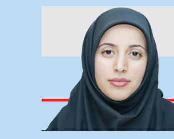
«فرهیختگان» از فرآیند توسعه فناوری‌های هایتک در چین گزارش می‌دهد

۷۷ درصد R&D چین در دستان بخش خصوصی



ندا اظهری
مترجم

چین به‌رغم تمام چالش‌هایی که در سال‌های اخیر با آن مواجه بوده، به‌خوبی توانسته از عهده آنها برآید و با اختصاص طرح‌های مختلف در بازه‌های زمانی مشخص، سرمایه‌گذاری‌های لازم را برای پیشبرد این طرح‌ها تامین کند. چین که چندسالی است رتبه نخست تولید علم دنیا را از آمریکا ربوده، تلاش می‌کند جایگاه خود را تثبیت کند، با دنیا به رقابت بپردازد و در بسیاری از حوزه‌های فناوری و نوآوری پیشگام باشد و بتواند بازار جهانی شماری از نوآوری‌ها و فناوری‌های نوظهور را از آن خود کند. در این گزارش که از سوی statista منتشر شده، به چرایی موفقیت چین در توسعه فناوری‌های هایتک و پیشرفته پرداخته شده است. چین در سال‌های اخیر تغییرات شگرفی را پشت سر گذاشته و درحال‌حاضر چالش‌های دشواری را پیش‌رو دارد. کارشناسان پرسش‌هایی را مطرح می‌کنند که آیا این کشور می‌تواند از دام درآمد متوسط فرار کرده، تغییر در جمعیت‌شناسی را اداره کرده، با غرب رقابت کند و رونق اقتصادی را پس از همه‌گیری کرونا از سر گیرد؟

چین بنابر طرح جوان‌سازی جمعیت، نوآوری‌هایی را به‌عنوان راهکار کلیدی حل این چالش‌ها شناسایی کرده و از ۷ فناوری لبه علم در چهاردهمین طرح پنج‌ساله یاد کرده است. پکن با تلاش برای اتکا به خود در حوزه علم و فناوری دریافته است که کسب‌وکارهای این کشور، موسسات پژوهشی و دانشگاه‌ها به دستیاران دولتی قدرتمندتری نیاز دارند. کسب‌وکارهای خصوصی به‌واسطه انگیزه‌های مالیاتی و سایر اشکال حمایت‌های مالی، اصلی‌ترین محرکان تحقیق و توسعه به‌شمار می‌روند. هوش مصنوعی، محاسبات کوآنتومی و نیمه‌رساناها و مدارهای یکپارچه ازجمله این فناوری‌ها به‌شمار می‌روند. چین از برترین‌های دنیا در صنعت هوش‌مصنوعی است که نقاط قدرتمند آن، در دسترس بودن داده‌ها، استعدادها و بخش فناوری است. هوش‌مصنوعی از قابلیت تقویت رشد اقتصادی در آینده برخوردار است. کاربرد دومنظوره از محاسبات کوآنتومی، آن را به یک فناوری استراتژیک تبدیل کرده است. در این میان چین رقابت تنگاتنگی با آمریکا در این حوزه دارد. محققان دانشگاه علم و فناوری چین موفق به ساخت سریع‌ترین کامپیوتر کوانتومی قابل برنامه‌ریزی شده‌اند که گوگل را هم شکست می‌دهد. در حوزه نیمه‌رساناها مدارهای یکپارچه، فناوری حیاتی برای این کشور و بسیاری از بخش‌ها به‌شمار می‌رود. چین به‌دنبال جداسازی زنجیره تامین خود است اما در این مسیر با موانع بزرگی هم روبه‌روست. دولت این کشور درتلاش است از قهرمانان ملی‌اش در حوزه‌های علم و فناوری حمایت کند. از زمانی که چین وارد روند رشد اقتصادی شد، متوجه اهمیت فناوری و نقش آن در رشد اقتصادی و نیز تاثیر آن بر ایجاد یک اکوسیستم ملی نوآوری شد. با پیروی از راهنمایی‌های عمومی دولت مرکزی، فعالیت‌های دولتی، نیمه‌خصوصی و خصوصی در تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری می‌کنند به این امید که فناوری‌های جدید به‌دست آید. رویکرد نوآوری جدید، مساله‌ای جدید نیست، بلکه ادامه روند سیاستگذاری چین، اصلاح روش‌های آزمایش شده و ادامه روش‌های اخیر است.

چین و ایجاد سیستم ملی نوآوری

چین از ۴۰ سال گذشته پیشرفت‌های قابل توجهی را تجربه کرده است. این کشور بعد از چند دهه بی‌ثباتی سیاسی و سوءمدیریت اقتصادی، دومین توسعه بزرگ اقتصادی را پشت‌سر می‌گذارد. در سال‌های اخیر، مشکلاتی چون پیر شدن جامعه، گرفتار شدن در دام درآمد متوسط، افزایش رقابت با غرب و مواجهه با همه‌گیری کرونا مهم‌ترین چالش‌هایی بوده‌اند که چین با آنها روبه‌رو شده است. درحالی که اینها مسائل پیچیده و چندوجهی هستند، رهبری چین پیشرفت فناوری را به‌عنوان بخشی جدایی‌ناپذیر از راه‌حل‌ها و بخش کلیدی در شکل دادن به آینده کشور شناسایی کرده است. پکن بارها اهداف و آرزوهای خود را برای دو دهه آینده عنوان کرده است. غالب سیاست‌های بیان شده حول محور دو هدف می‌گذرد که شامل مستقل شدن از نظر فنی و برعهده گرفتن رهبری فناوری جهان است. از دهه ۱۹۵۰ دولت چین طرح خود را برای هدایت سیاست‌های اجتماعی و اقتصادی آینده ارائه کرده و این برنامه‌ها در گذر زمان ملموس‌تر و جاه‌طلبانه‌تر شده‌اند. در آخرین تکرار این طرح پنج‌ساله به‌وضوح فناوری‌های اصلی مشخص شده‌اند که به توسعه آینده چین مرتبط هستند. بعد از ایجاد یک سیستم ملی نوآوری، گام نهایی دستیابی به آنهاست.

