

مجموعه گزارش‌های "با ما بخوانید"

شماره ۴: فناوری‌های نوظهور ۲۰۲۶

فرصت‌های پیش‌روی اقتصاد و بخش خصوصی ایران

❖ مقدمه

گزارش «ده فناوری نوظهور برتر سال ۲۰۲۶» چهاردهمین گزارش سالانه مجمع جهانی اقتصاد^۱ در حوزه آینده فناوری است که با همکاری مؤسسه علمی فرونتیرز^۲ منتشر شده است. این گزارش فناوری‌هایی را معرفی می‌کند که از مرحله پژوهش عبور کرده و در آستانه توسعه صنعتی، تجاری‌سازی و اثرگذاری گسترده بر اقتصاد، صنعت و جامعه قرار دارند. انتخاب این فناوری‌ها نیز بر پایه یک فرآیند نظام‌مند شامل تحلیل داده‌های علمی، ارزیابی بلوغ فناوری، ظرفیت تجاری‌سازی و اجماع خبرگان بین‌المللی انجام شده است؛ از این‌رو، فناوری‌های منتخب علاوه بر نوآوری علمی، از قابلیت بالایی برای توسعه صنعتی و خلق ارزش اقتصادی برخوردارند.

انتشار این گزارش در شرایطی صورت گرفته است که اقتصاد جهانی با چالش‌هایی همچون تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع آب و انرژی، اختلال در زنجیره‌های تأمین، رقابت بر سر مواد معدنی راهبردی، رشد شتابان هوش مصنوعی، افزایش هزینه‌های سلامت و تهدیدهای امنیت سایبری مواجه است. در چنین شرایطی، فناوری دیگر صرفاً ابزاری برای افزایش بهره‌وری نیست، بلکه به یکی از مهم‌ترین عوامل ارتقای تاب‌آوری اقتصادی، بازآفرینی زنجیره‌های ارزش و توسعه صنایع آینده تبدیل شده است.

اهمیت این گزارش برای ایران، تنها در معرفی فناوری‌های نوظهور نیست، بلکه در هم‌پوشانی آن با چالش‌های توسعه کشور از جمله ناترازی انرژی، محدودیت منابع آب، بهره‌وری پایین، توسعه اقتصاد دانش‌بنیان، تحول نظام سلامت و افزایش تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین نهفته است. از این‌رو، یافته‌های این گزارش می‌تواند مبنایی برای تعیین اولویت‌های فناورانه، هدایت سرمایه‌گذاری و تدوین سیاست‌های توسعه فناوری، به‌ویژه با مشارکت فعال بخش خصوصی، باشد.

^۱ World Economic Forum

^۲ Frontiers

در ادامه، ضمن معرفی فناوری‌های منتخب، ظرفیت‌های آن‌ها در پاسخ به چالش‌های توسعه ایران و استان اصفهان و دلالت‌های اقتصادی و سیاستی آن‌ها برای بخش خصوصی و سیاست‌گذاران بررسی می‌شود.

❖ جهان در آستانه چه تغییری است؟

فناوری‌های منتخب گزارش، با وجود تفاوت‌های فنی، از چهار روند کلان حکایت دارند که مسیر تحول اقتصاد جهانی را ترسیم می‌کنند. این روندها نشان می‌دهند که مزیت رقابتی آینده، بیش از توسعه فناوری‌های منفرد، به توانایی کشورها در ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای نوآوری، بهره‌گیری از داده و افزایش بهره‌وری وابسته خواهد بود.

✓ **حرکت از زیرساخت‌های متمرکز به سامانه‌های توزیع‌شده:** فناوری‌هایی مانند Everything-to-Grid Energy و تخمیر دقیق (Precision Fermentation) نشان می‌دهند که تولید و ارائه خدمات به تدریج از ساختارهای متمرکز به شبکه‌هایی هوشمند، منعطف و به هم پیوسته منتقل می‌شود. این تحول، تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین را افزایش داده، هزینه‌های انتقال و توزیع را کاهش می‌دهد و توسعه فناوری را با سرمایه‌گذاری‌های تدریجی امکان‌پذیر می‌سازد. تحقق این روند مستلزم توسعه زیرساخت‌های هوشمند، اصلاح مقررات و استانداردهای تبادل داده است.

