

عصر طلایی جدید ماه: رقابت فضایی با محوریت علم و ژئوپلیتیک آغاز شد

پژوهش در فضا فقط به کشف مربوط نمی‌شود. این کار یک دارایی راهبردی و نوعی قدرت نرم است که شریکان را جذب می‌کند و از تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد پشتیبانی می‌کند و کاوش فضایی اکنون به رهبری علمی نیاز دارد پیش از آنکه دیر شود.

به گزارش پایگاه خبری اکونوآوری، در دو سال گذشته مجموعه‌ای از نقطه‌عطف‌ها در کاوش ماه رخ داده است. در فوریه ۲۰۲۴، یک فروودگر تجاری که توسط شرکت Intuitive Machines در هیوستون تگزاس ساخته شده بود، کاری انجام داد که پیش از آن تنها ابرقدرت‌ها به آن دست یافته بودند: فرود بر سطح ماه و تحویل محموله‌های علمی ناسا. چهار ماه بعد، «چانگ‌ای-۶» چین نخستین نمونه‌ها را از نیمه پنهان ماه به زمین بازگرداند؛ جایی که چین قصد دارد با همکاری کشورهای آفریقایی یک رصدخانه رادیویی در آن بسازد.

به نقل از نیچر، چند سال آینده می‌تواند به همین اندازه مهم باشد. در ایالات متحده، رئیس‌جمهور دونالد ترامپ برای سال ۲۰۲۶ مبلغ ۷ میلیارد دلار برای کاوش ماه پیشنهاد کرده است. اولویت‌های دولت او در سال ۲۰۲۷ فراتر می‌رود و خواستار سرمایه‌گذاری‌هایی است که «توانایی‌های جدید مأموریت‌ها را آزاد کند، کشفیات را ممکن و اهداف کاوش را محقق کند که از جمله آنها انرژی هسته‌ای، استفاده از منابع محلی و زیست‌فناوری در فضا هستند.

اکنون دورانی نو برای کاوش فضایی آغاز شده است؛ دورانی که ترکیبی از ژئوپلیتیک، تجارت بالقوه و کشف علمی آن را پیش می‌برد. استقرار انسان‌ها بر ماه، مریخ و فراتر از آن دیگر فقط یک آرزو نیست؛ بلکه همین امروز راهبردها، بازارها و مأموریت‌ها را شکل می‌دهد.

توافقی‌نامه‌های آرتیمیس، مجموعه‌ای مشترک از اصول برای بهبود حکمرانی بر کاوش مدنی و استفاده از فضای ماورای جو تا اکتبر امسال به امضای ۵۹ کشور رسیده است. با این حال، علم در حال عقب‌ماندن است. اطمینان از اینکه جاه‌طلبی‌های فضایی همچنان با محوریت علم پیش بروند، ضروری است تا کاوش بتواند به دانش و نوآوری منجر شود.

در ادامه این استدلال را خواهیم دید که پژوهش علمی باید راهنمای موج بعدی کاوش فضایی باشد؛ و پنج اولویت برای عمل ارائه می‌شود. آنچه در چند سال آینده رخ می‌دهد، آینده ما را تعریف خواهد کرد.

علم را در مشارکت‌ها نهادینه کنید

در فضا، علم قطب‌نمایی است که تضمین می‌کند کاوش به ارزشی پایدار تبدیل شود. نخستین گام این است که مشارکت‌هایی میان دانشگاه، دولت، صنعت و نهادهای خیریه، با تمرکز بر کاوش فضایی شکل بگیرد. مشارکت‌هایی که علم در جایگاه هدایت آن‌ها باشد. این مشارکت‌ها می‌توانند حول یک هدف مشترک قرار بگیرند: مأموریت‌هایی که هم دانش تولید کنند و هم پیشرفت علمی و فنی، همه از آن سود می‌برند. سوابق نشان می‌دهد هرگاه علم رهبری کند، بازدهی چند برابر می‌شود: نوآوری شکوفا می‌شود؛ اقتصادها رشد می‌کنند و راهبردهای ملی و مشارکت‌های بین‌المللی قوی‌تر شده و پیشرفت فناوری را به‌پیش می‌برند. برای مثال، «اسکای‌لب» که نخستین ایستگاه فضایی ایالات متحده بود، انرژی خورشیدی برای پروازهای انسانی در فضا را ارتقاء داد. «تلسکوپ فضایی هابل» شامل قطعات مازولاری است که قابل تعویض یا ارتقاء هستند و نشان می‌دهد سخت‌افزار مازولار چگونه امکان تعمیر و نگهداری در فضا را فراهم می‌کند. «ایستگاه فضایی بین‌المللی» تلاشی مشترک میان کشورهای همچون آمریکا و روسیه است که نشان می‌دهد همکاری‌های علمی چگونه برای دیپلماسی ارزشمندند.

