



- **Article Type:** Review Paper
- **Vol. 35 | No. 3 | Serial 99 | Oct. 2025**
- **Received:** 2025.10.11
- **Revised:** 2026.04.07
- **Accepted:** 2026.06.13
- **Published Online:** 2026.09.06
- **Pages:**
- **P-ISSN:** 1027-2690
- **E-ISSN:** 2783-4514

AI Monopoly: Corporate Hegemony and the Future of Science

Mohammad Hosseini Moghaddam ◇

Abstract

The primary objective of this research is to analyze the profound structural transformations in the international political economy of knowledge caused by the rise of Artificial Intelligence (AI). The study seeks to investigate the shifting center of gravity of innovation from traditional academic institutions to multinational technology corporations. Furthermore, it aims to delineate the multifaceted hegemony of Big Tech—rooted in data, hardware, and talent—and its existential threat to the independence of the institution of science, particularly in developing countries such as Iran. By identifying these structural dependencies, the paper intends to formulate strategic roadmaps and policy recommendations that enable scientific institutions to navigate this era of corporate dominance while maintaining their agency in global knowledge production.

Historically, the university served as the primary locus for frontier research and the production of independent knowledge. However, the AI revolution has triggered a paradigm shift in which the “Academy” is being marginalized by the “Corporation.” This shift is fueled by an astronomical gap in Research and Development (R&D) investment. For instance, while the annual budget of the U.S. National Science Foundation (NSF) is approximately \$10 billion, a single entity such as Amazon invests over \$85 billion in R&D. This financial disparity has created a “Capital Expenditure Wall” (CapEx Wall) that prevents universities from competing at the technological frontier. Literature on the digital political economy increasingly describes scientific institutions as “platform tenants,” forced to pay escalating rents for access to proprietary computing power and cloud services. This hegemony is

Keywords

Artificial Intelligence, Corporate Hegemony, Institution of Science, Capital Expenditure Wall, Brain Drain, Data Colonialism, Infrastructure Oligopoly.

◇ Associate Professor of Futures Studies, Institute of Cultural and Social Studies, Tehran, Iran, moghadam@iscs.ac.ir
ORCID: 0000-0001-9139-5658

Cite This Paper: Hosseini Moghaddam, M. (2025). AI Monopoly: Corporate Hegemony and the Future of Science. *Rahyaft*, 35 (3), . (Persian).

DOI: 10.22034/RAHYAFT.2026.12246.1651



© The Author(s)
Publisher: National Research Institute for
Science Policy (N.R.I.S.P)

not merely financial but is established through a triad of control over massive datasets, specialized hardware (e.g., TPUs and GPUs), and the world's top talent. The concept of "Data Colonialism" has emerged to describe how these corporations extract social experience as raw material, further entrenching their gatekeeping power.

Existing work can be grouped into at least four relevant strands: (1) digital political economy and corporate concentration in AI (OECD; ITIF; Pristine School of Management); (2) data colonialism and digital monopolies (Couldry & Mejias; King's College London); (3) AI-driven talent migration and the restructuring of innovation cycles (Stanford AI Index; Gofman & Jin; Mateos-Garcia & Klinger); and (4) the impact of AI on research productivity, diversity, and Eroom's law in science and biopharma (Scannell; Milojević; Nolan; Clancy).

This paper contributes to these strands by explicitly connecting corporate control over data, compute, and talent to the structural position of scientific institutions—especially in developing countries—and by articulating the CapEx Wall as a synthetic concept that links infrastructure oligopolies, internal brain drain, and the narrowing of scientific diversity. This research was conducted within a five-year study program using a mixed-method approach that integrates documentary analysis, comparative studies, and longitudinal data tracking. To capture the structural shifts in the political economy of knowledge, the study employed time-series analysis of R&D investment volumes in the private versus public sectors. Data were gathered from authoritative international reports, scientometric indices, and the financial statements of major technology firms (GAFAM: Google, Amazon, Facebook/Meta, Apple, and Microsoft). Specifically, the study analyzed talent migration trends over 14 years (2004–2018) for academic faculty and an 11-year period (2011–2022) for AI doctoral graduates using sources such as the Stanford AI Index. Case studies, such as the solution to the protein-folding problem by DeepMind's AlphaFold, were used to illustrate the transition of scientific authority to corporate laboratories.

The systematic analysis revealed several critical dimensions of corporate hegemony in the AI era:

◆ **Infrastructure Oligopoly and the CapEx Wall:**

Modern AI research is increasingly dependent on massive physical infrastructure. The cost of training a single advanced model, such as Gemini Ultra, has reached over \$190 million, a figure that exceeds the annual budgets of the world's leading robotics and AI laboratories in academia. This has created a structural barrier whereby universities can no longer compete in developing foundational models. The documented infrastructure oligopoly and hyperscaler dominance suggest that no single national institution can realistically overcome the CapEx Wall alone. Building on emerging examples of shared computing infrastructures and regional consortia in Europe and other regions, the paper therefore recommends the formation of regional and international infrastructure consortia to pool resources and negotiate access to compute on more symmetric terms.

◆ **Capture of the Innovation Cycle and Talent Drain:**

A unidirectional "structural suction" of talent from science to industry was identified. In 2011, industry and academia absorbed nearly equal shares of AI PhD graduates. By 2022, over 70.7% of these elites were absorbed by industry, while academia's share plummeted to just 20%. This "internal brain drain" is exacerbated by corporate strategies of acquiring university-born startups to capture elite research teams.

◆ **Data Colonialism and Gatekeeping Power:**

Big Tech firms act as digital monopolies and gatekeepers between data and users. Google's control over 90% of global search data provides an unmatched competitive advantage in training AI models. This monopoly deprives scientific institutions of access to the "raw materials" of modern research, rendering them passive consumers of corporate outputs. Finally, in light of the empirical evidence on data colonialism and gatekeeper power—exemplified by Google's control over more than 90% of global search data—the paper calls for an assertive Open Science diplomacy agenda. Drawing on OECD and UN open science initiatives, this agenda would treat knowledge as a

global public good, promote open-source AI models, and contest extractive data regimes that marginalize scientific institutions in the Global South.

- ◆ **Decline in Research Diversity:** Corporate-led AI research is thematically narrower and focuses heavily on compute-intensive techniques that maximize commercial profit. This concentration leads to a “narrowing of scientific diversity,” marginalizing fundamental research aimed at solving global social, climatic, or health challenges.

The findings indicate that the shift of scientific authority to technology firms is not a temporary fluctuation but a structural paradigm shift. To counter this, scientific institutions, especially in developing countries, must adopt a strategy of “changing the playing field.” Instead of futile direct competition in general-purpose foundational models, universities should leverage their deep domain expertise and access to “sovereign data”—longitudinal, micro-level, and governmental datasets in fields such as macroeconomics, climate change, and public health—which are less accessible to commercial entities. Strategically, the formation of regional and international infrastructure consortia is essential to aggregate resources and overcome the CapEx Wall.

Given the structural CapEx Wall identified in this study—where the training cost of a single frontier model such as Gemini Ultra surpasses the annual budgets of leading academic AI labs—the paper argues that universities in developing countries should change the playing field rather than attempting to compete in general-purpose frontier models. This implies a strategic pivot toward deep domain expertise and sovereign longitudinal micro-data in areas such as macroeconomics, climate, and public health, where commercial actors face higher entry barriers.

Finally, an aggressive “Open Science” diplomacy is required to defend knowledge as a “public good,” promote open-source models, and establish legal frameworks to combat data colonialism and ensure that AI-driven discoveries serve global sustainable development. Each of these policy directions is directly anchored in the four empirical dimensions identified in this

study (infrastructure oligopoly, talent drain, data colonialism, and narrowing diversity) and is informed by emerging international experiments with shared AI infrastructures and open science frameworks.



انحصار فناوری در عصر هوش مصنوعی: هژمونی بنگاه‌ها و آینده نهاد علم

محمد حسینی مقدم

• نوع مقاله: ترویجی

• دوره ۳۵ | شماره ۳ | پیاپی ۹۹ | مهر ۱۴۰۴

• تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

• تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۱/۱۸

• تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۳

• تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵

• صفحات:

• شاپای چاپی: ۲۶۹۰-۱۰۲۷

• شاپای الکترونیکی: ۴۵۱۴-۲۷۸۳

چکیده

پژوهش حاضر با هدف واکاوی تحولات ساختاری در اقتصاد سیاسی دانش و بررسی پیامدهای تسلط شرکت‌های بزرگ فناوری بر آینده نهاد علم، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، تدوین شده است. هدف اصلی این اثر، شناسایی تهدیدهای ناشی از جابه‌جایی گرانیگاه نوآوری از دانشگاه به بنگاه و ارائه راهبردهای سیاست‌گذارانه برای حفظ استقلال علمی در عصر دیجیتال است.

پیشینه: تحولات اخیر در عرصه هوش مصنوعی نشان‌دهنده خروج تدریجی مرجعیت علمی از تالارهای دانشگاه و تمرکز آن در اتاق‌های هیئت مدیره ابرشرکت‌هاست. پژوهش‌های انجام‌شده مؤید آن است که این تغییر پارادایم ناشی از تمرکز بی‌سابقه سرمایه‌های تحقیق و توسعه در بخش خصوصی و ایجاد شکافی عمیق میان بودجه‌های عمومی و خصوصی است که نهاد دانشگاهی را به «مستأجر پلتفرمی» تقلیل داده است.

روش پژوهش: این مطالعه با رویکردی ترکیبی شامل تحلیل اسنادی و روندپژوهی انجام شده است. داده‌های مورد نیاز از طریق واکاوی گزارش‌های مالی ابرشرکت‌های فناوری و آمارهای مراجع بین‌المللی مانند شاخص هوش مصنوعی استنفورد در دو بازه زمانی ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۸ برای استادان و ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ برای جذب دانش‌آموختگان دکتری گردآوری و با رویکرد اقتصاد سیاسی دانش تحلیل شده‌اند.

یافته‌ها: یافته‌های پژوهش حاکی از شکل‌گیری «دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای» نفوذناپذیر و الیگاپولی زیرساختی است که امکان رقابت مستقیم دانشگاه با صنعت را مسدود کرده است. پدیده

کلیدواژه‌ها

هوش مصنوعی، هژمونی بنگاه‌ها، نهاد علم، دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای، فرار مغزها، استعمار داده‌ای، الیگاپولی زیرساختی.

◇ دانشیار آینده‌پژوهی، مؤسسه مطالعات فرهنگی و اجتماعی، تهران، ایران (پدیده‌آور رابط)

moghadam@iscs.ac.ir

ORCID: 0000-0001-9139-5658

استناد به این مقاله: حسینی مقدم، م. (۱۴۰۴). انحصار فناوری در عصر هوش مصنوعی: هژمونی بنگاه‌ها و آینده نهاد علم. *رهیافت*، ۳۵ (۳)، صص.