مواجهه با تله درآمد متوسط و رها شدن با نوآوری

نیروی کار ارزان و کافی یکی از عوامل کلیدی در رشد اقتصاد چین به شمار می‌رود. کمپانی‌های داخلی و خارجی توانستند کالاهای ارزان قیمتی را برای بازارهای خارجی تولید کنند. باوجوداین، همگام با توسعه اقتصادی، افزایش دستمزدها و هزینه‌های بالای آموزش عالی نیز اتفاق می‌افتد. ماحصل این امر، این است که چین امتیاز رقابتی خود را به‌دلیل هزینه‌های بالاتر نیروی کار از دست می‌دهد که به آن گرفتار شدن در تله درآمد متوسط اطلاق می‌شود. سازمان بانک جهانی کشورهای با درآمد متوسط را که سرانه GDP آنها بین ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ دلار است، طبقه‌بندی می‌کند. چین قریب‌به ۲۰ سال است که در این محدوده قرار گرفته است. در مقایسه با آن، کره‌جنوبی ۲۳ و سنگاپور ۲۹ سال جزء کشورهای با درآمد پایین حضور داشته‌اند.

توسعه اقتصادی نوآورانه یکی از راه‌های اصلی و کلیدی برای خارج شدن از تله درآمد پایین به شمار می‌رود. یکی از اصلی‌ترین مشکلاتی که برای کشورهای با درآمد پایین ممکن است رخ دهد، این است که با تمام کشورهایی که هزینه‌های پایین نیروی کار دارند رقابت می‌کنند، اما قادر نیستند با کشورهایی که در فعالیت‌های ارزشمند حضور دارند، رقابت کنند. علاوه‌براین، از چشم‌انداز اقتصادی، فرآیندهای کاری شدید اغلب ارزش بالایی را برای محصول تولید شده اضافه نمی‌کنند. نوآوری راه‌حلی برای هر دو مشکل به شمار می‌رود، به‌طوری که نه‌تنها بهره‌وری را به ازای هر کارگر افزایش می‌دهد، بلکه منجر به تولید کالاهای ارزشمندی می‌شود که صنعت چین را در زنجیره ارزش حرکت می‌دهد.

تغییر روند جمعیت‌شناسی

بهبود شرایط زندگی مادی امید به زندگی را برای جمعیت مردم چین افزایش داده است. باوجوداین در همین بازه زمانی، نرخ تولد به‌طور چشمگیری کاهش داشته که منجر به پیر شدن جمعیت این کشور شده است. طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته، شرایط فعلی طی دهه‌های آتی تشدید خواهد شد. این موضوع دو مساله مهم را برای این کشور به‌دنبال دارد: از یک سو، جمعیت سالمند نیاز به مراقبت بیشتر به‌لحاظ مالی و فیزیکی دارند اما کارگران نیاز دارند به‌طور مداوم برای رشد اقتصاد مورد حمایت قرار گیرند.

خودکار کردن نیروی کار با افزایش ربات‌ها

کارشناسان دلایل مختلفی را برای کاهش جمعیت چین عنوان می‌کنند. نخستین دلیل این است که سیاست تک‌فرزندی در این کشور که حدود ۴۰ سال پیش اجرایی شد، تاثیر درازمدتی روی فرهنگ خانواده‌های چینی به‌جا گذاشته است. حتی بعد از اینکه دولت چین این سیاست را در سال ۲۰۱۶ تغییر داد، بیشتر زوج‌های جوان داشتن یک فرزند را ترجیح دادند. علاوه‌براین بیشتر خانوارها به دو درآمد وابستگی پیدا کردند و همین امر، زمان کافی را به آنها نمی‌داد تا بتوانند از فرزندان بیشتری مراقبت کنند. درنهایت بزرگ کردن کودک در چین فرآیند هزینه‌بری است و در کنار فعالیت‌های خارج از مدرسه، کودکان به درس‌های فوق‌برنامه گران‌قیمت نیاز دارند تا بتوانند با سیستم رقابتی آموزش عالی کشورها رقابت کنند. درنتیجه بسیاری از والدین از داشتن بیش از یک فرزند سرباز می‌زنند. بنابراین از نگاه دولت چین، واضح است که چرا ترویج و پیگیری توسعه فناوری‌های پیشرفته این اندازه اهمیت دارد. شواهد حاکی از آن است که چنانچه چین وضعیت موجود را تغییر ندهد، با دو مساله اجتناب‌ناپذیر روبه‌رو خواهد شد. برای اولین‌بار جامعه به جمعیت در سن کار برای مراقبت از سالمندان نیاز دارد. علاوه‌براین کارخانه‌ها و کسب‌وکارها نیز باید نیروی کار خود را دوباره تقویت کنند. چین بدون افزایش نرخ تولد یا تغییر در سیاست مهاجرت، تنها می‌تواند روی افزایش عامل بهره‌وری نیروی کار سرمایه‌گذاری کند. اینکه آیا تحول صنعتی می‌تواند تاثیر تغییر جغرافیایی را آرام‌تر کند، مساله‌ای است که پیش‌بینی آن دشوار است.

از دست دادن ۲۰ میلیون کارگر

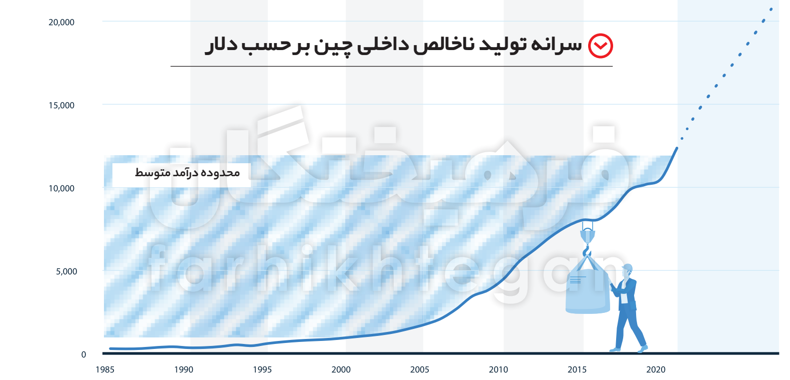
فلسفه سیاسی و ساختار سیستم اقتصادی مستلزم رشد پیاپی است. باوجود این حضور نیروی کار برای کمک به رشد اقتصاد از اهمیت بالایی برخوردار است. اما چین با از دست دادن ۲۰ میلیون کارگر طی ۶ سال، در موقعیت دشواری قرار گرفته است. با درنظر گرفتن چنین پس‌زمینه‌ای، واضح است که چرا توسعه فناوری‌های پیشرفته و هایتک برای رهبری چین در این حوزه حیاتی است. بعد از مثال ژاپن، سیاستگذاران در پکن امیدوارند که توسعه فناورانه بتواند روند کاهش جمعیت را جبران کند. دور شدن از صنایعی که به نیروی کار زیادی نیاز دارند درعین افزایش اتوماسیون و افزایش بهره‌وری عملکردی، قابلیت این را دارند که با افزایش بهره‌وری به ازای هر کارگر، نیروی کار را آزاد کند.