بسیاری از آژانس‌های فضایی ملی و به طور فزاینده بازیگران خصوصی در همکاری با آن‌ها در حال برنامه‌ریزی برای ایجاد حضور پایدار انسانی بر ماه و تعیین مسیر مریخ هستند. این عصر «ماه-به-مریخ» باید سنت دیپلماسی علمی گذشته را دنبال کند. همچنین باید تضمین کند که بازده علمی یک اصل طراحی اصلی باشد: یعنی از آغاز، مأموریت‌ها، محموله‌ها و زیرساخت‌ها با محوریت علم شکل گیرند، نه آنکه علم یک مرحله اضافه در پایان باشد.

اگر دانشمندان در ابتدا با اولویت‌های روشن و ابزارهای آماده مأموریت وارد شوند، صنعت می‌تواند آن‌ها را ادغام کند، دولت‌ها می‌توانند سیاست‌گذاری را هم‌راستا کنند و نهادهای خیریه می‌توانند شکاف‌های مالی را پر کنند.

برای مثال، ابتکار CLPS ناسا که سامانه‌ای برای خدمات تحویل محموله‌های علمی و فناوری به ماه است، این مدل جدید را به‌خوبی نشان می‌دهد. اما زمان‌بندی تجاری و ساختار قراردادهای آن اغلب پارامترهای فنی را پیش از آنکه گروه‌های علمی بتوانند بر عناصر کلیدی مانند دسترسی به محل فرود، کنترل آلودگی و استانداردهای اتصال تأثیر بگذارند، تثبیت می‌کند. اگر این برنامه و تلاش‌های مشابه، مانند فروودگر آژانس فضایی اروپا یا مأموریت‌های چاندریان هند قرار است پتانسیل خود را محقق کنند، رهبری علمی باید زودتر در مسیر تصمیم‌گیری وارد شود: یعنی پیش از امضای قراردادهای، در شکل‌دهی به انتخاب محل فرود، روش‌های کنترل آلودگی و سیاست‌های داده نقش داشته باشد.

نهادهای خیریه می‌توانند با تامین مالی پروژه‌های پرریسک و پربازده، پشتیبانی از چالش‌های داده باز و ایجاد برنامه‌های بورسیه که دانشمندان را به محموله‌های تجاری متصل می‌کند، کمک کنند.

صنعت نیز سود می‌برد. هنگامی که نیازهای علمی، استانداردها را شکل می‌دهد مانند کاهش آلودگی بخار موتور برای جلوگیری از آلوده‌سازی نمونه‌ها یا کمینه‌سازی نویز الکترونیکی برای فراهم‌کردن شرایط رصد رادیویی، سامانه‌های حاصل قوی‌تر، سازگارتر و قابل‌صادرتر می‌شوند. نخستین شرکت‌هایی که با چنین استانداردهایی هم‌سو شوند، زنجیره تأمین جهانی توسعه فضایی را شکل خواهند داد.

وقتی الزامات علمی زیرساخت‌ها را شکل می‌دهند، قابلیت اعتماد و کارکرد آن‌ها بهبود می‌یابد. یک فروودگر یا شبکه رله که مطابق تحمل‌های علمی ساخته شده باشد، بهتر از نمونه‌ای عمل خواهد کرد که تنها برای هزینه یا سرعت بهینه‌سازی شده است. در نتیجه، علم یک محدودیت نیست؛ بلکه مزیتی رقابتی است.

