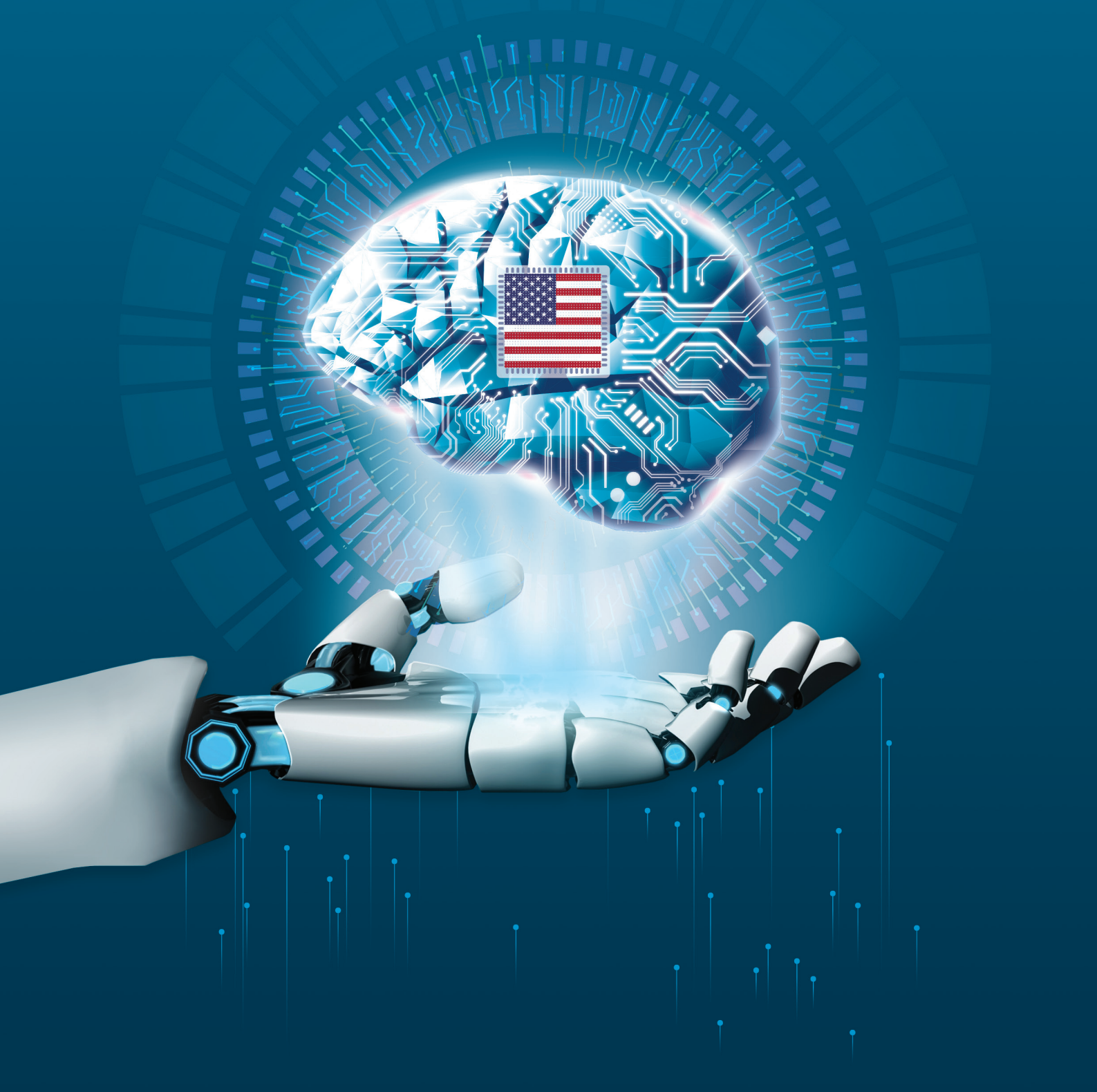


# بررسی وضعیت فناوری‌های هوش مصنوعی در ایالات متحده آمریکا





سَلَامٌ عَلَيْكُمْ

## پیش‌گفتار

گزارش حاضر نتیجه تلاش همکاران موسسه پویندگان توسعه فناوری و نوآوری ایرانیان است که با تکیه بر تجربه سال‌ها کوشش، اهتمام و فعالیت مطالعاتی و با بررسی جدیدترین منابع برخط انگلیسی به رشته تحریر درآمده است. در گزارشی که مطالعه خواهید کرد علاوه بر بیان مقدمه‌ای در خصوص اهمیت هوش مصنوعی در اقتدار و اقتصاد کشورها، زیست‌بوم هوش مصنوعی آمریکا از ۳ منظر **حکمرانی** با معرفی نهادهای شاخص در حوزه هوش مصنوعی، معرفی برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹) و اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبردهای هشت‌گانه آن برنامه؛ **توسعه علم و فناوری** با معرفی دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی برتر، قطب‌های علمی و اشتغال و سرمایه‌گذاری ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی؛ و نهایتاً **توسعه کسب‌وکار** با معرفی شرکت‌های نوپای برتر در زمینه جذب سرمایه و بازار کار متخصصان هوش مصنوعی در ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفته است.

امید است نتایج این پژوهش مورد استفاده فعالان و دست‌اندرکاران این حوزه مهم از فناوری در کشور عزیزمان قرار گیرد.

**موسسه پویندگان توسعه فناوری و نوآوری ایرانیان**



**بررسی وضعیت  
فناوری‌های هوش مصنوعی  
در ایالات متحده آمریکا**



## ایالات متحده آمریکا در یک نگاه

### ۱- مقدمه

- ۵
- ۱۱
- ۱۲ ۱- تعریف هوش مصنوعی
- ۱۳ ۲- اهمیت هوش مصنوعی در اقتدار کشورها
- ۱۶ ۳- اهمیت هوش مصنوعی در اقتصاد کشورها

### ۲- تحلیل زیست بوم هوش مصنوعی

- ۲۱
- ۲۲ ۱- مروری بر وضعیت صنعتی و تجاری هوش مصنوعی در ایالات متحده

### ۳- حکمرانی

- ۲۵
- ۲۶ ۱-۳ نهادهای شاخص در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده
- ۳۴ ۲- برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)
- ۳۶ ۱-۲-۳ اولویتهای تحقیقاتی مورد نظر در راهبردهای هشت گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)
- ۵۰ ۲-۲-۳ مشارکت نهادهای فدرال در زمینه اجرای راهبردهای هشت گانه مورد نظر در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)
- ۵۱ ۳-۲-۳ بودجه فدرال جهت اجرای برنامه های تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی
- ۵۳ ۳-۳ اقدامات عملی فدرال در زمینه اجرای راهبردهای هشت گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی در فاصله سال های ۲۰۱۶-۲۰۱۹

### ۴- توسعه علم و فناوری

- ۷۹
- ۸۰ ۱-۴ دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی برتر در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده
- ۸۲ ۲-۴ تحلیل آماری تعداد مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی
- ۸۴ ۳-۴ تحلیل آماری تعداد اختراعات ثبت شده در حوزه هوش مصنوعی
- ۸۵ ۴-۴ قطب های علمی و اشتغال و سرمایه گذاری ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی

### ۵- توسعه کسب و کار و بازار

- ۸۹
- ۹۰ ۱-۵ شرکت های نوپای برتر در زمینه جذب سرمایه در ایالات متحده
- ۹۲ ۲-۵ بازار کار متخصصان هوش مصنوعی در ایالات متحده

### علائم اختصاری

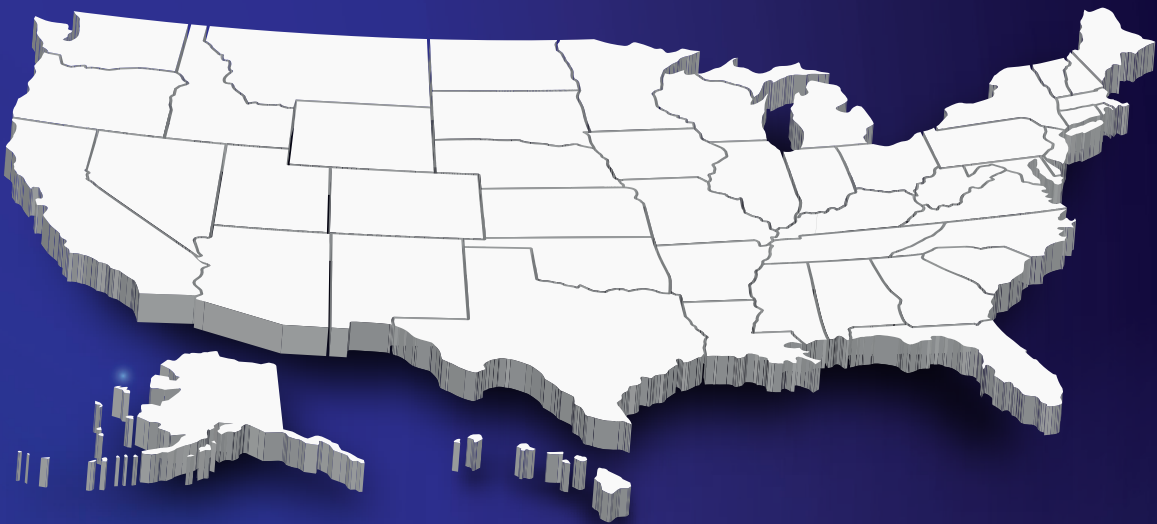
۹۵

۹۹

### منابع



# ایالات متحده آمریکا در یک نگاه



ایالات متحده آمریکا واقع در شمال قاره آمریکا بین کانادا در شمال، مکزیک در جنوب، اقیانوس آرام در غرب و اقیانوس اطلس در شرق قرار دارد. این کشور با مساحتی بیش از ۹ میلیون کیلومتر مربع (۹,۸۳۳,۵۱۷) چهارمین کشور پهناور جهان است. آمریکا در سال ۱۷۷۶ از بریتانیا اعلام استقلال نمود و به دنبال قطعنامه پاریس در سال ۱۷۸۳ به عنوان یک کشور مستقل در سطح جهانی به رسمیت شناخته شد و پس از پایان جنگ‌های جهانی و کسب پیروزی در این دوران به یکی از بزرگ‌ترین قدرت‌های اقتصادی و نظامی جهان تبدیل شد. در حال حاضر، این کشور با برخورداری از رشد اقتصادی بالا، نرخ پایین بیکاری و تورم و پیشرفت‌های سریع در عرصه علم و فناوری قدرتمندترین دولت جهان محسوب می‌شود. نظام حاکم بر ایالات متحده از نوع جمهوری فدرال مشروطه است و رئیس‌جمهور و معاون رئیس‌جمهور از طریق رأی غیرمستقیم مردم برای دوره چهار ساله (قابل تمدید) انتخاب می‌شوند. در آمریکا چهار حزب سیاسی جمهوری‌خواه، دموکرات، سبز و لیبرال‌ها فعالیت دارند. پایتخت ایالات متحده شهر واشنگتن واقع در بخش کلمبیاست. چهارم ژولای یعنی روز اعلام استقلال (۱۷۷۶) از بریتانیا به عنوان روز ملی این کشور در نظر گرفته شده است. سن قانونی جهت شرکت در انتخابات این کشور نیز برابر با ۱۸ سال می‌باشد.

به طور کلی، آب‌وهوای این کشور معتدل است. البته با توجه به وسعت زیاد این کشور می‌توان گفت که آب‌وهوای نسبتاً متنوعی در مناطق مختلف آن وجود دارد. در ایالت‌های جنوبی هاوایی و فلوریدا آب‌وهوایی استوایی، در آلاسکا آب‌وهوایی قطبی، در دشت‌های غرب رودخانه می‌سی‌سی‌پی آب‌وهوایی نیمه خشک و در جنوب غرب بیشتر آب‌وهوای خشک حاکم است. دنالی<sup>۱</sup> در کوه‌های مک‌کینلی<sup>۲</sup> (۶,۰۹۱ متر) بلندترین نقطه و دره‌ی مرگ<sup>۳</sup> (۸۶- متر) پایین‌ترین نقطه در این کشور است که هر دو در شمال واقع شده‌اند.

این کشور از منابع طبیعی متنوعی شامل زغال سنگ (بزرگ‌ترین ذخایر زغال سنگ دنیا در این کشور قرار دارد و بیش از ۴۹۱ میلیارد تن معادل ۲۷ درصد کل ذخایر جهان را دربرمی‌گیرد)، مس، سرب، مولیبدن، فسفات، عناصر کمیاب، اورانیوم، بوکسیت، طلا، آهن، جیوه، نیکل، پتاس، نقره، تنگستن، روی، نفت، گاز طبیعی و الوار برخوردار است. طبق آخرین آمار موجود، (۲۰۱۱) ۴۴/۵ درصد از زمین‌های آمریکا شامل زمین‌های کشاورزی و ۳۳/۳ درصد از آن شامل جنگل است. سونامی، انفجارهای آتشفشانی (جزایر هاوایی و غرب آلاسکا)، زمین‌لرزه به ویژه در سواحل اقیانوس آرام، گردباد در سواحل اقیانوس اطلس و خلیج مکزیک، آتش‌سوزی جنگل‌ها در بخش‌های غربی و سرمای شدید و یخ‌زدگی در آلاسکا از جمله مهم‌ترین خطرات طبیعی در آمریکا به شمار می‌آیند.

طبق آخرین سرشماری (ژولای ۲۰۲۱)، جمعیت این کشور حدود ۳۳۴,۹۹۸,۳۹۸ نفر است که سومین کشور پرجمعیت جهان به شمار می‌آید. میانگین سنی جمعیت آمریکا ۳۸/۵ سال است و نرخ رشد جمعیت (مطابق برآورد صورت گرفته در سال ۲۰۲۱) برابر با ۰/۷ درصد است که در مقایسه با سایر کشورها در رتبه ۱۴۱ قرار دارد. جمعیت ایالات متحده مشتمل بر سفیدپوستان (۷۲/۴ درصد)، سیاه‌پوستان (۱۲/۶ درصد)، آسیایی‌تبارها (۴/۸

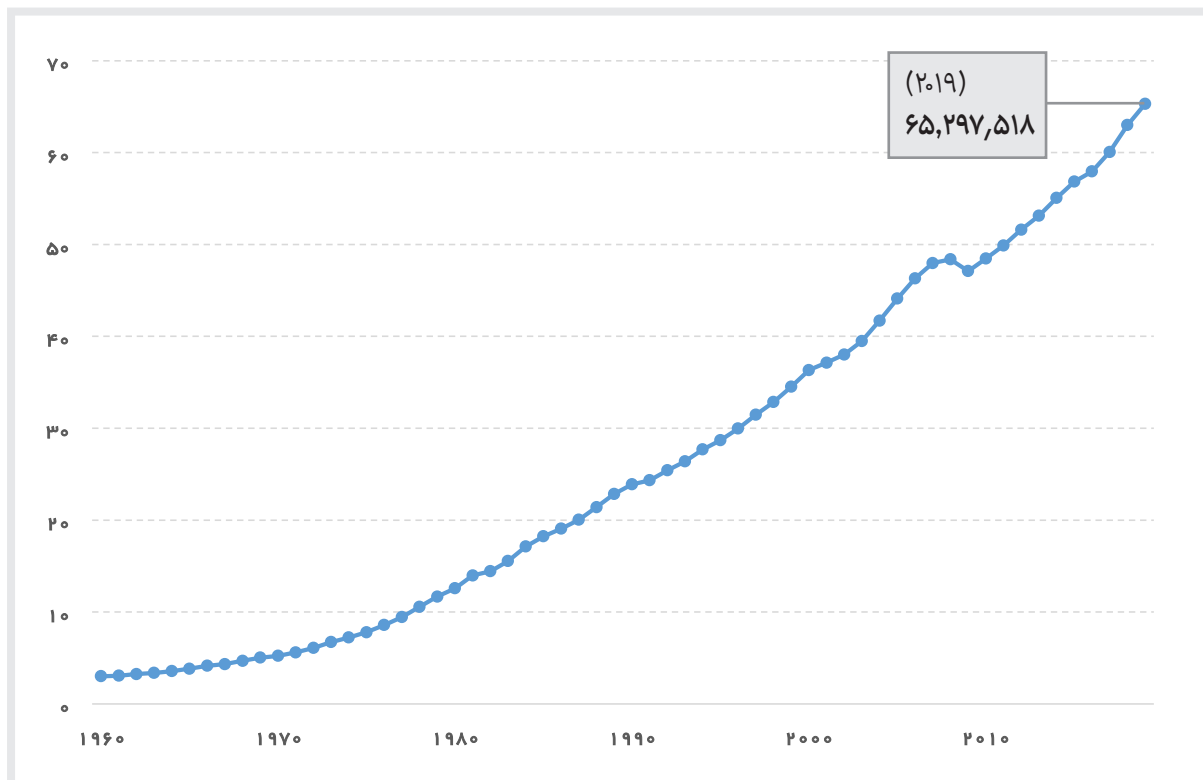
1. Denali  
2. McKinley  
3. Death Valley



درصد)، بومیان آلاسکا و بومیان قاره آمریکا (۹/۰ درصد)، بومیان هاوایی و سایر جزایر اقیانوس آرام (۲/۰ درصد) و سایر نژادها (۲/۶ درصد) و گروه‌های چندنژادی (۹/۲ درصد) می‌باشد. زبان رسمی ایالات متحده انگلیسی است که ۷۸/۲ درصد مردم به آن سخن می‌گویند، اما زبان‌های اسپانیایی (۴/۱۳ درصد)، چینی (۱/۱ درصد) و سایر زبان‌ها نیز در این کشور رایج هستند. دین غالب در این کشور مسیحیت پروتستان (۵/۴۶ درصد) و کاتولیک (۸/۲۰ درصد) است. سایر مذاهب متداول در این کشور شامل یهودیت (۹/۱ درصد)، مسیحیت مورمن (۶/۱ درصد)، اسلام (۹/۰ درصد) و ادیان بودایی و هندو (هر یک ۷/۰ درصد) است. مراکز پرجمعیت شهری ایالات متحده در نیمه شرقی متمرکز شده و سهم جمعیت شهرنشین از کل جمعیت این کشور برابر با ۷/۸۲ درصد است. نیویورک، لس‌آنجلس، شیکاگو، هیوستون، دالاس و واشنگتن دی‌سی بزرگ‌ترین مراکز شهری ایالات متحده محسوب می‌شوند.

### شاخص‌های کلان اقتصادی ایالات متحده آمریکا

طبق آمار بانک جهانی در سال ۲۰۱۹، ایالات متحده آمریکا با برخورداری از سرانه تولید ناخالص داخلی حدود ۶۵,۲۹۷ دلار و با نرخ رشد ۶۷/۱ درصدی، قدرتمندترین اقتصاد مبتنی بر فناوری محسوب می‌شود. مهم‌ترین حوزه‌های تخصص فناوریانه این کشور شامل کامپیوتر، داروسازی، پزشکی، هوافضا و تجهیزات نظامی است.



تغییرات سرانه تولید ناخالص داخلی ایالات متحده (۱۹۶۰-۲۰۱۹) (هزار دلار)

منبع: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KN?locations=US>

اقتصاد آمریکا به شدت وابسته به شرکت‌های بخش خصوصی است که اغلب آن‌ها در دنیا پیشگام هستند. شرکت‌های خصوصی در اقتصاد آمریکا از آزادی عمل زیادی در زمینه افزایش سرمایه، تعدیل نیروی کار و ساخت محصولات جدید برخوردار هستند و اغلب تصمیم‌های مهم اقتصادی توسط آن‌ها اتخاذ می‌شود.

ایالات متحده تا پیش از سال ۲۰۱۴ به عنوان بزرگ‌ترین اقتصاد دنیا به شمار می‌آمد، اما در دهه‌های اخیر همزمان با رشد روزافزون اقتصاد چین، آمریکا در جایگاه دوم قرار گرفته است. اقتصاد آمریکا با چالش‌های متعددی نظیر رکود دستمزد خانواده‌های کم‌درآمد، عدم سرمایه‌گذاری کافی در زمینه زیرساخت‌های قدیمی، افزایش سریع هزینه‌های درمانی جمعیت سالخورده، کمبود انرژی و کسری قابل ملاحظه بودجه مواجه است.

کانادا (۱۸/۳ درصد)، مکزیک (۱۵/۷ درصد)، چین (۸/۴ درصد) و ژاپن (۴/۴ درصد) به عنوان شرکای اصلی ایالات متحده (۲۰۱۷) در زمینه صادرات به شمار می‌آیند. محصولات کشاورزی شامل دانه سویا، میوه، غلات (۹/۲ درصد)، مواد صنعتی شامل مواد شیمیایی ارگانیک (۲۶/۸ درصد)، کالاهای سرمایه‌ای شامل ترانزیستورها، هواپیما، قطعات خودرو، کامپیوتر، تجهیزات مخابراتی (۴۹ درصد) و کالاهای مصرفی شامل خودرو و دارو (۱۵ درصد) مهم‌ترین کالاهای صادراتی این کشور محسوب می‌شوند.

چین (۲۱/۶ درصد)، مکزیک (۱۳/۴ درصد)، کانادا (۱۲/۸ درصد)، ژاپن (۵/۸ درصد) و آلمان (۵ درصد) نیز به عنوان شرکای اصلی این کشور (۲۰۱۷) در زمینه واردات به شمار می‌آیند. مهم‌ترین واردات آمریکا را محصولات کشاورزی (۴/۹ درصد)، مواد صنعتی (شامل نفت خام ۸/۲ درصد) (۳۲ درصد)، کالاهای سرمایه‌ای شامل کامپیوتر، تجهیزات مخابراتی، قطعات خودرو، دستگاه‌های اداری، دستگاه‌های برقی (۳/۴ درصد) و کالاهای مصرفی شامل خودرو، لباس، دارو، مبلمان و اسباب‌بازی (۳۱/۸ درصد) تشکیل می‌دهند. [۱۲]



به غیر از مواردی که در بالا ذکر شده است، سایر آمارها برگرفته از بانک جهانی هستند.

1. <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/united-states/#people-and-society>  
 2. <https://www.statista.com/statistics/263591/gross-domestic-product-gdp-of-the-united-states/>  
 3. <https://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=USD&To=EUR>





1

# مقدمه



## ۱-۱ تعریف هوش مصنوعی

هوش مصنوعی یک اصطلاح فراگیر و مرتبط با رویکردهای کامپیوتری است که امکان حس کردن، استدلال، تطابق با رفتار انسانی و یا حتی عملکرد فراتر از توانمندی‌های انسان را فراهم می‌کند. هوش مصنوعی در مفهوم خاص به تحلیل داده جهت مدل‌سازی برخی از جنبه‌های جهان و پیش‌بینی رویدادهای آینده براساس تفسیر آن مدل‌ها اطلاق می‌شود. برنامه‌های هوش مصنوعی صرفاً داده‌ها را تحلیل نمی‌کنند، بلکه از داده‌ها یاد می‌گیرند تا به صورت هوشمندانه به داده‌های جدید واکنش نشان دهند و متناسب با آن خروجی‌های خود را تطبیق نمایند. به طور کلی، هوش مصنوعی به مجموعه‌ای از فناوری‌های مرتبط مانند یادگیری ماشینی، کلان داده و اشیاء دیجیتال (مانند اینترنت اشیا) نسبت داده می‌شود که در ادامه به اختصار شرح داده می‌شوند:

**یادگیری ماشینی:** یادگیری ماشینی به مجموعه فنون و ابزارهایی گفته می‌شود که کامپیوترها به کمک آن‌ها از طریق ساخت الگوریتم‌های ریاضی براساس داده‌های محاسبه‌شده و پردازش شده از توانایی اندیشیدن برخوردار می‌شوند. به طور کلی، بسیاری از تکنیک‌های محاسباتی هوش مصنوعی مربوط به حوزه یادگیری ماشینی است. به نقل از آرتور ساموئل<sup>۱</sup> (۱۹۵۹) «یادگیری ماشینی در واقع توانایی یادگیری بدون نیاز به برنامه‌ریزی ملموس می‌باشد». یادگیری عمیق یکی از روش‌های یادگیری ماشینی است که به پیشرفت‌های بزرگی در هوش مصنوعی منجر شده است.

**کلان داده:** کلان داده به مجموعه‌ای از دارایی‌های اطلاعاتی گفته می‌شود که دارای حجم، تنوع و سرعت بالایی هستند و نیازمند شیوه‌های پردازش نوآورانه و مقرون به صرفه جهت ارتقای تصمیم‌گیری و شناخت مبتنی بر کلان داده هستند. افزایش حجم کلان داده در دنیا پدیده جدیدی است که فرصت‌ها و چالش‌های بسیاری به همراه دارد.

**اشیاء دیجیتال:** اشیاء دیجیتال مانند گوشی‌های هوشمند و ربات‌ها حتی در صورتی که به اینترنت متصل نباشند نیز از قابلیت درک، تصمیم‌گیری و عمل برخوردار هستند. اینترنت اشیا به شیوه‌ی برقراری ارتباط بین اشیاء از طریق اینترنت گفته می‌شود. [۱]

با آنکه روند اجرای تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی از دهه ۴۰ آغاز شده است، اما این‌گونه تحقیقات عملاً از سال ۲۰۱۰ مورد توجه عموم قرار گرفته‌اند. در آن زمان، سه حوزه از پیشرفت‌های مختلف پیرامون هوش مصنوعی ادغام شدند: دسترسی به منابع کلان داده؛ ارتقای رویکردهای هوش مصنوعی؛ و افزایش قدرت پردازش کامپیوترها که همگی امکان ارتقای جایگاه هوش مصنوعی محدود<sup>۲</sup> را فراهم آوردند. منظور از هوش مصنوعی محدود همان الگوریتم‌هایی است که به طور ویژه برای مسائل خاصی مانند بازی رایانه‌ای، تشخیص تصویر یا ناوبری طراحی شده‌اند. در واقع، همه سیستم‌های کنونی هوش مصنوعی در این دسته قرار دارند. یادگیری ماشینی متداول‌ترین

1. Arthur Samuel  
2. Narrow AI

رویکرد هوش مصنوعی محدود است که شامل الگوریتم‌های آماری با قابلیت الگوبرداری از امور شناختی انسانی از طریق تحلیل مجموعه‌های بزرگی از داده‌های یادگیری می‌شود.

