فصلنامه علمی راهبرد سیاسی
انتشارات دانشگاه راهبردی

فناوری‌های هوافضا و تأثیر آن بر رقابت اقتصادی و بازتوازن فناورانه آمریکا و چین در عصر گذار نظام بین‌الملل

مرتضی نجم آبادی[1]، ولی گل محمدی[2]، حسین سلیمی[3]، محسن اسلامی[4]

دوره ۱۰، شماره ٤ پیاپی ۳۹
زمستان ۱٤۰۵

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱٤۰۵/۰۵/۱۷
تاریخ پذیرش:
۱٤۰۵/۰۸/۲۹
صص: ٤۵۶-٤۱۹

شاپا چاپی: ٤۵۶۵-۲۵۸۸
الکترونیکی: ۰۳۸۱-۲۷۱۷

چکیده

در عصر گذار نظام بین‌الملل، فناوری به یکی از عوامل مؤثر بر بازتوزیع قدرت و شکل‌دهی به الگوهای جدید رقابت اقتصادی میان ایالات متحده و چین تبدیل شده است. این پژوهش به بررسی نقش فناوری‌های هوافضا در بازتوازن فناورانه و تحول رقابت اقتصادی میان دو قدرت می‌پردازد و می‌پرسد فناوری‌های هوافضا چگونه از طریق ایجاد قابلیت‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات جدید بر این رقابت تأثیر می‌گذارند؟ پژوهش بر این فرض استوار است که تحولات فناوری هوافضا با بازتعریف زنجیره‌های صنعتی، مسیرهای نوآوری، بازارها و فرصت‌های اقتصادی و نیز ایجاد تهدیدات فناورانه، می‌توانند رقابت اقتصادی را تشدید کرده و با تغییر آسیب‌پذیری‌ها، وابستگی‌ها و مزیت‌های نسبی، دولت‌ها را به بازآرایی ظرفیت‌های فناورانه سوق دهند؛ فرایندی که در قالب «بازتوازن فناورانه» تحلیل می شود. تحلیل بر شاخص‌هایی شامل ماهواره‌ها، پرتابگرها، کاوشگرها و ربات‌ها، رصدخانه‌های زمینی، تلسکوپ‌های فضایی، ایستگاه‌های فضایی و فناوری‌های پهپادی استوار است. یافته‌ها نشان می‌دهد توسعه ظرفیت‌های هوافضایی دو کشور با بازتعریف مزیت‌های رقابتی، تقویت صنایع وابسته، ایجاد فرصت‌های اقتصادی و شکل‌گیری تهدیدات فناورانه همراه بوده و به بازآرایی ظرفیت‌ها و شکل‌گیری بازتوازن فناورانه منجر شده است. پژوهش با روش توصیفی – تحلیلی و با استفاده از منابع، اسناد و پایگاه‌های داده بین‌المللی انجام شده است.

کلیدواژه‌ها: فناوری‌های هوافضا، بازتوازن فناورانه، رقابت اقتصادی، عصر گذار نظام بین‌الملل.

۱. دانشجوی دکتری روابط بین الملل، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
۲. دانشیار روابط بین الملل، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
vali.golmohammadi@modares.ac.ir
۳. استاد روابط بین الملل، دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران
٤. دانشیار روابط بین الملل، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۱. مقدمه

تحولات گذار نظام بین‌الملل با مجموعه‌ای از دگرگونی‌های ساختاری مشخص می‌شود: ۱) بازآرایی الگوهای قدرت، ۲) تغییر در توزیع ثروت، ۳) تسریع رقابت فناورانه، و ٤) جابه‌جایی مراکز نوآوری. در چنین بستری، رقابت اقتصادی و فناورانه ایالات متحده و چین دو قدرتی که در سال ۲۰۲٤ مجموعاً بیش از ٤۳ درصد از تولید جهانی را در اختیار دارند نمونه بارز این دگرگونی ساختاری است. در چند دهه اخیر، چین با شتابی چشمگیر مسیر صعود اقتصادی و فناورانه را پیموده و به دومین اقتصاد بزرگ جهان بدل شده است. در سال ۲۰۲٤، ایالات متحده با تولید ناخالص داخلی ۲۸۷۸۰ تریلیون دلار و سهم ۲٦۳ درصد از اقتصاد جهانی در رتبه نخست قرار دارد، درحالی‌که چین با ۱۸۵۳۰ تریلیون دلار و سهم ۱٦۹ درصدی در رتبه دوم جای گرفته است (*Lu, 2024*).

در این میان، فناوری‌های هوافضا به‌عنوان یکی از عرصه‌های راهبردی تحولات فناورانه، جایگاهی ویژه در بازتوزیع قدرت یافته‌اند. نوآوری‌هایی چون کوچک‌سازی ماهواره‌ها، توسعه پرتابگرهای چند بار مصرف، گسترش سامانه‌های پهپادی و ادغام فناوری‌های نوینی همچون هوش مصنوعی و شبکه‌های G^5 در زیرساخت‌های فضایی، نه‌تنها هزینه دسترسی به فضا را کاهش داده‌اند، بلکه در برخی حوزه‌های راهبردی، زمینه شکل‌گیری قابلیت‌ها و تهدیدات جدید و تغییر در مزیت نسبی قدرت‌های مستقر را نیز فراهم کرده‌اند. ارزش بازار جهانی صنعت فضایی در سال ۲۰۲۱ بیش از ٤٤۰ میلیارد دلار برآورد شده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ از مرز یک تریلیون دلار عبور کند؛ رقمی که نشان‌دهنده اهمیت فزاینده این حوزه در اقتصاد سیاسی جهانی است.علاوه بر این، ورود فعالانه بخش خصوصی به رقابت فضایی—از مأموریت‌های اکتشافی چین نظیر چانگ‌ئه-٦ و برنامه‌های ساخت پایگاه‌های فضایی، تا منظومه‌های ماهواره‌ای عظیمی مانند استارلینک و طرح «هزار بادبان» چین—رقابت را به سطحی چندلایه، چند بازیگر و غیرقابل‌پیش‌بینی‌تر منتقل کرده است. این تحول نه‌تنها مرز میان ظرفیت‌های مدنی و نظامی را کم‌رنگ‌تر کرده، بلکه در بستر رقابت آمریکا و چین، آسیب‌پذیری‌ها و تهدیدات جدیدی را در حوزه‌هایی همچون زنجیره‌های تأمین، امنیت داده، مدیریت طیف فرکانسی و وابستگی فناورانه ایجاد کرده است. (*KINE, 2024; MALLAMA, 2024*)

از این منظر، فناوری‌های هوافضا نه به‌عنوان محرک مستقیم بازتوازن، بلکه به‌عنوان یکی از عرصه‌های شکل‌گیری قابلیت‌ها، مزیت‌های نسبی و تهدیدات فناورانه در بستر عصر گذار نظام

بین‌الملل قابل تحلیل‌اندباتوجه‌به اهمیت اقتصـــادی و راهبردی تحولات هوافضـــا، پژوهش حاضـــر به دنبال پاسخ به این پرسش است که فناوری‌های هوافضا چگونه در بستر عصر گذار نظام بین‌الملل بر رقابت اقتصـــادی و بازتوازن فناورانه میان ایالات متحده و چین تأثیر می‌گذارند؟این پژوهش فرض می‌کند که تحولات فناورانه در حوزه هوافضـــا، از طریق بازتعریف زنجیره‌های صـــنعتی، مســـیرهای نوآوری و شـکل‌گیری بازارها، فرصـت‌های اقتصـادی و تهدیدات نوین، قابلیت شـکل‌دهی به رقابت اقتصـادی و تغییر در آسـیب‌پذیری‌ها و مزیت‌های نسـبی دو کشـور را دارند و از این طریق می‌توانند ضـرورت واکنش و بازآرایی ظرفیت‌های فناورانه و در نهایت بازتوازن فناورانه میان این دو کشـور را ایجاد کنند.

۲.پیشینه پژوهش

در زمینه رقابت فضایی میان ایالات متحده و چین، آثار متعددی مورد بررسی قرار گرفته‌اند که هر کدام بر جنبه‌ای خاص از این پدیده تمرکز دارند و روش‌ها و زاویه تحلیل متفاوتی ارائه می‌دهند. این آثار به ما امکان می‌دهند تا ابعاد ژئوپلیتیک، امنیتی، دیپلماســـی و فناوری رقابت فضـــایی را به شـــکل منســـجم تحلیل کنیم .در بعد ژئوپلیتیک و تحلیل قدرت، اثر فریمن (۲۰۲۵) با عنوان «تأثیر رقابت اسـتراتژیک آمریکا و چین بر مفهوم فضـا به‌عنوان «مالکیت مشـترک جهانی» نشـان می‌دهد که رقابت استراتژیک این دو کشور برداشت‌ها و سیاست‌ها نسبت به فضا را تغییر داده است و فضا دیگر صرفاً عرصه علمی و اکتشافی نیست، بلکه میدان رقابت قدرت، اعمال نفوذ ژئوپلیتیک و ابزاری برای تثبیت منافع ملی محسوب می شود. این اثر نقش چین به‌عنوان رقیبی جدی برای آمریکا را برجسته کرده و پیامدهای آن بر ساختار قدرت جهانی را تحلیل می‌کند.

در بعد امنیتی، گزارش «ارزیابی تهدیدات فضـــایی ۲۰۲٤» منتشـــره توســـط ســـوپ[1] و همکاران (۲۰۲٤) قابلیت‌های ماهواره‌ای، تهدیدات سایبری و توانمندی‌های فضایی کشورها را بررسی می‌کند. این گزارش نشان می‌دهد که توسعه فناوری‌های ماهواره‌ای و زیرساخت‌های سایبری توسط چین، توازن قدرت در فضا را به چالش کشیده و تهدیدات بالقوه‌ای برای امنیت ملی و نظم بین‌المللی ایجاد کرده است. به‌موازات آن، مقاله دولنچی و اُهمان[2] (۲۰۲٤) تحت عنوان «فضا و امنیت سایبری: چالش‌ها

1 Swope
2 Dolenci, Öhman

و فرصت‌های ناشی از روایت‌های استراتژیک ملی» بر حساسیت فضا نسبت به تهدیدات سایبری و اهمیت مدیریت ریسک‌ها و فرصت‌های فناوری‌های هوافضا تأکید دارد.

در حوزه دیپلماسی و حکمرانی فضایی، مطالعه **ریوردان، ماچون و چایکوا**[1] ۲۰۲۳ با عنوان «دیپلماسی فضایی و توافقات آرتمیس» به روند شکل‌گیری توافق‌ها و مشارکت‌های بین‌المللی می‌پردازد و نشان می‌دهد که ظهور قدرت‌های نوظهور مانند چین، آمریکا را واداشته است تا از طریق توافقات چندجانبه و همکاری بین‌المللی، رقابت فضایی را مدیریت و نظم دلخواه خود را تثبیت کند.

از منظر کمی و تحلیل داده‌محور، مقاله روسو و کوکو[2] (۲۰۲۳) با عنوان «تأثیر مأموریت‌های فضایی بر پویایی‌های ژئوپلیتیک» نشان می‌دهد که موفقیت یا شکست مأموریت‌های فضایی اثرات ملموسی بر امنیت، توزیع قدرت و رقابت میان دولت‌ها و بازیگران خصوصی دارد.

بااین‌حال، بررسی مطالعات موجود نشان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از پژوهش‌ها بر ابعاد ژئوپلیتیک، امنیتی و حکمرانی فضایی متمرکز بوده‌اند و پیوند میان رقابت اقتصادی، تحولات فناوری هوافضا و بازتوازن فناورانه در روابط آمریکا و چین کمتر به‌صورت یکپارچه مورد بررسی قرار گرفته است.

۳.مبانی نظری بازتوازن فناورانه

در عصر گذار نظام بین‌الملل، تحول در توزیع قدرت، ظهور و گسترش فناوری‌های نوین و تغییر در ترتیبات و قواعد حاکم بر حوزه‌های جدید، ماهیت رقابت میان قدرت‌های بزرگ را دستخوش تحول کرده است. فناوری‌های نوین در این شرایط نه‌تنها محرک رشد اقتصادی و توسعه‌اند، بلکه می‌توانند به منبع تولید تهدیدات فناورانه تبدیل شوند و بر امنیت ملی و بین‌المللی، تاب‌آوری زیرساخت‌ها، استقلال راهبردی و جایگاه نسبی دولت‌ها اثر بگذارند. ازاین‌رو، فناوری دیگر صرفاً ابزاری برای افزایش ظرفیت‌های اقتصادی یا نظامی دولت‌ها نیست، بلکه در برخی حوزه‌های راهبردی به عرصه‌ای برای تولید، توزیع و بازتوزیع قدرت و شکل‌دهی به وابستگی‌ها و آسیب‌پذیری‌های جدید تبدیل شده است.

اهمیت این تحول در عصر گذار از آن جهت افزایش می‌یابد که بخش مهمی از فناوری‌های نوظهور در حوزه‌هایی گسترش می‌یابند که قواعد، هنجارها و سازوکارهای تنظیم‌کننده آن‌ها هنوز

1 Riordan, Machon & Csajkova
2 Russo, A., & Coco

به‌طور کامل شکل نگرفته یا تثبیت نشده‌اند. در چنین شرایطی، آنارشی حاکم بر نظام بین‌الملل و فقدان مرجع تنظیم‌کننده مرکزی، امکان تبدیل ظرفیت‌های فناورانه به منابع قدرت، وابستگی و تهدید را افزایش می‌دهد. بنابراین، مسئله اصلی صرفاً سرعت پیشرفت فناوری نیست، بلکه پیامدهای این پیشرفت برای توزیع قابلیت‌ها، میزان آسیب‌پذیری و جایگاه نسبی قدرت‌های بزرگ است.

