

پایش تحولات توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

با تمرکز بر

فناوری‌ها، اقتصاد و سیاست‌ها

ویژه‌نامه تاب‌آوری در بحران

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایش تحولات توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر

با تمرکز

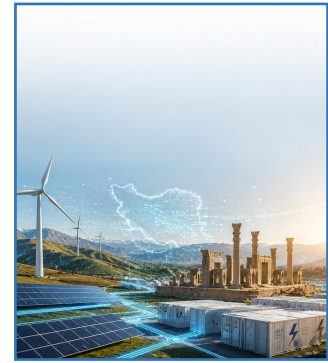
بر فناوری‌ها، اقتصاد و سیاست‌ها

ویژه‌نامه تاب‌آوری در بحران

دوره دوم، شماره ۱ - خرداد

فهرست مطالب

- ۱..... گذار انرژی‌های تجدیدپذیر به زیرساخت و ارتقاء تاب‌آور
- ۸..... رشد بیش از ۳ برابری ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در دولت چهاردهم
- ۹..... طرح هدف‌گذاری ساتبا برای آموزش ۲۰۰ هزار نیروی متخصص تجدیدپذیرها
- ۱۱..... ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های فتوولتائیک طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴
- ۲۶..... تأثیر تنش‌های خاورمیانه بر اقتصاد بازار خورشیدی چین
- ۲۹..... تاب‌آوری سایبری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر
- ۳۶..... تاب‌آوری در شرایط بحران با پناهگاه‌های ماژولار خورشیدی
- ۴۴..... مروری بر دستاوردها و چالش‌های شرکت نوآور تریناسولار در ۲۰۲۵
- ۵۱..... تاب‌آوری استراتژیک زیرساخت‌های نظامی استرالیا به کمک انرژی‌های تجدیدپذیر
- ۵۴..... راهکارهای هوشمند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایالات متحده
- ۶۲..... رویداد بین‌المللی هوشمندسازی انرژی ۲۰۲۶ اروپا
- ۶۴..... سبدهزینه انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق خشک ایران
- ۶۸..... تربیت پژوهشگران کوچک حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر با پلتفرم انرژی‌کدز
- ۷۴..... پایان عصر پنل‌های ارزان چینی در سایه لغو یارانه‌ها
- ۷۶..... تاب‌آوری اروپا در موج گرمای تابستان ۲۰۲۵ به کمک انرژی خورشیدی
- ۷۹..... تحول در طراحی ماژول‌های خورشیدی با فناوری فیلم‌های رنگی
- ۸۱..... قدردانی معاون اجرایی رئیس‌جمهور از وزیر نیرو و صنعت برق کشور
- ۸۳..... طرح‌های حمایتی ساتبا برای ۷ هزار مگاوات خورشیدی در اوج بار تابستان
- ۸۴..... بیک‌سایه مصرف برق کشور در تابستان با اصلاح ساعت رسمی



شورای راهبری:

دکتر امیر دودابی نژاد

دکتر اکبر شعبانی کیا

دکتر آبدین غزنوی

دکتر ابوالفضل موسوی ترشیزی

ناظران علمی:

مهندس بهروز دشتی

دکتر محمد چمنی

دکتر مهدی تفضلی

هیات اجرایی:

مهندس ثریا رستمی

مهندس مصطفی ربیعی

تهیه و تدوین این شماره:

مهندس ثریا رستمی

مهندس سارا جوکار

گذار انرژی‌های تجدیدپذیر به توسعه زیرساخت و ارتقاء تاب‌آوری



دکتر امیردودابی نژاد

معاون برنامه‌ریزی و نوآوری ساتبا

در میانه خرداد ۱۴۰۵ و در روزهایی که شماره اول دوره جدید نشریه برای انتشار، تنظیم و نهایی می‌شد ظرفیت تجدیدپذیرها در ایران از پنج هزار مگاوات عبور کرد و از تمبر یادبود این رویداد، رونمایی شد. در اکثر نقاط دنیا اگر یک دهه پیش درباره انرژی‌های تجدیدپذیر سخن می‌گفتیم، احتمالاً گفت‌وگو حول یک پرسش شکل می‌گرفت: چگونه می‌توان سهم بیشتری از برق را از خورشید و باد تأمین کرد؟ در آن زمان، افزایش ظرفیت نصب‌شده مهم‌ترین شاخص پیشرفت بود و تعداد نیروگاه‌های جدید، معیار موفقیت سیاست‌ها تلقی می‌شد امروز اما جهان در نقطه‌ای متفاوت ایستاده است. ما نیز با همت و تلاش انجام شده در طول حدود بیست ماه گذشته از یک نقطه عطف تاریخی در توسعه تجدیدپذیرها عبور کردیم به گونه‌ای که پنج درصد

از ظرفیت نامی منصوبه تولید برق کشور به این نوع از انرژی‌های پاک اختصاص پیدا کرده است. به این ترتیب انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر یک فناوری نوظهور یا یک انتخاب لوکس نیستند بلکه به بخشی از زیرساخت اصلی اقتصاد جهانی و تامین انرژی تبدیل شده‌اند. بسیاری از کشورها اکنون نه درباره اصل گذار انرژی، بلکه درباره سرعت، کیفیت و پیامدهای آن رقابت می‌کنند. پرسش اصلی نیز تغییر کرده است. دیگر سؤال این نیست که آیا باید به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر حرکت کرد یا نه؛ پرسش این است که چگونه می‌توان نظام انرژی آینده را به شکلی پایدار، ایمن، هوشمند و تاب‌آور معماری کرد.

این تغییر پرسش، اهمیت زیادی دارد. زیرا نشان می‌دهد که گذار انرژی صرفاً یک پروژه فنی نیست. ساخت چند نیروگاه جدید، هرچند ضروری، اما برای پاسخ به چالش‌های پیش روی جهان کافی نیست. انرژی امروز با اقتصاد، امنیت، فناوری، آموزش، محیط زیست، حکمرانی و حتی تاب‌آوری اجتماعی پیوند خورده است. به همین دلیل، هر تلاشی برای فهم آینده انرژی باید تصویری فراتر از پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی ارائه دهد.

مجموعه نشریات «پایش تحولات و راهبردهای بین‌المللی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر» با چنین نگاهی تدوین خواهد شد. تلاش ما این است که به آخرین تحولات جهانی اقتصاد، فناوری و حکمرانی انرژی‌های تجدیدپذیر بپردازیم و در اولین شماره از این مجموعه به جای تمرکز بر یک موضوع خاص، مجموعه‌ای از روندها، تجربه‌ها و چالش‌هایی را بررسی کنیم که در کنار یکدیگر، چهره نظام انرژی آینده را شکل می‌دهند. نقطه آغاز این روایت، توسعه ظرفیت‌های تجدیدپذیر است. گزارش رشد بیش از سه برابری ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در بیست ماه اخیر نشان می‌دهد این حوزه در کشور وارد مرحله‌ای تازه شده است. افزایش ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، تسهیل برخی فرآیندهای سرمایه‌گذاری و تلاش برای جبران بخشی از عقب‌ماندگی‌های گذشته در چارچوب نقش متفاوت و موقت وزارت نیرو و ساتبا، نشانه‌هایی از این حرکت جدید هستند. هرچند این دستاورد اهمیت فراوانی دارد، اما تجربه جهانی نشان می‌دهد که توسعه ظرفیت، تنها آغاز راه است. بسیاری از کشورها توانسته‌اند نیروگاه‌های بیشتری بسازند، اما همه آن‌ها موفق نشده‌اند اکوسیستم پایداری برای توسعه انرژی‌های پاک ایجاد کنند. تفاوت میان این دو رویکرد، تفاوت میان توسعه کمی و توسعه پایدار است.

به همین دلیل، در ادامه این شماره به موضوع اقتصاد انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌ایم. این ارزیابی در مطلبی با عنوان «ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های فتوولتائیک طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴» نشان می‌دهد که چگونه کاهش هزینه فناوری (به شکلی که هزینه هموار شده هر کیلووات‌ساعت در طول پانزده سال از چهل سنت به چهار سنت کاهش یافته است)، افزایش بهره‌وری و تحول در مدل‌های سرمایه‌گذاری، چشم‌انداز صنعت خورشیدی را دگرگون کرده است. این بررسی نشان می‌دهد که بهای تمام‌شده برق خورشیدی در بسیاری از نقاط جهان به سطحی رسیده که می‌تواند با بسیاری از منابع متعارف رقابت کند. در کنار این روند، فناوری‌های جدیدی مانند سلول‌های تاندم، سامانه‌های خورشیدی همراه با ذخیره‌ساز و روش‌های نوین تأمین مالی نیز در حال بازتعریف اقتصاد این صنعت هستند. توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر زمانی پایدار خواهد بود که از پشتوانه

اقتصادی کافی برخوردار باشد. هیچ فناوری صرفاً با اتکا به حمایت‌های مقطعی یا سیاست‌های کوتاه‌مدت به موفقیت بلندمدت دست نخواهد یافت. اما اقتصاد انرژی تنها در مرزهای ملی تعریف نمی‌شود. بازارهای جهانی نیز نقشی تعیین‌کننده در آینده این صنعت دارند. بررسی «تأثیر تنش‌های خاورمیانه بر اقتصاد بازار خورشیدی چین»، یادآور این واقعیت است که انرژی‌های تجدیدپذیر نیز مانند سایر صنایع راهبردی، تحت تأثیر تحولات ژئوپلیتیکی قرار دارند. این گزارش نشان می‌دهد که افزایش هزینه حمل‌ونقل دریایی، نااطمینانی در مسیرهای تجاری و اختلال در زنجیره تأمین چگونه می‌تواند حتی بر بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده تجهیزات خورشیدی جهان نیز اثرگذار باشد. زنجیره‌های تأمین جهانی، مسیرهای حمل‌ونقل، دسترسی به مواد اولیه و سیاست‌های تجاری کشورها، همگی بر سرعت و جهت توسعه این صنعت اثر می‌گذارند.

از همین منظر، بررسی «پایان عصر پنل‌های ارزان چینی» نیز صرفاً تحلیل بازار نیست؛ بلکه مطالعه نشانه‌های تغییر در موازنه رقابت جهانی انرژی است. سال‌ها کاهش مستمر قیمت پنل‌های خورشیدی عامل اصلی رشد شتابان این صنعت بود. اما اکنون نشانه‌هایی از اشباع ظرفیت تولید، فشار بر سودآوری شرکت‌ها و حرکت بازار به سمت رقابت فناورانه مشاهده می‌شود. به نظر می‌رسد صنعت خورشیدی به تدریج از رقابت صرف بر سر قیمت فاصله می‌گیرد و عواملی مانند کیفیت، نوآوری، دوام و تاب‌آوری زنجیره تأمین اهمیت بیشتری پیدا می‌کنند. در همین چارچوب، «بررسی تجربه شرکت ترینا سولار» نیز معنایی فراتر از معرفی یک شرکت موفق دارد. این شرکت نمونه‌ای از تلاش برای ایجاد مزیت رقابتی از طریق نوآوری فناورانه و مدل کسب‌وکار متفاوت است. در زمانی که بسیاری از بازیگران بازار بر تولید انبوه و کاهش قیمت تمرکز کرده‌اند، این شرکت مسیر دیگری را انتخاب کرده و نشان داده است که آینده صنعت خورشیدی فقط به ارزان‌تر شدن محصولات وابسته نیست؛ بلکه به توانایی خلق فناوری‌های متمایز نیز بستگی دارد.

در کنار این تحولات اقتصادی، یک روند مهم دیگر نیز در حال شکل‌گیری است؛ پیوند روزافزون انرژی و امنیت. هرچه شبکه‌های انرژی پیچیده‌تر و هوشمندتر می‌شوند، اهمیت امنیت آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. در گذشته، امنیت انرژی عمدتاً به معنای دسترسی به منابع سوخت بود. امروز اما مفهوم امنیت ابعاد تازه‌ای پیدا کرده است. شبکه‌های برق هوشمند، سامانه‌های کنترل از راه دور، اینترنت اشیا و تجهیزات دیجیتال، فرصت‌های بزرگی برای افزایش بهره‌وری ایجاد کرده‌اند، اما همزمان دروازه‌های جدیدی برای تهدیدات سایبری گشوده‌اند. «مقاله تاب‌آوری سایبری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر» دقیقاً به همین مسئله می‌پردازد. این مقاله نشان می‌دهد که چگونه گسترش کنتورهای هوشمند، سامانه‌های پایش از راه دور، تجهیزات متصل به شبکه و فناوری‌های دیجیتال، سطح جدیدی از آسیب‌پذیری را ایجاد کرده‌اند. در چنین شرایطی، یک حمله سایبری می‌تواند نه تنها داده‌ها، بلکه عملکرد نیروگاه‌ها و پایداری شبکه برق را نیز تحت تأثیر قرار دهد. این مقاله یادآور می‌شود که امنیت سایبری دیگر یک موضوع صرفاً فنی نیست، بلکه به بخشی از امنیت ملی و پایداری زیرساخت‌های حیاتی تبدیل شده است. اگر دهه گذشته را دهه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر بدانیم، شاید دهه پیش رو دهه ایمن‌سازی و تاب‌آوری این

زیرساخت‌ها باشد. مفهوم تاب‌آوری البته تنها به فضای سایبری محدود نمی‌شود. جهان در سال‌های اخیر با موجی از بحران‌های طبیعی و انسانی روبه‌رو بوده است؛ از سیل و زلزله گرفته تا آتش‌سوزی‌های گسترده، طوفان‌ها و موج‌های گرما. این رویدادها نشان داده‌اند که پایداری زیرساخت‌های انرژی، نقش تعیین‌کننده‌ای در مدیریت بحران دارد.

«مطالعه موردی پناهگاه‌های ماژولار خورشیدی» که در این شماره ارائه شده، نمونه‌ای گویا از این تحول فکری است. این سامانه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در کوتاه‌ترین زمان در مناطق بحران‌زده مستقر شوند و برق مورد نیاز روشنایی، ارتباطات، تجهیزات امدادی و خدمات اولیه را تأمین کنند. در این رویکرد، انرژی تجدیدپذیر صرفاً ابزاری برای تولید برق پاک نیست؛ بلکه بخشی از زیرساخت تاب‌آوری جامعه محسوب می‌شود. برق در شرایط بحران، فقط روشنایی تأمین نمی‌کند؛ ارتباطات را حفظ می‌کند، خدمات درمانی را ممکن می‌سازد و ظرفیت جوامع برای عبور از شرایط دشوار را افزایش می‌دهد. در همین ایام و به‌خصوص در میانه روزهای جنگ تحمیلی رمضان این جنبه قابل توجه از انرژی خورشیدی بیش از پیش مورد توجه سیاستگذاران کشور قرار گرفت و اقداماتی هم به‌عمل آمد که جای گسترش هر چه بیشتر دارد.

همین نگاه در «بررسی تجربه زیرساخت‌های دفاعی استرالیا» نیز دیده می‌شود. این گزارش نشان می‌دهد که چگونه نیروهای دفاعی این کشور از انرژی‌های تجدیدپذیر برای افزایش استقلال عملیاتی و کاهش وابستگی به شبکه‌های متمرکز استفاده می‌کنند. در اینجا مسئله فقط کاهش هزینه یا کاهش انتشار کربن نیست؛ بلکه افزایش تاب‌آوری و تداوم عملکرد در شرایط بحرانی است. این تجربه نشان می‌دهد که انرژی‌های تجدیدپذیر به تدریج در حال ورود به حوزه‌هایی هستند که پیش‌تر صرفاً از منظر امنیت ملی و دفاعی به آن‌ها نگاه می‌شد. همین منطق در گزارش مربوط به «تاب‌آوری اروپا در موج گرمای تابستان ۲۰۲۵» نیز دیده می‌شود. این گزارش نشان می‌دهد که چگونه افزایش بی‌سابقه دما، همزمان تقاضا برای سرمایش را افزایش داد و فشار قابل توجهی بر شبکه‌های برق وارد کرد. تجربه اروپا نشان داد که ذخیره‌سازی انرژی، پاسخگویی بار، شبکه‌های هوشمند و انعطاف‌پذیری سیستم، دیگر گزینه‌هایی جانبی نیستند؛ بلکه بخشی از الزامات طراحی نظام انرژی آینده محسوب می‌شوند. تغییرات اقلیمی دیگر موضوعی مربوط به آینده نیست؛ اکنون به یکی از عوامل تعیین‌کننده در برنامه‌ریزی انرژی تبدیل شده است.

اما اگر امنیت و تاب‌آوری یک ضلع مثلث آینده انرژی باشند، ضلع دیگر بی‌تردید نوآوری و هوشمندسازی است. صنعت انرژی در حال تجربه همزمان دو تحول بزرگ است؛ گذار به انرژی‌های پاک و انقلاب دیجیتال. هر یک از این دو تحول به تنهایی می‌تواند ساختارهای اقتصادی و صنعتی را دگرگون کند. اکنون این دو روند در نقطه‌ای به یکدیگر رسیده‌اند و نتیجه آن، ظهور نسل جدیدی از سامانه‌های انرژی است؛ سامانه‌هایی که بیش از هر زمان دیگر به داده، تحلیل و تصمیم‌گیری هوشمند وابسته‌اند. به همین دلیل، هوشمندسازی دیگر یک گزینه لوکس یا مکمل محسوب نمی‌شود. این مفهوم به یکی از الزامات توسعه پایدار انرژی تبدیل شده است. در این شماره، بررسی «راهکارهای هوشمند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در

آمریکا» نشان می‌دهد که چگونه استفاده از تحلیل داده، هوش مصنوعی، پیش‌بینی‌های دقیق و مدیریت هوشمند شبکه می‌تواند بهره‌وری سرمایه‌گذاری‌ها را افزایش دهد و هزینه‌های توسعه را کاهش دهد. در این رویکرد، مزیت رقابتی نه فقط در تجهیزات، بلکه در کیفیت تصمیم‌گیری و توانایی مدیریت اطلاعات نهفته است.

همین روند را می‌توان در «رویداد بین‌المللی هوشمندسازی انرژی اروپا» نیز مشاهده کرد. این رویداد تصویری از آینده‌ای ارائه می‌دهد که در آن تولید خورشیدی، ذخیره‌سازی انرژی، خودروهای برقی و سامانه‌های مدیریت مصرف به یک اکوسیستم یکپارچه تبدیل شده‌اند. آنچه در این نمایشگاه و نشست‌های تخصصی مشاهده می‌شود، صرفاً معرفی محصولات جدید نیست؛ بلکه نشانه‌ای از شکل‌گیری نسل جدیدی از نظام‌های انرژی است که مرز میان تولیدکننده و مصرف‌کننده را نیز دگرگون می‌کنند و هویتی جدید به نام مولد-مصرف‌کنندگان^۱ را پدید آورده است. در چنین شرایطی، کشورهایی موفق‌تر خواهند بود که بتوانند میان توسعه زیرساخت‌های فیزیکی و توسعه زیرساخت‌های دانشی تعادل برقرار کنند. ساخت نیروگاه ضروری است، اما کافی نیست. آینده به توانایی تحلیل داده‌ها، پیش‌بینی رفتار شبکه‌ها و مدیریت پیچیدگی‌های فزاینده سیستم‌های انرژی وابسته خواهد بود. این موضوع در مطالعات مربوط به «طراحی سبد بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر برای مناطق خشک ایران» نیز به خوبی دیده می‌شود. این پژوهش نشان می‌دهد که نسخه واحدی برای توسعه انرژی در همه نقاط کشور وجود ندارد. ترکیب بهینه منابع انرژی در هر منطقه باید بر اساس ویژگی‌های اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی آن تعیین شود. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و شاخص‌های توسعه پایدار در این مطالعه نشان می‌دهد که آینده انرژی ایران نیز نیازمند نگاه منطقه‌ای و مبتنی بر داده است.

در کنار هوشمندسازی، نوآوری فناورانه همچنان موتور اصلی تحول باقی مانده است. تحولات مربوط به «فناوری فیلم‌های نازک خورشیدی» نمونه‌ای از این روند است. این فناوری که زمانی در حاشیه بازار قرار داشت، امروز به دلیل ویژگی‌هایی مانند مصرف کمتر مواد اولیه، انعطاف‌پذیری بیشتر و قابلیت‌های کاربردی متفاوت، دوباره مورد توجه قرار گرفته است. تجربه چند دهه گذشته نشان داده که رقابت در صنعت انرژی صرفاً بر سر ظرفیت تولید نیست؛ رقابت بر سر افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و توسعه فناوری‌های جدید نیز هست. هر جهش فناورانه می‌تواند معادلات اقتصادی صنعت را تغییر دهد و فرصت‌های تازه‌ای برای کشورها و شرکت‌های پیشرو ایجاد کند. اما هیچ فناوری، هر اندازه پیشرفته، بدون نیروی انسانی توانمند به موفقیت نخواهد رسید. شاید یکی از مهم‌ترین درس‌های تجربه جهانی این باشد که توسعه پایدار پیش از آنکه در کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها اتفاق بیفتد، در نظام‌های آموزشی شکل می‌گیرد. سرمایه انسانی مهم‌ترین دارایی اقتصاد دانش‌بنیان است و صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر نیز از این قاعده مستثنا نیست.

^۱ Prosumers

به همین دلیل، پرداختن به ابتکارهایی همچون **Energy Kids** در این شماره صرفاً یک موضوع آموزشی نیست. این برنامه تلاش می‌کند کودکان و نوجوانان را از سنین پایین با مفاهیم انرژی پاک، محیط زیست، فناوری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی آشنا کند. کشورهایی که امروز برای آموزش نسل آینده سرمایه‌گذاری می‌کنند، در واقع زیرساخت انسانی اقتصاد انرژی فردا را می‌سازند. کودکانی که امروز با این مفاهیم آشنا می‌شوند، پژوهشگران، کارآفرینان و تصمیم‌گیران فردای این صنعت خواهند بود. اگر توسعه فناوری به آینده صنعت شکل می‌دهد، آموزش به آینده جامعه شکل می‌دهد.

در کنار آموزش و نوآوری، نقش سیاست‌گذاری نیز نباید نادیده گرفته شود. بسیاری از موفق‌ترین تجربه‌های جهانی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر، نتیجه هم‌افزایی میان بازار، فناوری و سیاست عمومی بوده‌اند. دولت‌ها می‌توانند با طراحی مشوق‌های مناسب، کاهش موانع سرمایه‌گذاری و ایجاد چارچوب‌های شفاف، مسیر توسعه را هموارتر کنند. بررسی طرح‌های حمایتی ساتبا در این شماره نیز از همین منظر اهمیت دارد. این طرح‌ها نشان می‌دهند که چگونه ابزارهای سیاستی و سازوکارهای حمایتی می‌توانند بر تصمیم سرمایه‌گذاران و سرعت توسعه پروژه‌ها اثرگذار باشند. توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تنها به حضور فناوری وابسته نیست؛ به وجود نهادهایی نیاز دارد که بتوانند میان اهداف ملی، منافع اقتصادی و الزامات زیست‌محیطی تعادل برقرار کنند. در عین حال، نباید فراموش کرد که آینده انرژی تنها با افزایش عرضه شکل نمی‌گیرد. مدیریت تقاضا نیز بخشی از همان معادله است. برای دهه‌ها، سیاست‌های انرژی عمدتاً بر تولید بیشتر متمرکز بودند. اما امروز بسیاری از کشورها دریافته‌اند که بهره‌وری و مدیریت مصرف می‌تواند به اندازه ساخت نیروگاه‌های جدید اهمیت داشته باشد. از این منظر، بررسی موضوع «**پیک‌سای مصرف برق و نقش اصلاح ساعت رسمی کشور**»، نمونه‌ای از نگاه جدید به مدیریت انرژی است. این تحلیل نشان می‌دهد که چگونه یک ابزار مدیریتی و رفتاری می‌تواند بر الگوی مصرف برق اثر بگذارد و بخشی از فشار وارد بر شبکه را کاهش دهد. گاه یک تصمیم مدیریتی یا یک اصلاح نهادی می‌تواند اثری معادل سرمایه‌گذاری‌های سنگین زیرساختی داشته باشد. آینده انرژی نه تنها به تولید برق بیشتر، بلکه به مصرف هوشمندانه‌تر آن نیز وابسته است.

اگر بخواهیم مفهوم محوری مشترک تمامی مطالب این شماره را که به‌سان نخ تسبیح مطالب را به م مرتبط می‌کند در یک جمله خلاصه کنیم، شاید بتوان گفت که انرژی‌های تجدیدپذیر از مرحله طرح به‌عنوان «فناوری جایگزین» عبور کرده‌اند و به مرحله ایفای نقش به‌عنوان «زیرساخت راهبردی» رسیده‌اند که لازم است همه ابعاد آن با جزئیات کافی مورد توجه قرار گیرد. در این مرحله، دیگر نمی‌توان درباره انرژی بدون سخن گفتن از اقتصاد صحبت کرد. نمی‌توان از توسعه سخن گفت و امنیت را نادیده گرفت. نمی‌توان از نوآوری سخن گفت و آموزش را فراموش کرد. نمی‌توان ظرفیت تولید را افزایش داد اما به تاب‌آوری و مدیریت مصرف توجهی نداشت. تمامی مطالب این شماره، با وجود تنوع ظاهری، در نهایت به همین واقعیت اشاره دارند؛ آینده انرژی حاصل تعامل مجموعه‌ای از عوامل فنی، اقتصادی، اجتماعی، امنیتی و فناورانه است.

شاید مهم‌ترین ویژگی عصر کنونی همین باشد. دیگر هیچ مسئله‌ای را نمی‌توان در چارچوب‌های محدود گذشته تحلیل کرد. انرژی نیز از این قاعده مستثنا نیست. جهان در حال ورود به دوره‌ای است که در آن برق، داده، امنیت، نوآوری و سرمایه انسانی بیش از هر زمان دیگری به یکدیگر وابسته‌اند. در چنین شرایطی، کشورهایی موفق خواهند بود که بتوانند تصویری جامع از این تحولات داشته باشند؛ تصویری که فراتر از پروژه‌های کوتاه‌مدت، به روندهای بلندمدت توجه کند و میان توسعه اقتصادی، امنیت ملی، پایداری زیست‌محیطی و رفاه اجتماعی تعادل برقرار سازد. هدف این نشریه نیز مشارکت در شکل‌گیری چنین نگاهی است.

ما بر این باوریم که شناخت آینده، پیش‌شرط ساختن آینده است. هر گزارش، هر تجربه جهانی، هر نوآوری فناورانه و هر درس‌آموخته‌ای که در این شماره مرور شده، بخشی از پازلی بزرگ‌تر است؛ پازلی که تصویر نظام انرژی فردا را ترسیم می‌کند. گذار انرژی آغاز شده است. پرسش امروز دیگر این نیست که این گذار رخ خواهد داد یا نه. پرسش این است که ما چه جایگاهی در این آینده خواهیم داشت؛ آیا صرفاً ناظر تحولات خواهیم بود یا در شکل دادن به آن‌ها نیز نقش خواهیم داشت؟ پاسخ به این پرسش، از امروز آغاز می‌شود.

در شماره‌های آینده این نشریه ضمن پایش مستمر آخرین تحولات بین‌المللی، بعضی موضوعات را به‌طور ویژه بررسی خواهیم کرد. سیاست‌های توسعه فناوری و جایگاه ایران در زنجیره تأمین، مسائل مرتبط با کنترل و ادغام منابع تجدیدپذیر در شبکه برق، سیاست‌های توسعه مولدهای انشعابی و نقش مولد-مصرف‌کنندگان، نقش و فناوری ذخیره‌سازی در گذار انرژی، تحولات مبتنی بر به‌کارگیری هوش مصنوعی در توسعه تجدیدپذیرها از مهم‌ترین عناوین شماره‌های آتی خواهد بود.

رشد بیش از ۳ برابری ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در دولت چهاردهم



در سال‌های اخیر، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به یکی از محورهای اصلی سیاست‌گذاری در بخش برق کشور تبدیل شده و در دولت چهاردهم نیز با شتابی کم‌سابقه دنبال شده است. به گفته وزیر نیرو، دکتر عباس علی‌آبادی، ظرفیت تولید برق از این منابع در کمتر از دو سال با رشدی ۳/۶ برابری از حدود ۱۲۵۰ مگاوات به بیش از ۴۵۰۰ مگاوات رسیده و سهم آن در سبد تولید برق کشور به حدود ۵ درصد افزایش یافته است. پیش‌بینی می‌شود این سهم تا اوج بار تابستان به ۷ درصد افزایش یابد. بر پایه این روند، وزارت نیرو دستیابی به ظرفیت ۷۰۰۰ مگاواتی تا اوج بار سال ۱۴۰۵ را در دستور کار قرار داده و تحقق آن را نیازمند ورود حدود ۲۵۰۰ مگاوات ظرفیت جدید به مدار می‌داند. وزیر نیرو با تأکید بر تداوم فعالیت پروژه‌ها در شرایط خاص تصریح کرد: حتی در دوران جنگ نیز روند توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر متوقف نشد و پروژه‌ها با برنامه‌ریزی دقیق و رعایت ملاحظات ایمنی ادامه یافت.

منابع:

- خبرگزاری مهر - ۹ اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۵
- عکس از اصغر خمسه - ایرنا

هدف‌گذاری ساتبا برای آموزش ۲۰۰ هزار نیروی متخصص تجدیدپذیرها



در آیین رونمایی از تجهیز و راه‌اندازی مراکز آموزشی تخصصی انرژی خورشیدی که در ۲۳ خردادماه برای ۱۷ مرکز آموزشی کشور برگزار شد، معاون وزیر نیرو و رئیس ساتبا از هدف‌گذاری این سازمان برای تربیت ۲۰۰ هزار نیروی متخصص در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر طی پنج سال آینده خبر داد. رییس ساتبا همچنین از ورود صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر کشور به مرحله‌ای تازه خبر داد و گفت: با توسعه نیروگاه‌های خاکی، انشعابی و سامانه‌های مجهز به اینورترهای هیبریدی و ذخیره‌ساز، آموزش نیروی انسانی ماهر به یکی از ضرورت‌های اصلی تبدیل شده و بر همین اساس، آموزش ۲۰۰ هزار نفر در برنامه پنج‌ساله پیش‌بینی شده است. طرزطلب روز یکشنبه در آیین رونمایی از تجهیز و راه‌اندازی ۱۷ مرکز تخصصی آموزش انرژی خورشیدی با اشاره به شتاب گرفتن روند توسعه نیروگاه‌های خورشیدی در کشور اظهار کرد: امروز دیگر تنها موضوع نصب و راه‌اندازی نیروگاه‌های خورشیدی مطرح نیست، بلکه صنعت تجدیدپذیرها در حال ورود به مرحله‌ای جدید با استفاده از اینورترهای هیبریدی، سامانه‌های متصل و غیرمتصل به شبکه و ذخیره‌سازهای انرژی است.