سیاست‌گذاری می‌تواند این انگیزه‌ها را تثبیت کند. برای مأموریت‌های قمری و مریخی با بودجه عمومی، آژانس‌های فضایی باید سهمی از ظرفیت محموله مثلاً ۲۰ درصد یا بیشتر را برای پروژه‌های علمی رقابتی اختصاص دهند و الزام کنند که داده‌ها حداکثر ظرف ۶ ماه از فرود، عمومی شوند. همچنین باید پاداش‌ها را به معیارهای «آمادگی علمی» مانند پایین بودن نویز رادیویی گره بزنند، نه فقط به تحویل محموله. در سطح بین‌المللی نیز چارچوب‌هایی مانند توافق‌نامه‌های آرتیمیس باید ایجاد شود تا استانداردهای انتشار، جهت‌گیری ماهواره‌های رله و قواعد حفاظت از سایت‌ها را هماهنگ کند.

اهمیت ماه را بشناسید

ماه فقط سکویی برای رفتن به مریخ و فراتر از آن نیست، بلکه مقصدی است که به‌طور ویژه برای پژوهش علمی مناسب است. برخلاف زمین، ماه جو، آب مایع یا تکتونیک صفحه‌ای ندارد تا تاریخچه‌اش را پاک کند. سطح آن یک آرشیو طبیعی از حدود ۴/۵ میلیارد سال تکامل سامانه خورشیدی است: از شکل‌گیری سیارات و بمباران شهاب‌سنگی گرفته تا تابش‌های خورشیدی و کیهانی که در خاک یا ریگ‌ماسه ماه حفظ شده‌اند.

دهانه‌های قطبی ممکن است حاوی یخ آب و ترکیبات آلی باشند که توسط دنباله‌دارهای باستانی به جا مانده‌اند. چنین شواهدی می‌توانند نشان دهند که ترکیبات فرار زمین، مانند آب، از کجا آمده‌اند؛ آیا پیش‌سازهای حیات رایج بوده‌اند و چگونه محیط‌های قابل سکونت شکل گرفته‌اند. نیمه پنهان ماه تنها نقطه در سامانه داخلی خورشیدی است که به‌طور دائم از سیگنال‌های رادیویی زمین محافظت می‌شود و آن را به مکان منحصربه‌فردی برای مطالعه جهان دور و جستجوی حیات فرازمینی تبدیل می‌کند.

سطح ماه می‌تواند میزبان رصدخانه‌هایی باشد که در هیچ جای دیگر امکان‌پذیر نیستند.

با این حال، این فرصت‌ها آسیب‌پذیر هستند. خروجی موشک، گرد و غبار و حفاری می‌تواند ذخایر دست‌نخورده قطب‌های ماه را آلوده کند. ماهواره‌های مخابراتی در مدار ماه ممکن است سکوت رادیویی نیمه پنهان را از بین ببرند. اگر دانشمندان فقط منتظر نوبت خود باشند، این سایت‌های حیاتی برای همیشه تخریب می‌شوند.

علاوه بر این، آنچه اکنون بر ماه ساخته می‌شود، تعیین می‌کند که در سایر نقاط فضا چه چیزی ساخته خواهد شد. انتخاب‌ها درباره مخابرات، انرژی و زیرساخت‌های جابجایی، مشخص می‌کند چه علم و چه مأموریت‌هایی در سطح ماه و فراتر از آن، تا مریخ و پلتفرم‌های مداری دوردست، امکان‌پذیر خواهند بود.

پنجره اقدام همین حالا است: سخت‌افزارها در حال پروازند، مکان‌ها انتخاب می‌شوند و هنجارها در قراردادها و عملیات تثبیت می‌شوند. دانشمندان باید در چند سال آینده به‌طور فشرده ماه را مطالعه کنند، پیش از آنکه دیر شود.