DOI: 10.22034/RAHYAFT.2026.12246.1651

ناشر: مؤسسه تحقیقات سیاست علمی کشور
نویسندگان: © حق مؤلف



انحصاری داده‌ای دسترسی دارند؛ سهمی از بازار که دادگاه فدرال آمریکا نیز در رأی ضدانحصار سال ۲۰۲۴ خود آن را احراز کرده است (Statista, 2026; United States District Court for the District of Columbia, 2025) که در عمل برای هیچ نهاد دانشگاهی قابل دستیابی نیست. دسترسی انحصاری شرکت گوگل به داده‌های کاربران جهان باعث شده این شرکت از بدو تأسیس در سال ۱۹۹۸ تا کنون به بزرگ‌ترین موتور جست‌وجوی جهانی کاربران تبدیل شود و در گستره وسیعی از موضوعات، مخازن داده‌ای منحصربه‌فردی در اختیار دارد. انحصار در سخت‌افزار موضوع دیگری است که نقش و اهمیت انحصار شرکت‌ها را بازتاب می‌دهد. مثلاً بسیاری از شرکت‌ها همچون گوگل، آمازون و اپل دارای سخت‌افزارهای انحصاری هستند که آن‌ها را در دسترس همگان نیز قرار نمی‌دهند؛ از قبیل پردازنده تانسور (TPUs)^۲ که به شکل انحصاری در اختیار شرکت گوگل است و در همین شرکت برای پاسخ به نیازها و ماندن در لبه‌های رقابت جهانی تولید می‌شود (Jouppi et al, 2017).

از سوی دیگر، دیوار هزینه‌های سرمایه‌های شرکت‌های یاد شده و دانشگاه‌ها چنان بلند شده که هزینه آموزش تنها یک مدل پیشرفته مانند جمنای اولترا^۳ به بیش از ۱۹۰ میلیون دلار رسیده است (Maslej et al, 2024). این در حالی است که بودجه سالانه بزرگ‌ترین آزمایشگاه رباتیک جهان در دانشگاه کارنگی ملون، بنیان‌گذار رشته هوش مصنوعی در جهان، در تمامی حوزه‌های هوش مصنوعی ۹۰ میلیون دلار بوده است (Barrett, 2023).

این انحصار در سرمایه‌گذاری و منابع، به شکل‌گیری یک وابستگی ساختاری منجر شده است که در آن دانشگاه‌ها، به‌ویژه در جوامع در حال توسعه، توان رقابت مالی و زیرساختی خود را در برابر بنگاه‌های پیشرو از دست داده‌اند، زیرا دانشگاه‌ها دیگر با نهادهای هم‌تراز خود رقابت نمی‌کنند، بلکه با ابرشرکت‌هایی روبه‌رویند که اقتصاد دانش را به‌طور کامل در دست گرفته‌اند (Bridson, 2025; Rikap & Lundvall, 2021). در این پارادایم نوظهور، نهادهای علمی از جایگاه تولیدکننده مستقل به وضعیت «مستأجران پلتفرمی» تنزل یافته‌اند؛ به‌گونه‌ای که برای انجام پژوهش‌های مرز دانشی^۴، ناگزیر به پرداخت هزینه‌های فزاینده برای دسترسی به توان پردازشی و خدمات ابری متعلق به بخش خصوصی‌اند.

در این میان، نهاد علم در کشورهایی مانند ایران با بحرانی مضاعف روبه‌روست: خروج ساختاری متخصصان از کشور.

در شرایطی که حجم بازار جهانی هوش مصنوعی به حدود ۴۸ تریلیون دلار نزدیک شده است (UNCTAD, 2025)، نخبگان

جذب ساختاری استعدادها نشان می‌دهد که سهم دانشگاه‌ها در حفظ نخبگان هوش مصنوعی به ۲۰ درصد سقوط کرده است. همچنین، تسلط بر کلان‌داده‌ها به نوعی «استعمار داده‌ای» منجر شده که تنوع علمی را محدود و مؤسسات علمی را به مصرف‌کنندگان منفعل محصولات شرکتی تبدیل کرده است. نتایج: نتایج نشان می‌دهد که نهاد علم برای برون‌رفت از این وضعیت باید «زمین بازی» خود را تغییر دهد. راهبردهای پیشنهادی شامل تمرکز بر هوش مصنوعی حوزه‌ای و داده‌های غیرقابل تملک بومی، تشکیل کنسرسیوم‌های زیرساختی منطقه‌ای برای عبور از موانع مالی و فعال‌سازی دیپلماسی «علم باز» برای حفظ دانش به‌عنوان خیر عمومی است تا بدین‌وسيله جایگاه تاریخی دانشگاه به‌عنوان موتور محرک توسعه مستقل بازیابی شود.

مقدمه

یکی از دگرگونی‌های ساختاری کمتر بررسی‌شده در حوزه سیاست علم و فناوری، جابه‌جایی تدریجی گرانیگاه نوآوری از «آکادمی» به «بنگاه» است؛ روندی که در عصر هوش مصنوعی شتاب گرفته و سرنوشت نهاد علم را، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با تهدیدی بنیادین روبه‌رو کرده است. فهم این جابه‌جایی و دلالت‌های آن برای استقلال علمی، مسئله‌ای است که این اثر بر آن متمرکز است.

امروزه برتری و هژمونی شرکت‌های هوش مصنوعی، آن‌ها را به حکمرانان بلامنازع لبه‌های علم و فناوری جهان تبدیل کرده است. داده‌ها نشان می‌دهند که بودجه پژوهشی برترین دانشگاه‌های جهان در مقایسه با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی فاصله چشمگیری دارد؛ به‌طور نمونه، درحالی که بودجه سالانه بنیاد ملی علوم (NSF)^۱ کشور آمریکا حدود ۱۰ میلیارد دلار است (NSF, 2025)، شرکتی مانند آمازون از جمله شرکت‌های آمریکایی است که در این حوزه سرمایه‌گذاری قابل توجهی انجام می‌دهد؛ تنهایی بیش از ۸۵ میلیارد دلار صرف فناوری و زیرساخت می‌کند؛ و همچنین مطابق صورت‌های مالی رسمی این شرکت نزد کمیسیون بورس آمریکا نیز آمازون به تنهایی بیش از ۸۵ میلیارد دلار در تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری می‌کند (Buntz, 2024; Securities and Exchange Commission of the United States, 2024). این شکاف قابل توجه نشان می‌دهد که گرانیگاه تعیین مسیر پژوهش‌های پیشرو به‌طور فزاینده‌ای از دانشگاه به‌سمت بنگاه‌های خصوصی جابه‌جا شده است.

این هژمونی صرفاً مالی نیست، بلکه بر یک سه‌گانه استوار است: داده، سخت‌افزار و استعدادهای برتر انسانی. شرکت‌هایی چون گوگل با تسلط بر بیش از ۹۰ درصد جست‌وجوهای جهانی، به مخازن

2. Tensor Processing Units
3. Gemini Ultra
4. Edge of science

1. National Science Foundation



شکل ۱. سه گانه هژمونی زیرساختی دانش (یافته‌های پژوهشگر)

بر این اساس، مقاله حاضر برای سازماندهی شواهد پراکنده موجود، از چهارچوب مفهومی ساده بهره می‌گیرد که آن را «سه‌گانه هژمونی زیرساختی دانش» می‌نامیم. مطابق این چهارچوب، تسلط بنگاه‌های بزرگ فناوری بر فرایند تولید علم نه از یک عامل واحد، بلکه از هم‌افزایی سه ضلع به هم پیوسته ناشی می‌شود: نخست، تمرکز سرمایه تحقیق و توسعه که در قالب «دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای» امکان رقابت مالی نهاد علم را مسدود می‌کند؛ دوم، انحصار زیرساخت پردازشی و داده‌ای که از طریق قدرت دروازه‌بانی و آنچه «استعمار داده‌ای» خوانده می‌شود، دسترسی مستقل به ابزار تولید دانش را محدود می‌سازد؛ و سوم، جذب ساختاری استعداد که در قالب «فرار مغزها» سرمایه انسانی نهاد علم را به صورت یک‌طرفه به سمت بنگاه‌ها سرازیر می‌کند. وجه تمایز این سه‌گانه آن است که اضلاع آن یکدیگر را تقویت می‌کنند: تمرکز سرمایه، زیرساخت انحصاری می‌سازد؛ زیرساخت انحصاری، استعداد را جذب می‌کند؛ و استعداد جذب‌شده، چرخه تمرکز سرمایه و نوآوری را بازتولید می‌کند. مقاله حاضر می‌کوشد نشان دهد که برون‌رفت نهاد علم در کشورهایی چون ایران، مستلزم شناخت دقیق این چرخه خودتقویت‌کننده و طراحی راهبردهایی برای شکستن آن است. بر همین مبنا، ساختار بخش یافته‌های این مقاله نیز حول همین سه ضلع و پیامد ترکیبی آن‌ها (وضعیت ایران) سازمان یافته است.

نخست: تمرکز سرمایه و شکاف تأمین مالی پژوهش (ضلع سرمایه)

نخستین بعد این هژمونی، شکاف فزاینده در تأمین مالی پژوهش‌های

دانشگاهی کشورهایی همچون ایران نه تنها از نظر مالی، بلکه به دلیل اشتیاق برای کار با سخت‌افزارهای انحصاری (مانند TPUها) و نیز کلان‌داده‌های انحصاری که تنها در اختیار بنگاه‌هایی است که از آن‌ها با نام غول‌های جهانی هوش مصنوعی^۱ یاد می‌شود، جذب این بنگاه‌ها می‌شوند. در اختیار داشتن برترین استعدادها و متخصصان جهان در حوزه هوش مصنوعی عامل سلطه‌بخش دیگری است که باعث هژمونی شرکت‌های تخصصی هوش مصنوعی در شکل دادن به روندهای علمی و فناوریانه این حوزه در جهان شده است. این روند در بلندمدت می‌تواند باعث زوال تدریجی توان علمی کشورهایی شود که قادر به تأمین این هزینه‌های گزاف، کلان‌داده‌های مورد نیاز و توان پردازش بالا نیستند.

با توجه به این وابستگی ساختاری، مسئله و پرسش اصلی این اثر آن است که در عصر هژمونی و برتری بنگاه‌های هوش مصنوعی در مسیر توسعه نوآوری‌های فناوریانه که به تسلط آن‌ها بر لبه‌های دانش جهانی منجر شده است، چه آینده‌هایی پیش روی نهاد علم در کشورهایی چون ایران قرار دارد و چه راهبردها و راهکارهایی برای دستیابی به آینده مطلوب وجود دارد؟

برای پاسخ به این پرسش، مقاله حاضر ماهیتی ترویجی دارد و سهم خود را نه در تولید داده تجربی نو، بلکه در سه سطح به هم پیوسته تعریف می‌کند: نخست، سازماندهی نظری؛ گردآوری شواهد پراکنده جهانی درباره هژمونی بنگاه‌های فناوری در قالب چهارچوب مفهومی واحد («سه‌گانه هژمونی زیرساختی دانش») که اضلاع آن (سرمایه، زیرساخت و استعداد) را به صورت چرخه‌ای خودتقویت‌کننده تبیین می‌کند. دوم، بومی‌سازی تحلیل؛ پیوند دادن این روند جهانی به وضعیت مشخص نهاد علم در ایران بر پایه جدیدترین گزارش‌های موضوعی که در آثار موجود کمتر به صورت یکپارچه بررسی شده است. سوم، استخراج راهبرد؛ ترجمه این تحلیل به مجموعه‌ای از پیشنهادها و سیاستی‌های عملیاتی و اولویت‌بندی‌شده برای حفظ استقلال علمی نهاد علم در کشور. بدین ترتیب، مقاله در امتداد ادبیات اقتصاد سیاسی دانش قرار می‌گیرد، اما می‌کوشد با تمرکز بر زمینه کشورهای در حال توسعه و به ویژه ایران، آن را تکمیل کند.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

بررسی آثار و منابع اقتصاد سیاسی دانش در عصر دیجیتال، نشان‌دهنده تغییر پارادایم تولید علم از نهاد دانشگاه به بنگاه‌های فناوری به عنوان یک کلان‌روند ساختاری است (Nolan, 2023). مرور پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که جابه‌جایی گرانگه نوآوری، مطابق شکل ۱، ناشی از سه عامل درهم‌تنیده است، شامل تمرکز سرمایه تحقیق و توسعه، انحصار زیرساخت‌های پردازشی و تجمع استعدادها.

