ISSN:2821-1588 htpps://www.jadm.khadu.ir

Journal of Air Defense Management

Volume 5, Issue 17
Spring 2026
P.P. 141-168

Research Paper

The Role of Critical Mineral Resources in the Development of Advanced Smart Strategic Weapons and Its Impact on the Emergence of Geopolitical Rivalries

Marjan Badiee Azandahi[1], Masoud Bakhti[2], Mohammadreza Vafaee[3]

1. Associate Prof, Department of Political Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. **E-mail: Mbadiee@ut.ac.ir**
2. Master's student, Department of Political Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. **E-mail: Masoudbakhti58@gmail.com**
3. Master's student, Department of Political Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. **E-mail: Mr.mrvafaee@gmail.com**

Article Information

Received: 2025/06/26

Accepted: 2025/09/13

Keywords:

Critical Mineral Resources, Resource Geopolitics, Strategic Weapons, Smart Weapons.

Corresponding Author: Marjan Badiee Azandahi

Email: *Mbadiee@ut.ac.ir*

Abstract

Background & Purpose: The increasing demand for artificial intelligence hardware and new strategic armaments has intensified dependence on critical mineral resources such as gallium, neodymium, lithium, and cobalt, and has led to geopolitical competition over critical mineral resources and rare earth elements. China, holding a major share of the supply of these resources, is the main player. The United States and the European Union, in order to reduce their dependence on China, have been formulating strategies to secure the supply chains of their critical mineral resources from various regions and are striving to meet most of their needs from allied countries. Accordingly, the present research addresses the role of critical mineral resources in the manufacturing of new intelligent strategic armaments and its impact on the emergence of geopolitical rivalries.

Methodology: This research is applied in nature and has been conducted using a descriptive-analytical method. Data collection was carried out using library resources and reputable Persian and English scientific database. Additionally, Figma software was used to create the illustrations.

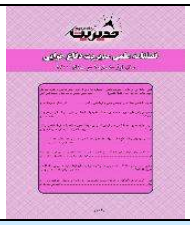
Findings: The trend of smartening and technological advancement in the construction of the structure and components of new strategic armaments are two main factors driving the increased need for critical mineral resources by major players such as China and the United States, which have intensified geopolitical competition over mineral resources

Conclusion: Smartening, as an inevitable trend, has established its position as a strategic necessity in the manufacturing of new strategic armaments with the aim of gaining superiority in future battlefields. This trend has increased the growing need for the production of artificial intelligence hardware that depends on critical mineral resources. Consequently, geopolitical competition to access and control these resources has entered a more complex phase and has led to the rearrangement of advanced technology supply chains at the international level

Citation: Badiee Azandahi, Marjan; Bakhti, Masoud; and Vafaee, Mohammadreza.(2026). The Role of Critical Mineral Resources in the Development of Advanced Smart Strategic Weapons and Its Impact on the Emergence of Geopolitical Rivalries. *Journal of Air Defense Management*, 5(17), 141-168.

ISSN:2821-1588 htpps://www.jadm.khadu.ir

فصلنامه علمی مدیریت دفاع هوایی
دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱۷
بهار ۱۴۰۵
صص ۱۴۱-۱۶۸



مقاله پژوهشی

نقش منابع معدنی حیاتی درساخت تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند و تاثیر آن بر بروز رقابت‌های ژئوپلیتیکی

مرجان بدیعی ازنداهی[۱]، مسعود بختی[۲]، محمدرضا وفائی[۳]

۱. دانشیار، گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.. **رایانامه:** Mbadiee@ut.ac.ir

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. **رایانامه:** Masoudbakhti58@gmail.com

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای سیاسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. **رایانامه:** Mr.mrvafaee@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۶/۲۲

کلیدواژه‌ها:
منابع معدنی حیاتی، ژئوپلیتیک منابع، تسلیحات استراتژیک، جنگ افزارهای هوشمند.

نویسنده مسئول:
مرجان بدیعی ازنداهی

ایمیل:
Mbadiee@ut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: افزایش تقاضا برای سخت‌افزارهای هوش مصنوعی و تسلیحات استراتژیک نوین، وابستگی به منابع معدنی حیاتی مانند گالیوم، نئودیمیوم، لیتیوم، وکبالت را تشدیدکرده است و به بروز رقابت‌های ژئوپلیتکی بر سر منابع معدنی حیاتی وعناصرکمیاب خاکی انجامیده است. چین با داشتن سهم عمده‌ای از تأمین این منابع، بازیگر اصلی است. ایالات متحده و اتحادیه اروپا برای کاهش وابستگی به چین، به تدوین استراتژی‌هایی جهت امنیت زنجیره‌های تأمین منابع معدنی حیاتی خود از مناطق گوناگون پرداخته و می‌کوشند بخش عمده‌ای از نیازهای خودرا ازکشورهای همسو تأمین کنند. بر این اساس، در پژوهش حاضر به نقش منابع معدنی حیاتی درساخت تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند و تاثیر آن بر بروز رقابت‌های ژئوپلیتیکی پرداخته می‌شود.

روش‌شناسی: این تحقیق ازنوع تحقیقات‌کاربردی است و با شیوه توصیفی تحلیلی انجام شده است. گردآوری اطلاعات با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و پایگاه های علمی معتبر فارسی و انگلیسی است. همچنین برای ترسیم تصاویر از نرم‌افزار فیگما استفاده شده است.

یافته‌ها: روند هوشمندسازی و ارتقای فناوری در ساخت سازه و اجزای تسلیحات استراتژیک نوین، دو عامل اصلی در افزایش نیازمندی به منابع معدنی حیاتی برای بازیگران بزرگی همچون چین و آمریکا هستند که موجب تشدیدرقابت ژئوپلیتیکی برسرمنابع معدنی شده‌اند.

نتیجه‌گیری: هوشمندسازی، به عنوان روندی اجتناب‌ناپذیر، جایگاه خود را به‌مثابه الزامی راهبردی در ساخت تسلیحات استراتژیک نوین با هدف کسب برتری در میادین نبرد آینده تثبیت کرده است. این روند، نیاز فزاینده به تولید سخت‌افزارهای هوش مصنوعی که وابسته به منابع معدنی حیاتی هستند را افزایش داده است. در نتیجه، رقابت ژئوپلیتیکی برای دستیابی و کنترل این منابع وارد مرحله‌ای پیچیده‌تر شده و به بازآرایی زنجیره‌های تأمین فناوری‌های پیشرفته در سطح بین‌المللی انجامیده است.

استناد: بدیعی ازنداهی، مرجان؛ بختی، مسعود و وفایی، محمدرضا.(۱۴۰۵). نقش منابع معدنی حیاتی درساخت تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند و تاثیر آن بر بروز رقابت‌های ژئوپلیتیکی. *فصلنامه مدیریت دفاع هوایی*، ۵(۱۷)، ۱۴۱-۱۶۸.

مقدمه

رقابت‌های جهانی بر سر منابع معدنی حیاتی و عناصر کمیاب خاکی در دهه‌های اخیر به یکی از موضوعات محوری در زمینه توسعه فناوری تبدیل شده است. چین به دلیل تسلط بر بخش قابل توجهی از این منابع، به عنوان یک بازیگر موثر در این عرصه شناخته می‌شود. در این میان، همسویی بین ایالات متحده و اتحادیه اروپا در برابر چین تلاشی است برای کنترل و تأمین این منابع حیاتی. وضعیت یادشده به چین امکان می‌دهد تا از این منابع به عنوان ابزاری در راستای اهداف سیاسی خود بهره‌برداری کند. در پاسخ به این چالش، اتحادیه اروپا و ایالات متحده در حال توسعه استراتژی‌ها و سیاست‌های جدید برای تقویت ظرفیت‌های داخلی و کاهش وابستگی به تأمین‌کنندگانی مانند چین هستند. به عنوان مثال، اتحادیه اروپا برنامه‌ریزی کرده تا حداقل ۶۵ درصد از نیازهای خود به عناصر خاکی کمیاب را از کشورهای دوست تأمین کند و قوانین مختلفی برای تحقق استقلال در تأمین منابع حیاتی تصویب کرده است (کمیسیون اروپا، ۱۳۹۹). از سوی دیگر، ایالات متحده با هدف تبدیل شدن به تأمین‌کننده کلیدی در تولید سخت‌افزارهای هوش مصنوعی، سرمایه‌گذاری‌های کلانی در پروژه‌های داخلی انجام می‌دهد و به دنبال ایجاد زنجیره‌های تأمین محلی است. تشدید رقابت در زمینه ساخت تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند به گونه‌ای است که ایالات متحده، اتحادیه اروپا و چین بر روی تأمین منابع لازم برای تولید تسلیحات پیشرفته به شدت متمرکز هستند. به بیان ساده‌تر، انواع جنگ افزارهای نسل جدید مبتنی بر هوش مصنوعی به عنوان تغییردهندگان بازی جنگ، در حال ظهور و تثبیت جایگاه خود هستند. افزایش کاربرد هوش مصنوعی در تجهیزات نظامی، وابستگی کاملی به منابع معدنی حیاتی مانند لیتیوم وکبالت دارد. ازآنجایی که کسب برتری در میادین نبرد، هدف اصلی تمامی قدرت‌ها است؛ افزون بر عرصه‌های پیشین رقابت ژئوپلیتیکی، اینک ژئوپلیتیک منابع معدنی نیز صحنه جدید رقابت برسر دسترسی و دستیابی به منابع معدنی‌حیاتی می‌باشد. همچنین تامین این منابع، قادر است چگونگی و سرعت پیشرفت هر یک از بازیگران، اعم از دولتی و غیردولتی را در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی تعیین نماید. بنابراین به خوبی می‌توان دریافت که شرایط موجود، رقابت ژئوپلیتیکی بر سر منابع معدنی حیاتی را تشدید نموده است.

با وجود مطالعات گسترده در حوزه هوش مصنوعی، تسلیحات نوین و ژئوپلیتیک منابع، بیشتر پژوهش‌های پیشین هر یک تنها به بخشی از این ابعاد پرداخته‌اند و خلأیی جدی در بررسی هم‌زمان و مدل‌محور پیوند میان آن‌ها وجود دارد. در واقع، هنوز روشن نشده است که چگونه گسترش کاربرد هوش مصنوعی در تسلیحات استراتژیک نوین، وابستگی به منابع

معدنی حیاتی را تشدید کرده و چگونه این وابستگی خود به عامل اصلی رقابت ژئوپلیتیکی بدل شده است. چنانچه این خلأ پژوهشی پر نشود، درک تحولات آینده برای تسلط بر منابع معدنی حیاتی و تحلیل رقابت قدرت‌ها برای دستیابی به تسلیحات نوین هوشمند ناقص خواهد ماند و نقش تعیین‌کننده منابع معدنی در بازآرایی زنجیره‌های تأمین جهانی و برتری نظامی مغفول می‌ماند. بر این اساس، هدف اصلی این تحقیق ارائه الگویی مفهومی برای تبیین این پیوند سه‌جانبه و نشان دادن ابعاد رقابت ژئوپلیتیکی بر سر منابع حیاتی در سطح بین‌المللی است.

