسی به سودآوری پایدار هستند، درحالی‌که مصرف‌کنندگان معمولاً تمایلی به پرداخت هزینه‌های سنگین برای انرژی پاک ندارند.

پایدارترین رویکرد برای شرکت‌ها و سیاست‌گذاران، همسو کردن راهبردهای زیست‌محیطی با منطق ارزش‌آفرینی اقتصادی درازمدت است. کربن‌دایی زمانی موفق خواهد بود که بهره‌وری را افزایش دهد، مصرف‌های زائد را مهار کند و دسترسی به بازارهای تازه را گسترش دهد. در عین حال، تحولات انرژی خورشیدی در جهان امروز وزن سیاسی قابل‌توجهی نیز پیدا کرده‌اند. افزایش تقاضای برق و گسترش فناوری‌های نوین، از جمله هوش مصنوعی، نیاز به انرژی قابل‌اعتماد را به یکی از مؤلفه‌های مهم رقابت اقتصادی و سیاسی تبدیل کرده است.

اولویت‌های نوآوری در این حوزه باید بر پایه توجیه بازگشت سرمایه شکل گیرند. ارتقای بهره‌وری انرژی، بهینه‌سازی فرایندهای صنعتی و مدیریت هوشمند منابع، از مهم‌ترین زمینه‌های دارای توجیه اقتصادی در شرایط کنونی هستند. فعالان اقتصادی نیز باید میان طرح‌های دارای توجیه واقعی و پروژه‌هایی که صرفاً به یارانه‌های مقطعی یا فناوری‌های نایخته وابسته‌اند، تمایز قائل شوند.

بازارها به‌تنهایی قادر نیستند استانداردها، مهارت‌ها و زیرساخت‌های لازم برای تحول مقیاس‌پذیر انرژی را فراهم کنند. همکاری نزدیک میان نهادهای قانون‌گذار، صنعت، مراکز پژوهشی و بخش مالی برای ایجاد محیطی شفاف، منصفانه و قابل پیش‌بینی ضروری است. یک طرح راهبردی تنها زمانی پایدار می‌ماند که منافع جامعه، مصرف‌کننده و کسب‌وکار را به‌طور هم‌زمان تامین کند. هرگاه الزامات زیست‌محیطی به توان رقابتی اقتصاد آسیب بزند یا بار مالی نامتعادلی بر دوش جامعه قرار دهد، حمایت عمومی و پایداری سیاسی خود را از دست خواهد داد.

نصب پنل‌های فوئولتائیک ارزان‌تر و افزایش ظرفیت خورشیدی، پایان مسیر گذار انرژی و رفع ناترازی برق نیست، بلکه پیش‌نیازی توانمندساز برای آغاز و پیشبرد این مسیر است. واکاوی چرایی، هدف، گستره و زمان‌بندی گذار انرژی در ایران همچنان ضعیف است و نقد علمی، عملی، اقتصادی و صنعتی این فرایند نیز بسیار محدود باقی مانده است. تعیین هدف گذار، حد و مرز آن و زمان‌بندی اجرایی آن، از وظایف اصلی حکمرانی بویاست که باید به بخش‌های مختلف اقتصادی و صنعتی جهت بدهد. اگر توسعه صنعتی و استقلال فناوری تا حد امکان، در کنار تامین پایدار انرژی مد نظر است، هدف گذار باید به بومی‌سازی منطقه‌ی نیز توجه داشته باشد. البته این مسئله نباید به تلاش پرهزینه برای تولید همه اجزای صنعتی در داخل مرزها تبدیل



شود. اولویت باید بر ایجاد توانمندی‌های محوری، کاهش آسیب‌پذیری‌های حساس و حضور هوشمندانه در زنجیره‌های بین‌المللی ارزش قرار گیرد.

گذار موفق انرژی نیازمند حکمرانی یکپارچه‌ای است که از رویکرد صرفاً مبتنی بر افزایش عرضه فراتر رود. مدیریت سمت تقاضا از طریق بهینه‌سازی مصرف در ساختمان‌ها و صنایع، سرمایه‌گذاری در شبکه‌های انتقال و توزیع، توسعه تجهیزات ذخیره‌سازی و تنوع‌بخشی به مبادی تامین تجهیزات، از ارکان اساسی این مسیر به‌شمار می‌آیند.

آینده انرژی در جهان می‌تواند بسیار چالش‌برانگیز باشد، زیرا تقاضا برای انرژی پیوسته در حال افزایش است. با این حال، این مسئله صرفاً با افزایش عرضه و بدون توجه به پیامدهای فنی، اقتصادی، شبکه‌ای، صنعتی و اجتماعی توسعه انرژی حل نخواهد شد. افزایش ظرفیت تولید، اگر از برنامه‌ریزی جامع و مدیریت تقاضا جدا باشد، ممکن است بخشی از مسئله را به آینده منتقل کند و حتی چالش‌های تازه‌ای در شبکه، تامین مالی، واردات تجهیزات و پایداری اقتصادی پروژه‌ها پدید آورد.