1. Global AI Giants

بزرگی این دستاورد علمی برآمده از یک بنگاه فناوری تا جایی است که توسعه‌دهندگان آن موفق به دریافت جایزه نوبل شیمی در سال ۲۰۲۴ شدند (The Royal Swedish Academy of Sciences, 2024). امروزه بیش از ۳ میلیون پژوهشگر در بیش از ۱۹۰ کشور جهان برای پیشبرد تحقیقات زیستی، پزشکی و دارویی خود مستقیماً به پایگاه داده این شرکت وابسته‌اند و مقاله روش‌شناسی آلفافولد تاکنون بیش از ۴۰ هزار بار در مجلات علمی استاندارد دریافت کرده است. برآوردها نشان می‌دهد که این پلتفرم شرکتی، صدها میلیون سال در زمان پژوهش‌های دانشگاهی جهانی صرفه‌جویی کرده است (Varadi et al, 2024; DeepMind, 2025).

این تصویر با خوانش اقتصاد سیاسی «سرمایه‌داری هوش مصنوعی» همسوست؛ خوانشی که تمرکز قدرت بنگاه‌های بزرگ فناوری را پیامد ساختاری انباشت سرمایه و کالایی‌سازی داده می‌داند و آن را نه نوسانی گذرا، بلکه روندی پایدار به‌سوی انحصار تلقی می‌کند (Verdegem, 2022). افزون‌براین، تحلیل‌های حقوقی نیز نشان داده‌اند که ساختار صنعتی هوش مصنوعی در لایه‌های مختلف زنجیره ارزش به‌سوی تمرکز و الیگاپولی میل کرده است (Sitaraman & Narechania, 2024). مقاله حاضر در امتداد همین خوانش قرار می‌گیرد و می‌کوشد دلالت‌های آن را برای نهاد علم در کشورهای در حال توسعه بسط دهد.

دوم: انحصار زیرساخت پردازشی و داده‌ای (ضلع زیرساخت و داده)

دومین بعد، پلتفرمی شدن و وابستگی پژوهش به زیرساخت‌های فناورانه است. پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی، به توان پردازشی عظیم و دسترسی به کلان‌داده‌ها نیاز دارند. شرکت‌های پیشرو با در اختیار داشتن مراکز داده فوق پیشرفته و پردازنده‌های انحصاری، به دروازه‌بانان اصلی توسعه فناوری تبدیل شده‌اند (European Union, 2022). در این ساختار، نهادهای علمی به‌جای مالکیت فیزیکی ابزارهای پژوهشی، ناگزیر به پرداخت هزینه مستمر و استفاده از خدمات پلتفرمی این شرکت‌ها هستند. افزون‌براین، دسترسی انحصاری شرکتی مانند گوگل به بیش از ۹۰ درصد داده‌های جستجوی جهانی، مزیت رقابتی بی‌بدیلی برای آن‌ها در آموزش مدل‌های هوش مصنوعی فراهم آورده است که نهادهای دانشگاهی فاقد آن هستند.

پژوهش‌های تجربی اخیر نیز این «شکاف محاسباتی» را مستند کرده‌اند و نشان داده‌اند که کاهش حضور تیم‌های صرفاً دانشگاهی در پژوهش‌های محاسبات‌محور، به‌ویژه در حوزه مدل‌های بنیادین، با همین نابرابری زیرساختی هم‌زمان بوده است (Besiroglu et

al, 2023). برخی مطالعات چنین استدلال می‌کنند که الگوی سرمایه‌گذاری در علم دگرگون شده است و شرکت‌های فناوری که ارزش بازار آن‌ها به تریلیون‌ها دلار می‌رسد، رهبری بلامنازع تحقیق و توسعه را در جهان بر عهده گرفته‌اند (Verdegem, 2022; European Commission, 2024; Investopedia, 2023). به‌طور نمونه، سرمایه‌گذاری‌های ده‌ها میلیارد دلاری شرکت‌هایی همچون آمازون و آلفابت (گوگل) در توسعه فناوری‌های نوین، فاصله‌ای معنادار با بودجه نهادهای علمی عمومی ایجاد کرده است. تحلیلگران بر این باورند که این عدم تقارن مالی یک نوسان موقت نیست، بلکه به ویژگی ذاتی و ساختاری این صنعت تبدیل شده است (Information Technology and Innovation Foundation, 2025). این تمرکز سرمایه باعث شده جریان اصلی دانش و نوآوری به‌جای نهادهای دانشگاهی، در آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه این بنگاه‌ها شکل بگیرد و نهاد دانشگاه در بسیاری از حوزه‌های مرز دانشی، از جایگاه «تولیدکننده پیشگام» به «مصرف‌کننده و بهره‌بردار» محصولات شرکتی تبدیل شود.

وقتی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی در انحصار چند شرکت خاص باشد، تعریف «ایمنی» و «هم‌راستایی با ارزش‌های بشری» نیز در همان شرکت‌ها صورت‌بندی می‌شود. دانشگاه‌ها و نهادهای علمی در دیگر کشورهای در حال توسعه، نقشی در تعریف این هنجارها و استانداردها ندارند و مجبورند مدل‌هایی را مصرف کنند که با سوییچ‌ها، دغدغه‌ها و ارزش‌های غربی یا شرکتی «هم‌راستا» شده‌اند. نهاد علم در این کشورها، مرجعیت اخلاقی و فلسفی خود را از دست می‌دهد؛ چنان‌که تحلیل ارزش‌های نهفته در پراستادترین مقالات یادگیری ماشین نشان داده است این ارزش‌ها عمدتاً بازتاب اولویت‌های بنگاه‌اند و ردپای شرکت‌های بزرگ فناوری در این پژوهش‌ها به‌شدت رو به افزایش است (Birhane et al, 2022).

به‌طور نمونه، سرمایه‌گذاری‌های ده‌ها میلیارد دلاری شرکت‌هایی چون آلفابت (گوگل) در توسعه فناوری‌های نوین، فاصله‌ای معنادار با بودجه نهادهای علمی عمومی ایجاد کرده است. خروجی عینی این سرمایه‌گذاری‌های کلان، خلق دستاوردهای علمی و فناورانه است که پیش از این گمان می‌رفت فقط در انحصار دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های دولتی باشد. مثلاً، حل معمای پیچیده «تاشوندگی پروتئین‌ها»^۲ توسط سامانه هوش مصنوعی آلفافولد^۳ در شرکت دیپ‌مایندها^۴ (متعلق به آلفابت)، که یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های ۵۰ ساله علم زیست‌شناسی ساختاری را حل کرد و ساختار سه‌بعدی بیش از ۲۰۰ میلیون پروتئین را پیش‌بینی کرد، گواهی بر این مدعاست (Jumper et al., 2021).

1. Edge of Science
2. Protein Folding
3. AlphaFold
4. DeepMind

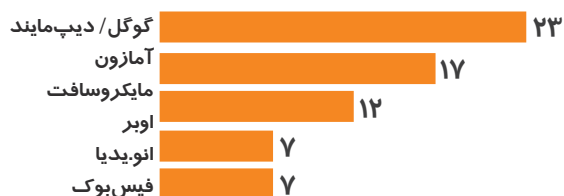
دانشگاه‌ها، باعث انتقال مستقیم سرمایه انسانی و نوآوری‌های اولیه به درون این بنگاه‌ها می‌شود (GrowthRocks, 2023). روند رو به افزایش جذب استادان هوش مصنوعی دانشگاه‌های کشور آمریکا در شرکت‌های بزرگ فناوری از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۹ نشان‌دهنده پدیده «فرار مغزها» از محیط دانشگاهی به صنعت است. طبق داده‌ها، در این بازه زمانی ۵۲ استاد رسمی یا در مسیر رسمی شدن جذب شرکت‌هایی چون گوگل، آمازون و مایکروسافت شده‌اند. در شکل ۲ همچنان که ملاحظه می‌شود سمت چپ دانشگاه‌هایی که بیشترین تعداد استاد را از دست داده‌اند (با محوریت دانشگاه کارنگی ملون) و سمت راست شرکت‌هایی که بیشترین جذب متخصصان را داشته‌اند (با پیشتازی گوگل/دیپ‌ماینده) نمایش می‌دهد. نکته شایان توجه افزایش شدید این روند در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۴ است. این روند نشان می‌دهد که پدیده مهاجرت به صنعت، نه رشدی تدریجی، بلکه جهش را تجربه کرده است. داده‌ها گویای آن هستند که در نقطه شروع این بازه زمانی (سال ۲۰۰۴)، تعداد استادانی که دانشگاه را به مقصد شرکت‌های فناوری ترک کردند دقیقاً صفر بوده، که نشان‌دهنده ثبات محیط دانشگاهی در آن دوران است؛ اما این وضعیت ۱۴ سال بعد کاملاً دگرگون شده و فقط در سال ۲۰۱۸، ۴۱ استاد جذب صنعت شده‌اند. عمق این تحول زمانی آشکارتر می‌شود که بدانیم از مجموع ۵۲ استادی که در کل این ۱۴ سال دانشگاه را ترک کرده‌اند، ۱۱ نفر مربوط به ۱۳ سال نخست (۲۰۰۴ تا ۲۰۱۷) بوده‌اند و ناگهان در سال آخر، این آمار تقریباً چهار برابر شده است؛ جهشی که بیانگر آغاز رقابت شرکت‌های فناوری برای تصاحب برترین مغزهای دانشگاهی در سال‌های منتهی به ۲۰۱۸ است (Gofman & Jin, 2024).

al., 2024). مقاله حاضر این یافته فنی را با افزودن تحلیل «قدرت دروازه‌بانی» و پیامد آن برای استقلال نهاد علم در کشورهای پیرامونی تکمیل می‌کند.

سوم: جذب ساختاری استعداد و فرار مغزها (ضلع استعداد)

سومین مؤلفه، جریان یک‌طرفه و جذب ساختاری استعداد‌های برتر انسانی از نهاد علم به سمت صنعت است پدیده‌ای که از آن به فرار مغزها تعبیر می‌شود. پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که بازار هوش مصنوعی تا سال ۲۰۳۳ به رقمی بالغ بر ۴۸ تریلیون دلار خواهد رسید (UNCTAD, 2025).