پیشینهٔ پژوهش

در دهه‌های اخیر، روندهای شتابان فناورانه و امنیتی موجب دگرگونی چشمگیری در الگوهای قدرت و رقابت ژئوپلیتیکی در نظام بین‌الملل شده است. یکی از جلوه‌های این تحول، افزایش وابستگی به منابع معدنی حیاتی در پی رشد فناوری‌های نوینی چون هوش مصنوعی و تسلیحات استراتژیک هوشمند است. کاربرد نظامی فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، از جمله در جنگنده‌های نسل ششم، پهپادهای خورشیدی و سامانه‌های تسلیحاتی هوشمند، نیاز فزاینده‌ای به عناصر معدنی نادر و فلزات حیاتی ایجاد کرده است. این وابستگی فناورانه به منابعی چون نئودیمیوم، لیتیوم، کبالت و گالیوم، سطحی نو از رقابت ژئوپلیتیکی را میان قدرت‌های بزرگ رقم زده و زنجیره‌های تأمین جهانی را به میدان تقابل‌های راهبردی بدل کرده است (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۴۰۲).

ژئوپلیتیک و رقابت‌های ژئوپلیتیکی؛ پیتر تیلور ژئوپلیتیک را «مطالعه توزیع جغرافیایی قدرت در میان کشورهای جهان، به‌ویژه رقابت میان قدرت‌های بزرگ و اصلی» می‌داند. ایولاکست نیز می‌نویسد: «من چیزی را ژئوپلیتیک می‌نامم که با رقابت، قدرت و سرزمین مرتبط باشد». همچنین پیروز مجتهدزاده ژئوپلیتیک را معادل سیاست جغرافیایی دانسته و آن را چنین تعریف می‌کند: «ژئوپلیتیک یا سیاست جغرافیایی، اثر محیط و اشکال یا پدیده‌های محیطی چون موقعیت جغرافیایی، شکل زمین، منابع کمیاب، امکانات ارتباطی و انتقالی (زمینی، دریایی، هوایی و فضایی)، وسایل ارتباط جمعی و ... را بر تصمیم‌گیری‌های سیاسی، به‌ویژه در سطوح گسترده منطقه‌ای و جهانی، مطالعه و بررسی می‌کند» (حافظ‌نیا، ۱۴۰۱: ۳۷-۲۹).

در مباحث ژئوپلیتیکی، رقابت به‌عنوان پدیده‌ای بنیادین در روابط انسانی و بین‌المللی، به وضعیتی گفته می‌شود که در آن دو یا چند بازیگر برای دستیابی به منابع، قدرت، نفوذ یا جایگاه برتر در حوزه‌ای خاص تلاش می‌کنند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). رقابت می‌تواند در

قالب‌های گوناگونی همچون رقابت اقتصادی، سیاسی، نظامی و علمی ظهور یابد و گاه به‌صورت همزیستی مسالمت‌آمیز و گاه در قالب تقابل مستقیم و منازعه بروز کند (مرشایمر، ۱۳۸۸). رقابت ژئوپلیتیکی عبارت است از تلاش مستمر دولت‌ها و بازیگران فراملی برای تأمین، تثبیت و گسترش منافع خود در یک منطقه جغرافیایی مشخص یا در سطح بین‌المللی (فلینت، ۱۳۹۰). در این نوع رقابت، عوامل جغرافیایی، منابع طبیعی، موازنه قدرت و ساختارهای ژئوپلیتیکی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (برژینسکی، ۱۳۹۷). از دیدگاه کلاوس دادز، رقابت ژئوپلیتیکی شامل تلاش کشورها برای تأثیرگذاری بر محیط استراتژیک خود از طریق دیپلماسی، اقتصاد یا ابزارهای نظامی است (دادز، ۱۳۹۶).

در مجموع، رقابت ژئوپلیتیکی از ترکیب سه عنصر قدرت، فضا و منافع ملی شکل می‌گیرد؛ اما در دوران معاصر، با ورود عوامل جدیدی همچون فناوری‌های پیشرفته، هوش مصنوعی و جنگ‌های اقتصادی، ابعاد پیچیده‌تری یافته است..

منابع معدنی حیاتی و ژئوپلیتیک منابع؛ منابع معدنی به مواد کانی موجود در پوسته زمین اطلاق می‌شوند که می‌توانند به عنوان مواد خام برای تولید محصولات گوناگون مورد استفاده قرار گیرند. این منابع شامل فلزات، سوخت‌های فسیلی، مواد غیرفلزی و سنگ‌ها هستند (بایزیدی، ۱۳۹۹). در این زمینه با مفهوم منابع معدنی حیاتی روبه‌رو هستیم. هرچند در طول سال‌ها تلاش‌های متعددی برای توصیف و طبقه‌بندی منابع معدنی صورت گرفته، اما هیچ تعریف مورد توافق جهانی برای «حیاتی بودن» منابع معدنی وجود ندارد. حیاتی بودن این منابع در طول زمان و بسته به نیازهای جامعه و میزان دسترسی به عرضه تغییر می‌کند. با افزایش جمعیت جهان، بهبود سطح زندگی و توسعه فناوری‌ها، کاربردهای جدیدی برای منابع معدنی پدید آمده است که تقاضای جهانی برای مواد معدنی، به ویژه در کشورهایی مانند چین، را به شدت افزایش داده است (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۴۰۰).

با این حال، علی‌رغم پیشرفت‌های حاصل شده در استخراج و بازیافت منابع معدنی، دستیابی به منابع معدنی حیاتی همچنان به دلیل محدودیت‌های جغرافیایی، اجتماعی و سیاسی و همچنین عدم توزیع متوازن معادن این منابع، با چالش مواجه است. این چالش، افزون بر مشکلات دسترسی، به شکل‌گیری رقابت‌های ژئوپلیتیکی بر سر منابع معدنی حیاتی انجامیده است (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده[1]، ۱۴۰۰). سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، منابع معدنی حیاتی را آن دسته از مواد معدنی اصلی و کلیدی می‌داند که برای تأمین

[1]. U.S. Geological Survey (USGS)

امنیت ملی، توسعه پایدار، اقتصاد و تولید فناوری‌های پیشرفته ضرورتی حیاتی دارند، اما ریسک عرضه آن‌ها بالاست (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۳۹۶). ریسک عرضه شامل عواملی چون افزایش تقاضا، تمرکز زنجیره‌های تأمین و نوسانات قیمت می‌شود (وزارت بازرگانی، انرژی و راهبرد صنعتی بریتانیا، ۱۴۰۱).

با همه این تفاسیر، بحرانی بودن یک ماده معدنی برای هر کشور و در زمینه‌های گوناگون، امری منحصربه‌فرد است و عواملی همچون میزان غنای ذخایر معدنی، اهمیت نسبی آن منابع برای توسعه صنعتی و اقتصادی، و همچنین ارزیابی استراتژیک تهدیدات عرضه، بر آن اثرگذارند (هندری‌واردانی و رمدو[1]، ۱۴۰۱). در تعیین مصادیق منابع معدنی حیاتی، دو رویکرد کلی مبتنی بر تقاضا و عرضه وجود دارد. رویکرد اول، خاص کشورهای توسعه‌یافته صنعتی نظیر ایالات متحده، ژاپن و کشورهای اروپایی است. در این کشورها، به دلیل وابستگی فناوری و صنایع پیشرفته به منابع معدنی از یک سو و نبود ذخایر کافی این منابع در قلمرو ملی از سوی دیگر، واردات‌محوری شکل می‌گیرد. این وضعیت، زنجیره تأمین را در برابر اختلالات عرضه آسیب‌پذیر می‌سازد و در نتیجه، رویکرد «امنیت و کنترل عرضه» را به عنوان مبنای حیاتی بودن منابع معدنی تثبیت کرده است.

رویکرد دوم، «ارزش استراتژیک» نام دارد و مختص کشورهایی است که حجم قابل توجهی از منابع معدنی (که به شکلی نامتوازن و نابرابر توزیع شده‌اند) را در اختیار دارند. این منابع، به کشور دارنده، مزیت رقابتی در زنجیره تأمین جهانی و قدرت بازیگری برای تأمین منافع استراتژیک خود می‌بخشد. از جمله کشورهای دارای این رویکرد می‌توان به چین، کانادا و استرالیا اشاره کرد (هندری‌واردانی و رمدو، ۱۴۰۱). علاوه بر موارد یادشده، معیارهای متعددی برای طبقه‌بندی یک منبع معدنی به عنوان «منبع حیاتی» یا دارای «ارزش استراتژیک» وجود دارد. این معیارها متأثر از عوامل گوناگونی هستند که مهم‌ترین آنها در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول۱. معیارهای تعیین کننده حیاتی یا استراتژیک بودن یک منبع معدنی

ابعاد	عواملی که باید در نظر گرفت
اقتصادی	امنیت اقتصادی مزیت استراتژیک یا رقابتی اهداف توسعه صنعتی اهداف توسعه اجتماعی

[1] Hendriwardani, M, & Ramdoo

	نیازهای توسعه زیرساختی
زنجیره تامین	خطرات عرضه و اسیب پذیری وابستگی به واردات تمرکز جغرافیایی تولید و فراوری (پالایشگاه) وجود مواد معدنی جایگزین و حفظ دسترسی آسان به منابع آن ایجاد فرصت در زنجیره ارزش
فناوری	ضرورت به کارگیری فن‌آوری های پاک مورد نیاز برای نیل به وضعیت کاهش آلایندگی های کربنی نوآوری های تکنولوژیکی و جایگزین های معدنی در حال ظهور
ژئوپلیتیکی	ملاحظات امنیت ملی خطرات ملی گرایی منابع و ذخیره سازی فراتر از نیاز تکانه های بیرونی و بازآرایی ژئوپلیتیکی
زمین شناسی	غنای منابع معدنی در دسترس بودن ذخایر و ظرفیت استخراج مکان و کیفیت سنگ معدن، محتوای فلز یا مواد معدنی و میزان تخلیه

منبع: (هندریواردانی و رامدو، ۱۴۰۱)

همچنین در این زمینه با عناصر کمیاب خاکی[1] روبه‌رو هستیم. این عناصر که با لانتانیوم آغاز می‌شوند، به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود به لانتانیدها شهرت دارند و در بسیاری از فرآیندهای صنعتی و فناورانه، به‌ویژه در تولید محصولات پیشرفته، نقشی کلیدی ایفا می‌کنند (کربس[2]، ۱۳۸۵: ۲۷۵–۲۷۶). برای نمونه، از عناصر کمیاب خاکی در کاربردهای گوناگونی استفاده می‌شود: ساخت آهنرباهای بسیار قدرتمند برای موتورها و ژنراتورهای پیشرفته؛ نسل جدید توربین‌های بادی جهت تولید انرژی تجدیدپذیر؛ فیبرهای نوری در صنعت مخابرات برای انتقال داده‌ها؛ لامپ‌های کم‌مصرف به منظور کاهش مصرف انرژی؛ کاتالیست‌های پالایشگاهی در فرآیندهای تصفیه نفت و گاز؛ نمایشگرهای دیود نوری در تلویزیون‌ها و گوشی‌های هوشمند؛ باتری‌ها و سیستم‌های الکتریکی در خودروهای هیبریدی و الکتریکی؛ تجهیزات تصویربرداری پزشکی و درمان‌های نوین؛ تولید انواع سرامیک‌های پیشرفته در صنایع مختلف از جمله الکترونیک و فضانوردی؛ و همچنین بهبود خواص مکانیکی و شیمیایی فلزات در صنایع مدرن متالورژی (میراحمدی و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۵۲–۲۵۳). در مجموع می‌توان گفت عناصر کمیاب خاکی در بسیاری از جنبه‌های زندگی مدرن و

---

[1]. عناصرکمیاب خاکی شامل: لانتانیوم، نئودیمیم، یوروپیوم،سریوم، هولمیوم، اربیوم، تالیوم، ایتربیوم و لوتتیوم، پراسئودیمیوم، پرومتیوم، ساماریوم، اسکانیوم دیسپروسیوم، گادولینیوم، ایتریوم و تربیوم می‌باشند(سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۴۰۱).