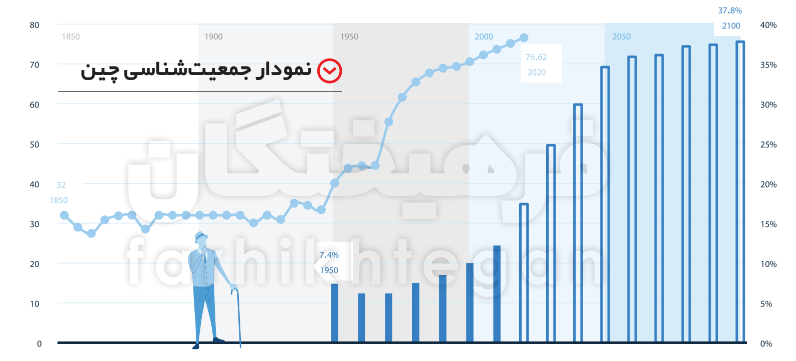
افزایش رقابت با غرب

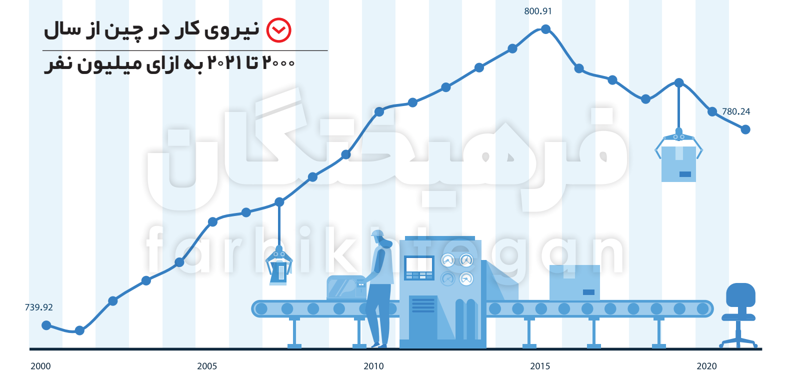
دولت ترامپ در سال‌های گذشته درگیری‌هایی را آغاز کرد که تا مدت‌ها آتش زیر خاکستر بودند. وزارت بازرگانی آمریکا در ماه می ۲۰۱۹، کمپانی هوآوی، تولیدکننده فناوری و گوشی‌های هوشمند چینی را در فهرست موجودیت خود اضافه کرد به این معنا که این کمپانی را هم مشمول تحریم‌های سرسختانه قرار داد. از آن زمان، به جای کشمکش در پشت پرده تجارت قانونی، درگیری آشکار بین چین و غرب شکل گرفت. با وجود این رقابت در حوزه فناوری چیز جدیدی نبود. دو مرکز قدرت جهانی بیش از یک دهه با یکدیگر در نزاع بودند. می‌شد گفت که «دیوار آتش بزرگ» تنها در راستای محافظت از اطلاعات شکل نگرفته بود بلکه تلاش می‌کرد از فعالیت غول‌های اینترنتی خارج از کشور به نفع شرکت‌های داخلی جلوگیری کند. بخش دیگر این نزاع، این است که کمپانی‌های چینی صاحب شرکت‌های هایتک خارجی می‌شدند اما استفاده از فناوری به‌عنوان یک مؤلفه استراتژیک چیز جدیدی نیست. در سال ۲۰۰۷، شرکت خدمات مالی «بین کپیتال» و هوآوی تلاش کردند تا سه شرکت بزرگ آمریکایی ارائه‌دهنده تجهیزات شبکه‌های کامپیوتری را خریداری کنند. در سال ۲۰۱۷، Midea خرید شرکت Kuka، تولیدکننده سیستم‌های رباتیک آلمانی را تکمیل کرد. این سه بخش بالا و پایین‌های زیادی را پشت سر گذاشتند. نخست اینکه از چشم‌انداز اقتصادی، مزیت‌های فناورانه همواره قدرت فروش بهتر را ایجاد کرده و باعث رشد می‌شود. دوم اینکه از نقطه نظر سیاسی داشتن حاشیه فناورانه به یک کور قدرت و نفوذ می‌دهد. سوم اینکه دانش فنی به‌راحتی به قدرت نظامی تبدیل می‌شود. از آنجایی که فناوری در بسیاری از بخش‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است دولت چین تأکید زیادی بر آن دارد بنابراین حفاظت از فناوری‌های موجود اهمیت بالایی دارند اما حتی بیشتر از آن برای توسعه قابلیت‌های آینده به کار می‌آیند. این امر را می‌توان دلیل آن دانست که چرا چهاردهمین دور طرح پنج‌ساله چین روی توسعه فناوری‌های لب مرز اختصاصی متمرکز شده است.

ترسیم خط مشی سیاسی با طرح ۵ساله

هر ساله در اوایل فصل بهار نمایندگانی از چین در دو جلسه در پکن شرکت می‌کنند. کنگره ملی مردمی در سال ۲۰۲۱، چهاردهمین طرح ۵ساله را تصویب کرد که در آن گرایش‌های استراتژیک دومین اقتصاد بزرگ دنیا را در ۵ سال آینده ذکر کرده است. یکی از جنبه‌های کلیدی این طرح افزایش تمرکز چین روی حوزه نوآوری به‌منظور تسهیل توسعه با کیفیت بالاست که در شکل‌گیری ۷ فناوری لب مرز شامل هوش مصنوعی، محاسبات کوآنتومی، مدارهای یکپارچه، علوم مغز و پژوهش‌های مغزی، فناوری‌های ژنتیکی و بیولوژیکی، بهداشت و طب بالینی، فضای عمیق و زمین عمیق و دریای عمیق و اکتشافات قطبی تجمیع شده است. چهاردهمین طرح پنج‌ساله همچنین شامل نقشه راهی برای اقدامات انجام شده است. از همه مهم‌تر، این طرح تأکید می‌کند که این پیشرفت برمبنای هدایت دولت این کشور ایجاد شده است. علاوه بر این، این طرح توسعه شهرها و مناطق کلیدی (پکن، شانگهای و منطقه خلیج بزرگ) را به‌عنوان مراکز نوآوری بین‌المللی مدنظر دارد. درنهایت، دولت چین توسعه منابع انسانی را تسهیل خواهد کرد. طرح پنج‌ساله چین مهم‌ترین دستورالعمل سیاسی دولت این کشور است که خط‌مشی سیاسی این کشور را برای پنج سال آینده ترسیم کرده و طی آن توسعه، تولید و رشد کشور را به‌عنوان اهداف موردنظر مطرح می‌کند. شکل‌گیری این طرح شامل تمام سطوح دولتی می‌شود. درنهایت بزرگ‌ترین بدنه قانونگذار چین که همان کنگره ملی مردمی است روی پیش‌نویس نهایی رأی می‌دهد و شورای دولتی مسئولیت‌ها را برای اجرا به وزرای مرتبط محول می‌کند.