کارشناسان معتقدند چندین دهه طول خواهد کشید تا هوش مصنوعی محدود وارد مرحله عمومی<sup>۱</sup> شود. هوش مصنوعی عمومی در سطح هوش انسانی است و قابلیت انجام طیف وسیعی از امور انسانی را داراست. هوش مصنوعی ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارد که اهمیت آن را در امنیت ملی دوچندان می‌سازد. به عنوان مثال، به‌کارگیری هوش مصنوعی در فناوری اینترنت اشیا باعث ارتقای عملکرد آن در ایجاد ارتباط بین اشیاء مختلف می‌شود. به همین ترتیب، قابلیت هوش مصنوعی برای ادغام نامرئی در سایر فناوری‌ها به این معناست که به‌کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی در سایر فناوری‌ها به راحتی قابل تشخیص نیست. به بیان دقیق‌تر، استفاده از هوش مصنوعی به معنی افزودن شیئی ملموس به محصول نیست و الگوریتم‌های آن را می‌توان به صورت نامرئی در سیستم‌های بزرگ به کار گرفت. بدین ترتیب، دارندگان این فناوری قادر به گردآوری داده‌های کاربران و استفاده از آن برای اهداف جاسوسی و نظارتی خواهند بود. علاوه بر آن‌ها، هوش مصنوعی فی‌نفسه یک فناوری با کاربرد دوگانه است و علاوه بر کاربرد غیرنظامی برای اهداف نظامی نیز مفید است. [۳]

#### اینفوگراف ۱: انواع هوش مصنوعی از نظر دامنه کارکردها



## ۲-۱ اهمیت هوش مصنوعی در اقتدار کشورها

به‌طور کلی، خودکارسازی یا جایگزینی یادگیری و شناخت انسانی از جمله اهداف اصلی هوش مصنوعی به‌شمار می‌آیند. فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی از یادگیری ماشینی برای مدیریت حجم روزافزون داده‌ها استفاده می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود که این تغییرات سریع تاثیرهای عمیق، بلندمدت و گسترده‌ای در اقتصاد و جامعه، تولید، ویژگی‌های محصولات و خدمات و ماهیت کار دربر خواهند داشت. بنابراین در مقایسه با فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات که بیشتر امکان خودکارسازی امور تکراری و ساختارمند را فراهم آورده‌اند، هوش مصنوعی امکان خودکارسازی و یا ارتقای طیف وسیع‌تری از فعالیت‌ها را فراهم می‌آورد. به‌طور کلی، هوش مصنوعی با وجود اینکه همانند دیگر فناوری‌های چندمنظوره مانند موتور بخار، برق و فناوری اطلاعات بسیار تاثیرگذار است، ولی ممکن است چند دهه طول بکشد تا نتیجه اثرات آن در جامعه ظاهر شود. [۷]

1. General AI

درک ماهیت و میزان تأثیر فناوری‌های هوش مصنوعی بر جنبه‌های مختلف زندگی با مقایسه آن با انقلاب‌های صنعتی پیشین راحت‌تر خواهد بود. به‌عنوان مثال، انقلاب صنعتی دوم در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم موازنه قدرت را در دنیا بر هم زد. در آن زمان کشورهای بزرگ اروپایی مانند بریتانیا، فرانسه، آلمان و روسیه در کنار قدرت‌های نوظهور ایالات متحده و ژاپن برای دستیابی به منابعی مانند نفت و زغال‌سنگ جهت پیشبرد اهداف صنعتی خود در رقابت تنگاتنگی بودند. در این رقابت هیچ کشوری به‌تنهایی در رأس هرم قدرت قرار نداشت و پیچیدگی روابط رقابتی بین کشورها و برخی مسائل سیاسی و اجتماعی منجر به جنگ جهانی اول شد. به‌همین ترتیب، انقلاب صنعتی سوم در دهه‌های هفتاد و هشتاد با ظهور فناوری ریزپردازنده‌ها، الکترونیک و زنجیره‌های تولید جهانی شکل گرفت که با موجی از نوآوری‌ها در زمینه اینترنت، جی‌پی‌اس (GPS) و فناوری‌های دیگر همراه بود. این روند در دهه نود همزمان با قدرت گرفتن ایالات متحده به اوج خود رسید. جای شگفتی نیست که ایالات متحده به‌مدد شرکت‌های بزرگی مانند گوگل توانست به موقعیت پیشگام در اقتصاد جهانی دست یابد و با برخورداری از فناوری‌های نظامی و اطلاعاتی خود به قدرت برتر در عرصه نظامی تبدیل شود. بدون تردید آنچه در این انقلاب‌های صنعتی مشهود و مشترک است، تغییر ماهیت جنگ‌هاست. در انقلاب دوم ظهور فناوری‌های جدید منجر به مکانیزه‌شدن ابزارآلات جنگی در سطحی وسیع شد و کشوری چون آلمان با برخورداری از موقعیت پیشگام خود در زمینه فناوری‌های جدید توانست به قدرت برتر میدان در جنگ جهانی اول تبدیل شود. در انقلاب صنعتی سوم نیز کشور ایالات متحده به‌واسطه پیشرفت‌های خود در زمینه حوزه میکروالکترونیک و محاسبات توانست به نوآوری‌های بی‌نظیری در ارتباط با ماهواره‌ها جهت هدایت دقیق عملیات‌های نظامی دست یابد.

به‌طور کلی، با پاسخ به سؤالاتی از این دست که نوآوری‌های فناورانه تا چه اندازه منجر به برتری کشورهای نوآور در عرصه اقتصادی و نظامی می‌شوند و دیگر کشورها تا چه اندازه می‌توانند به تقلید و یادگیری این نوآوری‌ها بپردازند، می‌توان به میزان تأثیر این انقلاب‌ها در موازنه قدرت اقتصادی و نظامی پی برد. به‌عنوان مثال، وقتی کشور آلمان با ابداع خط آهن توانست به نقل‌وانتقال وسیع نیروهای نظامی خود بپردازد، این فناوری جدید به‌راحتی توسط دیگر کشورها نیز نسخه‌برداری شد و به بهره‌برداری رسید یا زمانی که فرانسه به فناوری ساخت بمب دست یافت، کشورهای دیگر نیز به‌سرعت از آن الگوبرداری کردند و حتی نمونه‌های بهتری ابداع نمودند.

علاوه بر این، نحوه مواجهه کشورها و شرکت‌ها با فناوری‌های جدید نیز در میزان اثرگذاری آن‌ها مؤثر است. اغلب فناوری‌های جدیدی راحت‌تر پذیرفته می‌شوند که امکان افزایش کارایی و بهره‌وری را فراهم می‌آورند، در حالی که فناوری‌های مخرب (تحول‌آفرین) با مقاومت بیشتری از سوی کاربران (دولت‌ها و شرکت‌ها) مواجه می‌شوند. به‌عنوان مثال، در برخی از شرکت‌ها مدت زیادی طول کشید تا به جای مین‌فریم‌ها<sup>۲</sup> (کامپیوترهای بزرگ اولیه) از کامپیوترهای شخصی استفاده کنند و تنها زمانی حاضر به پذیرش آن‌ها شدند که مشتریان زیادی به فناوری جدید

1. Global Positioning System  
2. Mainframes



روی آورده بودند. در عرصه نظامی نیز تفاوت در به‌کارگیری فناوری‌های جدید (مانند به‌کارگیری اولین هواپیماهای جنگی به جای یا در کنار کشتی‌های جنگی) به شدت در موازنه قدرت مؤثر بود. وقتی اولین بار بریتانیا هواپیماهای جنگی را ابداع نمود، بیشتر برای کمک به ناوگان دریایی خود از آن‌ها بهره می‌گرفت تا هدف‌گیری در نبرد را تقویت کند، اما کشورهای ایالات متحده و ژاپن از آن برای نبرد در میدان‌های دور و بر فراز آب‌ها بهره‌گرفتند که در نهایت منجر به تغییر شدید ماهیت جنگ و موازنه قدرت در مدت زمان نسبتاً کوتاهی شد.

در نهایت، در ارتباط با ماهیت هوش مصنوعی از نظر میزان تأثیرگذاری آن بر قدرت کشورها می‌توان گفت که هوش مصنوعی در دسته فناوری‌های چندمنظوره با دامنه کاربرد وسیع قرار دارد و به‌عنوان عامل اصلی (یا یکی از عوامل مهم) در انقلاب صنعتی جدید قلمداد می‌شود (کادر ۱).

### کادر ۱: عناصر کلیدی مؤثر بر اقتدار کشورها در انقلاب هوش مصنوعی

**برخورداری از حجم زیادی از داده‌های مناسب:** قدرتمندترین فنون یادگیری ماشینی مانند یادگیری عمیق مستلزم داشتن مقادیر زیادی داده برای تحقق عملکرد بالاست؛ در نتیجه سازمان‌هایی که داده‌های بیشتری در اختیار دارند می‌توانند برنامه‌های کاربردی قدرتمندتری طراحی نمایند. به‌طور کلی، کشورهایی می‌توانند از هوش مصنوعی برای افزایش قدرت و نفوذ اقتصادی و نظامی خود استفاده کنند که قادر به شناسایی و اکتساب میزان بیشتری از داده‌های مهم در زمینه اقتصادی و نظامی باشند و آن‌ها را به درستی در سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی به‌کارگیرند.

**پرورش، حفظ و توانمندسازی منابع انسانی در حوزه هوش مصنوعی:** در حال حاضر، منابع انسانی ماهر و واجد مهارت‌های لازم برای ساخت فناوری‌های هوش مصنوعی نسبتاً کمیاب است. در واقع، بین تعداد برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی و برنامه‌نویسان و طراحان حرفه‌ای این حوزه تناسبی وجود ندارد. کشورهایی در این عرصه از مزیت رقابتی خوبی برخوردار می‌شوند که بتوانند نظام آموزشی و مهاجرتی همسو با پرورش و جذب برترین استعدادهای هوش مصنوعی ایجاد کنند.

**منابع محاسباتی:** یادگیری ماشینی نیازمند دسترسی به منابع محاسباتی گسترده و فناوری‌های پیشرفته و بسیار گرانی است. در نتیجه به دلیل کمبود منابع، بسیاری از بازیگران این عرصه از ماشین‌های آموزش دیده‌ای استفاده می‌کنند که توسط بازیگران قوی‌تر طراحی شده‌اند. به عبارت دیگر، تنها سازمان‌هایی که منابع محاسباتی عظیمی در اختیار دارند، از مزیت طراحی و ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی دست اول و پیشرفته بهره‌مند می‌شوند.

**هدایت سازمان‌ها در زمینه استفاده از هوش مصنوعی:** واقعیت این است که صرفاً با در اختیار داشتن منابع موردنیاز برای ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی نمی‌توان به جایگاه پیش‌تاز در این عرصه دست یافت.

به عبارت دیگر، فناوری به تنهایی کارایی چندانی ندارد، بلکه در صورتی می‌تواند همه گیر شود و بر اجتماع و اقتصاد تاثیر بگذارد که راهبرد مناسبی در ارتباط با نحوه استفاده از آن وجود داشته باشد و آموزش لازم درباره نحوه استفاده صحیح از آن ارائه شود.

**همکاری بخش‌های خصوصی و دولتی:** در حال حاضر، شرکت‌های بخش خصوصی به عنوان قدرتمندترین بازیگران عرصه هوش مصنوعی به شمار می‌آیند. دولت باید برای بهره برداری از ظرفیت هوش مصنوعی جهت افزایش قدرت ملی خود، به نوآوری‌های بخش خصوصی دسترسی داشته باشد. در این حوزه چین از ایالات متحده عملکرد بهتری داشته و توانسته است به خوبی همکاری‌های نظامی و غیرنظامی را بین بخش‌های خصوصی و دولتی توسعه دهد، حال آنکه پنتاگون و سیلیکون ولی به دلیل موانع فرهنگی از این سطح از همکاری برخوردار نیستند.

**اهتمام به عمل:** در برخی از کشورها مقرراتی اجرا می‌شود که باعث محدودیت در برخی از کاربردهای هوش مصنوعی می‌شود و یا این که مسائل مربوط به حریم خصوصی و حقوق شهروندی در قوانین این کشورها در اولویت قرار دارد. به عنوان مثال، در برخی از کشورها در مورد برخی از کاربردهای هوش مصنوعی در عرصه سلامت به دلیل مسائل مربوط به حریم خصوصی و حفظ داده‌های شهروندان محدودیت اعمال می‌شود که همین امر روند پیشرفت و توسعه هوش مصنوعی را محدود می‌کند. [۹]

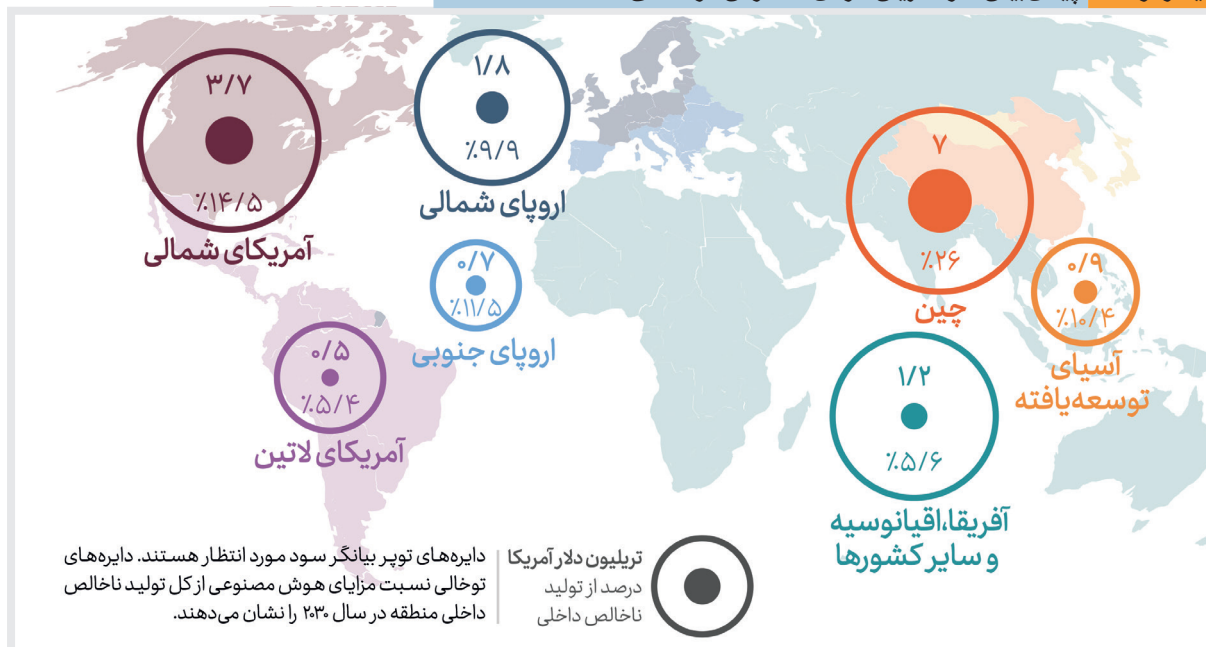
### ۱-۳ اهمیت هوش مصنوعی در اقتصاد کشورها

به طور کلی، بررسی‌های زیادی پیرامون اهمیت اقتصادی هوش مصنوعی صورت گرفته است. شرکت پرایس واترهاوس کوپرز (PWC)<sup>۱</sup> در مطالعه اخیر خود نشان داده شده است که تولید ناخالص داخلی جهانی به کمک فناوری‌های هوش مصنوعی تا ۱۴ درصد معادل ۱۵/۷ تریلیون دلار آمریکا تا سال ۲۰۳۰ رشد خواهد یافت. در این گزارش بیان شده است که موج جدید انقلاب دیجیتال حاصل رشد چشمگیر داده‌های مربوط به اینترنت اشیا خواهد بود. این روند ضمن شکوفایی استانداردهای امکان خود کارسازی و شخصی سازی گسترده محصولات و خدمات را میسر می‌سازد. همچنین در این گزارش نشان داده شده است که هوش مصنوعی به دوروش بر اقتصاد جهانی تأثیرگذار خواهد بود: رشد بهره‌وری در کوتاه مدت به دلیل خودکار سازی امور تکراری که بیشتر بر بخش‌های سرمایه محور مانند تولید و حمل و نقل تأثیر خواهد داشت؛ و دسترسی به محصولات و خدمات مبتنی بر هوش مصنوعی شخصی سازی شده و با کیفیت که از این جهت سودآوری بیشتری به دنبال دارد که به افزایش تقاضای مصرف کننده و در نتیجه تولید داده‌های بیشتر منجر می‌شود. به عبارت دیگر، افزایش مصرف چرخه مفیدی ایجاد

۱. پرایس واترهاوس کوپرز (PricewaterhouseCoopers) یکی از ۴ شرکت معروف به «چهار بزرگ» است که ارائه دهنده خدمات حرفه‌ای در سراسر جهان می‌باشد. این شرکت در سال ۱۹۹۸ به وسیله ادغام شرکت‌های «پرایس واترهاوس» و «کوپر و لایبرند» تأسیس شد؛ لذا نام این شرکت از تلفیق اسامی آن‌ها گرفته شده است.

می‌کند: مصرف بیشتر به معنی داده و دانش بیشتر و در نتیجه، تولید محصولات بهتر و در نهایت مصرف بیشتر است. بنا به پیش‌بینی‌ها، کل کشورهای دنیا از مزایای هوش مصنوعی بهره‌مند خواهند شد، اما بیشترین سود نصیب کشورهای چین و منطقه آمریکای شمالی خواهد شد. (اینفوگراف ۲).

اینفوگراف ۲: پیش‌بینی سود آفرینی هوش مصنوعی در مناطق مختلف تا سال ۲۰۳۰



منبع: The Macroeconomic impact of artificial intelligence, PwC, 2018

همچنین، مؤسسه مکنزی پیش‌بینی کرده‌است که ۷۰ درصد از شرکت‌ها تا سال ۲۰۳۰ حداقل یک نوع از فناوری‌های هوش مصنوعی را به کار می‌گیرند و ۵۰ درصد از شرکت‌های بزرگ از انواع متعدد فناوری‌ها استفاده می‌کنند. براساس برآورد مؤسسه مکنزی، سود حاصل از هوش مصنوعی برابر با ۱۳ تربیلیون دلار آمریکا تا سال ۲۰۳۰ خواهد بود که به معنی افزایش سالانه تولید ناخالص داخلی تا ۱/۲ درصد است. نرخ رشد مذکور به خودکارسازی و افزایش نوآوری در محصولات و خدمات نسبت داده می‌شود. از طرفی، مؤسسه مکنزی هشدار داده‌است که رشد فناوری‌های هوش مصنوعی می‌تواند با خودکارسازی امور منجر به بیکاری گسترده و در نتیجه کاهش درآمد کارگران (ساده) گردد. نتایج یکی از تحقیقات صورت گرفته در ارتباط با ۱۲ اقتصاد بزرگ دنیا (۰/۵ درصد کل خروجی اقتصاد دنیا) نیز حاکی از آن است که هوش مصنوعی تا سال ۲۰۳۵ موجب افزایش دوبرابری نرخ رشد سالانه اقتصاد جهان به شرح زیر خواهد شد:

- افزایش ۴۰ درصدی بهره‌وری نیروی کار از طریق به‌کارگیری فناوری‌هایی که کارایی مدیریت زمان را برای نیروی کار بهینه می‌سازد؛
- قابلیت حل مساله و خودآموزی نیروی کار مجازی یا خودکارسازی هوشمند از طریق هوش مصنوعی؛ و
- بهره‌مندی اقتصاد از ادغام نوآوری‌های جدید و ایجاد منابع درآمد از طریق کاربرد هوش مصنوعی.

به طور کلی، تأثیر هوش مصنوعی بر حوزه‌های مختلف بر کسب پوشیده نیست. در این راستا، به تأثیر هوش مصنوعی به تفکیک در حوزه‌های تولید، شرکت‌ها، صنایع و کشورها و بازارهای نیروی کار پرداخته می‌شود.

**تأثیر هوش مصنوعی بر تولید:** انقلاب صنعتی چهارم یکی از عناصر اصلی در روند رو به رشد دیجیتال‌سازی صنعت هوش مصنوعی محسوب می‌شود. فناوری‌های مربوط به انقلاب صنعتی چهارم مانند اینترنت اشیا، نسل پنجم، رایانش ابری، تحلیل کلان داده، حسگرهای هوشمند، واقعیت افزوده، چاپ سه بعدی و رباتیک باعث می‌شوند که تولید به سیستم فیزیکی سایبری یکپارچه‌ای تبدیل شود که در آن فناوری دیجیتال، اینترنت و تولید ادغام می‌شوند. در کارخانه‌های هوشمند آینده، فرآیندهای تولید به هم مرتبط خواهند بود و راه‌حل‌های هوش مصنوعی در برقراری رابطه بین ماشین‌ها، رابط‌ها و اجزاء (به عنوان مثال، از طریق تشخیص تصویری) نقش بنیادینی ایفا خواهند کرد. در واقع، با جمع‌آوری انبوهی از داده‌ها و ارسال آن به ابزارهای هوش مصنوعی می‌توان فرآیند تولید را بهبود بخشید. مطالعات صورت گرفته توسط سازمان همکاری اقتصادی و توسعه دال بر این واقعیت هستند که کاربردهای هوش مصنوعی را می‌توان در طیف وسیعی از فعالیت‌های صنعتی از بهینه‌سازی سیستم‌های چنددستگاهی تا ارتقای پژوهش‌های صنعتی مورد استفاده قرار داد. انتظار می‌رود به دلیل توسعه فرآیندهای یادگیری خودکار، هوش مصنوعی در تولید بیش از پیش مورد استفاده قرار گیرد که این امر نیز به نوبه خود به بهبود بهره‌وری و کارایی در زمینه تحلیل داده، افزایش رقابت بین بخش‌های تولید و شکل‌گیری زنجیره‌های عرضه منجر می‌شود. هوش مصنوعی همچنین با تقویت خودکارسازی و کنترل کیفیت محصولات و فرآیندها، تشخیص پیشگیرانه معایب دستگاه‌ها، تعمیر و نگهداری به موقع و ساعت خاموشی تقریباً صفر باعث می‌شود خطاها و عیب محصولات کاهش یابد و تولیدکنندگان به بازارهای جدید دسترسی پیدا کنند. طبق پیش‌بینی سازمان همکاری اقتصادی و توسعه، کاربرد هوش مصنوعی همزمان با پیشرفت‌های علمی باعث ایجاد صنایع جدید می‌شود.

**تأثیر هوش مصنوعی بر شرکت‌ها، صنایع و کشورها:** نتایج تحقیقات مؤسسه مکنزی نشان می‌دهد که هوش مصنوعی و خودکارسازی علاوه بر این که باعث تسهیل روند ظهور سازمان‌های غول‌آسا می‌شود، به بازیگران کوچک و حتی اشخاص نیز در انجام پروژه‌های بزرگ کمک می‌کند. این واقعیت به معنی ایجاد شرکت‌های بسیار بزرگ و بسیار کوچک و حذف شرکت‌های متوسط در آینده است. این امر همچنین افزایش رقابت، ورود شرکت‌ها به عرصه‌های دیگری به غیر از هسته اصلی فعالیت آن‌ها و ایجاد شکاف بین پیشتازان و بازماندگان فناوری در همه بخش‌ها را در پی خواهد داشت. به بیان دقیق‌تر، اولین کاربران یا شرکت‌هایی که ابزارهای هوش مصنوعی را طی پنج تا هفت سال آینده به طور کامل به خدمت می‌گیرند از بیشترین مزایا برخوردار خواهند شد. در مقابل، کاربرانی که در استفاده از هوش مصنوعی سرعت عمل کمی دارند و یا این که اصلاً هوش مصنوعی را به کار نمی‌گیرند، با رکود اقتصادی مواجه خواهند شد. این امر می‌تواند به پدیده «برنده صاحب همه چیز است» منجر شود که مشابه فرآیندی است که در حال حاضر در بازار فناوری رخ می‌دهد. در نهایت، امکان دارد شکاف فناورانه بین شرکت‌های

برنده و بازمانده چنان زیاد شود که رشد بهره‌وری کلی اقتصاد را کاهش دهد. بنابراین، سیاست‌های مناسبی باید به‌منظور مقابله با نابرابری در زمینه توزیع مزایای هوش مصنوعی اتخاذ شود.

مؤسسه مکنزی اظهار داشته‌است هوش مصنوعی هم‌اکنون بر بخش‌های خاصی از صنایع از جمله بازاریابی و فروش، مدیریت زنجیره عرضه، لجستیک و تولید تأثیر قابل توجهی برجای گذاشته‌است. کارشناسان پرایس واترهاوس کوپرز پیش‌بینی می‌کنند سود حاصل از همه بخش‌های اقتصادی حداقل ۱۰ درصد تا سال ۲۰۳۰ رشد خواهد یافت. گزارش این شرکت نشان می‌دهد که بیشترین سود (۲۰ درصد) متعلق به صنایع خدماتی بوده و پس از آن نیز خدمات عمده‌فروشی، اسکان و مواد غذایی بیشترین سود (۱۵ درصد) را کسب خواهند کرد.

با توجه به وضعیت کنونی کشورها در زمینه به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی می‌توان گفت که در آینده شکاف بیشتری بین کشورهای پیشرفته و بازمانده ایجاد خواهد شد. پیشتازان هوش مصنوعی که بیشتر شامل کشورهای پیشرفته هستند، دائماً در حال افزایش برتری خود نسبت به کشورهای در حال توسعه هستند. با توجه به این‌که دستمزد نیروی کار در کشورهای پیشرفته در مقایسه با کشورهای در حال توسعه بالاتر است، احتمال بیشتری برای افزایش استفاده از هوش مصنوعی به‌منظور جایگزینی نیروی کار در این کشورها وجود دارد. به‌علاوه، با توجه به کاهش هزینه‌های تولید در نتیجه استفاده از هوش مصنوعی می‌توان گفت که این کشورها نسبت به انتقال مراکز تولید خود از دیگر کشورها به داخل کشور اقدام خواهند کرد.

**تأثیر هوش مصنوعی بر بازار نیروی کار:** کاربرد گسترده فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، رباتیک و خودکارسازی به ایجاد مشاغل جدید (به‌دلیل ایجاد تقاضا در بخش‌هایی که به‌واسطه کاربرد این فناوری‌ها به‌وجود می‌آیند یا رشد می‌کنند) و همزمان حذف برخی از مشاغل دیگر (جایگزینی نیروی انسانی با فناوری) می‌انجامد. شایان ذکر است که نظرات کارشناسان با نتایج مطالعات در زمینه میزان تأثیرات مثبت و منفی به‌کارگیری این فناوری‌ها همخوانی ندارد. با این حال، نتایج مطالعه اندیشکده بروگل<sup>۱</sup> نشان می‌دهد که ۵۴ درصد از مشاغل در سطح اتحادیه اروپا تا ۲۰ سال آینده در معرض خطر خودکارسازی قرار دارند. بدیهی است که تغییر در ماهیت مشاغل و انتقال اشتغال از برخی بخش‌ها به بخش‌های دیگر اجتناب‌ناپذیر است و بدین ترتیب، نیروی کار ملزم به بازآموزی مهارت و کسب مهارت‌های جدید می‌باشد. همچنین، احتمال قطبی‌سازی مشاغل نیز وجود دارد. به‌بیان دقیق‌تر، مشاغل کم‌درآمدی که اغلب مستلزم مهارت‌های جسمی و شناختی ساده‌ای هستند با احتمال بیشتری برای خودکارسازی مواجه هستند، حال آنکه مشاغل با درآمد بالا که مستلزم مهارت‌های شناختی پیچیده هستند با افزایش تقاضا مواجه خواهند شد. بررسی الگوی تغییرهای شغلی در انقلاب‌های صنعتی پیشین نشان می‌دهد که احتمال بیشتری برای حذف مشاغل در کوتاه‌مدت و میان‌مدت وجود دارد و مشاغل جدید اغلب در بلندمدت به‌وجود می‌آیند. همچنین، روابط نیروی کار تغییر خواهد کرد و همه این تغییرات به حقوق کارگران و نقش اتحادیه‌های صنفی و کارگری آسیب وارد می‌نمایند. [۵]