این گسترش بی‌سابقه، مستلزم جذب نخبگان علمی است. تحلیل داده‌های گزارش مرجع «شاخص هوش مصنوعی استنفورد»^۱ فرار مغزها را به‌وضوح نشان می‌دهد؛ درحالی‌که در سال ۲۰۱۱، سهم صنعت و دانشگاه در جذب فارغ‌التحصیلان دکتری هوش مصنوعی تقریباً برابر بود (۴۰/۹ درصد جذب صنعت در برابر ۴۱/۶ درصد جذب آکادمی)، این روند در یک دهه گذشته دچار تغییرات بنیادین شده است. براساس این گزارش، در سال ۲۰۲۲ بیش از ۷۰/۷ درصد از نخبگان دارای مدرک دکتری هوش مصنوعی مستقیماً جذب بنگاه‌های صنعتی شده‌اند و سهم نهاد علم از حفظ این نخبگان به ۲۰ درصد سقوط کرده است. این شیب تند نشان‌دهنده جابه‌جایی گسترده درون‌سیستمی و تشدیدشونده تخصص‌ها از دانشگاه به سمت صنعت است. بنگاه‌های فناوری با ارائه منابع مالی گسترده و امکان کار با پیشرفته‌ترین زیرساخت‌های پردازی، جذابیت بالایی برای پژوهشگران تراز اول ایجاد کرده‌اند. از سوی دیگر، راهبرد این غول‌های فناوری در خرید زود هنگام استارت‌آپ‌های برآمده از



شکل ۲. روند جذب استادان هوش مصنوعی دانشگاه‌های برتر کشور آمریکا در شرکت‌های بزرگ فناوری (۲۰۰۴-۲۰۱۸)

این روند را می‌توان بخشی از سازوکار کلان‌تری دانست که در ادبیات حکمرانی محاسبات با عنوان تمرکز همزمان سه نهاد داده، محاسبه و استعداد در دست شمار اندکی از بنگاه‌ها صورت‌بندی شده است (Sastry et al., 2024). از این منظر، آمارهای فرار مغزها صرفاً توصیف جابه‌جایی نیستند، بلکه یکی از سه ضلع به‌هم‌پیوسته چرخه هژمونی به شمار می‌روند که اثر حاضر آن را صورت‌بندی می‌کند.

در این ساختار، استعداد‌های برتر دانشگاهی که جذب این بنگاه‌ها می‌شوند، دیگر آزادی دانشگاهی برای دنبال کردن دغدغه‌های علمی خود را ندارند، بلکه توان پردازی و ذهنی آن‌ها در خدمت الگوریتم‌هایی قرار می‌گیرد که سود شرکت را به حداکثر برسانند (Whittaker, 2021).

1. Stanford AI Index 2024

براین اساس پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که نهاد علم در سراسر جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، با یک هژمونی چندوجهی مواجه است. با این حال، شناخت دقیق این مناسبات قدرت و توصیف علمی این هژمونی، به معنای پذیرش انزوا یا عقب‌نشینی نهاد علم نیست؛ بلکه پیش‌نیاز اساسی برای تدوین راهبردها و سیاست‌گذاری‌هایی است که بتواند شکاف موجود را کاهش دهد و اتصال نهاد علم در کشوری مانند ایران را با جریان اصلی دانش جهانی در عصر تسلط بنگاه‌ها حفظ کند.

روش‌شناسی پژوهش

این مقاله از حیث روش، یک مطالعه ترکیبی مبتنی بر تحلیل اسنادی و رونداست که با هدف ترویجی و برای تبیین یک روند ساختاری انجام شده است. چهارچوب تحلیلی آن همان «سه‌گانه هژمونی زیرساختی دانش» (سرمایه، زیرساخت و استعداد) است که پیش‌تر معرفی شد و گردآوری و سازماندهی شواهد حول همین سه ضلع صورت گرفته است. بر این مبنا، دو لایه اصلی داده‌ای به‌کار گرفته شده است:

(الف) لایه داده‌های ثانویه: شامل سری‌های زمانی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه در بخش‌های عمومی و خصوصی، شاخص‌های مهاجرت و جذب استعداد در حوزه هوش مصنوعی و داده‌های بازار و زیرساخت محاسباتی، برگرفته از گزارش‌هایی همچون AI Index دانشگاه استنفورد، گزارش‌های OECD و UNCTAD، صورت‌های مالی شرکت‌های بزرگ فناوری و پایگاه‌هایی مانند Statista.

(ب) لایه داده‌های اولیه: شامل مجموعه‌ای از مصاحبه‌ها و گفت‌وگوهای نیمه‌ساخت‌یافته با متخصصان و مدیران در پنج نوع نهاد علمی ایرانی: دانشگاه‌های فنی-مهندسی، دانشگاه‌های جامع، دانشگاه‌های علوم پزشکی، دانشگاه‌های علوم انسانی و پژوهشگاه‌ها و مراکز توسعه فناوری. این مصاحبه‌ها و گفت‌وگوها در فاصله ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ و به‌صورت هدفمند با تمرکز بر افراد دارای تجربه مستقیم در مواجهه با تحولات هوش مصنوعی و زیرساخت‌های محاسباتی انجام شده است.

از منظر انتخاب نمونه‌ها، در سطح بین‌المللی، شرکت‌های بزرگ فناوری بزرگ فناوری شامل گوگل، آمازون، فیس‌بوک/متا، اپل و مایکروسافت موسوم به GAFAM^۱ به‌عنوان کانون تحلیل برگزیده شده‌اند، زیرا در گزارش‌های معتبر جهانی به‌عنوان بازیگران مسلط در سرمایه‌گذاری R&D و توسعه زیرساخت‌های هوش مصنوعی شناخته می‌شوند (Gautier & Lamesch, 2021). انتخاب بازه‌های

زمانی نیز تابع دسترسی به داده‌های منسجم و قابل مقایسه بوده است؛ مثلاً، روند جذب فارغ‌التحصیلان دکتری هوش مصنوعی در صنعت و دانشگاه طی دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۲ بر اساس داده‌های AI Index تحلیل شده و برای سرمایه‌گذاری‌های R&D شرکت‌های بزرگ فناوری از داده‌های سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۳ استفاده شده است. در سطح ایران، دوره ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳ به این دلیل ملاک قرار گرفته که با اوج‌گیری موج اخیر هوش مصنوعی مولد، تشدید فشار زیرساختی و طرح جدی مسئله «دیوار هزینه‌ای» برای دانشگاه‌ها هم‌زمان است. دامنه این مطالعه به تحلیل روند هژمونی بنگاه‌های بزرگ فناوری و دلالت‌های آن برای نهاد علم در ایران محدود است و داده‌ها عمدتاً از منابع ثانویه معتبر و شواهد کیفی مکمل گرد آمده‌اند.

بر این اساس از منظر روش‌شناختی، این مطالعه ترکیبی از داده‌های کمی ثانویه و شواهد کیفی را به کار می‌گیرد. بنابراین، ادعاهای این مقاله عمدتاً در سطح «توصیف روندها» و «ارائه چهارچوب تبیینی» قرار می‌گیرند و از این‌رو، ادعای اثبات علّیت کامل وضعیت‌ها را ندارد. هر جا که استنتاجی فراتر از توصیف صرف ارائه شده، باید آن را نه نتیجه‌ای قطعی و نهایی، بلکه برداشت تحلیلی مبتنی بر این داده‌ها و بررسی آثار موجود در نظر گرفت.

یافته‌های پژوهش

تحلیل نظام‌مند داده‌ها، گزارش‌های مالی و ادبیات اقتصاد سیاسی دانش در عصر دیجیتال، نشان‌دهنده تغییر ساختاری عمیقی در مناسبات تولید علم است. ترکیب داده‌های سرمایه‌گذاری، جذب استعدادها و برتر انسانی و تمرکز زیرساختی حاکی از آن است که مرجعیت علمی به‌طور فزاینده‌ای به‌سمت آزمایشگاه‌های شرکتی میل می‌کند؛ هرچند برای اثبات علّیت کامل این روند، به مطالعات کمی و مقایسه‌ای بیشتری نیاز است. با این حال در ادامه مهم‌ترین وجوه این تغییر پارادایم بررسی شده است:

(الف) ضلع سرمایه: الیگاپولی زیرساختی و ظهور «دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای»

نخستین یافته مهم، جابه‌جایی مقیاس سرمایه‌گذاری از نهادهای عمومی به انحصار چندجانبه یا الیگاپولی^۲ متمرکز است. الیگاپولی یا انحصار چندجانبه ناظر بر آن دسته از ساختارهای بازار است که در آن تعداد اندکی از بنگاه‌های بزرگ بر عرضه یک کالا یا خدمت تسلط دارند و به‌دلیل سهم بالای خود از بازار، تصمیمات هریک در زمینه قیمت‌گذاری یا میزان تولید، تأثیر مستقیمی بر وضعیت رقبا و واکنش آن‌ها می‌گذارد (Marinho, 2024). مطابق این رویکرد نقش شرکت‌های بزرگ هوش مصنوعی در بازارهای جهانی به الیگاپولی‌های تعبیر شده است

1. Google (Alphabet), Apple, Facebook (Meta), Amazon, and Microsoft

2. Oligopoly

دسترسی به زیرساخت‌های پردازی گران‌قیمت و داده‌های عظیم است، نقش دانشگاه‌های فاقد این منابع در کشورهای در حال توسعه در چرخه تربیت نیروی کار متخصص مرز دانش در حال تضعیف شدن است. شرکت‌های بزرگ فناوری برای جبران این کمبود مهارت، خودشان به متولیان آموزش (با ارائه گواهینامه‌های تخصصی خرد) تبدیل می‌شوند و نهاد سنتی دانشگاه را دور می‌زنند (UNCTAD, 2024). علاوه بر حوزه آموزش در ساحت پژوهش و اکتشافات علمی نیز شاهد پیدایش شکاف میان شرکت‌ها و دانشگاه‌ها هستیم.

احمد و واحد در مقاله‌ای (Ahmed & Wahed, 2020) با عنوان «دموکراسی‌زایی از هوش مصنوعی»^۲ چنین استدلال می‌کنند که انحصار علمی در استفاده از هوش مصنوعی در پژوهش در اختیار بنگاه‌های بزرگ قرار گرفته است. بررسی ارائه تعداد ۱۷۱۳۹۴ مقاله از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۹ در ۵۷ کنفرانس معتبر علوم رایانه بیانگر دسترسی نابرابر شرکت‌های خاص و دانشگاه‌های نخبه به قدرت محاسباتی و به وجود آمدن نوعی انحصار در پژوهش‌های هوش مصنوعی نوین است. این انحصار باعث از میان رفتن حضور و نقش‌آفرینی آن دسته از شرکت‌ها و دانشگاه‌هایی شده که در پژوهش‌های هوش مصنوعی در جایگاه متوسط و پایین قرار دارند. طی ۸ سال تعداد مقالاتی که شرکت‌های برتر در هوش مصنوعی در مجامع علمی منتشر می‌کردند از تعداد ۴۶ مقاله در سال به تعداد بیش از ۳۵۰ مقاله افزایش یافته است. این در حالی است که دیگر شرکت‌های فناوری که در فهرست پانصد شرکت برتر جهان قرار دارند مشارکت قابل توجهی در تحقیقات هوش مصنوعی نداشتند.

در نتیجه این نابرابری زیرساختی، منابع محاسباتی لازم برای پژوهش‌های پیشرفته علمی، عملاً به نفع دانشگاه‌های دارای منابع خوب، شرکت‌های بزرگ فناوری و به‌طور کلی کشورهای ثروتمند تمام می‌شود و فرصت‌های پژوهشی را برای دیگر مؤسسات محدود می‌سازد (Tourassi, Shankar, & Wang, 2023). شواهد نشان می‌دهد که بنگاه‌های تجاری پیشرو با بهره‌گیری از قدرت منابع رایانش ابری انحصاری خود توانسته‌اند در خط مقدم کشف علمی قرار گیرند؛ شرایطی که رقابت مستقل پژوهشگران دانشگاهی را با چنین تلاش‌هایی عملاً بسیار دشوار ساخته است (Hey, 2023).

