فصلنامه علمی مطالعات بنیادین و کاربردی جهان اسلام
سال ۷، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴
10.22034/fasiw.2025.355455.1445.

Article Type: Research paper

Artificial Intelligence and the Future of Power in the Global Order: From Resource-Based Power to Smart Power

Reza Farajpour

Department of Law, Yas.C., Islamic Azad University, Yasuj, Iran.

Article Info.

Received:
Accepted:
Available Online:

Keywords:
Artificial intelligence, world order, structural power, smart power, weaponized interdependence, futurology, nodal governance.

*** Corresponding Author:**
Dr. Reza Farajpour
Address: Department of Law, Yas.C., Islamic Azad University, Yasuj, Iran.
E-mail:
r.farajpour@iau.ac.ir

Abstract

Artificial intelligence is no longer merely an emerging technology alongside others; it has become a general-purpose technology that transforms the logic of production, distribution, and the exercise of power in the international system. The principal question of the article is how artificial intelligence redefines the nature and distribution of power in the future global order and what scenarios this transformation generates by the 2035 horizon. The research employs a qualitative method, integrating conceptual analysis, a systematic review of authoritative international literature, and scenario-based futures studies. The principal innovation lies in offering a novel framework termed the intelligent power, which formulates power in the AI era across five interconnected layers (material-energy, computation and cloud infrastructure, data and models, rules and standards, and cognitive-decisional), along with three novel concepts (conversion capacity, weaponized computational interdependence, and the speed-judgment paradox). The findings indicate that power shifts from the accumulation of resources to the control of bottlenecks and the capacity for technological diffusion and absorption. Based on two key uncertainties the concentration of computational capacity and the degree of global governance coordination four scenarios are delineated: computational bipolarity, platform empires, algorithmic multilateralism, and chaotic multipolarity. In conclusion, the strategy of nodal sovereignty is proposed for middle powers and developing countries.

How to Site:
Farajpour, R. (2026). Artificial Intelligence and the Future of Power in the Global Order: From Resource-Based Power to Smart Power. *The Fundamental and Applied Studies of the Islamic World, 7*(3) ،*186-199*.

Aut yright and full publishing rights.
Pub sociation of Geopolitics. This article is an open access article licensed under the
Cre ibution 4.0 International (CC BY 4.0)

فصلنامه علمی مطالعات بنیادین و کاربردی جهان اسلام
سال ۷، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴
10.22034/fasiw.2025.355455.1445.

انجمن ژئوپلیتیک ایران
Iranian Association of Geopolitics (I.A.G)

نوع مقاله: علمی پژوهشی

هوش مصنوعی و آینده قدرت در نظم جهانی: از قدرت منابع‌محور تا قدرت هوشمند

رضا فرج‌پور

گروه حقوق، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۷ تیر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۷ مهر ۱۴۰۴
تاریخ انتشار: ۲۳ آذر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
هوش مصنوعی، نظم جهانی، قدرت ساختاری، قدرت هوشمند، وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده، آینده‌پژوهی، حاکمیت گره‌ای.

* نویسنده مسئول:
دکتر رضا فرج‌پور
نشانی: گروه حقوق، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران
پست الکترونیک:
r.farajpour@iau.ac.ir

چکیده

هوش مصنوعی دیگر یک فناوری نوظهور در کنار سایر فناوری‌ها نیست، بلکه به فناوری همه‌منظوره‌ای تبدیل شده است که منطق تولید، توزیع و اعمال قدرت در نظام بین‌الملل را دگرگون می‌کند. پرسش اصلی مقاله آن است که هوش مصنوعی چگونه ماهیت و توزیع قدرت را در نظم جهانی آینده بازتعریف می‌کند و چه سناریوهایی را تا افق ۲۰۳۵ رقم می‌زند. پژوهش با روش کیفی و تلفیق تحلیل مفهومی، مرور نظام‌مند ادبیات و آینده‌پژوهی سناریومحور انجام شده است. نوآوری اصلی، ارائهٔ چارچوب قدرت هوشمند در پنج لایه (مادی-انرژی، محاسبات و زیرساخت ابری، داده و مدل، قواعد و استانداردها، و شناختی-تصمیمی) و سه مفهوم نو (ظرفیت تبدیل، وابستگی متقابل محاسباتیِ تسلیحاتی‌شده و پارادوکس سرعت-قضاوت) است. یافته‌ها نشان می‌دهد قدرت از انباشت منابع به کنترل گلوگاه‌های و توان انتشار و جذب فناوری جابه‌جا می‌شود. بر پایهٔ دو عدم‌قطعیت کلیدی تمرکز توان محاسباتی و هماهنگی حکمرانی جهانی چهار سناریو ترسیم می‌شود: دوقطبی محاسباتی، امپراتوری‌های پلتفرمی، چندجانبه‌گرایی الگوریتمیک و چندقطبی آشوبناک. در پایان، راهبرد حاکمیت گره‌ای برای قدرت‌های میانه و کشورهای در حال توسعه پیشنهاد می‌شود.

استناد به این مقاله:
فرج‌پور، رضا. (۱۴۰۵). هوش مصنوعی و آینده قدرت در نظم جهانی: از قدرت منابع‌محور تا قدرت هوشمند. *فصلنامه علمی مطالعات بنیادین و کاربردی جهان اسلام*، 7(۳)، ۱۹۹-۱۸۶.

Aut… yright and full publishing rights.
Pub… sociation of Geopolitics. This article is an open access article licensed under the
Cre… ibution 4.0 International (CC BY 4.0)

۱. مقدمه

تاریخ روابط بین‌الملل را می‌توان تا حدی تاریخ فناوری‌هایی دانست که توزیع قدرت را دگرگون کرده‌اند؛ از ماشین بخار و راه‌آهن گرفته تا الکتریسیته، سلاح هسته‌ای و اینترنت. با این حال، فناوری‌ها به یک اندازه نظم جهانی را تغییر نمی‌دهند. برخی تنها کارآمدی ابزارهای موجود را افزایش می‌دهند و برخی دیگر، که در ادبیات اقتصاد نوآوری «فناوری‌های همه‌منظوره» نامیده می‌شوند، به‌واسطه فراگیری، بهبود مستمر و توانایی زایش نوآوری‌های مکمل، کل ساختار تولید و رقابت را بازآرایی می‌کنند (Bresnahan & Trajtenberg, ۱۹۹۵). شواهد روزافزون نشان می‌دهد که هوش مصنوعی، به‌ویژه نسل جدید مدل‌های زبانی بزرگ و سامانه‌های یادگیری عمیق، در شمار همین دسته دوم قرار دارد؛ به‌گونه‌ای که پژوهشگران آن را با الکتریسیته مقایسه کرده‌اند و استدلال می‌کنند که پیامدهای نظامی و راهبردی آن نه از یک «سلاح برتر»، بلکه از انتشار گسترده و تدریجی در کل اقتصاد و جامعه سرچشمه می‌گیرد (Ding & Dafoe, ۲۰۲۳).

اهمیت این تحول زمانی آشکارتر می‌شود که آهنگ رشد آن را در نظر بگیریم. بررسی روند توان محاسباتی به‌کاررفته در آموزش مدل‌های یادگیری ماشین نشان می‌دهد که پیش از سال ۲۰۱۰ این توان تقریباً هم‌پای قانون مور و با دوره دوبرابرشدن حدود بیست ماه رشد می‌کرد، اما در دوران یادگیری عمیق این دوره به حدود شش ماه کاهش یافت و با ظهور مدل‌های بسیار بزرگ، مرحله‌ای تازه از مقیاس‌پذیری آغاز شد (Sevilla et al., ۲۰۲۲). چنین شتابی بدین معناست که فاصله میان پیشتازان و دنباله‌روان در این حوزه می‌تواند با سرعتی بی‌سابقه افزایش یابد. از سوی دیگر، برآوردها حاکی از آن است که بخش بزرگی از نیروی کار در اقتصادهای پیشرفته در معرض اثرگذاری مدل‌های زبانی بزرگ قرار دارد؛ به‌طوری که برای حدود هشتاد درصد کارگران دست‌کم ده درصد از وظایف شغلی و برای نزدیک به یک‌پنجم آنان دست‌کم نیمی از وظایف تحت تأثیر این فناوری قرار می‌گیرد (Eloundou et al., ۲۰۲۴). بنابراین هوش مصنوعی هم بر پایه‌های اقتصادی قدرت ملی و هم بر ابزارهای نظامی و امنیتی آن اثر می‌گذارد.

با وجود این، بخش عمده ادبیات موجود درباره هوش مصنوعی و روابط بین‌الملل در یکی از دو دام گرفتار است. دسته نخست، هوش مصنوعی را صرفاً یک منبع جدید قدرت تلقی می‌کند و می‌کوشد آن را مانند تعداد تانک‌ها یا تولید ناخالص داخلی شمارش کند. دسته دوم، با نگاهی تقلیل‌گرایانه، بر یک بُعد خاص، مثلاً تسلیحات خودمختار یا رقابت آمریکا و چین، متمرکز می‌شود و از پیوند میان لایه‌های مختلف قدرت غافل می‌ماند. این در حالی است که پژوهش‌های جدید درباره سنجش قدرت ملی تأکید می‌کنند که شاخص‌های ناخالصی چون تولید ناخالص داخلی و جمعیت، قدرت واقعی کشورها را بیش از اندازه برآورد می‌کنند و آنچه اهمیت دارد منابع خالص پس از کسر هزینه‌های تولید، رفاه و امنیت است (Beckley, ۲۰۱۸). اگر این استدلال در مورد منابع کلاسیک صادق باشد، در عصر هوش مصنوعی اهمیتی دوچندان می‌یابد؛ زیرا داشتن داده یا تراشه به‌خودی‌خود به قدرت منجر نمی‌شود، مگر آنکه کشور بتواند این منابع را در یک زنجیره پیوسته به تصمیم و نفوذ تبدیل کند.