وی افزود: استفاده از این تجهیزات، فصل تازه‌ای در حوزه آموزش و مهارت‌آموزی ایجاد می‌کند و لازم است مراکز آموزشی فنی و حرفه‌ای، دانشگاه ملی مهارت و پژوهشگاه نیرو به تجهیزات جدید از جمله اینورترهای هیبریدی و ذخیره‌سازها مجهز شوند تا مهارت‌آموزان با فناوری‌های روز این حوزه آشنا شوند. رییس ساتبا با اشاره به برنامه‌ریزی انجام‌شده برای تربیت نیروی انسانی متخصص گفت: در برنامه پنج‌ساله، آموزش ۲۰۰ هزار نفر در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر پیش‌بینی شده است. این یک فرصت استثنایی است که همزمان با اجرای پروژه‌های توسعه‌ای، انتقال تجربه، آموزش و مهارت‌آموزی نیز انجام شود. طرزطلب تاکید کرد: افرادی که امروز در کارگاه‌ها و پروژه‌های اجرایی حضور پیدا می‌کنند و همزمان با اجرای پروژه‌ها تجربه می‌آموزند، در آینده نقش بسیار مؤثری در توسعه این صنعت خواهند داشت. وی با اشاره به ضرورت تجهیز مراکز



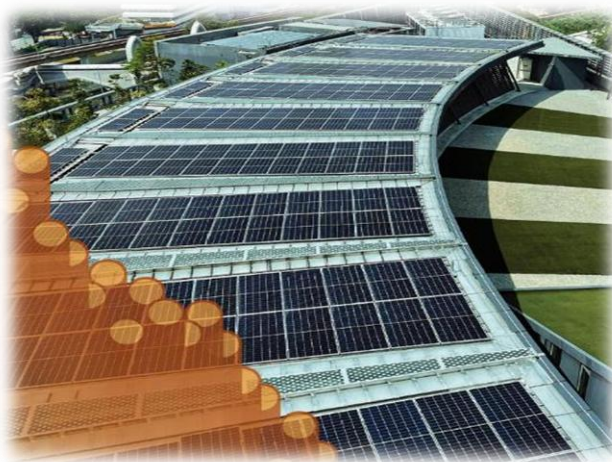
آموزشی کشور ادامه داد: انتظار داریم برنامه‌ای دقیق برای تجهیز مراکز فنی و حرفه‌ای، دانشگاه ملی مهارت و پژوهشگاه نیرو ارائه شود تا بتوانیم تجهیزات مورد نیاز، از جمله سامانه‌های هیبریدی، ذخیره‌سازها و تجهیزات با ظرفیت‌ها و اندازه‌های مختلف را تأمین و روند آموزش را تقویت کنیم. مدیرعامل ساتبا با بیان اینکه رویکرد جدید ساتبا حرکت به سمت نیروگاه‌های انشعابی و خانگی است، گفت: در برنامه‌های جدید،

بخشی از تمرکز از نیروگاه‌های بزرگ‌مقیاس و کوچک‌مقیاس به سمت نیروگاه‌های انشعابی، بام‌نیرو، نیروگاه‌های خانگی، تجاری و کشاورزی منتقل می‌شود. طرزطلب افزود: در این مدل، پکیج‌های کوچک شامل پنل خورشیدی، اینورتر هیبریدی و باتری طراحی می‌شود تا هر شهروند بتواند به راحتی از این سامانه‌ها استفاده کند. تحقق این هدف نیازمند آموزش عمومی و تخصصی برای نصب، بهره‌برداری و نگهداری این تجهیزات است.

وی از برنامه‌ریزی ساتبا برای توسعه نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس خبر داد و خاطر نشان کرد: امکان عملیاتی شدن ۱۵ هزار مگاوات نیروگاه کوچک‌مقیاس با رویکرد نیروگاه‌های خانگی، تجاری و کشاورزی در کشور وجود دارد و برنامه آن نیز ارائه شده است. امیدواریم با حمایت دولت و رئیس‌جمهور، این مسیر با سرعت بیشتری دنبال شود. مدیرعامل ساتبا با اشاره به اهداف برنامه هفتم توسعه اظهار کرد: در برنامه هفتم، ظرفیت ۱۲ هزار مگاوات برای انرژی‌های تجدیدپذیر پیش‌بینی شده و برنامه‌ریزی کرده‌ایم تا پایان سال به این هدف برسیم. این در حالی است که ظرفیت سال گذشته حدود ۴۳۰۰ تا ۴۵۰۰ مگاوات بود و تحقق هدف جدید به معنای افزایش حدود سه‌برابری ظرفیت ابتدای سال است. طرزطلب تصریح کرد: توسعه این ظرفیت به این معناست که باید نیروی انسانی، مراکز آموزشی و زیرساخت‌های مهارتی نیز متناسب با آن توسعه پیدا کند. تمام مراحل از طراحی تا نصب، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری باید تا حد امکان در داخل کشور و توسط متخصصان ایرانی انجام شود. وی با اشاره به توان فنی متخصصان کشور گفت: امروز در بسیاری از پروژه‌ها، طراحی، نصب و اجرای نیروگاه‌ها توسط مهندسان و متخصصان ایرانی انجام می‌شود و اکنون وارد مرحله بهره‌برداری از پروژه‌های کوچک، متوسط و بزرگ شده‌ایم؛ مرحله‌ای که نیازمند مهارت‌های تخصصی‌تر و آموزش‌های دقیق‌تر است.

رییس ساتبا همچنین تأکید کرد: انرژی‌های تجدیدپذیر فقط به نیروگاه‌های خورشیدی محدود نمی‌شود و توسعه نیروگاه‌های بادی نیز با جدیت در دستور کار قرار دارد. این حوزه نیز نیازمند تربیت نیروهای متخصص و ایجاد ظرفیت‌های آموزشی متناسب است. طرزطلب با اعلام آمادگی ساتبا برای حمایت از توسعه آموزش‌های مهارتی گفت: سازمان فنی و حرفه‌ای، دانشگاه ملی مهارت و پژوهشگاه نیرو هر برنامه‌ای برای توسعه آموزش، تجهیز مراکز و تربیت جوانان کشور در حوزه تجدیدپذیرها ارائه کنند، ساتبا آماده همکاری و پشتیبانی است.

ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های فتوولتائیک طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴

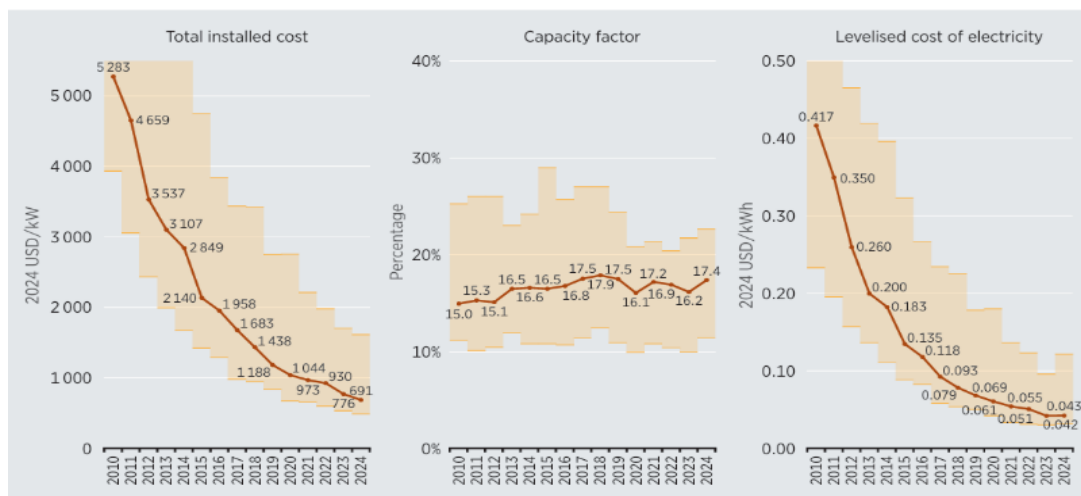


صنعت انرژی خورشیدی فتوولتائیک در دهه اخیر دستخوش تحولات بنیادینی شده که رقابت‌پذیری اقتصادی آن را به شدت افزایش داده است. بر اساس داده‌های منتشر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر^۱ تا پایان سال ۲۰۲۴، این فناوری با وجود نوسانات کوتاه‌مدت در زنجیره تأمین، مسیر کاهشی هزینه‌ها را با شتابی بی‌سابقه طی کرده است. این کاهش هزینه‌ها، موتور محرک اصلی رشد ظرفیت نصب‌شده در سال‌های اخیر بوده است. تا پایان سال ۲۰۲۴، ظرفیت نصب‌شده سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک در سطح جهانی از مرز ۱۸۵۹ گیگاوات فراتر رفته است. این رشد، عمده‌تأ ناشی از راه‌اندازی ۴۵۲ گیگاوات ظرفیت جدید در خود سال ۲۰۲۴ بوده که نشان‌دهنده افزایش ۲۶٫۷ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۳ است. این توسعه شتابان، همواره رکوردهای جدیدی را به ثبت رسانده و انرژی خورشیدی را به فناوری پیشرو در افزایش ظرفیت تجدیدپذیر تبدیل کرده است. در سال ۲۰۲۴، پروژه‌های خورشیدی مقیاس نیروگاهی^۲ سهم غالب توسعه جدید را به خود اختصاص دادند. از مجموع ظرفیت نصب‌شده، ۲۶۲ گیگاوات مربوط به این پروژه‌ها بوده که حدود ۵۸ درصد از کل توسعه جدید فتوولتائیک جهان را تشکیل می‌دهد. بازارهای چین، ایالات متحده و هند سه قطب اصلی این رشد بوده‌اند. چین با

^۱ IRENA

^۲ Utility-scale

کسب سهم تقریبی ۶۴ درصدی از نصب‌های مقیاس نیروگاهی جهان، رهبری بی‌رقیب این بازار را بر عهده داشته و نقش محوری در کاهش هزینه‌های جهانی ایفا کرده است.



میانگین وزنی جهانی و بازه هزینه‌های کل نصب، ضرایب ظرفیت و هزینه‌های تراز شده برق برای نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک در مقیاس نیروگاهی،

۲۰۲۴-۲۰۱۰

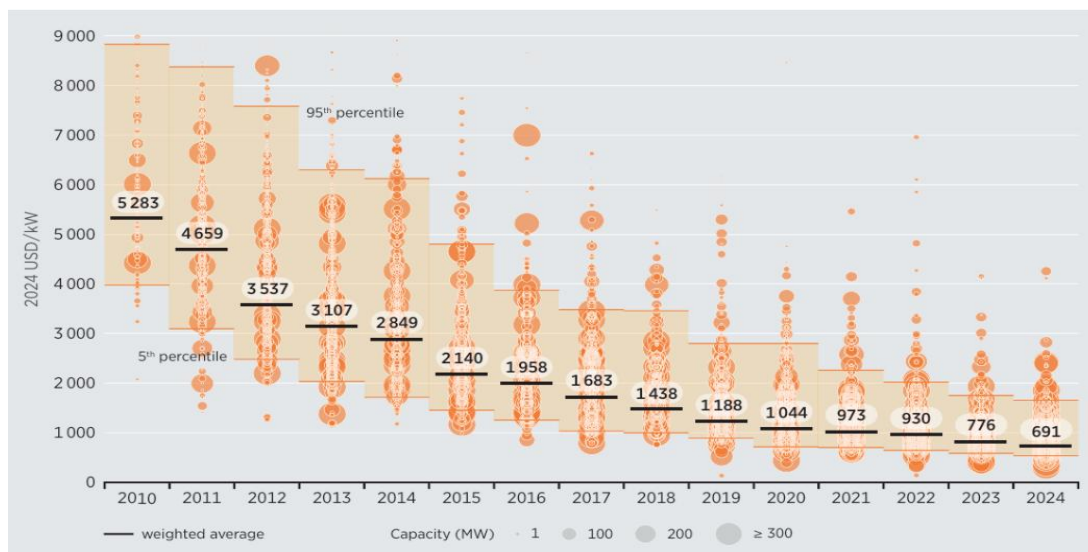
❖ کاهش هزینه نصب و بلوغ بازار

رقابت‌پذیری فزاینده انرژی خورشیدی فتوولتائیک در دهه‌های اخیر، ریشه در روند نزولی پایدار هزینه‌ها و بالاترین نرخ یادگیری^۱ در میان تمام فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر دارد. در سال ۲۰۲۴، نرخ یادگیری فتوولتائیک به ۳۳/۸ درصد رسید که حاکی از سرعت چشمگیر کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی با افزایش ظرفیت نصب‌شده است. این بلوغ اقتصادی را می‌توان در «هزینه کل نصب^۲» مشاهده کرد. در سال ۲۰۲۴، میانگین وزنی جهانی TIC برای پروژه‌های فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی، با کاهش ۱۱ درصدی نسبت به سال قبل، به ۶۹۱ دلار بر کیلووات رسید. این رقم نشان‌دهنده کاهش ۸۷ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۰ است. پراکندگی هزینه‌ها در سال ۲۰۲۴، که با استفاده از صدک‌های ۵ و ۹۵ اندازه‌گیری می‌شود، بین ۴۸۹ دلار تا ۱۶۱۰ دلار بر کیلووات متغیر بوده است. مقایسه این بازه با سال‌های قبل نشان می‌دهد که صدک ۹۵ در سال ۲۰۲۴، ۵ درصد ارزان‌تر و صدک ۵، ۹ درصد ارزان‌تر از سال ۲۰۲۳ بوده است. این همگرایی در بازه هزینه‌ها، حاکی از کاهش شکاف بین پروژه‌های پرهزینه و کم‌هزینه و دسترسی گسترده‌تر به هزینه‌های بهینه است. در مقایسه با سال ۲۰۱۰، صدک ۵ و ۹۵

^۱ Learning Rate

^۲ total installed cost (TIC)

به ترتیب ۸۸ درصد و ۸۲ درصد کاهش یافته‌اند. برای درک بهتر این روند کاهشی، باید به تحلیل سری‌های زمانی و ساختار هزینه‌ها در بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ و تفاوت‌های منطقه‌ای پرداخت.



هزینه کل نصب نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی، بر اساس هر پروژه و میانگین وزنی، ۲۰۲۴-۲۰۱۰

❖ عوامل اصلی کاهش هزینه کل نصب

عوامل محرک اصلی این کاهش هزینه‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: هزینه‌های سخت‌افزاری و تجهیزات جانبی سیستم^۱. بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، هزینه ماژول‌ها و اینورترها به تنهایی مسئول ۶۰ درصد از کل کاهش هزینه‌های نصب بودند. این امر عمدتاً ناشی از پیشرفت‌های فناوریانه در کارایی سلول‌ها، تولید مقیاس‌پذیر و کاهش قیمت‌های رقابتی، به ویژه در بازارهای آسیایی مثل چین بوده است. در مقابل، هزینه‌های تجهیزات جانبی سیستم که شامل نصب، مهندسی و ساخت^۲، توسعه پروژه و سایر هزینه‌های نرم^۳ می‌شوند، ۳۰ درصد از کاهش هزینه‌ها را تشکیل داده‌اند. این بخش از کاهش هزینه‌ها عمدتاً ناشی از بهبود ساختار زنجیره تأمین، افزایش تجربه توسعه‌دهندگان پروژه و رقابتی‌تر شدن بازار نصب است. سایر عوامل نیز ۱۰ درصد از کاهش هزینه‌ها را پوشش داده‌اند. این آمار موید آن است که اگرچه هزینه‌های سخت‌افزاری کاهش یافته‌اند، اما هزینه‌های تجهیزات جانبی سیستم سهم فزاینده‌ای در ساختار هزینه نهایی پیدا کرده‌اند.

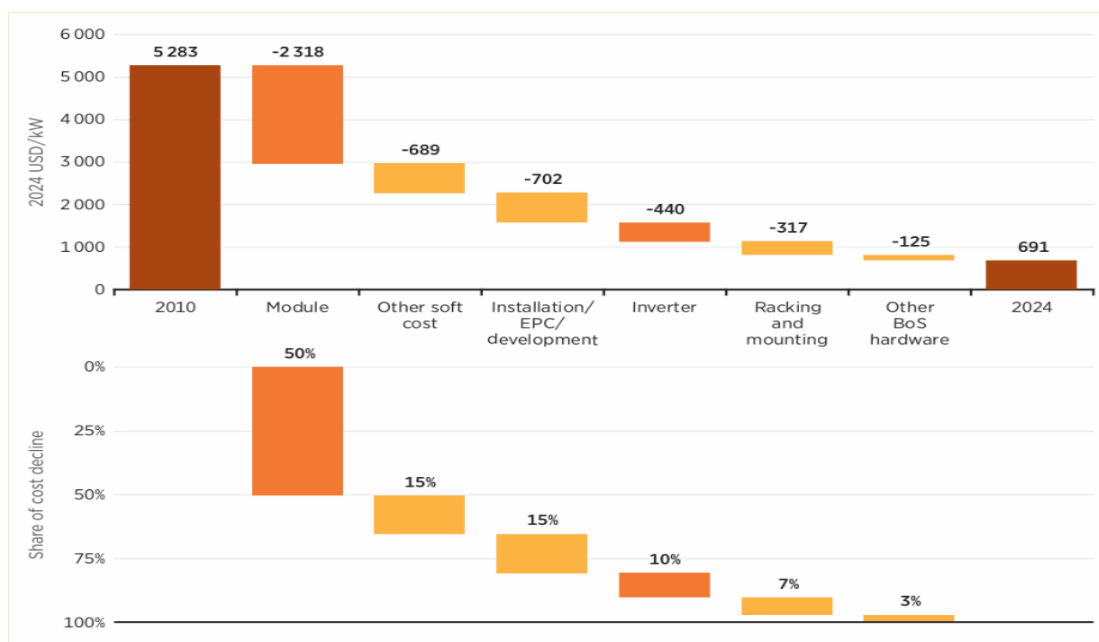
^۱ Balance of System (BOS)

^۲ Engineering, procurement, and construction (EPC)

^۳ Soft Costs

برونداد تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر

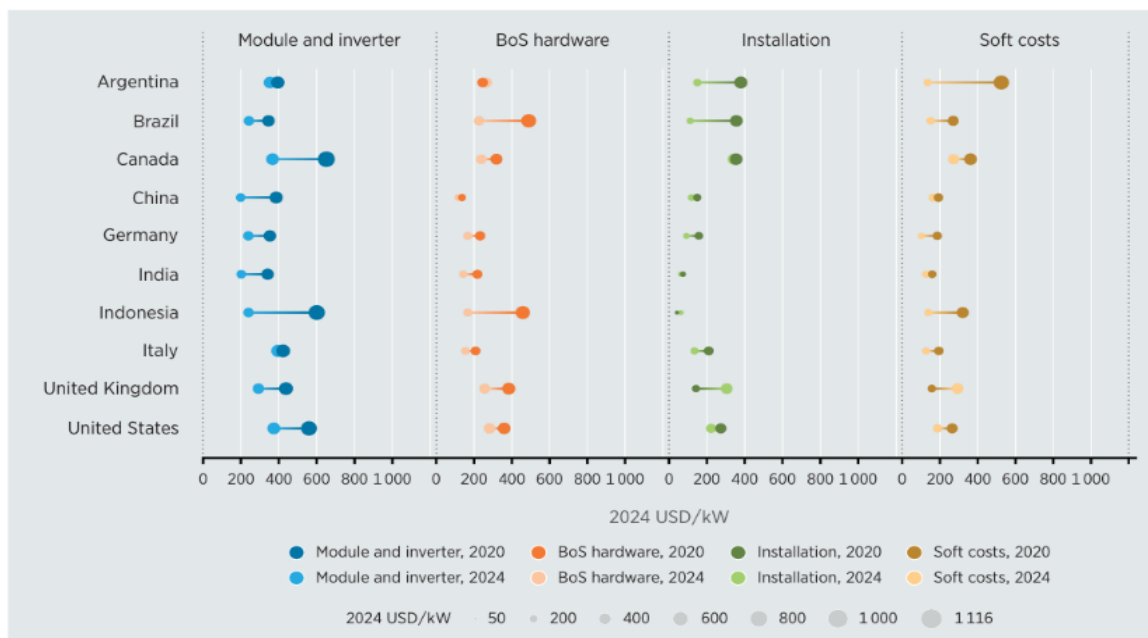
تحلیل سری‌های زمانی بازارهای مختلف در بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۴ تحولات ساختاری عمیق در هزینه‌های پروژه‌های فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی را نشان می‌دهد. در میان ۱۰ کشوری که مورد بررسی قرار گرفتند، هزینه‌های دسته «ماژول و اینورتر» با میانگین کاهش ۳۴ درصدی، بیشترین افت را در بین تمام اجزای هزینه کل نصب‌شده ثبت کردند. این هزینه‌ها از بازه ۳۳۹ تا ۶۴۹ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۰، به بازه ۱۹۷ تا ۳۹۴ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۴ رسیده‌اند. این کاهش چشمگیر عمدتاً ناشی از افت شدید قیمت ماژول‌های سیلیکونی و رقابت شدید در بازار اینورترها بوده است.



میانگین وزنی جهانی هزینه کل نصب سیستم‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی و کاهش هزینه‌ها بر اساس منبع، ۲۰۲۴-۲۰۱۰

همزمان، هزینه‌های سخت‌افزاری تجهیزات جانبی سیستم نیز با میانگین کاهش ۲۹ درصدی، از بازه ۱۳۵ تا ۴۸۷ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۰ به ۱۱۴ تا ۲۸۰ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۴ کاهش یافته‌اند. چین به عنوان رقابتی‌ترین بازار، در هر دو سال (۲۰۲۳ و ۲۰۲۴) پایین‌ترین هزینه‌ها را با کاهش ۱۵ درصدی ثبت کرده است. هزینه‌های نصب نیز با میانگین کاهش ۱۰ درصدی، از بازه ۴۱ تا ۳۷۸ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۰ به ۶۱ تا ۳۴۲ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۴ رسیده است. اگرچه در کف هزینه در سال ۲۰۲۴ نسبت به سال قبل افزایشی مشاهده شد، اما شکاف بین هزینه‌های پایین و بالا کاهش یافت. تفاوت عمده در هزینه‌های نصب، عمدتاً ناشی از تفاوت در هزینه‌های نیروی کار در بازارهای مختلف بوده است. هزینه‌های نرم نیز با میانگین کاهش ۲۶ درصدی، از بازه ۱۵۵ تا ۵۲۳ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۰ به ۱۰۰ تا ۲۹۱ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۴ رسیدند. این کاهش بازتاب‌دهنده بهبود فرآیندهای توسعه پروژه، ساده‌سازی مجوزها و کاهش

هزینه‌های اداری است. بنابراین، درک دقیق اجزای هزینه‌ها برای سیاست‌گذاران حیاتی است. با توجه به اینکه هزینه‌های جانبی و BoS سهم بزرگی از هزینه نهایی را تشکیل می‌دهند، سیاست‌هایی که بر ساده‌سازی فرآیندهای صدور مجوز، کاهش موانع اداری و افزایش شفافیت بازار متمرکز باشند، می‌توانند پتانسیل بزرگی برای کاهش بیشتر هزینه‌ها آزاد کنند. با بلوغ بیشتر بازارها و افزایش مقایسه‌پذیری داده‌ها، انتظار می‌رود تفاوت‌های منطقه‌ای کاهش یابد. اما در حال حاضر، استراتژی‌های کاهش هزینه باید متناسب با شرایط خاص هر بازار طراحی شوند.



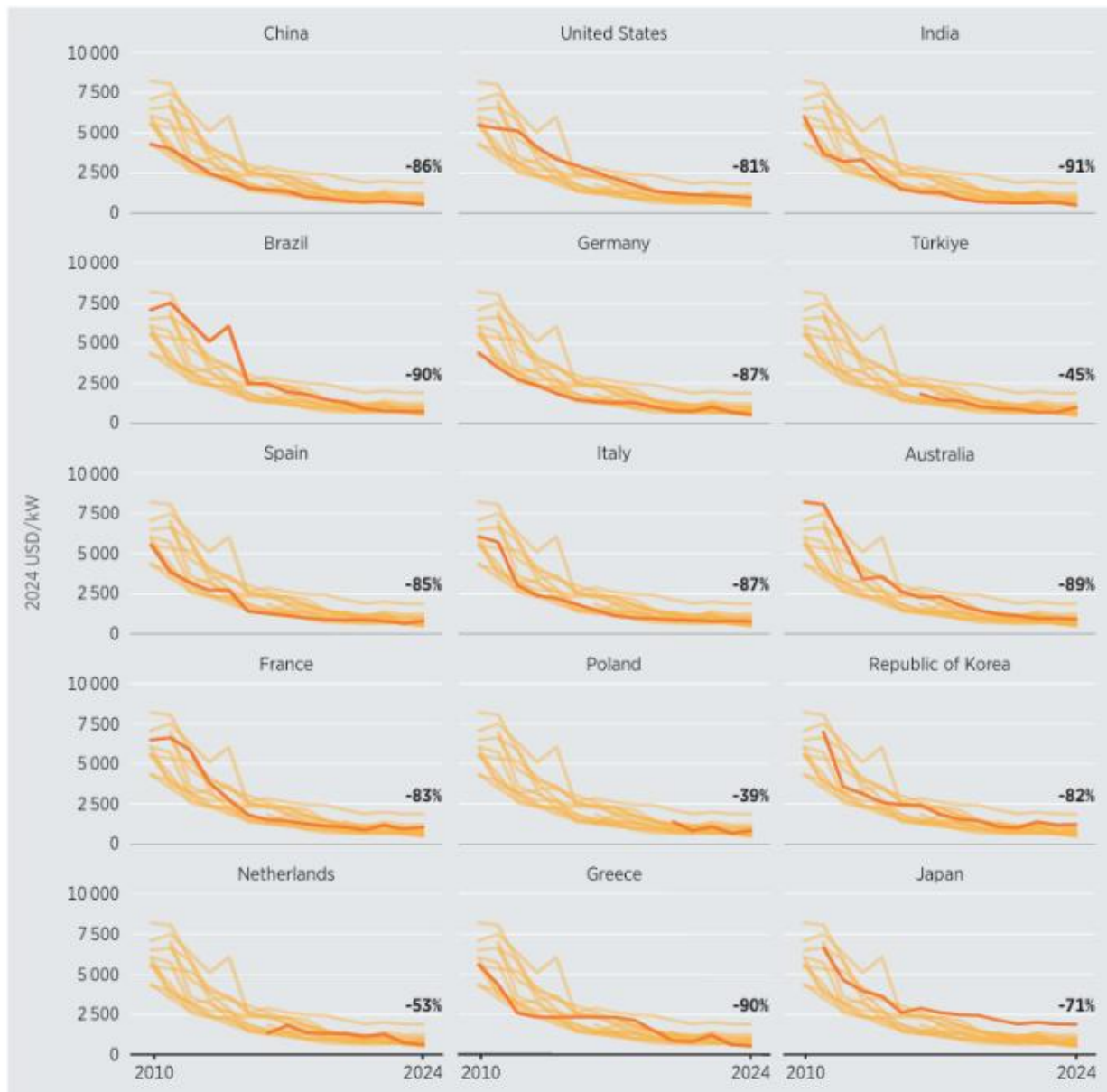
اجزاء هزینه کل نصب نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی بر اساس کشور، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴

❖ تحلیل منطقه‌ای و تفاوت‌های بازارها در هزینه نصب

تفاوت‌های منطقه‌ای در هزینه‌های نصب، بازتاب‌دهنده بلوغ ناهموار بازارها و تفاوت در شرایط محلی در الزامات مجوزدهی و هزینه‌های نیروی کار است. در سال ۲۰۲۴، هند و چین با میانگین هزینه‌های ۵۲۵ و ۵۹۱ دلار بر کیلووات، پایین‌ترین هزینه‌های نصب را در میان کشورهای برتر ثبت کردند. این کشورها کاهش‌های ۶۶ درصدی (هند) و ۶۴ درصدی (چین) از سال ۲۰۱۰ را تجربه کرده‌اند. در مقابل، منطقه آمریکای مرکزی و کارائیب با میانگین ۱۳۷۵ دلار بر کیلووات، بالاترین هزینه را داشته است. ایالات متحده با میانگین هزینه ۱۰۵۸ دلار بر کیلووات در سال ۲۰۲۴ (با کاهش ۷ درصدی نسبت به ۲۰۲۳)، هزینه‌هایی بالاتر از میانگین جهانی داشت. در اروپا، هزینه‌ها در کشورهایی مانند لهستان، اسپانیا و فرانسه به ترتیب ۲۲، ۱۴ و ۲۰ درصد افزایش یافت. ترکیه با افزایش ۴۱ درصدی هزینه‌ها (۱۰۳۳ دلار بر کیلووات)، بیشترین افزایش سالانه را در بین بازارهای بزرگ ثبت کرد. این امر می‌تواند ناشی از نوسانات ارزی، تورم داخلی این کشور یا اختلالات در زنجیره تأمین باشد.

برونداد تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر

بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، منطقه اوراسیا با ۷۰ درصد کاهش و آفریقا با ۶۸ درصد کاهش، بیشترین کاهش هزینه را تجربه کرده‌اند. در سطح کشورها، برزیل با ۷۱ درصد کاهش هزینه (از ۲۴۹۸ به ۷۲۴ دلار بر کیلووات) یکی از بهترین عملکردها را در کاهش هزینه‌های بلندمدت نشان داده است. پس از آن نیز هند، آمریکا و چین به ترتیب در رتبه‌های بعد قرار گرفته‌اند.



روند هزینه کل نصب نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی در ۱۵ بازار برتر، ۲۰۲۴-۲۰۱۰

اگرچه افزایش‌های موقتی هزینه‌ها در برخی بازارهای جهانی نیز دیده شده است، اما پیش‌بینی می‌شود عوامل ساختاری و نوآوری‌های فناورانه در بلندمدت، این نوسانات را کاملاً جبران کنند. چندین عامل کلیدی به طور مستمر رقابت‌پذیری فناوری فتوولتائیک را در بلندمدت افزایش می‌دهند:

- بهبود مستمر راندمان تجهیزات تولید
- بهینه‌سازی تولید از طریق پیاده‌سازی فرآیندهای سریع^۱
- استفاده کارآمدتر از مواد اولیه و کاهش ضایعات
- استانداردسازی ابعاد ماژول‌های فتوولتائیک برای تسهیل تولید و نصب
- نوآوری‌های بیشتر در طراحی

❖ نوآوری‌های فناورانه

برای دستیابی به اهداف فوق‌الذکر، صنعت بر نوآوری‌های فنی متمرکز شده است. یکی از بارزترین نمونه‌های این نوآوری‌های فناورانه، پذیرش گسترده فناوری سلول‌های خورشیدی دوطرفه^۲ است. سلول‌های دوطرفه که امکان جذب نور از هر دو طرف (جلو و پشت) را فراهم می‌کنند، پتانسیل تولید انرژی بالاتر در هر وات را نسبت به فناوری‌های تک‌طرفه^۳ دارند. امروزه سلول‌های دوطرفه با کسب ۹۰ درصد از سهم بازار، به استاندارد غالب صنعت تبدیل شده‌اند. در سطح عملکرد سلول، بازه راندمان ماژول‌ها در سال ۲۰۲۴، از ۲۱/۷ درصد برای سلول‌های نوع P (p-PERC)^۴ تا ۲۳/۸ درصد برای سلول‌های نوع N (N-IBC)^۵ متغیر بوده است. با نزدیک شدن راندمان ماژول‌های p-PERC به سقف نظری خود (۲۴/۷ درصد)، تمرکز صنعت به سمت فناوری‌های جدید معطوف شده است. مفاهیم «تماس پشتی»^۶ که با «تماس‌های پاسیو شده»^۷ ترکیب شده‌اند، در حال توسعه هستند. پیش‌بینی می‌شود در دهه آینده، راندمان سلول‌های تماس پشتی نوع N به ۲۵/۴ درصد برای انواع مبتنی بر TOPCon^۸ و ۲۶ درصد برای انواع مبتنی بر SHJ^۹ برسد. این جهش در راندمان، مستقیماً به کاهش هزینه تراز شده انرژی^{۱۰} کمک خواهد کرد. همچنین در سطح طراحی ماژول (مستقل از نوع سلول)، پیشرفت‌های فناوری اخیر نیز به افزایش

^۱ Lean processes

^۲ Bifacial

^۳ Monofacial

^۴ P-type passive emitter and rear cell

^۵ N-type interdigitated back contact (n-IBC) cell

^۶ Back-contact

^۷ Passivated contact

^۸ Tunnel Oxide Passivated Contact

^۹ Silicon Heterojunction

^{۱۰} Levelized Cost of Energy (LCOE)

خروجی توان ماژول‌ها کمک کرده است. استفاده از سلول‌های هاف‌کات^۱، فناوری بدون باسبار^۲ و روش‌های بسته‌بندی با تراکم بالا مانند «شینگل»^۳، از جمله نمونه‌های این بهبودها هستند که با کاهش اتصالات داخلی و افزایش چگالی انرژی در سطح ماژول، منجر به افزایش بازدهی کلی سیستم می‌شوند و در سال‌های آتی به طور فزاینده مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

• پایداری مواد و بهینه‌سازی مصرف منابع

علاوه بر نوآوری در راندمان، مباحث مربوط به پایداری مواد و کارایی منابع به عوامل حیاتی تبدیل شده‌اند. کاهش مصرف مواد هزینه‌های کلی تولید را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش هزینه‌های تجهیزات جانبی سیستم^۴ نیز می‌شود. در این راستا، صنعت فتوولتائیک تمرکز شدیدی بر نوآوری‌های فناورانه برای کاهش مصرف مواد داشته است. پیشرفت‌های قابل توجهی از طریق نازک‌سازی ویفرها، کاهش اتلاف برش^۵ و بهینه‌سازی کلی فرآیندها حاصل شده است که منجر به صرفه‌جویی‌های چشمگیر در مواد اولیه گردیده است. این تمرکز بر کاهش مصرف، به ویژه با توجه به نوسانات شدید قیمت مواد اولیه نظیر پلی‌سیلیکون و نقره که تأثیر مستقیمی بر قیمت نهایی ماژول‌ها دارند، اهمیت دوچندان یافته است. مصرف پلی‌سیلیکون در حال حاضر بین ۱/۷ تا ۱/۹ گرم بر وات متغیر است که به اندازه ویفر بستگی دارد. پیش‌بینی می‌شود این رقم تا سال ۲۰۳۰ به زیر ۱/۴ گرم بر وات کاهش یابد. از سوی دیگر، مصرف نقره برای سلول‌های TOPCon در میانگین ۱۳/۵ میلی‌گرم بر وات قرار دارد و هدف صنعت، کاهش این مقدار به حدود ۸ میلی‌گرم بر وات در دهه آینده است.