ب) ضلع زیرساخت و داده: استعمار داده‌ای و قدرت دروازه‌بانی پلتفرم‌های دیجیتال

ترکیب استخراج داده‌های کاربران بدون تقارن قدرت چانه‌زنی و انحصار پلتفرم‌های جست‌وجو، از منظر برخی صاحب‌نظران با مفهوم «استعمار داده»^۳ قابل تبیین است و یافته‌های این مطالعه نیز با این قرائت هم‌پوشانی دارد، به شکلی که هژمونی بنگاه‌های

که تعیین‌کننده سرنوشت علوم و فناوری‌های هوش مصنوعی‌اند (Sitaraman & Narechania, 2024; Investopedia, 2023). شواهد نشان می‌دهد که ماهیت تولید علم در لبه‌های هوش مصنوعی وابستگی شدیدی به زیرساخت‌های فیزیکی پیدا کرده است. غول‌های فناوری برای حفظ سلطه خود، سالانه میلیاردها دلار نه تنها در بخش نیروی انسانی، بلکه در قالب هزینه‌های سرمایه‌ای برای ساخت مراکز داده بزرگ‌مقیاس و توسعه سخت‌افزارهای انحصاری سرمایه‌گذاری می‌کنند (IO Plus, 2025).

داده‌ها نشان می‌دهند که ساخت و آموزش تنها یک مدل بنیادین پیشرفته، نیازمند بودجه‌ای بالغ بر صدها میلیون دلار است (مانند آموزش مدل‌هایی Gemini Ultra که بیش از ۱۹۰ میلیون دلار هزینه داشته است)؛ رقمی که ساختار بودجه‌ای هیچ دانشگاهی در جهان توان تأمین آن را ندارد. این عدم تقارن، یک «دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای» بنا کرده است که امکان رقابت مستقیم دانشگاه با صنعت را در توسعه مدل‌های پایه مسدود می‌کند. در این پارادایم، شرکت‌های فناوری از یک سو همچون تنها ارائه‌دهنده زیرساخت و از سوی دیگر به مثابه قدرت بلامنازع دروازه‌بانی^۱ عمل می‌کنند (King's College, London, 2022).

گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD)، نشان‌دهنده شکل‌گیری شکاف عمیق زیرساختی میان دانشگاه و صنعت است. در این سند تصریح شده است که تغییر پارادایم به سمت علم داده‌محور، مؤید این واقعیت است که «هوش مصنوعی مدرن به زیرساخت اختصاصی نیاز دارد» (Szalay, 2023). بررسی‌ها حاکی از آن است که الگوهای پیشرفته هوش مصنوعی (مانند الگوهای زبانی بزرگ) حاوی میلیاردها پارامتر هستند و آموزش آن‌ها مستلزم صرف هفته‌ها زمان برای صدها پردازنده تخصصی است (Jumper, 2021). اجرای مستمر دوره‌های آموزشی برای چنین سامانه‌های عظیمی، ده‌ها هزار تا میلیون‌ها دلار هزینه دربردارد که این وضعیت «بار مالی زیادی بر دوش گروه‌های دانشگاهی کوچک‌تر تحمیل می‌کند» (Szalay, 2023).

افزون بر هزینه‌های سنگین سخت‌افزاری، توسعه این مجموعه‌های کلان مستلزم جابه‌جایی یکپارچه داده‌ها و کدها در مقیاس‌های بسیار بزرگ است. به همین دلیل، شرکت‌های بزرگ فناوری با در اختیار داشتن «یک گروه اختصاصی از مهندسان»، معماری‌های پیچیده‌ای (مانند خطوط پردازش داده‌ها و هماهنگی منابع محاسباتی) را بنا می‌کنند (Szalay, 2023). این گزارش استدلال می‌کند که تأمین این سطح از تخصص و منابع انسانی، «زمانی منطقی است که هوش مصنوعی تمرکز اصلی یک تجارت باشد» (Szalay, 2023). وقتی بازار به مهارت‌هایی نیاز دارد که آموزش آن‌ها مستلزم

2. The De-democratization of AI
3. Data Colonialism

1. Gatekeeper Power

ج) ضلع استعداد: تصاحب چرخه نوآوری، جذب استعدادها و محصورسازی حقوقی دانش

یافته‌های مبتنی بر بررسی راهبردهای ادغام و تملک استارت‌آپ‌ها در میان پنج غول بزرگ فناوری، از جمله گوگل، آمازون، فیس‌بوک/متا، اپل و مایکروسافت نشان می‌دهد که این بنگاه‌ها برای تداوم سلطه خود، مسیر تصاحب نوآوری‌های بیرونی را در پیش گرفته‌اند (Federal Trade Commission, 2021). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در دنیای شرکت‌های بزرگ، فقط دو گزینه وجود دارد: «رشد کن یا نابود شو»؛ و مسیر بی‌بازگشت برای این رشد، استفاده از اهرم ادغام و تملک است. غول‌های فناوری از بدو تأسیس تاکنون، هسته‌های نوآور و شرکت‌های کوچک بی‌شماری را خریداری کرده و آن‌ها را به شرکت‌های تابعه خود تبدیل کرده‌اند. به‌طور نمونه، شرکت گوگل تاکنون بیش از ۲۵۰ خرید شرکتی داشته است؛ تا جایی که راهبرد محوری این شرکت را می‌توان در این جمله خلاصه کرد: «اگر نمی‌توانی آن را بسازی، آن را بخر» (GrowthRocks, 2023).

در این فرایند، بنگاه‌های فناوری، و هسته‌های نوآور برآمده از دانشگاه‌ها را نه لزوماً برای توسعه محصولاتشان، بلکه برای تصاحب یکجای تیم‌های نخبه پژوهشی خریداری می‌کنند. این رویکرد، در کنار راهبرد تملک که با هدف از بین بردن رقبای احتمالی آینده انجام می‌شود، موجب نوعی تهی‌شدگی بی‌رویه بوم‌سازگان نوآوری و انحصاری شدن آن شده است. در نتیجه این روند، نهادهای علمی عملاً در حد «تأمین‌کننده مواد خام انسانی و ایده‌های اولیه» تنزل یافته و ارزش افزوده نهایی به آزمایشگاه‌های مرکزی این بنگاه‌ها منتقل می‌شود (Kamepalli, Rajan, & Zingales, 2020).

لایه دوم این تصاحب، در نظام حقوقی و ثبت اختراع‌ها نمایان است. برخی تحلیلگران هشدار داده‌اند که حجم عظیم داده‌های تولیدشده توسط هوش مصنوعی، چالش‌های بنیادینی برای نهاد علم ایجاد کرده است. بنگاه‌های مسلط با در اختیار داشتن سامانه‌های پیشرفته و قدرت پردازشی برتر، خطر «انحصاری شدن نوآوری»^۲ را ایجاد کرده‌اند. یکی از راهبردهای نگران‌کننده این بنگاه‌ها، استفاده از فن «انتشار تدافعی»^۳ است؛ به این معنا که آن‌ها کتابخانه‌های عظیمی از ترکیبات و داده‌های خام تولیدشده توسط هوش مصنوعی را منتشر می‌کنند تا پیشاپیش، امکان ثبت اختراع و تجاری‌سازی آن حوزه‌ها را برای پژوهشگران دانشگاهی و مستقل مسدود کنند. در نقطه مقابل، زمانی که پای نوآوری‌های مهم به میان می‌آید، این بنگاه‌ها به‌جای انتشار آزاد دانش، به «پنهان‌کاری تجاری»^۴ روی می‌آورند؛ رویکردی که هزینه اجتماعی آن، کاهش اشتراک‌گذاری باز دانش و کند شدن پیشرفت علمی نهادهای دانشگاهی برای منافع

فناوری به‌واسطه کنترل مطلق بر مواد خام پژوهش در عصر هوش مصنوعی (یعنی کلان‌داده‌ها) تثبیت شده است. بررسی‌ها حاکی از آن است که این بنگاه‌ها در اقتصاد دیجیتال، جایگاه «انحصارهای دیجیتال»^۱ را به خود اختصاص داده‌اند و فراتر از ارائه‌دهنده خدمات، عملاً به‌عنوان دروازه‌بان میان داده‌ها و کاربران عمل می‌کنند؛ مفهومی که امروز در قانون بازارهای دیجیتال اتحادیه اروپا به‌عنوان مقوله حقوقی رسمی نیز به رسمیت شناخته شده است (European Union, 2022; King's College London, 2022). این قدرت دروازه‌بانی باعث می‌شود که رقبا و نهادهای مستقل (از جمله نهادهای دانشگاهی)، با موانعی جدی برای ورود به این عرصه مواجه شوند. دسترسی انحصاری این غول‌های فناوری به حجم عظیمی از داده‌های شخصی و رفتاری، به آن‌ها کنترل، قدرت و نفوذ بی‌سابقه‌ای بخشیده است که امکان رقابت عادلانه را از دیگر نهادهای تولید دانش سلب می‌کند (Sitaraman & Narechania, 2024).

در سطح کلان‌تر و از منظر اقتصاد سیاسی دانش، این پدیده صرفاً یک انحصار بازاری نیست، بلکه تحت مفهوم «استعمار داده‌ای» صورت‌بندی می‌شود. پژوهشگران چنین استدلال می‌کنند که فرایند فعلی، در واقع امتداد همان رویکردهای تاریخی استعمار است؛ با این تفاوت که اگر استعمار تاریخی منابع فیزیکی و سرزمین‌ها را هدف قرار می‌داد، استعمار داده‌ای، تجربه و حیات اجتماعی انسان‌ها را به‌عنوان «ماده خام» برای استخراج و تبدیل به ارزش سرمایه‌داری هدف گرفته است (Couldry & Mejias, 2019).

در این ساختار نابرابر استخراج، نهادهای علمی (به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه) از دسترسی به پایگاه‌های عظیم داده‌های جهانی محروم می‌مانند و توانایی پردازش مستقل آن‌ها را از دست می‌دهند. در نتیجه این انحصار داده‌ای، دانشگاه‌ها ابزارهای کلان برای تحلیل و الگوسازی را به پلتفرم‌های دروازه‌بان واگذار می‌کنند و رفته‌رفته از جایگاه تولیدکننده دانش بنیادین، به مصرف‌کننده خروجی این بنگاه‌ها تبدیل می‌شوند (King's College London, 2022). در این عرصه نهادهای علمی در کشورهای در حال توسعه نه تنها از نظر بودجه توان رقابت ندارند، بلکه از نظر مشارکت در تنظیم‌گری جهانی هوش مصنوعی نیز کنار گذاشته شده‌اند. این یعنی «علم جهان‌شمول» در حال تبدیل شدن به «فناوری‌های بلوک‌بندی‌شده» است. دانشگاه‌ها در کشورهای در حال توسعه، به‌جای اتصال به یک شبکه جهانی آزاد علمی، در میان این بلوک‌های قدرت گرفتار می‌شوند و دسترسی آن‌ها به جریان اصلی دانش، قربانی تصمیمات سیاسی و تحریم‌های فناورانه (مانند محدودیت صادرات تراشه‌های پیشرفته) می‌شود (U.S. Bureau of Industry and Security, 2023).