[2]. Kreb

فناوری‌های نوین نفوذ کرده‌اند و نه تنها به بهبود عملکرد محصولات گوناگون کمک می‌کنند، بلکه توسعه فناوری‌های جدید و پایدار را نیز امکان‌پذیر می‌سازند.

شایان ذکر است، رقابت بر سر منابع، اعم از منابع حیاتی و عناصر کمیاب خاکی، به «ژئوپلیتیک منابع» شکل می‌دهد. ژئوپلیتیک منابع به مطالعه و تحلیل تأثیر منابع طبیعی (مانند آب، نفت، گاز و فلزات کمیاب) بر سیاست‌ها و روابط بین‌الملل می‌پردازد. این حوزه از مطالعات نشان می‌دهد که چگونه توزیع و دسترسی به منابع طبیعی می‌تواند به روابط قدرت و تعارضات منابع میان کشورها شکل دهد. اندیشمندان متعددی به اهمیت منابع معدنی و نقش آن در عرصه رقابت‌های جهانی پرداخته‌اند. به‌عنوان نمونه، عزتی می‌نویسد: «مکیندر در نظریه خود موسوم به "هارتلند"، بر اهمیت منابع طبیعی، به‌ویژه منابع معدنی، در منطقه اوراسیا از نظر ژئوپلیتیکی بسیار تأکید داشت» (عزتی، ۱۳۷۱: ۶۸). در دوران معاصر، مایکل کلر در کتاب «جنگ‌های منابع: چشم‌انداز منازعه جهانی» به تفصیل به تأثیرات منابع معدنی بر سیاست‌های جهانی پرداخته است. او معتقد است دسترسی به منابع معدنی استراتژیک مانند نفت و گاز می‌تواند موجب رقابت و حتی درگیری‌های نظامی میان کشورها شود (کلر، ۱۳۸۰: ۴).

بنابراین، منابع طبیعی و معدنی به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی جغرافیایی یک کشور، تأثیر قابل‌توجهی بر معادلات قدرت در عرصه بین‌الملل دارد. به همین دلیل، هانس مورگنتا از عوامل متعددی به‌عنوان عوامل تولید قدرت ملی نام می‌برد که دو تن از مهم‌ترین این عوامل را جغرافیا و منابع طبیعی معرفی می‌کند. منابع طبیعی نه‌تنها زیرساخت‌های اقتصادی و توانمندی‌های صنعتی یک کشور را تقویت می‌کنند، بلکه در تعیین راهبردهای ژئوپلیتیکی نیز نقش اساسی ایفا می‌نمایند. به این ترتیب، دسترسی به منابع معدنی و طبیعی و نحوه بهره‌برداری از آنها می‌تواند تعیین‌کننده قدرت ملی و نفوذ یک کشور در عرصه جهانی باشد (مشیرزاده، ۱۳۹۳: ۹۹). نتیجه آنکه، ژئوپلیتیک منابع به مطالعه روابط پیچیده میان جغرافیا، منابع طبیعی (به‌ویژه منابع معدنی) و سیاست‌های ملی و بین‌المللی می‌پردازد. این حوزه از مطالعات نشان می‌دهد که چگونه دسترسی یا عدم دسترسی به منابع معدنی به خودی خود می‌تواند عرصه‌ای از رقابت‌های ژئوپلیتیکی باشد.

هوش مصنوعی؛ هوش مصنوعی به عنوان شاخه‌ای از علوم کامپیوتر، به دنبال ایجاد سیستم‌هایی است که قادر به انجام وظایف نیازمند هوش انسانی هستند. ماروین مینسکی یکی دیگر از پیشگامان این حوزه، آن را علم ساخت ماشین‌هایی می‌داند که کارهایی انجام دهند که اگر توسط انسان‌ها انجام شود، نیازمند هوش باشد (مینسکی[1]، ۱۳۶). جان

---

[1] Minsky

مک‌کارتی هوش مصنوعی را مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و مفاهیم کامپیوتری می‌داند که به آن امکان می‌دهد تا به شکلی کاملاً انعطاف‌پذیر و هوشمندانه عمل کند(مک‌کارتی[1]، ۱۳۸۶).

پیشینه تجربی

با وجود رشد چشمگیر پژوهش‌ها در حوزه هوش مصنوعی، تسلیحات نوین و ژئوپلیتیک منابع، همچنان کمبود مطالعاتی که به‌صورت نظام‌مند و تحلیلی به تبیین پیوند میان این سه مؤلفه پرداخته باشند احساس می‌شود. بیشتر پژوهش‌های پیشین، هر یک به‌طور مجزا یکی از ابعاد فناوری و منابع معدنی را بررسی کرده‌اند؛ در حالی‌که نیاز به الگویی تلفیقی برای تحلیل هم‌زمان تحولات فناورانه و ژئوپلیتیکی با تمرکز بر مسئله منابع حیاتی، به‌ویژه در حوزه تسلیحات هوشمند، بیش از پیش آشکار شده است.

جدول ۲. پیشینه داخلی و خارجی پژوهش

نویسنده	سال	عنوان	نتایج
هنری کسینجر و همکاران	۱۴۰۱	عصر هوش مصنوعی و آینده ما انسان‌ها	در این کتاب، سیر تحول فناوری در تاریخ بشری تا پیدایش هوش مصنوعی و تأثیرات آن بر زندگی انسان بررسی شده است . همچنین به بررسی پیامدهای عمیق هوش مصنوعی بر دیدگاه‌های استراتژیک و ابعاد امنیتی پرداخته و تبدیل شدن آن به عرصه رقابتی بین قدرت‌های بزرگ مانند آمریکا و چین را مورد بحث قرار می‌دهد.
کریس میلر	۱۴۰۲	نبرد تراشه‌ها	این کتاب به ترسیم و تشریح زنجیره تأمین پیچیده و فرامرزی (چند کشوری) این سخت‌افزار مهم پرداخته است و نشان می‌دهد که چگونه فناوری تراشه سازی امروز به مؤلفه‌ای جدید در رقابت‌های ژئوپلیتیکی تبدیل گردیده است.
جان مولر و لوکا ماسارون	۱۴۰۲	هوش مصنوعی	در این کتاب به ارائه تعریف از هوش مصنوعی، کاربردهای آن در جامعه، استفاده‌های سخت‌افزاری از هوش مصنوعی مانند ربات‌ها، زهپادها و خودروهای خودران پرداخته شده است.
مجید یوسفی و هادی نوری	۱۴۰۰	تسلیحات خودکار در جنگ‌های نوپدید	نویسندگان در این کتاب به تعریف، طبقه‌بندی و ذکر انواع تسلیحات خودکار هوشمند پرداخته و فناوری‌های مورد استفاده در آن‌ها را شرح داده‌اند.
فرهاد قاسمی و مهیار مهدی زاده	۱۴۰۲	ژئوپلیتیک هوافضا و الگوی نوین جنگ	نویسندگان با بیان نظریه‌های مطرح در دو حوزه ژئوپلیتیکی و نظامی در کنار ظهور تکنولوژی‌های فضاپایه در پی آن‌اند تا پیامدهای ژئوپلیتیکی این پدیده را با توجه به رویکردی که قدرت‌های بزرگ به این مقوله دارند توصیف نماید.
نهال بوتا و همکاران	۱۴۰۰	سیستم‌های تسلیحاتی خودکار حقوق،	محورهای اصلی این کتاب عبارت‌اند از تبیین مفاهیم سلاح‌های خودکار هوشمند و همچنین مباحث حقوقی، اخلاقی و سیاسی‌ای که تاکنون در پی ظهور و گسترش کاربرد جنگ‌افزارهای خودکار برای افراد نظامی و

[1]. McCarty

		اخلاق، سیاست	غیرنظامی پدید آمده‌اند و انتظار می‌رود در آینده نیز تحقق یابند.
ژو، جیایی و مانبرگر، آندره	۱۴۰۳	مواد معدنی حیاتی و رقابت قدرت‌های بزرگ	این گزارش نشان می‌دهد که چین و روسیه حیاتی بودن مواد معدنی را منطبق با رویکرد راهبردی و ابزرای ژئوپلیتیکی تعریف می‌کنند، در حالی که آمریکا و اتحادیه اروپا بیشتر بر آسیب‌پذیری عرضه و زنجیره تامین تأکید دارند. رقابت برای تأمین این مواد به سیاست صنعتی، گذار انرژی پاک و امنیت دفاعی پیوند خورده و می‌تواند گذار سبز را کند و تنش‌های ژئواکونومیک را تشدید کند. نویسنده در پایان به عنوان راه‌حل، تقویت تاب‌آوری اقتصادی و همکاری‌های چندجانبه را پیشنهاد می‌دهد.
نجم‌الدین الخاتمی العیساوی	۲۰۲۵	جنگ‌افزارهای هوشمند: راهبرد، اخلاق، و ژئوپلیتیکی	این مقاله نشان می‌دهد ادغام هوش مصنوعی در تسلیحات، عرصه‌ای نوین از رقابت تسلیحاتی جهانی را پدید آورده که در کنار مزایای راهبردی، با پیامدهای اخلاقی و ژئوپلیتیکی گسترده همراه است.
رایلی سیمونز-ادلر و همکاران	۲۰۲۴	سلاح‌های خودمختار: تهدیدی برای ثبات ژئوپلیتیکی	نوسندگان مقاله هشدار می‌دهد که توسعه سلاح‌های خودمختار هوش مصنوعی می‌تواند ثبات ژئوپلیتیکی را به مخاطره افکند و حتی استمرار آزادانه پژوهش‌های علمی در حوزه هوشمصنوعی را محدود سازد.
فابیان ویلابوبوس و همکاران اندیشکده «راند»	۲۰۲۳	زمان برای سیاست‌های تاب‌آور در زنجیره تأمین مواد حیاتی	این مقاله برجسته می‌سازد که چین از موقعیت مسلط خود در بازار مواد حیاتی بهره‌برداری ژئوپلیتیکی می‌کند و ایالات متحده ناگزیر به تنوع‌بخشی و سرمایه‌گذاری پیش‌دستانه در زنجیره‌های تأمین است.

بررسی مطالعات پیشین نشان می‌دهد که هر یک از منابع اشاره‌شده، به‌طور مستقل به ابعاد فناورانه، نظامی یا ژئوپلیتیکی موضوع پرداخته‌اند. برای نمونه، آثاری چون عصر هوش مصنوعی (کسینجر و همکاران، ۱۴۰۱) و هوش مصنوعی (مولر و ماسارون، ۱۴۰۲) بر ابعاد راهبردی و فناورانه هوش مصنوعی متمرکز شده‌اند؛ در حالی که کتاب‌هایی مانند نبرد تراشه‌ها (کریس میلر، ۱۴۰۲) و ژئوپلیتیک هوافضا (قاسمی و مهدی‌زاده، ۱۴۰۲) به تحلیل زنجیره‌های تأمین یا پیامدهای ژئوپلیتیکی فناوری پرداخته‌اند. افزون بر این، آثاری چون تسلیحات خودکار در جنگ‌های نوپدید (یوسفی و نوری، ۱۴۰۰) بیشتر بر طبقه‌بندی سلاح‌ها و فناوری‌های نظامی متمرکز بوده‌اند.

