

مجموعه گزارش‌های "با ما بخوانید"

شماره ۱۱: فناوری‌های سبز برای مواجهه با بلایای اقلیمی

مرور گزارش سازمان جهانی مالکیت فکری^۱ (WIPO) ۲۰۲۵ و اولویت‌های سیاستی برای افزایش تاب‌آوری ایران

❖ چرا فناوری اقلیمی اکنون به یک ضرورت اقتصادی تبدیل شده است؟

تغییر اقلیم دیگر یک تهدید بلندمدت نیست؛ آثار آن در قالب خشکسالی، سیلاب، موج‌های گرما و اختلال در زیرساخت‌ها و زنجیره‌های تأمین نمایان شده است. گزارش WIPO نشان می‌دهد تنها در سال ۲۰۲۴ حدود ۴۵ میلیون نفر بر اثر بلایا جابه‌جا شده‌اند؛ همچنین طی پنج دهه گذشته، مخاطرات مرتبط با آب حدود نیمی از بلایای ثبت‌شده جهان را تشکیل داده‌اند و خشکسالی بیش از ۱.۵ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

اهمیت این روند فقط در شدت حوادث نیست، بلکه در خسارت اقتصادی و فشار بر زیرساخت‌ها، منابع عمومی و فعالیت بنگاه‌هاست. از این رو، منطق جدید مدیریت بلایا بر انتقال تصمیم و منابع از «پس از بحران» به «پیش از بحران» و سرمایه‌گذاری برای شناسایی ریسک، پیش‌بینی مخاطره و کاهش خسارت استوار است.

در همین چارچوب، کتاب فناوری سبز^۲ ۲۰۲۵ سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO)، فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، ماهواره، حسگر، پهپاد، دوقلوهای دیجیتال و سامانه‌های هشدار زودهنگام را بخشی از زیرساخت مدیریت ریسک معرفی می‌کند؛ فناوری‌هایی که ارزش آنها در فراهم کردن فرصت اقدام پیش از تبدیل مخاطره به خسارت است.

برای ایران، تنش آبی، افت منابع آب زیرزمینی، فرونشست، گرمای شدید، سیلاب و آسیب‌پذیری کشاورزی، فناوری اقلیمی را به بخشی از مدیریت ریسک اقتصادی و حفاظت از سرمایه و تولید تبدیل کرده است. از این منظر، پرسش محوری گزارش این است: کدام فناوری، برای کدام مخاطره، با چه هزینه‌ای و برای چه کسانی می‌تواند بیشترین کاهش ریسک را ایجاد کند؟

❖ تغییر پارادایم؛ از واکنش به بحران تا مدیریت پیش‌دستانه ریسک

^۱ World Intellectual Property Organization (WIPO)

^۲ Green Technology Book

مدیریت بلایا تا سال‌ها عمدتاً بر واکنش پس از حادثه، امدادرسانی، جبران خسارت و بازسازی استوار بود. اما افزایش شدت و فراوانی مخاطرات اقلیمی، ضرورت انتقال بخشی از تصمیم‌ها و منابع از «پس از حادثه» به «پیش از حادثه» را افزایش داده است:

پایش ← پیش‌بینی ← هشدار ← تصمیم ← اقدام پیش‌دستانه ← کاهش خسارت

حسگرها، ماهواره‌ها، پهپادها، هوش مصنوعی و دوقلوهای دیجیتال می‌توانند خطر را زودتر آشکار کنند و زمان بیشتری برای تصمیم‌گیری فراهم آورند. بنابراین، ارزش اقتصادی فناوری فقط در «دقت بیشتر» نیست؛ ارزش اصلی آن خریدن زمان است. پیش‌بینی زود هنگام سیلاب، خشکسالی یا موج گرما فرصت حفاظت از دارایی‌ها، اصلاح تخصیص آب و الگوی کشت، حفاظت از نیروی کار و آماده‌سازی زیرساخت‌ها را فراهم می‌کند. با این حال، پیش‌بینی به‌تنهایی خسارت را کاهش نمی‌دهد؛ داده باید به هشدار، تصمیم و اقدام منتهی شود. از این رو، مسئله فناوری فقط مهندسی نیست، بلکه به حکمرانی نیز مربوط است. WIPO نیز تأکید می‌کند تاب‌آوری الزاماً به معنای استفاده از پیچیده‌ترین فناوری نیست و ترکیب فناوری دیجیتال با زیرساخت فیزیکی، راهکارهای طبیعت‌محور و دانش محلی می‌تواند مؤثرتر باشد.

✓ **دلالت برای ایران:** تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و هواشناسی با وضعیت آبخوان، آب قابل تخصیص و سطح زیرکشت می‌تواند مبنای تصمیم درباره تخصیص آب، الگوی کشت و محدودیت برداشت قرار گیرد. نکته تعیین‌کننده آن است که هر هشدار چه تصمیمی را فعال می‌کند، مسئول آن کدام نهاد است و چه اقدامی باید انجام شود.