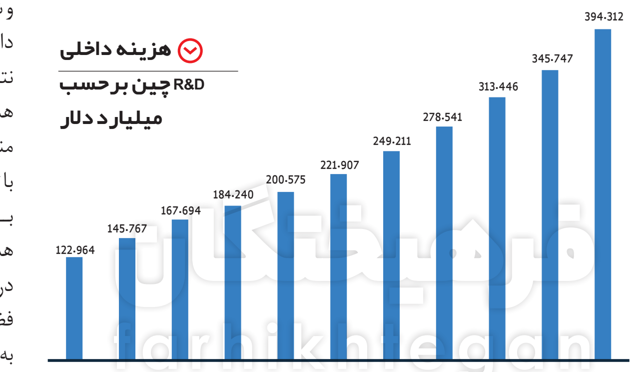






تأمین ۷۷ درصد هزینه‌های R&D توسط بخش خصوصی

دولت چین توسعه فناوری‌های پیشرفته و هایتک را تنها به نیروهای بازار و شرکت‌های خصوصی واگذار نمی‌کند بلکه سیاستمداران این مسیر را هدایت کرده و روی پیشرفت‌ها تمرکز می‌کنند و به سیستم نوآوری اجازه می‌دهند از همین نقطه پیشروی کند. دولت این کشور به‌عنوان یک مکانیسم راهنما دو اقدام اصلی را معرفی کرده است. هزینه‌های تحقیق و توسعه در چین به‌طور مداوم افزایش یافته اما نرخ رشد آن تسریع شده است. طی ۱۰ سال، هزینه‌های داخلی بیش از سه برابر شده به‌طوری که از ۱۲۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۱ به حدود ۳۹۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۱ رسید. این مقادیر بیانگر آن است که هزینه‌های تحقیق و توسعه در سال ۲۰۲۱ پس از انتشار چهاردهمین طرح پنج‌ساله به‌طور قابل توجهی رشد داشته است. بزرگ‌ترین محرک نوآوری بخش خصوصی است به‌طوری که آمار رسمی نشان می‌دهد که همین بخش خصوصی حدود ۷۷ درصد هزینه‌های داخلی R&D را در بر می‌گیرد. مؤسسات و دانشگاه‌های دولتی پژوهشی نیز ۲۳ درصد باقی‌مانده را تشکیل می‌دهند. درنتیجه پکن بر نقش شرکت‌های خصوصی در پیشرفت توسعه فناوری‌های هایتک تأکید می‌کند.



سرمایه‌گذاری ۹۱ میلیارد دلاری برای تحقق اهداف

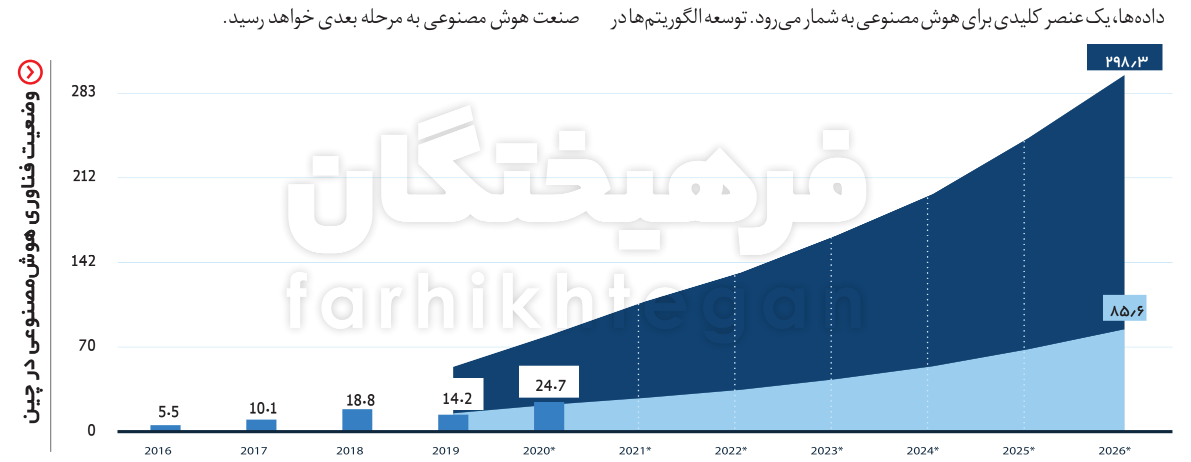
طبق گزارش کار دولت چین در سال ۲۰۲۲، دولت مرکزی چگونگی تسهیل سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوآورانه را از طریق تأمین مالی مستقیم و کاهش مالیات تشریح کرد. براساس این گزارش، حدود ۹۱ میلیارد دلار برای سرمایه‌گذاری‌هایی در نظر گرفته شده است که اهداف ذکرشده در چهاردهمین سال مالی را دنبال می‌کنند. در عین حال دولت تنها به سرمایه‌گذاری مستقیم متکی نیست. شرکت‌ها قرار است سهم قابل‌توجهی از نوآوری را ایجاد کنند به همین دلیل است که می‌توانند واجد شرایط شرایط معاملات مالیاتی ترجیحی باشند. شرکت‌های کوچک و متوسط با فعالیت‌های مبتنی بر فناوری قادرند ۱۰۰ درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه را از درآمد مشمول مالیاتی کسر کنند. علاوه‌براین، شرکت‌های مجهز به فناوری‌های پیشرفته و جدید از کاهش ۱۵ درصدی نرخ مالیات بر درآمد شرکتی به جای ۲۵ درصد استاندارد برخوردار هستند. با وجود این انتقادی که در این میان مطرح می‌شود این است که این رویکرد خاص برای تشویق سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه می‌تواند به تخصیص ناکارآمد منابع منجر شود. در این مورد ارتباط قوی بین دولت و شرکت‌های دولتی و نیز شرکت‌هایی وجود دارد که روابط نزدیک با شرکت‌های دولتی دارند که می‌تواند منجر به وضعیتی می‌شود که در آن سرمایه‌گذاری‌ها به جای اینکه بهترین نتایج بالقوه را به دنبال داشته باشند براساس روابط بین فردی و جاه‌طلبی‌های سیاسی هستند. علاوه‌بر این شرکت‌هایی که واجد شرایط سیاست‌های مالیاتی هستند حتی اگر منجر به پیشرفت‌های فنی واقعی هم نشود می‌توانند سرمایه گذاری‌های خود را مرتبط با تحقیق و توسعه اعلام کنند. از این رو به‌طورکلی سرمایه‌گذاری‌های غیرمولد خطر عدم بازده اقتصادی یا بازده اقتصادی پایین را به همراه دارند. با وجود این دولت چین نه‌تنها هدف خود را برای دستیابی به کارآمدترین دستاوردهای اقتصادی، بلکه پیشروی جهانی در پیشرفت‌های فناوری قرار داده است بنابراین این وضعیت می‌تواند بیشتر شبیه مسابقه فضایی بین آمریکا و شوروی باشد، جایی که دولت آمریکا برای شکست دادن رقیب خود به تحقیق و توسعه بیشتر روی آورد. پولی‌سازی سرمایه‌گذاری‌ها توسط بخش خصوصی و منافع اقتصادی متعاقب آن چند دهه اخیر به وجود آمد.