✓ **حرکت از تولید انبوه به شخصی‌سازی:** پیشرفت‌هایی مانند واکسن‌های شخصی‌سازی‌شده mRNA و انتقال دارو با اگزوزوم‌ها نشان می‌دهد که محصولات و خدمات آینده بیش از گذشته متناسب با ویژگی‌های هر فرد طراحی خواهند شد. این تحول، کیفیت و اثربخشی خدمات را افزایش داده و بازارهای جدیدی برای محصولات دانش‌بنیان ایجاد می‌کند. تحقق آن نیز به توسعه زیرساخت‌های داده، حفاظت از اطلاعات، زیست‌اطلاعات و چارچوب‌های تنظیم‌گری مناسب وابسته است.

✓ **بهره‌وری منابع به محور اصلی نوآوری تبدیل می‌شود:** فناوری‌هایی مانند استخراج مستقیم لیتیوم، مواد سرمایش تابشی غیرفعال و فناوری نابودی PFAS بیانگر آن هستند که نوآوری آینده بر استفاده کارآمدتر از انرژی، آب و مواد اولیه متمرکز خواهد بود. این رویکرد ضمن کاهش هزینه‌ها و آثار زیست‌محیطی، بهره‌وری و رقابت‌پذیری اقتصادها را افزایش می‌دهد و ضرورت جهت‌گیری سیاست‌های صنعتی به سمت فناوری‌های بهره‌ور و پایدار را برجسته می‌کند.

✓ داده، هوش مصنوعی و شبیه‌سازی به زیرساخت مشترک فناوری‌های آینده تبدیل می‌شوند: فناوری‌هایی مانند مدل‌های جهان در هوش مصنوعی و شبیه‌سازی کوانتومی نشان می‌دهند که توسعه محصولات و خدمات بیش از پیش بر تحلیل داده، شبیه‌سازی دیجیتال و توان پردازشی متکی خواهد بود. این تحول، هزینه و زمان تحقیق و توسعه را کاهش داده، ریسک سرمایه‌گذاری را کم می‌کند و نقش زیرساخت‌های دیجیتال، امنیت سایبری، استانداردسازی داده و مهارت‌های هوش مصنوعی را بیش از گذشته برجسته می‌سازد.

در مجموع، پیام اصلی گزارش فراتر از معرفی چند فناوری نوظهور است؛ این گزارش نشان می‌دهد که اقتصاد آینده بر سامانه‌های هوشمند، بهره‌وری منابع، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و زیست‌بوم‌های نوآوری استوار خواهد بود. در چنین شرایطی، موفقیت کشورها بیش از دسترسی به یک فناوری خاص، به توانایی آن‌ها در ایجاد زیرساخت‌های نهادی، سرمایه انسانی و محیط مناسب برای توسعه و تجاری‌سازی فناوری وابسته است.

تحقق این روندها، علاوه بر پیشرفت‌های فناورانه، به دو پیش‌شرط اساسی یعنی «اعتماد و دسترسی» وابسته است: گزارش مجمع جهانی اقتصاد تأکید می‌کند که موفقیت فناوری‌های نوظهور تنها به پیشرفت علمی وابسته نیست، بلکه به دو پیش‌شرط اساسی اعتماد و دسترسی نیز بستگی دارد. فناوری زمانی می‌تواند به ارزش اقتصادی و اجتماعی تبدیل شود که کاربران، سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران به ایمنی، کارایی و نحوه استفاده از آن اطمینان داشته باشند و امکان بهره‌مندی گسترده از آن نیز فراهم باشد.