بر این اساس، در پژوهش حاضر «بازتوازن فناورانه» به‌عنوان فرایندی پویا و چندلایه تعریف می‌شود که در عصر گذار نظام بین‌الملل و در واکنش به ظهور یا تشدید تهدیدات فناورانه شکل می‌گیرد. در این فرایند، قدرت‌های بزرگ هنگامی که تحولات فناورانه را تهدیدی برای امنیت، استقلال راهبردی، ظرفیت‌های حیاتی یا جایگاه نسبی خود ارزیابی می‌کنند، به بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های فناورانه، اقتصادی، نظامی، صنعتی، ژئوپلیتیکی و نهادی خود اقدام می‌کنند. بنابراین، محرک اصلی بازتوازن فناورانه، صرف افزایش ظرفیت یا پیشرفت فناوری نیست، بلکه ظهور و تشدید تهدیدات فناورانه‌ای است که بتوانند بر آسیب‌پذیری، وابستگی یا مزیت نسبی قدرت‌های بزرگ اثر بگذارند.

در این چارچوب، میان «فناوری» و «تهدید فناورانه» تمایز اساسی وجود دارد. فناوری به‌خودی‌خود الزاماً تهدید محسوب نمی‌شود؛ بلکه هنگامی که یک قابلیت فناورانه بتواند آسیب‌پذیری ایجاد کند، وابستگی راهبردی را افزایش دهد، ظرفیت‌های حیاتی را مختل سازد یا مزیت نسبی یک دولت را در برابر رقیب کاهش دهد، واجد اهمیت تهدیدآمیز می‌شود. ازاین‌رو، رابطه مورد نظر پژوهش از «پیشرفت فناوری» مستقیماً به «بازتوازن» نمی‌رسد، بلکه از مسیر ظهور تهدید فناورانه و پیامدهای آن برای موقعیت نسبی قدرت‌های بزرگ شکل می‌گیرد.

در این میان، نارسایی یا عدم تثبیت کامل قواعد تنظیم‌کننده در حوزه‌های فناورانه نوظهور، شرایطی را ایجاد می‌کند که در آن پیامدهای راهبردی فناوری با محدودیت‌های نهادی و حقوقی کمتری مواجه می‌شوند. در شرایطی که قواعد موجود قادر به تنظیم کامل رفتار دولت‌ها، تعیین حدود استفاده از فناوری و مدیریت پیامدهای ناشی از وابستگی‌های فناورانه نیستند، برتری فناورانه می‌تواند با سرعت بیشتری به قدرت ساختاری، وابستگی و آسیب‌پذیری تبدیل شود. بنابراین، نارسایی قواعد را می‌توان یکی از شرایط تشدیدکننده‌ای دانست که ظرفیت فناوری را به تهدید و در نهایت به محرکی برای بازآرایی قدرت تبدیل می‌کند.

در نتیجه، رقابت قدرت‌های بزرگ در حوزه فناوری صرفاً رقابت بر سر د ستیابی به فناوری‌های جدید نیســـت، بلکه به رقابت بر ســـر کنترل زیرســـاخت‌ها، زنجیره‌های ارزش، داده‌ها، شـــبکه‌ها، اســـتانداردها، ظرفیت‌های تولید و در نهایت قواعد حاکم بر حوزه‌های فناورانه گســـترش می‌یابد. در چنین شرایطی، قدرت فناورانه تنها از طریق میزان در اختیار داشتن فناوری سنجیده نمی شود، بلکه از طریق توانایی یک دولت برای ایجاد یا حفظ مزیت نســـبی، کاهش وابســـتگی، کنترل نقاط حســـاس زنجیره‌های ارزش و اثرگذاری بر قواعد و استانداردهای حوزه‌های نوظهور نیز قابل فهم است.

از این منظر، بازتوازن فناورانه صرفاً صورت فناورانه‌ای از موازنه قدرت سنتی نیست، بلکه صورت توســـعه‌یافته‌ای از موازنه‌ســـازی اســـت که در آن فناوری به یکی از عرصـــه‌های تولید تهدید، ایجاد وابستگی، شکل‌دهی به آسیب‌پذیری و بازتوزیع قدرت تبدیل شده است. در این فرایند، تهدیدات فناورانه از طریق تأثیرگذاری بر امنیت، قابلیت‌های حیاتی و جایگاه نســـبی دولت‌ها، زمینه واکنش قدرت‌های بزرگ را فراهم می‌کنند و این واکنش می‌تواند به بازآرایی ظرفیت‌های فناورانه، اقتصـــادی، نظامی، صنعتی، ژئوپلیتیکی و نهادی منجر شود.

بنابراین، بازتوازن فناورانه در پژوهش حاضر حاصل تعامل میان شرایط ساختاری عصر گذار نظام بین‌الملل، تحولات فناوری، ظهور و تشـــدید تهدیدات فناورانه، توزیع نامتوازن ظرفیت‌های نوآورانه، نارسـایی قواعد تنظیم‌کننده و رقابت اقتصـادی–نظامی و ژئوپلیتیکی–اسـتراتژیک اسـت. در این میان، عصـــر گذار بســـتر ســـاختاری این فرایند را فراهم می‌کند؛ در این چارچوب، فناوری‌های نوین منبع شـــکل‌گیری قابلیت‌های جدید، تهدیدات فناورانه محرک اصـــلی واکنش، و بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های دولت سازوکار بروز این واکنش در سطح راهبردی است تهدیدات فناورانه محرک اصلی واکنش قدرت‌های بزرگ‌اند؛ رقابت‌های اقتصادی–نظامی و ژئوپلیتیکی–استراتژیک مسیر تبدیل تهدید به واکنش را شکل می‌دهند؛ و دولت‌ها از طریق بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های خود درصدد حفظ یا ارتقای جایگاه نسبی خویش برمی‌آیند. حاصل این فرایند در سطح راهبردی، بازتوازن فناورانه است.

۱،۳.تحول درمفهوم موازنه قدرت

در در این چارچوب تحلیلی، «بازتوازن فناورانه» را می‌توان صـــورت معاصـــر و توســـعه‌یافته‌ای از فرایند موازنه‌ســـازی در نظام بین‌الملل دانســـت که در آن فناوری از جایگاه یک مؤلفه پشـــتیبان قدرت مادی فراتر رفته و به عر صه‌ای برای تولید، تثبیت، انتقال و فر سایش مزیت‌های ن سبی دولت‌ها تبدیل

شده است. اهمیت فناوری در این معنا صرفاً به میزان پیشرفت یا انباشت ظرفیت‌های فناورانه محدود نیست، بلکه به توانایی این ظرفیت‌ها در ایجاد قدرت، وابستگی، آسیب‌پذیری و تغییر جایگاه نسبی دولت‌ها بازمی‌گردد. ازاین‌رو، بازتوازن فناورانه زمانی شکل می‌گیرد که تحولات فناورانه به ظهور یا تشدید تهدیداتی منجر شوند که بتوانند بر امنیت، استقلال راهبردی، ظرفیت‌های حیاتی و موقعیت نسبی قدرت‌های بزرگ اثر بگذارند و دولت‌ها را به بازآرایی ظرفیت‌های خود وادار کنند.

این برداشت با منطق بنیادین نظریه‌های موازنه قدرت هم‌پوشانی دارد، زیرا همچنان بر رابطه میان تغییر در قابلیت‌های نسبی دولت‌ها، شکل‌گیری تهدید و واکنش قدرت‌های بزرگ استوار است؛ بااین‌حال، دامنه منابع و عرصه‌های موازنه را گسترش می‌دهد. در بسیاری از رویکردهای کلاسیک روابط بین‌الملل، فناوری عمدتاً در ذیل مؤلفه‌های مادی قدرت، به‌ویژه توان نظامی و ظرفیت اقتصادی، مفهوم‌پردازی شده است. درحالی‌که فناوری‌های نوین می‌توانند هم‌زمان بر ظرفیت تولید ثروت، توان نظامی، جریان اطلاعات، زیرساخت‌های حیاتی، زنجیره‌های ارزش و شکل‌دهی به قواعد و استانداردهای بین‌المللی اثر بگذارند. بنابراین، فناوری می‌تواند فراتر از افزایش مستقیم قدرت مادی، موقعیت نسبی دولت‌ها را نیز تحت تأثیر قرار دهد.

نظریه‌های موازنه قدرت، به‌ویژه در سنت واقع‌گرایی ساختاری، بر این فرض استوارند که تغییر در توزیع قابلیت‌ها میان دولت‌ها می‌تواند واکنش‌های موازنه‌ساز را به دنبال داشته باشد *(Waltz, 1979)*. در این چارچوب، اهمیت قابلیت‌های جدید نه صرف وجود آن‌ها، بلکه پیامدشان برای توزیع قابلیت‌ها و موقعیت نسبی بازیگران است. بااین‌حال، هنگامی که فناوری‌های پیشرفته قادرند هم‌زمان ظرفیت‌های اقتصادی، نظامی، اطلاعاتی و زیرساختی دولت‌ها را متحول کنند، فروکاستن فناوری به یکی از اجزای فرعی قدرت مادی، بخشی از سازوکارهای جدید تولید و بازتوزیع قدرت را نادیده می‌گیرد*(Gilpin, 2001)*.

در نظریه موازنه در برابر تهدید والت، امکان پیوند مستقیم‌تری میان فناوری و بازتوازن فناورانه فراهم می‌شود. والت برخلاف تمرکز صرف بر توزیع قدرت، بر میزان تهدیدی که یک دولت با آن مواجه است تأکید کرده و قدرت کلی، توان تهاجمی، نزدیکی جغرافیایی و نیات تهاجمی را از عوامل اصلی شکل‌دهنده تهدید می‌داند *(Walt, 1987)*. بر این اساس، فناوری زمانی اهمیت راهبردی پیدا می‌کند که بتواند سطح تهدید یا توان تهاجمی رقیب را افزایش دهد. مفهوم بازتوازن فناورانه با اتکا به

این منطق، کانون تحلیل را از «افزایش ظرفیت فناورانه» به «ظهور تهدید فناورانه» منتقل می‌کند؛ با این تفاوت که تهدید فناورانه را صـــرفاً به افزایش توان تهاجمی محدود نمی‌ســـازد و ایجاد یا تشـــدید آسیب‌پذیری، وابستگی راهبردی و فرسایش مزیت نسبی را نیز دربرمی‌گیرد.

گیلپین نیز فناوری را در پیوند با رشد اقتصادی، توسعه ظرفیت‌های تولیدی و افزایش قدرت ملی تحلیل می‌کند، اما آن را عمدتاً در تعامل با عوامل اقتصادی و سیاسی و نه به‌عنوان عرصه‌ای مستقل از بازتوزیع قدرت مورد توجه قرار می‌دهد *(Gilpin, 1981; Gilpin, 2001)*. از این منظر، اهمیت فناوری زمانی آشـــکار می‌شـــود که بتواند بر ظرفیت‌های کلی قدرت دولت اثر بگذارد. بااین‌حال، در شرایط کنونی، کنترل زیرساخت‌ها، شبکه‌ها، داده‌ها، استانداردها و زنجیره‌های ارزش فناورانه می‌تواند مستقیماً روابط وابستگی و قدرت ساختاری ایجاد کند *(Drezner, 2019; Farrell & Newman, 2020)*. ازاین‌رو، فناوری در برخی حوزه‌ها نه صرفاً وسیله‌ای برای اعمال قدرت، بلکه عرصه‌ای برای تولید و توزیع قدرت است.

شـوئلر در چارچوب واقع‌گرایی نئوکلاسـیک، در کنار فشـارهای سـاختاری نظام بین‌الملل، نقش متغیرهای داخلی، ازجمله سیاست داخلی و انسجام نخبگان، را در شکل‌دهی به پاسخ دولت‌ها مورد توجه قرار می‌دهد *(Schweller, 2006)*. این نکته برای بازتوازن فناورانه اهمیت دارد؛ زیرا واکنش به تهدید فناورانه الزاماً به افزایش مســـتقیم قابلیت فناورانه محدود نمی‌شـــود، بلکه می‌تواند به بازآرایی سیاست‌های صنعتی، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، حفاظت از زیرساخت‌ها، کنترل زنجیره‌های تأمین، تنظیم جریان فناوری و شکل‌دهی به همکاری‌ها و ترتیبات بین‌المللی منجر شود. بر این اساس، نظریه‌های موازنه قدرت بنیان نظری لازم برای توضـــیح چرایی واکنش قدرت‌های بزرگ به تغییر در قابلیت‌ها و تهدیدات را فراهم می‌کنند، اما برای توضـــیح صـــورت‌های جدید رقابت فناورانه، نیازمند گســـترش دامنه مفهومی موازنه‌اند. در پژوهش حاضـــر، این گســـترش از طریق انتقال کانون تحلیل از «توزیع قابلیت‌های مادی» به «تهدیدات فناورانه و پیامدهای آن‌ها برای جایگاه نسبی دولت‌ها» صورت می‌گیرد. بنابراین، فناوری صرفاً زمانی در منطق بازتوازن فناورانه قرار می‌گیرد که قابلیت‌های آن بتوانند به ایجاد تهدید، وابســتگی یا آســیب‌پذیری و در نهایت تغییر در مزیت نســبی قدرت‌های بزرگ منجر شوند. در چنین شرایطی، واکنش دولت به‌صورت بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های فناورانه، اقتصادی،

نظامی و نهادی برای حفظ یا تغییر موقعیت نسبی خود ظاهر می‌شود؛ فرایندی که در این پژوهش «بازتوازن فناورانه» نامیده می‌شود.

۲،۳. تکنوناسیونالیسم و جایگاه فناوری

تکنوناسیونالیسم رویکردی مهم برای تحلیل پیوند میان فناوری، قدرت ملی، امنیت و رقابت دولت‌هاست که با فراتر بردن فناوری از جایگاه یک ابزار صرفاً اقتصادی، اهمیت ظرفیت‌های فناورانه را در تقویت قدرت و موقعیت نسبی دولت‌ها برجسته می‌کند *(Reich, 1987)*. اهمیت این رویکرد برای چارچوب حاضر از آن جهت است که نشان می‌دهد چگونه ظرفیت فناورانه، در شرایط رقابت قدرت‌های بزرگ، به مسئله‌ای راهبردی تبدیل می‌شود و دولت‌ها را به تقویت و حفاظت از مزیت‌های فناورانه خود سوق می‌دهد. از این منظر، تکنوناسیونالیسم بیانگر پیوند فزاینده میان فناوری، امنیت ملی و جایگاه نسبی دولت‌ها در نظام بین‌الملل است *(Reich, 1987; Samuels, 1994)*.