2. Monopolization of innovation
3. Defensive Publishing
4. Trade Secrets

1. Digital Monopolies

عمومی است (Sastry et al, 2024).

تسلط بنگاه‌های فناوری بر ابزارهای تولید دانش، پیامدهای عمیقی بر کیفیت، گستره موضوعی و حفظ سرمایه انسانی در نهاد علم داشته است. بررسی‌ها حاکی از آن است که پیشرفت‌های اخیر در هوش مصنوعی تا حد زیادی ناشی از روش‌های یادگیری عمیق است که در شرکت‌های فناوری بزرگ، توسعه یافته یا به کار گرفته شده‌اند (Mateos-Garcia & Klinger, 2023). این تسلط باعث شده است شواهدی از «رکود اخیر و حتی کاهش در تنوع پژوهش‌های هوش مصنوعی» به وجود آید (Klinger et al., 2020). یافته‌ها نشان می‌دهد که پژوهش‌های هوش مصنوعی در بنگاه‌های خصوصی، «از نظر موضوعی محدودتر» بوده و به شدت بر روش‌های فشرده محاسباتی تمرکز دارند؛ وضعیتی که حتی برخی از بزرگ‌ترین و معتبرترین دانشگاه‌ها را نیز به دلیل همکاری نزدیک و وابستگی به داده‌های شرکت‌های خصوصی، دچار سطوح پایین‌تری از تنوع موضوعی در پژوهش‌ها کرده است (Klinger et al., 2020). افزون بر تقلیل تنوع علمی، نهاد علم با یک بحران بنیادین در حفظ منابع انسانی خود روبه‌روست؛ به گونه‌ای که برخی متخصصان استدلال می‌کنند «صنعت در حال خارج کردن پژوهشگران از دانشگاه است» (Mateos-Garcia & Klinger, 2023). داده‌های مستند نشان می‌دهد در حالی که در سال ۲۰۰۴ فقط ۲۱ درصد از دانش‌آموختگان دکتری هوش مصنوعی در کشور آمریکا جذب صنعت می‌شدند، این رقم با جهشی خیره‌کننده به «تقریباً ۷۰ درصد» در سال ۲۰۲۰ رسیده است (Ahmed, Wahed, & Thompson, 2023). این روند کمی، مؤید تغییر ساختاری است که طی آن، جاذبه مالی و برتری زیرساختی بخش خصوصی موجب ایجاد جریان یک‌طرفه فرار مغزها از محیط‌های دانشگاهی شده و توانمندی مؤسسات عمومی علم را برای پیشبرد مستقل نوآوری‌ها به شدت تحلیل برده است.

پژوهش‌های انجام‌شده در کشور انگلستان نیز نگرانی‌های شکل‌گرفته در خصوص مهاجرت یادشده را نشان می‌دهد. اینکه چگونه استعدادهای هوش مصنوعی از دانشگاه به بخش خصوصی سرازیر می‌شوند و غالباً تمایلی به بازگشت به دانشگاه ندارند. کمبود جهانی متخصصان هوش مصنوعی باعث به وجود آمدن تفاوت بسیار زیاد پرداخت در بخش خصوصی شده و همین موضوع بازگشت متخصصان هوش مصنوعی از صنعت به دانشگاه را دشوار کرده است. اما علاوه بر تفاوت مادی موضوع دیگری که باعث مهاجرت متخصصان از دانشگاه به بخش خصوصی شده، ناظر بر این مهم است که متخصصان دانشگاهی به ایجاد سابقه علمی مبتنی بر انتشار مقاله در مجلات علمی نیاز دارند، در حالی که کار کردن در بخش خصوصی به چنین الزامی نیاز ندارد (Glover, Jones, & Procter, 2020: 7).

د) پیامد روند: افول بهره‌وری پژوهش‌های سنتی و ضرورت تغییر پارادایم علمی

گزارش سازمان همکاری و توسعه اقتصادی در خصوص نقش هوش مصنوعی در علم، استدلال می‌کند که نهاد دانشگاه با چالشی بنیادین در زمینه «بهره‌وری پژوهش» مواجه شده است (Nolan, 2023). شواهد حاکی از آن است که برای دانشگاه‌ها یافتن ایده‌های جدید و دستیابی به پیشرفت‌های علمی ساختارشکن به‌طور فزاینده‌ای دشوار شده است، به شکلی که عرضه مداوم و حتی فزاینده تلاش‌های پژوهشی (مانند افزایش تعداد دانشمندان و بودجه‌ها) دیگر به افزایش متناسب و ثابت در قابلیت‌های فناورانه و تولید دانش در مرزهای علم منجر نمی‌شود (Clancy, 2023).

بازرترین مصداق جاماندگی دانشگاه، در پدیده‌ای با عنوان «قانون اروم»^۱ نمایان است که مطابق این قانون استدلال می‌شود توسعه علم در طول زمان کندتر و گران‌تر می‌شود؛ به گونه‌ای که تعداد خروجی‌های تأییدشده (مانند داروهای جدید) به‌ازای هر میلیارد دلار سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، در دهه‌های اخیر تقریباً صد برابر کاهش یافته است (Scannell, 2023). این کاهش کارایی در دیگر حوزه‌ها نیز مشهود است؛ مثلاً، در اقتصاد نوآوری نشان داده شده است که برای حفظ رشد نمایی در عملکرد یک فناوری مشخص (مانند آنچه در قانون مور برای مدارهای مجتمع پیش‌بینی می‌شد)، فعالیت‌ها و هزینه‌های پژوهشی باید تا بیست برابر افزایش یابد (Clancy, 2023). این یافته‌ها تأیید می‌کند که «گستره شناختی» (تعداد مفاهیم متمایز و جدید در مقالات علمی) در برخی حوزه‌ها دچار رکود یا حتی فشردگی شده است (Milojević, 2023).

در چنین شرایطی که مرزهای علم پیچیده‌تر شده و پیشرفت با روش‌های سنتی دانشگاهی با بن‌بست کاهش بازدهی مواجه گردیده، گذار به استفاده از هوش مصنوعی نه یک انتخاب، بلکه ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای افزایش بهره‌وری علمی است (Nolan, 2023). باین‌حال، همین ضرورت گذار، نهاد علم را به واسطه نیاز به زیرساخت‌های عظیم داده‌ای و محاسباتی، در برابر هژمونی تأمین‌کنندگان اصلی این فناوری‌ها (شرکت‌های بزرگ) در موضع ضعف و وابستگی قرار داده است.

ه) پیامد ترکیبی: وضعیت ایران در چهارچوب اقتصاد سیاسی هوش مصنوعی

مطابق گزارش «ستاد علم و فناوری شورای عالی انقلاب فرهنگی» ایران در مواجهه با هژمونی شرکتی در حوزه هوش مصنوعی در وضعیتی «دوگانه» قرار دارد: از یک سو، به لحاظ نهادی و زیرساختی از مرحله نبود برنامه عبور کرده و وارد مرحله تدوین نقشه‌های راه

1. Eroom's Law

این نگرانی را می‌توان در امتداد همان سازوکار جذب استعدادهای برتر کشور به سمت بازیگران بزرگ و پلتفرم‌های جهانی فهم کرد که در سطح جهانی نیز مشاهده می‌شود.

در مجموع مطابق این گزارش استدلال شده است ایران در اقتصاد سیاسی هوش مصنوعی در موقعیتی قرار گرفته که از یک سو با اتکا به رتبه نسبتاً بالای تولید علم (H-Index رتبه ۲۳ جهانی در سال‌های اخیر) و برنامه‌های ملی برای ارتقای جایگاه به رتبه ۱۰، ظرفیت بالقوه حضور فعال در اقتصاد دانش‌محور را دارد و از سوی دیگر، تا زمانی که شکاف میان توان محاسباتی موجود (۷۰ پتافلاپس) و اهداف زیرساختی (۱ اگزافلاپس)، میان رتبه فعلی آمادگی دولت (۹۱) و هدف‌گذاری شده (۳۰) و میان تربیت نیروی انسانی و نگهداشت بلندمدت آن پر نشود، خطر تثبیت نقش ایران به عنوان مصرف‌کننده حاشیه‌ای فناوری‌های هوش مصنوعی تولیدشده توسط بازیگران مسلط جهانی همچنان پابرجاست. این وضعیت، ضرورت بازاندیشی در راهبردهای ملی مواجهه با هژمونی شرکتی در هوش مصنوعی و طراحی سازوکارهایی برای تبدیل ظرفیت‌های علمی و انسانی موجود به قدرت چانه‌زنی در زنجیره جهانی دانش و نوآوری را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش، در یک جمع‌بندی کلان و تحلیلی، نشان می‌دهد که تمرکز داده، زیرساخت و سرمایه انسانی در شرکت‌های بزرگ فناوری، شواهدی از شکل‌گیری نوعی سلطه ساختاری بر بخش‌هایی از نظام علمی فراهم می‌کند، هرچند دامنه و پیامدهای دقیق این سلطه به مطالعات بیشتری نیاز دارد، اما تداوم این روند زمینه‌ساز جابه‌جایی مرجعیت علمی از نهاد دانشگاه به بنگاه‌های فناوری می‌شود و این موضوع یک نوسان مقطعی یا صرفاً پیشگامی فناوریانه نیست، بلکه نمایانگر «تغییر پارادایم ساختاری» در اقتصاد سیاسی دانش بین‌المللی است. شواهد مستخرج از روندهای جهانی اثبات می‌کند که غول‌های فناوری موفق شده‌اند با اتکا بر سه رکن بنیادین، هژمونی خود را بر فرایند تولید علم تثبیت کنند: نخست، بنا کردن «دیوار عظیم هزینه‌های سرمایه‌ای» و ایجاد انحصار در زیرساخت‌های محاسباتی کلان؛ دوم، اعمال «قدرت دروازه‌بانی» بر جریان کلان‌داده‌ها همراه با محصورسازی حقوقی دستاوردهای علمی و سوم، ایجاد جذب ساختاری استعدادهای برتر (فرار مغزها) و تصاحب هسته‌های نوآور دانشگاهی.

تلاقی این مؤلفه‌ها به لحاظ معرفت‌شناختی و نهادی موجب می‌شود دانشگاه‌ها، استقلال تاریخی خود را در پیشبرد مرزهای دانش بنیادین از دست دهند. در این ساختار نابرابر، نهاد علم رفته‌رفته از جایگاه مرجع اصیل تولید دانش، به جایگاه «تأمین‌کننده مواد خام انسانی و ایده‌پردازی اولیه» تقلیل یافته است. این چرخش قدرت،

تخصصی شده است و از سوی دیگر، هنوز با شکاف‌های جدی در سه سطح توان محاسباتی، حکمرانی داده و چرخه استعداد روبه‌روست. مهم‌ترین بخش‌های مرتبط با وضعیت ایران براساس این گزارش به شرحی است که در ادامه آمده بیان شده است (Tavusi, 2026): الف) در سطح زیرساخت، توان پردازشی کشور در سال‌های ۱۴۰۳-۱۴۰۴ در حدود ۷۰ پتافلاپس برآورد شده است که از این میان، ۵۰ پتافلاپس در قالب زیرساخت پردازشی متمرکز با مدیریت معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان رئیس‌جمهور تأمین شده است. درعین حال، همین اسناد هدف‌گذاری کرده‌اند که تا افق ۱۴۱۲، توان زیرساختی به سطح ۱ اگزافلاپس برسد؛ هدفی که نشان‌دهنده شکاف بزرگی میان وضعیت موجود و وضعیت مطلوب است. این فاصله وقتی در کنار هزینه‌های جهانی آموزش مدل‌های هوش مصنوعی و سرمایه‌گذاری‌های چند ده میلیارد دلاری شرکت‌های بزرگ فناوری قرار می‌گیرد، به‌وضوح نشان می‌دهد که دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌های ایرانی عملاً امکان ورود پایدار به رقابت در سطح مدل‌های زیربنایی و طرح‌های فوق محاسباتی را ندارند و در معرض همان «دیوار هزینه‌ای» قرار می‌گیرند که در سطح بین‌المللی توصیف شد.