با وجود مطالعات متنوع در حوزه‌های مرتبط، هنوز پژوهشی به‌طور یکپارچه به تبیین پیوند میان سه مؤلفه اصلی پژوهش حاضر، یعنی «تسلیحات نوین هوشمند»، «سخت‌افزار هوش مصنوعی» و «منابع معدنی حیاتی»، نپرداخته است. رویکرد قدرت‌های بزرگ در به‌کارگیری سلاح‌های استراتژیک نوین هوشمند، از یک سو نیاز فزاینده به سخت‌افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی را برمی‌انگیزد — که تولید آنها خود به شدت به منابع معدنی حیاتی وابسته است — و از سوی دیگر، تقاضا برای منابع معدنی حیاتی به‌کاررفته در ساخت اجزای این تسلیحات را تشدید می‌کند. حاصل این دو بُعد، شکل‌گیری فشاری مضاعف بر زنجیره‌های تأمین منابع حیاتی است؛ فشاری که در نهایت رقابت ژئوپلیتیکی

قدرت‌ها را بر سر دسترسی به این منابع و کنترل آنها شکل می‌دهد. پژوهش حاضر درصدد است با پر کردن این خلأ مفهومی، مدلی ارائه دهد که بتواند پیوند سه‌جانبه یادشده را روشن ساخته و زمینه را برای فهمی دقیق‌تر از دینامیک رقابت‌های ژئوپلیتیکی آینده میان قدرت‌ها فراهم آورد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی است و با بهره‌گیری از رویکرد توصیفی-تحلیلی انجام شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز به‌روش کتابخانه‌ای گردآوری شده و تمرکز اصلی بر منابع علمی معتبر شامل کتاب‌ها، گزارش‌های راهبردی، مقالات علمی-پژوهشی و منابع مرجع آنلاین بوده است. مبنای انتخاب منابع، سه شاخص اصلی بوده است: نخست، میزان ارتباط مستقیم با موضوع تحقیق (ژئوپلیتیک منابع، تسلیحات هوشمند و هوش مصنوعی)؛ دوم، روزآمدی و پوشش بازه زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ به‌عنوان دوره اوج تحول در این حوزه‌ها؛ و سوم، اعتبار علمی و استنادی اثر.

هدف از گردآوری این منابع، پاسخ به پرسش‌هایی کلیدی است که چارچوب مفهومی تحقیق را شکل می‌دهند: از جمله اینکه رشد هوش مصنوعی در حوزه نظامی چگونه نیازهای فزاینده‌ای به سخت‌افزار و منابع معدنی حیاتی ایجاد می‌کند؛ تسلیحات استراتژیک نوین تا چه اندازه وابستگی به این منابع را تشدید می‌نمایند؛ و در نهایت، این وابستگی چگونه رقابت ژئوپلیتیکی میان قدرت‌ها را بر سر دسترسی و کنترل منابع حیاتی برمی‌انگیزد. پژوهش حاضر با تحلیل این پرسش‌ها، بنیان مفهومی لازم برای مدل نهایی را فراهم می‌آورد. بر همین اساس، فرآیند انجام پژوهش در سه گام دنبال شده است؛

۱. شناسایی و جمع‌آوری منابع بر مبنای شاخص‌های مذکور؛

۲. استخراج و توصیف داده‌ها و مفاهیم کلیدی مرتبط با پرسش‌های تحقیق؛

۳. تحلیل کیفی یافته‌ها با تأکید بر روابط علّی میان مؤلفه‌های فناورانه، منابع معدنی حیاتی و رقابت ژئوپلیتیکی.

برای ترسیم نمودارها و مدل مفهومی نهایی نیز از نرم‌افزار فیگما استفاده شده است تا سازوکار تعامل مؤلفه‌ها به‌شکلی بصری و منسجم بازنمایی شود.

یافته‌های پژوهش

در این بخش، یافته‌های پژوهش بر اساس منابع گردآوری‌شده به شکلی نظام‌مند ارائه می‌شود. ابتدا به وابستگی فناوری‌های نوین مبتنی بر هوش مصنوعی به عناصر معدنی حیاتی پرداخته می‌شود و نمونه‌هایی از نقش این عناصر در کارکردهای سخت‌افزاری و سامانه‌های هوشمند بیان می‌گردد. در ادامه، نقش همین عناصر در روند شکل‌گیری و توسعه تسلیحات

استراتژیک نوین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در گام پایانی، ابعاد ژئوپلیتیکی ناشی از این وابستگی‌ها دنبال می‌شود و نشان داده می‌شود که چگونه قدرت‌های بزرگ در سطح بین‌المللی به رقابت برای دسترسی و کنترل این منابع روی آورده‌اند. یافته‌ها بدین‌گونه در قالب روندی گام‌به‌گام روایت می‌شوند تا مسیر پیوند میان لایه‌های فناورانه، نظامی و ژئوپلیتیکی موضوع به‌تدریج و در جریان متن تشریح گردد.

نقش منابع معدنی حیاتی در ساخت هوش مصنوعی با کاربردهای نظامی؛ راسل و نورینگ در کتاب معروف خود هوش مصنوعی رهیافتی نوین (راسل، نورینگ، ۱۴۰۰) هوش مصنوعی را به چهار دسته تقسیم می‌کنند: سیستم‌هایی که مانند انسان فکر می‌کنند، سیستم‌هایی که مانند انسان عمل می‌کنند، سیستم‌هایی که منطقی فکر می‌کنند، و سیستم‌هایی که منطقی عمل می‌کنند. هوش مصنوعی به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: هوش مصنوعی محدود[1] و هوش مصنوعی گسترده[2]. هوش مصنوعی محدود به سیستم‌هایی اشاره دارد که برای انجام وظایف خاص طراحی شده‌اند، مانند سیستم‌های تشخیص چهره و ترجمه ماشینی. در مقابل، هوش مصنوعی گسترده به سیستمی اطلاق می‌شود که دارای توانایی‌های شناختی عمومی و قابلیت انجام هر وظیفه‌ای است که یک انسان می‌تواند انجام دهد. به هر حال، هوش مصنوعی به عنوان یک زمینه چندوجهی می‌تواند با نظرات و تفسیرهای مختلفی بیان شود. با این حال، در تمامی تعریف‌ها، یک مفهوم مشترک وجود دارد: توانایی سیستم‌های کامپیوتری برای انجام وظایفی که انجام آن‌ها به نظر می‌رسد کاملاً وابسته به تصمیمات و دانش انسانی بوده است، یکی از مهمترین کاربردهای هوش مصنوعی درحوزه نظامی است.

شکل ۱. کاربردهای نظامی هوش مصنوعی، (رشید و همکاران، ۱۴۰۲)

---

[1]. Narrow AI
[2]. General AI

کاربردهای نظامی هوش مصنوعی به ده حوزه کلیدی تقسیم می‌شوند. این حوزه‌ها شامل سلاح‌های خودمختار و تشخیص اهداف، نظارت و پایش، امنیت سایبری، امنیت داخلی، حمل‌ونقل نظامی و لجستیک، وسایل نقلیه خودران، آموزش و شبیه‌سازی رزمی، ربات‌های جنگی، و مراقبت‌های پزشکی در میدان نبرد هستند. هر یک از این کاربردها نقش حیاتی در افزایش کارایی، کاهش تلفات انسانی و بهینه‌سازی تصمیم‌گیری در میدان نبرد دارند.

دراین راستا، مواد معدنی کمیاب در ساخت هوش مصنوعی با کاربردهای نظامی عبارتند از:

۱. فلزات نادر خاکی[۱] در ساخت قطعات الکترونیکی پیشرفته و حس‌گرهای مورد استفاده در هوش مصنوعی کاربرد دارند. نئودیمیوم[۲] در ساخت آهن‌رباهای دائمی بسیار قوی که در موتورها و ژنراتورهای کوچک استفاده می‌شوند، به کار می‌رود. همچنین، از دیسپروزیوم[۳] برای افزایش مقاومت مغناطیسی آهن‌رباهایی که به‌وسیله فلز نئودیمیوم ساخته شده‌اند، استفاده می‌شود (همفریز[۴]، ۱۳۸۹).

۲. مواد معدنی حیاتی: ازکبالت برای افزایش ظرفیت و پایداری باتری‌های لیتیوم-یون در دماهای بالا، و همچنین در دستگاه‌های هوش مصنوعی و پهپادهای نظامی استفاده می‌شود. لیتیوم نیز در ساخت باتری‌های لیتیوم-یون به دلیل وزن سبک و ظرفیت بالا کاربرد دارد که برای دستگاه‌های قابل حمل و پهپادها ایده‌آل می باشد. ازگرافیت در ساخت آند۵ باتری‌های لیتیوم-یون به منظور افزایش کارایی و طول عمر این باتری‌ها استفاده می‌شود. عنصر تنگستن به دلیل مقاومت بالا در برابر حرارت درساخت تجهیزات نظامی مانند گلوله‌های نفوذکننده و زره‌های پیشرفته و قطعات الکترونیکی به کار می‌رود. فلز طلا به دلیل رسانایی بالا و مقاومت در برابر خوردگی در ساخت اتصالات الکترونیکی و قطعات حساس، مانند چیپ‌های الکترونیکی و اتصالات درون دستگاه‌های هوش مصنوعی، استفاده می‌شود (ورونز[۶]، ۱۳۹۴).

نقش منابع معدنی حیاتی در تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند؛ امروزه جنگ‌افزارهای هوشمند مانند سامانه‌های بدون سرنشین هوایی دارای برتری‌هایی نسبت به نسل قدیمی جنگ افزارها هستند. مهمترین برتری‌ها دراین باره عبارتند از: ۱. سرعت و دقت

---

۱. Rare Earth Elements: فلزات نادر خاکی شامل ۱۷ عنصر فلزی در جدول تناوبی می‌باشند که ۱۵ عنصر آن‌ها در گروه لانتانیدها قرار دارد و دو عنصر دیگر یعنی اسکاندیم و ایتریم از گروه واسطه‌ها هستند.

2. Neodymium
3. Dysprosium
4. Humphries Marc
5. Anode
6. Veronese

بالا؛۲. کاهش خطرات انسانی؛ ۳. عملیات ۷/۲۴: [۱]؛ ۴. بهبود هماهنگی و ارتباطات؛ ۵. پیش‌بینی و تحلیل تهدیدات (هودلی و لوکاس[۲]، ۱۳۹۷). لازم به ذکر است، نمونه‌هایی از تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند شامل؛ جنگنده های نسل ششم وسامانه های بدون سرنشین هوایی است. در زیر به هریک اشاره می شود.

الف-جنگنده های نسل ششم: جنگنده‌های نسل ششم به سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته و توانایی‌های خودمختاری که از الزامات اصلی و لاینفک این نسل هست، مجهز خواهند بود؛ که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا بدون نیاز به خلبان انسانی یا با کمترین دخالت انسانی عمل کنند. همچنین کاربرد وسیع هوش مصنوعی این قابلیت را ایجاد می‌نماید که خلبان انسانی یا سیستم خودمختار جنگنده با انواع پرنده‌های بدون سرنشین یک پرواز مشترک را انجام دهند که به این توانمندی همکاری سرنشین‌دار-بدون سرنشین[۳] می‌گویند (تیرپک[۴]، ۱۴۰۳).