هوش مصنوعی؛ نقطه قوت چینی‌ها

هوش مصنوعی از سوی دولت چین به‌عنوان یک فناوری لبه مرز تعیین شده و این کشور درحال حاضر در خط مقدم پذیرش هوش مصنوعی به‌عنوان یک فناوری هایتک قرار دارد. طبق شاخص ۲۰۲۲ هوش مصنوعی دانشگاه استنفورد، چین در حوزه هوش مصنوعی بعد از آمریکا در رده دوم دنیا قرار گرفته است. بخش‌های دولتی و خصوصی یک اکوسیستم هوش مصنوعی جامع را شکل داده‌اند که به سمت پیشرفت قابلیت‌های این کشور حرکت می‌کند.

کلیدی‌ترین عناصر هوش مصنوعی

داده‌ها، یک عنصر کلیدی برای هوش مصنوعی به شمار می‌رود. توسعه الگوریتم‌ها در حالی که اهمیتی حیاتی دارند، به‌طور قابل توجهی ارزان‌قیمت‌تر از جمع‌آوری داده تمام می‌شود. باوجود این، از آنجایی که کمپانی‌ها و دولت چین داده‌های زیادی را جمع‌آوری می‌کنند، کمپانی‌ها می‌توانند از آنها برای تغذیه الگوریتم‌های یادگیری ماشینی استفاده کنند. به دلیل قوانین سست حریم خصوصی کشور، تمرین داده مجوز پیدا کرده است. علاوه‌براین، صنعت هوش مصنوعی چین بنیاد زیرساختی برای به کارگیری از حجم داده‌های بزرگ را در اختیار دارد. این کشور دارای بزرگ‌ترین مرکز داده و کامپیوترهای قدرتمند برای ذخیره‌سازی داده و فعال‌سازی الگوریتم‌هاست. اگر پیشرفت‌های چین در محاسبات کوانتومی وارد مرحله‌ای از کاربرد تجاری شود، صنعت هوش مصنوعی به مرحله بعدی خواهد رسید.



اندازه اقتصاد هوش‌مصنوعی در سال ۲۰۱۹ با پیش‌بینی تا سال ۲۰۲۶ (میلیارد دلار)
صنایع با مرکزیت هوش‌مصنوعی
صنایع مبتنی‌بر هوش‌مصنوعی
ارزش سرمایه‌گذاری در صنعت هوش‌مصنوعی چین از سال ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ (میلیارد دلار)

ادامه در صفحه ۵

ادامه از صفحه ۴

اهمیت محاسبات کوانتومی

قدرت محاسباتی، محرکی است که در پس تمام کاربردهای دیجیتال قرار می‌گیرند. تاکنون، کامپیوترها با ماهیت باینری که دارند، محدود بوده‌اند اما محاسبات کوانتومی قرار است این ماهیت را شکسته و سرعت فوق سریعی به انجام محاسبات بدهد. چین به دلیل قابلیت بزرگ این فناوری، یک کامپیوتر کوانتومی عملکردی را با هدف ملی ساخته است. حتی بعد از تقویت هدف چهاردهمین طرح پنج ساله، دولت چین سرمایه‌گذاری‌های چشمگیری انجام داده است. پکن در سال ۲۰۲۱ به تنهایی ۱۰ میلیارد دلار روی آن گروه از موسسات پژوهشی برتر که روی فناوری اطلاعات کوانتومی کار می‌کنند، سرمایه‌گذاری کرد. تنها بیش از ۱۵ میلیارد دلار طی ۵ سال به آزمایشگاه ملی علوم اطلاعات کوانتوم در «هفئی» چین اختصاص پیدا کرد. علاوه‌براین، تسهیلات پژوهشی منابعی را از صندوق سرمایه‌گذاری اینترنتی چین دریافت می‌کنند که پول را از بخش خصوصی و شرکت‌های شبه‌خصوصی که توسط دولت اداره می‌شوند، کسب می‌کنند. کامپیوترهای کوانتومی رویکرد جدیدی را برای محاسبات در پیش گرفته و ظرفیت آن را دارند که محدودیت کامپیوترهای فعلی را تسریع کنند. به جای وابستگی به بیت‌های باینری پردازش محاسبات، کامپیوترهای کوانتومی ابررسانا با ایجاد بیت‌های کوانتومی، محدودیت‌ها را دور می‌زنند. بدون محدودیت‌های باینری، کامپیوترهای کوانتومی قادرند مسائل پیچیده‌تر ریاضیاتی را حل کرده یا محاسبات را بسیار سریع‌تر از کامپیوترهای عادی انجام دهند. باوجود این، فعال کردن یک کامپیوتر کوانتومی کار دشواری است. حفظ حالت کوانتومی بین ۱ و صفر کار دشواری است. این حالت‌ها به گرما، میدان‌های الکترومغناطیسی و مولکول‌های هوا حساس بوده و محافظت از آنها آسان نیست.