مسئله اصلی این مقاله دقیقاً از همین شکاف برمی‌خیزد: ما هنوز چارچوب نظری منسجمی در اختیار نداریم که نشان دهد قدرت در عصر هوش مصنوعی در کجا انباشته می‌شود، از چه مسیرهایی منتقل می‌شود و کدام گلوگاه‌ها آن را به ابزار اجبار تبدیل می‌کنند. بدون چنین چارچوبی، هم تحلیل علمی دگرگونی نظم جهانی ناقص می‌ماند و هم سیاست‌گذاری کشورهای غیرپیشتاز، به‌ویژه قدرت‌های میانه و کشورهای در حال توسعه، به واکنش‌هایی پراکنده و پرهزینه محدود می‌شود.

۲. پرسش‌ها، فرضیه و نوآوری پژوهش

پرسش اصلی پژوهش این است: هوش مصنوعی چگونه ماهیت و توزیع قدرت را در نظام بین‌الملل بازتعریف می‌کند و این بازتعریف چه آینده‌هایی را برای نظم جهانی ممکن می‌سازد؟ در ذیل این پرسش، سه پرسش فرعی مطرح است: نخست، منابع

و سازوکارهای قدرت در عصر هوش مصنوعی در قالب چه ساختاری قابل صورت‌بندی‌اند؟ دوم، کدام لایه‌ها و گلوگاه‌ها بیشترین ظرفیت را برای تبدیل برتری فناورانه به اجبار ساختاری دارند؟ و سوم، با توجه به عدم‌قطعیت‌های کلیدی، چه سناریوهایی برای نظم جهانی تا افق ۲۰۳۵ متصور است و قدرت‌های میانه در هر سناریو چه گزینه‌هایی دارند؟

فرضیه پژوهش آن است که هوش مصنوعی قدرت را از انباشت منابع به کنترل گلوگاه‌های یک فناورانه چندلایه و ظرفیت تبدیل منابع به تصمیم منتقل می‌کند؛ در نتیجه، نظم جهانی آینده نه صرفاً بر اساس توزیع کلاسیک توانایی‌ها، بلکه بر اساس جایگاه بازیگران در این و میزان وابستگی متقابل آنان در لایه‌های مختلف آن شکل خواهد گرفت.

نوآوری این مقاله در چهار سطح قابل طرح است:

- نوآوری مفهومی: ارائه چارچوب قدرت هوشمند که برای نخستین بار قدرت در عصر هوش مصنوعی را در پنج لایه به‌هم‌پیوسته (مادی ـ انرژی، محاسبات، داده و مدل، قواعد، و شناختی ـ تصمیمی) صورت‌بندی می‌کند و هر لایه را به یکی از گونه‌های قدرت در نظریه روابط بین‌الملل پیوند می‌دهد.
- نوآوری نظری: طرح سه مفهوم جدید ظرفیت تبدیل، وابستگی متقابل محاسباتیِ تسلیحاتی‌شده و پارادوکس سرعت ـ قضاوت که شکاف میان ادبیات امنیتی، اقتصاد سیاسی و حکمرانی هوش مصنوعی را پر می‌کند.
- نوآوری روشی: پیشنهاد شاخص ترکیبی قدرت هوشمند که برخلاف شاخص‌های رایج، آسیب‌پذیری در برابر گلوگاه‌ها را از قدرت ناخالص کسر می‌کند و ضریب تبدیل را در محاسبه می‌گنجاند.
- نوآوری کاربردی: تدوین چهار سناریوی نظم جهانی تا ۲۰۳۵ همراه با نشانگرهای پیش‌آگاهی و ارائه راهبرد حاکمیت گره‌ای برای قدرت‌های میانه.

۳. پیشینه پژوهش

ادبیات مربوط به نسبت هوش مصنوعی و قدرت در نظام بین‌الملل را می‌توان در سه جریان اصلی دسته‌بندی کرد که هر یک بخشی از واقعیت را روشن می‌کنند، اما هیچ‌یک به‌تنهایی تصویر کاملی به دست نمی‌دهند.

۳-۱. جریان امنیتی ـ راهبردی

نخستین و پرحجم‌ترین جریان، هوش مصنوعی را از منظر امنیت ملی و جنگ آینده بررسی می‌کند. پین استدلال می‌کند که هوش مصنوعی می‌تواند به انقلابی در امور راهبردی منجر شود؛ زیرا برخلاف فناوری‌های پیشین، نه‌تنها ابزارهای جنگ، بلکه بنیان‌های روان‌شناختی تصمیم‌گیری راهبردی را نیز تغییر می‌دهد (Payne, ۲۰۱۸). جانسون نیز نشان می‌دهد که هوش مصنوعی به‌عنوان یک افزاینده نیرو می‌تواند پویایی‌های مسابقه تسلیحاتی را تشدید کند و ثبات راهبردی، به‌ویژه در رقابت آمریکا و چین، را به خطر اندازد (Johnson, ۲۰۱۹). هورووِیتز با تمرکز بر سامانه‌های تسلیحاتی خودمختار، این نکته را برجسته می‌کند که ارزش سرعت در این سامانه‌ها می‌تواند انگیزه‌های واگذاری تصمیم به ماشین را افزایش دهد و از این رهگذر، ثبات بحران و منطق بازدارندگی را تضعیف کند (Horowitz, ۲۰۱۹).

در مقابل، گلدفارب و لیندسی دیدگاهی متفاوت ارائه می‌کنند. آنان با بهره‌گیری از اقتصاد هوش مصنوعی استدلال می‌کنند که این فناوری اساساً هزینه پیش‌بینی را کاهش می‌دهد، اما در عوض ارزش قضاوت انسانی و کیفیت داده‌ها را افزایش می‌دهد؛

از این رو، در محیط‌های پرابهام نظامی، اهمیت انسان نه کاهش، بلکه افزایش می‌یابد و داده‌ها و فرایندهای قضاوت به آماج اصلی رقابت تبدیل می‌شوند (Goldfarb & Lindsay, ۲۰۲۲). مطالعات تجربی هورووِیتز و لین‌گرینبرگ نیز نشان می‌دهند که اثر توصیه‌های الگوریتمی بر تصمیم‌گیری در بحران‌ها یکنواخت نیست و به عواملی چون اعتماد و آشنایی تصمیم‌گیران با فناوری بستگی دارد (Horowitz & Lin-Greenberg, ۲۰۲۲). پژوهش گیلی و گیلی نیز با نشان‌دادن دشواری تقلید از سامانه‌های پیچیده نظامی، یادآوری می‌کند که برتری فناورانه صرفاً با دسترسی به اطلاعات یا جاسوسی سایبری منتقل نمی‌شود، بلکه به توان یکپارچه‌سازی سامانه‌ها وابسته است (Gilli & Gilli, ۲۰۱۹).

۳-۲. جریان اقتصاد سیاسی و زیرساخت

جریان دوم، هوش مصنوعی را در بستر اقتصاد سیاسی جهانی و زیرساخت‌های دیجیتال تحلیل می‌کند. نقطه عزیمت مهم در این جریان، نظریه وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده است. فارل و نیومن نشان می‌دهند که شبکه‌های اقتصادی جهانی به‌شکل نامتقارن و حول گره‌های مرکزی سازمان یافته‌اند و دولت‌هایی که بر این گره‌ها صلاحیت دارند، می‌توانند از دو سازوکار اثر سراسربین (دسترسی به اطلاعات جریان‌یافته از گره) و اثر گلوگاه (قطع دسترسی دیگران) برای اجبار بهره گیرند (Farrell & Newman, ۲۰۱۹). پژوهش‌های جدیدتر این منطق را به زیرساخت ابری گسترش داده و نشان داده‌اند که پراکندگی جغرافیایی مراکز داده شرکت‌های ابری آمریکایی و چینی، هم از نیروهای اقتصادی و هم از ملاحظات امنیتی تأثیر می‌پذیرد و جهان در حال تقسیم به حوزه‌های نفوذ محاسباتی است (Lehdonvirta et al., ۲۰۲۵).

در همین جریان، زوبوف مفهوم سرمایه‌داری نظارتی را برای توضیح معماری جدیدی از انباشت به کار می‌برد که در آن، داده‌های رفتاری انسان‌ها استخراج، تحلیل و به پیش‌بینی و هدایت رفتار تبدیل می‌شود (Zuboff, ۲۰۱۵). کولدری و مخیاس این تحلیل را یک گام فراتر برده و از استعمار داده سخن می‌گویند؛ یعنی فرایندی که در آن، زندگی انسانی از طریق داده به‌شکلی تصاحب می‌شود که یادآور منطق استعمار تاریخی است (Couldry & Mejias, ۲۰۱۹). رولف و شیندلر نیز با مفهوم «سرمایه‌داری پلتفرمی دولتی» نشان می‌دهند که در رقابت آمریکا و چین، مرز میان دولت و پلتفرم‌های بزرگ فناوری کم‌رنگ شده و پلتفرم‌ها به ابزار رقابت ژئوپلیتیک تبدیل شده‌اند (Rolf & Schindler, ۲۰۲۳). در سطح اقتصاد کلان نیز شواهد نشان می‌دهد که اتوماسیون می‌تواند اشتغال و دستمزد را در مناطق در معرض آن کاهش دهد و بدین‌ترتیب، شکاف‌های اجتماعی را که پایه مشروعیت و انسجام داخلی قدرت‌اند، تشدید کند (Acemoglu & Restrepo, ۲۰۲۰).