ب) از منظر حکمرانی و داده، درگاه ملی داده‌های باز تا پایان ۱۴۰۴ برای ۲۷۳ سازمان، بیش از ۸۲۰۰ مجموعه داده ثبت کرده است که از منظر کمی پیشرفتی چشمگیر نسبت به گذشته محسوب می‌شود. با این حال، همچنان رتبه آمادگی هوش مصنوعی دولت ایران در شاخص‌های بین‌المللی در حدود ۹۱ در میان کشورها گزارش شده و دستیابی به رتبه ۳۰ تا افق ۱۴۱۲ به عنوان هدف سیاستی در اسناد ملی ثبت شده است. این شکاف میان «ثبت داده» و «آمادگی نهادی» نشان می‌دهد که مسئله ایران صرفاً کمبود داده نیست، بلکه بیشتر به کیفیت حاکمیت داده، هم‌راستایی نقشه‌های راه دستگاهی و اتصال واقعی این داده‌ها به زیرساخت‌های محاسباتی و زنجیره نوآوری بازمی‌گردد.

ج) در سطح سرمایه انسانی، گزارش حاضر به حضور حدود ۳۰۰ شرکت فعال در حوزه‌هایی چون یادگیری ماشین، داده‌کاوی، علم داده و مدل‌های زبانی اشاره می‌کند و هم‌زمان از شکل‌گیری رشته‌ها و برنامه‌های بین‌رشته‌ای جدید در دانشگاه‌ها (مثلاً ۳۰ رشته جدید در وزارت علوم) و توسعه استانداردهای آموزشی و کارگاه‌های تخصصی از سوی سازمان فنی و حرفه‌ای خبر می‌دهد. این ارقام نشان می‌دهد که از نظر «تربیت و به‌کارگیری اولیه» نیروی انسانی در داخل، پویایی قابل توجهی در جریان است؛ اما درعین حال، نگرانی درباره «صیانت از سرمایه انسانی» و لزوم نگهداشت نخبگان، به عنوان یکی از چهار محور اصلی تحلیل نهایی گزارش شورای عالی انقلاب فرهنگی برجسته شده است.

زنگ خطری برای سنت «علم باز» است و نشان می‌دهد که تولید دانش در لبه‌های فناوری، از یک «خیر عمومی» در حال تبدیل شدن به «دارایی انحصاری شرکتی» است.

پیامد مستقیم این هژمونی چندوجهی، بروز بحرانی عمیق در پویایی و تنوع زیست‌بوم علم در سطح بین‌المللی است. الگوی موضوعی طرح‌ها و انتشارات شرکتی در حوزه هوش مصنوعی حاکی از نوعی تمرکز موضوعی بر روش‌های محاسباتی و تجاری تخصصی است؛ این مطالعه این فرضیه را مطرح می‌کند که چنین تمرکزی می‌تواند به تنگ شدن نسبی طیف موضوعات علمی منجر شود. از آنجاکه جهت‌گیری راهبردی این بنگاه‌ها ماهیتاً بر پیشینه‌سازی سود تجاری و کاربردهای بازارپسند متمرکز است، جریان اصلی پژوهش‌ها به روش‌های فشرده محاسباتی سوق یافته و پژوهش‌های بنیادین با رویکرد حل چالش‌های کلان اجتماعی، اقلیمی و بهداشتی به حاشیه رانده شده‌اند.

در سطح ژئوپلیتیک دانش، این نابرابری زیرساختی و هژمونی داده‌ای، به «حاشیه‌نشینی مضاعف» مؤسسات علمی در کشورهای در حال توسعه منجر شده است. این دانشگاه‌ها که پیش از این نیز با محدودیت‌های نهادی و بودجه‌ای مواجه بوده‌اند، اکنون در تقابل با «دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای» و جریان یک‌طرفه «فرار مغزها» به سمت آزمایشگاه‌های مجهز بنگاه‌های چندملیتی، عملاً توان رقابت در لبه‌های دانش را از دست داده‌اند. نتیجه قهری این روند، تعمیق شکاف میان مرکز و پیرامون در تولید علم است؛ شرایطی که در آن، مؤسسات علمی با منابع محدودتر، به‌طور فزاینده‌ای به «مصرف‌کنندگان منفعل» الگوها و الگوریتم‌های توسعه‌یافته در پلتفرم‌های انحصاری تبدیل می‌شوند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان از تعبیر پارادایمی در مرجعیت علمی به نفع شرکت‌های بزرگ فناوری سخن گفت؛ تغییری که از منظر بسیاری از کنشگران علمی، ماهیتی تهدیدآمیز برای استقلال نهاد علم دارد و دست‌کم به‌عنوان یک فرضیه تحلیلی جدی باید مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گیرد.

راهبردهای پیشنهادی

راهبرد یکم: تغییر زمین بازی و حرکت به سوی هوش مصنوعی حوزه‌ای (اولویت بنیادین، افق کوتاه‌مدت تا میان‌مدت). در مواجهه با این هژمونی ساختاری، نخستین تجویز راهبردی برای نهاد علم، به‌ویژه در مؤسسات دارای منابع محدود «تغییر آگاهانه زمین بازی» است، زیرا رقابت مستقیم با غول‌های فناوری در توسعه مدل‌های بنیادین کلان، به‌سبب برخورد با دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای، از پیش شکست خورده است. در مقابل، مزیت تاریخی دانشگاه در تخصص عمیق حوزه‌ای و دسترسی به پایگاه‌های داده خرد، بومی و دولتی نهفته است. بر این اساس، نهاد علم باید تمرکز خود را به توسعه

کاربردهای تخصصی و الگوسازی روی داده‌های غیرقابل تملک توسط بنگاه‌های تجاری معطوف کند: داده‌های طولی بومی در حوزه‌هایی چون اقتصاد کلان، تغییرات اقلیمی، بهداشت عمومی و پویایی‌های اجتماعی. گام‌های اجرایی عبارت‌اند از (الف) شناسایی و اولویت‌بندی پایگاه‌های داده ملی دارای مزیت انحصاری؛ (ب) هدایت تأمین مالی پژوهش به سمت الگوهای کوچک و دقیق حوزه‌ای به جای الگوهای عمومی بزرگ؛ (ج) تعریف برنامه‌های پژوهشی مأموریت‌محور بر پایه چالش‌های بومی. نهاد مسئول: نهاد متولی آموزش عالی و پژوهش، با مشارکت دانشگاه‌ها و پژوهشگاه‌ها.

راهبرد دوم: تشکیل کنسرسیوم‌های زیرساختی مشترک (اولویت بالا، افق میان‌مدت). دومین سطح اقدام، مستلزم رویکرد اقدام جمعی است؛ زیرا مؤسسات پژوهشی به‌صورت انفرادی توان غلبه بر دیوار هزینه‌های سرمایه‌ای را ندارند. ایجاد کنسرسیوم‌های زیرساختی منطقه‌ای و ملی که با تجمیع منابع، دسترسی مشترک و یارانه‌ای به زیرساخت‌های محاسباتی پُرکارایی و پایگاه‌های داده اختصاصی را فراهم کنند، می‌تواند وابستگی به خدمات ابری تجاری را بکاهد. گام‌های اجرایی عبارت‌اند از (الف) تأسیس یک سازوکار حکمرانی مشترک میان دانشگاه‌های عضو؛ (ب) ایجاد سامانه دسترسی اشتراکی به توان محاسباتی با تخصیص یارانه‌ای؛ (ج) عقد تفاهم‌نامه‌های منطقه‌ای برای هم‌افزایی زیرساختی. نهاد مسئول: سیاست‌گذار ملی علم، با مشارکت شبکه‌ای از دانشگاه‌ها.

راهبرد سوم: تأمین مالی خرد و چابک (اولویت متوسط، افق کوتاه‌مدت). به جای رقابت بودجه‌ای با غول‌های فناوری، سیاست‌گذار علم باید به سمت تأمین مالی خرد و چابک حرکت کند. تزیق هدفمند بودجه‌های کوچک به هسته‌های پژوهشی پراکنده (رویکرد پایین به‌بالا) می‌تواند شبکه‌های پویای پژوهشی متمرکز بر چالش‌های بومی را شکل دهد؛ حوزه‌هایی که خارج از رادار منافع اقتصادی بنگاه‌های بزرگ‌اند. گام‌های اجرایی عبارت‌اند از (الف) طراحی سازوکار اعطای گرنت‌های کوچک و سریع با حداقل دیوان سالاری؛ (ب) اولویت‌دهی به طرح‌های مأموریت‌محور بومی؛ (ج) ارزیابی چابک و مرحله‌ای به جای ارزیابی‌های سنگین. نهاد مسئول: صندوق‌های ملی حمایت از پژوهش.

راهبرد چهارم: دیپلماسی علمی پیشدستانه و دفاع از علم باز (اولویت راهبردی، افق بلندمدت). سرانجام، نهاد علم به فعال‌سازی دیپلماسی علمی پیشدستانه برای احیای سنت علم باز نیاز دارد. دانشگاه‌ها از طریق همکاری‌های دوجانبه و چندجانبه باید ائتلاف‌هایی برای اشتراک‌گذاری آزاد داده، توسعه الگوهای متن‌باز و تدوین چهارچوب‌های حقوقی مقابله با استعمار داده‌ای تشکیل دهند. تنها از این راه است که دانش تولیدشده در عصر هوش مصنوعی

می‌تواند ماهیت خود را به‌مثابه «خیر عمومی» حفظ کند. گام‌های اجرایی عبارت‌اند از (الف) پیوستن به ائتلاف‌های بین‌المللی علم باز و داده باز؛ (ب) مشارکت فعال در مجامع تنظیم‌گری جهانی هوش مصنوعی؛ (ج) تدوین چهارچوب حقوقی ملی برای حاکمیت داده. نهاد مسئول: نهادهای متولی دیپلماسی علمی، با مشارکت نهاد آموزش عالی.

جدول زیر چهار راهبرد پیشنهادی را همراه نهاد مسئول، گام‌های اصلی اجرا و افق زمانی و اولویت هریک، به‌صورت جمع‌بندی عملیاتی نشان می‌دهد.