حمل محموله‌هایی که هم‌اکنون آماده‌اند

با وجود سرمایه‌گذاری فزاینده در کاوش فضایی، بسیاری از فرصت‌های پژوهشی هنوز استفاده نشده‌اند، زیرا ابزارها در چرخه‌های بوروکراتیک قدیمی گیر کرده‌اند. انتظار می‌رود بودجه علمی ناسا در سال‌های ۲۰۲۶ و ۲۰۲۷ به شدت کاهش یابد، زیرا منابع فدرال به کاوش انسانی منتقل می‌شوند. بسیاری از مأموریت‌های علمی زمان‌بر هستند و پرتاب آن‌ها ممکن است دهه‌ها طول بکشد که فاصله‌ای بسیار زیاد با سرعت و دگرگونی بخش تجاری است.

راه حل ساده است. همین حالا محموله‌های علمی پیشگام را پرتاب کنید. سریع تکرار کنید، سریع یاد بگیرید و آنچه کارآمد است را گسترش دهید. فرصت‌های تحویل محموله را به صورت برنامه جاری و هماهنگ با پنجره‌های پروازی تأییدشده اعلام کنید تا دانشمندان بتوانند بر اساس یک برنامه قابل پیش‌بینی برنامه‌ریزی کنند و درخواست دهند.

قطعات تجاری آماده (Commercial off-the-shelf) امکان ساخت و پرتاب مأموریت‌های پژوهشی عملی را سریع و با کسری از هزینه نمونه‌های سفارشی فراهم می‌کنند.

چالش، هماهنگی است. دولت‌ها باید محموله‌های آماده پرواز را با تسریع کانال‌های مالی و فرایندهای بررسی در اولویت قرار دهند. بودجه سالانه‌ای حداقل یک میلیارد دلار در آمریکا، با سرعت پرتاب‌های تجاری بین‌المللی کنونی هماهنگ خواهد بود.

ساخت زیرساخت مطابق نیازهای علمی

در فضا، زیرساخت همان سیاست است. انتخاب اینکه کجا و چگونه بسازیم، نه تنها مشخص می‌کند چه علمی ممکن است، بلکه تعیین می‌کند چه کسانی می‌توانند به آن دسترسی داشته باشند.

انرژی الکتریکی نمونه‌ای برجسته است. ایالات متحده علاقه‌مندی خود را به استقرار یک راکتور هسته‌ای ۱۰۰ کیلوواتی بر ماه تا سال ۲۰۳۰ اعلام کرده است که نمایشی است که می‌تواند سیستم‌های مشابه برای سکونتگاه‌های مریخ و مأموریت‌های آینده را راهنمایی کند. سیستم‌های انرژی که می‌توانند شب‌های طولانی و خسوف‌ها را تحمل کنند، ظرفیت رصدخانه‌ها، آزمایشگاه‌ها و لینک‌های داده را در ماه، مریخ و فراتر از آن متحول می‌کنند.

با این حال، اینکه آیا این انرژی به علم کمک می‌کند یا خیر، وابسته به تصمیمات فعلی است. چگونه انرژی بین سکونتگاه‌ها و ابزارهای علمی تخصیص یابد، آیا رابطه‌ها و کانکتورها استاندارد شده‌اند و زمان و نگهداری خدمه چگونه اولویت‌بندی شود. بدون مشارکت علمی، زیرساخت حاصل تنها برای بقا بهینه می‌شود، نه کشف علمی.

مخابرات نیز ریسک‌های مشابهی دارد. معماری مخابراتی مأموریت‌های قمری کنونی به شبکه‌های محدود ماهواره رله و فرستنده‌های سطحی متکی است که خطر قطع سیگنال، تداخل و فاصله‌های پوشش را افزایش می‌دهد به‌ویژه برای مأموریت‌های نیمه دور که خط دید مستقیم به زمین ندارند. بنابراین مدیریت طیف باید به عنوان یک دارایی علمی مشترک در نظر گرفته شود.