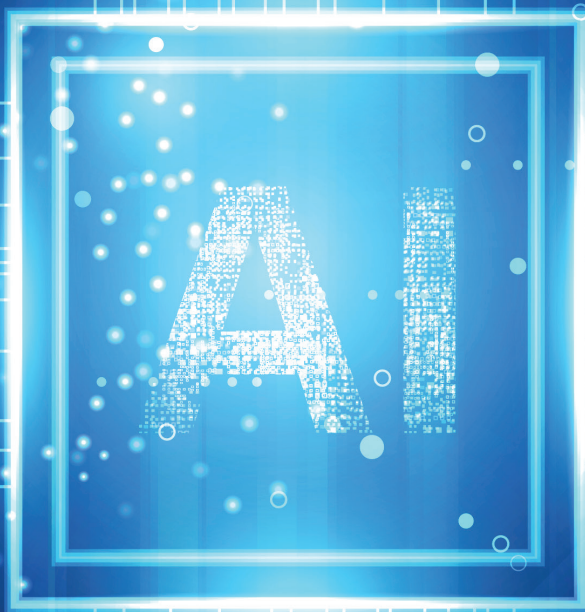
1. Bruegel





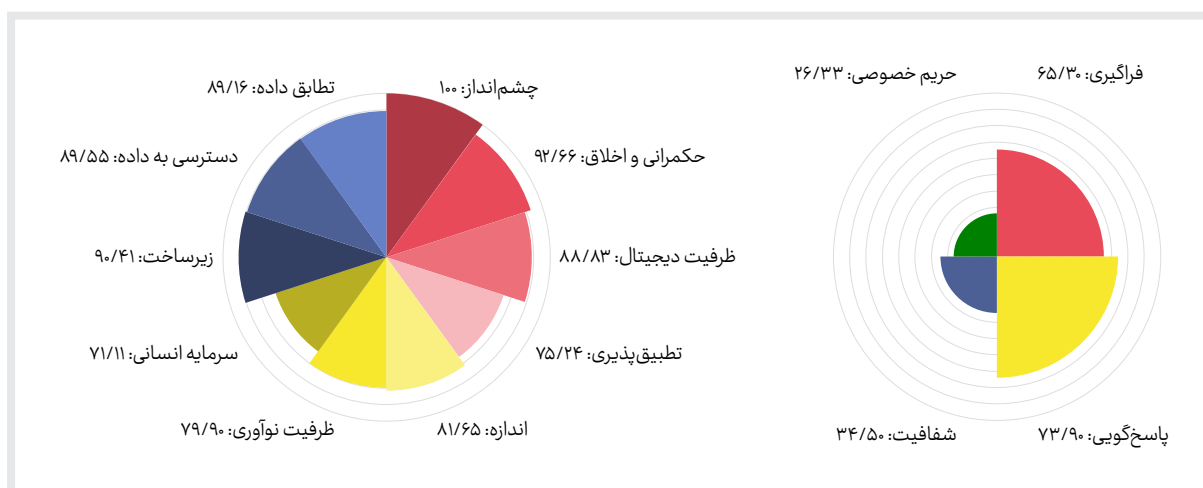
۲

# تحلیل زیست بوم هوش مصنوعی



## ۲-۱-۲ مروری بر وضعیت صنعتی و تجاری هوش مصنوعی در ایالات متحده

سیلیکون ولی (قطب فناوری ایالات متحده) در کسب جایگاه پیشگام این کشور در زمینه هوش مصنوعی نقش بسزایی دارد. طبق شاخص آمادگی هوش مصنوعی<sup>۱</sup> ۲۰٪ ارائه شده توسط مؤسسه آکسفورد اینسایت<sup>۲</sup>، دولت ایالات متحده به‌مدد بخش خصوصی خود موفق به کسب بالاترین رتبه در جهان (۱۷۲ کشور) شده‌است. بعد از ایالات متحده نیز چهار کشور بریتانیا، فنلاند، آلمان و سوئد قرار دارند که از جمله کشورهای اروپایی شاخص هستند که البته قطب فناوری هیچ یک از آن‌ها قابل مقایسه با سیلیکون ولی نیست. با این حال، اگرچه دولت ایالات متحده از نظر علمی و فنی آمادگی بسیار بالایی جهت استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در زمینه خدمات عمومی دارد، اما عملاً از این فناوری‌ها در زمینه خدمات عمومی استفاده چندانی نمی‌کند و از این نظر به‌هیچ‌وجه دارای موقعیت برتر نیست. درمقابل، کشورهایمانند چین، روسیه و هند که قوانین مربوط به حریم خصوصی در آن‌ها ضعیف است، از هوش مصنوعی در زمینه خدمات عمومی استفاده بیشتری می‌کنند و از این لحاظ موقعیت بهتری دارند. علاوه بر آن، ایالات متحده از نظر شاخص فرعی «استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی» نیز رتبه چندانی مناسبی ندارد و از کشورهای شمال اروپا<sup>۳</sup> بسیار عقب‌تر است (نمودار ۱). [۱۷]



نمودار ۱: وضعیت ایالات متحده در برخی شاخص‌های فرعی آمادگی هوش مصنوعی ۲۰۲۰

منبع: Government AI Readiness Index 2020

در ارتباط با تجاری‌سازی فناوری‌های هوش مصنوعی نیز در وهله اول باید خاطرنشان ساخت که ایالات

متحده در تمام حوزه‌های اصلی تجاری‌سازی هوش مصنوعی شامل اینترنت، کسب‌وکار، درک و خودکارسازی<sup>۴</sup>

1. AI Readiness Index
2. Oxford Insight

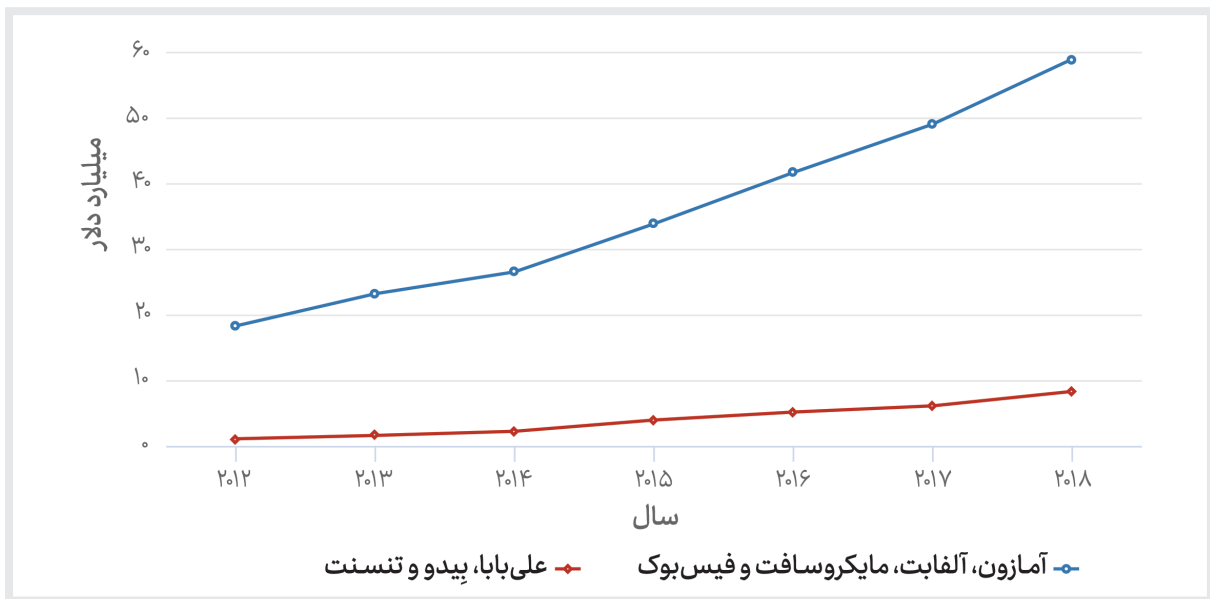
۳. استونی، نروژ و فنلاند در زمره پنج کشور برتر در این شاخص فرعی قرار دارند.

۴. «هوش مصنوعی اینترنت» شامل به‌کارگیری الگوریتم‌ها برای ارائه پیشنهاد است. «هوش مصنوعی کسب‌وکار» شامل استخراج و تحلیل پایگاه داده شرکت‌هاست که براساس آن الگوریتم‌هایی جهت تقلید عملکرد انسانی طراحی می‌شود. در حوزه سوم یا «هوش مصنوعی درک» به کمک تعداد زیادی حسگر و وسایل هوشمند می‌توان دنیای فیزیکی را به داده‌های دیجیتال تبدیل کرد و آن را با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی بهینه‌سازی نمود. «هوش مصنوعی خودکار» شامل پهپادها و وسیله‌های نقلیه خودکار، ربات‌های هوشمند و سایر وسایل مشابهی است که به‌عنوان مکمل نیروی کار انسانی و یا حتی جایگزین آن به‌کار می‌روند. فناوری‌های این حوزه برخلاف سه گروه دیگر هنوز در حجم وسیع تجاری‌سازی نشده و مراحل توسعه آن‌ها به‌اندازه دیگر حوزه‌ها پیشرفت نیافته‌است.



از جایگاه پیشگام برخوردار است. به عنوان مثال، در حوزه هوش مصنوعی اینترنت می توان به شرکت نتفلیکس و فیس بوک اشاره کرد. در واقع، شرکت نتفلیکس فیلم ها و برنامه های تلویزیونی خود را بر اساس تحلیل سابقه تماشاگران پیشنهاد می دهد و فیس بوک نیز تبلیغات خود را بر اساس فعالیت کاربران مانند پست ها و نظرات آن ها هدف گذاری می کند. به همین ترتیب، در حوزه هوش مصنوعی کسب و کار نیز می توان به موفقیت محققان آمریکایی در زمینه ساخت الگوریتم هایی اشاره کرد که بر اساس تصاویر پزشکی می توانند بیماری را تشخیص دهند.

به طور کلی، ایالات متحده و سپس چین در زمینه تجاری سازی هوش مصنوعی پیشتاز هستند. شرکت های آلفابت، مایکروسافت، آمازون و فیس بوک واقع در ایالات متحده و سه شرکت پیدو، علی بابا و تنسنت واقع در کشور چین به عنوان هفت غول در حوزه هوش مصنوعی محسوب می شوند. سرمایه گذاری این شرکت ها در زمینه تحقیق و توسعه هوش مصنوعی طی دهه اخیر افزایش چشمگیری داشته است: سرمایه گذاری شرکت های آمریکایی در فاصله سال های ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۸ با افزایش سه برابری از ۱۸ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۲ به ۵۹ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است (نمودار ۲). در سال ۲۰۱۸، شرکت های آلفابت و آمازون از نظر سرمایه گذاری در حوزه هوش مصنوعی جایگاه اول و دوم را به خود اختصاص داده اند.



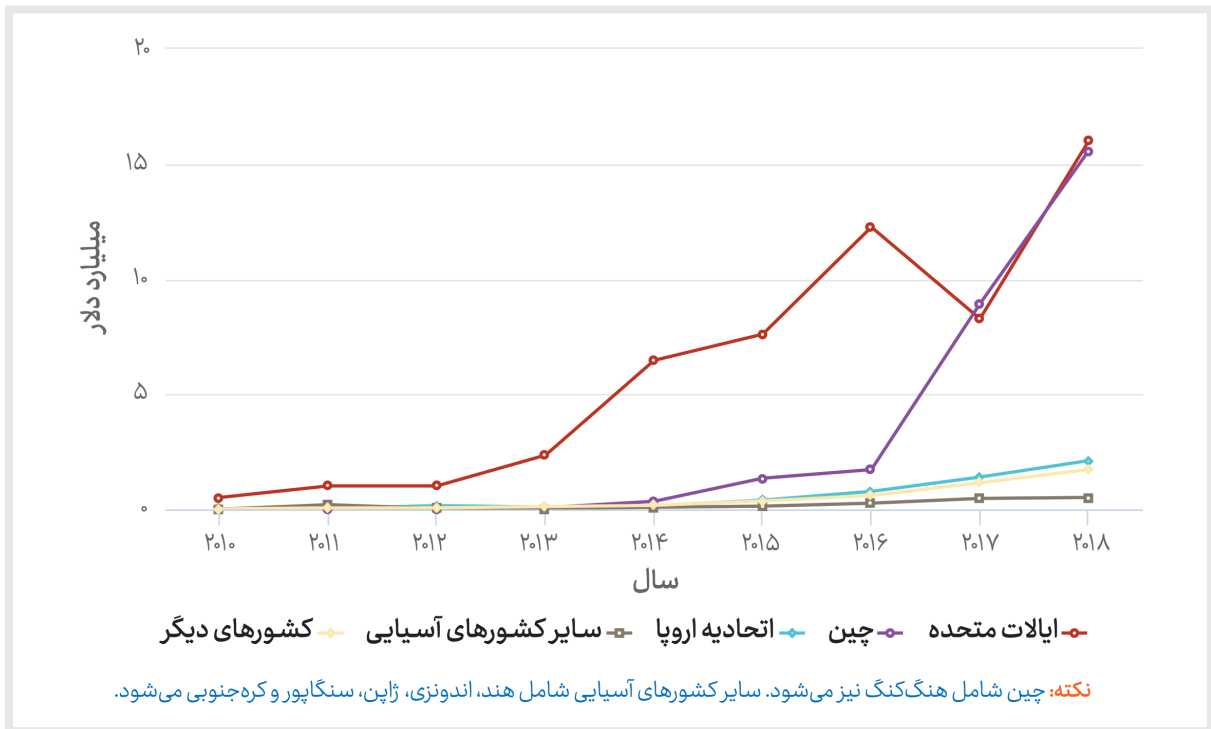
نمودار ۲: هزینه کرد تحقیق و توسعه شرکت های بزرگ هوش مصنوعی (۲۰۱۲ الی ۲۰۱۸)

منبع: PwC, The 2018 Global Innovation 1000 study

در گزارش شاخص های علوم و مهندسی ۲۰۲۰ (اختراع، انتقال دانش و نوآوری)<sup>۱</sup> نشان داده شده است که کل سرمایه گذاری خطرپذیر جهانی در سال ۲۰۱۸ معادل ۲۴۴ میلیارد دلار بوده که ۱۱۳ میلیارد دلار آن به ایالات متحده تعلق داشته است (سهام چین ۷۶ میلیارد دلار بوده است). در این بین، حجم سرمایه گذاری های خطرپذیر جهانی

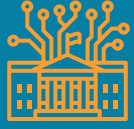
1. Science and Engineering Indicators 2020 (Invention, Knowledge Transfer, and Innovation)

در حوزه هوش مصنوعی از ۱ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ به ۳۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است که ایالات متحده بیشترین سهم را از آن دارد و چین در جایگاه دوم قرار دارد (نمودار ۳). اگرچه سهم جهانی ایالات متحده از ۸۳ درصد بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۶ به ۵۴ درصد در دوره ۲۰۱۷-۲۰۱۸ کاهش یافته است، اما تعداد استارت‌آپ‌های فعال در حوزه هوش مصنوعی که موفق به دریافت سرمایه‌گذاری خطرپذیر شده‌اند از ۶۰۰ شرکت در سال ۲۰۱۴ به ۱۵۰۰ شرکت در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. [۷]



نمودار ۳: سرمایه‌گذاری خطرپذیر جهانی در حوزه هوش مصنوعی (۲۰۱۰ الی ۲۰۱۸)

منبع: PitchBook, venture capital and private equity database



۳

حکمرانی



### ۳-۱- نهادهای شاخص در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده

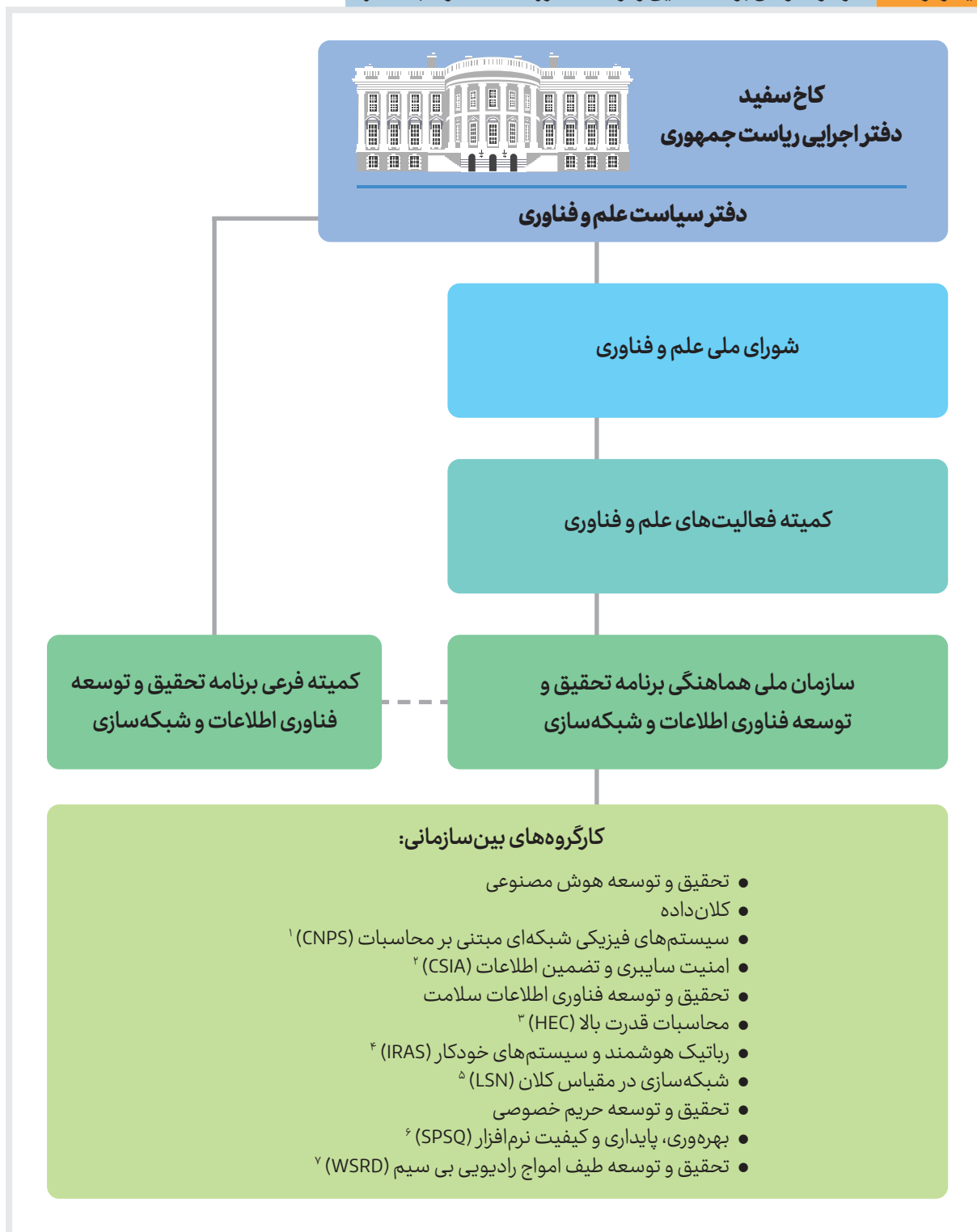
در راستای معرفی نهادهای شاخص در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده، در این بخش ابتدا سازمان‌های اجرایی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی (NITRD)<sup>۱</sup> به اختصار معرفی می‌شوند. به طور کلی، برنامه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری اطلاعات بر موضوعات متعددی نظیر محاسبات، شبکه‌سازی و نرم‌افزار، رفع نیازهای موجود در زمینه تحقیق و توسعه در بخش‌های مختلف و هماهنگ‌سازی فعالیت نهادهای مختلف متمرکز بوده و بودجه آن‌ها براساس برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی تأمین می‌شود. گفتنی است که سالانه ۶/۵ میلیارد دلار به برنامه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری اطلاعات اختصاص داده می‌شود. همان‌طور که در نمودار سازمانی این برنامه مشاهده می‌شود، سازمان‌های اجرایی این برنامه شامل «دفتر سیاست علم و فناوری» (OSTP)<sup>۲</sup>، «شورای ملی علم و فناوری» (NSTC)<sup>۳</sup>، سازمان ملی هماهنگی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی<sup>۴</sup>، «کمیته فعالیت‌های علم و فناوری» (CSTE)<sup>۵</sup> و کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی<sup>۶</sup> می‌شود. به علاوه، کارگروه‌های بین‌سازمانی متعددی برای هر یک از حوزه‌های تحقیقاتی مطابق این برنامه تعیین شده‌اند که امکان تبادل اطلاعات مربوط به فعالیت‌های در دست اجرا و مسائل مشترک بین نهادهای عضو را فراهم می‌آورند تا بدین ترتیب سرعت و کیفیت تحقیقات آن‌ها افزایش یابد (اینفوگراف ۳) [۱۸].

در اینجا ابتدا به معرفی دفتر سیاست علم و فناوری، شورای ملی علم و فناوری، سازمان ملی هماهنگی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی، کمیته فعالیت‌های علم و فناوری، کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی پرداخته می‌شود و در ادامه، بنیاد ملی علوم به عنوان یکی از نهادهای عضو کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی به اختصار شرح داده می‌شود.

#### دفتر سیاست علم و فناوری: دفتر سیاست علم و فناوری در سال ۱۹۷۶ با حکم قانونی شماره ۹۴۲۸۲ تأسیس

شد و در زمینه ارائه خدمات مشاوره به رئیس‌جمهور در امور علمی، مهندسی و فناورانه در حوزه اقتصاد، امنیت ملی، سلامت، روابط خارجی، محیط زیست و غیره فعالیت دارد. به طور کلی، هماهنگی سیاست‌های مربوط به علم و فناوری بین‌سازمانی، کمک به «اداره مدیریت و بودجه» در زمینه تهیه تحلیل‌های سالانه بودجه‌های تحقیق و توسعه و ارائه مشاوره به دولت فدرال در زمینه تصمیم‌گیری‌های علمی و فناورانه در سیاست‌ها و برنامه‌های فدرال و تطبیق برنامه‌ها و تصمیم‌های مربوط به سیاست علم و فناوری با اهداف مورد نظر ریاست جمهوری از جمله وظایف این دفتر به شمار می‌آید [۱۸].

1. Networking and Information Technology Research and Development
2. Office of Science and Technology Policy
3. National Science and Technology Council
4. National Coordination Office for Networking and Information Technology Research and Development
5. Committee on Science and Technology Enterprise
6. NITRD Subcommittee



1. Computing-Enabled Networked Physical Systems
2. Cyber Security and Information Assurance
3. High End Computing
4. Intelligent Robotics and Autonomous Systems
5. Large-Scale Networking
6. Software Productivity, Sustainability, and Quality
7. Wireless Spectrum Research and Development

**شورای ملی علم و فناوری:** شورای مذکور در سال ۱۹۹۳ با حکم اجرایی رئیس‌جمهور تشکیل شده است و ریاست آن برعهده رئیس‌جمهور است و تحت نظارت دفتر سیاست علم و فناوری کاخ سفید فعالیت دارد. شورا به عنوان متصدی اصلی دولت در زمینه هماهنگی سیاست‌های علم و فناوری میان نهادهای فعال در حوزه تحقیق و توسعه عمل می‌کند. این شورا وظیفه گردهم‌آوردن رهبران فدرال در بخش‌های علم و فناوری، تعیین اهداف سیاسی، سرمایه‌گذاری در زمینه علم و فناوری و همچنین تهیه راهبردهای هماهنگ جهت تحقیق و توسعه برای نهادهای فدرال را برعهده دارد.

وزارت کشاورزی، آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی، وزارت بازرگانی، اداره پتنت و تجارت ایالات متحده، اداره ملی اقیانوسی و جوی، مؤسسه ملی فناوری و استاندارد، وزارت دفاع، وزارت آموزش، وزارت سلامت و خدمات انسانی، وزارت امنیت داخلی، وزارت کشور، وزارت امور خارجه، وزارت کار، وزارت حمل و نقل، سازمان حفظ محیط زیست، سازمان غذا و دارو، سازمان امنیت ملی، بنیاد ملی علوم، سازمان ملی اطلاعات، سازمان مدیریت و بودجه، سازمان ملی هوانوردی و فضا و مؤسسه اسمیت‌سونین<sup>۱</sup> (موزه ملی علمی/فرهنگی/تحقیقاتی ایالات متحده) از جمله اعضای شورا به شمار می‌آیند.

**اینفوگراف ۴: نمودار سازمانی شورای ملی علم و فناوری**



1. Smithsonian Institute

شورا دارای شش کمیته است که از طریق آن‌ها وظایف و مسئولیت‌های خود در زمینه علم و فناوری، محیط زیست، امنیت ملی و آموزش علم، فناوری، مهندسی و ریاضی را به‌انجام می‌رساند. هر یک از این کمیته‌ها دارای کمیته‌های فرعی و کارگاه‌های مختلفی هستند که بر موضوعات علم و فناوری متمرکز هستند و فعالیت‌های تحقیقاتی فدرال را هماهنگ می‌کنند. همچنین شورا دارای دو کمیته ویژه یعنی کمیته منتخب هوش مصنوعی و کمیته مشترک محیط‌های تحقیقات<sup>۱</sup> است.

کمیته منتخب هوش مصنوعی: کمیته مذکور در سال ۲۰۱۸ تشکیل شده است و مشتمل بر سران وزارتخانه‌ها و نهادهایی است که مسئولیت تحقیق و توسعه دولت در حوزه هوش مصنوعی را برعهده دارند. ارائه مشاوره به دولت درباره اولویت‌های تحقیق و توسعه بین‌سازمانی در حوزه هوش مصنوعی، بررسی مشارکت فدرال با صنعت و دانشگاه، بهبود برنامه‌ریزی و هماهنگی دولت در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی، شناسایی فرصت‌های موجود برای ارتقای منابع محاسباتی و داده فدرال جهت حمایت از اکوسیستم ملی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی و حمایت از ارتقای تخصص فنی نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی از جمله وظایف این کمیته به‌شمار می‌آیند. این کمیته دارای یک کمیته فرعی به شرح زیر است:

- **کمیته فرعی یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی:** کمیته فرعی یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی بازوی عملیاتی و اجرایی کمیته منتخب هوش مصنوعی محسوب می‌شود. انجام وظایف محوله از سوی کمیته منتخب، تهیه و ارتقای برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی، شناسایی و پرداختن به مسائل مهم در سیاست‌های مربوط به تحقیقات، تست، استانداردها، آموزش، اجرا، دسترسی و انجام سایر اقدامات مرتبط با هوش مصنوعی از جمله وظایف این کمیته به‌شمار می‌آیند.

- **کمیته مشترک محیط‌های تحقیقات:** این کمیته در سال ۲۰۱۹ آغاز به کار کرده است و با برقراری ارتباط بین کمیته علوم و کمیته فعالیت‌های علم و فناوری در زمینه هماهنگ‌سازی فعالیت‌های بین‌سازمانی برای افزایش ایمنی و بهره‌وری محیط‌های تحقیقاتی فعالیت دارد. این کمیته مشترک دارای کمیته‌های فرعی زیر است:

- **کمیته فرعی هماهنگ‌سازی الزامات اداری پژوهش؛**

- **کمیته فرعی صحت و یکپارچگی پژوهش؛**

- **کمیته فرعی امنیت پژوهش؛ و**

- **کمیته فرعی محیط‌های پژوهشی ایمن و همه‌شمول [۱۸].**

**سازمان ملی هماهنگی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی:** پشتیبانی از همه فعالیت‌های

موردنظر در این برنامه، حمایت از کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی و کارگروه‌های بین‌سازمانی وابسته؛ ارائه خدمات تخصصی و فنی؛ برنامه‌ریزی و هماهنگی؛ تعیین مکان جلسه‌ها و همایش‌ها و ارائه سایر خدمات اداری از جمله وظایف این سازمان به‌شمار می‌آیند. بودجه این اداره توسط کمیته فرعی برنامه

1. Joint Committee on Research Environments

تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی تأمین می‌شود. برخی از مهم‌ترین فعالیت‌های این سازمان عبارتند از:

- تهیه سند بودجه تکمیلی برای ریاست جمهوری که شامل خلاصه برنامه و بودجه سالانه فعالیت‌های تحقیقاتی سازمان‌ها می‌شود و برنامه‌ریزی و هماهنگی آن براساس برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی صورت می‌گیرد؛
- تهیه اسناد و گزارش‌های مرتبط با وظایف موردنظر در برنامه مانند برنامه‌های راهبردی بین‌سازمانی، گزارش کارگاه‌ها و توصیه‌های مربوط به موضوعات تحقیق و توسعه؛
- مدیریت وب‌سایت برنامه شامل کتابخانه الکترونیک، به‌روزرسانی اخبار و راهنمای منابع فدرال برای فناوری اطلاعات؛ و

- برگزاری جلسات عمومی و تهیه ارائه‌های تخصصی درباره موضوعات مرتبط با فناوری اطلاعات. [۱۵]

**کمیته فعالیت‌های علم و فناوری:** کمیته فعالیت‌های علم و فناوری با هدف کمک به شورای ملی علم و فناوری در زمینه افزایش اثربخشی و بهره‌وری کلی فعالیت‌های تحقیق و توسعه فدرال در حوزه علم و فناوری براساس حکم اجرایی ۱۲۸۸۱ تأسیس شده است. کمیته مذکور مسائل کلیدی در حوزه علم و فناوری را در میان سایر کمیته‌های وابسته به شورای ملی علم و فناوری هماهنگ می‌کند.

**اینفوگراف ۵: نمودار سازمانی کمیته فعالیت‌های علم و فناوری**



به‌طور کلی وظایف کمیته فعالیت‌های علم و فناوری عبارتند از:

- تسهیل روند برنامه‌ریزی، هماهنگی و ارتباطات بین وزارتخانه‌ها و سازمان‌های فدرال که از فعالیت‌های علم و فناوری و سایر اقدامات مرتبط حمایت می‌کنند؛
- کمک به شورای ملی علم و فناوری در زمینه تعیین و تعریف اولویت‌ها و برنامه‌های فدرال برای همسوسازی مسائل علم و فناوری و توصیه گزینه‌های مرتبط با اولویت‌های فدرال؛



- هماهنگی با سایر کمیته‌های وابسته به شورای ملی علم و فناوری و تسهیل روند مرتب کردن اسناد و مدارک تهیه شده توسط گروه‌های بین‌سازمانی که با حمایت شورا تأسیس شده‌اند؛ و
- هدایت، هماهنگ‌سازی و اولویت‌بندی اقدامات تمام نهادهای فرعی که توسط کمیته فعالیت‌های علم و فناوری تأسیس شده‌اند [۱۹].