رابرت رایش بر اهمیت حفظ و تقویت ظرفیت‌های نوآورانه داخلی در برابر فشارهای رقابتی و بهره‌برداری خارجی تأکید می‌کند. ساموئلز نیز با بررسی تجربه ژاپن، نشان می‌دهد که فناوری چگونه در پیوند با امنیت ملی، توسعه اقتصادی و ظرفیت دولت قرار گرفته و سیاست‌های فناورانه را به بخشی از راهبرد تقویت قدرت ملی تبدیل می‌کند *(Samuels, 1994)*. آدریا نیز بر ابعاد فرهنگی و سیاسی فناوری و نقش آن در شکل‌دهی به پروژه‌های ملی تأکید دارد *(Adria, 2010)*. بنابراین، توسعه ظرفیت‌های داخلی، حمایت از نوآوری و هماهنگی دولت و صنعت را می‌توان بخشی از تلاش دولت برای حفظ توانمندی‌های راهبردی و موقعیت خود در محیط رقابتی بین‌المللی دانست.

اهمیت تکنوناسیونالیسم برای بازتوازن فناورانه در سازوکاری نهفته است که از طریق آن ظرفیت فناورانه به مسئله‌ای امنیتی و راهبردی تبدیل می‌شود. هنگامی که برتری فناورانه یک رقیب بتواند آسیب‌پذیری، وابستگی یا فرسایش مزیت نسبی یک دولت را افزایش دهد، فناوری از موضوعی اقتصادی به موضوعی مرتبط با امنیت و قدرت ملی تبدیل می‌شود. در چنین شرایطی، دولت‌ها می‌توانند از طریق حمایت از نوآوری داخلی، کنترل انتقال فناوری، حفاظت از زنجیره‌های تأمین، سرمایه‌گذاری دولتی، مشارکت با بخش خصوصی و تلاش برای اثرگذاری بر استانداردها و قواعد بین‌المللی، ظرفیت‌های خود را بازآرایی کنند. بنابراین، تکنوناسیونالیسم در پژوهش حاضر علت مستقل بازتوازن فناورانه نیست، بلکه یکی از سازوکارهای سیاستی واکنش دولت به تهدیدات فناورانه

است. ازاین‌رو، تکنوناسیونالیسم در این پژوهش در سطح واکنش سیاستی دولت قرار می‌گیرد و نه در سطح محرک اولیه بازتوازن فناورانه.

کاپری در بررسی تکنوناسیونالیسم معاصر، بر پیوند مستقیم‌تر فناوری با امنیت، قدرت ملی و رقابت ژئوپلیتیکی تأکید می‌کند. در این چارچوب، سیاست‌های فناورانه دولت‌ها می‌توانند به کنترل زنجیره‌های تأمین، حفاظت از فناوری‌های راهبردی، تنظیم جریان سرمایه و دانش، توسعه ظرفیت‌های داخلی و اثرگذاری بر استانداردهای بین‌المللی گسترش یابند (Capri, 2020). ازاین‌رو، رقابت فناورانه دیگر صرفاً رقابت بر سر دستیابی به فناوری نیست، بلکه به رقابت بر سر کنترل زیرساخت‌ها، شبکه‌ها، زنجیره‌های ارزش، استانداردها و ظرفیت‌های تولید دانش و نوآوری تبدیل می‌شود؛ فرایندی که می‌تواند از طریق ایجاد وابستگی و آسیب‌پذیری بر جایگاه نسبی دولت‌ها اثر بگذارد (Capri, 2020; Farrell & Newman, 2020).

در مقابل، ادگرتون با تمایز میان تکنوناسیونالیسم و تکنوگلوبالیسم نشان می‌دهد که توسعه فناوری در محیطی کاملاً ملی و خودبسنده صورت نمی‌گیرد و شبکه‌های فرامرزی تولید، سرمایه، دانش و همکاری علمی نیز در شکل‌دهی به ظرفیت فناورانه دولت‌ها نقش دارند (Edgerton, 2007). بنابراین، تکنوناسیونالیسم الزاماً به معنای خودکفایی کامل نیست، بلکه می‌تواند شامل مدیریت گزینشی وابستگی‌های فناورانه، حفاظت از حوزه‌های حساس و بازآرایی روابط فناورانه بین‌المللی باشد. این برداشت با منطق بازتوازن فناورانه سازگار است؛ زیرا هدف بازتوازن نیز حذف همه وابستگی‌ها نیست، بلکه کاهش آسیب‌پذیری‌های راهبردی و حفظ یا ارتقای موقعیت نسبی دولت است.

در سیر تحول تکنوناسیونالیسم، سیاست‌های فناورانه از حمایت سنتی از صنایع داخلی و توسعه ظرفیت‌های ملی به مدیریت پیچیده‌تر اکوسیستم‌های فناورانه و روابط فرامرزی گسترش یافته‌اند. در شکل سنتی، خودکفایی فناورانه، حمایت‌گرایی و سرمایه‌گذاری در پژوهش و توسعه از ابزارهای اصلی تقویت قدرت اقتصادی و امنیت ملی بودند (Reich, 1987; Samuels, 1994). با افزایش وابستگی متقابل فناورانه، شکل‌های جدیدتر تکنوناسیونالیسم بر مدیریت جریان‌های فرامرزی فناوری، سرمایه، داده و دانش و حفاظت از زیرساخت‌ها و زنجیره‌های تأمین راهبردی تأکید کرده‌اند (Moore, 2019; Sacks, 2020). از این منظر، نئوتکنوناسیونالیسم را می‌توان گسترش مداخله دولت از حمایت سنتی از صنایع داخلی به مدیریت راهبردی اکوسیستم‌های فناورانه و روابط فناورانه بین‌المللی دانست.

نئوتکنونا سیونالیسم بر نقش فعال دولت در تقویت نوآوری داخلی، توسعه همکاری‌های دولتی–خصوصی، حفاظت از فناوری‌های حساس، بازآرایی زنجیره‌های تأمین و مشارکت در شکل‌دهی به استانداردها و قواعد بین‌المللی تأکید دارد *(Capri, 2020; Farrell & Newman, 2020)*. از این منظر، فناوری به یکی از عرصه‌های رقابت راهبردی قدرت‌های بزرگ تبدیل می شود و سیاست‌های دولت به سمت کاهش آسیب‌پذیری، حفظ مزیت نسبی و جلوگیری از انتقال ظرفیت و قدرت به رقیب سوق می‌یابد.

بر این اساس، تکنوناسیونالیسم در چارچوب مفهومی پژوهش حاضر در امتداد منطق موازنه قدرت قرار می‌گیرد، نه در برابر آن. نظریه موازنه قدرت، منطق کلی واکنش دولت‌ها به تغییر در قابلیت‌ها و تهدیدات را توضیح می‌دهد؛ تکنوناسیونالیسم چگونگی تبدیل این فشارها به سیاست‌های فناورانه و بازآرایی ظرفیت‌های دولت را روشن می‌سازد؛ و بازتوازن فناورانه مفهومی است که پیامد این فرایند را در سطح رقابت قدرت‌های بزرگ توضیح می‌دهد. بنابراین، هنگامی که فناوری‌های نوین به ایجاد تهدید، وابستگی یا آسیب‌پذیری راهبردی و احتمال تغییر در جایگاه نسبی قدرت‌ها منجر شوند، سیاست‌های تکنوناسیونالیستی می‌توانند به‌عنوان یکی از سازوکارهای پاسخ دولت عمل کنند و از طریق بازآرایی ظرفیت‌های داخلی و روابط فناورانه خارجی، بخشی از فرایند بازتوازن فناورانه را شکل دهند.

برای عملیاتی‌سازی مفهوم «بازتوازن فناورانه»، باید میان قابلیت فناورانه و تهدید فناورانه تمایز قائل شد. هر تحول یا برتری فناورانه‌ای الزاماً به بازتوازن منجر نمی شود؛ بلکه زمانی تهدید فناورانه شکل می‌گیرد که قابلیت رقیب بتواند با ایجاد یا تشدید آسیب‌پذیری، وابستگی یا فرسایش مزیت نسبی، موقعیت راهبردی دولت را تحت تأثیر قرار دهد (*Walt, 1987; Drezner, 2019; Farrell & Newman, 2020*). ازاین‌رو، رابطه تهدید فناورانه و بازتوازن رابطه‌ای خودکار نیست، بلکه از طریق ارزیابی تهدید و واکنش دولت شکل می‌گیرد.

در این چارچوب، قابلیت فناورانه رقیب هنگامی به محرک بازتوازن تبدیل می‌شود که پیامد آن به شکل افزایش آسیب‌پذیری یا وابستگی راهبردی و در نتیجه، تهدیدی برای امنیت یا مزیت نسبی دولت ارزیابی شود. بنابراین، ارزیابی راهبردی تهدید اهمیت دارد؛ زیرا واکنش دولت‌ها صرفاً تابع

قابلیت عینی فناوری نیست، بلکه به ارزیابی پیامدهای آن برای امنیت و جایگاه نسبی دولت نیز وابسته است (*Walt, 1987; Schweller, 2006*).

از این منظر، شناسایی تجربی بازتوازن فناورانه مستلزم آن است که سه عنصر در کنار یکدیگر مشاهده شود: ظهور یا تشدید یک قابلیت فناورانه تهدیدآمیز، ارزیابی آن به‌عنوان تهدیدی برای امنیت یا جایگاه نسبی، و واکنش قابل مشاهده دولت از طریق بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های فناورانه، اقتصادی، نظامی یا نهادی. این بازآرایی می‌تواند در قالب توسعه ظرفیت داخلی، حمایت از صنایع راهبردی، بازسازی زنجیره‌های تأمین، محدودسازی انتقال فناوری، کنترل صادرات و سرمایه‌گذاری یا گسترش همکاری‌های فناورانه نمود یابد (*Capri, 2020; Moore, 2019; Sacks, 2020*).

بر این اساس، تهدید فناورانه زمانی به بازتوازن فناورانه منجر می‌شود که قابلیت رقیب، از طریق ایجاد آسیب‌پذیری، وابستگی یا فرسایش مزیت نسبی، به تهدیدی راهبردی تبدیل شود و دولت در پاسخ، برای کاهش آسیب‌پذیری و حفظ یا ارتقای جایگاه نسبی خود، ظرفیت‌ها و سیاست‌های فناورانه و مرتبط را بازآرایی کند.

۳،۳ نظام بین‌الملل و فناوری‌های هوافضا

تمرکز بر «عصر گذار نظام بین‌الملل» در این پژوهش از این فرض ناشی می‌شود که تغییر در توزیع قدرت و ترتیبات حاکم بر نظام بین‌الملل، محیط رقابتی متفاوتی برای قدرت‌های بزرگ ایجاد می‌کند. دوره گذار با تغییر در توزیع قابلیت‌ها، ظهور یا تقویت بازیگران جدید، بازتعریف ترتیبات امنیتی و اقتصادی و تلاش قدرت‌های بزرگ برای حفظ یا ارتقای جایگاه نسبی خود همراه است (*Ikenberry, 2008; Tammen & Kugler, 2006; Hameiri & Jones, 2016*). در چنین شرایطی، قواعد و نهادهای موجود ممکن است نتوانند به‌طور کامل حوزه‌های جدید رقابت را تنظیم کنند و در نتیجه، عدم قطعیت درباره قواعد آینده و پیامدهای تغییرات قدرت افزایش می‌یابد (*Tomja, 2014*). بنابراین، عصر گذار صرفاً دوره جابه‌جایی قدرت نیست، بلکه شرایطی ساختاری ایجاد می‌کند که در آن منابع جدید قدرت و عرصه‌های نوظهور رقابت اهمیت بیشتری می‌یابند.

این وضعیت در نظام بین‌المللی پساجنگ سرد، به‌ویژه در پرتو افزایش قدرت اقتصادی، نظامی و فناورانه چین و گسترش ظرفیت آن برای اثرگذاری بر ترتیبات منطقه‌ای و بین‌المللی، اهمیت بیشتری یافته است (*Morrison, 2019; Goh, 2013; Zhang & Wu, 2023*). در نتیجه، رقابت ایالات

متحده و چین از مقایسه صرف توان نظامی و اقتصادی فراتر رفته و به حوزه‌هایی گسترش یافته است که فناوری در آن‌ها می‌تواند هم‌زمان منبع قدرت، وابستگی و آسیب‌پذیری باشد. از این منظر، فناوری نه صرفاً پیامد تغییر در توزیع قدرت، بلکه یکی از عرصه‌های شکل‌گیری و بازتوزیع مزیت نسبی و رقابت بر سر نظم در حال ظهور است.*(Chan, 2021; Drezner, 2019)*

اهمیت فناوری در این چارچوب از آن جهت است که سرعت تحول فناورانه می‌تواند از سرعت شکل‌گیری قواعد، استانداردها و سازوکارهای تنظیم‌کننده فراتر رود. در چنین شرایطی، فناوری‌های نوین پیش از تثبیت کامل چارچوب‌های نهادی و حقوقی می‌توانند به منابع جدیدی از قدرت، وابستگی و آسیب‌پذیری تبدیل شوند. دسترسی به فناوری‌های پیشرفته، ظرفیت نوآوری، کنترل زیرساخت‌های فناورانه، دسترسی به داده و توانایی اثرگذاری بر استانداردها و شبکه‌های فناورانه، از جمله عواملی هستند که می‌توانند بر جایگاه نسبی دولت‌ها اثر بگذارند *(Huang & Mayer, 2023; Carthy, 2015; Wu, 2020)*. بنابراین، مسئله اصلی صرفاً افزایش ظرفیت فناورانه نیست، بلکه پیامد آن برای توزیع مزیت‌ها و آسیب‌پذیری‌های میان قدرت‌های بزرگ است.