جدول ۳: مشخصات و ویژگی‌های جنگنده های نسل ششم

ویژگی ها	توضیحات
هوش مصنوعی و خودمختاری	جنگنده‌های نسل ششم به سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته و توانایی‌های خودمختاری که از الزامات اصلی و لاینفک این نسل هست، مجهز خواهند بود؛ که به آن‌ها اجازه می‌دهد تا بدون نیاز به خلبان انسانی یا با کمترین دخالت انسانی عمل کنند. همچنین کاربرد وسیع هوش مصنوعی این قابلیت را ایجاد می‌نماید که خلبان انسانی یا سیستم خودمختار جنگنده با انواع پرنده‌های بدون سرنشین یک پرواز مشترک را انجام دهند که به این توانمندی همکاری سرنشین‌دار-بدون سرنشین می‌گویند. (تیرپک ، ۱۴۰۳).
فناوری‌های پنهان‌کاری پیشرفته	قابلیت‌های پنهان‌کاری بهبودیافته که ناشی از طراحی‌های پیشرفته‌تر و استفاده از مواد جدید در ساخت برای جلوگیری از شناسایی توسط رادارها و سیستم‌های دفاعی دشمن می‌باشد.
شبکه‌سازی و ارتباطات	پیاده‌سازی کامل ابعاد نظریه جنگ شبکه محور با توانایی‌های پیشرفته این نسل در شبکه‌سازی و تبادل اطلاعات با سایر واحدهای نظامی اعم از زمینی، دریایی، هوایی و فضایی حاضر یا فراتر از در میدان نبرد باهدف ایجاد هماهنگی بهتر، کسب برتری کامل‌تر، تأثیرگذاری وسیع‌تر با هزینه کمتر و سرعت بیشتر توسط این جنگنده‌ها به نمایش درخواهد آمد. این شبکه‌سازی به‌قدری قوی و پایدار می‌باشد که از اصلاح «مراکز داده پرنده» نیز برای این هواپیماها استفاده می‌شود(تیرپک، ۱۳۸۸).
تسلیحات	استفاده از تسلیحات انرژی مستقیم مانند لیزرها و ماکروویوها برای مقابله با تهدیدات و اهداف

---

[۱]. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند بدون نیاز به استراحت به‌صورت مداوم (۲۴ ساعت روز و ۷ روز هفته) عمل کنند که برای عملیات‌های نظارتی و دفاعی بسیار مفید است.

[2]. Hoadley& Lucas

[3]. MUM-T: manned-unmanned teaming

[4]. Tirpak

انرژی مستقیم	هوایی و زمینی یکی دیگر از قابلیت‌های این نوع از هواپیماها خواهد بود.
سرعت و قدرت مانور پذیری	ارتقاء سرعت و قدرت مانور پذیری که متأثر از به‌کارگیری موتورهای پیشرفته به همراه طراحی‌های ایرودینامیکی خاص به دست خواهند آمد(وب‌سایت جینز[1]).
سیستم‌های الکترونیک و جنگ الکترونیک	یکی دیگر از نقاط ثقل این نسل از جنگنده‌ها، سیستم‌های پیشرفته جنگ الکترونیک برای مقابله با تهدیدات الکترونیکی، محافظت از سیستم‌های خودی و انجام حملات الکترونیکی با بهره‌مندی از هوش مصنوعی می‌باشد.

تهیه و تلخیص: (نگارندگان)

مهمترین مواد معدنی حیاتی درساخت این جنگنده‌ها عبارتند از:

۱-تیتانیوم: به دلیل استحکام بالا و مقاومت در برابر خوردگی در ساخت بدنه و اجزای سیستم‌های پیشرانه جنگنده‌های نسل ششم استفاده می‌شود.۲-فیبرهای کربنی: به واسطه محکمی و وزن کم درساخت مواد کامپوزیتی برای بال و بدنه به کار می‌روند و به بهبود کارایی و کاهش مصرف سوخت کمک می‌کنند. ۳-نئودیمیم: درساخت آهن‌رباهای دائمی برای موتورهای الکتریکی و ژنراتورها مصرف می‌شود و به بهبود عملکرد الکتروموتورها کمک می‌کند. ۴-گالیوم: در ساخت نیمه‌هادی‌ها و مدارهای مجتمع برای سامانه‌ها و زیرسامانه‌های الکترونیکی، راداری و مخابراتی جنگنده‌های نسل ششم به کار می‌رود. ۵- فلز هافنیم[2]: در ساخت پوشش‌های مقاوم در برابر حرارت برای اجزای موتورهای جت استفاده می‌شود و مقاومت و عمر قطعات را افزایش می‌دهد. ۵- لیتیوم: در باتری‌های لیتیوم-یونی برای سیستم‌های تأمین و ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی جنگنده‌ها است و به افزایش مدت‌زمان عملیاتی و کاهش وزن کلی سیستم‌ها کمک می‌کند. ۶-پلاتین: در ساخت کاتالیزورها برای موتورهای جت و تولید تجهیزات الکترونیکی با کارایی بالا استفاده می‌شود و در بهبود عملکرد سیستم‌های پیشرانه و الکترونیکی تاثیر دارد (برسان و دونادون[3]، ۱۳۹۵).

---

[1]. www.janes.com
[2]. Hafnium
[3]. Bressan & Donadon

شکل ۲. مواد معدنی حیاتی در ساخت جنگنده نسل ششم، تهیه و ترسیم: نویسندگان

ب)سامانه های بدون سرنشین هوایی: سامانه های بدون سرنشین طیفی وسیعی از سامانه ها را شامل می‌شود. دراین نوشتار سامانه های بدون سرنشین هوایی یعنی «پهپادها» موردتوجه است[۱]. بر اساس تعریف سازمان هوانوردی فدرال آمریکا[۲] هر شیء پرنده بدون سرنشینی پهپاد به شمار نمی‌رود. موشک‌ها، کلاهک‌های انفجاری، بالن‌ها، راکت‌ها، هواپیماهای ریسمان دار (دارت هوایی[۳])وگلایدرهای بدون موتور، ازجمله این وسایل هستند. از طرفی انواع مختلف کوادکوپترها و کشتی هوایی بدون سرنشین جزء پرنده‌های بدون سرنشین به‌حساب می‌آیند (وبسایت سازمان هوانوردی فدرال ایالات متحده[۴]). دراین راستا، سامانهٔ هواپیمای بدون سرنشین[۵]، به مجموعه‌ای از زیرسامانه‌های مرتبط باهم اشاره می‌کند که پهپاد یکی از اجزای آن است و می‌تواند عملیات پرواز را به‌صورت ایمن به انجام رساند. اجزای این سامانه شامل پرنده، ایستگاه کنترل زمینی، زیرسامانه‌های مخابراتی، تجهیزات پشتیبانی، محموله‌ها، زیرسامانه‌های نشست‌وبرخاست و ...است . درحال حاضر، یکی از

---

[۱] - به لحاظ پیشینه، اصطلاحی که امروزه تحت عنوان پهپاد[۱] مورداستفاده قرار می‌گیرد، معطوف به مجموعه وسایلی است که یک سیر تکاملی فناوری را طی نموده‌اند. این مجموعه شامل طیفی از تجهیزات است که از هواپیماهای بدون سرنشین مدل[۱] بال ثابت آغازشده و در ادامه بالگردهای کنترل دستی[۱] نیز به آن‌ها اضافه شده است. سپس نسل‌های اولیه وسایل پرنده هدایت‌پذیر از دور (RPV)[۱] (عمدتا متکی به هدایت از دور توسط خلبان به‌صورت چشمی یا با استفاده از لینک ارتباطی و شروع تکنولوژی هدایت از درون) مشمول این گروه شدند. با ارتقاء فناوری درزمینه های مختلف ارتباطی و سامانه‌های ناوبری، شاهد طراحی وساخت دسته جدیدی از پرنده‌های بدون سرنشین هستیم که طی دهه اخیر به نماد این مفهوم تبدیل‌شده‌اند، یعنی پرنده‌های بدون سرنشین هدایت‌پذیر از دور یا درون که با واژه مصطلح پهپاد (UAV[۱]) شناخته می‌شوند. سپس با پیشرفت فناوری‌های هوشمندسازی و هم آمیختگی آن‌ها با فرایند ساخت و تولید پهپاد، گونه‌ای از هواپیماهای بدون سرنشین پا به عرصه گذاشتندکه قابلیت انجام هوشمند مأموریت‌ها را دارا می‌باشند که با عبارت Drone از آن‌ها نامبرده می‌شود.(نیازی، ۱۳۸۸:۱).

[2]. FAA: Federal Aviation Administration
[3]. Dart Aerial Gunnery Target
[4]. www.faa.gov
[5]. UAS

جدیدترین سامانه‌های بدون سرنشین هوایی، سامانه پهپادی لبه تکنولوژیکی از نوع پهپادهای خورشیدی می باشد. پهپادهای خورشیدی، هواپیماهای بدون سرنشینی هستند که از انرژی خورشیدی برای تامین نیروی مورد نیاز خود استفاده می‌کنند. این پهپادها با استفاده از سلول‌های خورشیدی نصب شده بر روی بال‌ها یا بدنه، انرژی خورشیدی را به برق تبدیل کرده و آن را در باتری‌ها ذخیره می‌کنند تا بتوانند برای پروازهای طولانی مدت بدون نیاز به سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار گیرند (نوری و همکاران،۱۳۹۲).

پهپادهای خورشیدی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد؛ ۱-پهپادهای ارتفاع بالا و پرواز طولانی‌مدت[1]: این پهپادها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند در ارتفاعات بسیار بالا، معمولاً در لایه استراتوسفر، پرواز کنند و برای مدت طولانی (هفته‌ها یا حتی ماه‌ها) در هوا باقی بمانند. پهپاد «آکیلا[2]» ساخته شده بوسیله شرکت فیسبوک؛ پهپاد «زِفیر[3]» ساخته شده بوسیله شرکت ایرباس؛ و نیز پهباد «سولار ایگل[4]» ساخته شده به وسیله شرکت بویینگ نمونه‌هایی از این نوع هستند. ۲- پهپادهای کوچک و سبک؛ که این پهپادها برای ماموریت‌های کوتاه‌مدت و در ارتفاعات پایین طراحی شده‌اند. به عنوان مثال، پهپاد «سان‌سیکر[5]» که از آن برای ماموریت‌های کشاورزی و نظارتی استفاده می‌شود (پال و همکاران، ۱۳۹۹).

در ساخت سامانه‌های بدون سرنشین خورشیدی، از تکنولوژی‌های جدید و مواد معدنی حیاتی مهم زیر استفاده شده است؛ ۱. سلول‌های خورشیدی پیشرفته: در ساخت این پهپادها از سلول‌های خورشیدی با بازدهی بالا استفاده می‌کنند که قادر به تبدیل بیشترین مقدار انرژی خورشیدی به برق هستند. این سلول‌ها معمولاً از مواد نیمه‌هادی مانند سیلیکون یا گالیم آرسنید[6] ساخته می‌شوند. ۲. باتری‌های سبک وزن و با ظرفیت بالا: برای ذخیره انرژی تولید شده توسط سلول‌های خورشیدی، از باتری‌های پیشرفته لیتیوم-یونی یا لیتیوم-پلیمر استفاده می‌شود که وزن کم و ظرفیت بالایی دارند. ۳. مواد کامپوزیتی پیشرفته: بدنه و بال‌های پهپاد خورشیدی از مواد کامپوزیتی سبک و مقاومی مانند فیبر کربن ساخته می‌شوند که به کاهش وزن و افزایش کارایی پهپاد کمک می‌کنند(ال‌عتاب و همکاران[7]، ۱۴۰۰).