• همگرایی استراتژیک با ذخیره‌سازی انرژی (سیستم‌های هیبریدی)

یکی از تحولات بنیادین در سال ۲۰۲۴، افزایش شتاب‌دار هم‌مکان‌سازی^۶ نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس نیروگاهی با سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری بوده است. این هم‌افزایی، سیستم‌های انرژی هیبریدی را ایجاد می‌کند که قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری شبکه برق را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهند. با نفوذ فزاینده انرژی خورشیدی در سیستم‌های انرژی و نوسانات ذاتی تولید آن، مدیریت این نوسانات از طریق ذخیره‌سازی به یک ضرورت استراتژیک تبدیل شده است. این روند به ویژه در ایالات متحده مشهود بوده است. آمارهای سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که به ازای هر ۳ گیگاوات ظرفیت خورشیدی

^۱ Half-cut cells

^۲ Zero busbar

^۳ Shingling

^۴ balance of-system (BoS)

^۵ Kerf loss

^۶ Co-location

اضافه شده در این کشور، حدود ۱ گیگاوات ظرفیت ذخیره سازی باتری به عنوان بخشی از پروژه های هیبریدی خورشید-باتری نصب شده است. این همگرایی بازتاب دهنده حرکت گسترده تر صنعت به سمت سیستم های انرژی هوشمندتر است که می توانند تناوب منابع تجدیدپذیر را بهتر مدیریت کرده و گسست انرژی را بهبود بخشند.

• فناوری های تاندم و آینده راندمان

در حوزه نوآوری، فناوری های تاندم^۱ که شامل پروسکایت هستند، کانون اصلی تحقیق و توسعه^۲ در صنعت فتوولتائیک قرار دارند. هنگامی که سلول های پروسکایت با سیلیکون ترکیب می شوند، می توانند به نرخ های بازدهی تا ۲۹/۱۵ درصد دست یابند. با این حال، برای دستیابی به توجیه پذیری تجاری، بهبودهای فناورانه بیشتری مورد نیاز است. تلاش های فعلی بر روی سه محور اصلی متمرکز است:

- بهبود پایداری بلندمدت
- امکان پذیری تولید در مقیاس صنعتی^۳
- ادغام مواد جدید

❖ افزایش ضریب ظرفیت و عوامل مؤثر بر عملکرد

طی سال های اخیر، با کاهش هزینه ها، عملکرد فنی نیروگاه ها نیز بهبود یافته است. بر اساس داده های سال راه اندازی پروژه ها، میانگین وزنی جهانی ضریب ظرفیت^۴ برای نیروگاه های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی جدید، از ۱۵ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۱۷/۴ درصد در سال ۲۰۲۴ رسیده است. اگرچه بالاترین میزان ثبت شده در این بازه زمانی، یعنی ۱۷/۹ درصد، در سال ۲۰۱۸ مشاهده شده است؛ اما رشد ۸ درصدی ضریب ظرفیت بین سال های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ تأیید می کند که بهبود عملکرد به عنوان یک روند ساختاری تداوم یافته است. این افزایش عملکرد ناشی از ترکیبی پیچیده از عوامل همزمان است که گاهی اوقات با یکدیگر در تعامل یا رقابت قرار دارند. مهم ترین پیشران های این بهبود عبارتند از: استفاده گسترده تر

^۱ Tandem

^۲ R&D

^۳ Scalable manufacturing

^۴ Capacity Factor

از ردیاب‌های خورشیدی^۱، مکانیابی بهینه‌تر محل پروژه‌ها و دسترسی به منابع تابشی با کیفیت‌تر، افزایش سهم بازار مازول‌های دوطرفه که بازدهی بالاتری را فراهم می‌کنند و همچنین بهبود نسبت بار اینورترها^۲.

تأثیر این عوامل بر ضریب ظرفیت در بازارهای مختلف، بسته به شرایط بومی و ساختار بازار، متفاوت است. داده‌های سال ۲۰۲۴ نشان‌دهنده بهبود قابل‌توجه در پراکندگی عملکرد پروژه‌هاست. در این سال، صدک پنجم و صدک نود و پنجم ضریب ظرفیت به ترتیب معادل ۱۱/۵ درصد و ۲۲/۶ درصد بوده است. مقایسه این اعداد با سال قبل نشان می‌دهد که ارزش صدک نود و پنجم، ۴ درصد و ارزش صدک پنجم، ۱۵ درصد نسبت به سال ۲۰۲۳ افزایش یافته است. این همگرایی مثبت در تمام سطوح عملکردی (از پروژه‌های با عملکرد پایین تا عالی) حاکی از آن است که پروژه‌های راه‌اندازی‌شده در سال ۲۰۲۴، به طور کلی از خروجی انرژی و بهره‌وری بهتری نسبت به دوره مشابه قبل برخوردار بوده‌اند. این بهبود، نتیجه مستقیم بلوغ فناوری، کاهش هزینه‌های سیستم‌های ردیاب و نفوذ روزافزون فناوری‌های دوطرفه در سبد انرژی جهانی است.

❖ هزینه‌های عملیات و نگهداری

در دهه گذشته، هزینه‌های عملیات و نگهداری^۳ برای نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس نیروگاهی روندی کاهشی داشته است. این کاهش عمدتاً ناشی از بهبود راندمان مازول‌ها بوده که منجر به کاهش سطح زمین مورد نیاز برای هر مگاوات ظرفیت شده است. همزمان، فشارهای رقابتی و افزایش قابلیت اطمینان فناوری، طراحی سیستم‌ها را به سمت بهینه‌سازی هزینه‌های عملیات و نگهداری سوق داده است. علاوه بر این، استراتژی‌های بهبود یافته که از نوآوری‌هایی نظیر نظافت رباتیک و تحلیل داده‌های کلان^۴ برای شناسایی مشکلات و انجام اقدامات پیشگیرانه قبل از خرابی بهره می‌برند، نقش مهمی در کاهش این هزینه‌ها و کاهش زمان توقف سیستم ایفا کرده‌اند.

در سطح جهانی، میانگین هزینه‌های عملیات و نگهداری نیروگاه‌های مقیاس نیروگاهی در سال ۲۰۲۳، معادل ۶/۲ دلار بر کیلووات در سال گزارش شده است که نشان‌دهنده کاهش ۲ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۲ و کاهش ۲۸ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۲ است. برای سال ۲۰۲۴، داده‌های پایگاه داده هزینه‌های تجدیدپذیر IRENA نشان می‌دهد که میانگین وزنی هزینه‌های عملیات و نگهداری در سطح جهانی به ۱۳/۱ دلار بر کیلووات در سال رسیده است. این رقم معادل کاهش ۵۱ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۰ است. لازم به ذکر است که این ارقام شامل «هزینه‌های تمام‌شده عملیات و نگهداری»^۵ هستند.

^۱ Trackers

^۲ Inverter Loading Ratio یا نسبت توان‌دهی، نسبت توان پل‌های خورشیدی (DC) به توان اینورتر (AC) که معمولاً بیش از ۱ است را نشان

می‌دهد.

^۳ Operation and Maintenance (O&M)

^۴ Big Data

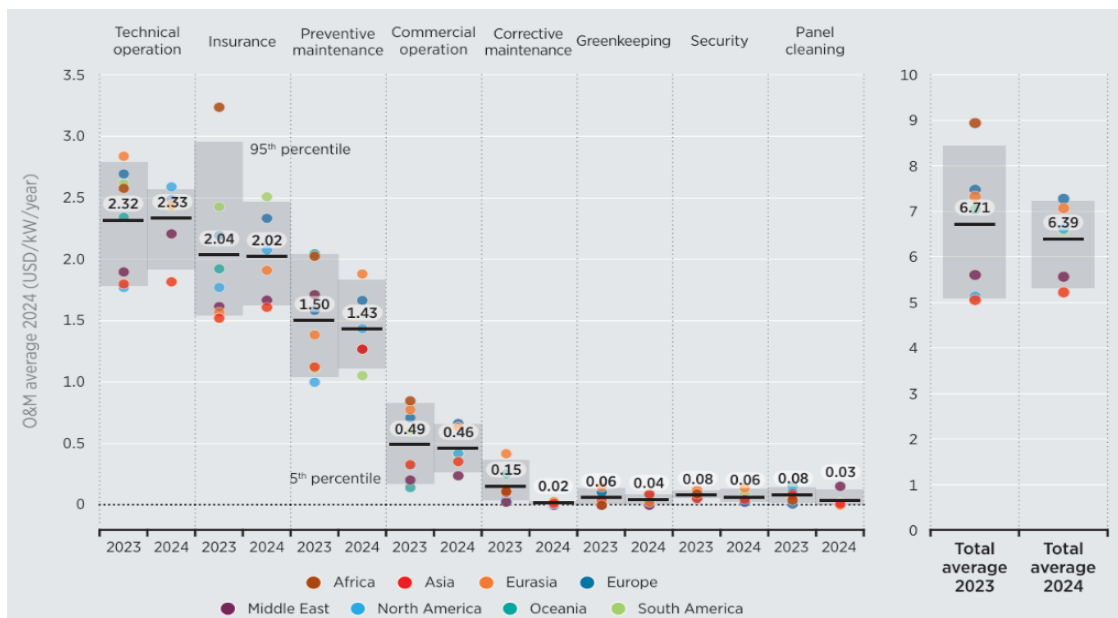
^۵ total all-in O&M costs

که مواردی مانند بیمه و مدیریت دارایی را نیز شامل می‌شوند. این آیتم‌ها ممکن است در همه نظرسنجی‌های عملیات و نگهداری گزارش نشوند.

هزینه‌های میانگین کل عملیات و نگهداری در بازارهای مختلف تفاوت زیادی دارند. در سال ۲۰۲۴، این هزینه‌ها از ۳/۲ دلار بر کیلووات در سال در چین تا ۱۰/۷ دلار بر کیلووات در سال در ژاپن متغیر بود. در ایالات متحده، میانگین هزینه‌های عملیات و نگهداری برای نیروگاه‌های مقیاس نیروگاهی بین سال‌های ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳، ۷۳ درصد کاهش یافت و از ۳۹/۹ دلار بر کیلووات در سال به ۱۱/۳ دلار بر کیلووات در سال رسید. این ارقام شامل اجاره، نگهداری، نظارت، مهندسی و آموزش بوده و بر اساس نمونه‌ای از ۱۴۶ پروژه با ظرفیت کل ۷/۴ گیگاوات محاسبه شده است. جالب توجه است که برای دوره ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳، برآوردهای هزینه عملیات و نگهداری ثابت ماندند. سه دسته هزینه اصلی شامل عملیات فنی، بیمه و نگهداری پیشگیرانه، حدود ۸۹ درصد از کل هزینه‌های عملیات و نگهداری را تشکیل می‌دهند. بین سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴، هزینه عملیات فنی ۱ درصد کاهش، در حالی که هزینه‌های بیمه و نگهداری پیشگیرانه به ترتیب ۳ و ۴ درصد افزایش یافتند. این روند افزایشی از سال ۲۰۲۲ آغاز شده بود.

از منظر منطقه‌ای، آسیا در سال ۲۰۲۴ با میانگین ۵/۲ دلار بر کیلووات در سال، پایین‌ترین هزینه‌های عملیات و نگهداری را داشت که ۳ درصد بیشتر از سال قبل بوده است. اروپا با ۷/۳ دلار بر کیلووات در سال، بالاترین هزینه‌ها را در بین مناطق تحت بررسی داشت که نشان‌دهنده کاهش ۳ درصدی نسبت به سال قبل است. اوراسیا با ۷/۱ دلار بر کیلووات در سال، دومین میانگین بالا را در اختیار داشت. آمریکای شمالی و جنوبی هر دو با ۶/۶ دلار بر کیلووات در سال برابر بوده‌اند؛ اما در آمریکای شمالی هزینه‌ها ۲۹ درصد افزایش و در آمریکای جنوبی ۷ درصد کاهش را تجربه کرده‌اند. خاورمیانه نیز با ۵/۶ دلار بر کیلووات در سال، تغییرات خاصی را نسبت به سال قبل نشان نداد.

برونداد تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر



هزینه‌های متوسط نگهداری و تعمیرات برای نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی بر اساس دسته هزینه و کشور، ۲۰۲۴-۲۰۲۳

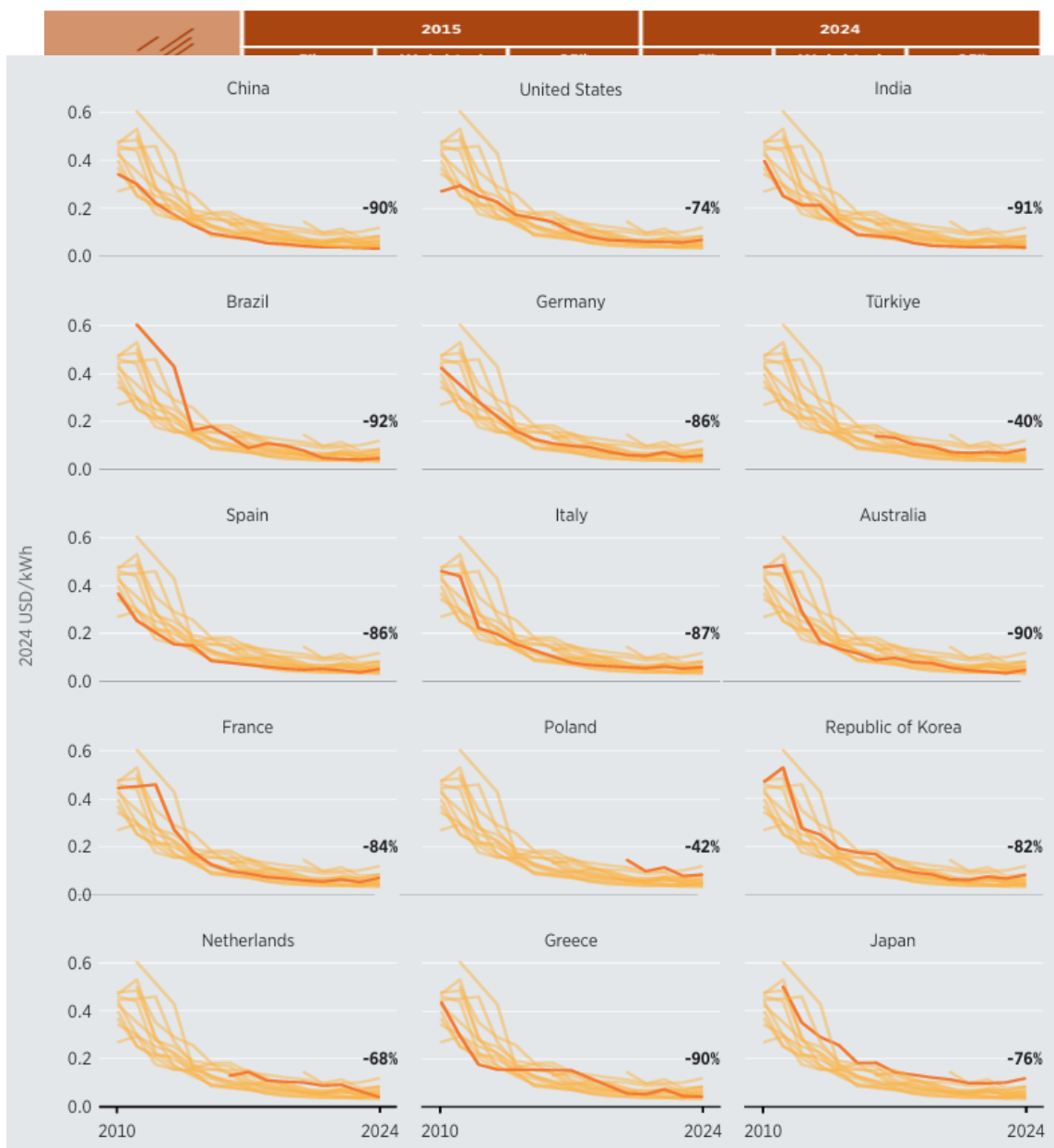
❖ هزینه تراز شده تولید برق^۱ فتوولتائیک

در سال ۲۰۲۴، میانگین وزنی جهانی «هزینه تراز شده تولید برق» برای نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس نیروگاهی در سطحی ثابت باقی ماند و برای پروژه‌های راه‌اندازی شده در آن سال، معادل ۰/۰۴۳ دلار بر کیلووات ساعت ثبت شده است. این رقم اگرچه ۹۰ درصد کاهش نسبت به سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد، اما ۰/۶ درصد افزایش جزئی نسبت به سال ۲۰۲۳ داشته است. این ثبات نسبی یا افزایش جزئی، بازتاب‌دهنده تأثیر مستقیم هزینه‌های تأمین مالی است که به دلیل تورم و نرخ بهره بالا در بسیاری از بازارها افزایش یافته است. پراکندگی هزینه‌ها در سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد که بازه صدک ۵ تا ۹۵ برای پروژه‌های مورد بررسی، بین ۰/۰۳۲ دلار تا ۰/۱۲۲ دلار بر کیلووات ساعت متغیر بوده است. جالب توجه است که ارزش صدک ۹۵ در سال ۲۰۲۴، ۲۶ درصد و صدک ۵، ۴ درصد نسبت به سال قبل افزایش یافته است. این همگرایی کمتر در مقایسه با سال‌های قبل، نشان می‌دهد که پروژه‌های با هزینه بالاتر (که معمولاً تحت تأثیر شرایط مالی بدتر یا ریسک بیشتر هستند) افزایش هزینه‌های مالی بیشتری را تجربه کرده‌اند. با این حال، در مقایسه با سال ۲۰۱۰، صدک ۵ و ۹۵ به ترتیب ۸۶ درصد و ۷۹ درصد کاهش یافته‌اند. افت چشمگیر هزینه برق از منابع خورشیدی در دهه گذشته، یکی از موفق‌ترین الگوهای صنعت تولید برق است. این کاهش ناشی از نوآوری‌هایی در زنجیره ارزش کامل فتوولتائیک بوده است. با بلوغ فناوری، هزینه‌های مازول

^۱ Levelized Cost of Energy (LCOE)

و اینورتر با سرعت بیشتری نسبت به سایر هزینه‌ها کاهش یافتند که باعث افزایش سهم هزینه‌های BoS در کل هزینه نصب شد. بنابراین، تمرکز آینده برای کاهش بیشتر هزینه‌ها باید بر مدیریت هزینه‌های نرم و BoS باشد.

هزینه تراز شده برق (LCOE) نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی بر اساس منطقه و در ۴ بازار بزرگ، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۴



میانگین وزنی هزینه برق نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک مقیاس نیروگاهی در ۱۵ بازار برتر، ۲۰۱۰-۲۰۲۴

بررسی روند هزینه ترازشده تولید برق در ۱۵ بازار بزرگ خورشیدی جهان، تصویری واضح از بلوغ و نوسانات این بازار ارائه می‌دهد. در بازارهایی که داده‌های تاریخی از سال ۲۰۱۰ در دسترس است، کاهش چشمگیر هزینه‌ها مشاهده می‌شود. به عنوان نمونه، میانگین وزنی هزینه ترازشده برق خورشیدی بین ۷۴ درصد در ایالات متحده تا ۹۱ درصد در هند کاهش یافته است. بین سال‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴، میانگین وزنی هزینه ترازشده برق خورشیدی در ۱۳ مورد از این ۱۵ بازار افزایش یافته است. دامنه این افزایش از ۷ درصد در لهستان تا ۳۶ درصد در استرالیا متغیر بوده که عمدتاً تحت تأثیر نوسانات نرخ بهره، تورم و هزینه‌های تأمین مالی پروژه‌ها بوده است. در سطح ملی، چین با ثبت هزینه ترازشده برق خورشیدی معادل ۰/۰۳۳ دلار بر کیلووات‌ساعت در سال ۲۰۲۴، به عنوان رقابتی‌ترین بازار جهان شناخته می‌شود. هند نیز با LCOE برابر با ۰/۰۳۸ دلار بر کیلووات‌ساعت، در رتبه دوم قرار دارد. این دستاورد حاصل کاهش ۱۰ درصدی سالانه و ۹۱ درصدی در طول دهه گذشته است. در سوی دیگر طیف هزینه‌ها، ژاپن با ۰/۱۲۰ دلار بر کیلووات‌ساعت و ایالات متحده با ۰/۰۷۰ دلار بر کیلووات‌ساعت (با وجود کاهش ۵۷ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۵) از بازارهای پرهزینه‌تر محسوب می‌شوند.

تفاوت‌های منطقه‌ای نیز الگوهای مشخصی را شکل داده‌اند. اوراسیا با کاهش ۷۴ درصدی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴، بالاترین نرخ کاهش منطقه‌ای را ثبت کرده است. آفریقا نیز با کاهش ۶۷ درصدی (از ۰/۲۲۵ دلار به ۰/۰۷۴ دلار بر کیلووات‌ساعت) در رتبه دوم کاهش‌ها قرار دارد که نشان‌دهنده نفوذ سریع‌تر فناوری و کاهش موانع ورود به بازار در این قاره است. در مقابل، آمریکای شمالی (غیر ایالات متحده) با میانگین هزینه ۰/۰۹۴ دلار بر کیلووات‌ساعت، بالاترین هزینه منطقه‌ای را تجربه کرده است. در سوی دیگر، اقیانوسیه با ثبت کمترین هزینه منطقه‌ای معادل ۰/۰۴۹ دلار بر کیلووات‌ساعت، عملکرد برجسته‌ای در مقرون به صرفگی صنعت خورشیدی داشته است.

❖ نقش گروه G۲۰^۱ در توسعه جهانی انرژی خورشیدی

کشورهای عضو G۲۰ موتور اصلی توسعه جهانی انرژی خورشیدی بوده‌اند. در بازه ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، این کشورها مسئول ۹۲ درصد از ظرفیت نصب‌شده انباشته جهانی و در سال ۲۰۲۴، مسئول ۹۷ درصد از ظرفیت‌های جدید بودند. در این بازه زمانی، میانگین وزنی هزینه کل نصب در G۲۰ به ۶۸۰ دلار بر کیلووات رسید که ۲ درصد کمتر از میانگین جهانی بوده است. هزینه ترازشده برق خورشیدی در G۲۰ نیز ۹۰ درصد کاهش یافت و به ۰/۰۴۲ دلار بر کیلووات‌ساعت رسید که ۱ درصد کمتر از میانگین جهانی بود. ضریب ظرفیت در این گروه نیز از ۱۵ درصد به ۱۷/۳ درصد افزایش یافت.

^۱ گروه ۲۰ (G۲۰) پلتفرمی اصلی برای همکاری بین‌المللی در زمینه اقتصاد جهانی است که شامل ۱۹ کشور بزرگ صنعتی و در حال توسعه به همراه اتحادیه اروپا می‌شود. اعضای آن عبارتند از آرژانتین، استرالیا، برزیل، کانادا، چین، فرانسه، آلمان، هند، اندونزی، ایتالیا، ژاپن، مکزیک، روسیه، عربستان، آفریقای جنوبی، کره جنوبی، ترکیه، بریتانیا و آمریکا.

منبع: IRENA Renewable power generation costs in ۲۰۲۴

تأثیر تنش‌های خاورمیانه بر اقتصاد بازار خورشیدی چین



قیمت‌های FOB^۱ برای ماژول‌های فتوولتائیک نسل TOPCon در چین طی هفته گذشته ثابت خود را حفظ کرده‌اند. این ثبات قیمتی با وجود فعالیت کند معاملاتی پس از تعطیلات اوایل ماه مه و تغییرات ناچیز در پیشنهادات تولیدکنندگان، ادامه داشته است. منابع صنعتی گزارش می‌دهند که در حالی که تولیدکنندگان درجه یک و پیشرو قیمت‌های خود را از آوریل ثابت نگه داشته‌اند، تولیدکنندگان رده‌های پایین‌تر برای جلب سفارش‌های جدید، رویکرد قیمتی تهاجمی‌تری اتخاذ کرده‌اند. این اختلاف استراتژی منجر به گسترش شکاف قیمتی در بازارهای نقدی و قراردادهای آتی در چین شده است. قیمت مرجع ماژول‌های چینی^۲ برای ماژول‌های TOPCon تولید چین، که به عنوان استاندارد سنجش قیمت در این بازار شناخته می‌شود، در سطح ۰/۱۱۷ دلار بر وات تثبیت شده است.

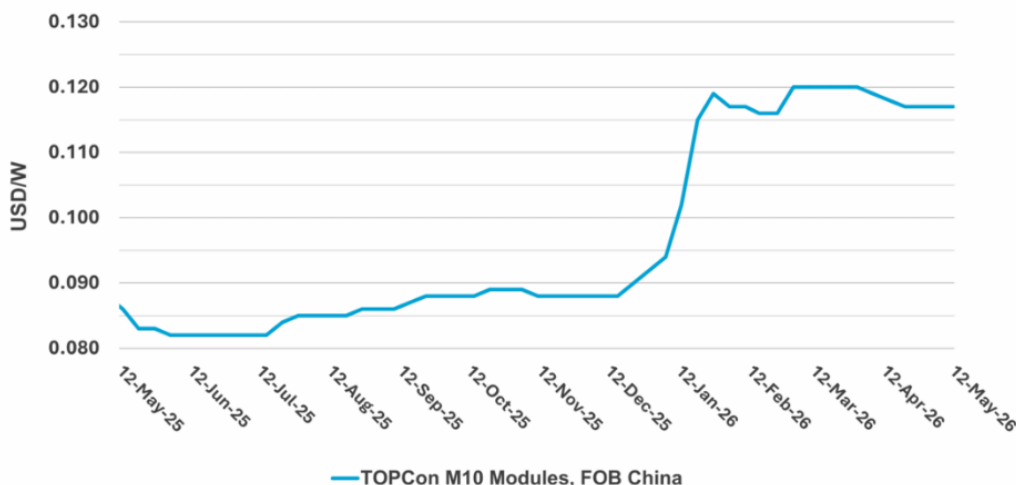
در بخش قیمت‌های آتی، منحنی قیمت‌ها نشان‌دهنده تغییرات جزئی اما قابل توجهی برای بازه‌های زمانی دورتر است. قیمت‌های تحویل برای فصل دوم سال ۲۰۲۷ با افزایش ۰/۸۳ درصدی به ۰/۱۲۱ دلار بر وات رسیده است که نشان‌دهنده انتظارات بالاتر بازار برای آینده است. در مقابل، قیمت‌های تحویل برای فصل اول ۲۰۲۷ در سطح ۰/۱۲۰ دلار بر وات ثابت

^۱ FOB مخفف Free on Board است که به معنای «تحویل روی عرشه کشتی» می‌باشد. در این شرایط، فروشنده کالا را تا بارگیری روی کشتی در بندر مبدأ تحویل می‌دهد و تمام هزینه‌ها و ریسک‌های حمل‌ونقل بین‌المللی پس از آن بر عهده خریدار است.

^۲ Chinese Module Marker (CMM)

مانده است. برای بازه‌های نزدیک‌تر، قیمت‌های تحویل در فصل‌های سوم و چهارم سال ۲۰۲۶ نیز به ترتیب در محدوده‌های ۰/۱۱۷ و ۰/۱۱۹ دلار بر وات بدون تغییر باقی مانده‌اند که حاکی از ثبات نسبی در کوتاه‌مدت و میان‌مدت است.

OPIS One Year Prices: TOPCon M10 Modules, FOB China



Source: OPIS, A Dow Jones Company

© 2026 Oil Price Information Service, LLC

تغییرات قیمت تحویل روی عرشه کشتی برای ماژول‌های TOPCon در چین (می ۲۰۲۵ تا می ۲۰۲۶)

از سوی دیگر، افزایش نرخ‌های حمل‌ونقل دریایی از مارس گذشته، تأثیرات معکوسی بر تصمیمات خرید کوتاه‌مدت واردکنندگان گذاشته است. طبق شاخص جهانی کانتینر درویری^۱، نرخ کرایه کانتینرهای ۴۰ فوتی از اواخر فوریه تا ۱۴ می با وجود تنش‌های موجود در خاورمیانه، بیش از ۳۰ درصد افزایش یافته و به ۲۵۵۳ دلار رسیده است. به طور خاص، نرخ حمل از شانگهای به روتردام ۱۱ درصد و به جنوا ۲۰ درصد افزایش یافته است. با این حال، کاهش قیمت‌های پایه FOB چین از آوریل تا حدی اثرات افزایش هزینه‌های لجستیک را خنثی کرده است. تولیدکنندگان معتبر تأکید می‌کنند که بار نهایی هزینه حمل به منطقه مقصد بستگی دارد و این بار مالی برای مقاصد آسیایی در مقایسه با اروپا قابل‌تحمل‌تر است. برخی توسعه‌دهندگان در آسیای جنوب شرقی نیز اعلام کرده‌اند که با وجود افزایش هزینه‌های حمل، استراتژی آن‌ها ادغام نیازهای ماژول در پروژه‌های مختلف و ارسال حجم‌های بالا به صورت محموله‌های عمده برای کاهش هزینه‌های واحد است.

در بازار داخلی چین، تقاضا برای پروژه‌های مقیاس بزرگ نیروگاهی^۲ هنوز بهبود معناداری نشان نداده است و شرکت‌های فعال پیش‌بینی می‌کنند که هرگونه افزایش بیشتر در قیمت ماژول‌ها با مقاومت مواجه خواهد شد. در مقابل، قیمت ماژول‌های

^۱ شاخص جهانی کانتینر درویری (Drewry World Container Index یا WCI) یکی از معتبرترین و پرکاربردترین معیارهای جهانی برای پایش نرخ اجاره کانتینرهای استاندارد ۴۰ فوتی در تجارت دریایی است. این شاخص که توسط شرکت مشاوره لجستیک و زنجیره تأمین درویری (Drewry) منتشر می‌شود، میانگین نرخ‌های قراردادی اجاره کانتینر را برای ۱۰ مسیر اصلی دریایی جهان (مانند چین به اروپا، چین به آمریکا و غیره) محاسبه و گزارش می‌کند.