حوزه هوافضا نمونه‌ای برجسته از این وضعیت به شمار می‌رود. این حوزه از یک عرصه عمدتاً دولتی و نظامی به زیست‌بومی متشکل از دولت‌ها، شرکت‌های خصوصی، مراکز پژوهشی و شبکه‌های تجاری تبدیل شده است. توسعه ماهواره‌های کوچک، کاهش هزینه دسترسی به مدار، گسترش داده‌های فضایی، شبکه‌های ماهواره‌ای انبوه، رباتیک فضایی و پرتابگرهای قابل استفاده مجدد، ظرفیت‌ها و دسترسی به فضا را افزایش داده و تجاری‌شدن این حوزه را شتاب بخشیده‌اند *(Mielke, 2023; Valente et al., 2025; Raswant et al., 2025; Lemieux, 2025)*. ورود سرمایه خصوصی نیز بخشی از این تحول است؛ به‌گونه‌ای که طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ بیش از ۲۱٫۸ میلیارد دلار سرمایه جسورانه وارد صنعت فضا شده است.*(Denis, Alary, Pasco, 2020)*

بااین‌حال، اهمیت این تحول برای پژوهش حاضر در فرصت‌های اقتصادی آن خلاصه نمی‌شود، بلکه در پیامدهای راهبردی گسترش ظرفیت‌های فضایی و ماهیت دوگانه بسیاری از این فناوری‌هاست. قابلیت استفاده هم‌زمان یا متوالی از فناوری‌های فضایی در کاربردهای غیرنظامی و نظامی، مرز میان زیرساخت‌های تجاری و نظامی را پیچیده کرده و موجب شده است توسعه ظرفیت‌های غیرنظامی نیز بتواند پیامدهای راهبردی داشته باشد. ازاین‌رو، تجاری‌شدن فضا در این

پژوهش از منظر افزایش ظرفیت‌های فناورانه، گسترش دسترسی به زیرساخت‌های فضایی و تقویت قابلیت‌های دوگانه مورد توجه قرار می‌گیرد.

هم‌زمان، گسترش این ظرفیت‌ها مجموعه‌ای از تهدیدات فناورانه را نیز ایجاد کرده است. توسعه سامانه‌های ضدماهواره‌ای می‌تواند ارتباطات، ناوبری و زیرساخت‌های اطلاعاتی را در معرض اختلال یا انهدام قرار دهد و آسیب‌پذیری دارایی‌های فضایی را افزایش دهد. *(Dolenci & Öhman, 2024)*. افزایش زباله‌های فضایی نیز خطر آسیب به ماهواره‌ها و سایر دارایی‌های فضایی را تشدید کرده و مسئله تاب‌آوری زیرساخت‌های فضایی را برجسته ساخته است *(Kaineg, 2020)*. افزون بر این، قابلیت‌های جاسوسی، اخلال، خرابکاری و هدف‌گیری سامانه‌های فضایی می‌توانند امنیت ارتباطات، فرماندهی و کنترل و دسترسی به داده‌های حساس را تحت تأثیر قرار دهند *(Harrison et al., 2019; Russo & Coco, 2023; Swope et al., 2024)*.

اهمیت این تهدیدات زمانی آشکارتر می‌شود که وابستگی فزاینده دولت‌ها به زیرساخت‌های فضایی در نظر گرفته شود. در این نقطه، رابطه میان تهدید فناورانه و بازتوازن فناورانه آشکار می‌شود. اگر قابلیت‌های فناورانه رقیب بتوانند آسیب‌پذیری یا وابستگی راهبردی ایجاد کنند یا مزیت نسبی یک دولت را تحت تأثیر قرار دهند، واکنش دولت صرفاً به افزایش ظرفیت فناورانه محدود نمی‌ماند، بلکه می‌تواند به بازآرایی ظرفیت‌های صنعتی، نظامی، اقتصادی، زیرساختی و نهادی و نیز بازتنظیم روابط فناورانه بین‌المللی منجر شود. بنابراین، بازتوازن فناورانه در این پژوهش به معنای پاسخ به «فناوری» به‌خودی‌خود نیست، بلکه پاسخ به تهدید فناورانه‌ای است که از طریق آسیب‌پذیری، وابستگی یا تغییر مزیت نسبی، موقعیت راهبردی دولت را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

بر این اساس، حوزه هوافضا یک مصداق تجربی مناسب برای بررسی این رابطه فراهم می‌کند: عصر گذار نظام بین‌الملل، همراه با نارسایی یا عدم تثبیت کامل قواعد در حوزه‌های نوظهور، زمینه گسترش فناوری‌های فضایی را فراهم می‌کند؛ گسترش این فناوری‌ها، به‌ویژه در قالب قابلیت‌های دوگانه و زیرساخت‌های حیاتی، منابع جدیدی از قدرت، وابستگی و آسیب‌پذیری ایجاد می‌کند؛ و هنگامی که این تهدیدات بر جایگاه نسبی قدرت‌های بزرگ اثرگذار شوند، دولت‌ها به بازآرایی ظرفیت‌ها و سیاست‌های فناورانه خود روی می‌آورند. در رقابت ایالات متحده و چین، این فرایند در

رقابت بر سر فناوری‌های فضایی، زیر ساخت‌ها، زنجیره‌های ارزش، قابلیت‌های دوگانه و تاب‌آوری فضایی نمود می‌یابد و از این طریق، بخشی از فرایند گسترده‌تر بازتوازن فناورانه را شکل می‌دهد.

٤. تحول در فناوری‌های هوافضا

خط مقدم فناوری‌های فضایی با رقابت بین ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی در اواخر دهه ۱۹۵۰ شکل گرفت؛ دوره‌ای که پس از پایان جنگ جهانی دوم و آغاز جنگ سرد، هر دو کشور در تلاش برای اثبات برتری تکنولوژیک، نظامی و ایدئولوژیک خود بودند. این رقابت رسماً در ۳۰ ژوئیه ۱۹۵۵ آغاز شد، زمانی که ایالات متحده اعلام کرد قصد دارد ماهواره‌ای برای سال بین‌المللی ژئوفیزیک پرتاب کند و چهار روز بعد، شوروی پاسخ داد که برنامه پرتاب ماهواره خود را دارد. نقطه عطف این رقابت، پرتاب موفق اسپوتنیک ۱ در ٤ اکتبر ۱۹۵۷ بود که توجه جهانی را جلب کرد (*Erickson, 2018, p. 377*).

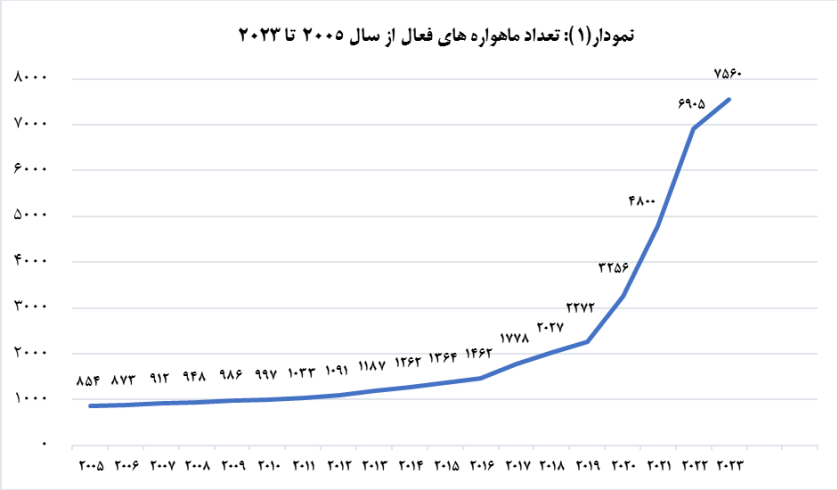
امروزه رقابت فضایی محدود به آمریکا و روسیه نیست و شامل بسیاری از کشورها و سازمان‌های فضایی پیشرو می شود، از جمله ناسا، آژانس فضایی اروپا، *CNSA* چین، سازمان تحقیقات فضایی هند، *JAXA* ژاپن، آژانس‌های فضایی کانادا و ایتالیا، مرکز ملی مطالعات فضایی فرانسه، آژانس فضایی بریتانیا و آژانس فضایی اسرائیل.

٤,١.فناوری‌های ماهواره‌ای

ماهواره‌ها ابزارهای کلیدی فناوری مدرن هستند که از ارتباطات جهانی، اینترنت، پوشش مناطق دورافتاده و ناوبری دقیق (مثل *GPS*) گرفته تا جمع‌آوری داده‌های هواشناسی و پیش‌بینی شرایط جوی کاربرد دارند. همچنین با حسگرهای پیشرفته، اطلاعات علمی مهمی درباره فضا و محیطزیست فراهم می‌کنند و نقش مهمی در نظارت، مدیریت بلایا، عملیات نظامی و پخش تلویزیونی ایفا می‌کنند. این فناوری، اتصال جهانی را ممکن ساخته و فهم ما از جهان را ارتقا می‌دهد، به‌طوری که بسیاری از کشورها برای اهداف مختلف اقدام به پرتاب ماهواره می‌کنند. *(Chetty, 2023, p. 27)*

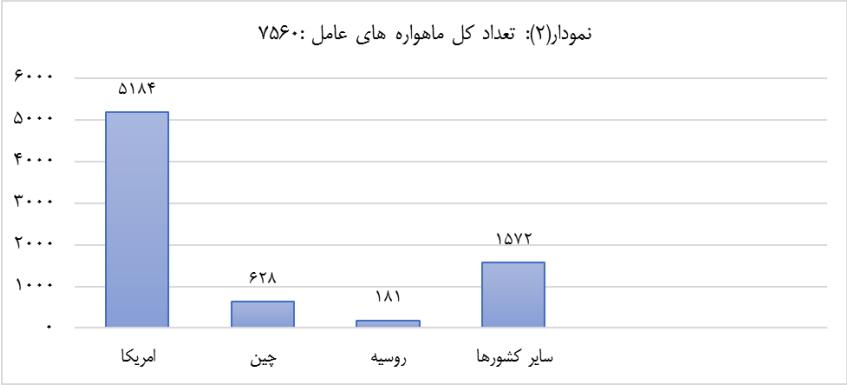
بر اساس داده‌های موجود، ایالات متحده و چین به ترتیب پیشتازان پرتاب ماهواره به فضا هستند. افزایش پرتاب‌های ماهواره‌ای نشان‌دهنده چشم‌اندازی رقابتی و پویا در حوزه فضایی است که اهمیت استراتژیک این قابلیت‌ها را برای اهداف نظامی و تجاری برجسته می‌کند و ضرورت نوآوری و

سرمایه‌گذاری مستمر در فناوری‌های فضایی را تأکید می‌نماید. بر اساس پایگاه‌داده ماهواره‌ای گردآوری شده توسط اتحادیه دانشمندان نگران *UCS*[1] تاکنون بیش از ۷۵۶۰ ماهواره عملیاتی در مدار زمین ثبت شده است که تعداد ماهواره‌های فعال از سال ۲۰۰۵ تقریباً یک برابر افزایش‌یافته است. *(UCS, 2024)*

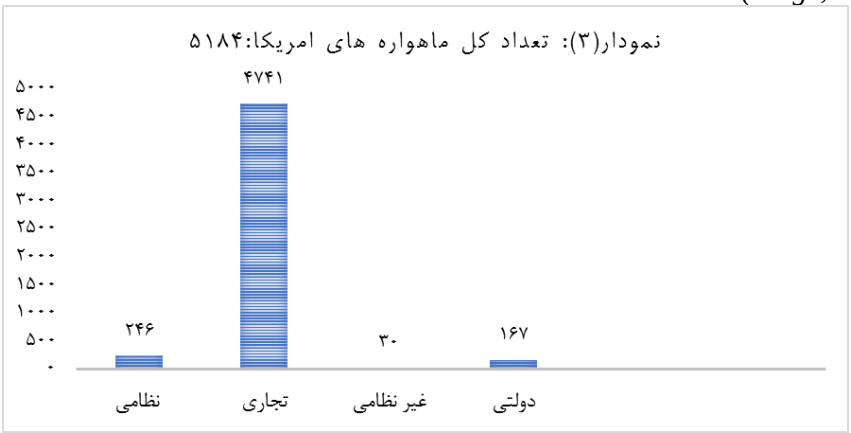


در حال حاضر، تقریباً ۷۰ درصد از ۷۵۶۰ ماهواره فعال تحت پرچم ایالات متحده هستند که عمدتاً تو سط بخش تجاری مدیریت می شوند. چین و رو سیه به ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارند که نشان‌دهنده تمرکز فضایی قوی این کشورها و رقابت روبه‌رشد در عرصه فناوری‌های فضایی است.

1 Union of Concerned Scientists

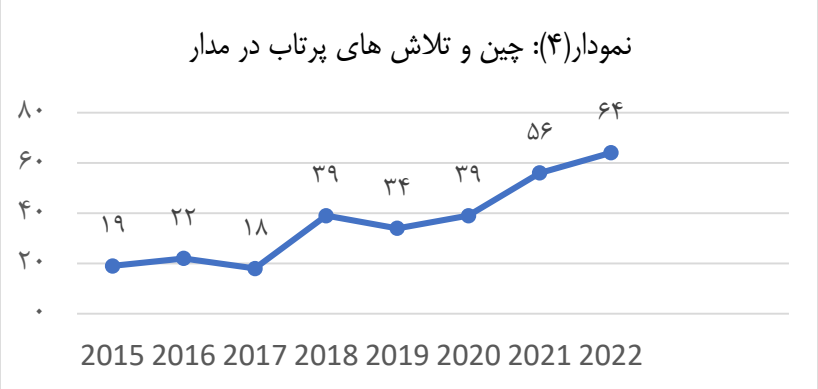


بیش از ۹۰ درصد از ماهواره‌های ایالات متحده تجاری هستند که عمدتاً به دلیل صورت فلکی ا ستار لینک[1] ست که حدود سه چهارم ناوگان ماهواره‌های تجاری ایالات متحده را ت شکیل می‌دهد. *(Grego, 2024)*



رصد ماهواره‌های چین دشوار است، زیرا اطلاعات رسمی محدود است، اما فعالیت نظامی و تجاری این ک شور در سال‌های اخیر برجسته بوده ا ست. در سال ۲۰۲۲، ایالات متحده با ۷۸ پرتاب (۷۲ موفق) در صدر جهان و چین با ٦٤ پر تاب (٦٢ موفق) در رتبه دوم قرار گرفتند. در زمینه ماهواره‌های دفاعی، چین ٤٥، ایالات متحده ۳۰ و روسیه ۱۵ ماهواره به مدار فرستادند. دقت آمار چین محدود است؛ برای مثال، هشت ماهواره «شیان» در ۲۰۲۲ با مأموریت‌های نامعلوم پرتاب شد. از مجموع ۱۸۲ ماهواره پرتاب‌شده توسط چین، ۵۵٪ تجاری بوده‌اند. *(HITCHENS, 2023)*

1 Star link



Data source:Breaking Defense indo-pacific(2023): https://breakingdefense.com/2023/01/china-tops-us-in-defense-related-satellites-orbited-in-2022-report/.