جدول ۱. جمع‌بندی عملیاتی راهبردهای پیشنهادی

راهبرد	نهاد مسئول	گام‌های اصلی اجرا	افق زمانی و اولویت
۱. تغییر زمین بازی و هوش مصنوعی حوزه‌ای	نهاد متولی آموزش عالی و پژوهش (با مشارکت دانشگاه‌ها)	شناسایی پایگاه‌های داده ملی انحصاری؛ تمرکز بر الگوهای کوچک حوزه‌ای؛ برنامه‌های پژوهشی مأموریت‌محور	کوتاه‌مدت تا میان‌مدت؛ اولویت بنیادین
۲. کنسرسیوم‌های زیرساختی مشترک	سیاست‌گذار ملی علم (با شبکه دانشگاه‌ها)	حکمرانی مشترک؛ دسترسی اشتراکی یارانه‌ای به توان محاسباتی؛ تفاهیم‌نامه‌های منطقه‌ای	میان‌مدت؛ اولویت بالا
۳. تأمین مالی خرد و چابک	صندوق‌های ملی حمایت از پژوهش	گرت‌های کوچک و سریع؛ اولویت طرح‌های بومی؛ ارزیابی چابک مرحله‌ای	کوتاه‌مدت؛ اولویت متوسط
۴. دیپلماسی علمی و دفاع از علم باز	نهادهای متولی دیپلماسی علمی (با نهاد آموزش عالی)	پیوستن به ائتلاف‌های علم باز؛ مشارکت در تنظیم‌گری جهانی؛ تدوین چهارچوب حاکمیت داده	بلندمدت؛ اولویت راهبردی

References

- Ahmed, N., & Wahed, M. (2020). *The de-democratization of AI: Deep learning and the compute divide in artificial intelligence research*. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2010.15581>
- Barrett, G. (2023). Artificial intelligence for science in Africa. In OECD (Ed.), *Artificial intelligence in science* (pp. 287-307). Paris: OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/artificial-intelligence-in-science_a8d820bd-en/full-report/artificial-intelligence-for-science-in-africa_c1244260.html
- Besiroglu, T., Bergerson, S. A., Michael, A., Heim, L., Luo, X., & Thompson, N. (2024). *The compute divide in machine learning: A threat to academic contribution and scrutiny?* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.02452>
- Birhane, A., Kalluri, P., Card, D., Agnew, W., Dotan, R., & Bao, M. (2022, June). The values encoded in machine learning research [Paper presentation]. *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FAccT '22)*. New York, United States.
- Bridson, B. (2025, November 25). *Top tech companies in the world 2026: Global leaders in innovation*. IE University. Retrieved from: <https://www.ie.edu/uncover-ic/top-tech-companies-in-the-world>
- Buntz, B. (2024, July 16). *Top 30 R&D spending leaders 2023: Big Tech firms hit new heights*. R&D World. <https://www.rdworldonline.com/top-30-rd-spending-leaders-2023-big-tech-firms-hit-new-heights/>
- Clancy, M. (2023). Are ideas getting harder to find? A short review of the evidence. In *Artificial intelligence in science: Challenges, opportunities and the future of research*. Paris: OECD Publishing.
- Couldry, N., & Mejías, 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>
- DeepMind. (2025). *AlphaFold*. Google DeepMind. Retrieved from: <https://deepmind.google/science/alphafold/>
- European Union. (2022 September 14). Regulation (EU) 2022/1925 of the European Parliament and of the Council (Digital Markets Act). Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/1925/oj/eng>
- Federal Trade Commission. (2021). *Non-HSR reported acquisitions by select technology platforms, 2010-2019: An FTC study*. FTC. Retrieved from: <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/non-hsr-reported-acquisitions-select-technology-platforms-2010-2019-ftc-study/p201201technologypatformstudy2021.pdf>

- Gautier, A., & Lamesch, J. (2021). Mergers in the digital economy. *Information Economics and Policy*, 54, 100890. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2020.100890>
- Glover, B., Jones, E., & Procter, R. (2020). *Research 4.0: Research in the age of automation*. Retrieved from: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1167&context=scholcom>
- Gofman, M., & Jin, Z. (2024). Artificial intelligence, education, and entrepreneurship. *The Journal of Finance*, 79(1), 631-667. <https://doi.org/10.1111/jofi.1330>
- GrowthRocks. (2023, August 17). *Big five tech companies' acquisitions: Mergers & acquisitions of GAFAM*. GrowthRocks. Retrieved from: <https://growthrocks.com/blog/big-five-tech-companies-acquisitions/>
- Hey, T. (2023). AI for science and engineering: Public R&D investment priority. *Artificial intelligence in science: Challenges, opportunities and the future of research*. Paris: OECD Publishing. <https://www.statista.com/statistics/1381664/worldwide-all-devices-market-share-of-search-engines/> - :~:text=As%20of%20December%202025%2C%20Google,%2D%20another%20Google%2D%20Downed%20property
- Information Technology and Innovation Foundation. (2025 January 31). *Dominant companies are part of the tech industry's DNA*. Retrieved from: <https://itif.org/publications/2025/01/31/dominant-companies-are-part-of-the-tech-industrys-dna/>
- Investopedia. (2023, December 21). *Magnificent 7 stocks: What you need to know*. Retrieved from: <https://www.investopedia.com/magnificent-seven-stocks-8402262>
- IO Plus. (2025). *Tech companies are investing billions in the AI dominance race*. Retrieved 2026 February 19, from <https://ioplus.nl/en/posts/tech-companies-are-investing-billions-in->
- Jouppi, N. P., Young, C., Patil, N., Patterson, D., Agrawal, G., Bajwa, R., ... & Yoon, D. H. (2017 June 24-28). In-datacenter performance analysis of a tensor processing unit. In *Proceedings of the 44th annual international symposium on computer architecture* (pp. 1-12). Toronto, Canada. <https://doi.org/10.1145/3079856.3080246>
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., ... & Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583-589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Kamepalli, S. K., Rajan, R., & Zingales, L. (2020). *Kill zone* (NBER Working Paper No. 27146). Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- King's College London. (2022). *What are digital monopolies and why are they important?*. Retrieved 2026 February 19, from <https://online.kcl.ac.uk/blog/what-are-digital-monopolies-and-why-are-they-important>
- Marinho, W. (2024). Understanding oligopoly: Structure, behavior, and implications. *Academy of Strategic Management Journal*, 23(1), 1-12.
- Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., et al. (2024). *The AI Index 2024 annual report*. Stanford: Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence (HAI), Stanford University.
- Milojević, S. (2023). Quantifying the “cognitive extent” of science and how it changes over time and across countries. In OECD (Ed.), *Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research*. Paris: OECD Publishing.
- National Science Foundation (NSF). (2024). *NSF summary: FY 2025 congressional budget request* [Budget request to the U.S. Congress]. National Science Foundation. Retrieved from: https://nsf.gov-resources.nsf.gov/files/03_fy2025.pdf
- Nolan, A. (2023). Artificial intelligence in science: Overview and policy proposals. In OECD (Ed.), *Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research*. Paris: OECD Publishing.
- Purdylucey. (2025). *Patents in the age of AI: Who really owns innovation?* Retrieved from: <https://purdylucey.com/patents-in-the-age-of-ai-who-really-owns-innovation/>
- Rikap, C., & Lundvall, B. A. (2021). *The digital innovation race: Conceptualizing the emerging new world order*. London: Palgrave Macmillan.
- Sastry, G., Heim, L., Belfield, H., Anderljung, M., Brundage, M., Hazell, J., ... & Coyle, D. (2024). *Computing power and the governance of artificial intelligence*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.08797>
- Scannell, J. W. (2023). Eroom's law and the decline in biopharmaceutical R&D productivity. In *Artificial intelligence in science: Challenges, opportunities and the future of research*. Paris: OECD Publishing.
- Securities and Exchange Commission of the United States. (2024). *Annual report 2023 (Annual report pursuant to section 13 or 15(d) of the securities exchange act of 1934)*. Retrieved from: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1018724/000101872424000008/amzn-20231231.htm>

- Sitaraman, G., & Narechania, T. N. (2024). An antimonopoly approach to governing artificial intelligence. *Yale Law & Policy Review*, 43, 95. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4597080>
- Statista Research Department. (2026 Jan 05). Market share of leading search engines worldwide from January 2015 to December 2025. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/1381664/worldwide-all-devices-market-share-of-search-engines/?srsltid=AfmBOoq-uPwD7iuDmy6h2hiQ5SaICMuolI7MRmcIBzJQhr7aheDN-KK3>
- Statista. (2025). *Worldwide market share of search engines, all devices*. Statista. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/1381664/worldwide-all-devices-market-share-of-search-engines/>
- Szalay, K. (2023). AI in drug discovery. In OECD (Ed.), *Artificial intelligence in science: Challenges, opportunities and the future of research*. Paris: OECD Publishing.
- Tavusi, M. (2026, February 18). Analysis of the current state of the artificial intelligence ecosystem in Iran [Report]. In *The consortium for future studies of artificial intelligence*. Science and Technology Headquarters of the Supreme Council of the Cultural Revolution, Tehran, Iran. (Persian)
- The Royal Swedish Academy of Sciences. (2024). *The Nobel Prize in Chemistry 2024* [Press release]. Retrieved from: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2024/popular-information/>
- Tourassi, G., Shankar, M., & Wang, F. (2023). High-performance computing leadership to enable progress in AI and a thriving computing ecosystem. In OECD (Ed.), *Artificial intelligence in science: Challenges, opportunities and the future of research*. Paris: OECD Publishing.
- U.S. Bureau of Industry and Security. (2023). *Export controls on semiconductor manufacturing items. Interim final rule*. Federal Register, U.S. Department of Commerce. Retrieved from: <https://www.federalregister.gov/documents/2023/10/25/2023-23049/export-controls-on-semiconductor-manufacturing-items>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2025 April 6). *AI market projected to hit \$4.8 trillion by 2033, emerging as dominant frontier technology*. UNCTAD. Retrieved from: <https://unctad.org/news/ai-market-projected-hit-48-trillion-2033-emerging-dominant-frontier-technology>
- United States District Court for the District of Columbia. (2025). *Memorandum opinion*. Retrieved from: <https://www.justice.gov/atr/media/1421681/dl?inline>
- Varadi, M., Bertoni, D., Magana, P., Paramval, U., Pidruchna, I., Radhakrishnan, M., ... & Velankar, S. (2024). AlphaFold protein structure database in 2024: Providing structure coverage for over 214 million protein sequences. *Nucleic Acids Research*, 52(D1), D368-D375. <https://doi.org/10.1093/nar/gkad1011>
- Verdegem, P. (2022). Dismantling AI capitalism: The commons as an alternative to the power concentration of Big Tech. *AI & Society*, 39(2), 727-737. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01437-8>
- Whittaker, M. (2021). The steep cost of capture. *Interactions*, 28(6), 50-55. <https://doi.org/10.1145/3488666>



محمد حسینی مقدم

عضو گروه مطالعات آینده‌نگر و دبیر کنسرسیوم مطالعات آینده هوش مصنوعی است و مدیریت میز تخصصی «آینده‌پژوهی نقش هوش مصنوعی در پیشرفت‌های علم، فناوری و نوآوری» را بر عهده دارد. حوزه‌های پژوهشی او شامل آینده‌پژوهی، حکمرانی داده‌بنیاد، دیده‌بانی نظام آموزش کشور از پیش‌دبستانی تا آموزش عالی، رصد تحولات ملی و بین‌المللی علم و فناوری، بین‌المللی و جهانی‌شدن آموزش عالی، دیپلماسی علم و فناوری و گردش نخبگان است. تمرکز پژوهشی وی بر تحلیل تحولات نوظهور ناشی از هوش مصنوعی و پیامدهای آن برای نهاد علم، نظام نوآوری و سیاست‌گذاری علمی، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، قرار دارد.