اعتماد، فراتر از عملکرد فنی فناوری، مستلزم وجود چارچوب‌های مناسب برای حفاظت از داده‌ها، امنیت سایبری، رعایت ملاحظات اخلاقی، شفافیت، مسئولیت‌پذیری توسعه‌دهندگان و تنظیم‌گری کارآمد است. در مقابل، دسترسی عادلانه به فناوری از تعمیق شکاف‌های فناورانه جلوگیری کرده و زمینه بهره‌گیری گسترده‌تر بنگاه‌ها و کشورها از فرصت‌های نوآوری را فراهم می‌کند. از این رو، توسعه فناوری باید هم‌زمان با تقویت زیرساخت‌ها، انتقال دانش، توسعه سرمایه انسانی و حمایت از شرکت‌های نوآور دنبال شود.

برای ایران نیز توسعه فناوری‌های نوظهور تنها به سرمایه‌گذاری در پژوهش یا تأمین تجهیزات محدود نمی‌شود، بلکه مستلزم شکل‌گیری زیست‌بومی مبتنی بر اعتماد، تنظیم‌گری کارآمد، همکاری مؤثر میان دولت، دانشگاه و بخش خصوصی و دسترسی بنگاه‌ها به زیرساخت‌های فناورانه است. تنها در چنین شرایطی، فناوری می‌تواند به ابزاری برای ارتقای بهره‌وری، افزایش رقابت‌پذیری و رشد اقتصادی تبدیل شود.

❖ فناوری‌های نوظهور در چهار جبهه راهبردی

اگرچه فناوری‌های معرفی‌شده در گزارش «۱۰ فناوری نوظهور ۲۰۲۶» از حوزه‌های علمی متفاوتی سرچشمه می‌گیرند، اما همگی در پاسخ به مجموعه‌ای محدود از چالش‌های راهبردی اقتصاد و صنعت توسعه یافته‌اند. از این منظر، می‌توان فناوری‌های منتخب را در چهار جبهه اصلی دسته‌بندی کرد. این دسته‌بندی نشان می‌دهد که تمرکز گزارش بیش از آنکه بر معرفی فناوری‌های پراکنده باشد، بر ترسیم مسیر تحول اقتصاد، صنعت و جامعه در دهه پیش‌رو است.

جدول ۱: دسته‌بندی فناوری‌های نوظهور ۲۰۲۶ بر اساس جبهه‌های راهبردی توسعه

جبهه راهبردی	فناوری‌های منتخب	چالش یا فرصت راهبردی	پیام کلیدی
انرژی، محیط‌زیست و مواد پیشرفته	انرژی همه‌چیز به شبکه (Everything-to-Grid)، استخراج مستقیم لیتیوم (Direct Lithium Extraction)، مواد سرمایش تابشی غیرفعال (Passive Radiative Cooling)، نابودی PFAS	ناآرامی انرژی، امنیت مواد اولیه، کاهش آلودگی و افزایش بهره‌وری منابع	اقتصاد آینده به سمت سامانه‌های انرژی هوشمند، مواد پیشرفته و استفاده کارآمدتر از منابع حرکت می‌کند.
غذا و زیست‌تولید	تخمیر دقیق (Precision Fermentation)	تولید پایدار غذا، مواد اولیه زیستی و کاهش وابستگی به منابع طبیعی	زیست‌تولید می‌تواند ساختار تولید مواد غذایی، دارویی و صنعتی را متحول کرده و امنیت زنجیره تأمین را تقویت کند.
سلامت و پزشکی دقیق	واکسن‌های شخصی‌سازی‌شده mRNA، انتقال دارو با اگزوزوم‌ها، شبیه‌سازی کوانتومی برای کشف دارو	افزایش اثربخشی درمان، کاهش زمان توسعه دارو و حرکت به سوی پزشکی شخصی‌سازی‌شده	آینده نظام سلامت بر درمان‌های دقیق، داده‌محور و متناسب با ویژگی‌های هر فرد استوار خواهد بود.
اقتصاد دیجیتال و زیرساخت‌های هوشمند	مدل‌های جهانی (World Models)، رمزنگاری مقاوم در برابر رایانه‌های کوانتومی (Post-Quantum Cryptography)	تصمیم‌گیری هوشمند، امنیت داده و حفاظت از زیرساخت‌های حیاتی	داده، هوش مصنوعی و امنیت سایبری به زیرساخت مشترک توسعه فناوری و رقابت‌پذیری اقتصادی تبدیل خواهند شد.