^۲ Utility-scale

TOPCon مورد استفاده در پروژه‌های تولید توزیعی^۱ با حاشیه سود بالاتری روبرو هستند و قیمت آن‌ها حدود ۵ تا ۱۰ درصد بالاتر از پروژه‌های بزرگ است.

در بخش مناقصات، شرکت دولتی CHN Energy برای تأمین ۵۹ مگاوات ماژول TOPCon در پروژه جایگزینی سوخت نیروگاه حرارتی مغولستان، شرکت‌های JA Solar و LONGi را در لیست نهایی^۲ قرار داد. قیمت پیشنهادی رقابتی در این مناقصه حدود ۰/۱۱۵ دلار بر وات (FOB چین) بود و بر اساس گزارش‌های غیررسمی صنعت، JA Solar برنده این مناقصه شده است. همزمان، شرکت Shenergy نیز فراخوانی برای تأمین ۱ گیگاوات ماژول‌های کارآمد از نوع BC و TOPCon را با شرایط تحویل فوری آغاز کرده است. علاوه بر تحولات قیمتی، روند ادغام و تمرکز در صنعت خورشیدی چین نیز ادامه دارد. شرکت HT-SAAE اعلام کرده است که قصد فروش ۸۱/۷۶ درصد سهام شرکت زیرمجموعه خود، Lianyungang Shenzhou New Energy، را دارد. دلیل اصلی این واگذاری، ظرفیت مازاد، رقابت شدید قیمتی و عدم رقابت‌پذیری کافی این زیرمجموعه در صنعت فتوولتائیک اعلام شده است. این واگذاری به HT-SAAE کمک می‌کند تا ساختار کسب‌وکار خود را بازسازی کرده و کیفیت عملیات دارایی‌های خود را بهبود بخشد.

منبع:

Pv-Magazine - China TOPCon module prices hold steady as supplier price gap widens – ۱۵ May ۲۰۲۶^۳

^۱ Distribution-generation

^۲ Shortlist

^۳ <https://www.pv-magazine.com/۲۰۲۶/۰۵/۱۵/china-topcon-module-prices-hold-steady-as-supplier-price-gap-widens/>

تاب آوری سایبری در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر



صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر در سال‌های اخیر با شتابی بی‌سابقه توسعه یافته است که ریشه در تلاش جهانی برای دستیابی به پایداری و بهره‌گیری از منابع انرژی پاک دارد. بر اساس پیش‌بینی‌های آژانس بین‌المللی انرژی^۱ در سال ۲۰۲۴، انتظار می‌رود ظرفیت تولید برق مبتنی بر منابع تجدیدپذیر تا پایان سال ۲۰۲۶ بیش از ۶۰ درصد رشد داشته باشد. با این حال، همزمان با پذیرش گسترده‌تر فناوری‌های دیجیتال توسط شرکت‌های انرژی به منظور بهینه‌سازی عملیات، ضرورت مقابله با چالش‌های امنیت سایبری بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود.

بخش انرژی، از جمله انرژی‌های تجدیدپذیر، به دلیل اهمیت استراتژیک و حساسیت داده‌های پردازش‌شده، به یکی از اهداف اصلی حملات سایبری تبدیل شده است. گزارش‌های Statista نشان می‌دهد که این صنعت در سال ۲۰۲۳، چهارمین حوزه مورد هدف مجرمان سایبری بوده است. تکیه فزاینده بر زیرساخت‌های دیجیتال و ادغام فناوری‌هایی چون اینترنت اشیا^۲، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، اگرچه چابکی و بهینه‌سازی تولید و مصرف را فراهم آورده، اما سطح حمله‌پذیری را نیز گسترش داده است. تجهیزات کلیدی مانند توربین‌های بادی، پنل‌های خورشیدی و شبکه‌های هوشمند، از طریق سنسورها و دستگاه‌های اینترنت اشیا به سیستم‌های کنترل متمرکز متصل شده‌اند که این اتصالات، اگرچه بهره‌وری را ارتقا می‌دهند، اما راه‌های نفوذ را برای هکرها باز کرده‌اند. نگرانی متخصصان در این زمینه جدی است؛ به‌طوری که ۷۱ درصد از آن‌ها در

^۱ International Energy Agency (IEA)

^۲ Internet of Things (IOT)

سال ۲۰۲۵ اذعان داشته‌اند که سازمان‌هایشان در برابر حوادث سایبری در حوزه عملیات فناوری^۱ آسیب‌پذیرتر از سال قبل (۶۴ درصد) هستند.

❖ طیف تهدیدات سایبری

پیامدهای یک حمله سایبری موفق در این حوزه فراتر از خسارات مالی مستقیم است و می‌تواند منجر به اختلالات گسترده در تأمین انرژی، ناامنی ملی و حتی بحران‌های زیست‌محیطی شود. تهدیدات این صنعت را می‌توان در سه لایه اصلی دسته‌بندی کرد:

- نفوذ اولیه: حملات مهندسی اجتماعی و به‌ویژه فیشینگ^۲ هدفمند به عنوان دروازه ورود اولیه عمل می‌کند. در این روش، مهاجمان با جمع‌آوری اطلاعات دقیق از پروفایل‌های کارکنان و اخبار صنعت، ایمیل‌های بسیار شخصی‌سازی شده و معتبری ارسال می‌کنند که اعتماد مهندسان عملیات یا مدیران ارشد را جلب کرده و منجر به سرقت اعتبارنامه‌های دسترسی می‌شود. این مرحله، که به «پل اول»^۳ معروف است، راه را برای نفوذ به شبکه‌های حساس‌تر عملیاتی و سیستم‌های کنترل نظارتی^۴ هموار می‌سازد.
- اختلال عملیاتی: پس از نفوذ اولیه، بدافزارهای صنعتی و ابزارهای اختلال عملیاتی نقش اصلی را در ایجاد آسیب ایفا می‌کنند. این تهدیدات طیف وسیعی از باج‌افزارهای^۵ رمزنگارنده تا بدافزارهای پاک‌کننده داده^۶ را شامل می‌شوند که هدف آن‌ها توقف تولید انرژی و ایجاد اختلال در تداوم کسب‌وکار است. مهاجمان از ابزارهایی مانند دسترسی‌های از راه دور غیرمجاز^۷ برای ارسال دستورات مخرب به تجهیزات فیزیکی (مانند توربین‌ها یا اینورترهای خورشیدی) استفاده می‌کنند. در این میان، حملات باج‌افزاری^۸ به عنوان یکی از مخرب‌ترین تهدیدات سایبری، در سال‌های اخیر به دغدغه‌ای استراتژیک برای صنعت انرژی تبدیل شده است و در سال‌های اخیر موارد متعددی از آن گزارش شده است. در این نوع حملات، مهاجمان با استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری پیشرفته، داده‌ها یا سیستم‌های کنترل را قفل کرده و برای

^۱ Operational Technology (OT)

OT یا فناوری عملیاتی، مجموعه‌ای از سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای کنترلی است که مستقیماً بر فرآیندهای فیزیکی نظارت می‌کنند و در حوزه انرژی تجدیدپذیر شامل تجهیزات پایش و کنترل مانند اینورترها، سیستم‌های SCADA، کلیدهای هوشمند و سنسورهای پایش باتری‌ها می‌شود.

^۲ Phishing

^۳ Initial Access

^۴ SCADA

^۵ Ransomware

^۶ Wiper Malware

^۷ Remote Access Trojans (RATs)

^۸ Ransomware

بازگرداندن دسترسی، درخواست پرداخت باج معمولاً به صورت ارز دیجیتال می‌کنند. نمونه مشهور حمله به خط لوله کولونیال^۱ در سال ۲۰۲۱، که منجر به توقف تأمین سوخت در بخش‌های وسیعی از ایالات متحده و پرداخت ۴/۴ میلیون دلار باج شد، هشدار جدی درباره آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی بود. این رویداد نشان داد که حتی زیرساخت‌های سنتی نیز در برابر تهدیدات سایبری مدرن آسیب‌پذیرند و پیامدهای آن می‌تواند از زیان‌های مالی فراتر رفته و به بحران‌های اجتماعی و اقتصادی منجر شود.

- کنترل طولانی‌مدت: در سطح پیشرفته‌تر، تهدیدات پیشرفته و پایدار^۲ (APTs) که معمولاً از حمایت دولتی برخوردارند، با استراتژی‌های پیچیده و بلندمدت عمل می‌کنند. این گروه‌ها با استفاده از تکنیک‌های پنهان‌کاری مانند «زندگی در بستر سیستم‌های موجود»^۳ و حرکت جانبی تدریجی در شبکه، از سیستم‌های تشخیص نفوذ دوری می‌جویند. هدف نهایی آن‌ها فراتر از اختلال موقت است؛ زیرا آن‌ها به دنبال تغییر پارامترهای عملیاتی برای خرابی تجهیزات، جاسوسی صنعتی و سرقت مالکیت فکری و ایجاد ماندگاری طولانی‌مدت در شبکه برای نظارت مستمر هستند. این تهدیدات طوری طراحی شده‌اند که حتی در صورت شناسایی بخشی از آن‌ها، مهاجمان بتوانند از طریق نقاط دسترسی جایگزین^۴ در شبکه باقی بمانند و نظارت مستمر بر فعالیت‌های شبکه داشته باشند.

❖ آسیب‌پذیری‌های ساختاری و فنی

ماهیت غیرمتمرکز و دیجیتال‌شده نیروگاه‌های تجدیدپذیر، آن‌ها را به اهداف جذابی برای باج‌افزارها تبدیل کرده است. سیستم‌های کنترل صنعتی^۵ و سیستم‌های مدیریت انرژی^۶ که در مزارع بادی و نیروگاه‌های خورشیدی برای نظارت بر تولید، بهینه‌سازی عملکرد و اتصال به شبکه سراسری استفاده می‌شوند، اکنون در معرض خطر رمزنگاری و از دسترس خارج شدن قرار دارند. یک حمله موفق می‌تواند منجر به توقف ناگهانی توربین‌های بادی یا غیرفعال شدن اینورترهای خورشیدی شود که نه تنها باعث قطعی برق و از دست رفتن درآمد عملیاتی می‌شود، بلکه ممکن است به دلیل فشارهای مکانیکی یا الکتریکی وارد شده در زمان توقف‌های ناگهانی، به تجهیزات فیزیکی گران‌قیمت آسیب برساند. علاوه بر این، بازیابی سیستم‌ها پس از چنین حملاتی فرآیندی پیچیده، زمان‌بر و پرهزینه است؛ زیرا اغلب نیاز به بازگرداندن سیستم‌ها از نسخه‌های پشتیبان^۷ دارد و یا حتی در صورت پرداخت باج، هیچ تضمینی برای دریافت کلید رمزگشایی و عملکرد صحیح سیستم‌ها پس از بازگشت

^۱ Colonial Pipeline

^۲ Advanced Persistent Threats (APTs)

^۳ Living off the Land

^۴ Backdoors

^۵ Industrial Control Systems (ICS)

^۶ Energy Management Systems (EMS)

^۷ Backup

وجود دارد. پیامدهای این حملات فراتر از اختلال در یک نیروگاه خاص است و می‌تواند با ایجاد شوک در تولید، ثبات شبکه سراسری برق را نیز تهدید کند. با افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی، نوسانات ناگهانی در تولید به دلیل حملات سایبری می‌تواند تعادل عرضه و تقاضا را برهم زده و نیاز به استفاده از نیروگاه‌های پشتیبان سوخت فسیلی را افزایش دهد که این امر هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست‌محیطی نامطلوب است.

بررسی عمیق‌تر نشان می‌دهد که سیستم‌های کنترل صنعتی به عنوان مغز متفکر زیرساخت‌های انرژی، نقش حیاتی در پایش، کنترل و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، توزیع و مصرف انرژی ایفا می‌کنند. در اکوسیستم انرژی‌های تجدیدپذیر، این سیستم‌ها نه تنها بر توربین‌های بادی و پنل‌های خورشیدی نظارت دارند، بلکه مسئول مدیریت اتصال این منابع پراکنده به شبکه سراسری و تضمین ثبات فرکانس و ولتاژ هستند. با این حال، امنیت این سیستم‌ها با چالش‌های ساختاری جدی روبرو است:

- ۱- فناوری‌های قدیمی: بسیاری از تجهیزات ICS در بخش انرژی، به ویژه در نیروگاه‌های قدیمی‌تر، بر پایه فناوری‌های قدیمی^۱ طراحی شده‌اند که در ابتدا فاقد مکانیزم‌های امنیتی مدرن مانند رمزنگاری پیشرفته یا احراز هویت چندمرحله‌ای هستند. این تجهیزات اغلب برای عمر مفید طولانی (۱۵ تا ۲۰ سال) ساخته شده‌اند، اما چرخه‌های به‌روزرسانی امنیتی آن‌ها کند و جایگزینی آن‌ها پرهزینه و پیچیده است.
- ۲- تنوع و پراکندگی: یکی از پیچیده‌ترین چالش‌ها در امنیت ICS، تنوع شدید سازندگان، پروتکل‌های ارتباطی و نسخه‌های نرم‌افزاری در یک زیرساخت واحد است. این پراکندگی، مدیریت متمرکز امنیتی را دشوار می‌کند. آمار منتشر شده توسط آژانس امنیت سایبری و زیرساخت ایالات متحده^۲ در سال ۲۰۲۳ نشان‌دهنده شدت این تهدید است. بخش‌های انرژی و تولید به ترتیب با ۲۰ درصد و ۴۴ درصد از کل آسیب‌پذیری‌های گزارش‌شده مرتبط با سیستم‌های کنترل صنعتی، بیشترین قربانیان این حفره‌های امنیتی بوده‌اند. این آمار نشان می‌دهد که مهاجمان با تمرکز بر نقاط ضعف شناخته‌شده در پروتکل‌های صنعتی مانند Profinet, DNP^۳, Modbus که اغلب بدون مکانیزم احراز هویت کار می‌کنند، می‌توانند با کمترین تلاش به داده‌های حیاتی دسترسی یابند.
- ۳- همگرایی فناوری اطلاعات^۴ و فناوری عملیاتی^۵: همگرایی فزاینده شبکه‌های فناوری اطلاعات و فناوری عملیاتی یک شمشیر دو لبه برای صنعت انرژی ایجاد کرده است. از یک سو، این یکپارچه‌سازی امکان نظارت از راه دور و نگهداری پیش‌بینانه را فراهم می‌کند؛ اما از سوی دیگر، اتصال سیستم‌های فناوری عملیاتی به شبکه‌های گسترده‌تر شرکتی و

^۱ Legacy

^۲ Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA)

^۳ Information Technology (IT)

^۴ Operational Technology (OT)

اینترنت، دروازه‌ای جدید برای نفوذ مجرمان سایبری باز کرده است. تهدیداتی که پیش از این محدود به شبکه‌های داخلی و ایزوله بودند، اکنون می‌توانند از طریق حملات زنجیره تأمین^۱ یا حمله به سرورهای فناوری اطلاعات شرکت و سپس حرکت جانبی^۲ در شبکه، به عمق سیستم‌های حیاتی فناوری عملیاتی دسترسی یابند. این تغییر ماهیت تهدیدات، نیازمند بازتعریف استراتژی‌های دفاعی بر پایه مدل «دفاع لایه‌ای» است. در این رویکرد، با ایجاد جداسازی منطقی دقیق و استفاده از فایروال‌های صنعتی بین لایه‌های IT و OT، اطمینان حاصل می‌شود که حتی در صورت نفوذ مهاجم به بخش اداری (IT)، امنیت و پایداری عملیاتی بخش تولید (OT) خدشه‌دار نشود.

❖ چالش‌های خاص اینترنت اشیا

اینترنت اشیا با پیوند دادن بخش فیزیکی به دیجیتال، انقلابی در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد کرده است. در این فناوری، سنسورهای هوشمند، درایوهای موتور توربین‌های بادی و اینورترهای خورشیدی به عنوان اندام‌های حسی و اجرایی شبکه عمل می‌کنند. این اتصالات، داده‌های بلادرنگی را درباره وضعیت تولید، مصرف و سلامت تجهیزات فراهم می‌کنند که برای بهینه‌سازی عملکرد و نگهداری پیش‌بینانه حیاتی هستند. با این حال، افزایش تعداد این دستگاه‌های متصل، سطح حمله را به شدت گسترش داده و امنیت سایبری را به یکی از چالش‌های بنیادین تبدیل کرده است.

برخلاف سیستم‌های سنتی که معمولاً در محیط‌های ایزوله و امن عمل می‌کردند، دستگاه‌های اینترنت اشیا اغلب با پروتکل‌های ارتباطی سبک و کم‌مصرف طراحی شده‌اند. از منظر معماری، اولویت اصلی در طراحی این دستگاه‌ها بر «کارایی» و «کاهش مصرف انرژی» متمرکز بوده و امنیت به عنوان یک اولویت ثانویه یا نادیده گرفته شده تلقی شده است. این تمرکز یک‌جانبه بر کارایی، منجر به این نتیجه شده که بسیاری از دستگاه‌های IoT مستقر در بخش انرژی، به‌ویژه در مراحل اولیه تولید، فاقد ویژگی‌های امنیتی یکپارچه هستند. در نتیجه، این تجهیزات معمولاً به سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای ساده‌ای مجهزند که قابلیت‌های محدودی برای اجرای الگوریتم‌های پیچیده رمزنگاری، ارائه احراز هویت قوی یا پشتیبانی از به‌روزرسانی‌های امنیتی ایفا می‌کنند. این ضعف ساختاری به مهاجمان اجازه می‌دهد تا از طریق حملات «نفوذ به لبه»^۳ به راحتی به شبکه دسترسی یابند. نکته نگران‌کننده دیگر این است که حجم عظیمی از ترافیک IoT در زیرساخت‌های حیاتی انرژی، به‌ویژه در لایه‌های پایین‌تر شبکه، بدون رمزنگاری^۴ منتقل می‌شود. این شفافیت داده‌ای، سیستم‌ها را در برابر حملات شنود^۵، دستکاری

^۱ Supply Chain Attacks

^۲ Lateral Movement

^۳ Edge Attacks

^۴ Unencrypted

^۵ Eavesdropping

داده‌ها^۱ و حملات «مداخله انسانی»^۲ کاملاً بی‌دفاع می‌کند. مهاجمان می‌توانند با تظاهر به یک سنسور معتبر، دستورات جعلی را به سیستم‌های کنترل تزریق کنند و به سیستم‌های ضروری مانند شبکه‌های برق یا مزارع بادی دسترسی غیرمجاز پیدا کنند. پس از نفوذ به شبکه، مهاجمان می‌توانند بالقوه عملیات را مختل کنند، داده‌ها را سرقت نمایند یا به تجهیزات آسیب فیزیکی وارد کنند.

❖ راهکارهای استراتژیک و نتیجه‌گیری

با توجه به شدت و پیچیدگی تهدیدات سایبری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر، اتخاذ یک رویکرد دفاعی واکنشی دیگر پاسخگو نیست و شرکت‌های انرژی ملزم به پیاده‌سازی یک استراتژی جامع و چندلایه امنیت سایبری هستند که مرزهای سنتی بین شبکه‌های فناوری اطلاعات و فناوری عملیاتی را نادیده گرفته و یکپارچگی آن‌ها را با حفظ امنیت مدیریت کند. این استراتژی باید بر پایه چهار رکن اساسی استوار باشد:

اول، اجرای برنامه‌های ارزیابی ریسک مداوم و سریع که آسیب‌پذیری‌های فنی سیستم‌های انرژی و نقاط ضعف فرآیندی و انسانی را نیز شناسایی کرده و اولویت‌بندی تدابیر امنیتی را بر اساس تأثیر عملیاتی آن‌ها تعیین می‌کند. دوم، تدوین و تمرین مداوم طرح‌های پاسخ به حوادث^۳ که تضمین‌کننده توانایی سازمان برای تشخیص سریع، انزوای تهدید و بازیابی سریع خدمات حیاتی در برابر حملاتی مانند باج‌افزارها باشد، به‌طوری که زمان توقف عملیات به حداقل برسد. سوم، سرمایه‌گذاری جدی بر روی سرمایه انسانی به عنوان خط مقدم دفاع، از طریق آموزش‌های تخصصی و به‌روز اپراتورها و کارکنان کلیدی است. از آنجا که خطای انسانی همچنان عامل اصلی نفوذ (مانند فیشینگ) است، ارتقای آگاهی سایبری و شبیه‌سازی حملات واقعی می‌تواند فرهنگ امنیتی را در سازمان نهادینه کند. چهارم، همکاری استراتژیک و به اشتراک‌گذاری اطلاعات با نهادهای نظارتی دولتی، گروه‌های تخصصی صنعت و مراکز تحقیقاتی امنیت سایبری است. این همکاری‌ها امکان شناسایی زودهنگام تهدیدات نوظهور، تبادل سیگنال‌های هشداردهنده و بهره‌گیری از بهترین شیوه‌های صنعتی را فراهم می‌آورد. در نهایت، ایمن‌سازی بخش انرژی‌های تجدیدپذیر فراتر از یک الزام فنی، به یک ضرورت استراتژیک برای تضمین پایداری انرژی و امنیت ملی تبدیل شده است. بنابراین، سازمان‌ها باید با تلفیق تکنولوژی‌های پیشرفته ایمن‌سازی IoT و ICS، با فرآیندهای مدیریت ریسک و فرهنگ سازمانی امن، تاب‌آوری خود را در برابر تهدیدات سایبری روزافزون تقویت کنند.

منبع:

^۱ Data Tampering

^۲ Man-in-the-Middle

^۳ Incident Response Plans

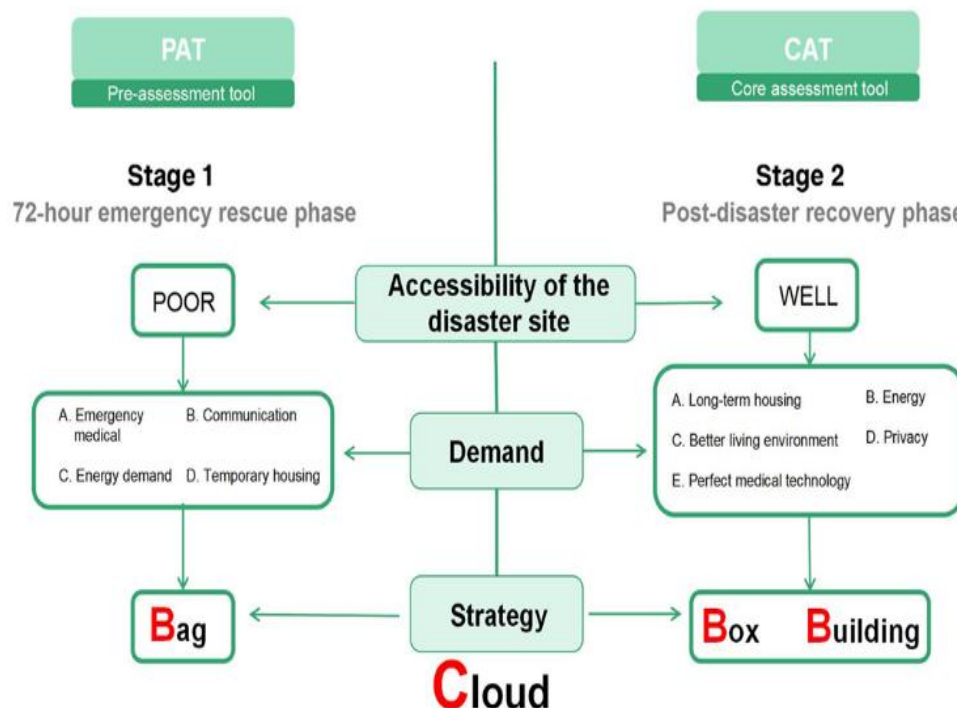
تاب‌آوری در شرایط بحران با پناهگاه‌های ماژولار خورشیدی



در دهه اخیر، با تشدید اثرات تغییرات اقلیمی و افزایش تواتر بلایای طبیعی (سیل، زلزله، طوفان) و حتی غیرطبیعی، سیستم‌های سنتی پاسخ به بحران با چالش‌های جدی روبرو شده‌اند. یکی از حیاتی‌ترین ابعاد این بحران، گسست شبکه‌های برق ملی است. قطع برق علاوه بر اینکه دسترسی به خدمات پایه مانند روشنایی، ارتباطات و تهویه را سلب می‌کند، می‌تواند منجر به بحران‌های ثانویه نظیر عفونت‌های محیطی، کاهش امنیت جانی و اختلال در عملیات امدادی شود. طبق آمار سازمان مدیریت اضطراری جمهوری خلق چین، در سال ۲۰۲۱ بیش از ۱۰۰ میلیون نفر تحت تأثیر بلایا قرار گرفتند و ۵/۷ میلیون نفر آواره شده‌اند. بنابراین، تأمین انرژی پایدار و تاب‌آور در این شرایط، از یک نیاز لوکس به یک ضرورت استراتژیک برای حفظ سلامت و کرامت انسانی تبدیل شده است. این گزارش با تمرکز بر مطالعه موردی موفق «پناهگاه اضطراری خورشیدی ماژولار» با نام Bag Box Building Cloud (BBBC)، به بررسی راهکارهای فنی و مدیریتی برای ادغام انرژی‌های تجدیدپذیر در زیرساخت‌های اسکان موقت می‌پردازد.

در مدل‌های سنتی امداد، نگاه به پناهگاه فیزیکی (مانند چادر یا کانتینر) و نیازهای انرژی به صورت منفصل و مجزا از هم بررسی می‌شود. به این ترتیب، نهادهای بشردوستانه صرفاً بر تأمین سرپناه متمرکزند و مسئولیت انرژی بر عهده دولت‌ها یا زیرساخت‌های جداگانه دیگر است. این گسست دیدگاهی دو ایراد اساسی به وجود آورده است: نخست، وابستگی لجستیکی شدید این رویکرد است؛ چراکه تأمین سوخت ژنراتورهای دیزلی در شرایطی که مسیرهای مواصلاتی قطع شده‌اند، بسیار

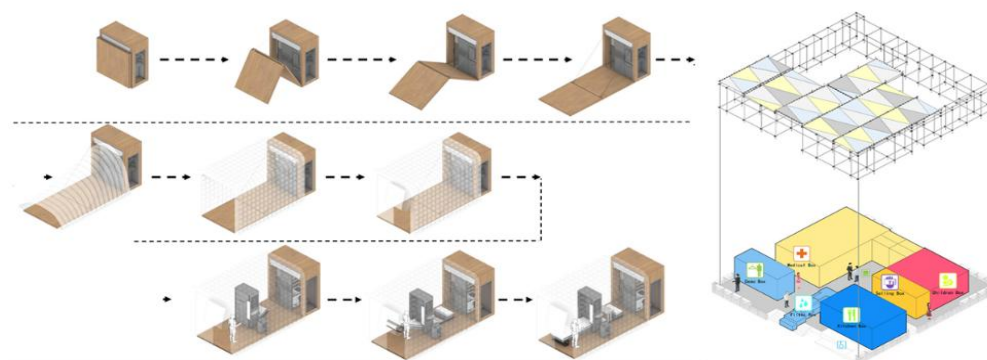
دشوار، پرهزینه و از نظر زیست‌محیطی مخرب است. دوم، عدم تاب‌آوری در شرایط بحرانی است؛ ژنراتورهای دیزلی در برابر شرایط آب‌وهوایی شدید آسیب‌پذیر بوده و صدای زیاد و آلاینده‌گی آن‌ها، کیفیت زندگی آوارگان را به شدت کاهش می‌دهد. بنابراین، گذار از این مدل‌های منفصل و متکی بر سوخت فسیلی به سمت سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر و ماژولار، راهکاری ضروری برای غلبه بر این محدودیت‌ها و تضمین پایداری عملیاتی در بحران‌هاست.



شرح مفهومی و محدوده کاربرد رویکرد BBBC

سازه BBBC بر پایه یک معماری ماژولار و سبک استوار است که امکان مونتاژ سریع، حمل‌ونقل آسان و تغییر کاربری را در شرایط بحرانی فراهم می‌سازد. این سامانه از ۱۴ ماژول مستقل تشکیل شده که شامل اتاق پزشکی، سرویس بهداشتی اکولوژیک، آشپزخانه و اتاق چندمنظوره است و قابلیت استفاده منفرد یا ترکیبی، بسته به مرحله بحران را داراست. از منظر طراحی، چیدمان کلی پناهگاه به شکل «U» با جهت‌گیری به سمت جنوب (در نیمکره شمالی) و استفاده از سایه‌بان، یک حیاط مرکزی ایجاد می‌کند که دو عملکرد کلیدی را محقق می‌سازد: نخست، مسدودسازی بادهای سرد شمال غربی در فصل سرما و محافظت از هسته‌های اصلی ساختمان؛ و دوم، هدایت بادهای خنک جنوب شرقی در فصل گرما به داخل حیاط برای تهویه طبیعی. علاوه بر این، گرمای اتاق تجهیزات مکانیکی در زمستان، برای گرمایش فضای حیاط استفاده می‌شود که این امر به بهینه‌سازی مصرف انرژی برای گرمایش کمک شایانی می‌کند.

پوسته ساختمان^۱ با دقت مهندسی شده تا بالاترین سطح عایق‌بندی حرارتی را با کمترین وزن ارائه دهد. سازه اصلی از قاب آلومینیومی سبک تشکیل شده که پس از پایان بحران قابلیت بازیافت ۹۰ درصدی دارد. دیوارهای خارجی از چپ‌بورد ساخته شده و فضای بین لایه‌ها با پلی‌اورتان فوم‌دار پر شده است. این ترکیب، ضریب انتقال حرارت کل دیوار را به ۰/۱۶ وات بر متر مربع^۲ رسانده است که تقریباً پنج برابر بهتر از استانداردهای ساختمان‌های تجاری معمول است. این عایق‌بندی بالا، ثبات دمای داخلی را تضمین کرده و وابستگی به سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی فعال را به حداقل می‌رساند. سطح داخلی دیوارها با فیلم PVC حاوی لایه عایق و ضربه‌گیر پوشانده شده که علاوه بر محافظت حرارتی، مقاومت در برابر سایش و رطوبت را نیز افزایش می‌دهد. این طراحی غیرفعال^۳، پایه‌ای محکم برای کاهش بار حرارتی ساختمان فراهم می‌کند که پیش‌نیاز اصلی برای کارایی بالایی سیستم‌های انرژی فعال است.



نمای ماژول منفرد و حالت‌های ترکیب ماژول‌های چندمنظوره BBBC

هسته اصلی تاب‌آوری انرژی در BBBC، یک سامانه هیبریدی خورشیدی طراحی شده برای تأمین ۱۰۰ درصدی نیازهای الکتریکی است که در آن از ۵۱ ماژول فتوولتائیک نوع N دوجداره^۴ با مساحت موثر ۱۱۲ متر مربع بهره گرفته شده است. انتخاب فناوری نوع N به دلیل ویژگی‌های فنی برتر از جمله مقاومت در برابر تخریب ناشی از نور^۴، ضریب دمایی پایین و عملکرد بهینه در شرایط نور کم، پایداری تولید انرژی را در اقلیم‌های متنوع تضمین می‌کند. این پنل‌ها از راندمان ترکیبی ۲۳/۲ درصد برخوردار هستند که با بهینه‌سازی زاویه نصب برای کاهش سایه‌اندازی متقابل، قادر به تولید ۳۷۰۳۵ کیلووات ساعت برق در سال اول بهره‌برداری می‌باشند. با در نظر گرفتن افت‌های راندمان در طول عمر مفید ۲۵ ساله، میانگین

^۱ Envelope

^۲ Passive

^۳ Double-glass

^۴ Light-Induced Degradation (LID)

تولید سالانه برق حدود ۳۴۴۰۰ کیلووات ساعت برآورد می‌شود. جالب توجه است که این میزان تولید، نه تنها تمام مصرف سالانه ساختمان را پوشش می‌دهد، بلکه مازادی معادل ۱۹۵۲۰ کیلووات ساعت را تولید می‌کند که معادل مصرف برق ماهانه ۷۰ خانوار معمولی است. این مازاد انرژی امکان می‌دهد تا ساختمان به عنوان یک منبع انرژی محلی برای سایر پناهگاه‌ها یا تجهیزات عمومی منطقه عمل کند.