---

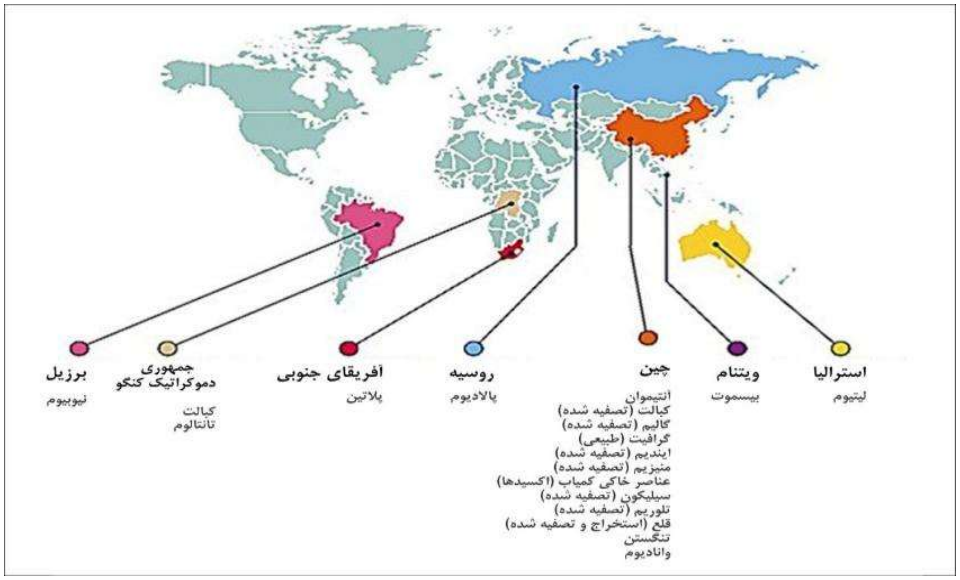
1. HALE: High Altitude Long Endurance
2. Aquila
3. Zephyr
4. SolarEagle
5. Sunseeker

۶. گالیم آرسنید (GaAs) یک ترکیب از عناصر گالیم و آرسنیک است. این ترکیب یک نیم‌رسانا می‌باشد و در تولید افزاره‌هایی مانند مایکروویو ،دیودهای نورگسیلفروسرخ، دیودهای لیزری و سلول‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

7. EL-Atab, et al

رقابت‌های ژئوپلیتیکی برسرمنابع معدنی حیاتی وعناصرکمیاب خاکی؛ زنجیره‌های تامین مواد معدنی بحرانی از نظر پراکنش فضایی بسیار متمرکزهستند. برای هر یک از ۱۸ ماده معدنی حیاتی، سه کشور تولیدکننده اصلی وجود دارد که بین ۷۳ تا ۹۸ درصد از کل تولید جهانی را کنترل می کنند. چین ۱۲ ماده از ۱۸ ماده را تولید می‌کند و بزرگترین تولیدکننده شناخته می‌شود. استرالیا، برزیل، جمهوری دموکراتیک کنگو، روسیه، افریقای جنوبی و ویتنام بزرگترین تولیدکنندگان شش ماده معدنی باقی مانده هستند. هر چه زنجیره تامین متنوع‌تر باشد، انعطاف‌پذیری آنها بیشتر است. از سوی دیگر وابستگی زیاد هر کشور برای کالاهای خاص، موجب ایجاد آسیب پذیری می‌شود. جنگ روسیه و اوکراین نشان داده است که چگونه این تهدیدات می‌توانند از صورت بالقوه به بالفعل درآیند و بر طیف وسیعی از کالاها اثرات منفی بگذارند (وزارت بازرگانی، انرژی و راهبرد صنعتی بریتانیا، ۱۴۰۱).

رقابت جهانی فزاینده برای سیطره بر منابع معدنی حیاتی و عناصر خاکی کمیاب، معلول تعامل پیچیده‌ای از عوامل فناورانه، اقتصادی و ژئوپلیتیکی است. این رقابت، به‌ویژه بین ایالات متحده، چین و اتحادیه‌ی اروپا، آشکارا قابل مشاهده است؛ و به شدت روابط بین‌الملل و سیاست‌های تجاری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. در کانون این رقابت، تلاش برای «برتری فناورانه» نهفته است. ایالات متحده، چین را به عنوان رقیب اصلی استراتژیک خود، به ویژه در حوزه فناوری تلقی می‌کند. از این رو، تضمین زنجیره‌های تأمین مطمئن و تاب‌آور برای فناوری‌های حیاتی، به ویژه نیمه‌رساناها، به منظور حفظ مزیت رقابتی و شکل‌دهی به آینده‌ی حکمرانی اقتصادی جهانی، ضروری به نظر می‌رسد. وجود تمرکز قدرت بازار در دست تعداد معدودی از بازیگران کلیدی، یکی دیگر از نگرانی‌های عمده است.



شکل۳. تولید کننده‌های برتر جهانی ۱۸ ماده معدنی حیاتی، (وزارت راهبرد صنعتی بریتانیا، ۱۴۰۱: ۲۷)

شاخص هرفیندال–هیرشمن[1] که برای اندازه‌گیری تمرکز بازار استفاده می‌شود، سطوح بالایی از تمرکز را نشان می‌دهند. به عنوان نمونه؛ جمهوری دموکراتیک کنگو در بازار کبالت، چین در بازارگرافیت و عناصر خاکی کمیاب و استرالیا در بازار لیتیوم از قدرت تمرکز بالایی برخوردارند(ژائو و همکاران[2]، ۱۴۰۴).

رقابت بین بازیگران اصلی مانند ایالات متحده، اتحادیه اروپا و چین برای دستیابی به منابع معدنی حیاتی در مناطق و کشورهای مختلف قابل مشاهده می‌باشد. این رقابت‌ها در برخی مناطق، حساسیت بیشتری به خود اختصاص می‌دهند. جمهوری دموکراتیک کنگو و افغانستان را می‌توان به دلیل اهمیتی که از نظر منابع معدنی حیاتی دارند، از این‌دست کشورها به حساب آورد. بعنوان مثال، جمهوری دموکراتیک کنگو، به‌دلیل داشتن ذخایر قابل‌توجه کبالت، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ذخایرکبالت ج.د.کنگو سه برابر ذخایر استرالیا تخمین زده می‌شود. حضور چین در بخش کبالت و مس ج.د.کنگو بسیار برجسته است. این کشور از طریق معاملات با دولت کنگو، به یک بازیگر اصلی در این کشور تبدیل شده است. وابستگی به کبالت ج.د.کنگو از یک سو و انحصار غالب ایجاد شده توسط چین در برداشت ازعمده معادن این فلز، باعث آسیب‌پذیری شرکت‌های بزرگ عرصه فناوری در ایالات متحده شده است (وانگ[3]، ۱۳۹۹). افغانستان نیز کشوردیگری است‌که دراین راستا قابل توجه است. این کشور دارای ذخایر عظیمی از عناصرخاکی کمیاب مانند لانتانیم، سریم و نئودیمیم است. معادن غنی مس ولیتیوم افغانستان برای گذار جهانی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر و اتکا به فناوری‌های دیجیتال حائز اهمیت می‌باشد. چین علاقه زیادی برای دسترسی به منابع افغانستان نشان داده و قراردادهای چند میلیارد دلاری را برای پروژه‌هایی مانند معدن مس عینک[4] امضا کرده است(بلومنتهال و همکاران، ۱۴۰۱). رقابت میان چین و آمریکا بر سر سایرمنابع معدنی حیاتی، از جمله لیتیوم در افغانستان به عنوان بخشی از نبرد گسترده‌تر برای تسلط بر زنجیره تأمین مواد مورد نیاز برای فناوری‌های سبز و صنعتی ادامه دارد. افغانستان، با داشتن ذخایرغنی اما بهره‌برداری‌نشده از لیتیوم و عناصر کمیاب خاکی نیز می‌تواند به میدان جدیدرقابت میان این دو قدرت تبدیل شود. با این حال، چین احتمالاً در بلندمدت از نفوذ خود بر طالبان و بهره‌گیری از وابستگی اقتصادی افغانستان برای تحکیم جایگاه خود در بازار جهانی لیتیوم استفاده خواهد کرد، درحالی که آمریکا و متحدانش به

---

1. HHI: Herfindahl-Hirschman Index
2. Zhao et al
3. Wang
4. این معدن واقع در ولایت لوگر، بزرگترین معدن مس در افغانستان می‌باشد.

دنبال یافتن راه‌هایی برای جلوگیری از تسلط چین براین منابع هستند.

تشدید رقابت‌ها و تنش‌ها؛ مولفه پایداری زنجیره تامین برای فناوری‌های حیاتی به منظور تاثیرگذاری بر حاکمیت اقتصادی جهانی نقطه ثقل کنش‌ها و واکنش‌های بازیگران جهانی در عرصه رقابت‌ژئوپلیتیک منابع معدنی است. اتکای ایالات متحده به چین در تولید مواد معدنی حیاتی برای زنجیره‌های تامین فناوری نیمه‌رساناها یک تهدید بالقوه برای این کشور محسوب می‌شود. اعلام قوانین مرتبط با ممنوعیت صادرات تراشه‌های تولیدی شرکت‌های آمریکایی به مقصد چین و وضع تعرفه بر محصولات فناورانه صادراتی این کشور توسط دولتمردان آمریکایی، واکنش پکن در ممنوعیت صادرات مواد معدنی حیاتی گالیوم، ژرمانیوم و آنتیموان به ایالات متحده را در پی داشت. این مواد که کاربردهای گسترده‌ای در صنایع نظامی دارند، به‌عنوان اقدامی تلافی‌جویانه پس از محدودیت‌های جدید واشنگتن علیه چین[۱] اعلام شده است. فلزاتی مانند گالیوم و ژرمانیوم نقش حیاتی در تولید نیمه‌رساناها، فیبرهای نوری و سلول‌های خورشیدی دارند. از سوی دیگر، آنتیموان به‌طور گسترده در تولید باتری‌ها، عینک‌های دید در شب، و حتی گلوله‌های ساچمه‌ای استفاده می‌شود. چین به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تأمین‌کنندگان این مواد معدنی در جهان، سهم عمده‌ای در بازار جهانی دارد. به‌عنوان نمونه: این کشور دارای ۹۸.۸ درصد گالیوم تصفیه‌شده، ۵۹.۲ درصد ژرمانیوم تصفیه‌شده، ۴۸ درصد آنتیموان استخراج‌شده جهان می‌باشد(خبرگزاری رویترز[۲]، ۱۴۰۲).

رقابت شرکت‌های آمریکایی و چینی در صنعت تسلیحات؛ متأثر از رقابت ژئوپلیتیک منابع؛ صنعت جهانی تسلیحات یکی از پررقابت‌ترین و استراتژیک‌ترین حوزه‌ها است. داده‌های ارائه‌شده در شکل شماره ۴ نشان می‌دهد، شرکت‌های آمریکایی همچنان بر بازار تسلیحات مسلط هستند. شرکت لاکهید مارتین با ۶۷.۵ میلیارد دلار درآمد از تسلیحات در صدر این فهرست قرار دارد؛ و پس از آن سایر شرکت‌های آمریکایی مانند شرکت ریتیون تکنولوژیز[۳]، نورثروپ گرومن، بوئینگ و جنرال داینامیکس به ترتیب رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. این شرکت‌ها نه‌تنها از قراردادهای کلان با پنتاگون بهره می‌برند، بلکه از شبکه گسترده صادرات تسلیحات به متحدان ایالات متحده مانند کشورهای ناتو، ژاپن و عربستان سعودی نیز سود می‌برند (مؤسسه بین‌المللی پژوهش‌های صلح استکهلم[۴]، ۱۴۰۲) .