### **کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی:** کمیته مذکور زیرمجموعه کمیته فعالیت‌های

علم و فناوری است. این کمیته فرعی دارای کارگروه‌های بین‌سازمانی متعددی از جمله کارگروه بین‌سازمانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی است که به اختصار در زیر شرح داده می‌شود.

کارگروه بین‌سازمانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی: کارگروه مذکور وابسته به «کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی است که مدیران برنامه و کارشناسان فنی نهادهای مختلف فدرال اعضای آن را تشکیل می‌دهند. ارائه گزارشات مربوطه به کمیته فرعی یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی، هماهنگی در زمینه برنامه‌ریزی‌های تحقیق و توسعه بین‌سازمانی در حوزه هوش مصنوعی و تهیه گزارش‌های مربوط به هزینه‌های تحقیق و توسعه در تمام نهادهای فدرال از جمله وظایف این کارگروه به‌شمار می‌آیند. ارزیابی و اصلاح راهبردهای هفت‌گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۶) و به‌روزرسانی این برنامه در سال ۲۰۱۹ نیز توسط این کارگروه انجام شده است.

به‌علاوه، این کمیته فرعی متشکل از ۲۳ نهاد دولتی است که مسئولیت اجرای برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی را برعهده دارند و در برنامه‌های تحقیق و توسعه مرتبط با فناوری اطلاعات سرمایه‌گذاری می‌کنند (اینفوگراف ۶). همچنین، نمایندگانی از دفتر سیاست علم و فناوری و سازمان مدیریت و بودجه نیز در این کارگروه حضور دارند. این کمیته فرعی به‌طور مستمر با این نهادها و کنگره در تعامل است و در طول سال سه جلسه با آن‌ها برگزار می‌کند تا بین برنامه‌ها و سیاست‌های موردنظر آن‌ها هماهنگی‌های لازم را ایجاد نماید [۱۶].

اینفوگراف ۶: نهادهای عضو کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه‌سازی



1. Department of Commerce
2. National Institute of Standards and Technology
3. National Oceanic and Atmospheric Administration
4. Department of Defense
5. Defense Advanced Research Projects Agency
6. National Security Agency
7. Office of the Secretary of Defense
8. Department of Energy
9. National Nuclear Security Administration
10. Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response
11. Department of Health and Human Services
12. Agency for Healthcare Research and Quality

13. National Institutes of Health
14. National Institute for Occupational Safety and Health
15. Office of the National Coordinator for Health Information Technology
16. Department of Homeland Security
17. Department of the Interior
18. Department of Justice
19. National Institute of Justice
20. Department of State
21. National Aeronautics and Space Administration
22. National Archives and Records Administration
23. National Reconnaissance Office
24. National Science Foundation

**بنیاد ملی علوم:** بنیاد ملی علوم (NSF)<sup>۱</sup> به عنوان یکی از نهادهای عضو کمیته فرعی برنامه تحقیق و توسعه فناوری اطلاعات و شبکه سازی است که در سال ۱۹۵۰ توسط کنگره جهت ترویج و پیشرفت علم، توسعه سلامت و رفاه و تقویت دفاع ملی تأسیس شد. بنیاد ملی علوم از تحقیقات پایه به منظور تولید دانش حمایت می کند که متضمن پیشرفت در آینده هستند.

حاکمیت در بنیاد ملی علوم شامل مدیر و هیئت ملی علوم (NSB)<sup>۲</sup> می شود. نظارت بر امور کارکنان و برنامه ریزی امور جاری، تنظیم و تخصیص بودجه برعهده مدیریت است. شایان ذکر است که سالانه ۶ جلسه با حضور ۲۴ عضو بنیاد تشکیل می شود که همگی از دانشمندان برجسته هستند و سیاست های کلی بنیاد ملی علوم را طی این جلسات تعیین و ابلاغ می نمایند. مدیر، معاون مدیر و اعضای هیئت ملی علوم همگی توسط رئیس جمهور برای یک دوره شش ساله منصوب می شوند. در حال حاضر، ۲۱۰۰ نفر در بنیاد مذکور مشغول کار هستند و دفتر بازرسی کل<sup>۳</sup> مسئولیت نظارت بر فعالیت های بنیاد و ارائه گزارش مربوطه به هیئت ملی علوم و کنگره را برعهده دارد.

برخلاف بسیاری از نهادهای فدرال، بنیاد ملی علوم دارای تأسیسات تحقیقاتی و آزمایشگاهی نیست و به طور مستقیم محققان را استخدام نمی کند، بلکه با ارائه گرنت از اشخاص و گروه های پژوهشی در مرکز فعالیت آنها- اعم از دانشگاه، مرکز تحقیقاتی یا آزمایشگاه- حمایت می نماید. همچنین به منظور کمک به محققان و مراکز در زمینه ساخت و خرید تجهیزات، بنیاد مذکور تسهیلات و تجهیزات مورد نیاز آنها را طی قراردادهای مشترک با کنسرسیوم های تحقیقاتی تهیه می نماید.

بودجه سالانه این نهاد برابر با ۸/۳ میلیارد دلار (سال مالی ۲۰۲۰) است که بودجه حدود ۲۷ درصد از کل تحقیقات پایه مورد حمایت دولت فدرال در دانشگاه ها را تأمین می کند. این بنیاد به عنوان تأمین کننده اصلی بودجه تحقیقات مربوط به رشته های متعدد از جمله ریاضی، علوم کامپیوتر و علوم اجتماعی عمل می کند. کمک های مالی بنیاد در قالب گرنت های کوتاه مدت (به طور میانگین سه ساله) برای بهبود کیفیت فضای کار محققان و مهندسان و دانشمندان ارائه می شود. کمک مالی به محققان و مراکز، اعطای ۱۲ هزار گرنت به پروپوزال های برتر، اعطای گرنت به افراد و گروه های تحقیقاتی کوچک و مراکز تحقیقاتی و اعطای گرنت های ویژه برای تهیه ابزارها و تجهیزات مورد نیاز از جمله کمک های مالی بنیاد به شمار می آیند. گفتنی است که تلسکوپ های غول پیکر رادیویی و نوری، سایت های تحقیقات قطبی، تأسیسات کامپیوتری بسیار پیشرفته، ارتباطات فوق سریع، کشتی های تحقیقاتی، رصدخانه های امواج گرانشی و حسگرهای بسیار حساس برای پدیده های فیزیکی بسیار کوچک از جمله تجهیزاتی است که با حمایت مالی بنیاد تهیه می شوند.

محققان مورد حمایت بنیاد ملی علوم موفق به کسب ۲۳۶ جایزه نوبل طی چند دهه اخیر شده اند. بنیاد از فعالیت های آموزشی در تمام مقاطع تحصیلی از پیش دبستان تا دانشگاه و از به کارگیری و ادغام نتایج تحقیقات

1. National Science Foundation  
2. National Science Board  
3. Office of the Inspector General

علمی در نظام آموزشی حمایت می‌کند تا بدین ترتیب بتواند به پرورش نیروی کار متخصص در رشته‌های علمی مختلف در آینده بپردازد. برخی از مهم‌ترین وظایف و فعالیت‌های این نهاد عبارت است از:

- تقویت ظرفیت‌های علمی و مهندسی و دوره‌های آموزشی در همه سطوح با اعطای گرنت و انعقاد قراردادهای پژوهشی؛

- اعطای فلوشیپ در رشته‌های علمی و مهندسی؛

- ارتقای تبادل اطلاعات بین مهندسان و دانشمندان در ایالات متحده و دیگر کشورها؛

- گسترش و حمایت از استفاده از کامپیوتر و سایر فناوری‌ها در تحقیقات و آموزش؛

- ارزیابی وضعیت و نیازهای موجود در رشته‌های مختلف علمی و مهندسی و تطبیق برنامه‌های بنیاد با نتایج این ارزیابی‌ها؛

- تعیین منابع مالی که دانشگاه‌ها و سازمان‌ها برای تحقیقات کاربردی و پایه و ساخت تأسیسات مورد نیاز (به‌استثنای فعالیت‌های توسعه‌ای) دریافت می‌کنند و ارائه گزارش مربوطه به رئیس جمهور و کنگره؛

- حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی علمی و مهندسی در ارتباط با امنیت ملی و همکاری‌های بین‌المللی؛ و

- حمایت از فعالیت‌های مرتبط با ترغیب مشارکت زنان، اقلیت‌ها و گروه‌های کمتربرخوردار در عرصه تحقیقات و فناوری. [۱۶]

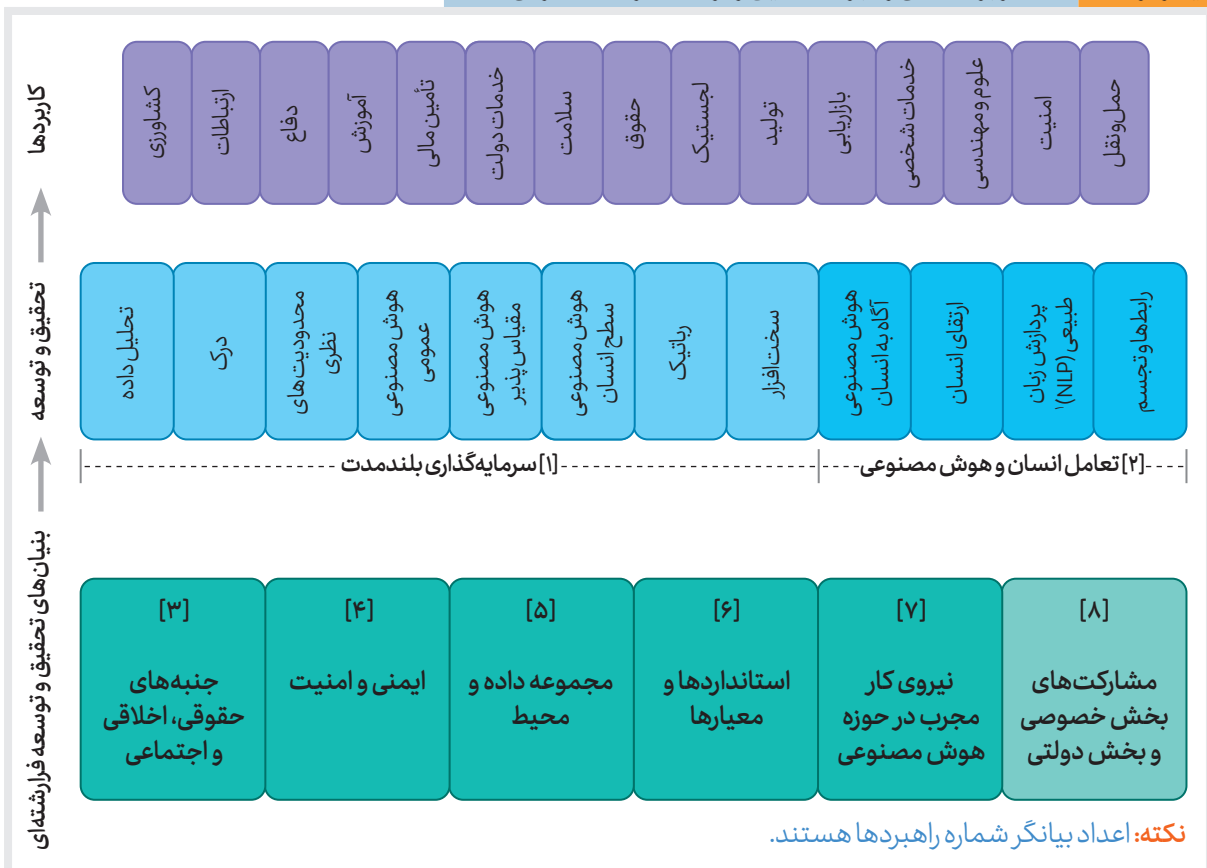
### ۳-۲ برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)

«برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی» توسط دولت در ژوئن سال ۲۰۱۹ اعلام شد. در این برنامه حوزه‌های اولویت‌دار فدرال برای سرمایه‌گذاری در زمینه ارتقای ظرفیت‌ها و توانمندی‌های کشور در حوزه هوش مصنوعی تعیین شده‌اند. این برنامه در واقع مبتنی بر به‌روزرسانی برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۶) است و موضوعات جدید پژوهشی و نوآوری‌های فنی را پوشش می‌دهد که طی دوره سه ساله بین دو برنامه پدیدار شده‌اند. گفتنی است که هفت راهبرد موردنظر در برنامه قبلی با تغییر و اصلاح در این برنامه به‌روزرسانی شده مجدداً بیان شده‌اند و راهبرد هشتم نیز به مجموعه راهبردهای قبل افزوده شده‌است. به‌طور کلی، ۸ راهبرد ملی در ارتباط با تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی به شرح اینفوگراف ۷ تعیین شده‌اند:

اینفوگراف ۷: راهبردهای هشت‌گانه در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)



اینفوگراف ۸: ساختار برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)



منبع: <https://www.nitrd.gov/news/National-AI-RD-Strategy-2019.aspx>

## ۳-۲-۱ اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبردهای هشت‌گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه

### هوش مصنوعی (۲۰۱۹)

اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹) شامل حوزه‌هایی هستند که صنعت به تنهایی نمی‌تواند به آن‌ها بپردازد و در نتیجه مستلزم سرمایه‌گذاری دولت فدرال است. با توجه به گستردگی حوزه هوش مصنوعی، این اولویت‌ها همه جنبه‌های هوش مصنوعی را پوشش می‌دهند. گفتنی است که اجرای کامل این برنامه منوط به تهیه نقشه‌راه‌های دقیق جهت پرکردن شکاف‌های احتمالی موجود در برنامه خواهد بود. در ادامه، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبردهای هشت‌گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹) به اختصار شرح داده می‌شوند.

#### اینفوگراف ۹: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد اول



### راهبرد اول: سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در زمینه تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی

بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های دولت فدرال در زمینه تحقیقات پرمخاطره و پربازده منجر به پیشرفت‌های فناورانه تحول‌آفرینی مانند اینترنت، جی‌پی‌اس، پنل‌های خورشیدی و انواع درمان‌های سرطان شده است. فناوری‌های هوش مصنوعی تقریباً همه جنبه‌های جامعه را تحت تأثیر قرار خواهند داد و بنابراین تأثیرات اجتماعی و اقتصادی مثبتی در پی خواهند داشت. از این رو، ایالات متحده به منظور کسب جایگاه پیشگام در زمینه هوش مصنوعی باید سرمایه‌گذاری‌های بلندمدتی در حوزه‌های با اولویت بالا انجام دهد. لزوم تحقیقات بلندمدت در زمینه هوش مصنوعی به عنوان یکی از مهم‌ترین اولویت‌های تحقیقاتی فدرال در راهبرد اول بیان شده است. به طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد اول عبارتند از:

**توسعه روش‌های مبتنی بر داده جهت پیشبرد اکتشافات علمی:** توسعه روش‌ها، ابزارها و فناوری‌های تحلیل داده و توسعه الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشینی جهت کشف اطلاعات پنهان در کلان داده‌ها در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹) مورد تأکید بیشتری قرار دارند. بسیاری از کاربردهای هوش مصنوعی ماهیت بین‌رشته‌ای دارند و استفاده از داده‌های نامتجانس را امکان‌پذیر می‌کنند. لازم به ذکر است که میزان داده لازم جهت آموزش الگوریتم‌ها و انجام محاسبات و تحلیل‌ها در مقیاس‌های بزرگ توسط محققان داده تعیین می‌شود.

**ارتقای ظرفیت‌های ادراکی سیستم‌های هوش مصنوعی:** ادراک براساس داده‌های حسی محقق می‌شود که توسط سیستم درباره خود و یا محیط اطراف خود جمع‌آوری می‌شوند. داده‌های حسگرها اغلب در کنار داده‌های بديهی پردازش و تحلیل می‌شوند. اطلاعات حاصل از ادراک امکان درک وضعیت و محیط را برای سیستم هوش مصنوعی فراهم می‌کند و در نتیجه سیستم می‌تواند وظایف محوله را با بیشترین دقت انجام دهد. به عبارتی، تحقیقات مربوط به الگوریتم‌ها و سخت‌افزارهایی که باعث افزایش قدرت ادراک سیستم هوش مصنوعی می‌شوند، کارایی و ایمنی آن را ارتقا می‌بخشند. حسگرها باید قادر به تشخیص داده با تفکیک‌پذیری بالا در فاصله‌های دور و در زمان واقعی باشند. سیستم‌های ادراک نیز باید بتوانند داده‌ها را از انواع حسگرها گردآوری نمایند تا ضمن ارتقای درک سیستم هوش مصنوعی از موقعیت کنونی آن، قابلیت پیش‌بینی وضعیت‌های آینده را نیز دارا باشند. شناسایی، دسته‌بندی و تشخیص ماهیت اشیاء همچنان از جمله چالش‌های مهم در زمینه ظرفیت‌های ادراکی سیستم‌های هوش مصنوعی به‌شمار می‌آیند و در آینده باید تحقیقات بیشتری در زمینه ارتقای درک انسان‌ها به‌کمک سیستم‌های هوش مصنوعی انجام شوند.

با توجه به این که هدف نهایی بسیاری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی دستیابی به راه‌حل‌های شبه‌انسانی برای چالش‌های موجود است، شناخت ظرفیت‌ها و محدودیت‌های نظری هوش مصنوعی می‌تواند در دستیابی به این هدف بسیار مؤثر باشد. اگرچه در حال حاضر پژوهش‌های زیادی در رشته‌های ریاضی و علوم کامپیوتر درباره نحوه عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی انجام می‌شود، اما هنوز مدل یا محدوده خاصی برای مطالعات منسجم نظری در زمینه عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی مشخص نشده است. به‌طور کلی، در ارتباط با حوزه‌هایی که الگوریتم‌های هوش مصنوعی قادر به حل مسائل نیستند یا توانایی ورود به آن‌ها را ندارند، مطالعات نظری بیشتری باید انجام شود. محققان با شناخت مسائل غیرقابل حل می‌توانند به ساخت سخت‌افزارهای جدید یا انجام پروژه‌های تحقیقاتی جدید به‌منظور تعیین راه‌حل برای این‌گونه مسائل بپردازند.

**توسعه تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی با کارایی عمومی:** کاربردهای هوش مصنوعی به دو دسته محدود و عمومی تقسیم‌بندی می‌شود. تشخیص تصویر یا کلام و ترجمه به‌عنوان نمونه‌ای از کاربردهای محدود یا تخصصی هوش مصنوعی در یک حوزه خاص به‌شمار می‌رود. در نتیجه پیشرفت‌های به‌دست آمده در این حوزه می‌توان سیستم‌هایی را ساخت که توانایی انجام وظایف تخصصی با قدرتی بسیار بالاتر از انسان را دارند. استفاده از این سیستم‌های تخصصی برای حوزه‌های وسیع‌تر و متنوع‌تر نیازمند مهندسی مجدد در سطح گسترده است. با توجه به این که هدف نهایی تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی دستیابی به سیستم‌هایی است که همانند انسان قادر به انجام عملکردهای متنوع (اعم از یادگیری، زبان، درک، منطق، خلاقیت، برنامه‌ریزی) باشند، تحقیقات آتی باید بر توسعه انواعی از سیستم‌های هوش مصنوعی عمومی متمرکز باشند که قابلیت انتقال دانش از یک حوزه به حوزه‌های دیگر و یادگیری از تجارب قبلی و تجارب انسانی جهت دستیابی به قابلیت‌های جدید را دارا باشند.

**ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی با قابلیت تغییر مقیاس:** ممکن است گروه‌ها و شبکه‌هایی از سیستم‌های هوش مصنوعی از طریق پیوند با سایر سیستم‌ها و یا همکاری با انسان وظایفی را انجام دهند که از عهده یک سیستم به تنهایی بر نمی‌آید. سیستم‌های هوش مصنوعی که قابلیت پیوند با سایر سیستم‌ها یا همکاری با تیم‌های انسانی را داشته باشند، باید با سرعت هر چه بیشتر به موازات تغییرات سریع و تقاضای فرایندها برای این‌گونه سیستم‌ها توسعه یابند. روش‌های برنامه‌ریزی برای ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی چندکاره نیز باید با سرعت بیشتری اجرا شوند تا همزمان با تغییرات صورت گرفته در فضای فناوری‌ها بتوانند خود را با شرایط جدید تطبیق دهند. از این رو، تعیین روش‌های جدید و سریع برای ساخت و برنامه‌ریزی سیستم‌های چندکاره که قابلیت تعامل و همکاری با سایر سیستم‌ها یا تیم‌های انسانی در زمان واقعی را دارا هستند از جمله اهداف اصلی در تحقیقات آتی به‌شمار می‌آیند.

**گسترش تحقیقات مربوط به سیستم‌های هوش مصنوعی شبه‌انسانی:** منظور از سیستم‌های هوش مصنوعی شبه‌انسانی سیستم‌هایی است که ضمن برخورداری از توانایی برقراری ارتباط با انسان، عملیات‌های آن‌ها نیز برای انسان قابل فهم است. در صورت ساخت چنین سیستم‌هایی می‌توان به سیستم‌های هوش مصنوعی دستیار یا آموزشی دست یافت که می‌توانند به‌طور مؤثر در انجام وظایف انسانی به انسان‌ها کمک کنند. البته هنوز شکاف بزرگی بین نحوه کار سیستم‌های هوش مصنوعی و عملکرد انسانی وجود دارد. به‌عنوان مثال، انسان‌ها برای یادگیری امور مختلف حتی پیچیده‌ترین امور کافی است چند نمونه از آن یا نحوه کار با آن را مشاهده کنند یا به آن‌ها آموزش داده شود تا آن وظایف را یاد بگیرند، ولی سیستم‌های هوش مصنوعی نیازمند هزاران نمونه از یک وظیفه خاص هستند تا بتوانند آن وظیفه را انجام دهند. بنابراین، برای کم کردن این فاصله لازم است تحقیقات متمرکزی در این زمینه انجام شود.

**ساخت ربات‌های قابل اعتمادتر و توانمندتر:** پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری‌های رباتیک تأثیرات متعددی بر حوزه‌های تولید، لجستیک، پزشکی، سلامت، دفاع، امنیت ملی و کشاورزی و محصولات مصرفی در برداشته‌اند. اگرچه ربات‌ها اغلب برای محیط‌های صنعتی ثابت ساخته می‌شوند، اما امکان همکاری نزدیک انسان و ربات‌ها در پرتو پیشرفت‌های اخیر میسر شده است و در آینده باید تحقیقات بیشتری در زمینه افزایش قدرت تطبیق و یادگیری ربات‌ها انجام شود، به‌گونه‌ای که ظرفیت بیشتری جهت تعامل و همکاری با انسان و انجام اموری مانند خودارزشیابی و خودآموزی داشته باشند.

**تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی و سخت‌افزار جهت ارتقای کارایی آن‌ها:** تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی با پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه سخت‌افزاری مرتبط هستند. در واقع، عملکرد هوش مصنوعی منوط به توسعه سخت‌افزارهایی است که به‌عنوان مجری برنامه‌های آن عمل می‌کنند. از یک طرف، پیشرفت‌های اخیر در زمینه فناوری‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشینی بدون سخت‌افزارهای پیشرفته محقق نخواهند شد.

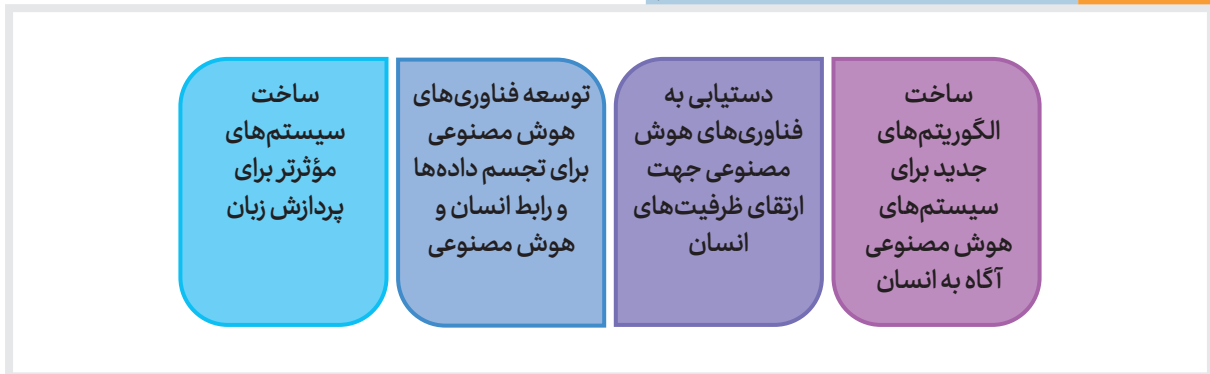


از طرف دیگر، هوش مصنوعی امکان ارتقای چشمگیر عملکرد بسیاری از سخت‌افزارها را فراهم آورده و طراحی و برنامه‌نویسی مبتنی بر هوش مصنوعی باعث بهبود قابل توجه عملکرد سخت‌افزارها از نظر محاسبات، سرعت، دقت و بهره‌وری انرژی خواهد شد.

### راهبرد دوم: طراحی روش‌های مؤثر برای ایجاد تعامل بین انسان و هوش مصنوعی

ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی که قابلیت تعامل مؤثر با انسان‌ها را دارا باشند از جمله چالش‌های موجود در تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی به‌شمار می‌آید. از این رو، پژوهش‌های بنیادین به منظور دستیابی به روش‌های کارآمد برای ایجاد تعامل بین انسان و هوش مصنوعی به‌عنوان یکی دیگر از اولویت‌های دولت فدرال در راهبرد دوم بیان شده‌است. به‌طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی موردنظر در راهبرد دوم عبارتند از:

#### اینفوگراف ۱۰: اولویت‌های تحقیقاتی موردنظر در راهبرد دوم



**ساخت الگوریتم‌های جدید برای سیستم‌های هوش مصنوعی آگاه به انسان:** سیستم‌های هوشمند آگاه به انسان می‌توانند تعامل مستقیم حسی با کاربران داشته باشند و با انسان‌ها ارتباط و تعاملی نزدیک برقرار نمایند. انتظار می‌رود سیستم‌های هوش مصنوعی در آینده با هنجارهای اجتماعی آشنا باشند و براساس آن عمل کنند. در صورتی که این سیستم‌ها قدرت درک عواطف انسان‌ها را داشته باشند، می‌توانند ارتباط مؤثرتری با کاربران برقرار نمایند. قابلیت تعامل مجموعه‌ای از سیستم‌ها با تعداد زیادی از انسان‌ها - به‌جای ارتباط یک ماشین با یک انسان - به‌عنوان یکی دیگر از اهداف کلیدی در زمینه تعامل انسان و ماشین محسوب می‌شود.

**دستیابی به فناوری‌های هوش مصنوعی جهت ارتقای ظرفیت‌های انسان:** بررسی‌های هوش مصنوعی در سال‌های گذشته بر ساخت الگوریتم‌هایی متمرکز بودند که سیستم‌های هوش مصنوعی توانایی هم‌سطح انسان یا فراتر از آن داشته باشند، حال آنکه تحقیقات فعلی در زمینه هوش مصنوعی بر ساخت سیستم‌هایی متمرکز هستند که به انسان کمک می‌کنند تا ظرفیت‌های خود را ارتقا دهند. در واقع، الگوریتم‌ها با هدف دستیابی به فناوری‌هایی برای تجهیزات ایستگاهی (مانند کامپیوتر)، وسایل پوشیدنی (مانند عینک‌های هوشمند)، وسایل ارتباطی (مانند رابط‌های مغزی) یا محیط‌های تخصصی کاربر (اتاق‌های عملیات شخصی‌سازی شده) طراحی و ساخته می‌شوند.

**توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی برای تجسم داده‌ها و رابط انسان و هوش مصنوعی:** فناوری‌های بهتر برای تجسم داده‌ها و ایجاد رابط کاربری در درک مؤثرتر مجموعه‌های کلان داده و حجم زیاد اطلاعات حاصل از منابع مختلف نقش مؤثری ایفا می‌کنند. فناوری‌های مربوط به تجسم داده‌ها و رابط کاربری باید امکان ارائه حجم عظیم داده‌های مختلف و اطلاعات مربوطه را به روش‌های قابل درک برای انسان‌ها فراهم آورند. در نتیجه، تعامل انسان و هوش مصنوعی در محیط‌های مختلف با تأخیر کمتری امکان‌پذیر شده و ارتباط سریع و قابل اعتمادی بین آن‌ها ایجاد خواهد شد.