توسعه محاسبات کوانتومی برای چین به دلیل کاربرد دوگانه‌ای که دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است. محاسبات کوانتومی قادرند در هر دو دامنه فناوری‌های نظامی و غیرنظامی پیشرفت کنند. قدرت‌های کامپیوتری سریع‌تر به‌طور گسترده مهارت‌های الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی را تقویت می‌کنند. علاوه‌براین، کامپیوترهای نسل آینده می‌توانند مواد و موادشیمیایی جدیدی را تولید کنند که راه را برای طراحی تراشه‌های موثرتر یا داروسازی‌های جدید هموار می‌کند. باوجوداین، قدرت محاسباتی مشابه نیز برای مصارف نظامی مفیدتر هستند. در حالی که شبکه کامپیوترهای کوانتومی در زمان مشابه به کانال‌های ارتباطی ایمنی را فراهم می‌کنند، قادر خواهند بود تقریبا تمام شبکه‌های ارتباطی رمزگذاری‌شده فعلی را رمزگشایی کنند. علاوه‌براین، قدرت محاسباتی سریع نیز می‌توانند به توسعه تسلیحات جدید و قوی‌تر کمک کنند. در هر صورت، محاسبات کوانتومی برتری قاطعی به چین نسبت به رقبای جهانی خود می‌دهد.

سیستم جامع نوآوری ملی موسسات دولتی و خصوصی در پشت پرده توسعه کوانتومی قرار دارد

- **دولتی:** دانشگاه علم و فناوری چین، تجربیات کوانتومی در مقیاس فضایی، بدنه ارتباط کوانتومی ایمن پکن شانگهای
- **شریک خصولتی:** آزمایشگاه محاسبات کوانتومی علی بابا (ساخته شده در سال ۲۰۱۵) تحت چتر حمایتی آکادمی علوم چین
- **بخش خصوصی:** علی بابا، بایدو، و تنسنت روی محاسبات کوانتومی کار می‌کنند. شرکت‌های تخصصی و ویژه مانند Origin Quantum و QuantumCTek

تلاش چین برای دستیابی به استقلال در تولید نیمه‌رساناها

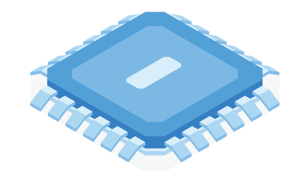
نیمه‌رساناها بدنه قدرتمند فناوری نوین هستند؛ چراکه تقریبا در هر وسیله الکترونیکی از یخچال گرفته تا موشک‌های هدایت لیزری قابل استفاده است. به همین دلیل، مدارهای یکپارچه یکی از منابع مهم استراتژیک بوده و یکی از هفت حوزه فناوری را در چهاردهمین طرح پنج‌ساله ایجاد می‌کند. حتی مواد خام نیمه‌رساناها فراوان و فرآیند ساخت آنها پیچیده است. مواد نیمه‌رسانا در مدارهای یکپارچه از ماسه کوآرتز ساخته شده است. باوجود این، هرچه طراحی و قابلیت‌های تراشه پیچیده‌تر باشد، فرآیند ساخت چالش‌برانگیزتر است. علاوه‌برآن، زنجیره تامین بسیار به هم پیوسته و بین‌المللی است؛ ASML یکی از تولیدکنندگان اصلی تجهیزات است که در هلند واقع شده است؛ کمپانی‌های آمریکایی دارای مالکیت معنوی و قابلیت‌های طراحی تراشه‌های متعددی هستند و پیچیده‌ترین امکانات تولید در تایوان واقع شده است. درمجموع، زنجیره تولید نیمه‌رسانا به ۳۰۰ ورودی مختلف متکی است.

در حالی که این زنجیره‌های تامین به‌هم پیوسته نمونه‌ای عالی از همکاری‌های بین‌المللی هستند اما همان‌طور که کمبود تراشه‌های جهانی به دنبال قرنطینه‌های کرونا بر آن تاکید دارد، بسیار ضعیف هستند. در نتیجه، خطرات استراتژیک، سیاسی و امنیتی برای کشورها به همراه دارند. بنابراین، برتری چین در تولید این نیمه‌رساناها گزینه دیگری جز تلاش برای ایجاد صنعت مستقل و داخلی نیمه رساناها باقی نمی‌گذارد. زمانی که زنجیره تامین نیمه رساناها از صنایع دیگر جدا می‌شود، مزیت‌هایی را برای چین به همراه دارد. اول اینکه این کشور را از شوک‌های خارجی مستقل می‌کند که به‌ویژه در شرایط فعلی تنش‌های فزاینده با آمریکا از اهمیت بالایی برخوردار است.

مرحله تولیدی	شرکت	اندازه (درآمد سالانه برحسب میلیارد یوان)	اصلی‌ترین رقبای بین‌المللی
تجهیز ماشین‌آلات نیمه‌رسانا (SME)	SMEE	--	ASML، KLA، مواد کاربردی، تحقیقات لازم
	AMEC	3.11	
	Naura	9.68	
طراحی و فروش و برون‌سپاری نیمه‌رساناها	HiSilicon*	10.8	Qualcomm، MediaTek، اینتل، سامسونگ، SK Hynix، Micron Technology، Broadcom
	ZTE Microelectronics	9.73	
	Goodix	5.71	
	Maxscend	4.63	
تولید و ریخته‌گری	SMIC	35	TSMC، سامسونگ، شرکت متحد Microelectronics، GlobalFoundries
	YMTC	--	
	XMC/CXMT*	15	
	Hua Hong*	11.52	
	Silan	7.19	