❖ از میان فناوری‌های WIPO، کدام‌ها برای ایران اولویت دارند؟

گزارش WIPO طیف گسترده‌ای از فناوری‌های اقلیمی را معرفی می‌کند؛ اما همه آنها برای ایران از اولویت یکسانی برخوردار نیستند. در این گزارش، اولویت‌ها بر اساس شدت و گستره ریسک، ظرفیت کاهش خسارت، امکان اجرا و نگهداری و توجه اقتصادی تعیین شده‌اند. بر این اساس، آب و خشکسالی و سپس کشاورزی، به دلیل ارتباط مستقیم با امنیت تولید و منابع آب زیرزمینی، در صدر قرار می‌گیرند.

✓ **آب و خشکسالی؛ اولویت نخست:** خشکسالی و کمبود آب از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی‌اند و کشاورزی نیز بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در جهان است. برای ایران، پاسخ فناوری به مسئله آب را می‌توان در سه مرحله خلاصه کرد:

شناخت منابع ← بهینه‌سازی مصرف ← بازیابی و تقویت ذخایر

ماهواره، سنجش از دور، InSAR و هوش مصنوعی می‌توانند شناخت دقیق‌تری از وضعیت منابع آب و تغییرات آبخوان فراهم کنند؛ در کنار آن، تغذیه مدیریت‌شده آبخوان (MAR) می‌تواند در شرایط مناسب به تقویت ذخایر زیرزمینی کمک کند. اهمیت این رویکرد برای ایران در آن است که مدیریت آب زیرزمینی نباید فقط بر کنترل برداشت متمرکز باشد؛ سیاست آبخوان باید هم‌زمان مدیریت تقاضا و امکان بازسازی ذخیره را دنبال کند.

✓ کشاورزی؛ از بهره‌وری آب به بهره‌وری تصمیم: حسگرها، پهپادها، آبیاری هوشمند و هوش مصنوعی می‌توانند مصرف نهاده و آب را در سطح مزرعه دقیق‌تر کنند؛ اما مسئله اصلی ایران فقط افزایش راندمان آبیاری نیست. سؤال مهم‌تر این است:

چه محصولی، در چه سطحی، در چه زمان و با چه مقدار آب باید کشت شود؟

اتصال داده‌های هواشناسی + آب قابل تخصیص + وضعیت آبخوان + نیاز آبی محصول + سطح زیرکشت در یک سامانه تصمیم‌یار می‌تواند کارکرد فناوری را از «پایش مصرف آب» به «پشتیبانی از تصمیم درباره الگوی کشت و تخصیص آب» ارتقا دهد. در این صورت، فناوری به جای آنکه صرفاً مصرف موجود را کارآمدتر کند، می‌تواند به اصلاح خود تصمیم تولید پیش از فصل زراعی کمک کند.

✓ سایر اولویت‌ها؛ انتخاب فناوری متناسب با نوع ریسک: در صنایع آب‌بر، بازچرخانی پساب و سیستم‌های حلقه‌بسته می‌توانند وابستگی به آب تازه را کاهش دهند؛ در حالی که سامانه تخلیه صفر مایع^۳ (ZLD)، به دلیل هزینه و مصرف انرژی بالا، باید به موارد دارای توجیه اقتصادی محدود شود. در گرمای شدید، اولویت با هشدار زودهنگام و حفاظت از نیروی کار است و در سیلاب، جهت‌گیری باید از «پیش‌بینی بارش» به پیش‌بینی اثر و خسارت تغییر کند. ابزارهایی مانند بیمه پارامتریک و تأمین مالی پیش‌دستانه نیز می‌توانند بخشی از ریسک‌های اجتناب‌ناپذیر را پوشش دهند.

جدول ۱- اولویت‌های پیشنهادی فناوری‌های اقلیمی برای افزایش تاب‌آوری ایران با اتکا به چارچوب گزارش WIPO

اولویت	حوزه	جهت‌گیری فناوری
۱	آب و خشکسالی	پایش آبخوان، پیش‌بینی خشکسالی، MAR و مدیریت هوشمند آب
۲	کشاورزی	کشاورزی دقیق، حسگر، AI، پهپاد و تصمیم‌یار الگوی کشت

^۳ Zero Liquid Discharge (ZLD)

۳	بازچرخانی آب	پساب شهری و صنعتی، سیستم‌های حلقه‌بسته و ZLD در موارد دارای توجیه
۴	گرمای شدید	هشدار زودهنگام، مدیریت شهری و حفاظت از نیروی کار
۵	سیلاب	پیش‌بینی اثرمحور، پایش ماهواره‌ای و هشدار منطقه‌ای
۶	تاب‌آوری مالی	بیمه پارامتریک، تأمین مالی پیش‌دستانه و انتقال ریسک

این رتبه‌بندی به معنای کم‌اهمیت بودن سایر حوزه‌ها نیست؛ بلکه نقطه شروع سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد. معیار انتخاب نیز نباید «پیشرفته‌ترین فناوری» باشد، بلکه باید پرسید: کدام فناوری بیشترین کاهش ریسک را به ازای هر واحد سرمایه‌گذاری ایجاد می‌کند؟ از این منظر، فناوری قابل نگهداری و متکی بر ظرفیت داخلی می‌تواند از سامانه‌ای پیشرفته اما وابسته، ارزش اقتصادی بیشتری ایجاد کند.