**ساخت سیستم‌های مؤثرتر برای پردازش زبان:** دستیابی به سیستم‌هایی که قادر به برقراری ارتباط با انسان از طریق زبان گفتاری و نوشتاری باشند همواره در مطالعات هوش مصنوعی مورد تأکید قرار داشته‌اند. در پرتو پیشرفت‌های فعلی در زمینه پردازش زبان امکان ساخت سیستم‌هایی فراهم شده است که قابلیت تشخیص زبان انگلیسی روان در محیطی بدون صدا را دارا هستند. البته در ارتباط با ساخت سیستم‌هایی که قابلیت تشخیص زبان در محیط‌های شلوغ، و همچنین قابلیت تشخیص حالت‌های مختلف زبان (کودکانه، با لهجه، اختلالات گفتاری) و انواع بیان زبان (اعم از زبان گفتاری و نوشتاری، زبان اشاره و زبان کاربران رسانه‌های اجتماعی آنلاین...) در زمان واقعی را داشته باشند، هنوز چالش‌های زیادی وجود دارد. از این رو، در آینده باید تحقیقات بیشتری در زمینه تعامل و ارتباط کلامی مؤثر بین انسان و ماشین صورت گیرد.

### راهبرد سوم: شناخت جنبه‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی

همانند پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه سایر فناوری‌های تحول‌آفرین، پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه هوش مصنوعی نیز چالش‌های حقوقی، اخلاقی، اقتصادی و اجتماعی متعددی دربردارند. بنابراین، لزوم سرمایه‌گذاری دولت در زمینه تحقیقات مربوط به جنبه‌های اخلاقی، حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی به عنوان یکی دیگر از اولویت‌های دولت در راهبرد سوم مورد تأکید قرار گرفته است تا دولت بتواند با شناخت صحیح جنبه‌های مختلف هوش مصنوعی به طراحی و ساخت انواعی از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی بپردازد که بیشترین هماهنگی و سازگاری را با اهداف حقوقی، اخلاقی، اقتصادی و اجتماعی داشته باشند. به طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد سوم عبارتند از:

#### اینفوگراف ۱۱: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد سوم



**ارتقای برابری، شفافیت و پاسخ‌گویی سیستم‌های هوشمند از طریق طراحی:** در ارتباط با آسیب‌پذیری سیستم‌های هوش مصنوعی در برابر خطا و سوءاستفاده و سوگیری‌های جنسیتی، قومی، دینی و غیره همواره نگرانی‌های زیادی وجود داشته‌است. از این رو، تحقیقات گسترده‌ای باید درباره نحوه ارتقای برابری، شفافیت و پاسخ‌گویی سیستم‌های هوشمند از طریق طراحی آن‌ها انجام شود، به‌گونه‌ای که بتوان قابلیت اعتماد این سیستم‌ها را مورد ارزیابی قرار داد. البته هنوز موانع زیادی برای لحاظ نمودن (کدگذاری) ارزش‌ها و هنجارها در فرآیند طراحی سیستم‌های هوش مصنوعی وجود دارد که تحقیقات آتی باید بر رفع این موانع متمرکز باشند.

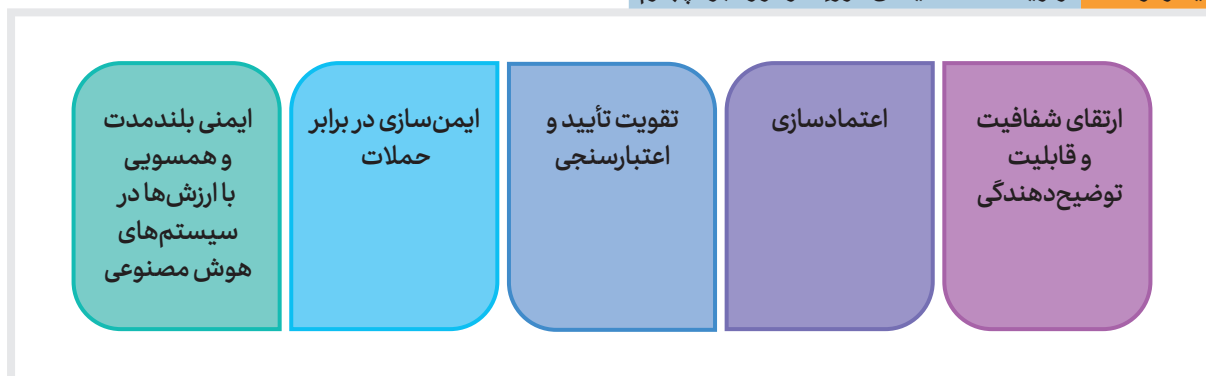
**رعایت اصول اخلاقی در سیستم‌های هوش مصنوعی:** رعایت اصول اخلاقی در ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی به‌گونه‌ای که عملکرد این سیستم‌ها متناسب با اصول اخلاقی باشند نیز از جمله چالش‌های عمده در طراحی سیستم‌های هوش مصنوعی به‌شمار می‌آید. پاسخ به این سؤال که کدام یک از کاربردهای هوش مصنوعی مبتنی بر اصول اخلاقی هستند، از دیگر موضوعات مهم در طراحی هوش مصنوعی به‌شمار می‌رود. بنابراین طراحان و مهندسان باید بکوشند انواعی از الگوریتم‌ها و ساختارهای هوش مصنوعی را طراحی کنند که با قوانین و هنجارهای اجتماعی، حقوقی و اخلاقی همسو باشند. مسائل اخلاقی متفاوت (به‌دلایل فرهنگی، مذهبی، قومی، جغرافیایی و غیره) و همچنین ابهامات موجود در بسیاری از موقعیت‌های اخلاقی باعث شده‌اند که طراحی الگوریتم‌های حساس به اخلاق برای سیستم‌های مورد استفاده در زمینه تصمیم‌گیری و تحلیل و تفسیر دو چندان دشوار و پیچیده باشند.

**طراحی ساختارهای اخلاق‌محور در حوزه هوش مصنوعی:** تاکنون رویکردهای مختلفی جهت طراحی ساختارهای اخلاق‌محور در حوزه هوش مصنوعی پیشنهاد شده‌اند. یک رویکرد شامل ساختار پایشی دوگانه است که واحد عملیاتی را از واحد پایشی در سیستم هوش مصنوعی جدا می‌کند و سنجش حقوقی یا اخلاقی هوش مصنوعی از طریق ساختار پایشی صورت می‌گیرد. در رویکرد دیگری که مورد توجه مهندسان ایمنی قرار دارد نیز از چهارچوب مفهومی دقیقی برای طراحی ساختار هوش مصنوعی استفاده می‌شود تا از ایمن بودن رفتار هوش مصنوعی برای انسان اطمینان حاصل شود. در یک رویکرد دیگر، ساختار هوش مصنوعی با استفاده از اصول نظری مشخصی طراحی می‌شود که علاوه بر اعمال محدودیت‌های منطقی برای رفتار هوش مصنوعی، امکان تطبیق عملکرد سیستم با اصول اخلاقی نیز میسر می‌شود. با توجه به گسترش روزافزون کاربردهای هوش مصنوعی باید روش‌های جدیدی برای تضمین تطبیق رفتار سیستم‌های هوش مصنوعی با اخلاق، قانون و هنجارهای اجتماعی ابداع شوند که همه شرایط و محیط‌های عملیاتی (از پاسخ و تصمیم‌گیری سریع در شرایط واقعی تا استنباط و تحلیل جهت پاسخ مناسب به موقعیت‌های قضاوت و تفسیر اطلاعات و موقعیت‌ها) را پوشش دهند.

## راهبرد چهارم: تضمین ایمنی و امنیت در سیستم‌های هوش مصنوعی

فقدان روش‌های مناسب برای تضمین ایمنی و قابلیت عملکرد غیرقابل پیش‌بینی سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یکی از معایب کنونی فناوری‌های هوش مصنوعی به‌شمار می‌آید. از این رو، لزوم ساخت سیستم‌های شفاف و قابل توضیح به‌عنوان یکی از اولویت‌های دولت در راهبرد چهارم مورد تأکید قرار گرفته است تا عملکرد سیستم‌ها برای کاربران مطلوب و مورد اعتماد باشد. به‌طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد چهارم عبارتند از:

### اینفوگراف ۱۲: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد چهارم



**ارتقای شفافیت و قابلیت توضیح‌دهندگی:** یکی از چالش‌های مهم برای محققان افزایش شفافیت یا قابلیت توضیح‌دهندگی سیستم‌های هوش مصنوعی است. بسیاری از الگوریتم‌های مورد استفاده (از جمله الگوریتم‌های مورد استفاده در یادگیری عمیق) برای کاربران مبهم است و سازوکار مؤثری برای توضیح نتایج آن‌ها وجود ندارد. این امر به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند سلامت چالش‌برانگیز است که پزشکان برای اینکه درباره تشخیص بیماری‌ها و یا روش‌های درمانی پیشنهادی با استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی بتوانند قضاوت و تصمیم‌گیری نمایند، ابتدا باید پی ببرند که این سیستم‌ها چگونه به چنین نتایجی رسیده‌اند. بنابراین، محققان باید به طراحی الگوریتم‌هایی بپردازند که نحوه دستیابی به نتایج را برای کاربران به زبانی قابل فهم توضیح دهد.

**اعتمادسازی:** دستیابی به اعتماد منوط به طراحی انواعی از سیستم‌های هوش مصنوعی است که ضمن دقیق بودن دارای رابط‌های کاربرپسند باشند. در عین حال، کاربران نیز باید آموزش‌های لازم را دریافت کنند تا از نحوه عملکرد و محدودیت‌های سیستم‌ها مطلع باشند. به‌طور کلی، سیستم‌های مورد تأیید که عملکرد آن‌ها مورد قبول کاربران است، شفاف که عملیات‌های آن‌ها برای کاربران قابل مشاهده و درک است، قابل ارزیابی که عملکرد و کیفیت سیستم‌ها برای کاربران قابل سنجش است، قابل اعتماد که عملکرد آن‌ها طبق انتظار کاربران است و قابل جایگزینی و احیا که در صورت بروز مشکل قابل تعمیر هستند، عمدتاً اعتماد کاربران را جلب می‌کنند. سرعت فزاینده پیشرفت‌های فعلی در حوزه فناوری‌های نرم‌افزار و گسترش روزافزون تعامل انسان و هوش مصنوعی از جمله مشکلات موجود جهت دستیابی به سیستم‌های هوش مصنوعی قابل اعتماد به‌شمار می‌آیند. بنابراین،

طراحان سیستم‌های هوش مصنوعی باید خود را به سرعت با فناوری‌های جدید و تقاضاهای انسان تطبیق دهند و به سیستم‌هایی دست یابند که در تعامل با انسان‌ها موفق به جلب اعتماد آن‌ها شوند.

**تقویت تأیید و اعتبارسنجی:** ابداع روش‌های جدید جهت تأیید و اعتبارسنجی<sup>۱</sup> سیستم‌های هوش مصنوعی ضروری است. تأیید به مطابقت سیستم با معیارها و مشخصات رسمی و اعتبارسنجی به تناسب سیستم با نیازهای کاربر اشاره دارد. ایمنی سیستم‌های هوش مصنوعی مستلزم اتخاذ روش‌های جدید جهت سنجش (ارزیابی صحت کارکرد سیستم در خارج از محیط‌های آزمایشگاهی)، تشخیص (تعیین علت عدم کارکرد صحیح) و تعمیر (رفع علت عدم کارکرد صحیح) است. با توجه به این‌که سازندگان نمی‌توانند همه مشکلات احتمالی سیستم‌های هوش مصنوعی را قبل از به‌کارگیری آن‌ها مورد سنجش قرار دهند، این سیستم‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که قابلیت سنجش، تشخیص و تعمیر مشکلات احتمالی را داشته باشند.

**ایمن‌سازی در برابر حملات:** سیستم‌های هوش مصنوعی علاوه بر مقاومت در برابر حوادث باید قابلیت مقابله با حملات سایبری (حوادث عمدی) را نیز داشته باشند. مهندسی امنیت شامل شناخت نقاط آسیب‌پذیر سیستم و پیش‌بینی انواع حملات احتمالی به سیستم است. اگرچه امنیت سایبری در «برنامه راهبردی فدرال برای تحقیق و توسعه در حوزه امنیت سایبری»<sup>۲</sup> لحاظ شده است، اما برخی حوزه‌های خاص در ارتباط با هوش مصنوعی (به‌عنوان مثال، خطرات مربوط به یادگیری ماشینی) در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (به‌روزرسانی شده در سال ۲۰۱۹) مورد تأکید قرار گرفته‌اند. در ارتباط با امنیت هوش مصنوعی موارد متعددی نظیر تهدیدهای مربوط به داده‌های آموزشی آلوده و همچنین تغییر الگوریتم‌ها یا تغییرات جزئی در اشیاء که امکان شناسایی صحیح آن‌ها از طریق هوش مصنوعی را از بین می‌برد (مانند جراحی‌های پروتزی که تشخیص چهره را دچار اختلال می‌کنند) مورد بررسی قرار می‌گیرند. استفاده از سیستم هوش مصنوعی در سیستم‌های امنیت سایبری از دیگر حوزه‌های مهم در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی است که باید مورد توجه خاص قرار گیرد.

**ایمنی بلندمدت و همسویی با ارزش‌ها در سیستم‌های هوش مصنوعی:** اگرچه دستیابی به سیستم‌های دارای قابلیت خویش‌سنجی و خویش‌اصلاحی موجب ایجاد ایمنی بلندمدت در سیستم‌های هوش مصنوعی می‌شود، ولی لازم است سیستم‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند فرایند خویش‌پایشی را به‌طور منظم اجرا نمایند تا همواره مطابق با ارزش‌های اولیه (ارزش‌ها و اهداف مورد نظر هنگام طراحی سیستم‌ها) عمل نمایند.

### **راهبرد پنجم: ساخت مجموعه داده‌های عمومی و مشترک جهت آموزش و آزمایش سیستم‌های هوش مصنوعی**

با توجه به قابلیت‌های بالقوه و پیچیدگی سیستم‌های هوش مصنوعی و همچنین طیف وسیع تعاملات آن‌ها با انسان و محیط، سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات مربوط به ارتقای امنیت و کنترل فناوری‌های هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است. لزوم سرمایه‌گذاری دولت فدرال در زمینه ساخت پایگاه‌های داده دولتی و مشترک

1. Verification and Validation  
2. Federal Cybersecurity R&D Strategic Plan

جهت تست و آموزش سیستم‌های هوش مصنوعی در راهبرد پنجم مورد تأکید قرار گرفته است تا ضمن پیشبرد سریع تحقیقات مرتبط بتوان راه‌حل‌های مشابه را با روش‌های مؤثرتر مقایسه کرده و انتخاب نمود. به طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد پنجم عبارتند از:

**اینفوگراف ۱۳: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد پنجم**



**ارائه مجموعه داده‌های گسترده و متنوع برای تأمین نیازهای موجود در زمینه فناوری‌های هوش مصنوعی: عملکرد**

قابل اعتماد سیستم‌های هوش مصنوعی منوط به یکپارچگی و دسترسی به داده‌های آموزشی و انجام تست‌های گوناگون است. در این راستا، اقدامات متعددی از جمله تأمین بودجه لازم جهت فراهم کردن دسترسی به مجموعه داده‌های موجود در دولت و صنعت باید انجام شود. البته بسیاری از پایگاه‌های داده امروزی مستعد داشتن داده‌های ناقص، متناقض یا نویز هستند که استفاده از آن‌ها را برای سیستم‌های هوش مصنوعی دشوار می‌کند. بنابراین پیش از دسترسی سیستم به این داده‌ها باید فرایند پیش‌پردازش (شامل تمیزکردن، یکپارچه‌سازی، حذف و ارائه) انجام شود تا مجموعه داده‌های سالم و قابل استفاده‌ای جهت تحلیل کلان داده‌ها و آموزش و تست در اختیار سیستم‌های هوش مصنوعی قرارگیرد. به منظور استفاده از مجموعه داده‌های سازمان‌ها به‌ویژه داده‌های دولتی باید فرآیند به اشتراک‌گذاری داده‌ها به صورت ایمن و براساس قوانین و مقررات کاربردی صورت گیرد تا خطرهای احتمالی به حداقل کاهش یابد.

**همسوسازی منابع تست و آموزش با نیازهای عمومی و تجاری: سرعت ابداع روش‌ها و فناوری‌های تحلیل داده**

متناسب با سرعت روزافزون تولید داده‌های خام نیست. دانشمندان باید سعی کنند ابزارهای لازم جهت استخراج دانش ارزشمند از این منابع وسیع را فراهم کرده و روش‌های مناسب برای گردآوری، دسته‌بندی، تحلیل و تجسم داده‌ها را ارتقا دهند. اغلب مخزن‌های داده در حال حاضر قابلیت افزایش مقیاس کلان داده‌ها را ندارند، اطلاعات محدودی درباره منشأ داده‌ها موجود است و از جستجوی معنایی داده‌ها پشتیبانی نمی‌کنند. بنابراین، تحقیقات آینده باید بر چالش‌های موجود در ارتباط با پایگاه‌های داده متمرکز باشند.

**ساخت جعبه‌ابزارها و کتابخانه‌های نرم‌افزاری منبع‌باز: همزمان با افزایش فزاینده جعبه‌ابزارها و کتابخانه‌های**

منبع‌باز، سازندگان فناوری‌های هوش مصنوعی به جدیدترین فناوری‌های پیشرفته دسترسی پیدا کرده‌اند.

به علاوه، سازندگان و کارآفرینان حوزه فناوری هوش مصنوعی از طریق فرآیند به اشتراک گذاری منابع با صرف کمترین زمان توانسته‌اند راه‌حل‌ها و فناوری‌های نوآورانه‌ای متناسب با نیاز بازار ارائه کنند، بدون اینکه به دانش تخصصی پیچیده در حوزه هوش مصنوعی و یا نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای پرهزینه نیاز داشته باشند. گفتنی است که به منظور حمایت از این نوع نوآوری‌ها، دولت ایالات متحده باید از ایجاد دسترسی به فناوری‌های هوش مصنوعی منبع‌باز حمایت به عمل آورد. در این راستا، دولت می‌تواند روند به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی منبع‌باز در کشور را گسترش داده و موانع ورود نوآوران به این عرصه را کاهش دهد. به علاوه، دولت باید در صورت امکان فناوری‌ها و نرم‌افزارهای خود را جهت انجام پروژه‌های منبع‌باز در دسترس قرار دهد. با توجه به این که حریم خصوصی در سازمان‌های دولتی بسیار حائز اهمیت است، گروه‌های ویژه‌ای باید تشکیل شود تا موارد مجاز استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی منبع‌باز توسط نهادهای دولتی را تعیین کنند و بدین ترتیب سازمان‌ها را به استفاده از هوش مصنوعی ترغیب نمایند.

### راهبرد ششم: سنجش و ارزیابی فناوری‌های هوش مصنوعی براساس استانداردها و معیارها

معیارها و استانداردها در سنجش و ارزیابی سیستم‌های هوش مصنوعی و تضمین کارایی و قابلیت تعامل آن‌ها بسیار حائز اهمیت هستند. اهمیت معیارها و استانداردها در منسجم‌سازی تحقیق و توسعه جهت رفع شکاف‌های پژوهشی موجود و همچنین ارائه راه‌حل‌های نوآورانه در راهبرد ششم مورد تأکید قرار گرفته‌اند. به طور کلی، اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد ششم عبارتند از:

#### اینفوگراف ۱۴: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد ششم



**تدوین طیف گسترده‌ای از استانداردهای هوش مصنوعی:** تدوین استانداردها باید همگام با روند پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی با سرعت بیشتری انجام شود. براساس این استانداردها می‌توان الزامات، مشخصات، اصول راهنما و معیارهای لازم جهت تولید و به‌کارگیری فناوری‌های هوش مصنوعی را تعیین کرد و کیفیت، کارایی و ایمنی و امنیت فناوری‌ها را تضمین نمود. مهم‌ترین حوزه‌هایی که لازم است استانداردهای لازم در ارتباط با آن‌ها به سرعت تدوین گردد، عبارتند از:

• **مهندسی نرم‌افزار** جهت مدیریت پیچیدگی سیستم‌ها، تعمیر، نگهداری، امنیت و پایش و کنترل رفتارهای احتمالی؛

- **عملکرد** جهت تضمین صحت، قابلیت اعتماد، استواری، دسترسی و تغییر مقیاس؛
- **واحدهای سنجش** جهت ارزیابی عوامل تأثیرگذار بر عملکرد و تطبیق آن‌ها با استانداردها؛
- **ایمنی** جهت ارزیابی روند مدیریت و تحلیل خطر سیستم‌ها، تعاملات انسان و کامپیوتر، سیستم‌های کنترل و تطبیق مقررات مربوطه؛
- **قابلیت استفاده** جهت تضمین کارایی و بهره‌وری رابط‌ها و کنترل‌ها؛
- **تعامل‌پذیری** جهت تعریف اجزا، داده‌ها و مدل‌های قابل معاوضه از طریق رابط‌های استاندارد؛
- **امنیت** جهت تضمین محرمانگی، یکپارچگی و دسترسی به اطلاعات و امنیت سایبری؛
- **حریم خصوصی** جهت حفاظت از داده‌ها در زمان پردازش، انتقال یا ذخیره‌سازی؛
- **قابلیت ردیابی** جهت ثبت رویدادها (اجرا، تست و تکمیل آن‌ها) و گزینش و دسته‌بندی داده‌ها؛
- **دامنه‌ها** جهت تعریف واژگان استاندارد ویژه دامنه‌ها و چهارچوب‌های همسان.

**تعیین معیارهای مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی:** این معیارها متشکل از نتایج ارزیابی‌ها و تست‌ها بوده و ابزارهای کمی لازم جهت تدوین استانداردها و سنجش میزان تطبیق فناوری‌ها با استانداردها را فراهم می‌کنند. واحدهای سنجش استاندارد برای تعریف ویژگی‌های کمی فناوری‌های هوش مصنوعی از جمله صحت و دقت، پیچیدگی، اعتماد و صلاحیت، خطر و عدم قطعیت، توضیح‌پذیری، سوگیری غیرعمد و مقایسه قابلیت این فناوری‌ها با عملکرد انسان و تأثیرات اقتصادی آن‌ها ضروری هستند. از آنجا که این معیارها داده‌محور هستند، دسترسی به مجموعه داده‌های باکیفیت و معتبر جهت تعیین معیارهای مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی بسیار حائز اهمیت است (راهبرد پنجم). نمونه موفقی از معیارها و استانداردهای مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی توسط مؤسسه ملی استاندارد و فناوری تهیه شده است. همچنین، مجموعه جامعی از روش‌های تست استاندارد و واحدهای سنجش عملکرد برای ارزیابی قابلیت‌های اصلی «ریات‌های واکنش اضطراری» براساس این معیارها و استانداردها ارائه شده است. به علاوه، روند مقایسه مدل‌های مختلف ریات‌ها با استفاده از داده‌های آماری مربوطه براساس روش‌های تست استاندارد تسهیل شده است. این مقایسه‌ها به خریداران در تصمیم‌گیری کمک می‌کنند و به سازندگان نیز درک بهتر قابلیت‌های ریات‌ها و ارتقای آن‌ها یا رفع معایب احتمالی آن‌ها کمک می‌کنند. با این حال، اگرچه اقداماتی از این دست بسیار تأثیرگذارند، ولی دامنه کاربرد محدودی دارند و معیارها، استانداردها و بسترهای تست بیشتر و گسترده‌تری باید تهیه شود تا طیف وسیع‌تری از فناوری‌های هوش مصنوعی پوشش داده شود.

**افزایش دسترسی به بسترهای تست هوش مصنوعی:** ایجاد بسترهای تست مناسب برای همه حوزه‌های هوش مصنوعی ضروری است. از آنجا که دولت دارای حجم وسیعی از داده‌های تخصصی است، لازم است برنامه‌های مناسبی جهت ایجاد محیط‌های ایمن برای بسترهای تست فراهم شود تا محققان صنعت و دانشگاه به داده‌های انبوه دولتی دسترسی پیدا کنند. نهادهای خاصی باید به‌عنوان متولیان این بسترهای تست عمل کنند تا



دانشمندان و محققان بتوانند از داده‌های دولتی به صورت ایمن جهت توسعه فناوری‌ها و نوآوری‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری نمایند.

### مشارکت جامعه هوش مصنوعی در زمینه تهیه استانداردها و معیارها: دولت باید روند استانداردسازی را رهبری و

هماهنگ نماید و کاربران، جامعه هوش مصنوعی، صنعت، دانشگاه و خود دولت را به تدوین و استفاده از استانداردها و معیارها ترغیب کند. نهادهای دولتی نقش‌های گوناگونی در جامعه هوش مصنوعی ایفا می‌کنند و لازم است به طور هماهنگ با هم عمل کنند. به عبارت دیگر، هماهنگی نهادهای دولتی جهت تأمین همه الزامات کاربرمحور، پیش‌بینی استانداردهای سازنده‌محور و افزایش فرصت‌های آموزشی ضروری است. لازم به ذکر است که با استفاده از الزامات کاربرمحور می‌توان اهداف و چالش‌های موردنظر و معیارهای ارزیابی فناوری‌های هوش مصنوعی را مشخص کرد و فناوری‌های مناسبی برای کاربران تولید نمود که با استانداردهای کیفی مورد انتظار آن‌ها مطابقت داشته باشند.

صنعت و دانشگاه نیز به عنوان منابع اصلی فناوری‌های نوظهور هوش مصنوعی عمل می‌کنند و بنابراین هماهنگی و مشارکت آن‌ها در زمینه تدوین استانداردها و معیارها بسیار ضروری است. همزمان با ظهور راه‌حل‌ها باید پیش‌بینی استانداردهای کاربرمحور/سازنده‌محور نیز مدنظر قرارگیرد تا بتوان استانداردهای مناسب جهت ارزیابی و تطبیق فناوری‌ها با ویژگی‌های مورد انتظار (کاربر و سازنده) را تدوین کرده و مورد استفاده قرار داد. برنامه معیار هوش مصنوعی یکی از نمونه‌های موفق است که توسط مؤسسه ملی استاندارد و فناوری با مشارکت جامعه «کنفرانس بازیابی متن» (TREC) با هدف ایجاد زیرساخت لازم برای ارزیابی روش‌های بازیابی اطلاعات در سطح وسیع در سال ۱۹۹۲ آغاز شد. اگرچه این‌گونه برنامه‌ها مستلزم صرف هزینه و در نتیجه اهدای مشوق‌های مالی به شرکت‌کنندگان (بخش خصوصی و دانشگاهی) است، اما مزیت‌های بسیاری از جمله افزایش دسترسی پژوهشگران به داده‌های آموزشی و تست، افزایش رقابت سالم بین سازندگان فناوری و دستیابی به واحدهای سنجش عملکرد عینی برای گزینش منابع را دربردارند.

### راهبرد هفتم: شناخت بهتر نیازهای کشور در زمینه نیروی کار متخصص جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی

اینفوگراف ۱۵: اولویت‌های تحقیقاتی موردنظر در راهبرد هفتم



با توجه به گسترش روزافزون کاربرد فناوری‌های هوش مصنوعی در تمام عرصه‌های اقتصادی و اجتماعی، لزوم دسترسی به نیروی کار متخصص جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی بیش از پیش احساس می‌شود و دانشمندان و مهندسان این حوزه از فرصت‌های زیادی جهت توسعه مرزهای دانش هوش مصنوعی برخوردارند. بنابراین لزوم پرورش نیروی انسانی مجرب برای تأمین نیازهای فزاینده کشور جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی در راهبرد هفتم مورد تأکید قرار گرفته است.