تصمیمات مربوط به حرکت و انتخاب محل فرود نیز پیامدهای بلندمدت دارد. برنامه‌های کنونی ماه عمدتاً روی لجستیک و استخراج منابع تمرکز دارند، اما کاوش دهانه‌های سایه‌دار و مناطق قطبی با ارزش‌ترین سایت‌های علمی هستند که نیازمند ربات‌های چندکاره و دسترسی استاندارد است. انتخابی که به نظر کوچک می‌رسد، ممکن است منجر به از دست رفتن فرصت‌های علمی شود. یک منطقه فرود راحت ممکن است لبه یک دهانه سایه‌دار را اشغال کند؛ انبار ربات‌ها ممکن است روی زمین‌های غنی قرار گیرد؛ یا سکونتگاه می‌تواند مانع نصب لرزه‌سنج یا مطالعه ریگ‌ماسه شود.

حفاظت از رهبری علمی

علم تنها خروجی کاوش نیست. این یک دارایی راهبردی است. قدرت نرمی که شریکان را جذب می‌کند؛ سازنده ائتلاف‌ها که پل می‌سازد و پایه‌ای برای تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر شواهد و مشروع است که دوام می‌آورد. بنابراین، حفاظت از علم یعنی تعریف اینکه چه نوع تمدنی فضایی می‌خواهیم بسازیم.

ماه آخرین عرصه پس از مناطقی مانند دریا‌های آزاد، اعماق اقیانوس و مدار پایین زمین است که زمانی با هنجارهای علمی اداره می‌شد و اکنون با سیاسی شدن، نظامی‌سازی و تجاری‌سازی مواجه است. رقابت ژئوپلیتیک شدید است. معاهده فضایی ۱۹۶۷ حاکمیت را ممنوع می‌کند، اما شکاف‌هایی درباره کنترل عملیاتی باقی می‌گذارد و فرصتی را برای تسلط «اولین گروه رسیده» به مناطق ارزشمند مانند قطب جنوب ماه فراهم می‌کند.

رهبری نیازمند حضور فعال است. در دو سال گذشته، چین پیشرفت‌هایی نسبت به آمریکا، ژاپن و اروپا داشته و در حال شکل‌دهی به هنجارهای علمی است. نمونه‌ها و تحلیل‌های مأموریت چانگ‌ای-۶ زمان‌بندی حوضه‌های قمری را دقیق‌تر کرده و داده‌هایی درباره آتشفشان‌های ماه ارائه کرده است. به زودی، چانگ‌ای-۷ ترکیبات فرار قطبی را بررسی خواهد کرد و چانگ‌ای-۸ اخترشناسی را در چارچوب ایستگاه بین‌المللی تحقیقاتی قمری چین اجرا خواهند کرد. این صرفاً رقابت علمی نیست، بلکه موضع‌گیری ژئوپلیتیک راهبردی است.

در همین حال، چندین محموله علمی آمریکا و اروپا که از نظر فناوری آماده‌اند، به دلیل تغییر اولویت‌ها به تأخیر افتاده‌اند. سایر شرکا با سرعت پیش می‌روند، اما هماهنگی تکه‌تکه است و گاهی فرایندهای بررسی و تصویب کمتر از گزینه‌های تجاری بهینه هستند. اگر آمریکا و اروپا بخواهند آینده علم قمری و کاوش فضایی گسترده‌تر را شکل دهند، باید اکنون بر ماه فرود آیند، پژوهش کنند و داده‌ها را به اشتراک بگذارند.

برخی استدلال می‌کنند که ژئوپلیتیک بر نحوه فعالیت انسان‌ها در فضا مسلط خواهد بود، چه بخواهیم چه نخواهیم. اما دقیقاً به این دلیل که ماه اکنون صحنه رقابت است، علم مؤثرترین ابزار قدرت نرم است. رهبری در دانش شریکان را جذب می‌کند، مشروعیت می‌سازد و اتحادها را تقویت می‌کند.

چگونگی کاوش ما در ماه، مریخ و فراتر از آن، تعیین خواهد کرد که چگونه مردم به هر مرز دیگری مانند فضا‌های دور و حتی آسیب‌پذیرترین مناطق زمین نگاه کنند. سؤال این نیست که آیا به ماه بازمی‌گردیم یا خیر؛ بلکه این است که چه نوع تمدنی را می‌خواهیم بسازیم وقتی به ماه باز گردیم.