❖ فناوری برای چه کسی؟ از شکاف تاب‌آوری تا حکمرانی فناوری

توسعه فناوری لزوماً به معنای افزایش تاب‌آوری برای همه نیست. اگر دسترسی به داده، سرمایه، زیرساخت و امکان اقدام نابرابر باشد، فناوری می‌تواند «شکاف تاب‌آوری اقلیمی» را عمیق‌تر کند. ضعف زیرساخت، هزینه دسترسی و محدودیت منابع مالی نیز ممکن است بهره‌برداران کوچک و مناطق آسیب‌پذیر را از منافع فناوری دور نگه دارد؛ بنابراین، دسترسی به اطلاعات زمانی ارزشمند است که امکان اقدام بر اساس آن نیز وجود داشته باشد. از سوی دیگر، داده، تحلیل و اختیار تصمیم معمولاً میان دولت، بخش خصوصی و ارائه‌دهندگان فناوری توزیع شده است. بنابراین، چهار موضوع باید روشن باشد:

چه کسی داده را تولید می‌کند؟ ← چه کسی به آن دسترسی دارد؟ ← چه کسی تصمیم می‌گیرد؟ ← چه کسی پاسخ‌گو است؟

در غیر این صورت، فناوری می‌تواند به سامانه‌هایی جزیره‌ای تبدیل شود که داده تولید می‌کنند، اما تصمیم و اقدام مؤثری ایجاد نمی‌کنند.

✓ **دلالت برای ایران:** ارزیابی فناوری نباید فقط بر قیمت خرید یا میزان صرفه‌جویی استوار باشد. فناوری‌های اقلیمی باید با پنج معیار سنجیده شوند:

کاهش ریسک + توجیه اقتصادی + قابلیت بومی‌سازی و نگهداری + گستره دسترسی + ریسک وابستگی

❖ ایران و بنگاه‌ها دقیقاً چه باید بکنند؟

از خرید فناوری به سرمایه‌گذاری در کاهش ریسک: نقطه شروع باید «مسئله» باشد، نه «تجهیزات». پیش از سرمایه‌گذاری باید مشخص شود چه ریسکی قرار است کاهش یابد، خسارت احتمالی آن چقدر است و آیا منافع فناوری، هزینه سرمایه‌گذاری و نگهداری را توجیه می‌کند. به جای خرید گسترده تجهیزات، چند مسئله پریسک در آبخوان‌های بحرانی، کشاورزی کم‌آب، بازچرخانی صنعتی، گرمای شدید و سیلاب باید در مقیاس پایلوت آزموده شوند. موفقیت نیز با کاهش ریسک و خسارت سنجیده شود، نه تعداد تجهیزات خریداری‌شده.

✓ **بنگاه‌ها؛ ریسک اقلیمی را وارد تصمیم سرمایه‌گذاری کنند:** کمبود آب، گرمای شدید، اختلال برق، سیلاب و اختلال زنجیره تأمین مستقیماً بر هزینه و استمرار تولید اثر دارند. بنابراین، مسیر تصمیم بنگاه باید چنین باشد:

شناسایی ریسک ← برآورد خسارت ← تعیین آسیب‌پذیری ← مقایسه فناوری‌ها ← پایلوت ← سنجش کاهش ریسک ← سرمایه‌گذاری

فناوری زمانی توجیه دارد که کاهش خسارت مورد انتظار، هزینه سرمایه‌گذاری و نگهداری آن را توجیه کند.

✓ **دولت و اتاق بازرگانی؛ زیرساخت تصمیم را فراهم کنند:** دولت باید داده معتبر، چارچوب حقوقی، مسئولیت نهادی و سازوکار تأمین مالی را فراهم کند. اتاق بازرگانی نیز می‌تواند حلقه اتصال «ریسک بنگاه» و «راه‌حل فناوری» باشد:

دیده‌بانی ریسک بنگاه‌ها ← ارزیابی فناوری ← اتصال بنگاه به شرکت فناوری و مراکز علمی ← تسهیل پایلوت و ارزیابی نتایج اقتصادی.

❖ جمع‌بندی عملیاتی

پیام اصلی گزارش WIPO برای ایران، حرکت از مدیریت حادثه به مدیریت ریسک است. فناوری زمانی ارزش اقتصادی ایجاد می‌کند که فاصله میان «دیدن خطر» و «اقدام» را کوتاه و خسارت قابل اجتناب را کاهش دهد. بنابراین، مسئله ایران فناوری بیشتر نیست؛ بلکه انتخاب فناوری درست برای مسئله درست، با بیشترین کاهش ریسک، گسترده‌ترین منفعت و کمترین وابستگی عملیاتی است.

از جبران خسارت ← به کاهش ریسک

از خرید تجهیزات ← به سرمایه‌گذاری در تاب‌آوری

از فناوری پیشرفته‌تر ← به فناوری مؤثرتر و اقتصادی‌تر