پارامترهای فنی سیستم فتوولتائیک BBBC

دسته پارامتر	شرح پارامتر	مقدار / مشخصات فنی
ابعاد و هندسه	ابعاد محفظه ماژول	۱۲۰۰ میلی‌متر × ۲۴۰۰ میلی‌متر
	ابعاد پایه سلول‌های تک کریستال	۱۶۶ میلی‌متر × ۸۳ میلی‌متر
	ابعاد ماژول سفارشی‌سازی شده	۲۱۰۸ میلی‌متر × ۱۰۴۲ میلی‌متر × ۳۰ میلی‌متر
	سطح مؤثر	۱۱۲ متر مربع
اتصالات و آرایش	آرایش سری و موازی	۷×۵ و ۲×۸
عملکرد الکتریکی	بازده ترکیبی	۲۳/۲ درصد
	ولتاژ مدار باز ^۱ (V_{oc})	۵۰/۸ ولت
	ولتاژ نقطه توان ماکزیمم ^۲ (V_{mpp})	۴۲/۴ ولت
	جریان اتصال کوتاه ^۳ (I_{sc})	۱۱/۶۹ آمپر
ضرایب حرارتی	ضریب دمایی توان ماکزیمم ^۴	۰/۳۲۰ - درصد بر درجه سلسیوس
	ضریب دمایی ولتاژ مدار باز (V_{oc})	۰/۲۶۰ - درصد بر درجه سلسیوس
	ضریب دمایی جریان اتصال کوتاه (I_{sc})	۰/۰۴۶ + درصد بر درجه سلسیوس
شرایط دمایی	دمای کاری نامی سلول ^۵ (NOCT)	۴۲±۲ درجه سلسیوس

برای مدیریت نوسانات تولید انرژی خورشیدی و تضمین تاب‌آوری در شرایط جوی نامساعد یا شب‌ها، یک سیستم ذخیره‌سازی انرژی پیشرفته نیز تعبیه شده است که شامل ۸ مجموعه باتری لیتیوم-یون با ظرفیت کل ۵۷/۶ کیلووات ساعت می‌باشد. این ظرفیت ذخیره‌سازی به گونه‌ای محاسبه شده است که سیستم بتواند به‌طور مستقل و خارج از شبکه^۶ به مدت ۴۸ ساعت عمل کند. این بازه زمانی ۴۸ ساعته، پنجره‌ای حیاتی برای رسیدن تیم‌های امدادی و تثبیت وضعیت در بحران‌ها

^۱ Open circuit voltage

^۲ Maximum Power Point Voltage

^۳ Short-circuit current

^۴ Peak Power Temperature Coefficient

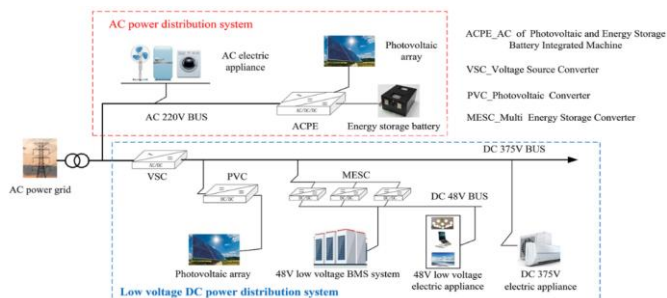
^۵ Nominal Operating Cell Temperature

^۶ Off-grid

محسوب می‌شود. پایش‌های انجام‌شده در دوره آزمایشی «دهکده خورشیدی چین»^۱ نشان داد که حداکثر مصرف روزانه کمتر از ۱۳۰ کیلووات‌ساعت است و این سیستم ذخیره‌سازی توانایی برقراری تعادل دقیق بین تولید و مصرف را دارد. علاوه بر این، استفاده از سیستم‌های ردیابی نقطه حداکثر توان^۲ پیشرفته، تضمین می‌کند که باتری‌ها در بهترین دمای کاری و با کمترین استرس شیمیایی شارژ و دشارژ می‌شوند که منجر به افزایش عمر مفید آن‌ها در شرایط سخت محیطی می‌گردد. این قابلیت اطمینان، برای شرایط اضطراری که شبکه سراسری قطع است، نقش حیاتی ایفا می‌کند.

یکی از نوآوری‌های فنی برجسته در BBBC، طراحی سیستم برق‌رسانی بر پایه جریان مستقیم (DC) با ولتاژ پایین است. برخلاف سیستم‌های سنتی که انرژی خورشیدی را به جریان متناوب (AC) تبدیل کرده و سپس برای استفاده بسیاری مصرف‌کننده‌های داخلی مجدداً به DC تبدیل می‌کنند (که منجر به اتلاف انرژی ۱۰ تا ۱۵ درصد در مراحل تبدیل می‌شود)، BBBC از یک معماری هیبریدی هوشمند استفاده می‌کند. در این سیستم، سه سطح ولتاژ مدیریت می‌شود:

۱. ولتاژ توزیع اصلی DC ۳۷۵ ولت: این ولتاژ برای تجهیزات پرتوان مانند گرمایش کف، کولرهای گازی و پمپ‌ها استفاده می‌شود. برق تولید شده از پنل‌های خورشیدی، ابتدا به یک باس DC با ولتاژ ۳۷۵ ولت تبدیل می‌شود. این ولتاژ بالاتر از ولتاژهای خانگی معمولی، امکان انتقال توان بیشتر با جریان کمتر و در نتیجه کاهش تلفات سیم‌کشی را فراهم می‌کند و باعث می‌شود که انرژی خورشیدی بدون نیاز به تبدیل‌های مکرر، مستقیماً به بارهای پرتوان منتقل شود.
۲. ولتاژ ایمنی DC ۴۸ ولت: برای تجهیزات مصرفی کم‌ولتاژ مانند چراغ‌های LED، تجهیزات الکترونیکی و پریزهای عمومی، ولتاژ ۳۷۵ ولت از طریق مبدل‌های ایزوله DC-DC به ۴۸ ولت کاهش می‌یابد. این سطح ولتاژ خطر برق‌گرفتگی در محیط‌های مرطوب یا شلوغ پس از بلایا و حوادث را به حداقل می‌رساند و با حذف تبدیل‌های غیرضروری، راندمان کلی سیستم بین ۵ تا ۸ درصد افزایش یافته و مصرف انرژی کلی ساختمان ۱۰ درصد کاهش می‌یابد.
۳. ولتاژ AC ۲۲۰ ولت: برای سازگاری با تجهیزات قدیمی‌تر یا ابزارهایی که تنها با جریان متناوب کار می‌کنند، یک اینورترتر قدرتمند تعبیه شده است که برق DC ۳۷۵ ولت را به AC ۲۲۰ ولت تبدیل می‌کند. این طراحی انعطاف‌پذیری لازم را برای استفاده از طیف وسیعی از لوازم برقی فراهم می‌سازد.



^۱ Solar Decathlon China (SDC)

^۲ Maximum Power Point Tracking (MPPT)

همچنین، سیستم مدیریت انرژی هوشمند (PEDF^۱) که شامل فتوولتائیک، ذخیره‌سازی، DC و انعطاف‌پذیری است، مصرف و تولید را در هر دقیقه پایش و ثبت می‌کند. این داده‌ها به اپراتورها اجازه می‌دهد تا در صورت نیاز، مصرف را مدیریت کنند و از تخلیه زودهنگام باتری‌ها جلوگیری نمایند.

❖ مدیریت مصرف انرژی و طبقه‌بندی اولویت‌ها

- با توجه به محدودیت‌های ذاتی انرژی در شرایط بحران، مدیریت تقاضا به اندازه تولید آن اهمیت دارد. در سامانه BBBC، سیستم انرژی بر اساس یک سلسله‌مراتب نیازهای انسانی طراحی شده است که به چهار سطح تقسیم می‌شود:
- نیازهای سطح ۱ (بقا): در اولین ساعات پس از بلایا، انرژی فقط برای روشنایی اضطراری، شارژ موبایل (برای ارتباط با خانواده و تیم‌های امداد) و تجهیزات پزشکی حیاتی اختصاص می‌یابد.
 - نیازهای سطح ۲ (زندگی پایه): با تثبیت وضعیت، انرژی برای یخچال (نگهداری دارو و غذا)، آبگرمکن و تجهیزات آشپزخانه تخصیص می‌یابد.
 - نیازهای سطح ۳ (راحتی): پس از اطمینان از امنیت غذایی و بهداشت، انرژی برای سیستم‌های سرمایشی/گرمایشی فضای داخلی، ماشین لباسشویی و تهویه هوا اختصاص می‌یابد.
 - نیازهای سطح ۴ (سرگرمی و رفاه): در مراحل پایانی، انرژی برای تلویزیون، پروژکتور و سایر وسایل تفریحی استفاده می‌شود که به سلامت روانی آوارگان کمک می‌کند.
- این سیستم با استفاده از کنتورهای هوشمند DC/AC و پلتفرم‌های مانیتورینگ بلادرنگ، به اپراتور اجازه می‌دهد تا در صورت کمبود تولید (مثلاً در روزهای ابری پشت‌سرهم)، بارهای غیرضروری را به صورت خودکار قطع کند. این قابلیت مدیریت پویا، تضمین می‌کند که در بدترین شرایط آب‌وهوایی، حیاتی‌ترین خدمات زندگی همچنان ادامه یابد. سیستم انرژی BBBC قادر است در «حالت کم‌توان»، فقط سطح اول و دوم را تأمین کند. با افزایش تولید خورشیدی یا شارژ باتری‌ها، سیستم به «حالت عادی» و سپس «حالت پرتوان» تغییر وضعیت داده و تمام نیازها از جمله راحتی و رفاه را برآورده می‌سازد.

❖ تحلیل اقتصادی و توجیه‌پذیری چرخه عمر^۲

هزینه تمام‌شده نمونه اولیه پناهگاه BBBC در بازار چین حدود ۲۲۰۰ دلار بر مترمربع برآورد شده است. اگرچه این مبلغ در نگاه اول به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از چادرهای اضطراری ارزان‌قیمت (۲۴ تا ۳۰ دلار بر مترمربع) است، اما با بررسی

^۱ Solar photovoltaic, Energy storage, Direct current and Flexibility

^۲ Life Cycle Cost

معیارهای هزینه چرخه عمر، این تفاوت قیمتی توجیه‌پذیر می‌گردد. چادرهای سنتی به دلیل عمر مفید کوتاه (چند ماه)، عدم عایق‌بندی مناسب و نیاز مداوم به سوخت برای گرمایش و روشنایی، از نظر اقتصادی در بلندمدت غیربهره‌مند هستند. در مقابل، BBBC یک سازه نیمه‌دائمی با قابلیت استفاده در چندین فصل و حتی سال‌هاست که با حذف کامل هزینه سوخت ژنراتورهای دیزلی و بهره‌گیری از برق رایگان خورشیدی، هزینه‌های عملیاتی سالانه را به شدت کاهش می‌دهد. همچنین، ماژولار بودن این سازه امکان تغییر کاربری آن را پس از پایان بحران فراهم می‌آورد. ماژول‌ها می‌توانند به عنوان مراکز بهداشتی، آموزشی یا اداری مورد استفاده قرار گیرند که این ویژگی، ارزش سرمایه‌گذاری را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد.

از منظر لجستیکی، استفاده از قاب‌های آلومینیومی و مصالح سبک در ساخت BBBC، وزن کل سیستم را کاهش داده و هزینه حمل‌ونقل را به حداقل می‌رساند. این ویژگی برای جابجایی سریع در مناطق صعب‌العبور حیاتی است. علاوه بر این، بیش از ۹۰ درصد مصالح مورد استفاده (به‌ویژه آلومینیوم و شیشه پنل‌ها) قابل بازیافت هستند که نه تنها هزینه‌های اسقاط و دفع زباله را حذف می‌کند، بلکه اثرات زیست‌محیطی پناهگاه را در طول عمر آن کاهش می‌دهد. در مقایسه با پناهگاه‌های خورشیدی تجاری موجود در بازار جهانی که قیمت‌های بسیار بالایی دارند (تا ۵۵۰۰ دلار بر متر مربع)، یا کانتینرهای فلزی پیش‌ساخته هوشمند (با هزینه‌ای بین ۲۵۰ تا ۷۵۰۰ دلار بسته به نوع)، BBBC با ادغام طراحی ماژولار و تولید انبوه قطعات، توانسته است هزینه را به سطحی رقابتی برساند. این رویکرد، پناهگاه BBBC را به گزینه‌ای اقتصادی و مقیاس‌پذیر برای پروژه‌های بشردوستانه تبدیل می‌کند که علاوه بر توجیه اقتصادی، ارزش افزوده ملموسی در زمینه سلامت، امنیت و آسایش ساکنان ایجاد می‌نماید.

❖ چالش‌ها و ملاحظات اجرایی

با وجود مزایای مشهود فنی و عملکردی، گسترش و پیاده‌سازی این سامانه با موانع ساختاری و اجرایی قابل‌توجهی روبرو است. نخست، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه^۱ بالا ناشی از قیمت پنل‌های با راندمان بالا و باتری‌های لیتیوم-یون، ضرورت بکارگیری مدل‌های مالی نوآورانه نظیر اجاره با اختیار خرید^۲ یا حمایت‌های یارانه‌ای دولتی را برای توجیه‌پذیری اقتصادی در مقیاس انبوه ایجاد می‌کند. دوم، چالش زیرساخت فنی و نیروی انسانی، به ویژه فقدان تکنسین‌های متخصص در مناطق محروم، اپراتورهای امدادی را ملزم به گذراندن آموزش‌های تخصصی برای نگهداری از سیستم‌های DC و باتری‌ها می‌سازد؛ در غیر این صورت، ریسک خرابی زودرس تجهیزات افزایش می‌یابد. سوم، فقدان استانداردهای ملی یکپارچه برای پناهگاه‌های خورشیدی، فرآیندهای تأیید فنی را با کندی مواجه کرده و موانع بوروکراتیک ایجاد می‌کند. در نهایت، اگرچه سیستم نسبت

^۱ Capital Expenditures (CapEx)

^۲ Lease-to-Own

به باد و برف مقاومت مناسبی دارد، اما در برابر زلزله‌های شدید نیازمند توسعه پایه‌های لرزه‌ای ویژه است که اگرچه در طراحی کنونی تا حدی لحاظ شده، اما نیازمند بهینه‌سازی‌های بیشتر برای ارتقای تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی شدید می‌باشد.

❖ توصیه‌های راهبردی برای سیاست‌گذاران و متخصصان

به منظور تسریع در پذیرش فناوری و ارتقای تاب‌آوری انرژی در زیرساخت‌های امدادی، اقدامات راهبردی زیر پیشنهاد می‌گردد: نخست، تدوین و ابلاغ استاندارد ملی پناهگاه‌های تاب‌آور توسط وزارت نیرو و سازمان مدیریت بحران، که باید شامل الزامات ایمنی سیستم‌های DC، حداقل ظرفیت ذخیره‌سازی برای ۴۸ ساعت عملیات مستقل و راندمان بهینه پنل‌ها باشد. دوم، توسعه زنجیره تأمین داخلی با حمایت از تولید پنل‌های نسل جدید (نظیر نوع N) و باتری‌های لیتیوم-یون، به منظور کاهش وابستگی به واردات و بهینه‌سازی هزینه‌ها. سوم، توانمندسازی نیروی انسانی از طریق ادغام سرفصل‌های «انرژی در بحران» در برنامه‌های آموزشی سازمان‌های امدادی و نیروهای مردم‌نهاد. چهارم، پیاده‌سازی الگوی تأمین مالی ترکیبی با ایجاد صندوق‌های تخصصی (داخلی و بین‌المللی) که سرمایه‌گذاری اولیه بالا را پوشش داده و هزینه‌های عملیاتی پایین این سامانه‌ها را به عنوان مزیت رقابتی در نظر گیرند. در نهایت، بومی‌سازی چارچوب‌های جهانی نظیر^۱ QSAND با تطبیق آن‌ها با شرایط اقلیمی، فنی و فرهنگی ایران و منطقه، ضروری است تا اطمینان حاصل شود که طراحی‌های ارائه‌شده نه تنها از منظر فنی کارآمد، بلکه از نظر اجتماعی نیز پذیرفته‌شده و پایدار هستند.

منبع:

Integrating sustainable and energy-resilient strategies into emergency shelter design, Junjie Li, et. Al., ۲۰۲۴, doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.rser.۲۰۲۳.۱۱۳۹۶۸

^۱ چارچوب QSAND (مخفف عبارت Quality Standards for Non-Grid Energy یا استانداردهای کیفیت انرژی خارج از شبکه) یک استاندارد بین‌المللی برای تضمین کیفیت، ایمنی و پایداری سیستم‌های انرژی غیرمتصل به شبکه در مناطق محروم است. این چارچوب با تعیین الزامات فنی، مالی و اجتماعی، از اجرای پروژه‌های ناکارآمد جلوگیری کرده و قابلیت اطمینان سیستم‌ها را در بلندمدت افزایش می‌دهد.



مروری بر دستاوردها و چالش‌های شرکت نوآور تریناسولار در ۲۰۲۵



شرکت تریناسولار^۱ که در سال ۱۹۹۷ تأسیس شده است، امروزه به یکی از رهبران جهانی صنعت انرژی پاک مبدل گشته است. استراتژی محوری این شرکت بر پایه «نوآوری» استوار است که توسط آزمایشگاه ملی علوم و فناوری فتوولتائیک هدایت می‌شود و بر سه محور تکنولوژیک کلیدی شامل سلول‌های سیلیکونی کریستالی، پروسکایت و سلول‌های III-V تمرکز دارد. تا پایان سال ۲۰۲۵، تریناسولار ۳۹ رکورد جهانی در بازدهی سلول‌ها و توان خروجی ماژول‌ها ثبت کرده است و با ارائه استانداردهای بین‌المللی IEC و پیشرو بودن در تعداد اختراعات ثبت‌شده (به‌ویژه در حوزه سلول‌های پروسکایت)، جایگاه انحصاری خود را در زنجیره ارزش صنعت حفظ کرده است. این شرکت با تکیه بر استراتژی جهانی‌سازی، دفتر مرکزی جهانی خود را در چانگ‌ژو و دفتر بین‌المللی جدیدی را در شانگهای تأسیس کرده و شبکه‌ای گسترده از دفاتر و نمایندگی‌ها را در نقاط استراتژیک از جمله زوریخ، سنگاپور، اسپانیا، مکزیک و ایتالیا گسترش داده است. تریناسولار با جذب نخبگان از بیش از ۷۰ کشور و توسعه عملیات بومی در بازارهایی مانند ایالات متحده، فعالیت‌های خود را در بیش از ۱۸۰ کشور و منطقه

^۱ Trina Solar

گسترش داده است. این گسترش جغرافیایی، هسته اصلی کسب و کار چهارگانه این شرکت شامل محصولات خورشیدی، ذخیره سازی انرژی، راهکارهای سیستمی و خدمات انرژی دیجیتال را تقویت می کند.

همزمان با توسعه فناوری، تریناسولار تعهد عمیقی نسبت به پایداری نشان داده است. این شرکت در سال ۲۰۲۵، با کسب درآمد عملیاتی بالغ بر ۶/۶۹ میلیارد یوان، مبلغ ۲۱۸ میلیون یوان را صرف پروژه های حفظ محیط زیست و بهینه سازی انرژی کرده است. یکی از دستاوردهای کلیدی در این دوره، کاهش شاخص شدت مصرف انرژی از ۰/۱۲ به ۰/۱۰ تن معادل نفت^۱ به ازای هر ۱۰۰۰۰ یوان درآمد است که نشان دهنده بهبود ۱۶/۷ درصدی در راندمان انرژی می باشد. در مجموع، ۷۹۳۶۲۱ تن معادل نفت انرژی مصرف شده که حدود ۱۲/۶ درصد آن از منابع تجدیدپذیر تأمین گردیده است. تریناسولار با تولید ۲۷۷۹۱۶ مگاوات ساعت برق سبز در محل و خرید ۵۳۷۰۹۴ مگاوات ساعت برق تجدیدپذیر از خارج، تلاش کرده است تا مصرف برق به ازای هر مگاوات ظرفیت تولید در سلول های خورشیدی این شرکت را به ۵۲/۶۵ مگاوات ساعت کاهش دهد. همچنین، در مدیریت منابع آب، حدود ۱۱/۸ درصد از کل برداشت آب (۴۰۴۱ هزار تن) از منابع جایگزین و بازیافتی تأمین شده است. این رویکرد یکپارچه، نشان دهنده تعهد تریناسولار به تبدیل شدن به یک «کارخانه سبز» در کنار رهبری تکنولوژیک در صنعت خورشیدی جهان است.



کنترل انتشارات در پایگاه دافنگ ترینا استوریج

تریناسولار با تعهد به قوانین زیست محیطی کشور چین، از جمله «قانون پیشگیری و کنترل آلودگی هوا»^۲، نظام مدیریت یکپارچه ای را بر اساس رویکرد سه لایه «کاهش از منبع، کنترل فرآیند و تصفیه انتهای فرآیند» پیاده سازی کرده است. این چارچوب نظارتی، آلاینده های کلیدی تولیدی از جمله اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، ترکیبات آلی فرار^۳، آمونیاک و ذرات معلق را هدف قرار می دهد. برای ارتقای مستمر عملکرد زیست محیطی، شرکت با به کارگیری راهکارهای نوین همچون جایگزینی سبز مواد اولیه، نوسازی تأسیسات تصفیه و بهینه سازی فرآیندهای تولید، نه تنها تولید آلاینده ها و انتشارات را کاهش می دهد، بلکه با پایش منظم توسط نهادهای ثالث مستقل، اطمینان حاصل می کند که تمامی خروجی های محیط زیستی همواره مطابق با استانداردهای ملی و محلی باقی بمانند. این رویکرد پیشگیرانه و فنی در پروژه های عملیاتی نیز نمود عینی دارد. به طور نمونه،

^۱ Tonnes of coal equivalent (tce)

^۲ Atmospheric Pollution Prevention Management Procedure

^۳ Volatile Organic Compounds (VOCs)

در پایگاه دافنگ ترینا استوریج^۱ در سال ۲۰۲۵ با اجرای پروژه کنترل انتشارات نشت یافته^۲ در ناحیه مخازن NMP^۳، تلفیقی از پیشگیری فنی و ایمنی به کار گرفته شده است. از آنجا که مواد شیمیایی موجود در مخازن در دمای محیط از طریق شیرهای تنفسی، هیدروکربن‌های غیرمتان (عمدتاً NMP) آزاد می‌کنند، نصب یک سیستم تصفیه دو مرحله‌ای مبتنی بر جذب با کربن فعال^۴، منجر به جمع‌آوری و تصفیه این گازها می‌شود. گازهای تصفیه‌شده از طریق یک دودکش ۱۵ متری مطابق با استانداردها منتشر می‌شوند که این اقدام منجر به کاهش چشمگیر انتشار سالانه NMP به حدود ۰/۰۰۴۸ تن گردیده است. این پروژه با ادغام الزامات ایمنی در مستندات فنی طی فاز طراحی، از ساخت‌وسازهای مکرر در آینده جلوگیری کرده و به‌طور سیستماتیک سطح انطباق زیست‌محیطی و ایمنی ذاتی این بخش را ارتقا بخشیده است.

❖ نوآوری‌های تریناسولار در ۲۰۲۵

تریناسولار با تکیه بر سرمایه‌گذاری مستمر در تحقیق و توسعه، استراتژی نظام‌مند مالکیت فکری و تقویت توانمندی‌های سازمانی، نتایج نوآوری را به مزیت‌های رقابتی پایدار تبدیل کرده و جایگاه رهبری خود را در میان چرخش سریع فناوری‌ها و رقابت شدید بازار حفظ نموده است. این شرکت در بخش سلول‌های خورشیدی، با هموار کردن مسیر فناوری نسل بعدی با بازدهی بالا، در مازول‌های تاندم دوپایانه^۵ با ابعاد ۲۱۰ میلی‌متری دستاوردهای چشمگیری در افزایش توان خروجی و کارایی ثبت کرده است. هم‌زمان، سلول‌های i-TOPCon Ultra با ارتقای فرآیندهای کلیدی ساخت سلول، پس از طی مراحل تحقیق، کیفیت‌سنجی فرآیند و یکپارچه‌سازی مهندسی، در فصل دوم سال ۲۰۲۵ وارد فاز تولید انبوه و تحویل شدند.

تریناسولار با معرفی مازول‌های ۲۰۰۰ V Vertex N-type، که در سال ۲۰۲۵ عرضه شدند و دارای حداکثر توان خروجی ۶۳۰ وات با راندمان ۲۳/۱ درصد هستند، راهکاری نوین برای نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس‌بزرگ زمینی ارائه کرده است. این مازول‌ها با بهره‌گیری از سازگاری برجسته با ولتاژ بالا و طراحی قابل اطمینان، به کاهش هزینه‌های بالانس سیستم^۶ و هزینه‌های ترازشده انرژی کمک شایانی می‌کنند. هم‌زمان، سیستم نصب Vanguard ۱P با استفاده از پیوند دوگانه بین واحد

^۱ Trina Storage Dafeng Base

^۲ Fugitive Emissions

^۳ N-Methyl-۲-pyrrolidone (ان-متیل-۲-پیرولیدون)

این ماده یک حلال آلی قوی و بی‌رنگ است که در صنایع مختلف، به‌ویژه در صنعت باتری‌های لیتیوم-یونی و سلول‌های خورشیدی (فتوولتائیک) کاربرد گسترده‌ای دارد.

^۴ Two-stage activated carbon adsorption treatment system

^۵ Two-terminal tandem

^۶ BOS

کنترل ردیاب^۱ و واحد کنترل شبکه^۲ و ترکیب آن با قابلیت پیش‌بینی آب‌وهوایی پلتفرم هوشمند، امکان تنظیمات پیش‌دستانه برای اجتناب از خطرات را پیش از وقوع رویدادهای آب‌وهوایی شدید فراهم می‌سازد که این امر ایمنی عملیاتی و کارایی نگهداری را به‌طور چشمگیری بهبود می‌بخشد.

در حوزه ذخیره‌سازی انرژی، محصول ۳ Elementa King Kong با بهره‌گیری از فناوری‌های نوآورانه از جمله سلول‌های با ظرفیت بالا (۵۸۷ آمپر-ساعت)، سیستم مدیریت حرارتی ترکیبی هوا-مایع^۳ و یک سیستم حفاظت شش‌بعدی، عملکردی بی‌نظیر ارائه می‌دهد. این سیستم با ظرفیت ذخیره‌سازی بیش از ۶ مگاوات‌ساعت در هر کانتینر، چگالی انرژی مازول را بیش از ۱۲ درصد و چگالی انرژی ایستگاه^۴ را بیش از ۲۴ درصد بهبود بخشیده است. طراحی ایمنی این سیستم به‌طور جامع بهینه‌سازی شده است؛ به‌طوری که عملکرد مدارهای موازی چندشاخه در شرایط اتصال کوتاه با شبیه‌سازی تأیید شده و انتخاب و طراحی فیوزهای جریان بالا و کلیدهای ایزولاتور سطح کانتینر نهایی شده است. همچنین، طراحی کانتینر از آزمون‌های آتش‌سوزی مقیاس‌بزرگ عبور کرده و تأییدیه‌های معتبر را کسب نموده است.

❖ تجربه‌های موفق در سال ۲۰۲۵

در سال ۲۰۲۵، تریناسولار با پیاده‌سازی موفق راهکارهای عملیاتی در سناریوهای چالش‌برانگیز جهانی، نشان داد که چگونه می‌توان با بهره‌گیری از سناریوهای کاربردی متنوع، بهینه‌ترین مکان‌ها را برای استقرار نیروگاه‌های خورشیدی شناسایی کرد و ارزشی فراتر از مجموع اجزا خلق نمود. این شرکت در طول سال گذشته، با تنوع‌بخشی عمیق به سناریوهای اجرایی و بهبود مستمر محصولات، به ایجاد «امواج نوآوری» مشترک با شرکای صنعتی دست یافت.



نمونه‌ای بارز از این موفقیت‌ها، در ایالات متحده، یک نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی در منطقه‌ای مستعد تگرگ در تگزاس، با اجرای راهکاری محافظتی متمرکز بر «افزایش مقاومت مازول در برابر ضربه»^۵ و «استراتژی‌های حفاظت از

^۱ Tracker Control Unit (TCU)

این واحد معمولاً روی ردیاب نصب می‌شود و وظیفه دارد موتورهای ردیاب را مستقیماً هدایت کند، زاویه پنل‌ها را بر اساس نور خورشید تنظیم نماید و داده‌های لحظه‌ای را به سیستم بالاتر ارسال کند.

^۲ Network Control Unit (NCU)

این واحد به عنوان رابط ارتباطی بین ردیاب‌ها و سیستم مدیریت کل نیروگاه (SCADA یا پلتفرم هوشمند) عمل می‌کند. وظیفه آن جمع‌آوری داده‌ها از چندین TCU، پردازش دستورات هوشمند (مانند هشدار طوفان یا تغییر جهت ردیاب) و ارسال آن‌ها به سطح بالاتر یا دریافت دستورات از پلتفرم مرکزی است.

^۳ Air-liquid thermal management

^۴ Station-level energy density

^۵ Module impact resistance enhancement

ردیاب‌ها^۱، ریسک آسیب مازول‌ها و توقف تجهیزات را به‌طور مؤثری کاهش دادند. پس از پیاده‌سازی این راهکار، میانگین خسارات سالانه دارایی‌های خورشیدی نیروگاه ۹۴ درصد کاهش یافت که منجر به بهبود چشمگیر ایمنی دارایی‌ها و قابلیت بهره‌برداری در شرایط آب‌وهوایی خشن شد و ثبات و پیش‌بینی‌پذیری درآمد نیروگاه را تضمین نمود.



در مصر، پروژه ۱۵۰ مگاوات/۳۰۰ مگاوات‌ساعتی آبدوس^۲ با چالش‌های دوگانه دمای بالای محیط و شرایط پیچیده شبکه مواجه بود که الزامات سخت‌گیرانه‌ای را برای استقامت تجهیزات و سازگاری با شبکه ایجاد کرده بود. تریناسولار با استقرار سیستم ذخیره‌سازی انرژی المنتا^۳، که شامل سلول‌های باتری توسعه‌یافته، فناوری خنک‌کننده مایع هوشمند و حفاظت چندلایه ایمنی است، چالش‌های مدیریت حرارتی در شرایط گرمای شدید کویر را برطرف کرد. این راهکار عملیات طولانی‌مدت و پایدار را تضمین نمود و الزامات کلیدی ایمنی و قابلیت اطمینان برای کاربردهای مقیاس‌بزرگ محلی را برآورده ساخت.



در چین، پروژه دمو میکروگرید یکپارچه برق سبز و محاسبات هوشمند، که با همکاری «چاینا یونیکام»^۴ توسعه یافته بود، موفق به کسب «جایزه برتری تحول دیجیتال»^۵ از مجله انرژی شد. این پروژه با ادغام نوآورانه فناوری میکروگرید هوشمند با مدل دیجیتال دوقلو^۶، کنترل دقیق زنجیره و عملیات و نگهداری هوشمند را امکان‌پذیر کرده است. در نهایت، این راهکار هزینه‌های برق را حدود ۵۰ درصد و هزینه‌های عملیاتی کلی را ۱۵ درصد کاهش داد و مدلی قابل تکرار و مقیاس‌پذیر برای کربن‌زدایی زیرساخت‌های محاسباتی با مصرف انرژی بالا ارائه داد.