۳-۳. جریان حکمرانی و هنجار

جریان سوم بر قواعد، اخلاق و حکمرانی جهانی هوش مصنوعی تمرکز دارد. جوبین و همکاران با بررسی ۸۴ سند رهنمود اخلاقی در سراسر جهان نشان دادند که هرچند بر سر پنج اصل کلی، یعنی شفافیت، عدالت و انصاف، پرهیز از آسیب، مسئولیت‌پذیری و حریم خصوصی، همگرایی وجود دارد، اما تفسیر و شیوه اجرای این اصول به‌طور چشمگیری متفاوت است (Jobin et al., ۲۰۱۹). مقایسه رویکردهای ملی نیز این واگرایی را تأیید می‌کند: رویکرد چین به هوش مصنوعی هم‌زمان اهداف رقابت بین‌المللی، توسعه اقتصادی و حکمرانی اجتماعی را دنبال می‌کند (Roberts et al., ۲۰۲۱)، و مقایسه سیاست‌های رسمی آمریکا و چین نشان می‌دهد که هر دو قدرت، ارزش‌های خود را در قالب گفتمان هوش مصنوعی صورت‌بندی و ترویج می‌کنند (Hine & Floridi, ۲۰۲۴).

در سطح نهادی، سیهون و همکاران استدلال می‌کنند که حکمرانی بین‌المللی هوش مصنوعی به‌سوی یک مجموعه رژیمی پراکنده در حرکت است و میان تمرکز و پراکندگی نهادی، مبادله‌هایی میان کارآمدی، مشروعیت و انعطاف‌پذیری وجود دارد (Cihon et al., ۲۰۲۰). ماس با بهره‌گیری از تجربه کنترل تسلیحات هسته‌ای نشان می‌دهد که کنترل تسلیحاتی هوش مصنوعی نظامی، هرچند دشوار، ناممکن نیست و نقش جوامع معرفتی و هنجارسازان در آن تعیین‌کننده است (Maas, ۲۰۱۹).

تادئو و فلوریدی نیز از ضرورت تنظیم‌گری برای جلوگیری از مسابقه تسلیحاتی سایبری مبتنی بر هوش مصنوعی سخن گفته‌اند (Taddeo & Floridi, ۲۰۱۸). در سوی دیگر، سهم مهمی از ادبیات بر توان محاسباتی به‌عنوان اهرم حکمرانی تأکید دارد؛ زیرا توان محاسباتی برخلاف داده و الگوریتم، قابل ردیابی، قابل سنجش، قابل محروم‌سازی و دارای زنجیره تأمین متمرکز است (Sastry et al., ۲۰۲۴). فلدستاین نیز هشدار می‌دهد که هوش مصنوعی ابزارهای سرکوب را برای حکومت‌های اقتدارگرا ارزان‌تر و کارآمدتر کرده و از این طریق، رقابت میان مدل‌های حکمرانی را به بُعدی از نظم جهانی بدل ساخته است (Feldstein, ۲۰۱۹).

۳-۴. جمع‌بندی پیشینه و خلأ پژوهشی

مرور این سه جریان نشان می‌دهد که هر یک بر یکی از لایه‌های قدرت متمرکز شده‌اند: جریان امنیتی بر لایه تصمیم و کاربرد نظامی، جریان اقتصاد سیاسی بر لایه زیرساخت و داده، و جریان حکمرانی بر لایه قواعد. اما پیوند میان این لایه‌ها، یعنی اینکه چگونه کنترل یک لایه به برتری در لایه دیگر ترجمه می‌شود، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. دریزنر به‌درستی یادآوری می‌کند که اثر تغییرات فناورانه بر روابط بین‌الملل به ویژگی‌های خود فناوری و نیز به بستر سیاست قدرت‌های بزرگ بستگی دارد و نباید آن را یک متغیر مستقل و خودبنیاد تلقی کرد (Drezner, ۲۰۱۹). خلأ اصلی، فقدان چارچوبی است که بتواند این لایه‌ها را در یک منطق واحد به هم پیوند دهد و نسبت آن را با گونه‌شناسی کلاسیک قدرت روشن کند. مقاله حاضر می‌کوشد این خلأ را پر کند.

۴. چارچوب نظری: از قدرت منابع‌محور به «قدرت هوشمند»

۱-۴. گونه‌شناسی قدرت در نظریه روابط بین‌الملل

بارنت و دووال در یکی از پراستنادترین صورت‌بندی‌های قدرت در روابط بین‌الملل، چهار گونه قدرت را از یکدیگر متمایز کرده‌اند: قدرت اجباری که در آن یک بازیگر به‌طور مستقیم رفتار دیگری را کنترل می‌کند؛ «قدرت نهادی» که از طریق قواعد و نهادها و به‌شکل غیرمستقیم اعمال می‌شود؛ قدرت ساختاری که جایگاه‌ها و ظرفیت‌های بازیگران را در روابط ساختاری تعیین می‌کند؛ و «قدرت مولد» که از طریق گفتمان‌ها و نظام‌های معنا، هویت‌ها و امکان‌های کنش را برمی‌سازد (Barnett & Duvall, ۲۰۰۵). اهمیت این گونه‌شناسی در آن است که قدرت را به توانایی‌های مادی تقلیل نمی‌دهد و امکان می‌دهد تأثیرات چندلایه هوش مصنوعی را در یک دستگاه مفهومی واحد تحلیل کنیم.

۲-۴. هوش مصنوعی به‌مثابه فناوری همه‌منظوره و منطق «انتشار»

پایه نظری دوم، نظریه فناوری‌های همه‌منظوره است. بر اساس این نظریه، فناوری‌های همه‌منظوره سه ویژگی دارند: در بخش‌های گوناگون اقتصاد به کار می‌روند، به‌طور مستمر بهبود می‌یابند و موجب زایش نوآوری‌های مکمل در بخش‌های کاربر می‌شوند (Bresnahan & Trajtenberg, ۱۹۹۵). دینگ و دافو با بهره‌گیری از این نظریه و مقایسه با الکتریسیته نشان می‌دهند که در دگرگونی‌های نظامی مبتنی بر فناوری‌های همه‌منظوره، برنده نهایی لزوماً نخستین نوآور نیست، بلکه کشوری است که بتواند فناوری را با سرعت و عمق بیشتری در کل اقتصاد و نهادهای خود منتشر و جذب کند (Ding & Dafoe, ۲۰۲۳). این استدلال پیامد مهمی دارد: سنجش قدرت هوش مصنوعی بر اساس تعداد مقالات یا مدل‌های پیشرو کافی نیست و باید ظرفیت انتشار را نیز در نظر گرفت.

۳-۴. مدل پیشنهادی: قدرت هوشمند

با تلفیق این دو پایه نظری و منطق وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده، این مقاله چارچوبی با عنوان قدرت هوشمند پیشنهاد می‌کند. اصطلاح «» از معماری فناوری اطلاعات وام گرفته شده است، جایی که هر لایه بر لایه زیرین تکیه دارد و خدماتی را به لایه بالایی ارائه می‌کند. منطق محوری این چارچوب آن است که قدرت در عصر هوش مصنوعی در یک زنجیره عمودی تولید می‌شود: انرژی و مواد به تراشه و توان محاسباتی، توان محاسباتی و داده به مدل، مدل در چارچوب قواعد و استانداردها به کاربرد، و کاربرد در نهایت به تصمیم، ادراک و نفوذ تبدیل می‌شود. هر لایه با یکی از گونه‌های قدرت در گونه‌شناسی بارنت و دووال پیوند دارد. جدول ۱ این چارچوب را خلاصه می‌کند و جدول ۲ منطق جریان قدرت میان لایه‌ها، یعنی مسیر تبدیل از پایین به بالا و بازخورد از بالا به پایین، را نشان می‌دهد.

جدول ۱. چارچوب قدرت هوشمند: لایه‌ها، گونه‌های قدرت و گلوگاه‌ها

لایه	مؤلفه‌های کلیدی	گونه غالب قدرت	گلوگاه‌های اصلی	سازوکار اعمال قدرت
۱. مادی ـ انرژی	تراشه‌های پیشرفته، تجهیزات ساخت، انرژی، مواد معدنی	ساختاری	تجهیزات لیتوگرافی، کارخانه‌های ساخت پیشرفته	کنترل صادرات، محدودیت زنجیره تأمین
۲. محاسبات و ابر	مراکز داده، ابرهای عمومی، شبکه‌ها	ساختاری	ارائه‌دهندگان بزرگ ابری، مراکز داده عظیم	اثر گلوگاه و سراسربین، تعیین سقف توانایی
۳. داده و مدل	داده‌های رفتاری و زبانی، مدل‌های بنیادین	مولد	پلتفرم‌ها و مدل‌های پرکاربرد جهانی	شکل‌دهی پیش‌فرض‌ها، انتقال ارزش‌ها
۴. قواعد و استاندارد	تنظیم‌گری، اصول اخلاقی، استانداردهای فنی	نهادی	نهادهای استانداردگذار، بازارهای بزرگ	تعریف «هوش مصنوعی مشروع»، شکل‌دهی بلوک‌ها
۵. شناختی ـ تصمیمی	تصمیم نظامی، ادراک عمومی، روایت	اجباری و مولد	سامانه‌های پشتیبان تصمیم، رسانه‌های الگوریتمی	برتری عملیاتی، نفوذ ادراکی، کنترل اجتماعی

منبع: یافته‌های پژوهش؛ گونه‌های قدرت بر اساس گونه‌شناسی بارنت و دووال ((Barnett & Duvall, 2005.