نیروی کار واجد شرایط لازمه پیشبرد تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی محسوب می‌شود. با برخورداری از نیروی کار مجرب جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی و توسعه تخصص‌های فنی آن‌ها می‌توان به جایگاه پیشگام در حوزه‌های متعدد مانند ساخت الگوریتم، نمایش قابلیت‌های محصولات و تجاری‌سازی دست یافت. اگرچه آمار دقیقی از تعداد متخصصان هوش مصنوعی در دست نیست، اما گزارش‌های اخیر بخش‌های صنعت و دانشگاه بر کمبود شدید نیروی‌های متخصص در این حوزه دلالت دارند. شرکت‌های فناوری پیشرفته در زمینه جذب محققان و دانشجویان حوزه هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری هنگفتی می‌کنند و صنعت و دانشگاه در زمینه استخدام متخصصان هوش مصنوعی رقابتی تنگاتنگ با یکدیگر دارند. بنابراین ضروری است مطالعات گسترده‌ای جهت تعیین نیازهای کشور در زمینه متخصصان هوش مصنوعی انجام شود. در واقع، وضعیت کنونی نیروی کار متخصص جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی در نهادهای دولتی، صنعتی و دانشگاهی باید با جزئیات کامل بررسی شود. عوامل تأثیرگذار بر عرضه و تقاضای نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی نیز باید تعیین شود تا بتوان نیازهای آتی کشور در این زمینه را پیش‌بینی کرد. همچنین، مطالعات جامعی درباره آموزش و بازآموزی نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی باید انجام شود و تنوع نیروی کار نیز باید به‌عنوان عاملی مهم در افزایش بهره‌وری و کارایی نیروی کار در مطالعات و سیاست‌گذاری‌ها مورد توجه قرار گیرد. گفتنی است که برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری دقیق و مناسب جهت رفع چالش‌های موجود تنها پس از شناسایی کامل نیازهای فعلی و آتی کشور در زمینه نیروی کار متخصص جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی امکان‌پذیر خواهد بود.

### راهبرد هشتم: گسترش مشارکت بخش خصوصی و دولتی جهت تسریع روند پیشرفت‌های هوش مصنوعی

اینفوگراف ۱۶: اولویت‌های تحقیقاتی مورد نظر در راهبرد هشتم

گسترش مشارکت بخش خصوصی و دولتی جهت تسریع روند تحقیقات مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی در قالب:



با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته در حوزه هوش مصنوعی، ضرورت مشارکت دولت فدرال با دانشگاه و صنعت و شرکت‌ها بیش از پیش مشهود است و مشارکت بخش خصوصی و دولتی در سرعت بخشیدن به روند تحقیقات مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی اجتناب‌ناپذیر است. از این رو، لزوم گسترش این مشارکت‌ها در راهبرد هشتم مورد تأکید قرار گرفته است.

همانطور که در بخش ۳-۲ گفته شد، راهبرد هشتم در به‌روزرسانی برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۹ افزوده شده است که بیانگر نقش فزاینده مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی در پیشبرد اهداف مربوط به تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی است. در واقع، ایالات متحده با برخورداری از شرایط منحصر به فرد خود جهت تحقیق و توسعه در صنعت، دانشگاه و دولت موفق به کسب جایگاه پیشگام در زمینه تحقیقات و نوآوری مهندسی و علمی شده است. دولت از زمان انتشار نسخه ۲۰۱۶ برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی همواره سعی داشته است که در زمینه تحقیق و توسعه هوش مصنوعی از طریق همکاری با دانشگاه، صنعت، سایر نهادهای غیرفدرال و شرکای بین‌المللی سرمایه‌گذاری بیشتری انجام دهد تا بدین ترتیب پیشرفت‌های فناورانه در زمینه هوش مصنوعی و فناوری‌های مرتبط با آن را تسریع بخشد و امکان گسترش اقتصاد و امنیت ملی را فراهم آورد.

به‌طور کلی، مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی مزیت‌های بسیاری در پیشبرد اهداف تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی در بردارند. ارتقای راهبردی منابع (امکانات، مجموعه‌های داده و تخصص)، توسعه نوآوری‌های علمی و مهندسی، سرعت بخشیدن به کاربردی‌سازی نوآوری‌ها، ارتقای آموزش و پرورش محققان و تکنیسین‌ها و مدیران نسل آینده از جمله این مزایا به‌شمار می‌آیند. محققان دانشگاهی از طریق مشارکت‌های دانشگاه و صنعت می‌توانند به چالش‌های اصلی موجود در صنعت پی ببرند و این امر نیز به نوبه خود موجب گسترش تحقیقات کاربردی و ارتقای تخصص‌های مورد نیاز در صنعت می‌شود. بدین ترتیب، محققان براساس نتایج تحقیقات منبع‌باز با سرعت بیشتری می‌توانند محصول و خدماتی را ارائه دهند که به رشد اقتصادی کمک می‌کنند. همچنین با معرفی اعضای هیئت علمی دانشگاه‌ها و دانشجویان جهت همکاری و اشتغال در محیط‌های صنعتی امکان تقویت ظرفیت‌های نیروی کار و تحقیقاتی کشور میسر می‌شود. به‌طور کلی، مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی در اشکال مختلفی به شرح زیر محقق می‌شوند:

**همکاری‌های پروژه‌محور فردی:** محققان دانشگاهی می‌توانند با نهادهای فدرال، بخش صنعت و سازمان‌های بین‌المللی در زمینه موضوعات مورد علاقه طرفین همکاری علمی و پژوهشی داشته باشند.

**برنامه‌های مشترک برای پیشبرد تحقیقات بنیادین، منبع‌باز و رقابتی:** مشارکت‌های مستقیم سازمان‌ها در بخش‌های مختلف امکان تأمین مالی مشترک و حمایت از تحقیقات بنیادین، منبع‌باز و رقابتی در موضوعات

مورد علاقه طرفین را فراهم می‌آورند. گفتنی است که نهادهای غیرفدرال که در زمینه تأمین مالی تحقیقات مشارکت می‌کنند از حقوق مالکیت فکری برابر با دولت مطابق قانون برخوردار هستند.

### **همکاری جهت ارتقای زیرساخت‌های تحقیقاتی:** همکاری بین نهادهای فدرال، صنعت و سازمان‌های بین‌المللی به

توسعه ظرفیت و زیرساخت‌های پژوهشی منتهی می‌شود که به نوبه خود به تسریع و توسعه فعالیت‌های تحقیقاتی دانشمندان کمک می‌کند. شرکا می‌توانند حمایت‌های مالی خود را به صورت نقدی و غیرنقدی ارائه نمایند.

### **همکاری در زمینه ارتقای ظرفیت‌های نیروی کار از جمله گسترش مشارکت آن‌ها:** مشارکت‌های چندبخشی زمینه را برای

رشد و ارتقای نیروی کار تخصصی فراهم می‌آورند. این مشارکت‌ها ضمن گسترش تحقیقات بنیادین، منبع باز و رقابتی در حوزه هوش مصنوعی باعث افزایش دسترسی به منابع پژوهشی مانند مجموعه داده‌ها، مدل‌ها و ظرفیت‌های محاسباتی پیشرفته شده و همچنین امکان ارتقای تبادل محققان و جلسات مشترک بین دولت، دانشگاه و صنعت و به اشتراک‌گذاری دانش و تخصص‌های لازم جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی را فراهم می‌آورند. به علاوه، این مشارکت‌ها در تقویت و ترویج ماهیت بین‌رشته‌ای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی نقش مؤثری ایفا می‌کنند. به بیان دقیق‌تر، همگرایی علوم کامپیوتر و اطلاعات، روانشناسی و علوم شناختی، اقتصاد و نظریه بازی‌ها، مهندسی و نظریه کنترل، ریاضی و آمار، اخلاق، زیان‌شناسی و فلسفه موجب پیشبرد سریع‌تر روند توسعه و ارزیابی سیستم‌های هوش مصنوعی در آینده خواهند شد. از این رو، مشارکت‌های بخش دولتی و خصوصی باید توسط نهادهای فدرال با جدیت دنبال شود تا اهداف موردنظر در این برنامه راهبردی محقق شوند. [۱۰]

## **۲-۲-۳ مشارکت نهادهای فدرال در زمینه اجرای راهبردهای هشت‌گانه موردنظر در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹)**

همکاری بسیاری از نهادهای فدرال در به‌کارگیری هوش مصنوعی و شناسایی فرصت‌های تحقیق و توسعه و همسوسازی فعالیت‌های تحقیق و توسعه فدرال در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی (۲۰۱۹) مورد تأکید قرار دارد. در این راستا، شورای ملی علم و فناوری همگام با دولت توانسته است چهارچوب جدیدی در سه حوزه شامل افق راهبردی و رهبری ارشد، برنامه‌ریزی عملیاتی و اجرای تاکتیکی و تحقیقات و تخصص فنی ایجاد نماید. شایان ذکر است که کمیته منتخب هوش مصنوعی، کمیته فرعی یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی و کارگروه بین‌سازمانی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی به‌عنوان اعضای کلیدی در این چهارچوب محسوب می‌شوند. به‌طور کلی، با بررسی اجمالی برنامه‌ها و اقدامات صورت گرفته در راستای اجرای راهبردهای موردنظر در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی - به‌ویژه هفت راهبرد موردنظر در نسخه ۲۰۱۶ برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی - در فاصله سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۹ می‌توان به میزان پیشرفت و وضعیت کنونی ایالات متحده در زمینه تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی پی برد. میزان مشارکت نهادهای فدرال در زمینه اجرای راهبردهای موردنظر در این برنامه در جدول (۱) نشان داده شده است [۸].

جدول ۱: مشارکت نهادهای فدرال در زمینه اجرای راهبردهای هشت‌گانه مورد نظر در برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی

راهمبردهای تحقیق و توسعه هوش مصنوعی	اداره پژوهش‌های علمی نیروی هوایی	ارتش	سازمان آمار	سازمان پروژهای پیشرفته دفاعی	وزارت امنیت داخلی	وزارت دفاع	وزارت انرژی	وزارت حمل و نقل	سازمان غذا و دارو	سازمان خدمات عمومی	وزارت بهداشت و خدمات انسانی	سازمان پژوهش‌های پیشرفته اطلاعات	نام‌ها	مؤسسه ملی غذا و کشاورزی	مؤسسه ملی سلامت	مؤسسه ملی دادگستری	مؤسسه ملی استانداردها و فناوری	اداره ملی ایمنی و جوی	بنیاد ملی علوم	سازمان ملی مخبرات و اطلاعات	سازمان پژوهش‌های دریایی	وزارت امور بازرگانان
راهبرد اول	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓		
راهبرد دوم	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
راهبرد سوم		✓		✓	✓	✓	✓							✓	✓				✓			
راهبرد چهارم		✓		✓	✓	✓	✓		✓			✓					✓	✓	✓			
راهبرد پنجم					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
راهبرد ششم				✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓		✓	✓		✓		
راهبرد هفتم							✓	✓				✓		✓	✓		✓	✓				
راهبرد هشتم		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓			

2016-2019 PROGRESS REPORT: ADVANCING ARTIFICIAL INTELLIGENCE R&D.  
<https://www.nitrd.gov/news/AI-Progress-Report-2016-2019.aspx>

منبع:

### ۳-۲-۳ بودجه فدرال جهت اجرای برنامه‌های تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی

بودجه پیشنهادی دولت فدرال برای سال مالی ۲۰۲۰ براساس حوزه‌های تشکیل دهنده برنامه (PCA) تدوین شده‌اند. گفتنی است که حوزه‌های مطرح شده در اینفوگراف ۱۷ در ارتباط با هوش مصنوعی به‌عنوان حوزه‌های تشکیل دهنده برنامه (PCA) در نظر گرفته شده‌اند:

1. Program Component Areas

اینفوگراف ۱۷: حوزه‌های تشکیل‌دهنده برنامه (PCA)



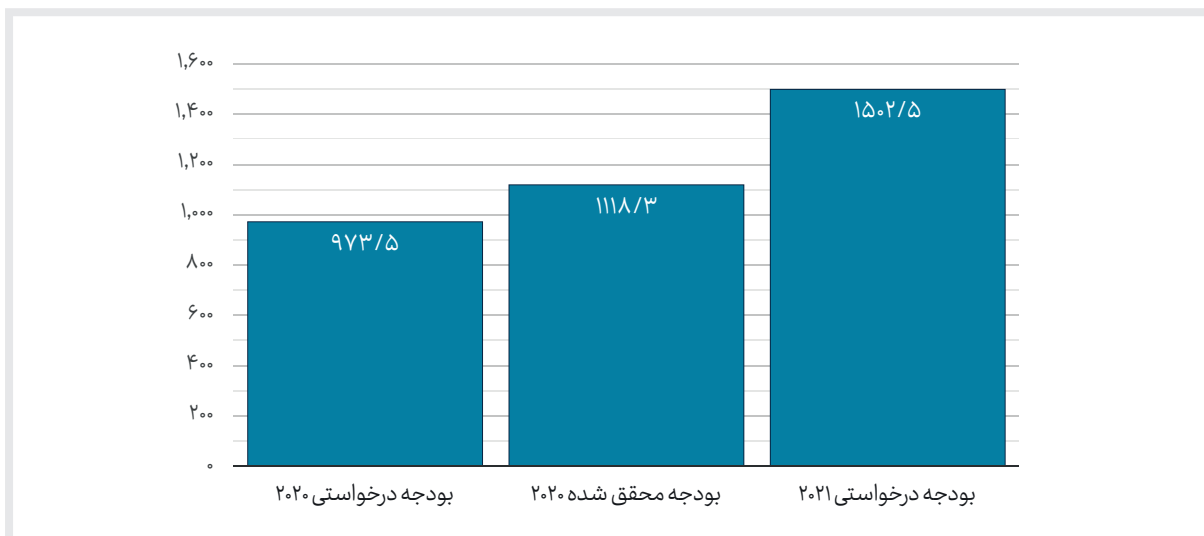
بودجه اختصاص یافته به تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی (۹۱۲ میلیون دلار) و سایر حوزه‌هایی که به‌نحوی با هوش مصنوعی مرتبط هستند (۵۹۰/۵ میلیون دلار) برای سال مالی ۲۰۲۱ در جدول (۲) نشان داده شده‌است. گفتنی است که بودجه اختصاص یافته به حوزه هوش مصنوعی غیردفاعی در مجموع معادل ۱/۵ میلیارد دلار است که نسبت به سال ۲۰۲۰ حدود ۳۴/۴ درصد افزایش داشته‌است (نمودار ۴). بودجه تحقیق و توسعه نهادهای مختلف در حوزه هوش مصنوعی غیردفاعی نیز در نمودار ۵ نشان داده شده‌است. [۱۴]

جدول ۲: مجموع بودجه فدرال جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی (مستقیم و غیرمستقیم) ۲۰۱۹-۲۰۲۱ (میلیون دلار)

سال مالی	هوش مصنوعی	CHuman	CNPS	CSP	EDW	EHCS	HCIA	IRAS	LSDMA	LSN	SPSQ	کل
کل ۲۰۱۹ واقعی	۶۲۷/۷	۷۸/۵	۳۷/۶	۲۶/۸	۱۶/۷	۳۷/۲	۴۹/۴	۱۰۷/۶	۱۱۰/۸	۸/۹	۱۳/۵	۱۱۱۴/۶
کل ۲۰۲۰ محقق شده	۶۵۴/۹	۸۵	۳۹/۱	۲۹/۲	۱۸/۳	۵۰/۴	۷۱/۴	۶۱/۲	۸۵/۵	۹/۱	۱۳/۹	۱۱۱۸/۳
کل ۲۰۲۰ مکمل	۵/۶	۰/۵	۰/۳	۰/۳	۰	۰	۰/۱	۰/۳	۱/۳	۰/۱	۰	۸/۶
کل ۲۰۲۱ درخواست شده	۹۱۲	۸۳/۸	۴۳/۴	۴۳/۲	۲۹/۵	۶۴/۴	۹۹/۹	۷۲	۱۱۵/۴	۱۸/۹	۲۰/۱	۱۵۰۲/۵

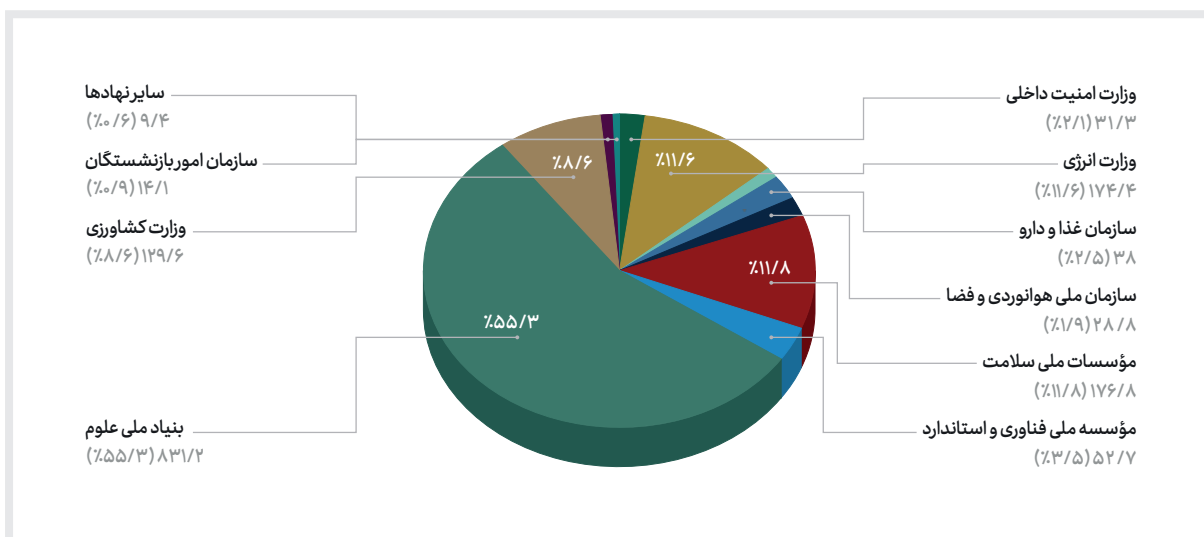
**نکته:** ارقام فوق گرد شده‌اند. جدول بودجه به تفکیک نهادهای فدرال برای هر یک از حوزه‌های فوق در وب‌سایت مربوطه موجود است.

1. Computing-Enabled Human Interaction, Communication, and Augmentation
2. Cyber Security and Privacy
3. Education and Workforce
4. Enabling-R&D for High-Capability Computing Systems
5. High-Capability Computing Infrastructure and Applications
6. Large-Scale Data Management and Analysis
7. Software Productivity, Sustainability, and Quality



نمودار ۴: بودجه تحقیق و توسعه فدرال در حوزه هوش مصنوعی غیردفاعی در سال های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ (میلیون دلار)

منبع: The Networking and Information Technology Research and Development (NITRD) Program wesite, August 2020



نمودار ۵: بودجه تحقیق و توسعه نهادهای مختلف در حوزه هوش مصنوعی غیردفاعی در سال ۲۰۲۱ (میلیون دلار)

منبع: The Networking and Information Technology Research and Development (NITRD) Program wesite, August 2020

### ۳-۳ اقدامات عملی فدرال در زمینه اجرای راهبردهای هشت‌گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و

#### توسعه هوش مصنوعی در فاصله سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۶

در این بخش به اقدامات صورت گرفته در زمینه اجرای هر یک از راهبردهای هشت‌گانه برنامه ملی راهبردی تحقیق و توسعه هوش مصنوعی در فاصله سال‌های ۲۰۱۹-۲۰۱۶ پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که اقدامات نامبرده در ارتباط با هر یک از راهبردها در حوزه‌های متعددی نظیر علوم و مهندسی، دفاع، اقتصاد، سلامت و غیره مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## اقدامات عملی فدرال در زمینه اجرای راهبرد اول

در سال‌های اخیر، دانشمندان با حمایت نهادهای فدرال نسبت به استفاده از هوش مصنوعی در طیف گسترده‌ای از حوزه‌های مختلف از تشخیص پزشکی تا امنیت داخلی اقدام کرده‌اند. همچنین، پیشرفت‌های فنی چشمگیری در زمینه روش‌ها و کاربردهای یادگیری ماشینی با استفاده از مدل‌های آماری یا شبکه‌های عصبی مصنوعی حاصل شده است. شایان ذکر است با توجه به حجم بالای داده‌های مستند برای آموزش سیستم‌ها به راحتی می‌توان از یادگیری ماشینی جهت حل مسائلی استفاده کرد که نیازمند تشخیص الگو، دسته‌بندی نهادها یا پیش‌بینی مقادیر هستند. با این حال، سرمایه‌گذاری‌ها محدود به این حوزه نبوده است و در حوزه‌های دیگر هوش مصنوعی از جمله «ابزارهای مربوط به تصمیم‌گیری و پشتیبانی از آن، اصول و الگوریتم‌های حل مسأله توسط انسان و سیستم‌های هوش مصنوعی، رباتیک و روش‌های یافتن سریع بهترین راه‌حل برای مسائلی که تحت عنوان بهینه‌سازی ترکیبی نامیده می‌شوند نیز سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی صورت گرفته است.

بنیاد ملی علوم از همان آغاز فعالیت خود از تحقیقات پایه در حوزه هوش مصنوعی حمایت کرده و بسیاری از کاربردهای تجاری هوش مصنوعی در نتیجه‌ی تحقیقات صورت گرفته با حمایت این نهاد محقق شده است. بنیاد با همکاری سازمان‌های مختلف از جمله واحد سیستم‌های هوشمند و اطلاعات (IIS)<sup>۱</sup> وابسته به سازمان مهندسی و علوم اطلاعات و کامپیوتر از تحقیقات پایه و کاربردی محور و سایر حوزه‌های تحقیقاتی در زمینه هوش مصنوعی حمایت می‌کند. «ابتکار ملی رباتیک» (NRI)<sup>۲</sup> از جمله برنامه‌هایی است که به طور مشترک توسط سازمان‌های تخصصی بنیاد ملی علوم (مانند سازمان مهندسی و علوم اطلاعات و کامپیوتر)، دفتر تحقیقات علمی نیروی هوایی (AFOSR)<sup>۳</sup>، وزارت دفاع، وزارت انرژی، سازمان ملی هوانوردی و فضا، سازمان پژوهش‌های دریایی (ONR)<sup>۴</sup> و مؤسسه ملی غذا و کشاورزی (NIFA)<sup>۵</sup> و وزارت کشاورزی اجرا می‌شود. ابتکار ملی رباتیک بر تحقیقات مربوط به ربات‌های همکار متمرکز است.

«برنامه مؤسسه‌های ملی تحقیقات هوش مصنوعی»<sup>۶</sup> یکی دیگر از برنامه‌هایی است که توسط بنیاد از اکتبر سال ۲۰۱۹ آغاز شده و با همکاری شرکایی از دیگر نهادهای فدرال اجرا می‌شود. مطابق این برنامه، بودجه‌ای به مدت حداکثر ۵ سال به هر مؤسسه اختصاص داده می‌شود تا در زمینه تحقیقات بنیادین و ترجمانی در حوزه هوش مصنوعی<sup>۷</sup> فعالیت نمایند.

**علوم و مهندسی:** هوش مصنوعی مبتنی بر بهره‌گیری از پیشرفت‌های به دست آمده در حوزه علم داده است.

بسیاری از برنامه‌های بنیاد ملی علوم در سال ۲۰۱۹ بر علم داده متمرکز بوده و تحت طرح «مهار انقلاب داده» (HDR)<sup>۸</sup>

1. Division of Information and Intelligent Systems
2. National Robotics Initiative
3. Air Force Office of Scientific Research
4. Office of Naval Research
5. National Institute of Food and Agriculture
6. National Artificial Intelligence Research Institutes Program
7. Foundational and Translational AI Research
8. Harnessing the Data Revolution



## اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد اول

دانشمندان با حمایت نهادهای فدرال هم‌اکنون به استفاده از هوش مصنوعی در طیف گسترده‌ای از حوزه‌های مختلف از تشخیص پزشکی تا امنیت داخلی مبادرت می‌ورزند. به‌طور کلی، اقدامات متعددی در راستای سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در زمینه تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی به شرح زیر صورت گرفته‌است.

### اقتصاد

#### مؤسسه ملی غذا و کشاورزی وابسته به وزارت کشاورزی

- استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در جهت ارتقای زنجیره تأمین غذا
- اجرای برنامه «گرنیت رقابتی ابزارها و سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی» با تمرکز بر علم داده
- سرمایه‌گذاری در زمینه برنامه‌های گرنیت رقابتی متعدد جهت حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی در حوزه هوش مصنوعی

#### اداره بزرگراه‌های فدرال وابسته به وزارت حمل‌ونقل

- حمایت از بسیاری از کاربردهای کلان هوش مصنوعی در زمینه ارتقای ایمنی، عملکرد و قابلیت اطمینان بزرگراه‌های ایالات متحده
- بررسی چگونگی رخداد تصادفات و نحوه اجتناب از آن‌ها با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشینی
- اجرای برنامه تحقیقات پیشرفته اکتشافی در راستای افزایش کارایی فرآیند پایش و کاهش میزان مشکلات ناشی از عبور حیوانات از بزرگراه‌ها

### سلامت

#### وزارت بهداشت و خدمات انسانی

- حمایت از انواع تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی در تحقیقات سلامت عمومی و زیست‌پزشکی
- اجرای پروژه‌های تحقیقاتی متعدد در ۲۷ مؤسسه و مرکز پژوهشی به‌منظور اجرای یک دستورالعمل واحد برای استفاده از هوش مصنوعی در بخش سلامت

#### مؤسسات ملی سلامت

- حمایت از تحقیقات گسترده جهت پیشرفت مطالعات بنیادین از طریق اجرای ابتکار BRAIN (تحقیقات مغزی از طریق پیشرفت فناوری‌های عصبی نوآورانه) و سایر برنامه‌های پژوهشی

#### کتابخانه ملی پزشکی

- تأمین حجم وسیع بانک‌های داده علمی و پزشکی با استفاده از هوش مصنوعی و روش‌های یادگیری ماشینی در راستای حمایت از تحقیقات پزشکی

### علوم و مهندسی

#### بنیاد ملی علوم

- حمایت از همه مؤسسات فعال در زمینه علم داده با اجرای طرح مهار انقلاب داده
- توسعه برنامه فرارشته‌ای تحقیقات در اصول علم داده
- اجرای برنامه‌های بین‌المللی در حوزه تحقیقات و علوم عصبی محاسباتی جهت حمایت از تحقیقات بنیادین در جهت پیوند دادن هوش مصنوعی و علوم عصبی

#### وزارت انرژی

- تعیین اولویت‌های پژوهشی خود جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی

### دفاع

#### وزارت دفاع

- تأسیس مرکز مشترک هوش مصنوعی به‌عنوان متصدی اصلی وزارت دفاع جهت اجرای راهبرد هوش مصنوعی
- راه‌اندازی پویبش «هوش مصنوعی نسل آینده» توسط آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی در سپتامبر سال ۲۰۱۸
- اجرای برنامه کشف هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از اجزای کلیدی در پویبش هوش مصنوعی نسل آینده جهت امکان‌سنجی مفاهیم جدید هوش مصنوعی توسط پژوهشگران

#### دفتر تحقیقات علمی نیروی هوایی

- مدیریت روند سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات پایه در نیروی هوایی ایالات متحده
- تأمین مالی تخصصی و بلندمدت در برنامه «هوش ماشینی و شناخت محاسباتی» و برنامه «علم اطلاعات، محاسبات، یادگیری و ادغام»

#### سازمان تحقیقات دریایی

- مدیریت، حمایت و اجرای برنامه‌های علم و فناوری نیروی دریایی ایالات متحده

#### اداره تحقیقات ارتش

- حمایت از تحقیق و توسعه به‌منظور ارتقای کاربردهای هوش مصنوعی در امنیت ملی

(یکی از ده طرح بنیاد برای سرمایه‌گذاری‌های آتی) اجرا می‌شوند. مطابق این طرح، بنیاد ملی علوم طی فرآیندی رقابتی و دو مرحله‌ای از همه مؤسسات فعال در زمینه علم داده حمایت به عمل می‌آورد. بنیاد مذکور همچنین براساس طرح مهار انقلاب داده از طریق ادغام رشته‌های علوم کامپیوتر، ریاضی، آمار و مهندسی الکترونیک نسبت به توسعه «برنامه فرارشته‌ای تحقیقات در اصول علم داده» (TRIPODS)<sup>۱</sup> اقدام کرده‌است که برنامه‌ای مبتنی بر حمایت از تحقیقات بنیادین در حوزه آمار و یادگیری است. به علاوه، بنیاد ملی علوم با اجرای برنامه‌های بین‌المللی در حوزه تحقیقات و علوم عصبی محاسباتی از تحقیقات بنیادین در جهت پیوند دادن هوش مصنوعی و علوم عصبی حمایت می‌کند.