در منطقه نوایی^۷ ازبکستان، نیروگاه خورشیدی ۱۰۰ مگاواتی نوایی به عنوان اولین نیروگاه خورشیدی زمینی بزرگ مقیاس در این منطقه، با چالش‌های بیابان‌زایی روبرو بود. تریناسولار با ارائه راهکاری برای تبدیل زمین‌های بایر به دارایی‌های مولد،

^۱ Tracker protection strategies

^۲ Abydos

^۳ Elementa

^۴ China Unicom

^۵ Digital Transformation Excellent Award

^۶ Digital Twin

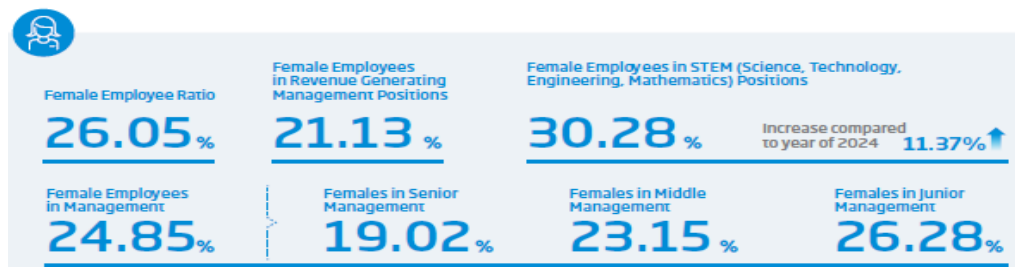
^۷ Novai



از ماژول‌های پرتوان Vertex با تکنولوژی سلولی i-TOPCon به ابعاد ۲۱۰ میلی‌متر به همراه سیستم‌های ردیاب Vanguard ۲P با ویژگی‌های خدشن و ضد باد مخصوص محیط‌های کویری استفاده کرد. این رویکرد به یک دستاورد دوگانه منجر شد: نخست، تأمین برق پاک برای حدود ۳۱۰۰۰ خانوار محلی در سال و کاهش ۱۵۰۰۰۰ تنی انتشار کربن و هم‌زمان احیای اکوسیستم‌های بیابانی، که نشان‌دهنده تعادل میان توسعه انرژی و حفاظت از محیط‌زیست است.

❖ منابع انسانی در تریناسولار

تریناسولار با ادغام کامل اصول تنوع، برابری و شمول^۱ در سیستم مدیریتی شرکتی خود، مجموعه‌ای از سیاست‌های جامع را تدوین و اجرا کرده است. این سیاست‌ها شامل «اصول حقوق بشر تریناسولار»، «رفتار تجاری و اخلاقی کارکنان»، «دفتر راهنمای کارکنان»، «سیستم استخدام»، «سیستم مدیریت حضور و غیاب» و «مقررات حمایت از کارکنان نیازمند» می‌باشد. این اسناد حقوق کارکنان را تعریف کرده و ضامن‌های نهادی و حقوقی لازم برای تضمین محیط کاری عادلانه و شفاف را فراهم می‌سازند. تریناسولار با تعهد به اصل برابری، فرصت‌های شغلی مساوی را برای تمام متقاضیان و کارکنان در سطح جهانی فراهم می‌کند و بر اجرای سیاست «پرداخت برابر برای کار برابر» تأکید دارد. این شرکت تبعیض را تحت هر عنوانی، از جمله نژاد، ملیت، قومیت، رنگ پوست، مذهب، جنسیت، سن، معلولیت جسمی یا ذهنی، وضعیت تأهل، بارداری، گرایش سیاسی و هر ویژگی دیگری، در مراحل استخدام و آموزش‌ها ممنوع اعلام کرده است. علاوه بر این، تریناسولار با فعال‌سازی فرصت‌های شغلی برای افراد دارای معلولیت و حمایت از آن‌ها از طریق سازگاری شغلی، پرداخت منصفانه، مسیرهای توسعه حرفه‌ای و راه‌های ارتقای شغلی، به بهره‌برداری از توانمندی‌های حرفه‌ای این قشر می‌پردازد. آمار نشان می‌دهد که تا پایان سال ۲۰۲۵، تعداد کارکنان دارای معلولیت در این شرکت، با ۲۴ نفر افزایش نسبت به سال گذشته، به ۳۸ نفر رسیده است.



آمار منابع انسانی تریناسولار ۲۰۲۵

منبع: Trinasolar Sustainability Report ۲۰۲۵

^۱ Diversity, Equity, and Inclusion

تاب آوری استراتژیک زیرساخت‌های نظامی استرالیا به کمک انرژی‌های تجدیدپذیر



پروژه ریزشبه‌جزیره گاردن^۱ پروژه‌ای پیشرو و استراتژیک در اکوسیستم انرژی استرالیا است که با هدف نشان دادن قابلیت ادغام سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر در محیط‌های حساس و بحرانی، به ویژه پایگاه‌های نظامی، طراحی و اجرا شده است. این پروژه که با حمایت مالی آژانس انرژی‌های تجدیدپذیر استرالیا^۲ و تحت برنامه «ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر»^۳ و با مشارکت شرکت «کارنگی کلین انرژی»^۴ اجرا گردیده است، در جزیره گاردن واقع در غرب استرالیا و در محل استقرار پایگاه ناوگان غرب^۵ یا همان «اچ‌ام‌ای‌اس استیرلینگ»^۶ مستقر است. انتخاب این مکان، مبتنی بر ضرورت‌های عملیاتی بوده است؛ زیرا پایگاه‌های نظامی به دلیل ماهیت خود، مصرف‌کنندگان عمده انرژی هستند و امنیت انرژی برای آن‌ها از اولویت‌های حیاتی محسوب می‌شود. در نتیجه، ادغام یک ریزشبه‌جزیره انرژی پاک در چنین محیطی، فراتر از یک چالش فنی، به یک ضرورت راهبردی مبدل شده که مستلزم غلبه بر موانع پیچیده‌ای از جمله انطباق با مقررات امنیتی سخت‌گیرانه، رعایت الزامات فنی شبکه ملی برق و هماهنگی با فرآیندهای اداری پیچیده وزارت دفاع است.

^۱ Garden Island Microgrid

^۲ ARENA

^۳ Advancing Renewables Program

^۴ Carnegie Clean Energy

^۵ Fleet Base West

^۶ HMAS Stirling

ساختار فنی این ریزشبه شامل یک نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک با ظرفیت ۲ مگاوات و یک سیستم ذخیره‌سازی انرژی باتری با ظرفیت (۲MW/۰.۵MWh) است. این ترکیب توانایی تأمین بخشی از نیازهای برق پایگاه را فراهم می‌کند و پایداری شبکه را در برابر نوسانات افزایش می‌دهد. نکته قابل توجه در طراحی این پروژه، پیش‌بینی امکان ادغام انرژی موج در آینده است. شرکت کارنگی که پیش‌تر پروژه مبتنی بر انرژی موج پرت^۱ و فناوری CETO^۲ را توسعه داده بود، این ریزشبه را به عنوان پلتفرمی برای تست و یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر در آینده طراحی کرد. همچنین، امکان اتصال به نیروگاه تصفیه آب دریا که پیش‌تر نصب شده بود، نیز در برنامه گنجانده شده بود تا پایداری آب و انرژی پایگاه تضمین شود. با این حال، پروژه با تأخیرهای متعدد مواجه شد که عمدتاً ناشی از چالش‌های فنی، بروکراسی اداری و فرآیندهای طولانی تأییدیه از سوی شرکت برق غرب استرالیا^۳ و وزارت دفاع بود. سرانجام، سیستم در آگوست ۲۰۱۹ پس از دریافت تأییدیه‌های نهایی، عملیاتی شد.

یکی از پیچیده‌ترین ابعاد این پروژه، ماهیت دوگانه آن به عنوان یک زیرساخت غیرنظامی-نظامی بوده است. ریزشبه در پشت‌کنتر^۴ پایگاه فعال نظامی نصب شده است و این موضوع چالش‌های منحصربه‌فردی ایجاد کرده است. از یک سو، سیستم باید به شبکه ملی برق از طریق توافقنامه اتصال موجود با وزارت دفاع متصل می‌شد و از سوی دیگر، باید همزمان با الزامات امنیتی سخت‌گیرانه ارتش سازگار می‌گشت. در فاز عملیات، مدیریت تولید و مصرف انرژی بسیار حساس بوده است. برای مثال، زمانی که زیردریایی‌ها در اسکله بودند یا دیزل ژنراتورهای اضطراری برای تست‌های دوره‌ای در حال کار بودند، سیستم باید به گونه‌ای تنظیم می‌شد که با تغییرات ناگهانی بار هماهنگ باشد و کیفیت توان برق را حفظ کند. این تعاملات نیازمند همکاری نزدیک با بخش‌های مختلف وزارت دفاع، از جمله دایره‌های املاک، محیط زیست، انرژی و مدیریت دارایی‌ها بوده است. همچنین، پیمانکاران بزرگی مانند «بروداسپکترم»^۵ و «دوریک»^۶ در اجرای پروژه نقش کلیدی ایفا کردند و درک عمیقی از نیازهای خاص این محیط کسب نمودند.

اشتراک دانش، به عنوان یکی از ارکان کلیدی موفقیت این پروژه، همواره مورد تأکید شرکت کارنگی قرار داشته است. این شرکت نه تنها متعهد به انتقال دانش فنی بود، بلکه تلاش کرد تا تجربیات خود را با طیف گسترده‌ای از ذی‌نفعان از جمله

^۱ Perth Wave Energy Project

^۲ سیستم CETO (Coastal Energy Technology Offshore) فناوری‌ای است که انرژی جنبشی امواج دریا را از طریق بوی‌های هیدرولیکی به برق و آب شیرین تبدیل می‌کند. این فناوری توسط شرکت کارنگی توسعه یافته و قابلیت یکپارچه‌سازی با ریزشبه‌ها برای تأمین انرژی پایدار و ذخیره‌سازی هوشمند را دارد.

^۳ Western Power

^۴ Behind-the-meter

^۵ Broadspectrum

^۶ Doric

سرمایه‌گذاران، پژوهشگران دانشگاهی، نهادهای دولتی و صنعت انرژی اقیانوسی به اشتراک بگذارد. انتشار گزارش‌های عمومی، حضور در کنفرانس‌های بین‌المللی معتبر نظیر «All Energy» اسکاتلند و «Renewable UK» و همچنین برگزاری جلسات توجیهی ویژه دانشجویان و مقامات دیپلماتیک (مانند سفیر هند)، همگی گواهی بر تعهد این شرکت به شفافیت و ترویج فناوری‌های نوین هستند. همچنین، همکاری نزدیک با شرکت برق غرب استرالیا در مراحل طراحی و اجرا، منجر به تبادل دانش فنی ارزشمندی درباره نحوه اتصال ریزشبکه‌های کوچک به شبکه‌های توزیع بزرگ شد. در همین راستا، مشارکت با دانشگاه غرب استرالیا^۱ و بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته‌ای نظیر یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی عملکرد سیستم، نشان‌دهنده رویکردی علمی و داده‌محور در مدیریت و ارتقای کارایی این پروژه است.

آینده ریزشبکه جزیره گاردن با فرصت‌های نوین و چالش‌های جدیدی روبروست. وزارت دفاع استرالیا پروژه عظیمی را با هزینه‌ای بیش از ۳۵۰ میلیون دلار برای نوسازی کامل سیستم‌های الکتریکی پایگاه HMAS Stirling آغاز کرده است. این نوسازی مستلزم قطع موقت اتصال ریزشبکه جزیره گاردن برای بازسازی نیروگاه مرکزی است. این فرآیند شامل تست‌ها و برنامه‌ریزی مجدد تنظیمات ارتباطی و حفاظتی خواهد بود. انتظار می‌رود پس از اتمام این پروژه، اتصال جدید و به‌روزرسانی‌شده، تاب‌آوری سیستم را در برابر اختلالات احتمالی افزایش داده و بهره‌وری انرژی را بهبود بخشد. این مرحله فرصتی برای اشتراک دانش بیشتر درباره بهینه‌سازی سیستم‌های انرژی در زیرساخت‌های پیشرفته نظامی محسوب می‌شود. علاوه بر این، چشم‌انداز نهایی پروژه، ادغام کامل انرژی موج در ریزشبکه است. شرکت کارنگی با همکاری گروه انرژی اقیانوسی استرالیا^۲ و شرکت‌های توسعه‌دهنده‌ای مانند «اوشنترا»^۳، در حال بررسی راهکارهایی برای یکپارچه‌سازی فناوری‌های انرژی دریایی به این سیستم است. جزیره گاردن به عنوان یک آزمایشگاه زنده و عملی، می‌تواند نقشی کلیدی در رشد صنعت انرژی اقیانوسی در استرالیا و حتی صادرات این فناوری به مناطق دیگر مانند جنوب شرق آسیا ایفا کند. حمایت مستمر ARENA و تعامل با جامعه مالی، از جمله بانک‌های تجاری و سرمایه‌گذاران خصوصی، تضمین‌کننده پایداری مالی و توسعه پایدار این پروژه در بلندمدت است. در نهایت، ریزشبکه جزیره گاردن موفقیت فنی و الگوی مدیریتی برای ادغام انرژی‌های پاک در زیرساخت‌های حیاتی و امنیتی محسوب می‌شود که درس‌های ارزشمندی برای صنعت انرژی در سراسر جهان به ارمغان آورده است.

منبع:

Garden Island Microgrid ARENA Knowledge Sharing Report - Carnegie Clean Energy - ۲۰۲۰

^۱ University of Western Australia

^۲ Australian Ocean Energy Group (AOEG)

^۳ Oceantera

راهکارهای هوشمند توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایالات متحده



در عصر حاضر، گذار انرژی یک معضل پیچیده حکمرانی، اقتصادی و اجتماعی است. اگرچه تغییرات اقلیمی نیازمند اقداماتی جهانی است، اما شواهد نشان می‌دهد که «حاکمیت‌های محلی» (شامل استان‌ها، شهرها و شهرستان‌ها) نقش موتور محرک اصلی در پیاده‌سازی عملیاتی راهکارهای اقلیمی و گذار به انرژی پاک را ایفا می‌کنند. این گزارش با تمرکز بر تجربیات ایالات متحده و الگوهای مشابه جهانی، چهار نوآوری کلیدی در سطح محلی را بررسی می‌کند که می‌توانند موانع سنتی را حذف کرده، هزینه‌های جانبی را کاهش داده و چابکی لازم برای دستیابی به اهداف خالص صفر^۱ را فراهم آورند.

❖ نوآوری ۱: مکان‌یابی با کمترین تضاد

عدم قطعیت، تعارضات محلی و پیچیدگی‌های بوروکراتیک، به‌عنوان موانع کلیدی در شتاب‌بخشی به گذار انرژی، منجر به افزایش هزینه‌ها و تضعیف اعتماد سرمایه‌گذاران شده‌اند. در پاسخ، دولت‌های ایالتی و محلی با تکیه بر حکمرانی نوآورانه و بهره‌گیری از رویکرد راهبردی «مکان‌یابی با کمترین تضاد»^۲ در حال بازطراحی نظام‌های تصمیم‌گیری هستند. این رویکرد، با تبدیل سیستم‌های اطلاعات مکانی^۳ و علوم مکانی از ابزارهای تحلیلی به ستون فقرات فرآیند تصمیم‌گیری، از طریق تلفیق لایه‌های پیچیده اطلاعاتی بازتاب‌دهنده حساسیت‌های زیست‌محیطی، ارزش‌های اقتصادی و بافت‌های اجتماعی، مناطق

^۱ Net-Zero

^۲ Least Conflict Siting

^۳ Geospatial Information System (GIS)

دارای پتانسیل توسعه فنی بالا اما دارای کمترین تضاد اجتماعی و زیست‌محیطی را شناسایی می‌کند. این فرآیند داده‌مبنا و مشارکت‌محور، با افزایش شفافیت و حذف موانع اجرایی محیطی مساعد برای توسعه زیرساخت‌های اقلیمی فراهم می‌آورد و به ذی‌نفعان و سرمایه‌گذاران امکان می‌دهد پیش از آغاز پروژه، از نبود تعارضات جدی اطمینان حاصل کرده و با کاهش ریسک‌های اجرایی، سرعت و کارایی پروژه‌های انرژی پاک را ارتقا دهند.

تجربه عملیاتی این رویکرد در دو آزمایش موفق منطقه‌ای، کارایی آن را اثبات کرده است. در سال ۲۰۱۶، مرکز حقوق، انرژی و محیط‌زیست^۱ و مؤسسه بیولوژی حفاظتی^۲، این رویکرد را برای توسعه انرژی خورشیدی در بخش غربی دره سن خوانکین^۳ (کالیفرنیا) در یک فرآیند شش‌ماهه آزمایش کردند. همزمان، پروژه‌ای مشابه در صحرای کلمبیا^۴ (ایالت واشنگتن) انجام شد که هشت ماه به طول انجامید و در سال ۲۰۲۳ به پایان رسید. هر دو فرآیند از داده‌های مکان‌مبنای غنی استفاده کردند که از طریق یک درگاه همکاری‌محور آنلاین در اختیار تمام ذی‌نفعان قرار گرفته بود. این درگاه‌ها امکان دسترسی شفاف به اطلاعات مکانی را فراهم کردند و به گروه‌های زیست‌محیطی، توسعه‌دهندگان صنعتی و نهادهای دولتی اجازه دادند تا بر اساس یک منبع حقیقت واحد گفتگو کنند. نتیجه این مشارکت فعال در مراحل اولیه، کاهش چشمگیر اعتراضات و چالش‌های بعدی بود. اهمیت این موفقیت‌ها به حدی بود که ایالت واشنگتن در سال ۲۰۲۳ قانونی را تصویب کرد که هدف آن بهبود مکان‌یابی و صدور مجوز است و رویکرد «کمترین تضاد» را به‌عنوان یک ابزار ارجاع‌دهنده استاندارد برای پروژه‌های بزرگ انرژی تجدیدپذیر گنجانده است.

رویکرد «مکان‌یابی با کمترین تضاد» با ویژگی بارز انعطاف‌پذیری و قابلیت تعمیم در مقیاس‌های گوناگون، از استخراج مواد معدنی استراتژیک و پروژه‌های انتقال انرژی گرفته تا توسعه زیرساخت‌های حذف کربن^۵ را در بر می‌گیرد. این فرآیند اگرچه غیرالزام‌آور است، اما با آشکارسازی دغدغه‌های محلی و استفاده از سیستم‌های اطلاعات مکانی برای تخصیص بهینه منابع و کاهش اصطکاک‌های بوروکراتیک، به ذی‌نفعان امکان می‌دهد تمرکز خود را بر رفع موانع توسعه در اراضی با کمترین تضاد (مانند دسترسی به شبکه انتقال) معطوف نموده و از اتلاف منابع در پرونده‌های مسدود جلوگیری کنند. تداوم و موفقیت این رویکرد مستلزم تعهد و سرمایه‌گذاری اولیه مراجع صادرکننده مجوز، توسعه‌دهندگان و ذی‌نفعان در بهره‌گیری از داده‌های مکانی دقیق (پوشش‌دهنده ابعاد انرژی، محیط‌زیست و زمین‌شناسی)، مشارکت فعال ذی‌نفعان و تسهیل‌گری تخصصی است. برای پیاده‌سازی موفق، تلفیق زیرساخت‌های داده‌ای قدرتمند با ابزارهای بصری‌سازی تعاملی ضروری است تا داده‌های پیچیده

^۱ Center for Law, Energy, and the Environment

^۲ Conservation Biology Institute

^۳ San Joaquin Valley

^۴ Columbia Plateau

^۵ CCUS

به سناریوهای قابل فهم برای سیاست‌گذاران و جوامع محلی ترجمه شده و آنان را در فرآیند تصمیم‌گیری و تحقق عدالت فضایی درگیر کند.

❖ نوآوری ۲: صدور مجوز خودکار^۱

تأخیرهای ناشی از فرآیندهای پیچیده صدور مجوز، هزینه‌های پروژه را به‌طور قابل‌توجهی برای توسعه‌دهندگان و خانوارها افزایش می‌دهد. تحلیل فرآیندهای صدور مجوز برای سیستم‌های خورشیدی پشت‌بامی در ایالات متحده نشان می‌دهد که تقریباً ۸۰ درصد از هزینه کل یک سیستم، مربوط به هزینه‌های نرم^۲ است. این هزینه‌ها شامل طراحی، مدیریت پروژه، صدور مجوز، بازرسی و اتصال به شبکه می‌شوند. بنابراین، نهادهای حاکمیت محلی، به‌عنوان مراجع اصلی صدور مجوز، نقش تعیین‌کننده‌ای در این هزینه‌ها ایفا می‌کنند. تحقیقات سازمان غیرانتفاعی پرمیت‌پاور^۳ نشان می‌دهد هزینه نصب سیستم‌های خورشیدی مسکونی در ایالات متحده تا هفت برابر نمونه‌های مشابه در استرالیا یا آلمان است که ناشی از فرآیندهای اداری کند و بوروکراتیک است. برای رفع این نابرابری هزینه، ایالت‌های مختلف با وجود رویکردهای متفاوت، به سمت ساده‌سازی و خودکارسازی فرآیندهای صدور مجوز و اتصال به شبکه حرکت کرده‌اند. به‌عنوان مثال، ایالت مریلند استفاده از پلتفرم‌های خودکار را الزامی اعلام کرده است، نیوجرسی پلتفرمی توسعه داده اما به نهادهای محلی اجازه داده تا با نظارت ایالتی، سیستم جایگزین خود را به کار گیرند و در مقابل، تگزاس و فلوریدا تنها استفاده از این پلتفرم‌ها را مجاز شمرده‌اند، بدون آنکه استفاده از آن‌ها را اجباری کنند.

یکی از برجسته‌ترین نمونه‌های موفق در این عرصه، سامانه «پردازش خودکار مجوز خورشیدی» یا SolarAPP+ است. این پلتفرم رایگان که در سال ۲۰۲۱ توسط آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر^۴ و با همکاری صنعت و بازرسان ساختمان توسعه یافته، برای ساده‌سازی صدور مجوز پروژه‌های خورشیدی پشت‌بامی و خورشیدی-ذخیره‌سازی طراحی شده است. هدف اصلی این سامانه، آسان‌سازی فرآیند نصب برای پیمانکاران، کاهش نیاز به نیروی انسانی و حذف تأخیرهای اداری است. این پلتفرم، تأییدیه مجوز را برای نصب‌هایی که تمام استانداردها و قوانین ایمنی و فنی (کدهای ساختمانی و برق) را رعایت کرده‌اند، به‌صورت خودکار و سریع صادر می‌کند. تا پایان سال ۲۰۲۳، ۱۶۷ حوزه محلی صدور مجوز از SolarAPP+ استفاده کرده یا آن را آزمایش کرده‌اند و نزدیک به ۶۰۰ نهاد محلی دیگر نیز علاقه خود را به به‌کارگیری این اپلیکیشن نشان داده‌اند. ارزیابی‌های سالانه نشان می‌دهد که صدور مجوز برای سیستم‌های کاملاً منطبق بر استانداردها، تقریباً آنی انجام می‌شود و

^۱ Automated Permitting

^۲ Soft Costs

^۳ Permit Power

^۴ National Renewable Energy Laboratory (NREL)

پروژه‌های فعال در این سامانه، فرآیند کامل صدور مجوز را بسیار سریع‌تر از روش‌های سنتی تکمیل می‌کنند. این ارزیابی‌ها صرفه‌جویی در زمان پرسنل و کاهش چشمگیر تأخیرهای پروژه را نیز مستند می‌سازند. امروزه SolarAPP+ توسط یک بنیاد مستقل مدیریت می‌شود و به‌طور رایگان در اختیار تمام شهرداری‌ها و نهادهای محلی صدور مجوز قرار دارد.

❖ نوآوری ۳: طراحی پروژه‌ها به نفع همه ذی‌نفعان جامعه

شتاب‌بخشی به توسعه پروژه‌های انرژی پاک، ریسک تأثیرات مخرب و غیرمنتظره‌ای را برای جوامع میزبان و محیط‌زیست به همراه دارد؛ از جمله تمرکز فعالیت‌های صنعتی، آسیب به زیستگاه‌های طبیعی و کاهش کیفیت زندگی ساکنان. در عین حال، این پروژه‌ها می‌توانند توسعه اقتصادی، اشتغال‌زایی و منافع اقتصادی قابل توجهی را به جوامع میزبان ارائه دهند. ابزارهای منافع اجتماعی^۱ با به حداقل رساندن آسیب‌ها و بهره‌برداری از این منافع، می‌توانند تعارضات را کاهش داده و تحویل پروژه‌ها را بهبود بخشند. این ابزارها مکانیسمی برای پاسخگویی مستمر و شفافیت در برابر جوامع میزبان، کسب‌وکارها، ساکنان و سایر گروه‌های ذی‌نفع فراهم می‌کنند و تضمین می‌کنند پروژه‌های انرژی پاک، به جای ایجاد فشار و آسیب برای جوامع محلی، به آن‌ها سود برسانند. این ابزارها شامل سه دسته اصلی هستند: نخست، «توافق‌نامه‌های منافع اجتماعی»^۲ قراردادهای الزام‌آوری هستند که توسعه‌دهنده را متعهد به ارائه منافع مشخصی مانند اشتغال‌زایی یا کمک‌های زیرساختی به جامعه می‌کنند. دوم، «مدل‌های مالکیت مشارکتی»^۳ ساختارهایی هستند که به ساکنان محلی امکان می‌دهند مالکیت بخشی از پروژه را داشته باشند و از سود آن بهره‌مند شوند. سوم، «ساختارهای نظارتی جامعه»^۴ شامل کمیته‌هایی متشکل از نمایندگان مردم است که بر اجرای پروژه و رعایت تعهدات نظارت می‌کنند. اگر این ابزارها با دقت طراحی شوند، می‌توانند منافع ملموسی را به جوامع میزبان ارائه دهند، زمینه‌ساز نظارت جامعه و حکمرانی مشارکتی در پروژه‌ها شوند و اصطکاک میان توسعه‌دهندگان و ساکنان محلی را کاهش دهند. موفقیت این رویکرد منوط به حضور فعال سازمان‌های مردم‌نهاد و ذی‌نفعان محلی، نه صرفاً به‌عنوان مخاطبان، بلکه به‌عنوان شرکای استراتژیک در مراحل برنامه‌ریزی و اجرا است.

نهادهای حاکمیت محلی با وضع الزامات یا مشوق‌ها، تقویت ظرفیت جوامع و تدوین دستورالعمل‌های پاسخگویی، نقش کلیدی در تسهیل به‌کارگیری این مکانیسم‌ها و کارآمدسازی ساختارهای منافع اجتماعی ایفا می‌کنند. در ادامه، دو نمونه برجسته از این رویکردها در سطح ایالتی و محلی بررسی می‌شود:

• نمونه اول: رویکرد الزام‌آور (شهر دیترویت)

^۱ Community Benefits Tools

^۲ Community benefits agreements

^۳ Community and cooperative ownership structures

^۴ Community oversight structures

دیترویت در سال ۲۰۱۶ یک بخشنامه منافع اجتماعی تصویب کرد. این بخشنامه الزام می‌کند که پروژه‌هایی با ارزش بالای ۷۵ میلیون دلار یا پروژه‌هایی که یارانه قابل توجهی از شهر دریافت می‌کنند، منافع اضافی را به جامعه‌ای که پروژه در آن مستقر است، ارائه دهند. هنگامی که این بخشنامه فعال می‌شود، یک «شورای مشاور محله»^۱ از منطقه تحت تأثیر پروژه تشکیل می‌شود تا مستقیماً با توسعه‌دهنده همکاری کند. شهر دیترویت پیشرفت تعهدات مندرج در توافق‌نامه‌های توسعه‌یافته تحت این بخشنامه را پیگیری می‌کند. از زمان تصویب این بخشنامه، یازده پروژه توافق‌نامه‌های نهایی را تحت آن تکمیل کرده‌اند و چهار پروژه دیگر در حال اجرا هستند. بازنگری منظم عملکرد بخشنامه، نقاط قابل بهبود را شناسایی کرده است، اما پایش نشان می‌دهد که این بخشنامه منافع قابل سنجشی را در جوامع دیترویت ایجاد کرده است.

• نمونه دوم: رویکرد تشویقی (کالیفرنیا)

در راستای «طرح قانونی مجلس کالیفرنیا شماره ۲۰۵»^۲، کمیسیون انرژی کالیفرنیا^۳ یک برنامه عضویت اختیاری^۴ برای پروژه‌های انرژی پاک، از جمله انرژی تجدیدپذیر در مقیاس بزرگ (بیشتر از ۵۰ مگاوات)، ذخیره‌سازی انرژی و برخی تأسیسات صنعتی فناوری پاک، توسعه داده است. از طریق این برنامه، کمیسیون انرژی کالیفرنیا می‌تواند مستقیماً برای پروژه‌ها مجوز صادر کند و آن‌ها را از فرآیند طولانی صدور مجوز توسط مراجع محلی و اکثر (اما نه همه) مجوزهای ایالتی معاف نماید. برای بهره‌مندی از این برنامه داوطلبانه، پروژه‌ها باید مجموعه‌ای از الزامات را احراز کنند، از جمله انعقاد حداقل یک توافق‌نامه حقوقی و لازم‌الاجرا با یک یا چند سازمان جامعه‌محور در منطقه پروژه (مانند توافق‌نامه منافع اجتماعی). برای اکثر پروژه‌های واجد شرایط، این برنامه داوطلبانه زمان‌بندی سریع‌تری را برای بررسی زیست‌محیطی فراهم می‌کند (در اکثر موارد، این بررسی باید ظرف ۲۷۰ روز از تاریخ تکمیل درخواست پروژه انجام شود).

با این حال، وجود یک «توافق‌نامه منافع اجتماعی» یا ابزار مشابه به تنهایی کافی نیست؛ ساختار و کیفیت اجرای آن‌هاست که تضمین‌کننده رسیدن منافع واقعی به جامعه است. شایان ذکر است که رویکرد سنتی توافق‌نامه‌های جداگانه برای هر پروژه (که در آن هر نیروگاه یا مزرعه خورشیدی به صورت مستقل و منفرد مذاکره می‌شود)، ممکن است دو پیامد نامطلوب و غیرمنتظره به همراه داشته باشد: نخست آنکه انجام مذاکرات جداگانه و فرآیندهای اداری متعدد برای هر پروژه به تنهایی، می‌تواند سرعت توسعه پروژه‌های مورد نیاز را کاهش داده یا حتی از انجام آن‌ها بازدارد و دوم، در این روش، جوامع میزبان ممکن است با بسته‌های منافع جزئی و پراکنده (مانند ساخت یک پارک کوچک برای یک پروژه یا ایجاد چند شغل محدود

^۱ Neighborhood Advisory Council

^۲ California Assembly Bill ۲۰۵ (۲۰۲۲)

^۳ California Energy Commission (CEC)

^۴ Opt-In Certification Program

برای پروژه دیگر) مواجه شوند. این منافع پراکنده، توانایی ایجاد تغییرات ساختاری یا سرمایه‌گذاری‌های تحول‌آفرین (مانند توسعه جامع نیروی کار یا نوسازی زیرساخت‌های یکپارچه شهری) را ندارند و عملاً تغییری در کیفیت زندگی کل منطقه ایجاد نمی‌کنند. در مقابل، اتخاذ رویکردهای مقیاس‌پذیر و یکپارچه (مانند برنامه‌ریزی در سطح یک شهر یا شهرستان) که در آن منافع اجتماعی به صورت جمعی و مشترک برای مجموعه‌ای از پروژه‌ها در یک منطقه طراحی می‌شود، می‌تواند از نظر اقتصادی برای توسعه‌دهندگان کارآمدتر باشد. این روش با ایجاد یک صندوق یا برنامه مشترک به جای ده‌ها قرارداد پراکنده، از سرمایه‌گذاری‌های کلان و تحول‌آفرین در مکان‌هایی که میزبان چندین پروژه هستند، حمایت مؤثرتری می‌کند.