این دسته‌بندی نشان می‌دهد که فناوری‌های منتخب، علی‌رغم تنوع ظاهری، همگی در راستای چهار هدف مشترک توسعه یافته‌اند: افزایش بهره‌وری منابع، تقویت تاب‌آوری اقتصاد، ارتقای کیفیت زندگی و ایجاد زیرساخت‌های هوشمند برای اقتصاد آینده. به همین دلیل، اهمیت این گزارش صرفاً در معرفی فناوری‌های جدید نیست، بلکه در نشان دادن حوزه‌هایی است که بیشترین ظرفیت را برای ایجاد ارزش افزوده، افزایش رقابت‌پذیری و شکل‌دهی به بازارهای آینده خواهند داشت.

در ادامه، با اتکا به این چهار جبهه راهبردی، می‌توان پیام‌های مشترک گزارش را استخراج کرد؛ پیام‌هایی که فراتر از هر فناوری، چارچوبی برای سیاست‌گذاری، سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه در سال‌های آینده ارائه می‌کنند.

❖ دلالت‌های سیاستی گزارش برای ایران

بررسی فناوری‌های منتخب نشان می‌دهد که بهره‌گیری از فناوری‌های نوظهور، بیش از توسعه پژوهش، به وجود یک زیست‌بوم کارآمد نوآوری وابسته است؛ زیست‌بومی که بتواند دانش را به فناوری، فناوری را به محصول و محصول را به مزیت رقابتی تبدیل کند. از این رو، سیاست‌های توسعه فناوری باید علاوه بر حمایت از تحقیق و توسعه، بر تنظیم‌گری، توسعه بازار، سرمایه‌گذاری، تجاری‌سازی، سرمایه‌انسانی، زیرساخت‌های دیجیتال و تقویت همکاری میان بازیگران زیست‌بوم نوآوری متمرکز باشد.

✓ دلالت‌های سیاستی در سطح ملی

۱. **تمرکز بر فناوری‌های مسئله‌محور و مزیت‌آفرین:** با توجه به محدودیت منابع، اولویت سرمایه‌گذاری باید بر فناوری‌هایی باشد که به حل چالش‌های راهبردی کشور مانند ناترازی انرژی، کمبود آب، امنیت غذایی، ارتقای بهره‌وری، تحول نظام سلامت و امنیت زیرساخت‌های دیجیتال کمک می‌کنند و ظرفیت ایجاد ارزش افزوده و بازارهای جدید را دارند.

۲. **تقویت زیست‌بوم نوآوری و تجاری‌سازی:** حمایت از فناوری باید کل زنجیره نوآوری، از پژوهش تا تولید صنعتی و ورود به بازار، را پوشش دهد. توسعه مراکز پایلوت، تأمین مالی مرحله‌ای، تقویت مالکیت فکری و گسترش همکاری صنعت و دانشگاه، از الزامات این رویکرد است.

۳. **توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و سرمایه‌انسانی:** گسترش مراکز داده، امنیت سایبری، استانداردسازی داده، توان‌پردازی و آموزش مهارت‌های نوین، پیش‌نیاز استقرار مؤثر فناوری‌های نوظهور و ارتقای رقابت‌پذیری اقتصاد آینده است.

۴. تقویت حکمرانی و همکاری در زیست بوم نوآوری: توسعه فناوری‌های نوظهور مستلزم حکمرانی منسجم و همکاری مؤثر میان دولت، دانشگاه، صنعت، سرمایه‌گذاران و نهادهای تنظیم‌گر است. ایجاد سازوکارهای مشترک برای اجرای پروژه‌های پایلوت، انتقال فناوری و تجاری‌سازی، می‌تواند فاصله میان پژوهش، بازار و صادرات را کاهش دهد.