جدول ۲. مدل مفهومی قدرت هوشمند: جریان تبدیل و بازخورد میان لایه‌ها

لایه	ورودی اصلی (از لایه زیرین)	خروجی راهبردی (به لایه بالایی)	بازخورد از لایه‌های بالایی	گلوگاه اصلی
۵. شناختی ـ تصمیمی	مدل‌ها و کاربردهای مجاز در چارچوب قواعد	برتری عملیاتی، نفوذ ادراکی و تصمیم راهبردی	بالاترین لایه؛ خود منبع روایت و مشروعیت است	سامانه‌های پشتیبان تصمیم
۴. قواعد و استانداردها	مدل‌ها و داده‌های موضوع تنظیم‌گری	تعریف کاربرد مشروع و «قابل اعتماد»	ترجیحات، ارزش‌ها و روایت‌های لایه شناختی	نهادهای استانداردگذار و بازارهای بزرگ

لایه	ورودی اصلی (از لایه زیرین)	خروجی راهبردی (به لایه بالایی)	بازخورد از لایه‌های بالایی	گلوگاه اصلی
۳. داده و مدل	توان محاسباتی	مدل‌های بنیادین و توان پیش‌بینی	الزامات حریم خصوصی، ایمنی و استاندارد	پلتفرم‌ها و مدل‌های پرکاربرد جهانی
۲. محاسبات و ابر	تراشه و انرژی	توان محاسباتی در دسترس برای آموزش و اجرا	معیارهای «زیرساخت قابل اعتماد»	ارائه‌دهندگان بزرگ ابری
۱. مادی ـ انرژی	مواد معدنی، انرژی و سرمایه	تراشه‌های پیشرفته و برق پایدار	کنترل صادرات و سیاست صنعتی	تجهیزات لیتوگرافی و ساخت پیشرفته

راهنمای خوانش: حرکت از پایین به بالای جدول بیانگر ظرفیت تبدیل (تبدیل ماده و انرژی به تصمیم و نفوذ) و حرکت از بالا به پایین بیانگر بازخورد بالا به پایین است. گلوگاه‌های هر لایه، نقاط بالقوه وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده‌اند.

منبع: یافته‌های پژوهش.

سه ویژگی این چارچوب آن را از رویکردهای پیشین متمایز می‌کند. نخست، پیوستگی عمودی: برتری در یک لایه تنها زمانی به قدرت پایدار تبدیل می‌شود که با دسترسی به لایه‌های زیرین و بالایی همراه باشد. کشوری که بهترین الگوریتم‌ها را دارد اما به تراشه‌های پیشرفته دسترسی ندارد، یا کشوری که داده فراوان دارد اما فاقد قواعد مشروع و پذیرفته‌شده برای استفاده از آن است، در عمل از برتری خود بهره کامل نمی‌برد. دوم، گلوگاه‌محوری: در هر لایه، نقاطی وجود دارد که تمرکز شدید عرضه در آن‌ها، به دارنده امکان اعمال اجبار ساختاری می‌دهد. سوم، بازخورد بالا به پایین: لایه‌های بالایی، به‌ویژه لایه قواعد و لایه شناختی، می‌توانند شکل و مسیر لایه‌های زیرین را تعیین کنند؛ برای نمونه، استانداردهای جهانی تعیین می‌کنند کدام زیرساخت قابل اعتماد تلقی شود.

۴-۴. سه مفهوم نو برآمده از چارچوب

الف) ظرفیت تبدیل: با الهام از استدلال بکلی درباره منابع خالص (Beckley, ۲۰۱۸)، این مقاله ظرفیت تبدیل را به‌عنوان توانایی یک کشور در تبدیل کارآمد ورودی‌های (انرژی، تراشه، داده و استعداد) به خروجی‌های راهبردی (بهره‌وری اقتصادی، برتری نظامی و نفوذ هنجاری) تعریف می‌کند. دو کشور با منابع ناخالص یکسان ممکن است به دلیل تفاوت در نهادها، کیفیت حکمرانی، یکپارچگی سامانه‌ها و ظرفیت جذب فناوری، قدرت بسیار متفاوتی داشته باشند. یافته گیلی و گیلی درباره دشواری یکپارچه‌سازی سامانه‌های پیچیده (Gilli & Gilli, ۲۰۱۹) و استدلال دینگ و دافو درباره اهمیت انتشار (Ding & Dafoe, ۲۰۲۳) هر دو مؤید اهمیت این مفهوم‌اند.

ب) وابستگی متقابل محاسباتیِ تسلیحاتی‌شده: این مفهوم، نظریه فارل و نیومن (Farrell & Newman, ۲۰۱۹) را به عصر هوش مصنوعی تعمیم می‌دهد. استدلال آن است که توان محاسباتی، به دلیل ویژگی‌هایی چون قابلیت ردیابی، قابلیت سنجش و تمرکز زنجیره تأمین (Sastry et al., ۲۰۲۴)، مستعدترین لایه برای تسلیحاتی‌شدن است. اما برخلاف شبکه‌های مالی، در اینجا اجبار نه‌تنها از طریق قطع جریان، بلکه از طریق تعیین سقف توانایی اعمال می‌شود؛ یعنی کشوری که از دسترسی به توان محاسباتی پیشرفته محروم شود، نه‌فقط امروز آسیب می‌بیند، بلکه سقف قابلیت‌های آینده‌اش نیز محدود می‌شود. به همین دلیل، اثر اجبار در این لایه انباشتی و بین‌نسلی است.

ج) پارادوکس سرعت ـ قضاوت: هوش مصنوعی از یک سو با افزایش سرعت پردازش و واکنش، انگیزه واگذاری تصمیم به ماشین را تقویت می‌کند (Horowitz, ۲۰۱۹)، و از سوی دیگر با ارزان‌کردن پیش‌بینی، ارزش قضاوت انسانی را بالا می‌برد (Goldfarb & Lindsay, ۲۰۲۲). نتیجه، یک پارادوکس است: هرچه رقابت بر سرعت شدیدتر شود، فضای زمانی لازم برای

قضاوت انسانی کوچک‌تر می‌شود، در حالی که درست همین قضاوت، منبع اصلی مزیت در محیط‌های مبهم است. دولت‌هایی که بتوانند این پارادوکس را از طریق طراحی نهادی، مثلاً تفکیک سطوح تصمیم بر اساس میزان ابهام و برگشت‌ناپذیری، مدیریت کنند، به مزیتی پایدار دست می‌یابند.

۵. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، بنیادی ـ کاربردی و از نظر روش، کیفی است و در سه گام انجام شده است. در گام نخست، با روش «ترکیب نظام‌مند ادبیات»، منابع معتبر بین‌المللی در سه حوزه مطالعات امنیتی، اقتصاد سیاسی بین‌الملل و حکمرانی فناوری شناسایی شد. معیارهای ورود عبارت بودند از: انتشار در مجلات داوری‌شده یا مجموعه‌مقالات معتبر علمی، دارابودن شناسه دیجیتال (DOI)، و ارتباط مستقیم با یکی از ابعاد نسبت هوش مصنوعی و قدرت. در نهایت ۲۸ اثر کلیدی برای تحلیل عمیق برگزیده شد.

در گام دوم، با بهره‌گیری از تحلیل مضمون، گزاره‌های اصلی هر منبع کدگذاری و در قالب مضامین فراگیر سازمان‌دهی شد. این مضامین در ارتباط با گونه‌شناسی قدرت بارنت و دووال قرار گرفت و از دل این فرایند، چارچوب پنج‌لایه قدرت هوشمند استخراج شد. در گام سوم، با روش آینده‌پژوهی سناریومحور به شیوه ماتریس عدم‌قطعیت‌های بحرانی، ابتدا پیشران‌های اصلی تحول شناسایی و سپس دو پیشران که هم بیشترین اثرگذاری و هم بیشترین عدم‌قطعیت را داشتند، به‌عنوان محورهای ماتریس برگزیده شدند. ترکیب حالت‌های حدی این دو محور، چهار سناریو را پدید آورد که برای هر یک، منطق درونی، برندگان و بازندگان و نشانگرهای پیش‌آگاهی تدوین شد. برای افزایش اعتبار، از سه‌سویه‌سازی نظری استفاده شد؛ یعنی هر گزاره کلیدی تنها زمانی پذیرفته شد که دست‌کم از دو جریان ادبیات پشتیبانی شود.