❖ نوآوری ۴: توسعه ابزارهای نوآورانه تأمین مالی

دسترسی به سرمایه و تأمین مالی، همواره یکی از چالش‌های اساسی در پیشبرد اقدامات حوزه تجدیدپذیر بوده است. این چالش، در ایالات متحده، در شرایطی که دولت فدرال بودجه‌های خود را برای برنامه‌های انرژی، محیط‌زیست و مدیریت بحران کاهش داده است، تشدید شده است و ایالت‌ها، شهرها و توسعه‌دهندگان پروژه‌ها را با بی‌ثباتی مواجه کرده است. در این شرایط، حاکمیت محلی (ایالت‌ها و شهرها) و توسعه‌دهندگان پروژه‌ها بیش از هر زمان دیگری نیازمند خلاقیت در طراحی و به‌کارگیری ابزارهای نوآورانه تأمین مالی هستند تا بتوانند با مانع‌زدایی، توسعه پروژه‌های انرژی پاک را تسریع نمایند. حاکمیت محلی با راهبردهای متنوع تولید درآمد، امکان کمک به توسعه پروژه‌ها را در دست دارد. آن‌ها می‌توانند از ابزارهایی مانند اختیارات صدور اوراق قرضه، ساختارهای مالیاتی جدید، برنامه‌های اعتباری و اجرای سیاست‌های قیمت‌گذاری (مانند قیمت‌گذاری مبتنی بر ازدحام^۱ در شهر نیویورک) استفاده نمایند. همچنین، تأسیس یا بهره‌برداری از نهادهای تأمین مالی مانند «بانک‌های سبز»^۲ و ساختارهای عمومی - خصوصی^۳ می‌تواند جریان سرمایه برای پروژه‌های انرژی پاک را تسهیل کند.

استفاده از این ابزارها، به‌ویژه با توجه به تهدیدات مالی کنونی برای شهرداری‌ها، حیاتی است. این تهدیدات شامل کاهش بودجه‌های فدرال، افزایش خطرات ناشی از بلایای اقلیمی و تغییرات در ساختارهای درآمدی محلی ناشی از گذار انرژی می‌شود. به‌عنوان نمونه، تحلیلی که برای اجرای «برنامه اقدام اقلیمی سان‌فرانسیسکو»^۴ انجام شد، نشان داد که این شهر برای جذب سرمایه‌های لازم، باید از تمامی ظرفیت‌های مالی خود، اعم از توسعه ساختارهای مالیاتی و عوارضی جدید، ایجاد مناطق تأمین مالی خاص، ادغام اقدامات اقلیمی در اوراق قرضه عمومی با ضمانت کلی شهر، تأسیس بانک سبز و اجرای سیاست‌های قیمت‌گذاری بهره‌بردار. بر اساس نتایج این تحلیل، شهر سان‌فرانسیسکو در مارس ۲۰۲۴ «پروپوزیشن A»^۵ را

^۱ Congestion Pricing

^۲ Green Banks

^۳ public-private structures

^۴ San Francisco's Climate Action Plan

^۵ Proposition A

تصویب کرد. این طرح که حاصل رأی‌گیری مستقیم شهروندان بود، به شهر اجازه داد تا اوراق قرضه عمومی با ضمانت کلی منتشر کند و اقدامات مرتبط با اقلیم و مسکن سبز مقرون به صرفه را در قالب یک بسته مالی یکپارچه ادغام نماید.

الهام از این راهکارها، بسیاری از ایالت‌های آمریکا را به سمت تأسیس نهادهای مالی اختصاصی سوق داده است. در این راستا، هم‌اکنون ۳۰ ایالت دارای «بانک سبز» هستند یا در حال توسعه آن می‌باشند. این نهادها با ارائه وام به پروژه‌هایی که معمولاً در دسترسی به سرمایه با دشواری مواجه می‌شوند، جریان مالی را برای پروژه‌های انرژی پاک و پایدار تسهیل می‌کنند. به عنوان نمونه، «بانک زیرساخت و توسعه اقتصادی کالیفرنیا»^۱ به عنوان نهاد تأمین مالی ایالتی که از پروژه‌های زیرساخت عمومی و خصوصی دارای منافع اقتصادی و اجتماعی حمایت می‌کند، نقش بانک سبز ایالت را ایفا می‌نماید. قانون‌گذاری اخیر نیز با تأسیس برنامه‌ای ویژه در داخل این بانک، صراحتاً از سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های انتقال انرژی حمایت می‌کند.

توسعه زیرساخت‌های انتقال، برای توزیع کارآمد انرژی پاک و تجدیدپذیر از مراکز تولید به مراکز مصرف، در بسیاری از مناطق حیاتی است. کالیفرنیا پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۴۵، تولید انرژی تجدیدپذیر درون‌ایالتی چهار برابر شود که این امر شامل تولید بادی فراساحلی در سواحل شمالی و مرکزی، نیروگاه‌های خورشیدی مقیاس بزرگ در دره مرکزی و انرژی زمین‌گرمایی در مناطق جنوبی خواهد بود. در حال حاضر، تأمین مالی این زیرساخت‌های جدید عمدتاً بر عهده شرکت‌های برق (که هزینه‌ها را به مصرف‌کنندگان منتقل می‌کنند) یا توسعه‌دهندگان خصوصی است. برای ارائه یک مدل جایگزین و کاهش بار مالی بر دوش مصرف‌کنندگان نهایی برق، کالیفرنیا اخیراً مکانیسم تأمین مالی عمومی جدیدی به نام «برنامه صندوق قرض الحسنه شتاب‌دهنده انتقال کالیفرنیا»^۲ را تأسیس کرده است. این شتاب‌دهنده در بستر I-Bank ایالتی فعالیت خواهد کرد. دفتر توسعه کسب و کار و اقتصادی فرمانداری، در هماهنگی با نهادهای انرژی ایالتی، راهبردی جامع برای تأمین مالی و توسعه این برنامه تدوین خواهد کرد تا اجرای پروژه‌های انتقال را هدایت نماید. این برنامه با تخصیص وجوه دولتی برای توسعه زیرساخت‌های ضروری، قصد دارد تا مدل سنتی تأمین مالی را تغییر داده و هزینه‌های انتقال انرژی پاک را به گونه‌ای مدیریت کند که فشار کمتری بر دوش مشترکان برق وارد شود.

❖ نتیجه‌گیری و درس‌هایی برای ایران

تجربه موفق ایالت‌های پیشرو در مدیریت انرژی نشان می‌دهند که گذار از ساختار متمرکز به مدل غیرمتمرکز و هوشمند، کلید شکستن بن‌بست‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است. با توجه به تنوع اقلیمی و اکولوژیکی استان‌های ایران، از قطب‌های صنعتی مرکز تا پتانسیل‌های خورشیدی جنوب و بادی شمال و شرق، تمرکززدایی از تصمیم‌گیری اقلیمی به

^۱ Infrastructure and Economic Development Bank (I-Bank), th

^۲ California Transmission Accelerator Revolving Loan Fund Program

عنوان اهرمی استراتژیک عمل می‌کند. رویکرد «از بالا به پایین» قادر به پوشش دقیق داده‌های مکانی و نیازهای محلی منحصربه‌فرد نیست، اما واگذاری اختیارات به استانداران و شوراها برای مکان‌یابی هوشمند می‌تواند با شناسایی اراضی دارای کمترین تضاد زیست‌محیطی-اجتماعی و بیشترین بهره اقتصادی، سرعت استقرار پروژه‌ها را چندین برابر کند. این بومی‌سازی رویکرد، ضمن کاهش ریسک تأخیرهای پروژه‌ای از طریق کاهش بوروکراسی اداری، با درگیر کردن ذی‌نفعان محلی در مراحل اولیه طراحی، مشروعیت اجتماعی پروژه‌ها را نیز ارتقا داده و از تداخلات آینده جلوگیری می‌کند.

همگرایی همزمان چهار رویکرد نوآورانه شامل مکان‌یابی هوشمند، صدور مجوز خودکار، منافع اجتماعی یکپارچه و تأمین مالی خلاق، می‌تواند یک اکوسیستم پایدار و چرخه مثبت توسعه‌ای را در ایران ایجاد کند. در این مدل، مکان‌یابی دقیق و خودکارسازی فرآیندهای اداری با حذف موانع فیزیکی و بوروکراتیک و کاهش هزینه‌های نرم، شفافیت لازم برای سرمایه‌گذاری را فراهم کرده و ریسک پروژه‌ها را به حداقل می‌رساند. همزمان، ابزارهای منافع اجتماعی مانند مدل‌های مشارکتی و تأمین مالی مبتنی بر پروژه در مقیاس منطقه‌ای، اطمینان حاصل می‌کنند که منافع اقتصادی مستقیماً به جوامع میزبان بازگردانده شود. این اقدام ریسک اجتماعی کاهش می‌دهد و با ایجاد انگیزه در جوامع محلی، پایداری بلندمدت پروژه‌ها را تضمین می‌کند. این کاهش ریسک و افزایش سرعت اجرا، جذابیت سرمایه‌گذاری را برای نهادهای مالی افزایش داده و با فعال‌سازی رکن چهارم، یعنی تأمین مالی نوآور از طریق بانک‌های سبز و صندوق‌های توسعه استانی، حلقه مفقوده تأمین نقدینگی پایدار پر می‌شود. در نتیجه، اثر مرکب این اقدامات فراتر از مجموع اجزای آن است که با کاهش شکاف توسعه‌ای بین مناطق و ایجاد اشتغال بومی، به امنیت انرژی و ثبات اجتماعی کشور نیز کمک شایانی خواهد کرد.

منبع:

Four Ways Your State Can Lead on Climate Progress – Federation of American Scientists (FAS) – ۲۲ April ۲۰۲۱^۱.

^۱ <https://fas.org/publication/four-innovations-driving-climate-progress-in-state-government/>

رویداد بین‌المللی هوشمندسازی انرژی ۲۰۲۶ اروپا



در مسیر شتابان گذار جهانی به سمت انرژی‌های پاک، رویدادهای تخصصی به مثابه قطب‌نمای تعیین‌کننده‌ی مسیرهای فناورانه و تجاری عمل می‌کنند که در آن‌ها مرز میان پژوهش‌های آکادمیک و کاربرد صنعتی برداشته شده و نوآوری‌ها به سرعت به راهکارهای عملیاتی تبدیل می‌شوند. در این راستا، معرفی یک رویداد پیشرو و تأثیرگذار سال ۲۰۲۶، فرصتی برای آشنایی با گفتمان‌های روز دنیای انرژی و پنجره‌ای رو به آینده‌ای برای همکاری‌های فرامرزی، سرمایه‌گذاری‌های هوشمند و پیشرفت‌های تکنولوژیک است که چهره‌ی صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر را متحول خواهند کرد.

کنفرانس و نمایشگاه ۲۰۲۶ The Smarter E Europe به عنوان بزرگترین ائتلاف نمایشگاهی صنعت انرژی در اروپا شناخته می‌شود. این رویداد با محوریت موضوع «شتابدهی راهکارهای یکپارچه انرژی»، تمرکز ویژه‌ای بر ارائه راه‌حل‌های میان‌رشته‌ای برای تأمین پایدار و ۲۴ ساعته انرژی تجدیدپذیر دارد. اکوسیستم کامل انرژی در این رویداد از طریق ادغام چهار نمایشگاه تخصصی زیرمجموعه پوشش داده می‌شود:

- Intersolar Europe: تمرکز بر فناوری‌های خورشیدی.

- ees Europe: تمرکز بر سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی.
- Power²Drive Europe: تمرکز بر خودروهای الکتریکی و زیرساخت‌های شارژ.
- EM-Power Europe: تمرکز بر مدیریت هوشمند انرژی.



پوستر رسمی رویداد هوشمندسازی انرژی اروپا ۲۰۲۶

• تاریخ برگزاری

بخش کنفرانس‌ها: دوشنبه، ۲۲ ژوئن تا سه‌شنبه، ۲۳ ژوئن ۲۰۲۶ (۲ تا ۴ تیر ۱۴۰۵)
بخش نمایشگاهی: سه‌شنبه، ۲۳ ژوئن تا چهارشنبه، ۲۴ ژوئن ۲۰۲۶ (۴ تا ۶ تیر ۱۴۰۵)
مکان: مرکز نمایشگاه‌های بین‌المللی مونیخ (Messe München)، آلمان.

وبسایت رسمی: www.thesmartere.de

سبد بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر در مناطق خشک ایران

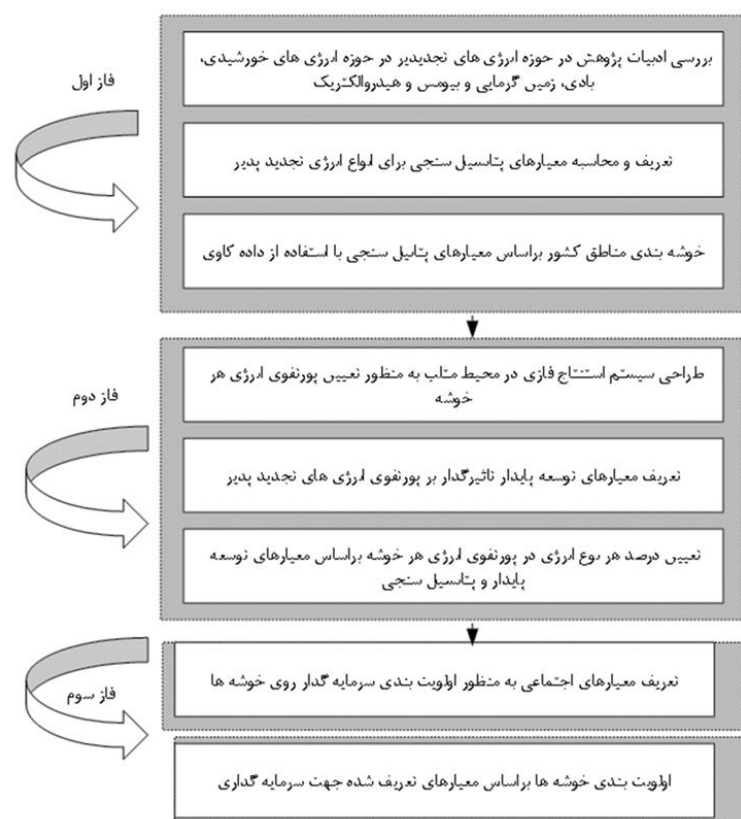


اگرچه ایران دارای ذخایر غنی سوخت‌های فسیلی است، اما توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به عنوان یک ضرورت راهبردی، برای غلبه بر نوسانات اقتصادی و تهدیدات امنیتی انرژی اجتناب‌ناپذیر است. مقاله پژوهشی «طراحی مدل جامع سبد منطقه‌ای انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با تمرکز بر مناطق خشک»، که توسط پژوهشگرانی از دانشگاه یزد و با همکاری کارشناسان سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا) تدوین شده است، پاسخی علمی و کاربردی به این معضل پیچیده است. این پژوهش با نقد رویکردهای سنتی و متمرکز در برنامه‌ریزی انرژی، مدلی نوین را ارائه می‌دهد که با تلفیق داده‌کاوی، منطق فازی و معیارهای توسعه پایدار، به تدوین «سبد انرژی بهینه» برای هر منطقه جغرافیایی می‌پردازد. دستاورد اصلی این مقاله، عبور از نگاه تک‌بعدی به ظرفیت‌سنجی فیزیکی و حرکت به سمت یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در آن ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در کنار پتانسیل‌های طبیعی، وزن‌دهی می‌شوند.

رویکرد روش‌شناختی این پژوهش، چندمرحله‌ای و کاملاً مبتنی بر داده‌های دقیق است. در گام نخست، نویسندگان با استفاده از اطلاعات سامانه اطلاعات مکانی^۱ و داده‌های سازمان هواشناسی و ساتبا، ظرفیت‌های فیزیکی پنج نوع اصلی انرژی تجدیدپذیر (خورشیدی، بادی، زمین‌گرمایی، برق‌آبی و زیست‌توده) را برای ۱۳۶۱ نقطه جغرافیایی در سراسر ایران ارزیابی

^۱ Geospatial Information System (GIS)

کردند. نکته کلیدی در این مرحله، شناسایی این واقعیت است که ایران دارای تنوع اقلیمی بی‌نظیری است و یک سبد انرژی ملی واحد نمی‌تواند برای تمام مناطق کارایی داشته باشد. برای حل این مسئله، از نرم‌افزار داده‌کاوی RapidMiner و الگوریتم خوشه‌بندی K-means استفاده شده است تا نقاط مشابه از نظر پتانسیل انرژی در پنج خوشه مجزا گروه‌بندی شوند. این کار، پیچیدگی مدل‌سازی را کاهش داده و امکان ارائه راهکارهای بومی‌سازی شده را فراهم کرده است. یافته‌های اولیه نشان داد که در برخی مناطق، صرفاً بر اساس ظرفیت فیزیکی، در انرژی‌هایی مانند زمین‌گرمایی یا بادی باید سهم بیشتری داشته باشند، اما این تصمیم‌گیری صرفاً مهندسی، فاقد توجیه اقتصادی و اجتماعی است.



روندنمای پژوهش

برای غلبه بر این محدودیت و دستیابی به یک پورتفوی عملیاتی‌تر و واقع‌بینانه‌تر، پژوهشگران در گام دوم، مدل استنتاج فازی را در محیط متلب پیاده‌سازی کردند. این بخش از پژوهش، نوآوری اصلی مقاله محسوب می‌شود. در اینجا، متغیرهای ورودی شامل ۵ معیار کلیدی توسعه پایدار هستند: (۱) دسترسی به فناوری، (۲) هزینه سرمایه‌گذاری، (۳) بهره‌وری و بازگشت سرمایه، (۴) میزان اشتغال‌زایی و (۵) پیامدهای زیست‌محیطی. با تعریف قوانین «اگر-آنگاه» بر اساس نظرات خبرگان، سیستم

فازی توانست عدم قطعیت‌های موجود در داده‌ها را مدیریت کرده و امتیاز نهایی هر نوع انرژی را در هر خوشه محاسبه کند. این مدل نشان داد که حتی اگر یک منطقه ظرفیت فیزیکی بالایی برای یک نوع انرژی داشته باشد، اگر هزینه آن بسیار بالا باشد یا اشتغال‌زایی کمی داشته باشد، سهم آن در سبد نهایی کاهش می‌یابد. به عنوان مثال، در خوشه‌های مناطق خشک، انرژی خورشیدی با سهمی حدود ۳۹ درصد به عنوان گزینه بهینه شناخته شد، نه فقط به دلیل تابش بالا، بلکه به دلیل هزینه‌های نگهداری پایین‌تر و عدم نیاز به آب، که در مناطق با بحران آب حیاتی است.



موقعیت جغرافیایی نقاط جغرافیایی خوشه ۱



موقعیت جغرافیایی نقاط جغرافیایی خوشه ۲



موقعیت جغرافیایی نقاط جغرافیایی خوشه ۳



موقعیت جغرافیایی نقاط جغرافیایی خوشه ۴



موقعیت جغرافیایی نقاط جغرافیایی خوشه ۴

نتیجه خوشه‌بندی مکانی ۱۳۶۱ نقطه در ایران

دست‌آورد مهم دیگر این پژوهش، تعمیم‌پذیری نتایج به سطح سیاست‌گذاری کلان و اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری است. در گام نهایی، با استفاده از معیارهای جمعیت‌شناختی و اجتماعی (نرخ بیکاری، رشد جمعیت، امنیت سرمایه و نرخ باسوادی)، استان‌ها برای جذب سرمایه‌گذار و تخصیص بودجه دولتی اولویت‌بندی شدند. نتایج نشان داد که خوشه‌های ۴ و ۲، که عمدتاً

شامل مناطق خشک و نیمه‌خشک و استان‌هایی با نرخ بیکاری بالاتر اما امنیت سرمایه‌گذاری مناسب‌تر هستند، در اولویت نخست برای دریافت حمایت‌های دولتی و تسهیلات بانکی قرار می‌گیرند. این یافته تأیید می‌کند که سیاست‌گذاری انرژی باید با سیاست‌گذاری اجتماعی و اقتصادی هم‌سو شود؛ یعنی سرمایه‌گذاری در انرژی‌های نو نباید تنها یک پروژه صنعتی باشد، بلکه باید ابزاری برای کاهش بیکاری و توسعه منطقه‌ای در مناطق محروم‌تر باشد.

در این پژوهش، ساتبیا با ارائه داده‌های فنی و آماری و مشارکت کارشناسان به عنوان خبرگان حوزه انرژی در تعیین پارامترهای مدل استنتاج فازی، به پیوند دانش تجربی با مدل‌سازی ریاضی کمک کرد تا خروجی مدل از حالت انتزاعی خارج و با واقعیت‌های بازار انرژی هم‌سو شود. بر اساس یافته‌های مقاله، ساتبیا می‌تواند با گسترش معیارهای جذب سرمایه‌گذار فراتر از ظرفیت فیزیکی و لحاظ کردن شاخص‌های توسعه پایدار، اولویت‌های پژوهشی و صنعتی خود را بازتعریف کند. این رویکرد از طریق تدوین نقشه‌های راه سرمایه‌گذاری دقیق برای هر استان، امکان هدایت هدفمند منابع دولتی به مناطق دارای بازدهی اجتماعی و اقتصادی بالاتر و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری بخش خصوصی از طریق مشوق‌های فنی را فراهم می‌آورد.

در نهایت، این مقاله نشان می‌دهد که آینده انرژی ایران در گرو «مدیریت منطقه‌ای» و «تصمیم‌گیری هوشمند» است. دستاورد نهایی آن، ارائه ابزاری است که به تصمیم‌گیران اجازه می‌دهد تا با در نظر گرفتن تمام ابعاد (از تابش خورشید تا نرخ بیکاری)، سبدی بهینه از انرژی‌های پاک را برای هر منطقه طراحی کنند. این رویکرد، ضمن بهینه‌سازی استفاده از منابع طبیعی، با تمرکز بر مناطق خشک و بهره‌گیری از انرژی‌های کم‌آبر مانند خورشیدی، راهکاری پایدار برای مقابله با بحران آب و تغییرات اقلیمی ارائه می‌دهد. همکاری نزدیک ساتبیا با دانشگاه‌ها و استفاده از ابزارهای پیشرفته مانند سیستم‌های فازی، الگویی موفق برای پیوند علم، صنعت و سیاست‌گذاری عمومی در حوزه انرژی است که می‌تواند مبنایی برای اصلاحات ساختاری در صنعت برق ایران قرار گیرد.

منبع: مقاله طراحی مدل جامع سبد منطقه‌ای انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران با تمرکز بر مناطق خشک، شاهپوردی سنا و همکاران، ۱۴۰۱.

تربیت پژوهشگران کوچک حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر با پلتفرم انرژی کیدز

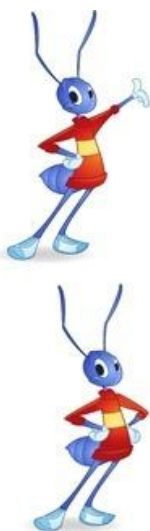


در عصری که تغییرات اقلیمی و گذار به سمت انرژی‌های پاک به یکی از چالش‌های اصلی قرن بیست و یکم تبدیل شده است، آموزش مفاهیم پیچیده انرژی به نسل کودک و نوجوان، فراتر از یک فعالیت آموزشی ساده، به یک اقدام ضروری برای آینده پایدار تبدیل شده است. در این میان، وبسایت «انرژی کیدز»^۱ که توسط اداره اطلاعات انرژی ایالات متحده^۲ منتشر شده و تحت حمایت وزارت انرژی آمریکا است، به عنوان یکی از کارآمدترین منابع آموزشی آنلاین در جهان شناخته می‌شود. این پلتفرم با رویکردی نوین که ترکیبی از «آموزش»، «سرگرمی» و «تحقیق علمی» است، توانسته است حفره‌ی عمیق حوزه آموزش انرژی را پر کند و به معلمان، والدین و دانش‌آموزان ابزاری قدرتمند برای درک دنیای پیچیده انرژی، با تأکید ویژه بر منابع تجدیدپذیر، ارائه دهد.

^۱ Energy Kids

^۲ U.S. Energy Information Administration (EIA)

یکی از نقاط قوت بنیادین انرژی کیدز، طراحی رابط کاربری^۱ و تجربه کاربری^۲ آن است که به طور خاص مناسب ذهن کودکان و نوجوانان طراحی شده است. برخلاف بسیاری از وبسایت‌های علمی که در آن‌ها کاربر با حجم عظیمی از متن و جداول ثقیل و پیچیده روبرو می‌شود، این سایت از پالت رنگی شاد، گرافیک‌های دو بعدی و سه بعدی جذاب و شخصیت‌پردازی‌های داستانی با حضور شخصیت «انرژی آنت»^۳ استفاده می‌کند. این رویکرد بصری‌سازی، توجه کودکان را جلب می‌کند و با کاهش بار شناختی^۴، مفاهیم انتزاعی مانند «بی‌تی‌یو»^۵، «راندمان انرژی» و «تجدیدپذیری» را به مفاهیمی ملموس و قابل درک تبدیل می‌کند.



دلیل اصلی استفاده از این کاراکتر در داستان‌های آموزشی کودکان، بهره‌گیری از ویژگی‌های ذاتی مورچه‌ها در طبیعت به عنوان نمادی از تلاش، نظم و مدیریت هوشمندانه منابع است؛ زیرا مورچه‌ها با وجود جثه کوچک، توانایی حمل بارهای سنگین را با حداقل انرژی دارند که این ویژگی، تشبیهی عالی برای آموزش مفهوم «صرفه‌جویی در مصرف انرژی» و «بهره‌وری بالا» به کودکان است. علاوه بر این، استفاده از یک کاراکتر فانتزی و دوست‌داشتنی مانند انرژی آنت، باعث جذابیت بصری و ایجاد ارتباط عاطفی با مخاطب کودک می‌شود و به طراحان اجازه می‌دهد مفاهیم پیچیده و انتزاعی علمی (مانند الکتریسیته یا انرژی‌های تجدیدپذیر) را در قالب یک داستان جذاب و قابل فهم روایت کنند. در نهایت، این رویکرد به کودکان حس توانمندی می‌دهد که حتی با اقدامات کوچک و هوشمندانه می‌توانند تأثیرات بزرگی در حفظ انرژی داشته باشند و در عین حال، هویت بصری و ماندگاری برند «انرژی کیدز» را در ذهن مخاطب تقویت می‌کند.

❖ ساختار محتوایی و دسته‌بندی‌های آموزشی

ساختار محتوایی انرژی کیدز به گونه‌ای طراحی شده که از ساده به پیچیده حرکت کند. دسته‌بندی‌های اصلی سایت شامل «انرژی چیست؟»، «منابع انرژی»، «مصرف و صرفه‌جویی»، «تاریخچه انرژی» و «بازی‌ها و فعالیت‌ها» است. در بخش «منابع انرژی»، سایت با زبانی ساده اما علمی، تفاوت بین منابع تجدیدناپذیر (مانند نفت، گاز و زغال سنگ) و منابع تجدیدپذیر (مانند خورشید، باد، آب و زیست‌توده) را توضیح می‌دهد. نکته کلیدی در اینجا، ارائه واقعیت‌های علمی درباره محدودیت منابع

^۱ User Interface (UI)

^۲ User Experience (UX)

^۳ Energy Ant

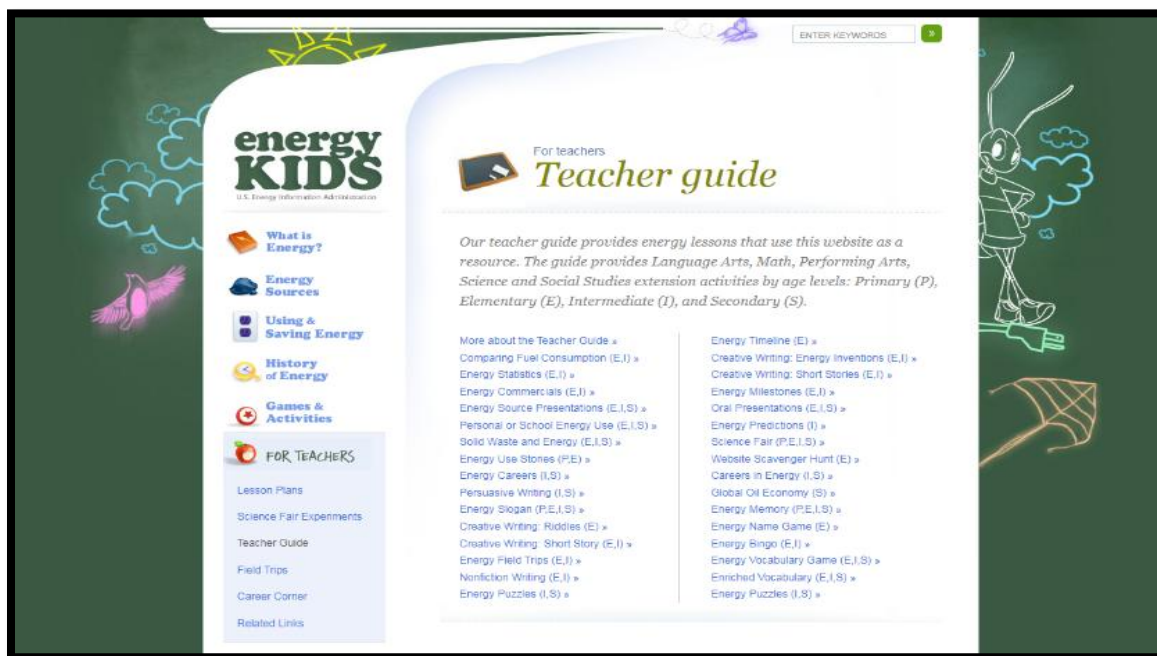
^۴ Cognitive Load

^۵ Btu

فسیلی و پایداری منابع تجدیدپذیر است. برای مثال، در توضیح انرژی خورشیدی، وبسایت به فرآیند تبدیل نور به الکتریسیته در پنل‌ها می‌پردازد و مزایای آن در کاهش آلاینده‌گی را برجسته می‌کند.

ویژگی تمایزبخش انرژی‌کدز، وجود «راهنمای معلمان»^۱ جامع و تخصصی آن است. این راهنما به مثابه یک برنامه درسی^۲ کامل است که فعالیت‌ها را بر اساس سطوح سنی (ابتدایی دوره‌های اول و دوم، متوسطه اول، متوسطه دوم) دسته‌بندی کرده است. این رویکرد «یادگیری لایه‌ای»^۳ اجازه می‌دهد تا همان موضوع انرژی، در سطوح مختلف عمق و پیچیدگی پیدا کند.

- سطح ابتدایی دوره اول و دوم^۴: در این سطح، تمرکز بر آشنایی حسی و داستانی است. فعالیت‌هایی مانند «داستان‌های انرژی»^۵ با استفاده از شخصیت‌های کارتونی، مفاهیم اولیه مانند «انرژی حرکتی» یا «منبع انرژی» را آموزش می‌دهند. بازی‌های واژگانی مانند «بازی اسم‌ها»^۶ و «بینگو انرژی»^۷ به تثبیت درک مفهوم لغات کلیدی کمک می‌کنند.