✓ پیام‌گزارش برای بخش خصوصی ایران

رقابت‌پذیری آینده بنگاه‌ها بیش از هر چیز به توانایی آن‌ها در جذب، بومی‌سازی و تجاری‌سازی فناوری وابسته خواهد بود. از این‌رو، بنگاه‌های اقتصادی باید سرمایه‌گذاری در فناوری‌های مسئله‌محور، مشارکت در پروژه‌های پایلوت، همکاری هدفمند با دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان، مدیریت دارایی‌های فکری و توسعه ابزارهای تأمین مالی نوآوری را در کانون راهبردهای خود قرار دهند. تدوین نقشه راه فناوری، ارزیابی آمادگی دیجیتال و ایجاد واحدهای نوآوری یا سرمایه‌گذاری شرکتی، می‌تواند آمادگی بنگاه‌ها برای حضور در زنجیره‌های ارزش آینده را افزایش دهد.

✓ دلالت‌های سیاستی در سطح استان اصفهان

استان اصفهان با برخورداری از صنایع بزرگ، دانشگاه‌های معتبر، شرکت‌های دانش‌بنیان و شهرک علمی و تحقیقاتی، ظرفیت تبدیل شدن به یکی از کانون‌های توسعه و آزمون فناوری‌های نوظهور را دارد. اولویت‌های استان شامل توسعه صنایع هوشمند و کم‌مصرف، گسترش فناوری‌های کم‌آبر و زیست‌فناوری، تقویت فناوری‌های سلامت و پزشکی دقیق، و توسعه زیست‌بوم نوآوری و تجاری‌سازی فناوری است. در این میان، اتاق بازرگانی اصفهان نیز می‌تواند با رصد روندهای جهانی فناوری، شناسایی نیازهای فناورانه صنایع، تسهیل همکاری میان بنگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان و حمایت از سرمایه‌گذاری در فناوری، نقش مؤثری در توسعه اقتصاد دانش‌بنیان استان ایفا کند.

❖ جمع‌بندی

گزارش «۱۰ فناوری نوظهور ۲۰۲۶» نشان می‌دهد که موج جدید فناوری، بیش از آنکه حاصل ظهور فناوری‌های کاملاً جدید باشد، نتیجه بلوغ فناوری‌هایی است که در آستانه تجاری‌سازی و اثرگذاری گسترده بر اقتصاد، صنعت و جامعه قرار دارند. از این‌رو، مزیت رقابتی آینده کشورها نه صرفاً به دسترسی به فناوری، بلکه به توانایی آن‌ها در ایجاد زیست‌بومی کارآمد برای توسعه، تجاری‌سازی و به‌کارگیری فناوری وابسته خواهد بود.

برای ایران، بهره‌گیری از این فرصت مستلزم تمرکز بر فناوری‌های مسئله‌محور، تقویت ظرفیت جذب و تجاری‌سازی فناوری و هدایت سرمایه‌گذاری به حوزه‌هایی است که بتوانند به حل چالش‌هایی مانند ناترازی انرژی، محدودیت منابع آب، ارتقای بهره‌وری، امنیت غذایی، توسعه نظام سلامت و افزایش تاب‌آوری اقتصادی کمک کنند. در این میان، استان اصفهان با برخورداری از ظرفیت‌های صنعتی، دانشگاهی و فناورانه، می‌تواند به یکی از کانون‌های توسعه و آزمون فناوری‌های نوظهور در کشور تبدیل شود.

مهم‌ترین پیام این گزارش آن است که فناوری به‌تنهایی مزیت رقابتی ایجاد نمی‌کند؛ مزیت رقابتی زمانی شکل می‌گیرد که فناوری در بستر حکمرانی کارآمد، سرمایه‌گذاری هدفمند، سرمایه‌انسانی توانمند و زیست‌بوم نوآوری، به ارزش اقتصادی و اجتماعی تبدیل شود. کشورها و مناطقی که این پیوند را سریع‌تر و مؤثرتر برقرار کنند، سهم بیشتری از اقتصاد آینده و زنجیره‌های ارزش جهانی خواهند داشت.

در نهایت، رقابت آینده نه میان کشورهایی که به فناوری دسترسی دارند، بلکه میان کشورهایی خواهد بود که می‌توانند فناوری را سریع‌تر از دیگران به بهره‌وری، ارزش افزوده و مزیت رقابتی تبدیل کنند.