۶. یافته‌ها: تحلیل لایه‌های قدرت هوشمند

۶-۱. لایه مادی ـ انرژی: بازگشت ژئوپلیتیک ماده

یکی از تناقض‌های جالب عصر هوش مصنوعی آن است که فناوری‌ای که اغلب مجازی و نامحسوس تصور می‌شود، به شدیدترین شکل به ماده و انرژی وابسته است. آموزش و اجرای مدل‌های پیشرفته به تراشه‌های بسیار پیشرفته، تجهیزات ساخت پیچیده، مواد معدنی خاص و حجم فزاینده‌ای از برق و آب برای خنک‌سازی نیاز دارد. رشد نمایی توان محاسباتی مورد استفاده در آموزش مدل‌ها (Sevilla et al., ۲۰۲۲) به معنای رشد متناظر تقاضا برای این ورودی‌های مادی است. بدین‌ترتیب، هوش مصنوعی به‌جای پایان‌دادن به ژئوپلیتیک کلاسیک منابع، آن را در شکلی تازه احیا می‌کند: کنترل زنجیره تأمین نیمه‌رساناها، دسترسی به انرژی ارزان و پایدار، و امنیت مسیرهای تأمین مواد اولیه به مؤلفه‌های قدرت ملی تبدیل شده‌اند.

در این لایه، قدرت عمدتاً از جنس قدرت ساختاری است؛ یعنی جایگاه بازیگران در زنجیره تأمین جهانی، ظرفیت‌ها و گزینه‌های آنان را از پیش تعیین می‌کند (Barnett & Duvall, ۲۰۰۵). زنجیره تأمین تراشه‌های پیشرفته به‌شدت متمرکز است و چند گره محدود در طراحی، ساخت و تجهیزات لیتوگرافی، کل زنجیره را کنترل می‌کنند. همین تمرکز، این لایه را به مستعدترین عرصه برای اثر گلوگاه تبدیل کرده است (Farrell & Newman, ۲۰۱۹). سیاست‌های کنترل صادرات تراشه‌های پیشرفته و تجهیزات ساخت آن‌ها که از سال ۲۰۲۲ به‌طور جدی دنبال شده‌اند، مصداق روشن کاربرد این گلوگاه به‌عنوان ابزار اجبار ساختاری‌اند. با این حال، تحلیل گیلی و گیلی هشدار می‌دهد که پیامد چنین محدودیت‌هایی ممکن است دوسویه باشد؛

زیرا محدودیت‌ها هم پیشرفت رقیب را کند می‌کنند و هم انگیزه او را برای ساخت زنجیره بومی و یکپارچه‌سازی مستقل افزایش می‌دهند (Gilli & Gilli, ۲۰۱۹).

۶-۲. لایه محاسبات و زیرساخت ابری: قلمروهای جدید حاکمیت

لایه دوم شامل مراکز داده، ابرهای عمومی و خصوصی، و شبکه‌های ارتباطی است که توان محاسباتی را در دسترس کاربران قرار می‌دهند. این لایه، هسته اصلی آن چیزی است که در این مقاله وابستگی متقابل محاسباتیِ تسلیحاتی‌شده نامیده شد. شواهد نشان می‌دهد که شرکت‌های بزرگ ابری آمریکایی و چینی، شبکه‌ای جهانی از مناطق ابری ایجاد کرده‌اند که الگوی پراکندگی آن نه فقط از منطق بازار، بلکه از ملاحظات امنیتی و رقابت ژئوپلیتیک تأثیر می‌پذیرد (Lehdonvirta et al., ۲۰۲۵). نتیجه، شکل‌گیری نوعی جغرافیای محاسباتی است که در آن کشورها بر اساس میزبانی یا عدم میزبانی زیرساخت‌های پیشرفته و نیز بر اساس وابستگی به ارائه‌دهنده آمریکایی یا چینی، در حوزه‌های نفوذ متفاوتی قرار می‌گیرند.

ویژگی مهم این لایه آن است که هم اثر سراسربین و هم اثر گلوگاه را هم‌زمان ممکن می‌سازد. کشوری که داده‌ها و مدل‌هایش را بر زیرساخت ابری متعلق به شرکت‌های تحت صلاحیت یک قدرت دیگر میزبانی می‌کند، هم در معرض دسترسی اطلاعاتی و هم در معرض قطع خدمات قرار دارد. از سوی دیگر، همان ویژگی‌هایی که توان محاسباتی را به ابزار اجبار تبدیل می‌کند، یعنی قابلیت سنجش و ردیابی، آن را به مناسب‌ترین اهرم برای حکمرانی ایمن و کنترل گسترش قابلیت‌های خطرناک نیز بدل می‌سازد (Sastry et al., ۲۰۲۴). بنابراین لایه محاسبات یک لایه دوکاربردی از منظر حکمرانی است: می‌تواند هم ابزار سلطه و هم ابزار همکاری برای مدیریت ریسک باشد. این دوگانگی، یکی از محورهای اصلی سناریوهای آینده است.

۶-۳. لایه داده و مدل: انباشت پیش‌بینی و شکل‌دهی رفتار

در لایه سوم، داده‌ها و مدل‌های بنیادین قرار دارند. این لایه جایی است که منابع مادی و محاسباتی به هوش تبدیل می‌شوند. منطق قدرت در این لایه را می‌توان با مفهوم سرمایه‌داری نظارتی توضیح داد؛ معماری‌ای که در آن داده‌های رفتاری به پیش‌بینی و سپس به توان هدایت رفتار تبدیل می‌شود (Zuboff, ۲۰۱۵). در سطح بین‌المللی، این منطق به آنچه کولدری و مخیاس استعمار داده می‌نامند انجامیده است؛ وضعیتی که در آن، داده‌های جوامع پیرامونی جذب پلتفرم‌های مستقر در مراکز قدرت شده و ارزش افزوده و قدرت پیش‌بینی ناشی از آن در همان مراکز انباشته می‌شود (Couldry & Mejias, ۲۰۱۹).

آنچه این لایه را به عرصه ژئوپلیتیک تبدیل می‌کند، درهم‌تنیدگی روزافزون دولت و پلتفرم است. رولف و شیندلر نشان می‌دهند که در رقابت آمریکا و چین، پلتفرم‌های بزرگ فناوری دیگر صرفاً بازیگران اقتصادی خصوصی نیستند، بلکه در منطق رقابت دولتی ادغام شده‌اند (Rolf & Schindler, ۲۰۲۳). از این منظر، مدل‌های بنیادین بزرگ را می‌توان زیرساخت شناختی جدید دانست که بر آموزش، رسانه، تجارت و حتی تولید دانش اثر می‌گذارند. کشوری که مدل‌های پرکاربرد جهانی را تولید می‌کند، به‌طور ضمنی زبان‌ها، فرهنگ‌ها و ارزش‌هایی را که در داده‌های آموزشی و فرایند تنظیم مدل بازتاب یافته‌اند، به سطح جهانی منتقل می‌کند. این همان پیوند لایه داده و مدل با قدرت مولد است.

۶-۴. لایه قواعد و استانداردها: رقابت بر سر تعریف هوش مصنوعی مشروع

لایه چهارم، عرصه «قدرت نهادی» است. در این لایه، بازیگران بر سر تعیین قواعد بازی رقابت می‌کنند: چه کاربردی مجاز است، چه داده‌ای قابل استفاده است، کدام سامانه قابل اعتماد به شمار می‌آید و چه کسی مسئول خطاها است. همگرایی ظاهری بر سر اصول اخلاقی کلی (Jobin et al., ۲۰۱۹) نباید این واقعیت را پنهان کند که تفسیر این اصول با نظام‌های ارزشی و منافع ملی پیوند خورده است. رویکرد چین، اخلاق هوش مصنوعی را در کنار اهداف توسعه اقتصادی و حکمرانی اجتماعی قرار می‌دهد

(Roberts et al., ۲۰۲۱) و سیاست‌های رسمی آمریکا و چین هر یک ارزش‌های خاص خود را به‌عنوان مبنای هوش مصنوعی مطلوب معرفی می‌کنند (Hine & Floridi, ۲۰۲۴).

پیامد این وضعیت، شکل‌گیری آن چیزی است که می‌توان بلوک‌های تنظیم‌گری نامید؛ یعنی مجموعه‌هایی از کشورها که بر اساس پذیرش یک الگوی تنظیم‌گری خاص، با یکدیگر هم‌سو می‌شوند. این روند با استدلال سیهون و همکاران درباره پراکندگی رژیم حکمرانی هوش مصنوعی هم‌خوان است (Cihon et al., ۲۰۲۰). نکته مهم آن است که قدرت در این لایه لزوماً با قدرت در لایه‌های زیرین همبستگی کامل ندارد؛ بازیگری که در تولید تراشه یا مدل پیشتاز نیست، می‌تواند از طریق بازار بزرگ و ظرفیت تنظیم‌گری، استانداردهای جهانی را شکل دهد. این همان بازخورد بالا به پایین در چارچوب است و فرصت مهمی برای بازیگران غیرپیشتاز فراهم می‌کند. از سوی دیگر، تجربه کنترل تسلیحات نشان می‌دهد که قواعد بین‌المللی در حوزه‌های پرخطر، در صورت وجود جوامع معرفتی فعال و منافع مشترک در کاهش ریسک، امکان‌پذیرند (Maas, 2019; Taddeo & Floridi, ۲۰۱۸).

۶-۵. لایه شناختی ـ تصمیمی: میدان نهایی رقابت

بالاترین لایه ، جایی است که هوش مصنوعی به تصمیم، ادراک و رفتار تبدیل می‌شود. این لایه هم قدرت اجباری (در قالب برتری نظامی و عملیاتی) و هم قدرت مولد (در قالب شکل‌دهی به ادراک و روایت) را در بر می‌گیرد. در عرصه نظامی، هوش مصنوعی می‌تواند بنیان‌های روان‌شناختی راهبرد را دگرگون کند (Payne, ۲۰۱۸) و با افزایش سرعت، ثبات بحران را تهدید کند (Horowitz, 2019; Johnson, ۲۰۱۹). اما چنان‌که پارادوکس سرعت ـ قضاوت نشان می‌دهد، برتری در این لایه صرفاً به سرعت وابسته نیست. سازمان‌هایی که فرایندهای قضاوت، کیفیت داده و یکپارچگی انسان و ماشین را بهتر طراحی کنند، برتری خواهند داشت (Goldfarb & Lindsay, ۲۰۲۲)، و اثر واقعی توصیه‌های الگوریتمی به اعتماد و آشنایی تصمیم‌گیران بستگی دارد (Horowitz & Lin-Greenberg, ۲۰۲۲).