---

[۱]. ایالات متحده درسال ۲۰۲۴ محدودیت‌های تازه‌ای برای صادرات تراشه‌ها و فناوری‌های مرتبط به چین وضع کرده است. در پاسخ به این اقدام، چین تصمیم گرفت صادرات فلزات حیاتی مانند گالیوم، ژرمانیوم و آنتیموان را که در تولید نیمه‌رساناها نقش اساسی دارند، به آمریکا ممنوع کند. این اقدام در راستای حفظ امنیت ملی و مدیریت بهتر منابع این کشور انجام می‌شود.

[2]. Reuters.com

[3]. RTX

[4]. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)

در مقابل، چین با افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت دفاعی و تلاش برای خودکفایی در تولید تسلیحات پیشرفته، درحال کاهش شکاف با آمریکا است.

شکل ٤. بزرگترین شرکت‌های تولید تسلیحات نظامی در سال ۲۰۲۲ بر اساس درآمد، (استاتیستا،۱٤۰۳)

شرکت‌هایی مانند صنعت هوانوردی چین[1]، چین الکترونیک[2]، نورینکو[3] توانسته‌اند سهم قابل‌توجهی از بازار جهانی را تصاحب کنند. شرکت صنعت هوانوردی چین با ۲۰/۸ میلیارد دلار و نورینکو با ۲۰/۵ میلیارد دلار درآمد ازتسلیحات، دو بازیگر کلیدی در صنعت نظامی

---

1. AVIC: Aviation Industry Corporation of China
2. CETC: China Electronic Technology Group Corporation
3. NORINCO: China North Industries Corporation

چین محسوب می‌شوند. علاوه براین، چین از طریق صادرات تسلیحات به کشورهای درحال‌توسعه، به‌ویژه در آفریقا، خاورمیانه و آسیای جنوبی، نفوذ خود را افزایش داده است

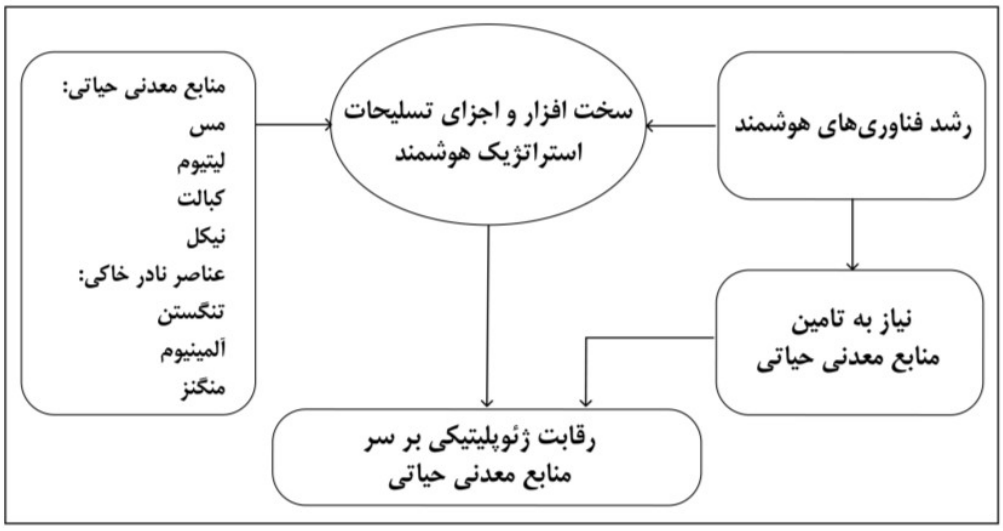
نقش رقابت ژئوپلیتیک بر سر منابع حیاتی و عناصر کمیاب خاکی در حوزه تسلیحات نظامی؛ یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های رقابت آمریکا و چین در حوزه تسلیحات، دسترسی به مواد معدنی حیاتی و عناصر کمیاب خاکی است. این عناصرشامل موادی مانند نئودیمیوم و دیسپروزیم هستند که در تولید موتورهای جت پیشرفته، رادارهای نسل جدید و سامانه‌های هدایت هوشمند کاربرد دارند (همفریز، ۱۴۰۰). طبق گزارش سازمان زمین شناسی ایالات متحده در سال ۲۰۲۳م. چین بیش از ۶۰ درصد تولید جهانی عناصرکمیاب خاکی را در اختیار دارد و از این مزیت استراتژیک برای تسلط بر زنجیره تأمین جهانی استفاده می‌کند. این موضوع یک چالش بزرگ برای ایالات متحده محسوب می‌شود؛ زیرا بدون دسترسی به این منابع، توسعه جنگ‌افزارهای نسل ششم و هوشمند با مشکل مواجه خواهد شد. به همین دلیل، آمریکا و متحدانش سرمایه‌گذاری‌های گسترده‌ای را درمعادن استرالیا، کانادا و کشورهای آفریقایی آغاز کرده‌اند تا وابستگی خود را به چین کاهش دهند(سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۴۰۲). این رقابت منابعی مستقیماً بر آینده جنگ‌افزارهای هوشمند و نسل ششم تأثیر می‌گذارد. به‌طور خاص، جنگنده‌های نسل ششم آمریکا و چین برای سامانه‌های پیشرانه الکتریکی، سنسورهای پیشرفته و هوش مصنوعی جنگی به عناصر کمیاب خاکی وابسته هستند(کیگینز[1]، ۱۴۰۱).

تحلیل روندهای گذشته نشان می‌دهد، جنگ‌های آینده به سمت اتوماسیون، نبردهای شبکه‌محور و استفاده از تسلیحات مبتنی بر هوش مصنوعی سوق پیدا خواهندکرد. درگیری‌های اخیر مانند جنگ اوکراین، تنش‌های دریای چین جنوبی و بحران تایوان، موجب افزایش بودجه‌های نظامی کشورها شده است (مؤسسه بین‌المللی پژوهش‌های صلح استکهلم، ۱۴۰۲). پیش‌بینی می‌شود که آمریکا تمرکز خود را بر توسعه سیستم‌های تسلیحاتی مبتنی بر هوش مصنوعی، پهپادهای خودمختار و جنگ‌افزارهای هایپرسونیک افزایش دهد؛ و چین نیز با کنترل زنجیره تأمین عناصر کمیاب و توسعه سامانه‌های جنگ الکترونیک و سایبری، به دنبال کسب برتری در جنگ‌های آینده باشد (کیگینز ، ۱۴۰۱). به نظر می‌رسد بازار جهانی تسلیحات به سمت افزایش قیمت و شکل‌گیری اتحادهای جدید در تأمین منابع استراتژیک حرکت کند (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده، ۱۴۰۲). رقابت

---

[1]. Kiggins

آمریکا و چین درصنعت تسلیحات، از یک نبرد تکنولوژیک صرف به یک جنگ ژئوپلیتیک بر سر منابع حیاتی و زنجیره تأمین جهانی تبدیل شده است. کنترل بازار عناصر کمیاب خاکی یکی از مهم‌ترین ابزارهای قدرت چین محسوب می‌شود، درحالی‌که آمریکا با سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی و جنگ‌افزارهای هوشمند، درتلاش است تا برتری خود راحفظ کند. در نهایت، کشوری که بتواند دسترسی بیشتر و کنترل بهتری بر منابع حیاتی و توسعه فناوری‌های نوین نظامی داشته باشد، درجنگ‌های آینده دست برتر را خواهد داشت.



شکل ۵. مدل هم آیندی ساخت تسلیحات نوین هوشمند با رشد هوش مصنوعی در افزایش رقابت‌های ژئوپلیتیکی بر سرمنابع معدنی حیاتی.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش در پی آن بود که نسبت میان هوشمندسازی تسلیحات استراتژیک نوین و افزایش وابستگی به منابع معدنی حیاتی را روشن سازد و رقابت ژئوپلیتیکی ناشی از آن را تبیین کند. بر این اساس، پرسش‌های اصلی تحقیق و پاسخ‌های مبتنی بر یافته‌ها به شرح زیر ارائه می‌شوند:

۱. **کاربست هوش مصنوعی در حوزه نظامی چگونه زمینه‌ساز نیاز فزاینده به منابع معدنی حیاتی می‌گردد؟** یافته‌ها نشان داد که کاربرد گسترده هوش مصنوعی در عرصه‌های نظامی—از جنگنده‌های نسل ششم و سامانه‌های بدون سرنشین خورشیدی گرفته تا تسلیحات انرژی مستقیم—نیاز روزافزون به منابع معدنی حیاتی همچون نئودیمیوم، گالیوم، کبالت، لیتیوم و تیتانیوم را برانگیخته است. این عناصر نه تنها در تولید سخت‌افزارهای پردازشی و ذخیره‌سازی انرژی نقش دارند، بلکه در عملکرد سامانه‌های تسلیحاتی پیشرفته نیز نقشی بی‌جایگاه ایفا می‌کنند.

۲. فرایند تولید و توسعه تسلیحات استراتژیک نوین هوشمند تا چه اندازه متکی بر بهره‌گیری از منابع معدنی حیاتی است؟ تحلیل داده‌ها نشان داد که منابع معدنی حیاتی به‌مثابه شالوده مادی نسل جدید جنگ‌افزارها عمل می‌کنند. بدون دسترسی پایدار به این منابع، تولید، توسعه و به‌کارگیری سامانه‌ها و زیرسامانه‌های هوشمند نظامی با وقفه و کاستی مواجه خواهد شد. این موضوع نه تنها به مرحله طراحی و ساخت محدود نمی‌شود، بلکه بر کل چرخه عمر تسلیحات—از نگهداری و تعمیرات تا ارتقاء و به‌روزرسانی مداوم سامانه‌ها—تأثیر مستقیم می‌گذارد. به بیان دیگر، منابع معدنی حیاتی صرفاً یک نهاده صنعتی ساده نیستند، بلکه عامل تعیین‌کننده‌ای در سرعت، کیفیت و گستره تحول تسلیحات نوین به شمار می‌روند. هرگونه محدودیت یا اختلال در دسترسی به این منابع می‌تواند موجب کاهش توان رقابتی کشورها در حوزه نظامی و کندی روند نوآوری در فناوری‌های پیشرفته دفاعی گردد.

۳. نیاز روزافزون به منابع معدنی حیاتی چگونه الگوهای رقابت ژئوپلیتیکی میان قدرت‌های بزرگ را دگرگون می‌سازد؟ بررسی‌ها نشان داد که رقابت بر سر منابع معدنی حیاتی به یکی از میدان‌های اصلی ژئوپلیتیک منابع تبدیل شده است. ایالات متحده در پی تنوع‌بخشی به زنجیره‌های تأمین و کاهش آسیب‌پذیری است، در حالی که چین با اتکا به ذخایر استراتژیک و موقعیت مسلط خود، منابع معدنی را به ابزاری برای اعمال فشار و نفوذ ژئوپلیتیکی بدل کرده است. اتحادیه اروپا نیز در این میان راهبرد تأمین از کشورهای همسو را دنبال می‌کند تا از وابستگی بیش‌ازحد به چین بکاهد.

٤ .اهمیت فزاینده منابع معدنی حیاتی چه چشم‌اندازی را برای آینده رقابت ژئوپلیتیکی قدرت‌ها ترسیم می‌کند؟ نتایج نشان می‌دهد که منابع معدنی حیاتی از جایگاهی صرفاً اقتصادی فراتر رفته و به یکی از عناصر کلیدی رقابت‌های فناورانه و تسلیحاتی بدل شده‌اند. در آینده نزدیک، کشورهایی که توانایی مدیریت و کنترل این منابع را داشته باشند، نقش مسلط‌تری در روند تحولات فناورانه و نظامی ایفا خواهند کرد. این وضعیت احتمالاً به بازآرایی اتحادها و افزایش شدت رقابت‌های ژئوپلیتیکی در سطح بین‌المللی خواهد انجامید.