برای ایران که هم‌زمان از ذخایر غنی سوخت‌های فسیلی و ظرفیت بالای انرژی خورشیدی و بادی برخوردار است، آینده انرژی باید با سیاست‌گذاری چندوجهی، سرمایه‌گذاری راهبردی، تقویت توان صنعتی و جلب اعتماد عمومی مدیریت شود. در شرایط کنونی، دلایل فنی و علمی معتبری برای خوش‌بینی به گسترش انرژی خورشیدی و نقش آن در کاهش بخشی از مشکلات برق کشور وجود دارد. با این حال، بدبینی در این حوزه هم وجود دارد. نگاه بخشی و غیر یکپارچه به انرژی، تمرکز بیش‌ازحد بر ظرفیت نصب‌شده، نبود برنامه‌ریزی پایدار و بلندمدت و ضعف پیوند میان سیاست انرژی، صنعت، شبکه برق، مدیریت مصرف و تامین مالی، می‌تواند موفقیت این مسیر را محدود کند. ایران می‌تواند با واردات گسترده تجهیزات و نصب پنل‌های بیشتر، بخشی از کمبود برق را جبران کند. اما اگر هدف، برقی‌سازی در مقیاس بزرگ باشد، آثار مثبت آن تنها زمانی آشکار می‌شود که همه نیازهای این زیست‌بوم در نظر گرفته شود.

اگر توسعه خورشیدی به افتتاح پروژه‌ها و اعلام افزایش ظرفیت اسمی نصب‌شده با تکیه بر تجهیزات وارداتی محدود شود، نمی‌توان به پایداری بلندمدت آن امید زیادی داشت. بدون تقویت شبکه، ذخیره‌سازی، انعطاف‌پذیری تقاضا، زنجیره تامین و سازوکارهای اقتصادی پروژه‌ها، خطر تکرار تجربه‌های مقطعی گذشته باقی می‌ماند. مسئله تنها فنی نیست. شتاب‌زدگی بدون قانون‌گذاری روشن نیز می‌تواند زمینه اختلاف میان ذی‌نفعان را فراهم کند و از پیشرفت پروژه‌ها، بازدهی سرمایه‌گذاری و اعتماد عمومی بکاهد. بنابراین، انرژی خورشیدی می‌تواند بخش مهمی از راه‌حل ناترازی برق و تحول انرژی در ایران باشد، اما تنها در صورتی‌که در چارچوب راهبردی بلندمدت و یکپارچه برای آینده انرژی و صنعت کشور قرار گیرد.

● **در نهایت، اگر قرار باشد توسعه انرژی خورشیدی را فراتر از افزایش ظرفیت نصب‌شده ارزیابی کنیم، چه شاخص‌هایی باید مبنای سنجش موفقیت این مسیر قرار گیرد و حکمرانی چگونه می‌تواند اطمینان حاصل کند که این توسعه به یک تحول پایدار در نظام انرژی و صنعت کشور منجر شده است؟**

واقعیت این است که کمبود مطالعات گسترده درباره تعامل سیاست‌های کلان در حوزه‌های انرژی، گذار بر یکدیگر، به‌ویژه در مواجهه با تحولاتی مانند فناوری‌های جدید، باعث شده تمرکز در کشور بیشتر بر خود فناوری باشد تا پیامدهای سیستمی آن. از این‌رو، سنجش معنادار موفقیت تغییراتی در مقیاس گذار انرژی، در شرایط کنونی دشوار است. موفقیت در گذار انرژی را نمی‌توان تنها با افزایش ظرفیت نامی پنل‌های نصب‌شده سنجید. این موفقیت باید بر پایه واقعیت‌های گوناگون کشور و با هدایت نهادهای حکمرانی ارزیابی شود. چنین سنجشی می‌تواند به بخش‌های مختلف کمک کند تا عملکرد خود را ارزیابی کنند، پاسخگویی در برابر ذی‌نفعان را افزایش دهند، شفافیت عملکرد را بهبود بخشند و کمبودها را در کنار دستاوردها شناسایی و با ذی‌نفعان در میان بگذارند. این فرایند به درک بهتر چالش‌های انطباق و پیشرفت در مسیر تحول کمک می‌کند. در تغییرات بزرگی مانند گذار انرژی که تعامل بخش‌های گوناگون در آن تعیین‌کننده است، کشور با کمبود گفت‌وگو و بررسی علمی-عملی روبرو است. بنابراین، سنجش موفقیت در رفع ناترازی برق نمی‌تواند صرفاً بر افزایش ظرفیت نامی پنل‌های نصب‌شده تکیه کند. این ارزیابی باید مجموعه‌ای از شاخص‌های کلان و سیستمی را در بر گیرد. توسعه ایران در گرو سیاست‌گذاری ترکیبی و هماهنگ است. این سیاست‌ها باید تعاملات درون‌بخشی و بین‌بخشی را با واقعیت‌های کشور هماهنگ کنند. بهره‌گیری از ظرفیت حامل‌های متنوع انرژی، رصد فرصت‌های صنعتی، سرمایه‌گذاری هدفمند، اصلاح سازوکارهای اقتصادی و جلب اعتماد مصرف‌کننده و سرمایه‌گذار می‌تواند زمینه توسعه‌ای تاب‌آور، رقابت‌پذیر و پایدار را در حوزه انرژی و صنعت فراهم کند.