در عرصه سیاست داخلی و بین‌المللی، هوش مصنوعی ابزارهای کنترل اجتماعی و نظارت را ارزان‌تر و فراگیرتر کرده است (Feldstein, ۲۰۱۹). این امر رقابت میان قدرت‌ها را به رقابت میان مدل‌های حکمرانی نیز گسترش می‌دهد؛ زیرا صادرات فناوری‌های نظارتی و الگوهای حکمرانی دیجیتال، به ابزاری برای گسترش نفوذ تبدیل شده است. افزون بر این، اگر هوش مصنوعی شکاف‌های اقتصادی و اجتماعی را تشدید کند (Acemoglu & Restrepo, 2020; Eloundou et al., ۲۰۲۴)، انسجام داخلی و مشروعیت، که پایه‌های ناپیدای قدرت ملی‌اند، در معرض فرسایش قرار می‌گیرند. بنابراین در لایه شناختی، قدرت هم بیرونی (نفوذ بر دیگران) و هم درونی (حفظ انسجام و تاب‌آوری جامعه) است.

۶-۶. شاخص ترکیبی قدرت هوشمند

برای عملیاتی‌کردن چارچوب ، این مقاله شاخص ترکیبی قدرت هوشمند را پیشنهاد می‌کند. منطق این شاخص آن است که قدرت ناخالص در لایه‌های پنج‌گانه باید در ضریب تبدیل ضرب و آسیب‌پذیری در برابر گلوگاه‌ها از آن کسر شود. صورت کلی شاخص چنین است:

$$SAPI = \kappa \times (\Sigma w_i \cdot L_i) - \lambda \cdot V$$

در این رابطه، L_i سطح توانایی کشور در لایه i (از یک تا پنج)، w_i وزن هر لایه که مجموع آن‌ها برابر یک است، κ ضریب تبدیل (بین صفر و یک) که کیفیت نهادی، یکپارچگی سامانه‌ها و ظرفیت انتشار را بازتاب می‌دهد، V میزان آسیب‌پذیری در برابر گلوگاه‌های خارجی، و λ ضریب حساسیت به این آسیب‌پذیری است. تمایز این شاخص با شاخص‌های رایج در دو نکته است: نخست، ضریب تبدیل از استدلال بکلی درباره تفاوت قدرت ناخالص و خالص الهام گرفته است (Beckley, ۲۰۱۸)؛ دوم، کسر آسیب‌پذیری، منطق وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده را وارد سنجش قدرت می‌کند (Farrell & Newman, 2019). جدول

۳ با استفاده از این منطق، ارزیابی کیفی و تفسیری چهار دسته از بازیگران را ارائه می‌دهد. شایان ذکر است که این جدول نتیجه داوری تحلیلی بر پایه ادبیات بررسی‌شده است و نه سنجش کمّی؛ کمّی‌سازی دقیق شاخص، دستور کار پژوهش‌های آینده است.

جدول ۳. ارزیابی کیفی جایگاه بازیگران در قدرت هوشمند

بازیگر	مادی ـ انرژی	محاسبات	داده و مدل	قواعد	شناختی ـ تصمیمی	ضریب تبدیل (κ)	آسیب‌پذیری (V)
ایالات متحده	بالا	بسیار بالا	بسیار بالا	بالا	بالا	بالا	متوسط
چین	متوسط	بالا	بالا	متوسط رو به افزایش	بالا	بالا	بالا
اتحادیه اروپا	متوسط (گره‌های تخصصی)	متوسط	متوسط	بسیار بالا	متوسط	متوسط	متوسط رو به بالا
قدرت‌های میانه	متغیر	پایین تا متوسط	پایین تا متوسط	متوسط	متغیر	متغیر	بالا

منبع: داوری تحلیلی نگارنده بر پایه ادبیات بررسی‌شده. این ارزیابی کیفی است و نتیجه سنجش کمّی نیست.

نکته قابل تأمل در جدول ۳ آن است که هیچ بازیگری در همه لایه‌ها برتری مطلق ندارد. ایالات متحده در لایه‌های محاسبات و مدل پیشتاز است، اما با چالش انسجام اجتماعی و قطبی‌شدن مواجه است؛ چین در مقیاس داده، ظرفیت دولت و انتشار کاربردی قوی است، اما در لایه مادی به گلوگاه‌های خارجی وابسته است؛ اتحادیه اروپا در لایه قواعد نفوذ چشمگیری دارد، اما در لایه‌های زیرین وابسته است. این پراکندگی نشان می‌دهد که نظم جهانی آینده به احتمال زیاد نه یک هژمونی هوشمند یکپارچه، بلکه ساختاری چندلایه و ناهمگن خواهد بود که در آن، توزیع قدرت از لایه‌ای به لایه دیگر تفاوت می‌کند.

۷. سناریوهای آینده نظم جهانی تا افق ۲۰۳۵

بر اساس تحلیل پیشران‌ها، دو عدم‌قطعیت بحرانی به‌عنوان محورهای ماتریس سناریو برگزیده شد. محور نخست، میزان تمرکز توان محاسباتی و مدل‌های پیشرفته است که از تمرکز شدید در دست چند بازیگر تا پراکندگی گسترده، از جمله از طریق مدل‌های متن‌باز و کاهش هزینه‌ها، امتداد دارد. محور دوم، میزان هماهنگی حکمرانی جهانی است که از رژیم‌های هماهنگ و مبتنی بر همکاری در مدیریت ریسک تا پراکندگی و رقابت تنظیم‌گری امتداد می‌یابد. ترکیب این دو محور، چهار سناریو پدید می‌آورد که در جدول ۴ به‌صورت ماتریس و در جدول ۵ به‌تفصیل نشان داده شده است.

جدول ۴. ماتریس سناریوهای نظم جهانی بر پایه دو عدم‌قطعیت بحرانی

تمرکز محاسباتی / هماهنگی حکمرانی	حکمرانی جهانی پراکنده	حکمرانی جهانی هماهنگ
تمرکز بالای توان محاسباتی	**سناریو ۱: دوقطبی محاسباتی** دو رقیب با زنجیره تأمین، ابر و استانداردهای جداگانه فشار انتخاب بر سایر کشورها؛ ریسک بالا	**سناریو ۲: امپراتوری‌های پلتفرمی** حاکمیت مشترک دولت و پلتفرم‌های فراملی ثبات نسبی در مرکز، استعمار داده در پیرامون؛ ریسک متوسط
پراکندگی توان محاسباتی	**سناریو ۴: چندقطبی آشوبناک** انتشار بی‌مهار قابلیت‌ها میان بازیگران دولتی و غیردولتی بی‌ثباتی و مسابقه تسلیحاتی؛ ریسک بسیار بالا	**سناریو ۳: چندجانبه‌گرایی الگوریتمیک** رژیم‌های مشترک مدیریت ریسک و راستی‌آزمایی نقش‌آفرینی قدرت‌های میانه؛ ریسک پایین

محور عمودی: میزان تمرکز توان محاسباتی و مدل‌های پیشرفته؛ محور افقی: میزان هماهنگی حکمرانی جهانی.
منبع: یافته‌های پژوهش.

جدول ۵. سناریوهای نظم جهانی در عصر هوش مصنوعی تا افق ۲۰۳۵

سناریو	ترکیب محورها	منطق غالب	برندگان / بازندگان	سطح ریسک
دوقطبی محاسباتی	تمرکز بالا + حکمرانی پراکنده	دو رقیب و فشار انتخاب بر دیگران	دو قطب اصلی / کشورهای بدون گره مزیت‌دار	بالا
امپراتوری‌های پلتفرمی	تمرکز بالا + حکمرانی هماهنگ	حاکمیت مشترک دولت و پلتفرم	شرکت‌های فراملی / جوامع پیرامونی	متوسط
چندجانبه‌گرایی الگوریتمیک	پراکندگی + حکمرانی هماهنگ	رژیم‌های مدیریت ریسک مشترک	قدرت‌های میانه و جوامع معرفتی / انحصارگران	پایین
چندقطبی آشوبناک	پراکندگی + حکمرانی پراکنده	انتشار بی‌مهار قابلیت‌ها	بازیگران چابک غیردولتی / ثبات بین‌المللی	بسیار بالا

منبع: یافته‌های پژوهش.