چشم‌انداز برترین شرکت‌های چینی تولیدکننده نیمه‌رساناها

تکیه به فناوری‌های خارجی



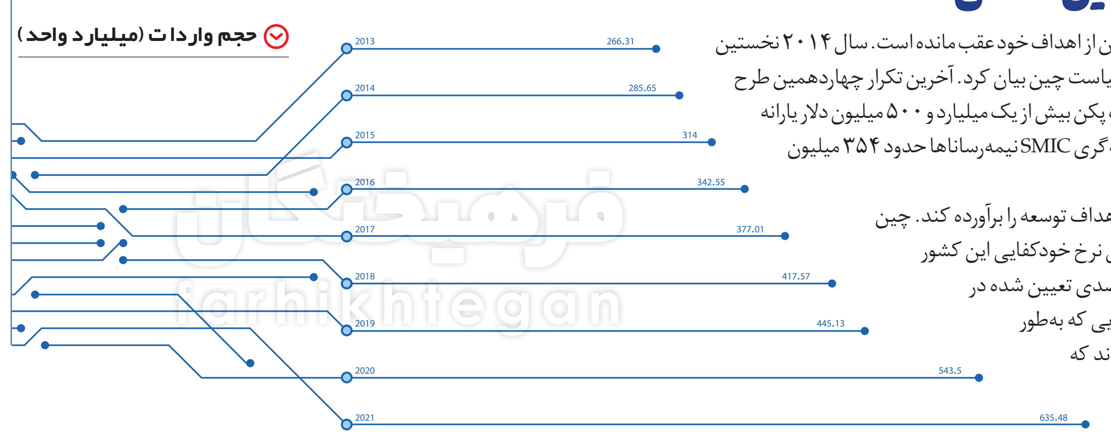
صنعت نیمه‌رساناها در چین هنوز به دانش و فناوری خارجی وابسته است. یکی از نگرانی‌های اصلی، تجهیزات تولید نیمه‌رسانا و اتوماسیون طراحی الکترونیکی است. توسعه ماشین‌های لیتوگرافی که الگوهای مدار را روی برش‌های نازک کریستال نیمه‌هادی حک می‌کنند، بسیار سخت است. ASML در هلند یکی از بهترین تولیدکنندگان تجهیزات نیمه‌رسانا در دنیا محسوب می‌شود. این کمپانی همچنین توسعه فناوری لیتوگرافی EUV را هدایت می‌کند که به شرکت‌ها اجازه می‌دهد تا ویژگی‌های کوچک‌تری را روی تراشه‌ها چاپ کنند. بدون این ماشین‌آلات پیشرفته، شرکت‌های چینی تولیدکننده نیمه‌رسانا نمی‌توانند آخرین نسل تراشه‌های کامپیوتری را تولید کنند. هوآوی روی توسعه ماشین‌های پیشرفته لیتوگرافی کار کرده و نتایج قابل توجهی را به دست آورده است. در دسامبر ۲۰۲۲، این غول فناوری، ویدئویی را منتشر کرد که مدعی دستیابی به موفقیت‌های بزرگ در عرصه لیتوگرافی EUV است. علاوه‌براین، هوآوی درخواست‌هایی را برای ثبت اختراع فرآیند لیتوگرافی EUV کرده است. اگر این شرکت به توانایی در این زمینه دست یابد، به‌طور قابل توجهی پویایی در صنعت جهانی نیمه‌رساناها را دگرگون خواهد کرد؛ چراکه به موقعیت ASML به‌عنوان تنها سازنده تجهیزات لیتوگرافی EUV پایان می‌دهد.

علاوه‌براین، صنعت نیمه‌رسانای چین تمام تنش‌های تجاری آمریکا و چین را احساس می‌کند. آمریکا شرکت‌های خود را در ارائه چیپست‌های پیشرفته به شرکت‌های چینی و دسترسی چین به تجهیزات نیمه‌رسانای ASML را محدود می‌کند. محدودیت‌های تجاری در مورد نیمه‌رساناها پیش‌تر عملکرد ZTE و هوآوی را مهار کرده است. درنتیجه، تا زمانی که چین به خودکفایی نرسیده، این کشور به واردات تراشه‌های با فناوری پیشرفته از تایوان و کره جنوبی وابسته است که نقطه ضعف بزرگی برای دولت این کشور به شمار می‌رود.

ایجاد زنجیره تامین داخلی

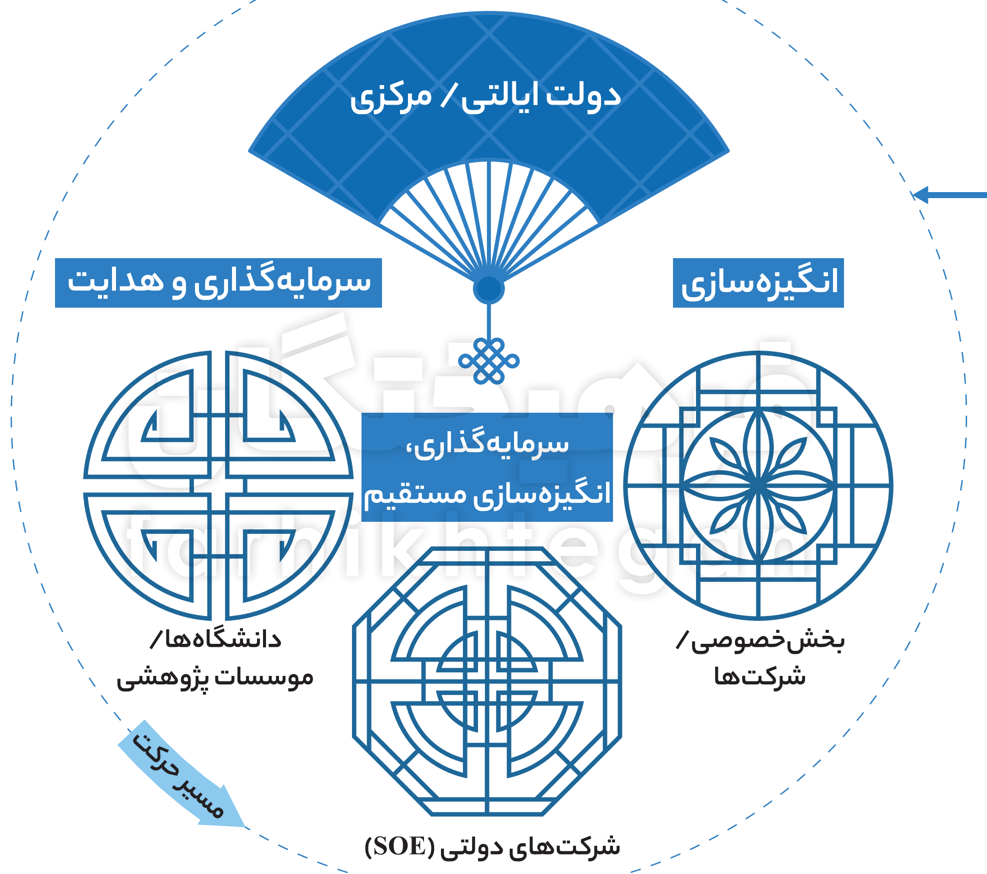
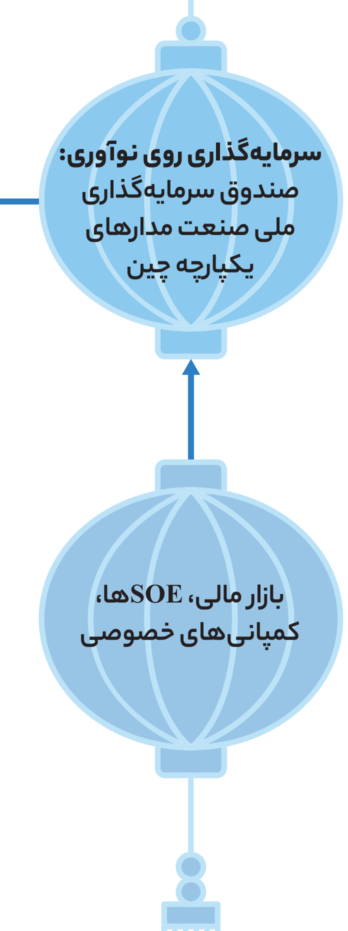
دولت چین منابع بسیار عظیمی را وارد توسعه نیمه‌رساناها کرده اما تاکنون از اهداف خود عقب مانده است. سال ۲۰۱۴ نخستین سالی بود که پکن آرمان‌های خود را در صنعت نیمه‌رساناها طبق سیاست چین بیان کرد. آخرین تکرار چهاردهمین طرح پنج ساله بر این تعهدات تاکید بیشتری دارد. تنها در سال ۲۰۲۰، پکن بیش از یک میلیارد و ۵۰۰ میلیون دلار یارانه در ۱۱۳ شرکت تعیین شده سرمایه‌گذاری کرد. در میان آنها، ریخته‌گری SMIC نیمه‌رساناها حدود ۳۵۴ میلیون دلار را به خود اختصاص داد.