۲,٤.لانچر (پرتابگرها)

آمریکا و چین در توسعه پرتابگرهای سنگین پیشتاز هستند. در آمریکا، سیستم پرتاب فضایی اس‌ال‌اس (***SLS***)[1] و فالکون هوی[2] اسپیس‌ایکس نمونه‌های برجسته هستند. اس‌ال‌اس، موشکی فوق سنگین برای اکتشاف اعماق فضا، توانایی انتقال فضانوردان و محموله‌ها به ماه و مأموریت‌های رباتیک به مقاصدی مانند ماه، مریخ، زحل و مشتری را دارد. *(NASA, 2021)* این سیستم چندین پیکربندی دارد: بلوک ۱[3] با ظرفیت بیش از ۲۷ تن (۵۹،۵۰۰ پوند) به ماه، بلوک بی ۱[4] در حال توسعه با ظرفیت ۳۸ تن (۸۳۷۰۰ پوند) و بلوک ۲، برنامه‌ریزی‌شده برای حمل ٤٦ تن (۱۰۱،٤۰۰ پوند) به اعماق فضا. *(NASA, 2023)* فالکون هوی نیز موشکی فوق‌سنگین با ظرفیت ۲۸,۹ تن (٦۳،۸۰۰ پوند) به مدار است و شامل یک مرحله اول و دو بوستر قابل استفاده مجدد می‌باشد. *(spacex, 2024)*

چین نیز در توسعه پرتابگرها عقب نمانده و دارای ۲۳ نوع موشک حامل فعال است که بیشتر متعلق به خانواده لانگ مارچ[5] و تولید شرکت دولتی علوم و فناوری هوافضای چین هستند. لانگ مارچ ۵ اولین پرواز خود را در ۲۰۱٦ انجام داد و از ۲۷ دسامبر ۲۰۱۹ فعالیتش را از سر گرفت. طی

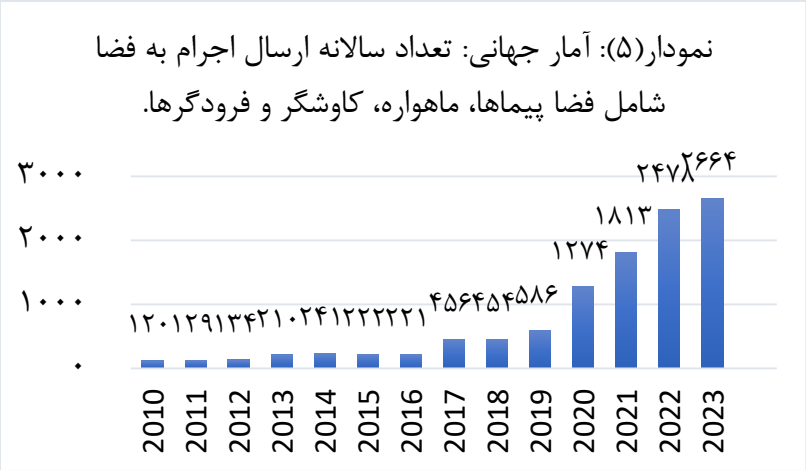
1 Space Launch System
2 Falcon Heavy
3 Block 1
4 Block 1B
5 Long March

سه سال بعد، این موشک کاوشگر مریخ تیانون-۱، کاوشگر ماه چانگ ای-۵، ماژول هسته ایستگاه فضایی تیانه[3] ماژول آزمایشگاهی ونشن[4] و منگشن[5] چین را به فضا پرتاب کرد. در ۲۰۲٤، لانگ مارچ ۵ از سایت پرتاب فضایی ونچانگ[6] در استان هاینان[7] ماهواره آزمایش فناوری ارتباط ۱۱ را به مدار فرستاد که اولین پرتاب چین در این سال بود. یک کارشناس فضایی مستقر در پکن به گلوبال تایمز گفت، این پرتاب با فرکانس بالا نشان‌دهنده کارایی و افزایش توانایی پرتاب موشک‌های بزرگ و محموله‌های سنگین چین و تقویت روزافزون قابلیت‌های فضایی کشور است. *(Xiaoci, 2024)*

لانگ مارچ ۵ از نوامبر ۲۰۱٦ توانایی و تطبیق‌پذیری خود را نشان داده است. پس از شکست جولای ۲۰۱۷ و تعمیرات اساسی، این موشک از دسامبر ۲۰۱۹ دوباره فعال شد و با پیکربندی پایه ۸٦ تن، قادر است ۲۵ تن به مدار پایین زمین یا ۱٤ تن به مدار انتقال ژئو سنکرون[8] حمل کند. برنامه فضایی چین تاکنون بیش از ۳۰۰ ماهواره غیرنظامی سنجش‌ازدور را با سری لانگ مارچ به مدار فرستاده است. *(Mansfield, 2023)*

اهمیت این لانچرها وقتی روشن می شود که آمار جهانی پرتاب‌ها را بررسی کنیم: بر اساس دفتر امور فضایی سازمان ملل، در سال ۲۰۲۳ تقریباً ۲٦٦٤ پرتاب محموله به فضا انجام شده که نشانگر تلاش‌ها برای بهره‌برداری و رقابت در فضای عمیق است.

1 Tianwen-1
2 Chang'e-5
3 Tianhe
4 Wentian
5 Mengtian
6 Wenchang
7 Hainan
8 geosynchronous



Data source: United Nations Office for Outer Space Affairs (2024): https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space.

همچنین این آمارها نشان می‌دهد که امریکا و چین دو کشور پیشتاز در ارسال محمولات جدید به فضا هستند.



Data source: United Nations Office for Outer Space Affairs (2024) https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space.

۳,٤.کاوشگرها و ربات‌ها

قدرتمندترین کاوشگرهای روباتیک آمریکا در فضا شامل مریخ نوردهای اکتشافی مریخ (*MER*)[1] و مریخ نورد آزمایشگاه علوم مریخ (*MSL*)[2] هستند. این کاو شگرها کمک قابل توجهی به درک ما از مریخ کرده اند و استانداردهای جدیدی را برای اکتشاف روباتیک در فضا تعیین کرده اند. برنامه ام ای آر شامل

1 Mars Exploration Rovers
2 Mars Science Laboratory

دو مریخ نورد اسـپریت[1] و آپرچینوتی[2] بود که در سـال ۲۰۰۳ پرتاب شـدند. اسـپریت در ژانویه ۲۰۰٤ و آپرچینوتی در ژانویه ۲۰۰٤ بر بر مریخ فرود آمدند؛ اسـپریت تا مارس ۲۰۱۰ و آپرچینوتی تا ژوئن ۲۰۱۸ فعال بود.*(NASA, 2019)* همچنین مریخ نورد ام اس ال با نام کنجکاوی که در نوامبر ۲۰۱۱ به فضـا پرتاب شد، در آگو ست ۲۰۱۲ بر روی مریخ فرود آمد. این کاو شگرها داده‌های گسترده‌ای از مریخ ارائه کرده و اسـتانداردهای اکتشـاف روباتیک را ارتقا داده‌اند. *(Rampe, 2018)* قدرتمندترین کاوشـگرهای روباتیک چین شامل ماموریت های تیان ون[3] یک و دو هـ ستند که بخ شی از برنامه جاه طلبانه اکت شافات ف ضایی چین هـ ستند. این مأموریت‌ها قابلیت‌های پی شرفته‌ای را در اکت شافات ف ضایی از جمله اکت شاف سیاره‌ای، پرواز سیارک‌ها و کاوشگرهای فضایی بین سیارگان نشان داده‌اند. تیان‌ون ۱ در ۲۳ ژوئیه ۲۰۲۰ پرتاب شد و شامل مدارگرد، دوربین قابل ا ستقرار و کنترل از راه دور، فرودگر و مریخ‌نورد ژورانگ[4] بود و در ۱۰ فوریه ۲۰۲۱ به مریخ رسید. ژورانگ، اولین مریخ‌نورد توسعه‌یافته توسط چین، مجهز به مته برای جمع‌آوری نمونه و دوربین برای تصویربرداری است. *(Clark, 2020)* تاکنون ایالات متحده حدود ۱۳۳ پرتاب کاو شگر موفق و چین حدود ۲۵ پرتاب دا شته‌اند؛ از این تعداد، تقریباً ۲۰ کاو شگر آمریکایی و ۸ کاوشگر چینی فعال هستند. **(***wikiwand, 2024***)**

٤,٤.رصد خانه‌های زمینی

ر صدخانه‌های حرفه‌ای آمریکا با بیش از ۳۵۰ مرکز فعال، طیف و سیعی از قابلیت‌ها از تصویربرداری و طیف سنجی تا ر صدهای رادیویی و خور شیدی ارائه می‌دهند و علاوه بر تحقیقات علمی، خدمات عمومی نیز ارائه می‌کنند. *(astronomy, 2024)* بنیاد ملی علوم[5] آمریکا(*NSF*) از امکانات مختلفی شامل ر صدخانه اینترامریکایی سـرو تولولو[6](*CTIO*)، رصـدخانه جمینی،[7] مرکز ملی نجوم و یونوسـفر (*NAIC*[8]) رصـدخانه آرسـیبو،[9] رصـدخانه ملی نجوم رادیویی[1] (*NRAO*)، رصـدخانه ملی نجوم نوری[1] (*NOAO*) و رصـدخانه

1 Spirit
2 Opportunity
3 Tianwen
4 Zhurong
5 National Science Foundation
6 Cerro Tololo Interamerican Observatory
7 Gemini
8 National Astronomy and Ionosphere Center
9 Arecibo
1 National Radio Astronomy Observatory
1 National Solar Observatory

ملی خورشـــیدی(*NSO*[1]) را پشـــتیبانی می‌کند. هر یک از این امکانات مجهز به تلســـکوپ‌ها و ابزارهای قدرتمندی **است** که برای انواع خاصی از تحقیقات نجومی مانند تصویربرداری، طیف‌سنجی، نجوم رادیویی و رصدهای خورشیدی طراحی شده‌اند. **(***NSF, 2023***)** نه رصدخانه پیشرفته آمریکا که دستاوردهای مهم نجومی داشـــته‌اند شـــامل رصـــدخانه لاول،[2] رصـــدخانه گریفیث،[3] مائوناکیا،[4] مک دونالد، کیت پیک،[5] پالومار،[6] لیک،[7] یرکس[8] و کوه ویلسون هستند. *(astrobackyard, 2024)*

چین دارای داده‌های دقیقی از تعداد رصـــدخانه‌ها نیســـت، اما رصـــدخانه ملی نجوم آکادمی علوم چین[9](*NAOC*) در آوریل ۲۰۰۱ از ادغام چهار رصدخانه، سه ایستگاه رصدی و یک مرکز تحقیقاتی، همه زیر نظر آکادمی علوم چین[10](*CAS*) تأســـیس شـــد. دفتر مرکزی در پکن و چهار واحد تابعه در سراسر کشور: رصدخانه یونان[11](*YNAO*)، موسسه اپتیک و فناوری نجومی نانجینگ[12](*NIAOT*)، رصـــدخانه نجومی ســـین کیانگ[13](*XAO*) و رصـــدخانه چانگچون،[14] رصـــدخانه کوه بنفش[15](*PMO*) و رصـــدخانه نجومی شـــانگهای[16](*SHAO*) هســـتند. مؤســـســـه‌های کاس جداگانه هســـتند، اما تابع استراتژی‌های دانشگاهی و سیاست‌های تحقیقاتی *NAOC* هستند تحقیقات اصلی مرکز ملی نجوم چین (*NAOC*) شـــامل ســـاختارهای کیهانی در مقیاس بزرگ، شـــکل‌گیری و تکامل کهکشـــان‌ها و ستارگان، اخترفیزیک پرانرژی، مغناطیس و فعالیت خورشیدی، اکتشافات ماه و اعماق فضا و توسعه ابزارهای نجومی اســـت. این مرکز دارای هفت بخش تحقیقاتی عمده در زمینه‌های نجوم نوری، نجوم رادیویی، کهکشان‌ها و کیهان‌شناسی، علوم فضایی، فیزیک خورشیدی، اکتشافات ماه و اعماق فضا و کاربردهای نجومی می‌باشد که بیش از ۵۰ گروه تحقیقاتی را شامل شده و آزمایشگاه‌های کلیدی مانند

1 National Solar Observatory
2 Lowell
3 Griffith
4 Maunakea
5 Kitt Peak
6 Palomar
7 Lick
8 Yerkes
9 National Astronomical Observatories of the Chinese Academy
1 Chinese Academy of Sciences 0
1 Yunnan 1
1 Nanjing Institute of Astronomical Optics and Technology 2
1 Xinjiang Astronomical Observatory 3
1 Changchun 4
1 Purple Mountain Observatory 5
1 Shanghai Astronomical Observatory 6

KASS، نجوم نوری، فعالیت خورشیدی و اکتشافات ماه و اعماق فضا را در خود جای داده‌اند.*NAOC* همچنین دارای سه ایستگاه رصد اصلی است: شینگ لونگ،[1] برای نجوم نوری و مادون قرمز، هووایرو،[2] برای مغ ناطیسی خورشی یدی؛ و میون،[3] برای نجوم رادیویی و داده های ماهواره‌ای. *(NAOC, 2023)*

امریکا وچین عمیقاً در برنامه اکتشاف فضا، از طراحی و مدیریت سیستم‌های محموله ماهواره‌ای اکتشاف تا دریافت، ذخیره و تجزیه‌وتحلیل داده‌های ارسال شده توسط این رصد خانه ها، درگیر بوده است.