علوم و تحقیقات مربوط به انرژی در وزارت انرژی نیز به‌طور کامل تحت تأثیر یادگیری ماشینی قرار دارند. وزارت انرژی طی کارگاه «نیازهای اساسی پژوهش»، اولویت‌های پژوهشی خود جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی را تعیین کرده‌است:

- یادگیری ماشینی علمی و آگاه به دامنه<sup>۲</sup> برای ارتقای دامنه دانش علمی؛
  - یادگیری ماشینی علمی و قابل تفسیر؛
  - یادگیری ماشینی علمی برای روش‌های کارآمد و پایدار؛
  - یادگیری ماشینی مبتنی بر داده برای استنباط علمی خودکار و تحلیل داده؛
  - شبیه‌سازی و مدل‌سازی تقویت‌شده یادگیری ماشینی برای محاسبات علمی پیش‌گویانه؛ و
  - خودکارسازی هوشمند و پشتیبانی از تصمیم‌گیری برای مدیریت و کنترل سیستم‌های پیچیده از جمله بهبود ظرفیت‌های عملیاتی شبکه‌های ارتباطی و برق و سایر زیرساخت‌های مجهز به حسگر و فرآیندهای پیچیده.
- دفاع:** ایجاد ارتشی توانمند، تقویت ائتلاف‌ها و جذب شرکای جدید از جمله اهداف وزارت دفاع در حوزه هوش مصنوعی به‌شمار می‌آید. «مرکز مشترک هوش مصنوعی» (JAIC)<sup>۳</sup> که در سال ۲۰۱۸ تأسیس شد، متصدی اصلی اجرای راهبرد هوش مصنوعی در وزارت دفاع محسوب می‌شود. اداره دبیرخانه وزارت دفاع شامل آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی و آزمایشگاه‌های خدمات نظامی در زمینه سرمایه‌گذاری بلندمدت جهت تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی پیش‌تاز هستند.

پویش «هوش مصنوعی نسل آینده»<sup>۴</sup> توسط آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی در سپتامبر سال ۲۰۱۸ راه‌اندازی شده‌است. حوزه‌های اصلی این پویش شامل سیستم‌های نرم‌افزاری تأیید یا بررسی ترخیص امنیتی است که امکان تقویت امنیت و تاب‌آوری فناوری‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی، کاهش ناکارآمدی عملکرد/ داده/ انرژی و پایه‌ریزی نسل جدید کاربردها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند منطق عمومی را فراهم می‌آورند.

1. Transdisciplinary Research in Principles of Data Science  
 2. Domain-Aware Scientific Machine Learning  
 3. Joint Artificial Intelligence Center  
 4. AI Next

آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی برنامه‌های جدید و گسترده‌ای را از سپتامبر سال ۲۰۱۸ همزمان با شروع پویش «هوش مصنوعی آینده» آغاز کرده است. این پویش به‌طور ویژه بر حوزه‌های زیر متمرکز است:

**ظرفیت‌های جدید:** آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی با بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی توانسته است تعداد زیادی پروژه‌های تحقیق و توسعه از جمله بیش از ۶۰ برنامه موجود مانند ابتکار احیای الکترونیک و سایر برنامه‌های مربوط به تحلیل زمان واقعی حملات سایبری پیچیده، شناسایی تصاویر جعلی، ساخت زنجیره‌های کشتار پویا برای تمام دامنه‌های جنگ، فناوری‌های زبان انسانی، شناخت هدف خودکار چندمنظوره، پیشرفت‌های زیست‌پزشکی و کنترل اعضای پروتزی را اجرا نماید.

**هوش مصنوعی قوی:** فناوری‌های هوش مصنوعی در حوزه‌های متنوعی از تحلیل تصاویر هوایی، هشدار حمله سایبری، لجستیک زنجیره عرضه تا تحلیل سیستم‌های میکروبیولوژیک کاربردهای مفیدی دارند. آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی با تحقیق و توسعه تحلیلی و تجربی بر نقایص این فناوری متمرکز است. دستاوردهای آژانس مذکور در این عرصه از این جهت برای وزارت دفاع بسیار ارزشمند است که امکان استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در عرصه دفاعی با بیشترین کارایی را فراهم می‌آورند.

**هوش مصنوعی رقیب:** سیستم‌های یادگیری ماشینی را می‌توان به راحتی با تغییراتی در ورودی‌ها فریب داد (اتفاقی که هرگز در مورد انسان رخ نمی‌دهد). داده‌هایی که برای آموزش این سیستم‌ها استفاده می‌شود به راحتی آلوده می‌شوند و خود نرم‌افزار نیز در برابر حملات سایبری آسیب‌پذیر است. با توجه به گسترش استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی این مسائل باید مورد توجه زیادی قرار گیرند.

**هوش مصنوعی با عملکرد بالا:** آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی از طریق پردازش آنالوگ الگوریتم‌های هوش مصنوعی توانسته است پردازشگرهای دیجیتالی پیشرفته‌ای بسازد که سرعت و مصرف انرژی بهینه آن‌ها هزار بار بیشتر از پردازشگرهای دیگر است.

**هوش مصنوعی نسل آینده:** با استفاده از هوش مصنوعی نسل آینده می‌توان کامپیوترها را به عنوان دستیار جهت حل مسأله به کار برد. آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی سعی دارد سیستم‌های هوش مصنوعی به این قابلیت دست یابند که درباره عملکرد خود توضیح دهند تا ضمن کسب دانش تحلیل، تفسیر منطقی از امور ارائه دهند.

علاوه بر تحقیقات صورت گرفته توسط آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی، برنامه «کشف هوش مصنوعی» (AIE) یکی از اجزای کلیدی در پویش هوش مصنوعی نسل آینده محسوب می‌شود که اولین بار در ژوئیه سال ۲۰۱۸ اعلام شد. این برنامه متشکل از مجموعه‌ای از پروژه‌های با خطرپذیری بالا و پربازده است که پژوهشگران طی اجرای آن (دوره حداکثر ۱۸ ماهه) می‌توانند مفاهیم جدید هوش مصنوعی را امکان‌سنجی کنند. با تسهیل روند انعقاد قراردادها و تخصیص بودجه‌های مربوطه، این پروژه‌ها به سرعت و ظرف ۳ ماه از مرحله

پروپوزال وارد مرحله اجرایی می‌شوند. گفتنی است که ۱۳ پروپوزال در حوزه هوش مصنوعی از ژوئای سال ۲۰۱۸ تا اکتبر سال ۲۰۱۹ توسط آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی دریافت شده و روند اجرایی آن‌ها آغاز شده است. بیشتر این پروژه‌ها متعلق به دانشگاه‌ها و کسب‌وکارهای کوچک بوده‌اند.

سازمان تحقیقات علمی نیروی هوایی در زمینه مدیریت روند سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیقات پایه در نیروی هوایی ایالات متحده فعالیت دارد. دو برنامه تأمین مالی تخصصی بلندمدت این سازمان عبارتند از: برنامه «هوش ماشینی و شناخت محاسباتی» (CCMI)<sup>۱</sup> که در راستای پژوهش‌های نوآورانه در زمینه اصول بنیادین و دستیابی به ماشین هوشمند با قابلیت رفتار انسانی به‌ویژه در حوزه تعامل انسان و ماشین تدوین شده است و برنامه «علم اطلاعات، محاسبات، یادگیری و ادغام» (SICLF)<sup>۲</sup> که بر علوم بنیادین در زمینه استخراج و استنباط اطلاعات براساس مجموعه داده‌های نیروی هوایی متمرکز است. دستیابی به سیستم‌های محاسباتی که از سطح بالایی از عملکرد، تطبیق، انعطاف‌پذیری و خودتعمیری برخوردارند به‌عنوان هدف بلندمدت این برنامه به‌شمار می‌آید. لازم به ذکر است که تأمین مالی در زمینه هوش ماشینی و محاسباتی براساس این برنامه صورت می‌گیرد.

سازمان تحقیقات دریایی در زمینه مدیریت، حمایت و اجرای برنامه‌های علم و فناوری نیروی دریایی ایالات متحده فعالیت دارد. این سازمان از طریق اعطای گرنت و عقد قرارداد با شرکای مختلف از بخش صنعت، دانشگاه و نهادهای دولتی به حمایت و تأمین مالی علوم پایه و کاربردی و توسعه فناوری‌های پیشرفته می‌پردازد. برخی از برنامه‌های این سازمان در حوزه هوش مصنوعی عبارتند از:

- یادگیری ماشینی، منطق و هوش مصنوعی که بر گسترش بنیان علمی و روش‌های محاسباتی کارآمد برای ساخت دستگاه‌های هوشمند انعطاف‌پذیری (سایبری و فیزیکی) متمرکز است که قابلیت انجام امور مختلف با حداقل نظارت انسانی را دارا هستند. درواقع، این دستگاه‌های هوشمند قابلیت تعامل با انسان و دیگر دستگاه‌ها در محیط‌های غیرنظام‌مند باز، پیچیده و متغیر را دارا هستند؛
- تعامل انسان با سیستم‌های خودکار که بر ساخت سیستم‌های خودکار هوشمند با قابلیت تعامل شناختی و همچنین ساخت ربات‌هایی متمرکز هستند که به‌عنوان همکار با انسان‌ها کار می‌کنند و امکان همکاری بین انسان‌ها، ربات‌ها، دستگاه‌های هوشمند و سیستم‌های خودکار را فراهم می‌آورند؛
- علم شناختی برای همکاری انسان و ماشین که بر ساخت مدل‌های تجربی از شناخت انسانی و معماری‌های محاسباتی با قابلیت کسب هوش در سطح انسان متمرکز است. این تحقیقات با هدف دستیابی به سیستم‌های هوشمندی اجرا می‌شوند که با قابلیت تطبیق‌پذیری اجتماعی و شناختی خود می‌توانند کارایی انسان را ارتقا دهند یا جایگزین آن شوند و در قالب همکاری انسان و ماشین در نقش همکار، دستیار و مربی فعالیت نمایند؛ و

1. Computational Cognition and Machine Intelligence  
2. Science of Information, Computation, Learning, and Fusion

• علم خودکارسازی که بر موضوعات پژوهشی چندرشته‌ای در حوزه خودکارسازی متمرکز است و پیوند دادن رشته‌هایی مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، نظریه کنترل، عوامل انسانی، زیست‌شناسی، علوم شناختی، روانشناسی، اقتصاد، تحقیقات عملیات‌ها، ریاضی کاربردی، اقیانوس‌شناسی، فیزیک و علوم اعصاب هدف اصلی آن محسوب می‌شود.

اداره تحقیقات ارتش (ARO) از تحقیق و توسعه به منظور ارتقای کاربردهای هوش مصنوعی در امنیت ملی حمایت می‌کند. فعالیت‌های اداره تحقیقات ارتش در سال ۲۰۱۸ بر سه حوزه متمرکز بوده است: سیستم‌های خودکار شامل سنجش انطباقی، جابه‌جایی و ناوبری؛ علم تحلیل آگاهی موقعیتی شامل ادغام داده‌ها، شبکه‌های عصبی مصنوعی، علم تحلیل پیشگویانه، منطق عمومی و مقابله‌ای؛ و همکاری هوش مصنوعی و انسان از جمله فناوری‌های واسط (رابط)، پردازش زبان طبیعی و سنجش آموزش و عملکرد سربازان.

**اقتصاد:** افزایش تولید محصولات غذایی با استفاده از زمین‌های محدود خود جهت تأمین غذای جمعیت روبه رشد کشور و در عین حال جلوگیری از آسیب رساندن به محیط زیست یکی از چالش‌های کنونی اقتصاد ایالات متحده محسوب می‌شود. هوش مصنوعی یکی از فناوری‌های نویدبخش برای حل این چالش است. مؤسسه ملی غذا و کشاورزی وابسته به وزارت کشاورزی سعی دارد با تکیه بر پیشینه غنی خود در تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی، از فناوری‌های هوش مصنوعی در جهت ارتقای زنجیره تأمین غذا استفاده نماید.

مؤسسه ملی غذا و کشاورزی با اجرای برنامه «گرنِت رقابتی ابزارها و سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی» (FACT)<sup>۱</sup> با تمرکز بر علم داده تلاش می‌کند که سیستم‌ها و جوامع قادر به بهره‌برداری مؤثر از داده، بهبود مدیریت منابع و ادغام فناوری‌های نوظهور از جمله هوش مصنوعی در جهت تقویت شرکت‌های غذایی و کشاورزی کشور باشند. هوش مصنوعی با ساخت ربات‌های خودکار، ادغام داده‌های سنجش خاک و محصول در سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری و مدل‌های یادگیری ماشینی برای زیست‌بوم‌ها به اقتصاد کمک می‌کند. مؤسسه ملی غذا و کشاورزی در سال‌های اخیر در برنامه‌های گرنِت رقابتی متعددی جهت حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی در حوزه هوش مصنوعی سرمایه‌گذاری نموده است:

- سیستم‌های مبتنی بر یادگیری ماشینی، سنجش از راه دور، تصویربرداری ماهواره‌ای، پهپادها و فناوری‌های دقیق تولید و مدیریت جهت پایش خاک و محصول؛
- ربات‌های خودکار جهت انجام امور مبتنی بر نیروی کار مانند برداشت محصول در حجم وسیع‌تر و با سرعت بیشتر از نیروی انسانی؛
- الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری که قابلیت تشخیص محصول و علف هرز و میوه و برگ در دستگاه‌های برداشت رباتیک را دارا هستند؛

1. Army Research Office  
2. Food and Agriculture Cyberinformatics and Tools

- سازوکارهای سنجش مبتنی بر فناوری نانو و حسگرهای هوشمند برای شناسایی سریع، زود هنگام و دقیق پاتوژن‌ها (عوامل بیماری‌زا)، مواد شیمیایی، آلودگی‌ها و آلرژن‌ها در مواد غذایی، سیستم‌های تولید محصولات حیوانی و گیاهی، آب و خاک؛ و
- ساخت سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری هوشمند در کشاورزی جهت افزایش تولید و کاهش مصرف آب و اثرات مخرب بر زیست‌بوم.

اداره بزرگراه‌های فدرال (FHWA)<sup>۱</sup> وابسته به وزارت حمل‌ونقل از بسیاری از کاربردهای کلان هوش مصنوعی در زمینه ارتقای ایمنی، عملکرد و قابلیت اطمینان بزرگراه‌های ایالات متحده حمایت می‌کند. «تیم تحلیل داده ایمنی» وابسته به اداره بزرگراه‌های فدرال با استفاده از مجموعه داده‌های حاصله از «دومین برنامه راهبردی پژوهش‌های بزرگراه»<sup>۲</sup> توانسته است چگونگی رخداد تصادفات و نحوه اجتناب از آن‌ها را بررسی نماید. این تیم با تجزیه و تحلیل اطلاعات ویدیویی با استفاده از الگوریتم‌های بینایی کامپیوتری مبتنی بر هوش مصنوعی توانسته است آن‌ها را با داده‌های مناطق اداری، علائم راهنمایی و رانندگی و شرایط جوی مانند مه یا بارش تطبیق دهد. الگوریتم‌های یادگیری ماشینی باعث افزایش سرعت و دقت تفسیرهای مفسران انسانی می‌شوند.

همچنین، تحقیقات مربوط به دسته‌بندی پستانداران بزرگ در فیلم‌های گرفته شده از بزرگراه‌ها مطابق برنامه تحقیقات پیشرفته اکتشافی (EAR)<sup>۳</sup> تحت حمایت قرار دارند. این برنامه خودکارسازی باعث افزایش کارایی فرآیند پایش شده و میزان مشکلات ناشی از عبور حیوانات از بزرگراه‌ها را کاهش می‌دهد.

**سلامت:** وزارت بهداشت و خدمات انسانی به‌عنوان نهاد دولتی مرجع در تحقیقات سلامت عمومی و زیست‌پزشکی عمل می‌کند و از انواع تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی حمایت می‌کند. وزارت مذکور با اجرای پروژه‌های تحقیقاتی در ۲۷ مؤسسه و مرکز پژوهشی توانسته است دستورالعمل واحدی برای استفاده از هوش مصنوعی در بخش سلامت اجرا کند. بسیاری از ابعاد هوش مصنوعی برگرفته از مطالعات علوم اعصاب درباره نحوه محاسبه و پردازش اطلاعات در مغز هستند. مؤسسات ملی سلامت از طریق ابتکار BRAIN (تحقیقات مغزی از طریق پیشرفت فناوری‌های عصبی نوآورانه)<sup>۴</sup> و سایر برنامه‌های پژوهشی از تحقیقات گسترده جهت پیشرفت مطالعات بنیادین حمایت می‌کنند.

پروژه‌های هوش مصنوعی وزارت بهداشت و خدمات انسانی بر موضوعات متعددی به شرح زیر متمرکز هستند: استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی برای پایش محصولات قانونی که وارد ایالات متحده می‌شوند، خلاصه‌سازی اسناد برجسب‌زنی داروها با استفاده از پردازش زبان طبیعی و یادگیری عمیق، شناسایی بیماری‌ها از طریق تصویرهای پزشکی که به وسیله معماری‌های جدید یادگیری عمیق پردازش می‌شوند، پیش‌بینی مقاومت

1. Federal Highway Administration  
 2. The Second Strategic Highway Research Program  
 3. Exploratory Advanced Research  
 4. Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies

ضدمیکروبی از کل داده توالی ژنوم، و تسریع ساخت دارو با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی.

علاوه بر این، کتابخانه ملی پزشکی که امکان دسترسی به حجم وسیع بانک‌های داده علمی و پزشکی را در راستای حمایت از تحقیقات پزشکی در اختیار محققان قرار می‌دهد، از هوش مصنوعی و روش‌های یادگیری ماشینی استفاده می‌کند تا امکان دسترسی سریع و مؤثر جستجوگران به منابع را میسر ساخته و در کسری از ثانیه نتایج را در اختیار آن‌ها قرار دهد.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد دوم

بسیاری از نهادهای فدرال در راستای تعیین روش‌های مؤثر جهت ارتقای تعامل انسان و هوش مصنوعی به انجام تحقیقات متعدد در حوزه‌های مختلف نظیر شناخت انسانی/ماشینی، خودکارسازی و فعالیت در بافت هوش ماشینی قابل اعتماد، پشتیبانی از تصمیم‌گیری، آگاهی موقعیتی و مدل‌سازی خطر مبادرت می‌ورزند.

**علوم و مهندسی:** بنیاد ملی علوم برنامه‌های متعددی در حوزه تعامل انسان و هوش مصنوعی اجرا می‌کند. به‌عنوان مثال، سازمان مهندسی و علوم اطلاعات و کامپیوتر بودجه تحقیقات مربوط به سیستم‌های هوش مصنوعی را مطابق برنامه «سیستم‌های انسانی-سایبری» تأمین می‌کند. این تحقیقات با هدف تقویت ظرفیت‌های جسمی و ذهنی انسان‌ها اجرا می‌شوند که تعامل سیال انسان و ماشین از طریق سنجش زبان بدن و حالت احساسی انسان را بهبود می‌بخشند و ظرفیت حل مسأله در تیم‌های مرکب از انسان و سیستم‌های هوش مصنوعی را ارتقا می‌دهند. سازمان علوم شناختی و رفتاری بنیاد ملی علوم نیز از تحقیقات مربوط به درک، تصمیم‌گیری و استفاده از زبان انسان حمایت می‌کند. به‌علاوه، بنیاد ملی علوم براساس دومین «ابتکار ملی ریاتیک» (NRI 2.0) از تحقیقات بنیادینی حمایت می‌کند که مبتنی بر تسریع روند توسعه و به‌کارگیری ربات‌های همکاری هستند. برخی از حوزه‌های مورد تأکید در این برنامه عبارتند از:

- **گسترش دامنه کاربردها:** همکاری مؤثر ربات‌ها با چندین انسان و ربات‌های دیگر، شناخت/برنامه‌ریزی/عمل و یادگیری ربات‌ها در محیط‌های واقعی و فاقد قطعیت و تسهیل عملیات ایمن، کارآمد و وسیع ربات‌ها در محیط‌های پیچیده؛
- **شخصی‌سازی:** تطبیق ربات‌های همکاری با وظایف، محیط‌ها یا افراد خاص با حداقل تغییر در سخت‌افزار و نرم‌افزار آن‌ها و برقراری ارتباط کلامی و غیرکلامی با انسان‌ها به‌صورت کاملاً طبیعی؛
- **کاهش موانع ورود به عرصه ریاتیک:** کاهش موانع موجود جهت انجام تحقیقات بنیادین در ارتباط با ریاتیک از طریق توسعه سخت‌افزار و نرم‌افزارهای منبع باز و دسترسی به بسترهای آزمایش؛ و
- **اثر اجتماعی:** ادغام ریاتیک در مواد آموزشی و توسعه ربات‌های کارگر از طریق نظام آموزشی و گسترش کاربردهای ریاتیک تعاملی در عرصه‌های مختلف اقتصادی، فرهنگی، حقوقی و اجتماعی.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد دوم

بسیاری از نهادهای فدرال در راستای تعیین روش‌های مؤثر جهت ارتقای تعامل انسان و هوش مصنوعی به انجام تحقیقات متعدد در حوزه‌های مختلف نظیر شناخت انسانی/ماشینی، خودکارسازی و فعالیت در بافت هوش ماشینی قابل اعتماد، پشتیبانی از تصمیم‌گیری، آگاهی موقعیتی و مدل‌سازی خطر مبادرت می‌ورزند.

#### سلامت

##### مؤسسات ملی سلامت

ساخت سیستم‌هایی که قابلیت پردازش اسناد جهت مدیریت اطلاعات برای انجام تحلیل‌های دقیق‌تر را دارا هستند.

##### کتابخانه ملی پزشکی

برگزاری فراخوان برای ارائه پروپوزال در ارتباط با مجموعه داده‌های پزشکی و ابزارهای مورد استفاده برای تحلیل داده‌ها به منظور اعطای گرنت پژوهشی به پروپوزال‌های برتر

##### وزارت انرژی

- اجرای تحقیقات مربوط به همکاری انسان و هوش مصنوعی جهت بهبود مسائل سلامتی مرتبط با محیط زیست
- استفاده از سیستم‌های رباتیک نیمه خودکار برای اموری مانند پایش سطح رادیواکتیو، نمونه‌برداری (رادیواکتیو یا هسته‌ای) و تعمیر نشتی (رادیواکتیو یا هسته‌ای)
- انجام تحقیقات مربوط به روش‌های پیش‌بینی و شناسایی خطرهای احتمالی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی به کمک یادگیری ماشینی

#### دفاع

##### آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی

ساخت سیستم‌های بدون راهبر که در کنار نیروهای نظامی امکان انجام عملیات ایمن و خودکار را فراهم می‌آورند و سیستم‌های هوش مصنوعی که در زمینه تحلیل و درک اطلاعات پیچیده یا ناقص به انسان‌ها کمک می‌کنند.

##### دفتر تحقیقات علمی نیروی هوایی

سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در حوزه همکاری انسان و ماشین مطابق برنامه «اعتماد و نفوذ» با هدف ایجاد بنیان علمی برای طراحی سیستم‌های انسان و ماشین با عملکرد بالا از طریق اعتمادسازی هدفمند و «توسعه علم نفوذ اجتماعی» در بستر امنیت ملی

#### علوم و مهندسی

##### بنیاد ملی علوم

اجرای برنامه‌های متعدد در حوزه تعامل انسان و هوش مصنوعی

##### سازمان مهندسی و علوم اطلاعات و کامپیوتر

تأمین بودجه تحقیقات مربوط به سیستم‌های هوش مصنوعی مطابق برنامه «سیستم‌های انسانی-سایبری» با هدف تقویت ظرفیت‌های جسمی و ذهنی انسان‌ها جهت بهبود تعامل سیال انسان و ماشین از طریق سنجش زبان بدن و حالت احساسی انسان و ارتقای ظرفیت حل مسأله در تیم‌های مرکب از انسان و سیستم‌های هوش مصنوعی

##### سازمان علوم شناختی و رفتاری

حمایت از تحقیقات مربوط به درک، تصمیم‌گیری و استفاده از زبان انسان  
اجرای دومین «ابتکار ملی رباتیک» (NRI 2.0) در راستای حمایت از تحقیقات بنیادینی که مبتنی بر تسریع توسعه و به‌کارگیری ربات‌های همکار هستند.

**دفاع:** آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی در پی دستیابی به ماشین‌هایی است که صرفاً به‌عنوان ابزاری برای اجرای قوانین انسانی عمل نمی‌کنند، بلکه در اموری مانند حل مسأله نیز به انسان کمک می‌کنند. این نوع ماشین‌ها در کنار نیروهای نظامی باعث تسهیل عملیات تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده، حساس و اضطراری می‌شوند که زمان در آن بسیار ارزشمند است. همچنین، سیستم‌های بدون راهبر در کنار نیروهای نظامی امکان انجام عملیات ایمن و خودکار را فراهم می‌آورند و سیستم‌های هوش مصنوعی در زمینه تحلیل و درک اطلاعات پیچیده یا ناقص به انسان‌ها کمک می‌کنند.



در همین راستا، دفتر تحقیقات علمی نیروی هوایی مطابق برنامه «اعتماد و نفوذ»<sup>۱</sup> نسبت به سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت در حوزه همکاری انسان و ماشین اقدام کرده‌است. این برنامه در وهله اول با هدف افزایش آگاهی نسبت به روند اعتماد و همکاری در انسان‌ها انجام می‌شود تا بتوان چگونگی روند اعتمادسازی و ارتقای اعتماد انسان‌ها به ماشین را شناسایی کرد. به‌ویژه، در این برنامه سعی بر این است که از طریق اعتمادسازی هدفمند بتوان بنیان علمی برای طراحی سیستم‌های انسانی و ماشینی با عملکرد بالا را ایجاد کرد. تحقیقات مربوط به فرآیندهای اجتماعی و شناختی انسان از جمله موضوعات مهم در این حوزه محسوب می‌شوند که امکان طراحی و ساخت سیستم‌های انسانی و ماشینی و همچنین رابط‌های جدید انسان و ماشین و تکنیک‌های جدید تعاملی را میسر می‌سازند. «توسعه علم نفوذ اجتماعی»<sup>۲</sup> در بستر امنیت ملی هدف دیگر برنامه «اعتماد و نفوذ» به‌شمار می‌آید. به‌عنوان مثال، محققان با اجرای این برنامه به دنبال شناخت متغیرهایی هستند که بر رفتار، دیدگاه‌ها و اعتقادات افراد تأثیر می‌گذارند تا به کمک آن‌ها بتوانند به سنجش و پیش‌بینی پدیده‌های اجتماعی بپردازند.

**سلامت:** در ارتباط با همکاری انسان و هوش مصنوعی، مؤسسات ملی سلامت بر پردازش اسناد جهت مدیریت اطلاعات متمرکز هستند. محققان در حال ساخت سیستم‌هایی هستند که قابلیت این را دارند که اطلاعات را از حجم عظیمی از اسناد زبان طبیعی استخراج کنند و زبان‌ها را شناسایی و ترجمه نمایند و اطلاعات اساسی را به‌صورت جدولی یا ستونی مرتب و خلاصه نمایند. این نتایج دسته‌بندی شده به‌راحتی برای پزشکان و دانشمندان قابل استفاده است و می‌توانند از آن‌ها برای انجام تحلیل‌های دقیق‌تر استفاده کنند.

در همین راستا، کتابخانه ملی پزشکی فراخوانی برای ارائه پروپوزال در ارتباط با مجموعه داده‌های پزشکی و ابزارهای مورد استفاده برای تحلیل آن برگزار کرده‌است تا به پروپوزال‌های برتر گزینش پژوهشی اعطا نماید. البته از متقاضیان درخواست شده‌است تا جنبه‌های اخلاقی طرح پیشنهادی خود را نیز مدنظر داشته باشند.