این پژوهش نشان داد که رشد هوش مصنوعی در حوزه نظامی، توسعه تسلیحات استراتژیک نوین، و رقابت ژئوپلیتیکی بر سر منابع معدنی حیاتی، در قالب چرخه‌ای علّی و تقویت‌کننده بر یکدیگر اثر می‌گذارند. کنترل و بهره‌برداری از این منابع به یکی از عوامل تعیین‌کننده در توازن ژئوپلیتیکی قدرت‌ها بدل شده است. از این‌رو، به کشورهای دارنده این

منابع توصیه می‌شود با تدوین سیاست‌های هوشمندانه در بهره‌برداری، تنوع‌بخشی به بازارها، توسعه فناوری‌های بومی و شکل‌دهی به اتحادهای منطقه‌ای، موقعیت راهبردی خود را در رقابت‌های بین‌المللی تقویت کنند. همچنین، پژوهش‌های آتی می‌توانند با تمرکز بر ابعاد اخلاقی، زیست‌محیطی و حقوقی این رقابت‌ها، چشم‌اندازی جامع‌تر از پیامدهای آن ارائه دهند.

از جمله محدودیت‌های این پژوهش، عدم دسترسی به برخی داده‌های طبقه‌بندی‌شده و محرمانه در حوزه صنایع دفاعی و زنجیره‌های تأمین نظامی است که می‌تواند دقت تحلیل را در برخی موارد تحت تأثیر قرار دهد.

تشکر و قدردانی

در این بخش نویسندگان تشکر و قدردانی خود را از مسئولان محترم فصلنامه وزین «*مدیریت دفاع هوایی*» که در نشر پژوهش مساعدت داشتند، بیان نمایند.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در مورد انتشار این مقاله تضاد منافع وجود ندارد. علاوه بر این، موضوعات اخلاقی شامل سرقت ادبی، رضایت آگاهانه، سوء رفتار، جعل داده‌ها، انتشار و ارسال مجدد و مکرر توسط نویسندگان رعایت شده است.

دسترسی آزاد

این نشریه دارای دسترسی باز است و اجازه اشتراک (تکثیر و بازآرایی محتوا به هر شکل) و انطباق (بازترکیب، تغییر شکل و بازسازی بر اساس محتوا) را می‌دهد.

منابع

احمدی، سیدعباس؛ حافظ نیا، محمدرضا؛ بدیعی ازنداهی، مرجان و حیدری موصلو، طهمورث.(۱۳۹۷). تبیین نظری بسترهای شکل گیری رقابت ژئوپلیتیکی. *پژوهش های جغرافیای انسانی*،۵۰(۱)، ۱۹۹-۲۱۶.

بایزیدی، رحمن و فراهانی فرد، سعید.(۱۳۹۹). *اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست*، تهران: انتشارات سمت.

برژینسکی، زبیگنیو.(۱۳۹۷). *صفحه شطرنج بزرگ*. ترجمه علی‌اصغر قره‌داغی، تهران: انتشارات هفتان.

بوتا، نهال و همکاران.(۱۴۰۰). *سیستم‌های تسلیحاتی خودکار: حقوق، اخلاق، سیاست*. تهران: مرکز مطالعات راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران.

حافظنیا، محمدرضا .(۱۴۰۱). *اصول و مفاهیم ژئوپلیتیک*، مشهد، انتشارات پاپلی.

دادز، کلاس.(۱۳۹۶). *مقدمه‌ای بسیار کوتاه بر ژئوپلیتیک* .ترجمه زهرا پیشگاهی‌فر و محمد زهدی‌گهرپور. تهران: انتشارات دبیزش.

راسل، استوارت جاناتان و نورینگ، پیتر.(۱۴۰۰).*هوش مصنوعی: رهیافتی نوین (جلد ۱)* .مترجم عین‌الله جعفرنژاد قمی. تهران: انتشارات علوم رایانه.

عزتی، عزت‌الله.(۱۳۷۱).*ژئوپلیتیک* .تهران: انتشارات سمت.

فلینت، کالین.(۱۳۹۷).*مقدمه‌ای بر ژئوپلیتیک* .ترجمه محمدباقر قالیباف و محمدهادی پوینده. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

قاسمی، فرهاد و مهدی‌زاده، مهیار.(۱۴۰۲).*ژئوپلیتیک هوافضا و الگوی نوین جنگ*.تهران: انتشارات دافوس آجا.

کیسینجر، هنری و همکاران.(۱۴۰۱).*عصر هوش مصنوعی و آینده ما انسان‌ها* .ترجمه سامان صفرزائی. تهران: نشر پارسه.

مرشایمر، جان.(۱۳۸۸).*تراژدی سیاست قدرت‌های بزرگ* .ترجمه غلامعلی چگینی‌زاده. تهران: انتشارات وزارت امور خارجه.

مشیرزاده، حمیرا .(۱۳۹۳). *تحول در نظریه‌های روابط بین‌الملل* .تهران: انتشارات سمت.

مولر، جان و ماسارون، لوکا.(۱۴۰۲).*هوش مصنوعی* .ترجمه شیدا سرمدی. تهران: نشر آوند دانش.

میراحمدی، سعید؛ پدرام، مجتبی و امیدی، علی. (۱۴۰۱). استفاده چین از عناصر کمیاب خاکی و پیامدهای ژئوپلیتیکی آن .*مطالعات اقتصاد سیاسی بین‌الملل*، ۶(۱)، ۲۲۳-۲۵۶.

میلر، کریس.(۱۴۰۲). *نبرد تراشه‌ها: جنگ بر سر حیاتی‌ترین فناوری جهان*. ترجمه موسی موسوی زنوز. تهران: نشر بازرگانی.

نوری، جلال و همکاران.(۱۳۹۲).*پهپاد در جهان، جلد اول: قاره‌های آسیا و اقیانوسیه* .تهران: انتشارات سیمای دانش.

نیازی، مجیدرضا.(۱۳۸۸).*آشنایی با وسایل هوایی بدون سرنشین* .*UAV* تهران: انتشارات صنایع هوایی قدس.

یوسفی، مجید و نوری، هادی.(۱۴۰۰).*تسلیحات خودکار در جنگ‌های نوپدید* .تهران: مرکز مطالعات راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران.

Airbus Defence and Space. (2020). *Zephyr high altitude pseudo-satellite (HAPS)*. Airbus. https://www.airbus.com/en/products-services/defence/uas/zephyr

Aleessawi, N. A. K. (2025). AI-powered warfare: Navigating the strategic, ethical, and geopolitical frontiers of autonomous arms races. *Journal for Strategic Studies and Political Research, 4*(1), 160–175. https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/845/4/1/272493

Bressan, J. D., & Donadon, M. (Eds.). (2016). *Advanced materials in aerospace engineering*. Trans Tech Publications. https://www.scientific.net/book/advanced-materials-in-aerospace-engineering/978-3-0357-0069-5

Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022). *Resilience for the future: The United Kingdom's critical minerals strategy.* GOV.UK. GOV.UK.https://www.gov.uk/government/publications/uk-critical-minerals-strategy/resilience-for-the-future-the-united-kingdoms-critical-minerals-strategy GOV.UK

European Commission, Joint Research Centre. (2020). *Critical raw materials for strategic technologies and sectors in the EU: A foresight study.* Publications Office of the EU. https://data.europa.eu/doi/10.2760/87175

Hendriwardani, M., & Ramdoo, I. (2022). *Critical minerals: A primer.* International Institute for Sustainable Development (IISD). https://www.iisd.org/system/files/2023-09/critical-minerals-primer-en.pdf
iisd.org

Hoadley, D. S., & Lucas, N. J. (2018). *Artificial intelligence and national security* (CRS Report R45178). Congressional Research Service. https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R45178

Humphries, M. (2010). *Rare earth elements: The global supply chain* (CRS Report R41347). Congressional Research Service. https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41347

Janes. (2023). Aiming high: USAF plans for collaborative combat aircraft and next-generation air dominance platforms. *Janes Defence News.* https://www.janes.com/osint-insights/defence-news/air/aiming-high-usaf-plans-for-collaborative-combat-aircraft-and-next-generation-air-dominance-platforms

Kiggins, R. D. (2022). *The political economy of rare earth elements: Rising powers and technological change.* Palgrave Macmillan. https://link.springer.com/book/10.1057/9781137364241

Klare, M. T. (2001). *Resource wars: The new landscape of global conflict.* Henry Holt and Company. https://archive.org/details/resourcewarsnewl0000klar

Krebs, R. E. (2006). *The history and use of our earth's chemical elements: A reference guide* (2nd ed.). Greenwood Press. https://www.bloomsbury.com/us/history-and-use-of-our-earths-chemical-elements-9780313027987/

McCarthy, J. (2007). *What is artificial intelligence?* Stanford University. https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf

Minsky, M. (1985). *The society of mind.* Simon & Schuster. https://www.simonandschuster.com/books/The-Society-of-Mind/Marvin-Minsky/9780671657130

Rashid, A. B., Kausik, A. K., Sunny, A. A. H., & Bappy, M. H. (2023). Artificial intelligence in the military: An overview of the capabilities, applications, and challenges. *Computational Intelligence and Neuroscience, 2023*, 8676366. https://doi.org/10.1155/2023/8676366

Simmons-Edler, R., Badman, R. P., Longpre, S., & Rajan, K. (2024). Position: AI-powered autonomous weapons risk geopolitical instability and threaten AI research. In *Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning* (*Proceedings of Machine Learning Research,* Vol. 235, pp. 45508–45524). PMLR. https://proceedings.mlr.press/v235/simmons-edler24a.html

SIPRI. (2024, March 11). *Trends in international arms transfers, 2023* (SIPRI Fact Sheet). https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-03/fs_2403_at_2023.pdf

Statista. (2022, December 5). The world's largest arms-producing companies. *Statista.* https://www.statista.com/chart/12221/the-worlds-biggest-arms-companies/

Tirpak, J. A. (2009). The sixth generation fighter. *Air & Space Forces Magazine.* https://www.airandspaceforces.com/PDF/MagazineArchive/Documents/2009/October%202009/1009fighter.pdf

Tirpak, J. A. (2024). Allvin hedges on the future of next-generation air dominance fighter. *Air & Space Forces Magazine.* https://www.airandspaceforces.com/allvin-hedges-ngad-fighter-future/

U.S. Geological Survey. (2017). *Critical mineral resources of the United States—Economic and environmental geology and prospects for future supply* (Professional Paper 1802). https://doi.org/10.3133/pp1802

U.S. Geological Survey. (2023). *Mineral commodity summaries 2023: Rare earths.* U.S. Department of the Interior. https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-rare-earths.pdf

Veronese, K. (2015). *Rare: The high-stakes race to satisfy our need for the scarcest metals on earth.* Prometheus Books. https://archive.org/details/rarehighstakesra0000vero

Villalobos, F., Brosmer, J. L., Silberglitt, R., Lee, J. M., & Curtright, A. E. (2022). *Time for resilient critical material supply chain policies*

(RR-A2102-1). RAND Corporation. https://doi.org/10.7249/RRA2102-1

Zhou, J. and Manberger, A. (2024). *Critical minerals and great power competition: An overview*. Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI), Stockholm. https://www.sipri.org/sites/default/files/2024-10/critical_minerals.pdf?utm_source=chatgpt.com.