٤،٥.تلسکوپ فضایی

رقابت در حوزه تلسکوپ‌های فضایی نمونه‌ای بارز از تقاطع علم، فناوری و ژئوپلیتیک در عصر گذار نظام بین‌الملل است. آمریکا و چین هر دو سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای در توسعه تلسکوپ‌های پیشرفته انجام داده‌اند که نه‌تنها ظرفیت علمی و پژوهشی این کشورها را افزایش می‌دهد، بلکه جایگاه آن‌ها در رقابت جهانی فناوری فضایی و دستر سی به داده‌های استراتژیک نجومی را تقویت می‌کند. آمریکا با پرتاب تلسکوپ جیمز وب[4] (*JWST*) در ۲۵ دسامبر ۲۰۲۱، برتری خود در رصد فرو سرخ اجرام منظومه شمسی، ستاره‌ها و سیارات فراخورشیدی را تثبیت کرد. *(Drake, 2021)*

برنامه‌های چین برای ساخت و توسعه تلسکوپ‌های فضایی بلندپروازانه است و هدف آن ارتقای چشمگیر توانایی‌های این کشور در نجوم نوری است. مانند پرتاب تلسکوپ مدولاسیون پرتو ایکس سخت[5] (*HXMT*) که به نام اینسایت[6] نیز شناخته می‌شود بدنبال ارتقای فناوری نجومی ***(NASA, 2021)*** ودو پروژه بزرگ، تلسکوپ تقسیم شده با دیافراگم گسترده[7] (*EAST*) و تلسکوپ فضایی شونتیان،[8] پروژه ایست[9] به رهبری دانشگاه پکن، باهدف ساخت بزرگ‌ترین تلسکوپ نوری در آسیا است. *(Jones, 2022)* در مجموع، رقابت بین آمریکا و چین در حوزه تلسکوپ‌های فضایی نشان‌دهنده تمرکز بر توسعه فناوری‌های پیشرفته نجومی و افزایش ظرفیت علمی و ژئوپلیتیکی این کشورها است. سرمایه‌گذاری‌های گسترده در *JWST* و *HXMT/CSST* و پروژه‌های نوری بزرگ مانند*EAST*، نه تنها

1 Xinglong
2 Huairou
3 Miyun
4 James Webb Space Telescope
5 The Hard X-ray Modulation Telescope
6 Insight
7 the Expanding Aperture Segmented Telescope
8 Xuntian
9 EAST

توانمندی علمی ملی را افزایش می‌دهند، بلکه موقعیت این کشورها در رقابت جهانی فناوری فضایی و دسترسی به داده‌های استراتژیک نجومی را نیز تقویت می‌کند. *(David, 2023)*

٦,٤. ایستگاه فضایی

تاکنون ایستگاه‌های فضایی فعال بشر شامل سالیوت و میر (اتحاد جماهیر شوروی)، اسکای لب (ایالات متحده) و ایستگاه فضایی بین‌المللی (*ISS*) بوده‌اند؛ ایستگاهی که با همکاری ١٦ کشور به رهبری آمریکا و روسیه ساخته شده است. تا آوریل ٢٠٢٤، ایالات متحده و چین رویکردهای متفاوتی در توسعه ایستگاه‌های فضایی نشان داده‌اند. آمریکا ایستگاه مستقل ندارد و به‌عنوان یکی از شرکای اصلی در ایستگاه فضایی بین‌المللی فعالیت می‌کند.*(Pace, 2023, p. 89)*

سپتامبر ٢٠١٠، پروژه ایستگاه فضایی سرنشین دار چین رسماً آغازشد. این ایستگاه، با نام تیانگونگ[1] شامل چندین ماژول است که اولین آن، تیانگونگ-١، در ٢٠١١ پرتاب شد. پس از ١١ سال تلاش، در ٢٩ آوریل ٢٠٢١، ماژول هسته‌ای تیانه[2] توسط موشک لانگ مارچ-٥ از سایت ون چان در هاینان به مدار زمین رسید و ساخت ایستگاه سرنشین‌دار چین را آغاز کرد. طبق برنامه، چین با ١١ پرتاب بین ٢٠٢١ تا ٢٠٢٢، مونتاژ ایستگاه را تکمیل و عملیات رسمی آن را شروع کرد. این برنامه فشرده و مبتکرانه بیش از ٤٠٠٠ پتنت و بیش از ٦٠ پروژه علمی و کاربردی فضایی موفق به ثبت رسانده و سطح فناوری فضایی چین را ارتقا داده است. از جمله دستاوردهای مهم، بازوهای رباتیک ابتکاری هستند که فضانوردان را در پیاده‌روی‌های فضایی یاری می‌کنند. *(CGTN, 2024)*

ایستگاه تیان گونگ به‌عنوان آزمایشگاه فضایی ملی و پلتفرمی برای همکاری علمی و فناوری بین‌المللی عمل می‌کند. اهداف اصلی مأموریت آن شامل موارد زیر است:

١. ساخت یک ایستگاه فضایی که به طور قابل‌اعتماد در مدار برای مدت طولانی کار کند که اساساً با ماژول هسته تیانه و ٢ ماژول آزمایشی ون شن[3] و منگ شن[4] پیکربندی شده است.
٢. تأمین سلامت و کارایی بلندمدت فضانوردان در محیط مداری.
٣. فراهم‌سازی زیرساخت لازم برای انجام آزمایش‌های چندرشته‌ای علمی و فناورانه (از جمله نظامی) در فضا. *(Wang, Zhang, 2023)*

1 Tiangong
2 Tianhe
3 Wentian
4 Mengtian

۷،٤.فناوری‌های پهپادی

پهپادها یا وسایل پرنده بدون سرنشین، با عملکرد مستقل یا نیمه‌مستقل، به‌واسطه‌ی تجهیزاتی مانند سامانه‌های کنترل پرواز، حسگرها، دوربین‌ها، پیوندهای ارتباطی، سامانه‌های پیشران و قابلیت حمل بار، طیفی از نمونه‌های مصرفی تا مدل‌های صنعتی و نظامی را در بر می‌گیرند. این فناوری از نظر اقتصادی (اشتغال و درآمد)، اجتماعی (ایمنی و نظارت) و محیط‌زیستی (حفاظت) اهمیت راهبردی دارد و همین مزایا رقابت جهانی برای برتری در فناوری پهپادی را تشدید کرده است. تعداد پهپادهای ثبت شده در امریکا و چین برای هریک به‌تنهایی بیش از ۸۰۰۰۰۰ است. این بدان معناست که به‌احتمال زیاد بیش از یک میلیون هواپیمای بدون سرنشین در ایالات متحده و همچنین چین وجود دارد.*(FAA, 2024)*

شرکت‌های چینی با حمایت دولت، ۹۰ درصد بازار پهپادهای مصرفی، ۷۰ درصد یا بیشتر بازار شرکتی و ۹۲ درصد بازار ایالتی و محلی را در دست دارند. شرکت دی‌جی‌ای (*DJI*) بیشترین سهم را داشته و پیشگام تولید پهپاد است، با در اختیار داشتن حدود ۸۰ درصد بازار آمریکا و ٦۰ درصد بازار جهانی. در سال ۲۰۲۲، بزرگ‌ترین صادرکنندگان پهپاد چین (۱,٤۸ میلیارد دلار)، آمریکا (۱۷۱ میلیون دلار)، هلند (۱٤۰ میلیون دلار)، هنگ‌کنگ (۱۲۳ میلیون دلار) و مالزی (۹۹,۹ میلیون دلار) و بزرگ‌ترین واردکنندگان آمریکا (۳۰۲ میلیون دلار)، آلمان (۱۵۸ میلیون دلار)، هلند (۱٥٦ میلیون دلار)، ژاپن (۱۲۳ میلیون دلار) و دانمارک (۱۲۰ میلیون دلار) بودند. (*Oec world, 2023*)

پیشتازی امریکا و چین تنها به صادرات و واردات خلاصه نمی شود. در طول دوره ۲۰۰۰–۲۰۲۱، بزرگ‌ترین کشورهایی که در ۲۳٥۲٦ نشریه در مورد فناوری هواپیماهای بدون سرنشین مشارکت داشتند، ایالات متحده (٥۰٤۷)، چین (۳۰۲۸) و بریتانیا (۱٤۱۱) بودند. وابستگان برتر عبارت‌اند از: مرکز ملی پژوهش های علمی فرانسه[1] (*CNRS*/۲۲۰)، آکادمی علوم چین (۲۲۰/چین) و دانشگاه بی هانگ[2] (۱٥۱/چین). در همین دوره، ٤۸٦۱۳ پتنت در سراسر جهان به ثبت رسید که تحت سلطه چین (۲۲۲۰۹)، ایالات متحده (۷۷۹۱) و جمهوری کره (٦۳۱۸) بودند. سه صاحب برتر فعلی پتنت در سال ۲۰۲۲ عبارت‌اند از دی‌جی‌آی[3](چین/۱۷۰٥)کوالکام (۸۹۱/ایالات متحده) و ال جی کره (۷٥۰). تولیدکنندگان

1 Centre National de la Recherche Scientifique
2 Beihang
3 DJI

آمریکایی در فضای پهپادهای نظامی مسلط هستند، درحالی‌که فضای پهپادهای تجاری متنوع‌تر است، چین نقش بزرگ‌تر و پررنگ‌تری دارد. شرکت‌هایی که معمولاً به‌عنوان تولیدکنندگان برتر پهپادهای تجاری شناخته می‌شوند عبارت‌اند از تری دی رباتیک[1] (ایالات متحده)، دی جی آی (چین)، پاروت[2] (فرانسه) و یونی سی[3] (چین)، درحالی‌که سازندگان هواپیماهای بدون سرنشین نظامی شامل بوئینگ (ایالات متحده)، لاکهید مارتین[4] (ایالات متحده آمریکا)، و شرکت نورثروپ گرومن[5] (ایالات متحده) است. *(United Nations Conference on Trade and Development, 2023, p. 142)*

در مجموع، شواهد مربوط به توسعه ماهواره‌ها، پرتابگرها، کاوشگرها، ایستگاه‌های فضایی و فناوری‌های پهپادی نشان می‌دهد که چین در حال افزایش ظرفیت فناورانه و کاهش فاصله خود با آمریکا در حوزه‌های مختلف هوافضاست. اهمیت این تحول زمانی به سطح راهبردی می‌رسد که این قابلیت‌ها بتوانند آسیب‌پذیری، وابستگی یا مزیت نسبی آمریکا را تحت تأثیر قرار دهند. واکنش آمریکا از طریق سرمایه‌گذاری، توسعه قابلیت‌های مقاوم فضایی، تقویت زیرساخت‌ها و گسترش همکاری‌های فناورانه و امنیتی با شرکا، نشان‌دهنده بازآرایی ظرفیت‌ها در پاسخ به این تغییرات است؛ فرایندی که در چارچوب مفهومی پژوهش حاضر مصداق بازتوازن فناورانه در حوزه هوافضا محسوب می‌شود.

5. تحولات فناوری هوافضا: رقابت اقتصادی و بازتوازن فناورانه

طی چهار دهه گذشته، چین از یک واردکننده فناوری به بازیگری پیشرو در برخی حوزه‌های نوآوری تبدیل شده است. این تحول حاصل هم‌افزایی سیاست‌های صنعتی دولت‌محور، سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و هدفمند در بخش‌های راهبردی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های ژئواکونومیک در تعاملات فرامرزی بوده است *(Zhang, 2024)*. این پیشرفت‌ها نه‌تنها توان فناورانه چین را ارتقا داده‌اند، بلکه بازارهای جهانی هوافضا و زنجیره‌های ارزش مرتبط با تجهیزات و خدمات فضایی را نیز دستخوش تحولات بنیادین کرده‌اند.

افزایش تقاضا برای خدمات فضایی، بازار فناوری فضایی را به عرصه‌ای رقابتی و راهبردی تبدیل کرده است. این بازار که حوزه‌هایی همچون مدار، سکوهای پرتاب، و سایل پرتاب و محموله‌ها را دربر

1 3D Robotics
2 Parrot
3 Yuneec
4 Lockheed Martin
5 Northrop Grumman Corporation

می‌گیرد و کارکردهای غیرنظامی، تجاری و نظامی را پوشش می‌دهد، از ۳۱۳,۴۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ به ۳۳٤,٤۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۲٤ افزایش یافته و پیش‌بینی می شود تا سال ۲۰۳۲ به ٥٦۱,۹٤ میلیارد دلار برسد. در سال ۲۰۲۳، سهم وسایل نقلیه فضایی ٦۷ درصد، بخش تجاری ٦۲ درصد و بخش ناوبری و نقشه‌برداری ۲۱ درصد بوده است. آمریکای شمالی با بیش از ٥٥ درصد، بزرگ‌ترین سهم بازار را در اختیار داشته و انتظار می‌رود منطقه آسیا–اقیانوسیه، با محوریت چین، در دوره ۲۰۲٤–۲۰۳۳ بیشترین رشد را تجربه کند *(Palwe, 2024, p. 133).* این روند نشان‌دهنده فرصت‌های اقتصادی گسترده و افزایش اهمیت منطقه آسیا–اقیانوسیه در زنجیره ارزش جهانی فناوری فضایی است.