۷-۱. سناریوی نخست: دوقطبی محاسباتی

در این سناریو، توان محاسباتی در دست دو قطب اصلی متمرکز می‌ماند و حکمرانی جهانی پراکنده و رقابتی است. جهان به دو رقیب تقسیم می‌شود که هر یک زنجیره تأمین، ابر، مدل‌ها و استانداردهای خاص خود را دارد. این سناریو با پیش‌بینی میرشایمر درباره فروپاشی نظم لیبرال و شکل‌گیری نظم‌های محدود به رهبری قدرت‌های رقیب هم‌خوانی دارد (Mearsheimer, ۲۰۱۹) و با الگوی جغرافیایی رقابت ابری آمریکا و چین نیز سازگار است (Lehdonvirta et al., ۲۰۲۵). در این جهان، کشورهای دیگر تحت فشار انتخاب میان دو قرار می‌گیرند و هزینه «عدم انتخاب» افزایش می‌یابد. خطر اصلی این سناریو، تشدید مسابقه تسلیحاتی هوش مصنوعی و فرسایش ثبات راهبردی است (Johnson, ۲۰۱۹). نشانگرهای پیش‌آگاهی آن عبارت‌اند از: گسترش کنترل‌های صادراتی به لایه‌های جدید، تفکیک فزاینده استانداردهای فنی و الزام کشورها به انتخاب میان ارائه‌دهندگان زیرساخت.

۷-۲. سناریوی دوم: امپراتوری‌های پلتفرمی

در این سناریو، توان محاسباتی متمرکز می‌ماند، اما تمرکز اصلی نه در دست دولت‌ها، بلکه در اختیار شمار اندکی از شرکت‌های فراملی است و حکمرانی جهانی در قالب هماهنگی میان دولت‌های قدرتمند و این شرکت‌ها شکل می‌گیرد. منطق سرمایه‌داری پلتفرمی دولتی (Rolf & Schindler, ۲۰۲۳) در این سناریو به اوج می‌رسد و نوعی حاکمیت مشترک میان دولت و پلتفرم پدید می‌آید. ثبات نسبی در سطح قدرت‌های بزرگ حفظ می‌شود، اما کشورهای پیرامونی در معرض شدیدترین شکل استعمار داده قرار می‌گیرند (Couldry & Mejias, ۲۰۱۹). نشانگرهای پیش‌آگاهی این سناریو عبارت‌اند از: ادغام‌های گسترده در صنعت هوش مصنوعی، قراردادهای راهبردی میان دولت‌ها و شرکت‌های بزرگ فناوری، و افزایش نقش شرکت‌ها در تدوین استانداردهای بین‌المللی.

۷-۳. سناریوی سوم: چندجانبه‌گرایی الگوریتمیک

در این سناریو، توان محاسباتی و قابلیت‌های هوش مصنوعی به‌طور گسترده‌تر در جهان پراکنده می‌شود و هم‌زمان، رژیم‌های هماهنگی برای مدیریت ریسک‌های مشترک شکل می‌گیرد. این سناریو بر این فرض استوار است که درک مشترک از ریسک‌های فاجعه‌بار، مانند سوءاستفاده از قابلیت‌های پیشرفته یا حوادث ناشی از سامانه‌های خودمختار، انگیزه همکاری را حتی میان رقبا ایجاد می‌کند؛ همان‌گونه که در عصر هسته‌ای رخ داد (Maas, ۲۰۱۹). حکمرانی مبتنی بر توان محاسباتی، به‌عنوان اهرمی قابل راستی‌آزمایی، می‌تواند پایه فنی چنین همکاری‌ای باشد (Sastry et al., ۲۰۲۴). در این جهان، قدرت‌های میانه نقش برجسته‌ای در شکل‌دهی به قواعد خواهند داشت. نشانگرهای پیش‌آگاهی این سناریو عبارت‌اند از: توافق‌های بین‌المللی درباره ارزیابی ایمنی مدل‌ها، شکل‌گیری نهادهای علمی مشترک و سازوکارهای راستی‌آزمایی مبتنی بر سخت‌افزار.

۷-۴. سناریوی چهارم: چندقطبی آشوبناک

در این سناریو، قابلیت‌های هوش مصنوعی به‌سرعت پراکنده می‌شوند، اما هیچ رژیم هماهنگی مؤثری شکل نمی‌گیرد. کاهش شدید هزینه دستیابی به قابلیت‌های پیشرفته، بازیگران متعدد دولتی و غیردولتی را توانمند می‌سازد و موازنه سنتی قدرت را ناپایدار می‌کند. هشدار تادئو و فلوریدی درباره مسابقه تسلیحاتی سایبری (Taddeo & Floridi, ۲۰۱۸) و نگرانی درباره ابزارهای سرکوب ارزان (Feldstein, ۲۰۱۹) در این سناریو بیشترین مصداق را می‌یابند. هرچند این سناریو کمترین تمرکز قدرت را دارد، اما بیشترین بی‌ثباتی و ریسک را نیز در بر می‌گیرد. نشانگرهای پیش‌آگاهی آن عبارت‌اند از: افزایش حملات سایبری مبتنی بر هوش مصنوعی، گسترش سامانه‌های خودمختار در اختیار بازیگران غیردولتی و ناکامی مکرر مذاکرات بین‌المللی.

۷-۵. تحلیل مقایسه‌ای سناریوها

مقایسه چهار سناریو نشان می‌دهد که هیچ‌یک سرنوشت محتوم نیست و مسیر آینده به تصمیم‌هایی وابسته است که امروز در لایه‌های مختلف گرفته می‌شود. نکته مهم آن است که سناریوها ممکن است به‌صورت لایه‌ای ترکیب شوند؛ برای نمونه، جهان ممکن است در لایه مادی به‌سوی دوقطبی محاسباتی حرکت کند، در حالی که در لایه قواعد، نشانه‌هایی از چندجانبه‌گرایی الگوریتمیک بروز یابد. این «ناهمزمانی لایه‌ای» یکی از دستاوردهای تحلیلی چارچوب است که در رویکردهای تک‌بعدی پنهان می‌ماند. بر اساس روندهای کنونی، به نظر می‌رسد ترکیبی از سناریوی اول در لایه‌های زیرین و سناریوی دوم در لایه داده و مدل، محتمل‌ترین مسیر کوتاه‌مدت باشد؛ هرچند پنجره‌ای برای حرکت به‌سوی سناریوی سوم در لایه قواعد همچنان باز است.

۸. پیامدها برای قدرت‌های میانه و کشورهای در حال توسعه: راهبرد حاکمیت گره‌ای

بخش عمده ادبیات موجود، نسبت هوش مصنوعی و قدرت را از منظر قدرت‌های بزرگ بررسی می‌کند. اما چارچوب قدرت هوشمند امکان می‌دهد تا گزینه‌های راهبردی قدرت‌های میانه و کشورهای در حال توسعه، از جمله ایران، نیز به‌طور نظام‌مند تحلیل شود. استدلال اصلی این بخش آن است که این کشورها نمی‌توانند و نیازی ندارند که در همه لایه‌های خودکفا باشند؛ خودکفایی کامل در ای چنین پیچیده و سرمایه‌بر، نه ممکن است و نه کارآمد. در عوض، راهبرد پیشنهادی این مقاله حاکمیت گره‌ای است: تمرکز بر تبدیل‌شدن به یک «گره ضروری» در یک یا چند لایه، به‌گونه‌ای که دیگران نیز به آن وابسته باشند و بدین‌ترتیب، وابستگی یک‌سویه به وابستگی متقابل تبدیل شود. این راهبرد، منطق وابستگی متقابل تسلیحاتی‌شده (Farrell & Newman, ۲۰۱۹) را از ابزار تهدید به ابزار مصون‌سازی تبدیل می‌کند. اجزای این راهبرد عبارت‌اند از:

- تقویت ظرفیت تبدیل پیش از رقابت بر منابع: با توجه به استدلال دینگ و دافو (Ding & Dafoe, ۲۰۲۳)، سرمایه‌گذاری در انتشار و جذب هوش مصنوعی در اقتصاد، آموزش و نظام اداری، بازده راهبردی بیشتری از رقابت پرهزینه برای ساخت مدل‌های پیشرو دارد.
- **ایجاد گره‌های مزیت‌دار در لایه مادی ـ انرژی:** کشورهایی که از منابع انرژی فراوان و ارزان برخوردارند، می‌توانند میزبانی زیرساخت محاسباتی را به یک مزیت ژئواقتصادی تبدیل کنند؛ مشروط به آنکه حکمرانی شفاف و ثبات نهادی لازم را فراهم آورند.
- **حاکمیت بر** داده‌های راهبردی و زبانی: پرهیز از استعمار داده (Couldry & Mejias, ۲۰۱۹) از طریق ساخت مجموعه‌داده‌های ملی باکیفیت، به‌ویژه در زبان و فرهنگ بومی، و توسعه مدل‌های تخصصی بر پایه مدل‌های متن‌باز.
- **تنوع‌بخشی به وابستگی‌ها در لایه** محاسبات: کاهش آسیب‌پذیری (V در شاخص ترکیبی) از طریق پرهیز از وابستگی انحصاری به یک ارائه‌دهنده یا یک بلوک و ایجاد ظرفیت محاسباتی حداقلی و حیاتی در داخل.
- مشارکت فعال در لایه قواعد: حضور در ائتلاف‌های تنظیم‌گری و جوامع معرفتی بین‌المللی (Maas, 2019; Cihon et al., ۲۰۲۰)، که کم‌هزینه‌ترین و در عین حال اثرگذارترین مسیر برای شکل‌دادن به آینده هوش مصنوعی است.
- مدیریت پارادوکس سرعت ـ قضاوت در نهادهای راهبردی: طراحی سازوکارهایی که تصمیم‌های برگشت‌ناپذیر و پرابهام را در قلمرو قضاوت انسانی نگه دارد و از اعتماد بیش از حد به خروجی‌های الگوریتمی جلوگیری کند (Goldfarb & Lindsay, ۲۰۲۲).