به‌رغم تلاش‌های زیادی که انجام شده، صنعت نیمه‌رساناها نتوانسته اهداف توسعه را برآورده کند. چین در سال ۲۰۲۰، ۵۴۳ میلیارد مدار یکپارچه وارد کرد که به‌طور تقریبی نرخ خودکفایی این کشور را به ۱۶ درصد رساند اما همین مقدار هم فاصله زیادی با هدف ۴۰ درصدی تعیین شده در برنامه سیاست صنعتی ساخت چین ۲۰۲۵ دارد. علاوه‌براین، تراشه‌هایی که به‌طور وطنی ساخته شده‌اند هنوز به پیچیدگی تراشه‌های وارداتی نرسیده‌اند که برای ساخت فناوری‌های جدید الزامی هستند.



کمپین‌ها و سیاست‌های اصلی

- **۲۰۰۶ — طرح ملی درازمدت و میان‌مدت برای توسعه علم و فناوری:** چین را تا سال ۲۰۲۰ به کشوری حول محور نوآوری و قدرت علمی دنیا تبدیل می‌کند.
- **۲۰۱۴ — صندوق سرمایه‌گذاری ملی صنعت مدارهای یکپارچه چین (بودجه کلان):** سرمایه‌گذاری برای توسعه فناوری‌های هایتک و پیشرفته را تامین می‌کند.
- **۲۰۱۵ — سیزدهمین طرح پنج ساله:** نتایج مهمی را در توسعه نوآوری به دست آورده و نشان می‌دهد که بهره‌وری کل عوامل به‌طور چشمگیری بهبود یافته است.
- **۲۰۱۵ — ساخت چین ۲۰۲۵:** زنجیره ارزش را به سمت بالا حرکت دهید، محصولات فناورانه پیشرفته بیشتری تولید کرده و صنعت چین را مستقل‌تر کنید.
- **۲۰۱۵ — جاده ابریشم دیجیتال:** بازوی دیجیتال طرح ابتکاری «یک کمربند یک جاده»، این طرح کشورها را وارد حوزه نفوذ دیجیتال چین می‌کند.
- **۲۰۱۶ — راهبردی برای توسعه نوآوری چین:** متعهد می‌شود که چین تا سال ۲۰۲۰ تبدیل به کشوری نوآور و پیشگام بین‌المللی در حوزه نوآوری تا سال ۲۰۳۰ شود.
- **۲۰۱۵ — ۲۰۱۵ اینترنت پلاس:** کاربرد فناوری اینترنت در صنایع معمول
- **۲۰۲۰ — هشت صنعت استراتژیک در حال ظهور:** هشت صنعت استراتژیک را برای تسهیل توسعه اقتصادی کیفیت بالا تقویت می‌کند.
- **۲۰۲۱ — چهاردهمین طرح پنج ساله:** فناوری‌های لب مرز را کدگذاری کرده و روی تلاش برای توسعه بیشتر تمرکز می‌کند.

سیستم نوآوری چین در بخش دولتی و خصوصی

دولت چین طی چند دهه یک سیستم نوآوری ایجاد کرده است که با تلاش‌های این کشور برای ترکیب آرمان‌های سوسیالیستی و ساختارهای سرمایه‌داری هماهنگ است. تعامل بین بنگاه‌های دولتی، نیمه‌خصوصی و خصوصی نمونه بارز آن است. کل این سیستم از بالا به پایین کار می‌کند. این اهداف با ایده‌های حزب کمونیست حاکم چین و رئیس‌جمهور «شی جین پینگ» مطابقت دارند. باوجوداین، دولت چین یک گام فراتر رفته و به‌طور فعال تلاش‌های نوآورانه را شکل می‌دهد. به‌عنوان مثال، کمپین‌های سیاسی (مانند چهاردهمین طرح پنج ساله ساخت چین ۲۰۲۵) بیانگر فناوری‌های خاص از علایق ملی بوده و اهداف خاصی را مدنظر قرار می‌دهند. این توسعه واقعی در موسسات پژوهشی، شرکت‌های دولتی (SOE) و کمپانی‌های خصوصی رخ می‌دهد. دانشگاه‌ها و تجهیزات پژوهشی بودجه‌های دولتی را برای پژوهش دریافت می‌کنند. کمپانی‌های خصوصی اغلب با ابزارهای مالی انگیزه لازم را به دست می‌آورند. سیاست‌هایی چون امتیازهای مالیاتی، مکانیسم‌هایی را برای تسهیل سرمایه‌گذاری‌های خصوصی پیش می‌برند. درنهایت، عملکرد شرکت‌های دولتی (SOE) در فرآیندی بین بخش‌های دولتی و خصوصی قرار می‌گیرد، درحالی که برخی SOEها تا حدی خصوصی هستند و رابطه نزدیکی با دولت دارند. درنتیجه، قادرند از معاملات مالی مفید در ورای انگیزه‌های مالیاتی مانند وام‌های دولتی ارزان‌قیمت بهره‌مند شوند. از دیگر نمونه‌های مهم تامین بودجه بخش نوآوری می‌توان به «بودجه کلان» اشاره کرد. نام رسمی آن «صندوق سرمایه‌گذاری صنعت ملی مدارهای یکپارچه چین» است که از آن برای سرمایه‌گذاری در تلاش ملی برای ایجاد استقلال بیشتر زنجیره تامین داخلی نیمه‌رساناها استفاده می‌شود. این صندوق سرمایه‌گذاری‌ها را از بازار سرمایه و نیز شرکت‌های دولتی (SOE) افزایش داده و مبالغی را در اختیار فعالان سیستم نوآوری قرار می‌دهد. این بیانگر ماهیت درهم تنیده شده فعالان در حوزه سیستم نوآوری را نشان می‌دهد.