در این رقابت، ایالات متحده با برخورداری از برنامه‌های فضایی بلندمدت و زیرساخت‌های نهادی گسترده، همچنان جایگاه پیشرو خود را حفظ کرده است. ارزش بازار فناوری فضایی آمریکا در سال ۲۰۲۳ حدود ۱۷۰,٦۳ میلیارد دلار برآورد شده و پیش‌بینی می شود تا سال ۲۰۳۳ به بیش از ۳٥٥,٥۱ میلیارد دلار برسد *(Borkar, 2024).* هم‌زمان، چین با توسعه بیش از ۱۰۰ شرکت تجاری هوافضا و کسب درآمد حدود ٤۰ میلیارد یوان (معادل ٦,٥ میلیارد دلار) در سال ۲۰۲۱، بخش تجاری خود را گسترش داده است. این در حالی است که درآمد سالانه شرکت‌های بزرگ دولتی این کشور، از جمله سی‌ای‌اس‌سی (شرکت علوم و فناوری هوافضای چین) و سی‌ای‌اس‌آی‌سی (شرکت علوم و صنعت هوافضای چین)، حدود ۳٥ میلیارد دلار بوده و حمایت از تجاری‌سازی نیز به‌طور مستمر افزایش یافته است *(ESA Space Economy, 2021).* پیش‌بینی می شود که از ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۸، صنعت هوافضای تجاری چین وارد دوره طلایی توسعه شود و بازار این کشور تنها در سال ۲۰۲٥ به ۲,۸ تریلیون یوان برسد. در سال ۲۰۲۳، ۲۲,۷٦۹ شرکت هوافضایی جدید تأسیس شدند که بیش از پنج برابر تعداد مشابه در سال ۲۰۱۹ است. شرکت‌های هوافضای چین عمدتاً در پکن، گوانگدونگ، شانشی، جیانگ سو و شانگهای مستقر هستند و از منظر زنجیره صنعتی، فعالیت‌های بالادست شامل پرتاب موشک، توسعه تجهیزات ماهواره‌ای و زمینی و عملیات ماهواره، و فعالیت‌های پایین‌دست شامل پیوندها و کاربردهای مرتبط با خدمات فضایی را پوشش می‌دهند.*(CGTN, 2024)*

علاوه بر این، فناوری پهپادی به‌عنوان یکی از زیرشاخه‌های مهم هوافضا، رقابت اقتصادی و بازتوازن فناورانه را تشدید می‌کند. ارزش بازار جهانی پهپادها در سال ۲۰۲٤ به ۲۹,۳ میلیارد دلار رسیده و پیش‌بینی می شود تا سال ۲۰۳۳ به ۲۲۳,٦ میلیارد دلار افزایش یابد. سهم آمریکا و چین در

سال ۲۰۲٤ به‌ترتیب ۷,۰۲ و ۷,۰٤ میلیارد دلار بوده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۳ به ۵۲,۳۱ و ۵۰,۳٤ میلیارد دلار برسد *(FactMR, 2024, p. 170)*. این رشد سریع، اهمیت اقتصادی فناوری‌های هوافضایی و شدت رقابت تجاری میان قدرت‌های پیشرو در این حوزه را نشان می‌دهد.

با توجه به رشد سریع چین در حوزه هوافضا و پهپادها و تأثیر آن بر رقابت اقتصادی جهانی، این پیشرفت‌ها، به‌ویژه در برخی حوزه‌های راهبردی، به ایجاد تهدیدات فناورانه و ژئوپلیتیکی نیز منجر شده‌اند و ضرورت بازتوازن فناورانه برای بازیگران رقیب، به‌ویژه ایالات متحده، را برجسته کرده‌اند. چین با سرمایه‌گذاری گسترده در فناوری‌های حساس و راهبردی، به‌ویژه سامانه‌های ضدماهواره *(ASAT)* مانند موشک ***SC-19*** و ماهواره‌های هم‌مدار، توانایی فضایی خود را به سطحی رسانده است که تهدیدی جدی برای منافع آمریکا محسوب می‌شود. آزمایش‌هایی مانند نابودسازی ماهواره هواشناسی ازکارافتاده در سال ۲۰۰۷ که بیش از ۳۰۰۰ قطعه زباله فضایی ایجاد کرد، دستیابی به قابلیت‌های مرتبط با مدار میانی زمین در سال ۲۰۱۳ و توسعه ماهواره‌های دوکاربرده شیجیان ۱۷ و ۲۱، نشان‌دهنده ظرفیت‌های پیشرفته نظامی و علمی چین و هم‌زمان افزایش ریسک‌های امنیتی و محیطی در مدار زمین است. این اقدامات می‌توانند به ازکارافتادن دارایی‌های فضایی یا ایجاد اختلال و تهدید در مدارهای حیاتی منجر شوند. علاوه بر ظرفیت‌های نظامی، چین پروژه‌های کلان فضایی مانند ایستگاه مستقل «تیانگونگ»، مأموریت‌های کاوش مریخ و شبکه‌های ماهواره‌ای اختصاصی را نیز دنبال کرده است؛ اقداماتی که در کنار اهداف فناورانه، در خدمت اهداف ژئوپلیتیکی و تقویت قدرت ملی این کشور نیز قرار دارند *(Golemo, 2024, p. 84)*. از منظر ژئوپلیتیکی، ارائه خدمات فضایی تجاری به کشورهای عضو طرح «کمربند و جاده» و توسعه «جاده ابریشم دیجیتال»، نفوذ فضایی چین را تقویت کرده و به گسترش حضور این کشور در زیر ساخت‌های فضایی و ارتباطی سایر کشورها انجامیده است. برنامه بلندپروازانه ایجاد پایگاه انسانی دائمی روی ماه تا ۲۰۳۰ نیز رقابت چین و آمریکا را در حوزه اکتشافات قمری تشدید کرده و فضا را به یکی از میدان‌های اصلی رقابت ژئوپلیتیکی قرن بیست‌ویکم تبدیل کرده است *(Eastin, 2023)*.

چین هم‌زمان با توسعه برنامه‌های فضایی داخلی، نفوذ بین‌المللی خود را نیز گسترش داده است. حتی با وجود برخی شکست‌ها، مانند پرتاب ناموفق ماهواره اندونزی در سال ۲۰۲۰، حضور فضایی چین در آفریقا و آسیا مورد توجه نهادهای امنیتی بین‌المللی قرار گرفته است. طبق ارزیابی پنتاگون، این

پروژه‌ها می‌توانند امکان جمع‌آوری داده‌های حساس، افزایش توانمندی‌های نظامی و ایجاد وابستگی کشورها به زیرساخت‌های ارتباطی چین را فراهم کنند. دسترسی پکن به ماهواره‌های بومی و خارجی، هماهنگی مؤثرتر عملیات نظامی و رصد دقیق‌تر تحرکات آمریکا را امکان‌پذیر می‌سازد؛ نمونه آن ماهواره‌ای است که در مصر مونتاژ شده و توانایی تصویربرداری دقیق از تمرینات نظامی مشترک با آمریکا را دارد.*(Primbani, Hermawan, 2024, p. 3)*

ایستگاه‌های زمینی خارج از چین، از جمله در اتیوپی و برنامه‌ریزی شده در نامیبیا، نقش مهمی در رهگیری موشک‌ها، نظارت بر دارایی‌های فضایی و هماهنگی عملیات فضایی دارند. این زیرساخت‌ها، در پیوند با شبکه‌های کابل زیردریایی و فناوری ***G5***، بخشی از معماری گسترده چین برای تقویت توان اطلاعاتی و راهبردی در فضا محسوب می‌شوند.*(Roulette, Baptista, Safty, 2025)*

هم‌زمان، برنامه‌های علمی چین در مرزهای دانش، شامل کشف سیگنال‌های احتمالی ماده تاریک از طریق ماهواره*DAMPE* ، مطالعه دوران تاریک کیهانی و بررسی اثرات طوفان‌های خورشیدی با مأموریت*SMILE* ، جایگاه این کشور را در میان قدرت‌های فضایی تثبیت کرده است *(Wang et al., 2024)*. در حوزه ارتباطات نیز، توسعه منظومه‌های ماهواره‌ای چین برای ارائه اینترنت پرسرعت، رقابت با منظومه استارلینک شرکت *SpaceX* را تشدید کرده و شرکت‌های خصوصی مانند *GalaxySpace*نیز در حال توسعه خدمات اینترنت ماهواره‌ای هستند؛ روندی که در کنار ابعاد تجاری، دارای پیامدهای ژئوپلیتیکی نیز است.

پیشرفت‌های فضایی چین، شامل توسعه سامانه‌های ضدماهواره، شبکه‌های ماهواره‌ای، مأموریت‌های علمی و پروژه‌های بین‌المللی، فشار اقتصادی و فناورانه قابل‌توجهی بر ایالات متحده ایجاد کرده است. در پاسخ، آمریکا با اجرای مجموعه‌ای از سیاست‌های بازتوازن فناورانه، از جمله توسعه سامانه‌های آگاهی فضایی*(SSA)* ، تقویت تاب‌آوری ماهواره‌ها در برابر تهدیدات سایبری و سایر تهدیدات فضایی و گسترش همکاری با شرکای بین‌المللی، تلاش می‌کند مزیت راهبردی و امنیت فضایی خود را حفظ کند. این رقابت فناورانه–ژئوپلیتیکی نه‌تنها آینده نظم فضایی و امنیت هوافضا را شکل می‌دهد، بلکه بر بازارهای فناوری فضایی و هوافضا نیز تأثیر مستقیم دارد و پیوند میان پیشرفت‌های فناورانه، رقابت اقتصادی و امنیت ملی را برجسته می‌سازد.

در عصر گذار، فناوری‌های فضایی به‌سرعت به یکی از میدان‌های راهبردی رقابت ژئوپلیتیکی میان قدرت‌های بزرگ، به‌ویژه ایالات متحده و جمهوری خلق چین، تبدیل شده‌اند. چین با توسعه سامانه ناوبری ماهواره‌ای *BeiDou* ، اجرای برنامه‌های بلندپروازانه فضایی، از جمله مأموریت‌های قمری و ساخت ایستگاه فضایی، در صدد گسترش نقش خود در معماری زیرساخت‌های فضاپایه در مقیاس جهانی است. این اقدامات صرفاً جلوه‌ای از رقابت فناورانه نیستند، بلکه در برخی حوزه‌ها می‌توانند بر موقعیت برتر ایالات متحده در فضا و دسترسی ایمن آن به داده‌های حیاتی، سامانه‌های ناوبری مستقل و شبکه‌های ارتباطی جهانی تأثیر بگذارند.

در واکنش به این روند، ایالات متحده با تکیه بر برنامه‌ها و ابتکارات راهبردی فضایی، توسعه زیرساخت‌های کلیدی شامل پرتابگرها، ماهواره‌ها و سامانه‌های فضاپایه را در دستور کار قرار داده است. هم‌زمان، تقویت شبکه‌های ارتباطی فضایی امن با هدف افزایش تاب‌آوری ارتباطات، ناوبری و امنیت داده‌های فضاپایه دنبال می‌شود. در تکمیل این تلاش‌ها، حمایت از تجاری‌سازی فناوری‌های فضایی در بخش‌های دفاعی و غیرنظامی، توسعه ظرفیت‌های بخش خصوصی و ایجاد شبکه‌های مقاوم و ایمن فضایی، به یکی از ارکان حفظ مزیت فناورانه و تثبیت جایگاه ژئوپلیتیکی ایالات متحده در عرصه فضایی تبدیل شده است.*(Cordesman, 2022)*

این راهبرد بازتوازن فناورانه را می‌توان در الگوی سرمایه‌گذاری فضایی دو کشور نیز مشاهده کرد. بر اساس داده‌های مقایسه‌ای، بودجه دولتی ایالات متحده برای برنامه‌های فضایی در سال ۲۰۲٤ حدود ۷۹,۷ میلیارد دلار برآورد شده است، در حالی که کل هزینه‌های فضایی چین در همان سال حدود ۱۹ میلیارد دلار گزارش شده است *(Statista, 2024).* این شکاف قابل توجه در تخصیص منابع مالی نشان می‌دهد که ایالات متحده، علی‌رغم رشد سریع ظرفیت‌های فضایی چین، همچنان با اتکا به توان اقتصادی و فناورانه خود در پی حفظ و تعمیق مزیت‌های موجود در حوزه‌هایی نظیر سامانه‌های ماهواره‌ای پیشرفته، زیرساخت‌های پرتاب و امنیت فضایی است.

علاوه بر تفاوت در سطح سرمایه‌گذاری، شاخص‌های عملیاتی نیز بیانگر تداوم بازآرایی ظرفیت‌های فضایی و تلاش آمریکا برای حفظ مزیت نسبی در برابر چین هستند. آمریکا در حال حاضر بیشترین تعداد ماهواره‌های فعال جهان را در اختیار دارد؛ بیش از ۳٤۰۰ ماهواره در برابر حدود ٥٤۰ ماهواره فعال چین برآورد شده است *(Copernical, 2023).* این برتری کمی، در کنار مزیت‌های

کیفی و زیرساختی، امکان دسترسی گسترده‌تر به ارتباطات، ناوبری، جمع‌آوری داده و عملیات نظامی فضاپایه را برای ایالات متحده فراهم می‌کند و در چارچوب پژوهش حاضر، یکی از مؤلفه‌های قابل مشاهده بازتوازن فناورانه آمریکا در برابر چین در حوزه فضا به شمار می‌رود.