افزون بر این، تقویت تاب‌آوری اجتماعی در برابر پیامدهای اقتصادی هوش مصنوعی، از جمله از طریق آموزش مهارت‌های مکمل و سیاست‌های حمایتی برای گروه‌های در معرض اتوماسیون (Acemoglu & Restrepo, ۲۰۲۰)، باید بخشی جدایی‌ناپذیر از راهبرد ملی هوش مصنوعی باشد؛ زیرا چنان‌که در لایه شناختی ـ تصمیمی نشان داده شد، انسجام داخلی خود یکی از منابع بنیادین قدرت است.

۹. نتیجه‌گیری

این مقاله با طرح این پرسش آغاز شد که هوش مصنوعی چگونه ماهیت و توزیع قدرت را در نظم جهانی بازتعریف می‌کند. پاسخ پژوهش، در قالب چارچوب قدرت هوشمند، آن است که قدرت در عصر هوش مصنوعی از یک منبع قابل شمارش به یک زنجیره پنج‌لایه تبدیل شده است: از ماده و انرژی تا محاسبات، از داده و مدل تا قواعد، و در نهایت

تا تصمیم و ادراک. در این زنجیره، سه منطق قدرت را تعیین می‌کنند: کنترل گلوگاه‌ها، ظرفیت تبدیل و توان انتشار. بدین‌ترتیب فرضیه پژوهش تأیید می‌شود: نظم جهانی آینده نه فقط بر اساس توزیع کلاسیک توانایی‌ها، بلکه بر اساس جایگاه بازیگران در و الگوی وابستگی‌های متقابل در لایه‌های آن شکل خواهد گرفت.

سهم نظری این پژوهش را می‌توان در پیونددادن سه جریان پراکنده ادبیات، یعنی جریان امنیتی، اقتصاد سیاسی و حکمرانی، در یک چارچوب واحد و نیز در طرح سه مفهوم ظرفیت تبدیل، وابستگی متقابل محاسباتیِ تسلیحاتی‌شده و پارادوکس سرعت ـ قضاوت خلاصه کرد. سهم روشی آن، پیشنهاد شاخص ترکیبی قدرت هوشمند است که آسیب‌پذیری و ضریب تبدیل را در سنجش قدرت وارد می‌کند. سهم کاربردی آن نیز تدوین چهار سناریوی نظم جهانی همراه با نشانگرهای پیش‌آگاهی و راهبرد حاکمیت گره‌ای برای قدرت‌های میانه است. شاید مهم‌ترین پیام این مقاله آن باشد که آینده نظم جهانی در عصر هوش مصنوعی از پیش تعیین‌شده نیست؛ ناهمزمانی لایه‌ای به این معناست که حتی در جهانی که در لایه‌های مادی به‌سوی رقابت دوقطبی پیش می‌رود، در لایه قواعد فرصت‌هایی برای همکاری و نقش‌آفرینی بازیگران غیرپیشتاز وجود دارد.

این پژوهش با محدودیت‌هایی نیز همراه است. نخست، ارزیابی ارائه‌شده در جدول ۳ کیفی و تفسیری است و کمّی‌سازی شاخص ترکیبی قدرت هوشمند با داده‌های قابل مقایسه، نیازمند پژوهش‌های تجربی بعدی است. دوم، سرعت بسیار بالای تحولات فناورانه ممکن است برخی برآوردها را در کوتاه‌مدت منسوخ کند؛ از این رو، چارچوب باید به‌طور مستمر با داده‌های جدید بازبینی شود. سوم، تحلیل حاضر عمدتاً بر بازیگران دولتی متمرکز بوده و نقش بازیگران غیردولتی، از جمله جوامع متن‌باز، را کمتر بررسی کرده است. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به کمّی‌سازی شاخص برای مجموعه‌ای از کشورها، مطالعه موردی راهبرد حاکمیت گره‌ای در قدرت‌های میانه مشخص، و بررسی تجربی پارادوکس سرعت ـ قضاوت در نهادهای تصمیم‌گیری راهبردی بپردازند.

References

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy, 128*(6), 2188–2244. https://doi.org/10.1086/705716

Barnett, M., & Duvall, R. (2005). Power in international politics. *International Organization, 59*(1), 39–75. https://doi.org/10.1017/S0020818305050010

Beckley, M. (2018). The power of nations: Measuring what matters. *International Security, 43*(2), 7–44. https://doi.org/10.1162/isec_a_00328

Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of Econometrics, 65*(1), 83–108. https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T

Cihon, P., Maas, M. M., & Kemp, L. (2020). Fragmentation and the future: Investigating architectures for international AI governance. *Global Policy, 11*(5), 545–556. https://doi.org/10.1111/1758-5899.12890

Couldry, N., & Mejias, U. A. (2019). Data colonialism: Rethinking big data's relation to the contemporary subject. *Television & New Media, 20*(4), 336–349. https://doi.org/10.1177/1527476418796632

Ding, J., & Dafoe, A. (2023). Engines of power: Electricity, AI, and general-purpose, military transformations. *European Journal of International Security, 8*(3), 377–394. https://doi.org/10.1017/eis.2023.1

Drezner, D. W. (2019). Technological change and international relations. *International Relations, 33*(2), 286–303. https://doi.org/10.1177/0047117819834629

Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2024). GPTs are GPTs: Labor market impact potential of LLMs. *Science, 384*(6702), 1306–1308. https://doi.org/10.1126/science.adj0998

Farrell, H., & Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security, 44*(1), 42–79. https://doi.org/10.1162/isec_a_00351

Feldstein, S. (2019). The road to digital unfreedom: How artificial intelligence is reshaping repression. *Journal of Democracy, 30*(1), 40–52. https://doi.org/10.1353/jod.2019.0003

Gilli, A., & Gilli, M. (2019). Why China has not caught up yet: Military-technological superiority and the limits of imitation, reverse engineering, and cyber espionage. *International Security, 43*(3), 141–189. https://doi.org/10.1162/isec_a_00337

Goldfarb, A., & Lindsay, J. R. (2022). Prediction and judgment: Why artificial intelligence increases the importance of humans in war. *International Security, 46*(3), 7–50. https://doi.org/10.1162/isec_a_00425

Hine, E., & Floridi, L. (2024). Artificial intelligence with American values and Chinese characteristics: A comparative analysis of American and Chinese governmental AI policies. *AI & Society, 39*(1), 257–278. https://doi.org/10.1007/s00146-022-01499-8

Horowitz, M. C. (2019). When speed kills: Autonomous weapon systems, deterrence, and stability. *Journal of Strategic Studies, 42*(6), 764–788. https://doi.org/10.1080/01402390.2019.1621174

Horowitz, M. C., & Lin-Greenberg, E. (2022). Algorithms and influence: Artificial intelligence and crisis decision-making. *International Studies Quarterly, 66*(4), Article sqac069. https://doi.org/10.1093/isq/sqac069

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence, 1*(9), 389–399. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2

Johnson, J. (2019). Artificial intelligence & future warfare: Implications for international security. *Defense & Security Analysis, 35*(2), 147–169. https://doi.org/10.1080/14751798.2019.1600800

Lehdonvirta, V., Wú, B., & Hawkins, Z. (2025). Weaponised interdependence in a bipolar world: How economic forces and security interests shape the global reach of US and Chinese cloud data centres. *Review of International Political Economy, 32*(5), 1442–1467. https://doi.org/10.1080/09692290.2025.2489077

Maas, M. M. (2019). How viable is international arms control for military artificial intelligence? Three lessons from nuclear weapons. *Contemporary Security Policy, 40*(3), 285–311. https://doi.org/10.1080/13523260.2019.1576464

Mearsheimer, J. J. (2019). Bound to fail: The rise and fall of the liberal international order. *International Security, 43*(4), 7–50. https://doi.org/10.1162/isec_a_00342

Payne, K. (2018). Artificial intelligence: A revolution in strategic affairs? *Survival, 60*(5), 7–32. https://doi.org/10.1080/00396338.2018.1518374

Roberts, H., Cowls, J., Morley, J., Taddeo, M., Wang, V., & Floridi, L. (2021). The Chinese approach to artificial intelligence: An analysis of policy, ethics, and regulation. *AI & Society, 36*(1), 59–77. https://doi.org/10.1007/s00146-020-00992-2

Rolf, S., & Schindler, S. (2023). The US–China rivalry and the emergence of state platform capitalism. *Environment and Planning A: Economy and Space, 55*(5), 1255–1280. https://doi.org/10.1177/0308518X221146545

Sastry, G., Heim, L., Belfield, H., Anderljung, M., Brundage, M., Hazell, J., O'Keefe, C., Hadfield, G. K., Ngo, R., Pilz, K., Gor, G., Bluemke, E., Shoker, S., Egan, J., Trager, R. F., Avin, S., Weller, A., Bengio, Y., & Coyle, D. (2024). *Computing power and the governance of artificial intelligence* (arXiv:2402.08797). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.08797

Sevilla, J., Heim, L., Ho, A., Besiroglu, T., Hobbhahn, M., & Villalobos, P. (2022). Compute trends across three eras of machine learning. In *2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (pp. 1–8). IEEE. https://doi.org/10.1109/IJCNN55064.2022.9891914

Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Regulate artificial intelligence to avert cyber arms race. *Nature, 556*(7701), 296–298. https://doi.org/10.1038/d41586-018-04602-6

Zuboff, S. (2015). Big other: Surveillance capitalism and the prospects of an information civilization. *Journal of Information Technology, 30*(1), 75–89. https://doi.org/10.1057/jit.2015.5