^۱ Teacher Guide

^۲ Curriculum

^۳ Scaffolded Learning

^۴ Primary and Elementary

^۵ Energy Tales

^۶ در این بازی، هر دانش‌آموز در ادامه نام خود، لقب یا نام خانوادگی مرتبط با انرژی می‌گیرد؛ مثل «پیترولیوم»
^۷ Energy Bingo: در این بازی، کلمات واژه‌نامه بینگو که در سایت موجود است، برای دانش‌آموزان خوانده می‌شود و برای برنده شدن، باید معنی کلمات خوانده‌شده را بازتعریف کنند

محتوای در دسترس برای معلمان در وبسایت انرژی کیدز به تفکیک رده تحصیلی دانش آموزان

- سطح متوسطه اول^۱: در این سطح، تمرکز بر مقایسه و تحلیل داده‌های ساده است. در فعالیت «مقایسه مصرف سوخت»^۲، دانش‌آموزان به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند و با استفاده از ماشین حساب‌های انرژی سایت، واحدهای مختلف (لیتر، متر مکعب) را به واحد استاندارد «بی‌تی‌یو» تبدیل می‌کنند. این فعالیت، مهارت‌های ریاضی و علمی را ترکیب کرده و درک کمی از مصرف انرژی را تقویت می‌کند. همچنین، فعالیت «آمار انرژی»^۳ دانش‌آموزان را با نمودارخوانی و تحلیل ارتباط بین مصرف انرژی و انتشار کربن آشنا می‌کند.
 - سطح متوسطه دوم^۴: در این سطح، تمرکز بر پژوهش، استدلال و مهارت‌های ارتباطی است. دانش‌آموزان در فعالیت «ارائه منابع انرژی»^۵، مزایا و معایب منابع مختلف (تجدیدپذیر و تجدیدنپذیر) را تحقیق کرده و ارائه می‌دهند. فعالیت «نوشتن متقاعدکننده»^۶ از دانش‌آموزان می‌خواهد که یک سخنرانی برای شورای شهر بنویسند و دلیل انتخاب یا عدم انتخاب یک منبع انرژی خاص (مثل بادی یا خورشیدی) را توجیه کنند. این فعالیت‌ها، دانش‌آموزان را به پژوهشگران کوچک تبدیل کرده و مهارت‌های تفکر انتقادی و حل مسئله در حوزه انرژی را پرورش می‌دهند. بنابراین، یکی از رویکردهای مفید انرژی کیدز، تأکید بر مهارت‌های ارتباطی است.
- در فعالیت‌هایی مانند نوشتن داستان کوتاه درباره سوء تفاهم در اصطلاحات انرژی (مثل کلمه Digester که در زبان عامیانه و زبان تخصصی حوزه انرژی مفهوم متفاوتی دارد) یا «طراحی شعار انرژی برای مدرسه»، دانش‌آموزان تشویق می‌شوند تا خلاقیت خود را با دانش علمی ترکیب کنند. همچنین، فعالیت «روز تالار مشاهیر انرژی»^۷ به دانش‌آموزان فرصت می‌دهد تا درباره چهره‌های تأثیرگذار در تاریخ انرژی تحقیق کرده و شخصیت آن‌ها را در کلاس بازی کنند و به این ترتیب، ترس از صحبت در جمع را کاهش داده و اعتمادبه‌نفس دانش‌آموزان را در بیان ایده‌های علمی افزایش می‌دهد. برای مدارس، این بخش بسیار ارزشمند است، زیرا معلم می‌تواند از طریق این فعالیت‌ها، پیشرفت دانش‌آموزان را در مهارت‌های پژوهشی و ارتباطی نیز ارزیابی کند.

^۱ Intermediate

^۲ Comparing Fuel Consumption

^۳ Energy Statistics

^۴ Secondary

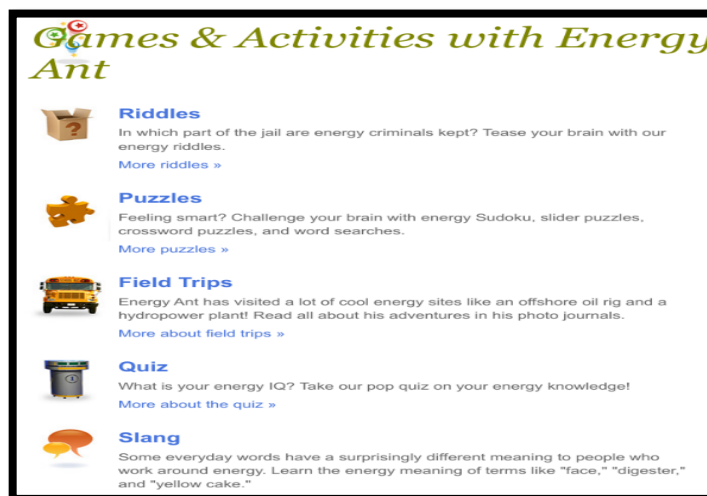
^۵ Energy Source Presentations

^۶ Persuasive Writing

^۷ Famous People in Energy

❖ بازی‌سازی^۱ و تعامل‌پذیری

وبسایت از استراتژی‌های بازی‌سازی برای افزایش تعامل استفاده می‌کند. بخش «بازی‌ها و فعالیت‌ها» شامل معماهای هوش^۲، پازل‌های سودوکو، جستجوی کلمات و کوئیزهای آنالاین است. این بازی‌ها نه تنها برای تفریح، بلکه برای ارزیابی یادگیری طراحی شده‌اند. برای مثال، در «کوئیز آیکو انرژی»^۳، دانش‌آموزان دانش خود را در مورد منابع انرژی و مفاهیم پایه می‌سنجند و بلافاصله بازخورد دریافت می‌کنند.



بازی‌سازی آموزش حوزه انرژی در وبسایت انرژی‌کیدز

❖ توره‌ای مجازی و ارتباط با دنیای واقعی

برای شکستن دیوار بین کلاس درس و واقعیت، وبسایت بخش «توره‌ای میدانی»^۴ را با راهنمایی «انرژی آنت» ارائه می‌دهد. در این بخش، دانش‌آموزان از طریق ژورنال‌های تصویری و متنی، به بازدید مجازی از مکان‌های واقعی مانند نیروگاه‌های برق‌آبی، سکوها‌های نفتی دریایی و مزارع بادی می‌پردازند. این تجربه، انتزاع مفاهیم را از بین می‌برد و به

^۱ Gamification

^۲ Riddles

^۳ Energy IQ Quiz

^۴ Field Trips

دانش‌آموزان نشان می‌دهد که انرژی در دنیای واقعی چگونه تولید، منتقل و مصرف می‌شود. خروجی این فرآیند، پلی بین تئوری و عمل ایجاد کرده و شغلی‌سازی آموزش انرژی را تسهیل می‌کند.

منبع: Energy Kids^۱

^۱ www.eia.gov/kids

پایان عصر پنل‌های ارزان چینی در سایه لغو یارانه‌ها



بازار جهانی انرژی خورشیدی در آستانه‌ی تغییر پارادایم قیمتی است و دوران «پنل‌های فوق‌العاده ارزان» رو به پایان است. این تحول نزولی در قیمت‌ها، هم‌زمان با دو عامل کلیدی رخ می‌دهد: اول، تغییرات ساختاری در سیاست‌های صادراتی چین و دوم، افزایش هزینه‌های تولید. از ۱ آوریل ۲۰۲۶، چین یارانه ۹ درصدی مالیات بر ارزش افزوده^۱ را که قبلاً به صادرات پنل‌های خورشیدی تعلق می‌گرفت، لغو خواهد کرد و برای باتری‌ها نیز این یارانه به تدریج کاهش و سپس حذف می‌شود. این تصمیم سیاستی به معنای پایان دوران قیمت‌های پایین مصنوعی برای تکنولوژی‌های خورشیدی و باتری است که در سال‌های اخیر بازار را تحت تأثیر قرار داده بود و نبود این یارانه‌ها، منجر به گران‌تر شدن تمام‌شده‌ی این محصولات در بازارهای جهانی خواهد شد. علاوه بر عوامل سیاسی و مالیاتی، فشار بر قیمت‌ها از سوی افزایش هزینه‌های تولید نیز تشدید شده است. قیمت مواد اولیه حیاتی شامل سیلیکون، ویفرهای سیلیکونی^۲ و نقره از دسامبر ۲۰۲۵ تاکنون بیش از ۱۰ درصد افزایش یافته است و این روند صعودی همچنان ادامه دارد. تحلیلگران پیش‌بینی می‌کنند که ترکیب لغو یارانه‌های صادراتی و گرانی مواد اولیه، منجر به افزایش قیمت پنل‌های فتوولتائیک به میزان بیش از ۲۰ درصد خواهد شد. اگرچه این افزایش قیمت به صورت ناگهانی و یک‌شبه رخ نمی‌دهد، اما به دلیل اتمام تدریجی موجودی‌های انبارها که با قیمت‌های قدیمی‌تر خریداری شده‌اند، پنجره‌ی فرصت برای خرید با قیمت پایین به سرعت در حال بسته شدن است.

منبع:

Solsol - Panel prices are going up. Key changes from China from ۱ April ۲۰۲۶ – April ۲۰۲۶.^۳

^۱ Value-added tax (VAT)

^۲ Ingots

^۳ <https://solsol.eu/panel-prices-are-going-up-key-changes-from-china-from-۱-april-۲۰۲۶>

تاب آوری اروپا در موج گرمای تابستان ۲۰۲۵ به کمک انرژی خورشیدی



موج گرمای شدید تابستان ۲۰۲۵ در اروپا، با ثبت دماهای میانگین ۳۵ درجه سانتی‌گراد در آلمان و اسپانیا و ۳۴ درجه در فرانسه (و عبور برخی نقاط از مرز ۴۰ درجه)، فشار بی‌سابقه‌ای بر زیرساخت‌های انرژی این قاره وارد کرد. این شرایط منجر به جهش ۶ تا ۱۴ درصدی تقاضای روزانه برق شد، زیرا ساکنان برای مقابله با گرما به استفاده گسترده از کولرهای گازی و تجهیزات سرمایشی روی آوردند. در این شرایط بحرانی، تولید برق خورشیدی با رشد ۲۲ درصدی به رقم بی‌سابقه ۴۵ تراوات‌ساعت در اتحادیه اروپا رسید و نقش حیاتی در پایدار نگه داشتن شبکه ایفا کرد. به‌ویژه در آلمان، خورشید در اوج گرمای روز توانست تا ۵۰ گیگاوات برق تولید کند که معادل ۳۳ تا ۳۹ درصد از کل مصرف این کشور بوده است.

در تقابل مستقیم با عملکرد قدرتمند انرژی خورشیدی، نیروگاه‌های حرارتی و هسته‌ای با چالش‌های جدی ناشی از گرمای شدید مواجه شدند و نتوانستند مانند منابع تجدیدپذیر، از شبکه حمایت کنند. در فرانسه، ۱۷ نیروگاه هسته‌ای از مجموع ۱۸ نیروگاه کشور، به دلیل افزایش دمای آب رودخانه‌ها و ناتوانی در خنک‌سازی موثر راکتورها، مجبور به کاهش ظرفیت یا توقف کامل شدند. به‌طور مشابه، نیروگاه هسته‌ای «بژناو» در سوئیس نیز به دلایل زیست‌محیطی و حفاظت از اکوسیستم رودخانه «آره» که دمای آن به ۲۵ درجه سانتی‌گراد رسیده بود، ظرفیت خود را نصف کرد. در لهستان نیز نگرانی‌ها درباره خنک‌سازی نیروگاه‌های زغال‌سنگ منجر به اعلام «بسته ضد قطعی برق» توسط دولت و اپراتور شبکه در اوج گرمای ۲ ژوئیه شد. در چنین شرایطی، علاوه بر نیروگاه‌ها، زیرساخت‌های انتقال نیز آسیب‌پذیر بودند و داغ شدن کابل‌های فشار قوی، یکی از عوامل اصلی قطعی برق در ایتالیا در ۱ ژوئیه برآورد شده است.

پاول چیزاک، مدیر برنامه اروپا در اندیشکده انرژی «امبر»^۱، تأکید می‌کند که با وجود فشار عظیم، شبکه‌های برق اروپا توانستند این «آزمون استرس» را با موفقیت پشت سر بگذارند و برق خورشیدی نقش کلیدی در تداوم عملکرد آن‌ها داشته است. با این حال، عملکرد مثبت خورشید در ساعات روز، با چالش جدی «بحران ذخیره‌سازی» در ساعات بعد از غروب آفتاب مواجه شده بود. ناکافی بودن سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی باعث شده بود تا با کاهش تولید خورشیدی، عرضه برق با کمبود مواجه شود. این عدم تعادل میان عرضه و تقاضا، موتور محرک افزایش چشمگیر قیمت‌ها بود که در برخی کشورها منجر به دو یا سه برابر شدن قیمت متوسط روزانه برق شد. آمارهای منتشر شده از سوی اندیشکده «امبر» برای بازه زمانی ۲۴ ژوئن تا ۱ ژوئیه، شدت این نوسانات را نشان می‌دهد. در این بازه، قیمت برق در آلمان ۱۷۵ درصد، در فرانسه ۱۰۸ درصد و در لهستان ۱۰۶ درصد افزایش یافت و اسپانیا با افزایش ۱۵ درصدی کمترین نوسان را تجربه کرد. اوج این فشار قیمتی در ساعات عصرگاهی ۱ ژوئیه رخ داد که در آن زمان، قیمت برق در لهستان از مرز ۴۷۰ یورو و در آلمان از مرز ۴۰۰ یورو بر مگاوات‌ساعت گذشت.



مقایسه اوج دما، تقاضای برق و قیمت‌های روزانه در آلمان پیش و حین موج گرمای ۲۴ ژوئن و ۱ ژوئیه ۲۰۲۵

با این حال، شبکه‌های برق اروپا از طریق «اتصال‌دهنده‌های بین‌المللی»^۲ توانستند از فروپاشی کامل شبکه جلوگیری کنند. این کابل‌های اتصال که سیستم‌های برق کشورهای همسایه را به هم پیوند می‌دهند، اجازه دادند تا برق از مناطق با مازاد تولید به مناطق با کمبود شدید منتقل شود. همان‌طور که کانون‌های گرما به ترتیب در مادرید (۲۹ ژوئن)، پاریس (۱ ژوئیه) و برلین و ورشو (۳ ژوئیه) به اوج خود رسیدند، این اتصالات بین‌المللی با مدیریت جریان انرژی، از تشدید بحران در نقاط بحرانی جلوگیری کردند و به فروکش کردن سریع جهش‌های قیمتی کمک نمودند.

^۱ Ember

^۲ Interconnectors

علی‌رغم نقش حیاتی اتصال دهنده‌های بین‌المللی در پراکنده‌سازی فشارهای ناشی از عدم تعادل عرضه و تقاضا و جلوگیری از قطعی‌های گسترده برق، این بحران نشان‌دهنده نیاز فوری به ارتقای زیرساخت‌های انرژی برای مقابله با موج‌های گرمای فزاینده و مکرر است. در این راستا، اندیشکده «امبر» سه راهکار کلیدی را برای تقویت تاب‌آوری شبکه پیشنهاد می‌دهد: اولاً، توسعه گسترده سیستم‌های ذخیره‌سازی باتری جهت مدیریت نوسانات انرژی تولیدشده توسط منابع تجدیدپذیر؛ ثانیاً، افزایش انعطاف‌پذیری تقاضا از طریق جابجایی مصرف‌های غیرحیاتی به ساعاتی که مازاد انرژی وجود دارد؛ و ثالثاً، سرمایه‌گذاری در منابع انرژی توزیع‌شده مجهز به اینورترهای «شبکه‌ساز»^۱. برخلاف اینورترهای سنتی «شبکه-پیرو»^۲ که تنها با شبکه موجود همگام می‌شوند، اینورترهای شبکه‌ساز قادر هستند بدون نیاز به منبع ولتاژ خارجی، شبکه را راه‌اندازی و پایداری آن را تضمین کنند.

پروژه اخیر اپراتور سیستم انرژی ملی بریتانیا^۳ و آزمایش‌های اپراتور سیستم انتقال برق بلژیک، پتانسیل ساخت «جزایر انرژی» مبتنی بر تجدیدپذیرها را نشان داده است. این جزایر انرژی، شبکه‌های محلی هستند که با استفاده از اینورترهای شبکه‌ساز، به طور مستقل و پایدار قابل راه‌اندازی هستند. این راهکارها بازایی سریع شبکه پس از قطعی‌ها را تضمین می‌کنند و پایداری تأمین برق را در ساعات اوج مصرف شبانه نیز حفظ می‌نمایند. این اقدامات همگام با هدف جهانی سه‌برابری ظرفیت انرژی تجدیدپذیر تا سال ۲۰۳۰، گامی اساسی در مقابله با بحران اقلیمی و مدیریت پیامدهای آن محسوب می‌شوند.

منبع:

Euro News - How solar power helped European grids pass 'the stress test' during the recent heatwave – July ۲۰۲۵.^۴

^۱ Grid-forming:

^۲ Grid-following:

^۳ National Energy System Operator (NESO)

^۴ <https://www.euronews.com/green/۲۰۲۵/۰۷/۰۷/how-solar-power-helped-european-grids-pass-the-stress-test-during-the-recent-heatwave>

تحول در طراحی مازول‌های خورشیدی با فناوری فیلم‌های رنگی



دانشمندان مؤسسه فراونهوفر برای سیستم‌های انرژی خورشیدی^۱ با توسعه سیستمی مبتنی بر فیلم، فناوری نوینی را تحت عنوان «شیدکات»^۲ معرفی کرده‌اند که امکان ایجاد الگوهای بصری پیچیده و رنگی روی مازول‌های فتوولتائیک را فراهم می‌سازد. این فناوری با بهره‌گیری از فرآیندهای دقیق لیزری یا کامپیوتری، الگوهای مورد نظر را بر روی فیلم‌هایی برش می‌دهد که پیش‌تر با پوشش «مورفوکالر»^۳ آغشته شده‌اند. این پوشش که الهام گرفته از ریزساختار بال‌های پروانه مورفو^۴ است، رنگ را از طریق تداخل نوری با اتلاف انرژی کم تولید می‌کند، نه از طریق رنگدانه‌های شیمیایی. این رویکرد منجر به ایجاد ظاهری شبیه به کاشی‌های سقف، نمای آجری یا المان‌های معماری می‌شود. اندازه‌گیری‌های مستقل تأیید کرده‌اند که حدود ۹۵ درصد از توان خروجی مازول‌های بدون پوشش، در این فرآیند حفظ می‌شود.

فرآیند اعمال این پوشش‌ها معمولاً از طریق تکنیک‌های خلأ^۵ انجام می‌پذیرد و می‌توان آن‌ها را به پشت شیشه پوششی مازول، فیلم کپسوله‌سازی^۶ انعطاف‌پذیر یا لایه پشت‌بند^۷ متصل نمود. مارکو ارنست، توسعه‌دهنده این فناوری، تأکید می‌کند که

^۱ Fraunhofer ISE

^۲ ShadeCut

^۳ MorphoColor

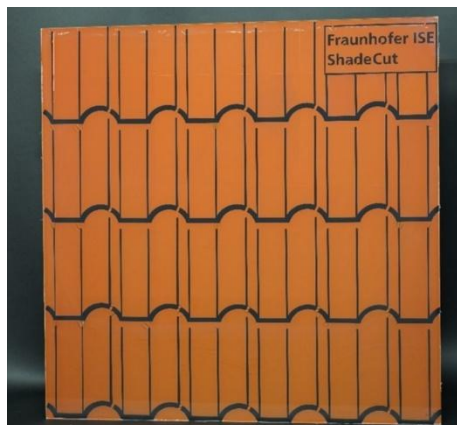
^۴ بال‌های پروانه مورفو دارای لایه‌های میکروسکوپی و نانوساختارهایی هستند که نور را بازتاب می‌دهند و پراش می‌دهند. این ساختارها باعث می‌شوند که رنگ آبی حتی وقتی زاویه‌ی دید تغییر می‌کند، درخشان باقی بماند. رنگ پروانه مورفو با تغییر زاویه‌ی دید تغییر می‌کند. این ویژگی به دلیل تداخل سازنده‌ی نور در ساختارهای نانویی است.

^۵ Vacuum process

^۶ Encapsulation

^۷ Backsheet

با ساختاردهی هدفمند و ایجاد برش‌های کنترل شده، می‌توان اثرات رنگی و الگوهای پیچیده را مستقیماً در ماژول‌های خورشیدی و عناصر نما ادغام کرد. همچنین، افزودن لایه‌های فیلم اضافی امکان پیچیدگی ساختاری بیشتر و تنوع رنگی گسترده‌تری را فراهم می‌آورد. این فناوری انعطاف‌پذیر، بر روی انواع ماژول‌های استاندارد فتوولتائیک و خورشید-حرارتی^۱ قابل اجراست و با کاربردهای متنوع صنعتی سازگاری کامل دارد.



پنل خورشیدی با فناوری شیدکات

کاربرد اصلی این فناوری در حوزه ساختمان‌های دارای انرژی خورشیدی (فتوولتائیک یکپارچه با ساختمان^۲)، به‌ویژه برای نوسازی و یکپارچه‌سازی با نمای ساختمان‌ها، سقف‌ها و نرده‌ها است. دکتر مارتین هاینریش، رهبر گروه تحقیقاتی کپسوله‌سازی و یکپارچه‌سازی در مؤسسه فراونهوفر ISE، اشاره می‌کند که این سیستم به‌ویژه برای ساختمان‌های تاریخی که حفظ ظاهر معماری و هویت بصری در آن‌ها حائز اهمیت است، ایده‌آل می‌باشد. ماژول‌های مجهز به شیدکات می‌توانند با هماهنگی کامل رنگی و ظاهری با محیط اطراف، به‌گونه‌ای به نظر برسند که بخشی از بنای آجری یا کاشی‌های سقف باشند، بدون آنکه بازدهی انرژی را به‌طور چشمگیری کاهش دهند.

پیش‌بینی می‌شود مؤسسه فراونهوفر ISE نمونه‌های اولیه این فناوری را در نمایشگاه ۲۰۲۶ Smarter E/Intersolar در ژوئن ۲۰۲۶ (خرداد ۱۴۰۵) در غرفه A۱,۴۴۰ به نمایش بگذارد. این توسعه فناورانه، ادامه‌دهنده سوابق اخیر این مؤسسه در ارتقای بازدهی سلول‌های خورشیدی است؛ رکورد اخیر ۳۴/۲ درصدی برای ماژول‌های تاندیم III-V بر پایه ژرمانیم و پیش‌بینی دستیابی به بازدهی بیش از ۳۵ درصد تا سال ۲۰۵۰ از طریق ساختارهای تاندیم فتوولتائیک، نشان‌دهنده تعهد این مؤسسه به نوآوری و بهبود عملکرد فناوری‌های انرژی خورشیدی در کنار زیبایی‌شناسی و یکپارچگی معماری است.

منبع:

Pv-magazine - Fraunhofer ISE develops colored film tech for patterned solar modules – ۲۳ April ۲۰۲۶.^۲

^۱ Solar Thermal

^۲ Building-Integrated Photovoltaics یا BIPV فناوری است که در آن ماژول‌های خورشیدی به‌جای اینکه پس از اتمام ساخت ساختمان روی سقف یا دیوار نصب شوند، به‌عنوان بخشی از پوسته خارجی ساختمان (مانند نمای بیرونی، سقف، پنجره‌ها یا سایه‌بان‌ها) طراحی و تولید می‌شوند. بنابراین، آن‌ها هم نقش مصالح ساختمانی را ایفا می‌کنند و هم برق تولید می‌کنند.

^۳ <https://www.pv-magazine.com/۲۰۲۶/۰۴/۲۳/fraunhofer-ise-develops-colored-film-tech-for-patterned-solar-modules/>

قدردانی معاون اجرایی رئیس‌جمهور از وزیر نیرو و صنعت برق کشور



دکتر محمدجعفر قائم‌پناه، معاون اجرایی رئیس‌جمهور، در دیداری با دکتر عباس علی‌آبادی، وزیر نیرو، آخرین وضعیت شبکه‌های آب و برق کشور، روند خدمت‌رسانی و اقدامات صورت‌گرفته برای ترمیم خسارات و آمادگی‌های پیش‌بینی‌شده برای شرایط احتمالی آینده را بررسی کردند. در این دیدار، قائم‌پناه با تقدیر از تلاش‌های شبانه‌روزی مدیران، کارشناسان و نیروهای عملیاتی وزارت نیرو، پایداری خدمات عمومی در شرایط دشوار اخیر را مرهون مجاهدت‌های متعهدانه این عزیزان دانستند و تأکید نمودند که تأمین پایدار آب و برق و صیانت از آرامش عمومی، از اولویتهای قطعی دولت است؛ لذا دولت با تمام ظرفیتهای اجرایی خود پشتیبان دستگاه‌های خدمت‌رسان خواهد بود و اجازه نخواهد داد اخلال در زیرساخت‌های حیاتی، فشار مضاعفی بر مردم تحمیل شود. ایشان خاطرنشان کردند که تجربه روزهای گذشته نشان‌دهنده ظرفیت بالای مدیریتی کشور در حفظ امنیت ملی و تداوم خدمت‌رسانی عمومی است و همین آمادگی، پشتوانه اصلی حفظ آرامش جامعه و استمرار فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی کشور محسوب می‌شود.

در ادامه این دیدار، دکتر عباس علی‌آبادی گزارشی مفصل از وضعیت صنعت آب و برق، اقدامات انجام‌شده برای حفظ پایداری شبکه و بازسازی بخش‌های آسیب‌دیده ارائه دادند. ایشان با اشاره به بسیج کامل ظرفیتهای تخصصی، فنی و عملیاتی در بخش‌های تولید، انتقال و توزیع، اعلام کرد که با حضور میدانی نیروهای عملیاتی در نقاط مختلف، ترمیم سریع آسیب‌ها و بازسازی زیرساخت‌های خسارت‌دیده با جدیت دنبال می‌شود. علی‌آبادی با تأکید بر در پیش بودن پیک مصرف تابستانه خاطرنشان کرد که وزارت نیرو با برنامه‌ریزی فشرده و تمرکز بر سه محور بازسازی، تقویت آمادگی‌های فنی و حفاظت

از زیرساخت‌ها، تلاش دارد کمترین اختلال را برای مردم ایجاد کرده و خدمات آب و برق را با حداکثر پایداری در سراسر کشور تداوم بخشد. در پایان این نشست، بر ضرورت تداوم هماهنگی‌های بین‌بخشی، تقویت آمادگی‌های عملیاتی و پشتیبانی همه‌جانبه از نیروهای فنی و میدانی صنعت آب و برق تأکید ویژه‌ای شد.

منبع: خبرگزاری مهر - ۲۰ فروردین ۱۴۰۵

طرح‌های حمایتی ساتبا برای ۷ هزار مگاوات خورشیدی در اوج بار تابستان



محسن طرزطلب، معاون وزیر نیرو و رئیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، در دیداری با خبرنگار خبرگزاری مهر، از آخرین دستاوردها و برنامه‌های این سازمان برای توسعه انرژی‌های پاک و مدیریت ناترازی برق کشور پرده برداشت. او با اشاره به اینکه ظرفیت نصب‌شده نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور از مرز ۴۵۰۰ مگاوات عبور کرده است، اعلام کرد که حدود ۴۰۰ پروژه فعال با ظرفیت مجموع ۲۵۰۰ مگاوات در حال اجراست. طرزطلب تأکید کرد که بهره‌برداری از این پروژه‌ها، به‌ویژه در فصل تابستان، باعث می‌شود ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی کشور در ساعات اوج بار به ۷۰۰۰ مگاوات برسد و نقش بسزایی در کاهش ناترازی ایفا کند. با این حال، وی با انتقاد از عملکرد برخی بخش‌ها هشدار داد که صنایع در اجرای تکالیف قانونی خود مبنی بر تأمین بخشی از برق مورد نیاز از منابع تجدیدپذیر، کوتاهی کرده‌اند و این موضوع نیازمند توجه جدی‌تر است.

در حوزه توسعه نیروگاه‌های خورشیدی پشت‌بامی، طرزطلب از برنامه‌ریزی برای اعطای تسهیلات بانکی به مشترکان خانگی خبر داد. وی توضیح داد که مذاکرات لازم با بانک‌ها برای تأمین اعتبار این طرح در جریان است و امیدوار است فرآیند اعطای تسهیلات در سال جاری و طبق روال معمول بانکی اجرایی شود. معاون وزیر نیرو با اشاره به افزایش اندک هزینه‌های اجرایی و تجهیزات به دلیل شرایط بازار، راهکاری شفاف برای جلوگیری از سلیقه‌ای شدن قیمت‌ها ارائه کرد. او متقاضیان را دعوت کرد تا برای اطمینان از کیفیت خدمات و رقابت در قیمت، به سامانه «مهرسان» به آدرس mehrsun.satba.gov.ir مراجعه کنند. در این پلتفرم، فهرست پیمانکاران مورد تأیید ساتبا منتشر شده و کاربران می‌توانند با ثبت نام و دریافت پیش فاکتور، قیمت‌های ارائه‌شده توسط شرکت‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کرده و بهترین گزینه را انتخاب نمایند.

منبع: خبرگزاری مهر - ۱۹ اردیبهشت ۱۴۰۵

پیک‌سایه مصرف برق کشور در تابستان با اصلاح ساعت رسمی



در راستای سیاست‌های کلی کاهش مصرف انرژی و با توجه به شرایط حساس فعلی، پیشنهاد اصلاح ساعت رسمی کشور از سوی وزارت نیرو مطرح شده است. امسال به دلیل درگیری‌های نظامی، دشمن با هدف قرار دادن تاب‌آوری صنعت برق، باعث از دست رفتن قریب به ۵۰۰۰ مگاوات ظرفیت نیروگاهی شده است. مصطفی رجبی مشهدی، معاون برق و انرژی وزارت نیرو، تصریح کرد که اصلاح ساعت رسمی می‌تواند منجر به کاهش حدود ۱۰۰۰ مگاواتی مصرف برق شود که معادل تولید کل نیروگاه اتمی بوشهر است. تأمین این حجم از برق نیازمند سرمایه‌گذاری ۶۰۰ میلیون یورویی برای احداث نیروگاه جدید است. هدف اصلی از این تغییر، جابجایی فعالیت‌های روزانه به ساعات خنک‌تر است تا نیاز به استفاده از سیستم‌های سرمایشی در پیک گرمای روز کاهش یابد و تأثیر این اقدام بین ۱ تا ۳ درصد بر کل مصرف برق کشور برآورد شده است.

اگرچه برخی منتقدان معتقدند تغییر صرف ساعت اداری کافی است، اما معاون وزارت نیرو اشاره می‌کند که چنین اقدامی می‌تواند مشکلاتی از جمله ناهماهنگی بین ساعت کاری ادارات و اصناف ایجاد کند. موضوع اصلاح ساعت رسمی هم‌اکنون در کمیسیون اجتماعی مجلس شورای اسلامی در حال بررسی است و از تمامی ابعاد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. رجبی مشهدی در این گفت‌وگو افزود که در این بررسی‌ها علاوه بر مسائل فنی، مباحث روانشناختی جامعه و پیامدهای اجتماعی مرتبط با تغییر ساعت کار نیز مورد توجه جدی قرار می‌گیرد. وی ابراز امیدواری کرد که با در نظر گرفتن تمامی جوانب، تصمیمی مناسب و کارآمد در این زمینه اتخاذ شود تا ضمن مدیریت بحران انرژی، کمترین اختلال در زندگی مردم و چرخه اقتصادی کشور ایجاد گردد.

منبع: مبتنی بر گزارش خبرگزاری صداوسیما - ۲۶ اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۵

برونداد تخصصی انرژی‌های تجدیدپذیر