علاوه بر تفاوت در سطح سرمایه‌گذاری، شاخص‌های عملیاتی نیز بیانگر بازتوازن فعال قدرت فضایی به نفع ایالات متحده هستند. آمریکا در حال حاضر بیشترین تعداد ماهواره‌های فعال جهان را در اختیار دارد (بیش از ۳۴۰۰ ماهواره)، در حالی که تعداد ماهواره‌های فعال چین حدود ۵۴۰ مورد برآورد می شود (*Copernical, 2023*). این برتری کمی و کیفی در دارایی‌های فضایی، امکان کنترل بهتر ارتباطات، ناوبری، جمع‌آوری داده و عملیات نظامی فضاپایه را برای ایالات متحده فراهم کرده و به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی بازتوازن فناورانه آمریکا در برابر چین در حوزه فضا عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری

بازار فناوری فضایی و هوافضا به‌شدت در حال رشد و رقابتی است، به‌طوری که افزایش درآمدها و سهم بازار در بخش‌هایی مانند وسایل نقلیه پرتاب، پهپادها و خدمات ماهواره‌ای، نشان‌دهنده گسترش فرصت‌های اقتصادی و تجاری‌سازی است. بخش‌های تجاری و غیرنظامی هوافضا، در کنار بخش‌های نظامی، به‌طور مداوم توسعه یافته و بازارهای جدیدی برای سرمایه‌گذاری و نوآوری ایجاد کرده و ساختار رقابت جهانی در فناوری فضایی را بازتعریف می‌کنند. سهم بالای آمریکا و رشد سریع چین، همراه با سرمایه‌گذاری‌های کلان و توسعه فناوری‌های دوکاربرده (نظامی–غیرنظامی)، رقابت اقتصادی و فشار برای بازتوازن فناورانه را تشدید کرده است. چین با ایجاد شرکت‌های هوافضایی متعدد، توسعه ماهواره‌های چندکاربره و افزایش فعالیت‌های تجاری و علمی، به‌تدریج بخشی از برتری سنتی آمریکا در فضا را به چالش می‌کشد و از این طریق بر توزیع قدرت فناورانه میان کشورها تأثیر می‌گذارد. فعالیت‌های نظامی–فضایی چین، از جمله توسعه سامانه‌های ضدماهواره و شبکه‌های ماهواره‌ای چندکاربره، فشار فناورانه و ژئوپلیتیکی قابل‌توجهی بر آمریکا وارد کرده و ضرورت اتخاذ راهبرد بازتوازن فناورانه، شامل توسعه سامانه‌های آگاهی فضایی، ماهواره‌های مقاوم و همکاری با شرکای بین‌المللی را آشکار می سازد. بنابراین، در چارچوب این پژوهش، بازتوازن فناورانه نه صرفاً پیامد رشد فناوری، بلکه حاصل واکنش راهبردی به تغییر قابلیت‌ها، تهدیدات فناورانه و تغییر در

مزیت نسبی در بستر رقابت فزاینده آمریکا و چین است. این رقابت، علاوه بر تأثیر بر ابعاد نظامی، علمی و اقتصادی، بر ساختار قدرت و امنیت بین‌المللی در حوزه فضا نیز تأثیر می‌گذارد و فناوری‌های هوافضا را به یکی از محورهای مهم رقابت جهانی در قرن بیست‌ویکم تبدیل کرده است

فهرست منابع

Astronomy(2024).U.S. Observatories: https://www.go-astronomy.com/observatories.htm.

Borkar,Rutuja (2024). Space Technology Market Size, Growth Factors, and Future Trends. linkedin.com: https://www.linkedin.com/pulse/space-technology-market-rutuja-borkar-x0kbf.

CGTN(2023). China and U.S. lead the world in number of AI enterprises: report: https://news.cgtn.com/news/2023-12-06/China-and-U-S-lead-the-world-in-number-of-AI-enterprises-report-1pjlSU3XXbi/index.html.

CGTN(2024). Exploring China Opportunities: China Space Station empowers aerospace industry of over $100 billion: https://news.cgtn.com/news/2024-03-10/China-Space-Station-empowers-aerospace-industry-of-over-100-billion-1rR6okPcgXC/p.html.

Chamberlain, M. E. (2014). Pax Britannica?: British Foreign Policy 1789-1914. Routledge.

Chetty, P. R. K. (2023). Satellite technology and its applications. Notion Press.

Clark, Stephen(2020). China launches robotic mission to orbit, land, and drive on Mars. Spaceflightnow: https://spaceflightnow.com/2020/07/23/china-launches-robotic-mission-to-orbit-land-and-drive-on-mars/.

Czajkowski, M. (2021). Anti-Satellite Weapons: A Political Dimension. Safety & Defense, 1, 107-116.

David, Leonard(2023). Chinese astronomers say their new space telescope will outdo Hubble. space.com: https://www.space.com/china-space-telescope-xuntian.

Del Canto Viterale, F. (2023). Transitioning to a new space age in the 21st century: A systemic-level approach. Systems, 11(5), 232.

Denis, G., Alary, D., Pasco, X., Pisot, N., Texier, D., & Toulza, S. (2020). From new space to big space: How commercial space dream is becoming a reality. Acta Astronautica, 166, 431-443.

Dolenci, D., & Öhman, S. (2024). Space and cybersecurity: Challenges and opportunities emerging from national strategy narratives. Space Policy, 70, 101648. https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2024.101648

Drake, Nadia(2021). The world's most powerful space telescope has launched at last. Nationalgeographic: https://www.nationalgeographic.com/science/article/at-long-last-the-james-webb-space-telescope-is-ready-to-launch.

Drezner, D. W. (2019). Technological change and international relations. International Relations, 33(2), 286-303.

Erickson, A. S. (2018). Revisiting the US-Soviet space race: Comparing two systems in their competition to land a man on the moon. Acta Astronautica, 148, 376-384. Chetty, P. R. K. (2023). Satellite technology and its applications. Notion Press.

Erickson, Andrew S(2024). Latest "Space Threat Fact Sheet" from Headquarters Space Force Intelligence. andrewerickson.com: https://www.andrewerickson.com/2024/09/latest-space-threat-fact-sheet-from-headquarters-space-force-intelligence/.

ESA Space Economy(2021). China's Space Sector: Commercialisation with Chinese Characteristics: https://space-economy.esa.int/article/102/chinas-space-sector-commercialisation-with-chinese-characteristics.

FAA(2024). Drones by the Numbers (as of 5/31/24): https://www.faa.gov/node/54496.

Factmr(2024). Global Drone Market Size: https://www.factmr.com/report/62/drone-market.

Freeman, C. P. (2025). The impact of US–China strategic competition on the idea of space as a "global commons". Frontiers in Space Technologies, 6, 1664300. https://doi.org/10.3389/frspt.2025.1664300

Goh, E. (2013). The struggle for order: Hegemony, hierarchy, and transition in post-cold war East Asia. Oxford University Press.

Golemo, K. (2024). The Dragon's Reach: China's Quest for Space Dominance. Astropolitics, 22(1-2), 84-101.

Grego, Laura(2024). Our Satellite Database Reaches a Milestone. We've Learned Much Along the Way: https://blog.ucsusa.org/lgrego/our-satellite-database-reaches-a-milestone-weve-learned-much-along-the-way/.

Hameiri, S., & Jones, L. (2016). Rising powers and state transformation: The case of China. European journal of international relations, 22(1), 72-98.

Harrison, T., Johnson, K., & Roberts, T. G. (2019). Space threat assessment 2019. Center for Strategic & International Studies.

HITCHENS, THERESA (2023). China tops US in defense-related satellites orbited in 2022: Report: https://breakingdefense.com/2023/01/china-tops-us-in-defense-related-satellites-orbited-in-2022-report/.

Holland, Katie(2024). Space Telescopes. Spacecentre: https://www.spacecentre.co.uk/news/space-now-blog/space-telescopes/.

Ikenberry, G. J. (2005). Power and liberal order: America's postwar world order in transition. International Relations of the Asia-Pacific, 5(2), 133-152.

Ikenberry, G. J. (2008). The rise of China and the future of the West-Can the liberal system survive. Foreign Aff., 87, 23.

Jones, Andrew(2022). China unveils plans for the largest optical telescope in Asia. space.com: https://www.space.com/china-expanding-optical-telescope-design.

Kaineg, S. (2020). The growing problem of space debris. Hastings Envt'l LJ, 26, 277.

Kocs, S. A. (2019). International order: a political history. Lynne Rienner Publishers, Incorporated.

Lemieux, F. (2025). Past and New Space Races: Geopolitics, Innovation, and the Contest for Space Supremacy.

Lu, Marcus(2024). The World’s Largest Economies: Comparing the U.S. and China. www.visualcapitalist.com: https://www.visualcapitalist.com/the-worlds-largest-economies-comparing-the-u-s-and-china/.

Mansfield, Simon(2023). China launches its tallest rocket, Long March 5, carrying Yaogan 41 satellite. Spacedaily: https://www.spacedaily.com/reports/China_launches_its_tallest_rocket_Long_March_5_carrying_Yaogan_41_satellite_999.html.

McCarthy, D. R. (2015). Power, information technology, and international relations theory: The power and politics of US Foreign policy and internet. Palgrave Macmillan.

Mielke, B. (2023). Advancing Space Security in the 21st Century-Private Actors and Governance of Space.

NAOC(2023). National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences : http://english.nao.cas.cn/au/history/.

NASA(2019). Opportunity's Mission Is Complete: https://mars.nasa.gov/mer/mission/rover-status/#recent

NASA(2021). Overview to the Hard X-ray Modulation Telescope (Insight-HXMT) Satellite: https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/missions/hxmt.html.

Nuechterlein, D. E. (2014). United States national interests in a changing world. University Press of Kentucky.

Oec world(2023).Exporters of Drones and Importers of Drones(2022): https://oec.world/en/profile/hs/drones.

Pace, S. (2023). Alternative futures for crewed space cooperation after the international space station. Journal of Space Safety Engineering, 10(1), 88-94.

Palwe ,Swapnil (2024). Global Space Technology Market Overview(Space Technology Market Research Report Information). marketresearchfuture.com: https://www.marketresearchfuture.com/reports/space-technology-market-8397#author.

Primbani, M., & Hermawan, E. (2024). Indonesia Space Program: Future Soft Power. Jurnal Syntax Transformation, 5(04), 577-587.

Rampe, E. (2018). NASA's Mars Science Laboratory Curiosity Rover Mission: Studying Ancient, Habitable Environments in Gale Crater: https://www.lpi.usra.edu/publications/newsletters/lpib/new/12414-2/.

Raswant, A., Nielsen, B. B., & Buckley, P. J. (2025). Space: a new frontier for international business. Journal of International Business Studies, 1-22.

Riordan, N., Machon, M., & Csajkova, L. (2023). Space diplomacy and the Artemis Accords. arXiv. https://arxiv.org/abs/2311.12137

Roulette, J., Baptista, E., El Safty, S., & Brock, J. (2025). China has forged nearly two-dozen pacts with African nations in its bid to surpass the U.S. in space. www.reuters.com: https://www.reuters.com/investigations/china-builds-/space-alliances-africa-trump-cuts-foreign-aid-2025-02-11

Russo, A., & Coco, D. (2023). Quantify how space mission influence geopolitical dynamics? A security and social policy approach. arXiv. https://arxiv.org/abs/2301.03538

Spacex(2024). FALCON HEAVY FIRST FLIGHT: https://www.spacex.com/vehicles/falcon-heavy/.

Swope, C., Bingen, K. A., Young, M., Chang, M., Songer, S., & Tammelleo, J. (2024). Space Threat Assessment 2024. Center for Strategic and International Studies (CSIS). https://www.csis.org/analysis/space-threat-assessment-2024.

Tammen, R. L., & Kugler, J. (2006). Power transition and China–US conflicts. The Chinese Journal of International Politics, 1(1), 35-55.

Tomja, A. (2014). Polarity and International System Consequences. Interdisplinary Journal of Research and Development, 1(1), 57-61.

UCS(2024). In-depth details on the 7,560 satellites currently orbiting Earth, including their country of origin, purpose, and other operational details : https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database.

Valente, M., Caviggioli, F., & Agostini, L. (2025). Space Economy and Sustainability: A Systematic Review. Sustainable Development.

Wang, X., Li, F., Li, Y., Hou, D., Wang, L., & Qin, X. (2024). Does inter-regional investment by publicly listed companies promote local technological catch-up? A study of the mediation effects of patents in China. Technology Analysis & Strategic Management, 36(2), 279-292

Wang, X., Zhang, Q., & Wang, W. (2023). Design and application prospect of China’s Tiangong space station. Space: Science & Technology:. https://spj.science.org/doi/full/10.34133/space.0035.

Weiss, C. (2005). Science, technology and international relations. Technology in Society, 27(3), 295-313.

Wu, X. (2020). Technology, power, and uncontrolled great power strategic competition between China and the United States. China International Strategy Review, 2(1), 99-119.
Xiaoci, Deng(2024). China's strongest rocket Long March-5 successfully sends satellite into orbit, embarking on high-frequency launching period in coming years. Global Times: https://www.globaltimes.cn/page/202402/1307581.shtml.
Zhang, H., & Wu, J. (2023). From industrial movies to social media discourses: alternative social imaginaries of industry and technology in China. Chinese Journal of Communication, 16(4), 410-425.
Gilpin, R. (1981). War and change in world politics. Cambridge University Press.https://doi.org/10.1017/CBO9780511664267
Gilpin, R. (2001). Global political economy: Understanding the international economic order. Princeton University Press.
Schweller, R. L. (2006). Unanswered threats: Political constraints on the balance of power. Princeton University Press.
Walt, S. M. (1987). The origins of alliances. Cornell University Press.
Waltz, K. N. (1979). Theory of international politics. Addison-Wesley.
Adria, M. (2010). Technology, nationalism, and identity. Journal of Information, Communication and Ethics in Society, 8(4), 311–323. https://doi.org/10.1108/14779961011071043
Capri, A. (2020). Techno-nationalism: The US–China tech rivalry. Hinrich Foundation.
Edgerton, D. (2007). The shock of the old: Technology and global history since 1900. Oxford University Press.
Farrell, H., & Newman, A. L. (2020). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. International Security, 44(1), 42–79.https://doi.org/10.1162/isec_a_00351
Moore, M. (2019). Techno-nationalism and global trade. Journal of International Economic Law, 22(3), 467–492. https://doi.org/10.1093/jiel/jgz020
Reich, R. B. (1987). The rise of techno-nationalism. The Atlantic Monthly, 259(5), 62–69.
Sacks, S. (2020). China’s cybersecurity strategy. Council on Foreign Relations.
Samuels, R. J. (1994). Rich nation, strong army: National security and the technological transformation of Japan. Cornell University Press.
Cordesman, A. H. (2022). The U.S., China, and the growing role of space in strategic competition. Center for Strategic and International Studies.
Copernical. (2023). Is the U.S. in a space race against China? Copernical. https://www.copernical.com/news-public/item/37538-2023-04-12-20-55-47

Statista. (2024). Governmental spending on space programs worldwide by leading countries. Statista. https://www.statista.com/statistics/745717/global-governmental-spending-on-space-programs-leading-countries/.

Kine, J. (2024). China’s expanding space ambitions and commercial space development. Korea Institute for National Economy Policy (KIEP).

Mallama, A. (2024). Satellite megaconstellations, space traffic, and strategic competition. Journal of Space Security Studies, 6(1), 15–34.

United Nations Conference on Trade and Development. (2023). World investment report 2023: Global trends and prospects. United Nations. https://unctad.org/publication/world-investment-report-2023.

AstroBackyard. (2024). Famous U.S. observatories and their contributions to astronomy. https://www.astrobackyard.com/famous-observatories.