وزارت انرژی نیز از پیشینه‌ای غنی در زمینه اجرای تحقیقات مربوط به همکاری انسان و هوش مصنوعی جهت بهبود مسائل سلامتی مرتبط با محیط زیست برخوردار است. در حال حاضر، این وزارت و پیمانکاران آن از سیستم‌های رباتیک نیمه‌خودکار برای اموری مانند پایش سطح رادیواکتیو، نمونه‌برداری (رادیواکتیو یا هسته‌ای) و تعمیر نشستی (رادیواکتیو یا هسته‌ای) استفاده می‌کنند. محققان در پی دستیابی به روش‌های پیش‌بینی و شناسایی خطرهای احتمالی مانند آلودگی آب‌های زیرزمینی به کمک یادگیری ماشینی هستند.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد سوم

دولت ایالات متحده با اجرای چندین طرح تحقیق و توسعه توانسته‌است به شناخت بیشتری نسبت به جنبه‌های اجتماعی، حقوقی و اخلاقی فناوری‌های هوش مصنوعی دست یابد. تحقیقات مربوط به موضوعاتی خاص همچون برابری، شفافیت، حریم خصوصی، قابلیت اعتماد، تاب‌آوری، سوگیری‌های الگوریتمی، مسئولیت‌پذیری و

1. Trust and Influence Program  
2. Science of Social Influence

پاسخ‌گویی مورد حمایت مالی دولت قرار دارند. اطلاعات حاصله از این تحقیقات در شناخت بهتر نحوه عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی مفید خواهد بود. همچنین، با استفاده از نتایج این تحقیقات می‌توان به چالش‌های بالقوه، تأثیرات گسترده اجتماعی این چالش‌ها و چگونگی کاهش و مقابله با آن‌ها پی برد. به طور کلی، تحقیقات دولتی بر موضوعات زیر متمرکز است:

- **طراحی، ساخت، به‌کارگیری و استفاده:** بررسی محدودیت‌های مؤثر به منظور کنترل امنیتی داده‌های شخصی حساس در زمان استفاده از هوش مصنوعی؛ و
- **پایش و آزمایش:** سنجش و ارزیابی مداوم ورودی‌ها و خروجی‌ها جهت تطبیق مستمر آن‌ها با قوانین، اجتناب از سوگیری و شفافیت و قابل توضیح بودن آن‌ها.

**جنبه‌های اخلاقی و حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی:** بنیاد ملی علوم از تحقیقات مربوط به موضوعات برابری و جنبه‌های اخلاقی هوش مصنوعی و روش‌های موجود برای کاهش سوگیری و تقویت پاسخ‌گویی، شفافیت و پایداری فناوری‌های هوش مصنوعی حمایت به عمل می‌آورد. به عنوان مثال، بنیاد ملی علوم و یکی از شرکت‌های فناوری آمریکا در زمینه اجرای یک پروژه تحقیقاتی در ارتباط با برابری هوش مصنوعی با یکدیگر همکاری دارند تا به سیستم‌های هوش مصنوعی دست یابند که به راحتی مورد پذیرش قرار می‌گیرند و در مواجهه با چالش‌های بزرگ اجتماعی به کار گرفته می‌شوند. شفافیت، قابل توضیح بودن، پاسخ‌گویی، سوگیری‌های بالقوه، راهبردهای کاهش مضرات و ارزیابی مسائل مربوط به برابری و همه‌شمولی از جمله موضوعات مورد توجه می‌باشند. وزارت دفاع نیز در راهبرد هوش مصنوعی خود بر جنبه‌های اخلاقی هوش مصنوعی تأکید دارد. وزارت مذکور در زمینه تحقیق و توسعه درباره سیستم‌های هوش مصنوعی قابل اعتماد/ایمن/پایدار و قوی سرمایه‌گذاری می‌کند. وزارت دفاع در زمینه اتخاذ رویکردهای آزمایش، ارزیابی، سنجش و تأیید نیز پیش‌تاز است. وزارت مذکور همچنین در زمینه روش‌های تولید سیستم‌های هوش مصنوعی قابل توضیح سرمایه‌گذاری می‌کند. به عنوان مثال، آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی در پروژه‌های مربوط به بررسی جنبه‌های فرهنگی سوگیری مجموعه داده‌ها سرمایه‌گذاری می‌کند. از آنجا که هوش مصنوعی تأثیر مهمی بر اقتصاد، نیروی کار و ماهیت کار دارد، بسیاری از نهادهای فدرال به بررسی این موضوع پرداخته‌اند. به عنوان مثال، بنیاد ملی علوم در سال ۲۰۱۸ مجموعه گزینش‌هایی را مطابق «برنامه ایده بزرگ»<sup>۱</sup> برای تحقیقات مربوط به تأثیرات هوش مصنوعی بر نیروی کار و محیط‌های کار در نظر گرفته است. مؤسسه ملی غذا و کشاورزی نیز بودجه تحقیقات مربوط به جنبه‌های مختلف هوش مصنوعی در ارتباط با مدیریت مزرعه، جنگل و دامپروری‌ها را تأمین می‌کند و تحقیقات متعددی درباره فرصت‌های اقتصادی ناشی از کاربرد هوش مصنوعی توسط کارآفرینان و مناطق روستایی انجام داده است. مرکز فناوری تحلیل داده (DATC)<sup>۲</sup> وابسته به وزارت امنیت داخلی نیز درباره تأثیرات هوش مصنوعی بر امنیت داخلی (به عنوان مثال، استفاده احتمالی کاربران مخرب

۱. برنامه ایده بزرگ (Big Idea Program) از سال ۲۰۱۷ آغاز شده است و از ایده‌های پژوهشی جدید و پیش‌تاز در ده حوزه حمایت مالی می‌کند.

۲. Data Analytics Technology Center

از سیستم‌ها و ظرفیت‌های هوش مصنوعی برای تحت تأثیر قراردادان جامعه به نحوی که بر امنیت داخلی تأثیرگذار باشد) و چالش‌های مربوط به درک خطر و اطلاع‌رسانی درباره آن تحقیقات بین‌رشته‌ای انجام می‌دهد. وزارت حمل‌ونقل نیز درباره کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای امنیت جاده‌ای مطالعاتی در دست دارد. به‌عنوان مثال، برنامه «تحقیقات پیشرفته اکتشافی» بر ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی جهت تجزیه و تحلیل مجموعه عظیم داده‌های تصویری ضمن حفظ حریم خصوصی رانندگان با استفاده از ماسک چهره خودکار متمرکز است.

#### اینفوگراف ۲۰: اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد سوم

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد سوم

به‌طور کلی، اطلاعات حاصله از تحقیقات مربوط به جنبه‌های اجتماعی، حقوقی و اخلاقی فناوری‌های هوش مصنوعی در شناخت بهتر نحوه عملکرد سیستم‌های هوش مصنوعی، چالش‌های بالقوه، تأثیرات گسترده اجتماعی این چالش‌ها و چگونگی کاهش و مقابله با آن‌ها مفید خواهد بود.

### جنبه‌های اخلاقی و حقوقی و اجتماعی هوش مصنوعی

#### بنیاد ملی علوم

حمایت از تحقیقات مربوط به موضوعات برابری و جنبه‌های اخلاقی هوش مصنوعی و روش‌های موجود برای کاهش سوگیری و تقویت پاسخ‌گویی، شفافیت و پایداری فناوری‌های هوش مصنوعی

#### وزارت دفاع

- سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیق و توسعه درباره سیستم‌های هوش مصنوعی قابل اعتماد/ایمن/پایدار و قوی
- سرمایه‌گذاری در زمینه روش‌های تولید سیستم‌های هوش مصنوعی قابل توضیح و پروژه‌های مربوط به بررسی جنبه‌های فرهنگی سوگیری مجموعه داده‌ها

#### بنیاد ملی علوم

اعطای مجموعه گزنت‌ها مطابق «برنامه ایده بزرگ» برای تحقیقات مربوط به تأثیرات هوش مصنوعی بر نیروی کار و محیط‌های کار در سال ۲۰۱۸

#### مؤسسه ملی غذا و کشاورزی

- تأمین بودجه تحقیقات مربوط به جنبه‌های مختلف هوش مصنوعی در ارتباط با مدیریت مزرعه، جنگل و دامپروری‌ها
- اجرای تحقیقات متعدد درباره فرصت‌های اقتصادی ناشی از کاربرد هوش مصنوعی توسط کارآفرینان و مناطق روستایی

#### مرکز فناوری تحلیل داده (DATC) وابسته به وزارت امنیت داخلی

انجام تحقیقات بین‌رشته‌ای درباره تأثیرات هوش مصنوعی بر امنیت داخلی و چالش‌های مربوط به درک خطر و اطلاع‌رسانی درباره آن

#### وزارت حمل‌ونقل

انجام تحقیقات مربوط به کاربردهای هوش مصنوعی در ارتقای امنیت جاده‌ای؛ به‌عنوان مثال، برنامه «تحقیقات پیشرفته اکتشافی» بر ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی جهت تجزیه و تحلیل مجموعه عظیم داده‌های تصویری ضمن حفظ حریم خصوصی رانندگان با استفاده از ماسک چهره خودکار متمرکز است.

## اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد چهارم

ایمنی هوش مصنوعی شامل امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی و زیرساخت‌های دیجیتالی می‌شود. بسیاری از نهادهای فدرال از هوش مصنوعی برای تقویت امنیت سایبری سیستم‌ها از جمله سیستم‌های هوش مصنوعی و دیگر سرمایه‌های دیجیتال استفاده می‌کنند.

اینفوگراف ۲۱: اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد چهارم

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد چهارم

ایمنی هوش مصنوعی شامل امنیت سیستم‌های هوش مصنوعی و زیرساخت‌های دیجیتالی می‌شود. بسیاری از نهادهای فدرال از هوش مصنوعی برای تقویت امنیت سایبری سیستم‌ها از جمله سیستم‌های هوش مصنوعی و دیگر سرمایه‌های دیجیتال استفاده می‌کنند.

#### امنیت سایبری

##### بنیاد ملی علوم

اجرای برنامه «فضای سایبری امن و قابل اعتماد» با هدف شناسایی ناهنجاری‌های سایبری

##### سازمان ملی هوانوردی و فضا مؤسسه ملی استاندارد و فناوری

اجرای ابتکارهای متعدد به منظور رفع محدودیت‌های امنیت سایبری از جمله در زمینه پیش‌بینی، شناسایی و جلوگیری از حملات سایبری به کمک هوش مصنوعی

##### مؤسسه ملی استاندارد و فناوری

انجام تحقیقات مربوط به استفاده از هوش مصنوعی برای سنجش خودکار معایب زیرساخت‌های دیجیتال در راستای تعیین درجه آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها با به‌کارگیری «سیستم مشترک رتبه‌بندی آسیب‌پذیری»

##### وزارت انرژی

راه‌اندازی پروژه‌های تحقیق و توسعه متعدد در زمینه به‌کارگیری هوش مصنوعی برای ارتقای امنیت سایبری سیستم‌های انرژی

#### ایمنی هوش مصنوعی

##### بنیاد ملی علوم

- تحقیق و بررسی در زمینه یکی از چالش‌های امنیتی سیستم‌های هوش مصنوعی و به‌عبارتی توضیح‌پذیری این سیستم‌ها
- تأسیس «مرکز یادگیری ماشینی قابل اعتماد» با همکاری چندین دانشگاه برتر در ژانویه سال ۲۰۱۹

##### آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی

- اجرای برنامه «تقویت هوش مصنوعی در برابر جعل» به‌منظور ساخت سیستم‌های هوش مصنوعی مقاوم در برابر اقدامات خرابکاران برای فریب سیستم (مانند استفاده از تصاویر جعلی در برابر سیستم تشخیص تصویر)
- اجرای برنامه «هوش مصنوعی ایکس» در راستای قابل فهم نمودن سیستم‌های هوش مصنوعی

**ایمنی هوش مصنوعی:** درک و شناخت نحوه کار بسیاری از سیستم‌های پیشرفته هوش مصنوعی به‌ویژه سیستم‌های مبتنی بر یادگیری ماشینی اغلب بسیار دشوار است. در واقع، روند تصمیم‌گیری در سیستم هوش مصنوعی را به راحتی نمی‌توان به روشی توصیف کرد که برای انسان قابل درک باشد. همین امر موجب می‌شود شناسایی و رفع معایب و نقاط ضعف سیستم‌های هوش مصنوعی سخت و حتی غیرممکن باشد. بنابراین امروزه توضیح‌پذیری سیستم‌های هوش مصنوعی یکی از چالش‌های امنیتی در این‌گونه سیستم‌ها به‌شمار می‌آید و

بنیاد ملی علوم مانند بسیاری از نهادهای فدرال به تحقیق و بررسی در این زمینه پرداخته است. در همین راستا، «مرکز یادگیری ماشینی قابل اعتماد» توسط بنیاد با همکاری چندین دانشگاه برتر در ژانویه سال ۲۰۱۹ تأسیس شده است.

آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی نیز با اجرای برنامه «تقویت هوش مصنوعی در برابر جعل»<sup>۱</sup> تلاش می‌کند سیستم‌های هوش مصنوعی بسازد که در برابر اقدامات خرابکاران برای فریب سیستم (مانند استفاده از تصاویر جعلی در برابر سیستم تشخیص تصویر) مقاوم باشند. آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی همچنین برنامه «هوش مصنوعی ایکس»<sup>۲</sup> را در راستای قابل فهم نمودن سیستم‌های هوش مصنوعی اجرا کرده است. هدف اصلی این برنامه درک بهتر نقاط ضعف سیستم‌های هوش مصنوعی است تا بتوان آن‌ها را برای کاربران قابل فهم‌تر و در نتیجه قابل اعتمادتر نمود.

**امنیت سایبری:** در سال‌های اخیر، امنیت سایبری به عنوان اولویت اصلی در تمام نهادهای فدرال در نظر گرفته می‌شود. محققان تلاش می‌کنند به کمک هوش مصنوعی محدودیت‌های امنیت سایبری از جمله در زمینه پیش‌بینی، شناسایی و جلوگیری از حملات سایبری را از پیش‌رو بردارند. برنامه بنیاد ملی علوم تحت عنوان «فضای سایبری امن و قابل اعتماد»<sup>۳</sup> و بسیاری از ابتکارهای سازمان ملی هوانوردی و فضا و مؤسسه ملی استاندارد و فناوری با هدف شناسایی ناهنجاری‌های سایبری اجرا می‌شوند. پروژه‌های مکمل این برنامه‌ها بر پیش‌بینی و شناسایی حملات سایبری متمرکز هستند و با استفاده از هوش مصنوعی به دفاع سایبری کمک می‌کنند. در واقع، پروژه‌های متعددی در زمینه استفاده از هوش مصنوعی در دفاع سایبری توسط آژانس پروژه‌های پیشرفته تحقیقات دفاعی و بنیاد ملی علوم اجرا می‌شوند. مؤسسه ملی استاندارد و فناوری نیز با اجرای تحقیقات متعدد در زمینه استفاده از هوش مصنوعی برای سنجش خودکار معایب زیرساخت‌های دیجیتال سعی دارد درجه آسیب‌پذیری زیرساخت‌ها را با به‌کارگیری «سیستم مشترک رتبه‌بندی آسیب‌پذیری»<sup>۴</sup> تعیین نماید.

علاوه بر آن‌ها، وزارت انرژی پروژه‌های تحقیق و توسعه متعددی در زمینه به‌کارگیری هوش مصنوعی برای ارتقای امنیت سایبری سیستم‌های انرژی در دست اجرا دارد. البته ابزارها و فناوری‌های هوش مصنوعی تولید شده در این پروژه‌ها باید توسط یکی از شرکا یا مالکان دارایی‌ها در بخش انرژی مورد تأیید قرار گیرند. در واقع به منظور جلوگیری از هرگونه عدم تطبیق یا دخالت مخرب ابزارهای هوش مصنوعی جدید، اپراتورها و یا مالکان دارایی‌ها در بخش انرژی باید بسترهای آزمایش خود را در اختیار پژوهشگران قرار دهند تا سیستم‌های هوش مصنوعی تولید شده را در محیط واقعی آزمایش کنند و به تأیید برسانند.

1. Guaranteeing AI Robustness Against Deception Program  
2. XAI  
3. Secure and Trustworthy Cyberspace Program  
4. Common Vulnerability Scoring System

## اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد پنجم

دولت دارای مجموعه وسیع و متنوعی از داده‌هاست که در عملیات یادگیری و تست سیستم‌های هوش مصنوعی مفید واقع می‌شوند. نهادهای فدرال در ایالات متحده سعی دارند عملکرد برنامه‌های دولتی را با استفاده از این حجم عظیم داده‌ها بهبود بخشند و این داده‌ها را در اکتشافات علمی دانشگاه‌ها یا در بخش خصوصی جهت افزایش رشد اقتصادی مورد استفاده قرار دهند. در همین راستا، نهادهای فدرال با همکاری سازمان‌های غیردولتی قصد دارند محیط و زیرساخت‌های لازم جهت به‌کارگیری این حجم عظیم داده‌ها را فراهم کنند.

**علوم و مهندسی:** براساس دستورالعمل بنیاد ملی علوم در سال ۲۰۱۱، همه پروپوزال‌ها باید مشتمل بر برنامه‌های مربوط به مدیریت داده و به‌اشتراک‌گذاری نتایج پژوهش‌ها باشند. به بیان دقیق‌تر، پروپوزال‌ها باید شامل موارد زیر باشند: انواع داده‌ها، نمونه‌ها، نرم‌افزارها، مواد آموزشی و سایر موارد ارائه شده طی پروژه‌ها؛ استانداردهای مورد استفاده برای فرمت داده‌ها، فراداده‌ها و محتواها؛ سیاست‌های مبنی بر دسترسی و به‌اشتراک‌گذاری از جمله شرایط موجود جهت حفظ حریم خصوصی، اعتماد، امنیت، حقوق مالکیت فکری و غیره؛ سیاست‌ها و شرایط لازم برای استفاده مجدد، توزیع و تولید مشتقات و برنامه‌های مربوط به بایگانی داده‌ها، نمونه‌ها و سایر محصولات پروژه.

وزارت انرژی نیز دارای منابع گسترده‌ای از انواع داده‌هاست که جهت ساخت راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای کل اقتصاد از آن‌ها استفاده می‌کند. وزارت مذکور از طریق بسترهای خود امکان دسترسی ایمن به کتابخانه‌های داده را جهت ساخت، یادگیری و تست ابزارهای هوش مصنوعی برای عموم مردم فراهم می‌سازد. محیط‌های مجازی خصوصی و عمومی ایمن و نوآورانه برای تیم‌های بین‌سازمانی جهت انجام اکتشافات با استفاده از داده‌های حساس یا انحصاری از جمله امکاناتی است که در اختیار پژوهشگران قرار می‌گیرد.

سازمان ملی هوانوردی و فضا نیز از منابع غنی داده برخوردار است که تا حد امکان دسترسی عمومی به آن‌ها جهت استفاده در کاربردهایی غیر از حوزه فعالیت‌های این سازمان را فراهم می‌کند. به عنوان مثال، بسیاری از داده‌های زمین‌شناسی از طریق مراکز بایگانی فعال و توزیعی (DAACs)<sup>۱</sup> در دسترس عموم قرار دارد. در پایگاه داده ارت‌اکسچنج<sup>۲</sup> متعلق به سازمان ملی هوانوردی و فضا نیز حجم قابل توجهی از داده‌های مربوط به زمین، اطلاعات محاسباتی مرتبط، کدها، انتشارات و سایر منابع مرتبط ارائه شده است. به علاوه، بودجه تحقیقات مربوط به ساخت انواعی از فناوری‌های اطلاعات که باعث تسهیل استفاده از داده‌های زمین‌شناسی می‌شوند، مطابق برنامه «فناوری سیستم‌های اطلاعات پیشرفته» (AIST)<sup>۳</sup> در اختیار اعضای سازمان ملی هوانوردی و فضا و سایر سازمان‌ها قرار می‌گیرد. پایگاه داده ژن‌لب<sup>۴</sup> متعلق به سازمان ملی هوانوردی و فضا هم حاوی داده‌های

1. Distributed Active Archive Centers  
 2. NASA Earth Exchange  
 3. Advanced Information Systems Technology  
 4. GeneLab

## اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد پنجم

دولت دارای مجموعه وسیع و متنوعی از داده‌هاست که در عملیات یادگیری و تست سیستم‌های هوش مصنوعی مفید واقع می‌شوند. در همین راستا، نهادهای فدرال با همکاری سازمان‌های غیردولتی قصد دارند محیط و زیرساخت‌های لازم جهت به‌کارگیری این حجم عظیم داده‌ها را فراهم کنند.

### سلامت

#### مؤسسات ملی سلامت

مؤسسات ملی سلامت با همکاری شرکت‌های تجاری فعال در حوزه خدمات ابری نسبت به اجرای برنامه «زیرساخت تحقیقات علم و فناوری برای اکتشاف، آزمایش و پایداری» (STRIDES) به منظور کاهش موانع اقتصادی و فناورانه موجود جهت دسترسی به داده‌های عظیم زیست‌پزشکی و انجام محاسبات مرتبط اقدام کرده‌اند.

#### وزارت بهداشت و خدمات انسانی

وزارت مذکور وبسایت HealthData.gov را به منظور دسترسی عمومی به داده‌های سلامت راه‌اندازی کرده‌است. داده‌ها در ارتباط با موضوعات متعددی نظیر سلامت محیط زیست، وسایل پزشکی، مراقبت‌های پزشکی، خدمات تأمین اجتماعی، سلامت جامعه، سلامت روان و سوء مصرف مواد هستند که توسط نهادهای زیرمجموعه وزارت جمع‌آوری می‌شوند.

### اقتصاد

#### اداره بزرگراه‌های فدرال

اداره مذکور دارای حجم زیادی از داده‌های ژئومتری و داده‌های مربوط به حوادث ترافیکی و تصادفات در «سیستم اطلاعات ایمنی بزرگراه‌ها» می‌باشد و قصد دارد به کمک یادگیری ماشینی به تحلیل این داده‌ها پرداخته و از آن‌ها استفاده‌های کاربردی نماید.

#### وزارت حمل و نقل

وزارت مذکور با ایجاد بستری جهت تحلیل مبتنی بر ابر تحت عنوان «بستر ایمن داده‌های مشترک» توانسته‌است فضایی ایمن را برای همکاری و به‌اشتراک‌گذاری اطلاعات پژوهشی، ابزارها، الگوریتم‌ها و سایر منابع حساس در اختیار کاربران قرار دهد.

#### اداره ملی مخابرات و اطلاعات

اداره مذکور در حال ساخت بستر تست بی‌سیم برای پیش‌تعیین مشخصات کاربرد طیف است و با سازمان‌های دیگر نیز در زمینه ساخت داده استاندارد همکاری می‌کند. اداره ملی مخابرات و اطلاعات به دنبال استفاده از هوش مصنوعی برای شناسایی و دسته‌بندی سیگنال‌های بی‌سیم و پیش‌فعالیت‌های طیفی به منظور تشخیص هرگونه ناهنجاری و رفتار مشکوک است. در آینده با استفاده از این پایگاه داده امکان استفاده از پیش‌طیف برای عموم محققان میسر خواهد شد تا بدین ترتیب بتوانند از تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده استفاده نمایند.

### علوم و مهندسی

#### بنیاد ملی علوم

بنیاد مذکور در سال ۲۰۱۱ دستورالعملی منتشر کرده‌است که مطابق آن همه پروپوزال‌ها باید مشتمل بر برنامه‌های مربوط به مدیریت داده و به‌اشتراک‌گذاری نتایج پژوهش‌ها باشند.

#### وزارت انرژی

وزارت مذکور دارای منابع گسترده‌ای از انواع داده‌هاست که جهت ساخت راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای کل اقتصاد از آن‌ها استفاده می‌کند و از طریق بسترهای خود امکان دسترسی ایمن به کتابخانه‌های داده را جهت ساخت، یادگیری و تست ابزارهای هوش مصنوعی برای عموم مردم فراهم می‌سازد.

#### سازمان ملی هوانوردی و فضا

سازمان مذکور امکان دسترسی عمومی به منابع غنی داده خود جهت استفاده در کاربردهایی غیر از حوزه فعالیت‌های این سازمان را فراهم می‌کند.

#### مؤسسه ملی استاندارد و فناوری

مؤسسه مذکور مجموعه داده‌ها و محیط‌های اشتراکی ساخته‌است که حوزه‌های متعددی نظیر رباتیک، کشف مواد، تحلیل شبکه بی‌سیم امواج رادیویی و تفسیر معنایی را شامل می‌شوند. علاوه بر پایگاه‌های داده، مؤسسه مذکور محیط جدیدی برای یادگیری و تست سیستم‌های هوش مصنوعی ایجاد کرده‌است که در سال ۲۰۱۸ به امکانات محاسباتی در مقیاس متوسط جهت تحلیل کلان‌داده و یادگیری ماشینی تجهیز شده‌است.

حاصل از فناوری‌های اومیکس<sup>۱</sup> در اکتشافات فضایی است که مجموعه داده‌ها و نتایج تحلیل آن‌ها در اختیار دانشمندان سراسر جهان قرار داده می‌شود. خلاصه گزارش‌های مربوط به رویدادهای ایمنی هوانوردی تجاری ایالات متحده (به صورت سانسور شده) نیز از طریق «سیستم گزارش ایمنی هوانوردی» متعلق به سازمان ملی هوانوردی و فضا در اختیار عموم قرار داده می‌شود. سازمان ملی هوانوردی و فضا و سازمان فدرال هوانوردی و دیگر سازمان‌های مرتبط از این گزارش‌ها جهت تحلیل و دسته‌بندی انواع مسائل مربوط به هوانوردی تجاری استفاده می‌کنند.

مؤسسه ملی استاندارد و فناوری نیز مجموعه داده‌ها و محیط‌های اشتراکی ساخته است که حوزه‌های متعددی نظیر رباتیک، کشف مواد، تحلیل شبکه بی‌سیم امواج رادیویی و تفسیر معنایی را شامل می‌شوند. به عنوان نمونه در حوزه رباتیک، این مؤسسه در پی دستیابی به روش‌های مناسب برای تولید و مرتب‌سازی داده‌های مربوط به یادگیری هوش مصنوعی با استفاده از ویژگی‌های فنی خاص ربات‌های تولیدی است. به همین ترتیب، در حوزه کشف مواد پیشرفته نیز پایگاه داده بسیار دقیقی (JARVIS-DFT)<sup>۲</sup> مشتمل بر داده‌های بیش از ۳۰۰ هزار مواد و ۵۰۰ هزار ویژگی مواد توسط این مؤسسه ساخته شده است که جهت یادگیری هوش مصنوعی می‌توان از آن استفاده نمود. به علاوه، محیط جدیدی برای یادگیری و تست سیستم‌های هوش مصنوعی توسط این مؤسسه ایجاد شده است که در سال ۲۰۱۸ به امکانات محاسباتی در مقیاس متوسط جهت تحلیل کلان داده و یادگیری ماشینی تجهیز شده است. گفتنی است که طراحی و بهینه‌سازی سیستم‌های تجربی در زمان واقعی از جمله کاربردهای یادگیری ماشینی در این مؤسسه محسوب می‌شود.

**اقتصاد:** مقادیر زیادی از داده‌های ژئومتری و داده‌های مربوط به حوادث ترافیکی و تصادفات در «سیستم اطلاعات ایمنی بزرگراه‌ها» توسط اداره بزرگراه‌های فدرال ذخیره می‌شود. اداره مذکور قصد دارد به کمک یادگیری ماشینی به تحلیل این داده‌ها پرداخته و از آن‌ها استفاده‌های کاربردی نماید. به عنوان مثال، در این پروژه می‌توان با برقراری ارتباط بین داده‌های تصادفات و گزارش‌های بیمارستانی شدت تصادفات را با دقت بیشتری تعیین و بررسی نمود. همچنین، بستری جهت تحلیل مبتنی بر ابر تحت عنوان «بستر ایمن داده‌های مشترک» توسط وزارت حمل و نقل ارائه شده است که مهندسان، محققان و دانشمندان با استفاده از آن به راحتی می‌توانند به مجموعه داده‌های مورد نیاز خود دسترسی پیدا کنند. به طور کلی، با استفاده از این بستر می‌توان فضایی ایمن برای همکاری و به اشتراک گذاری اطلاعات پژوهشی، ابزارها، الگوریتم‌ها و سایر منابع حساس در اختیار کاربران قرار داد.

اداره ملی مخابرات و اطلاعات (NTIA)<sup>۳</sup> در حال ساخت بستر تست بی‌سیم برای پایش و تعیین مشخصات کاربرد طیف است و با سازمان‌های دیگر نیز در زمینه ساخت داده استاندارد همکاری می‌کند. این سیستم در سال

1. Omics

2. Joint Automated Repository for Various Integrated Simulation-Density Functional Theory

3. National Telecommunication and Information Administration



۲۰۱۹ شامل شش حسگر طیف بوده است که با استفاده از آن می‌توان باند بسامد مشخص را به‌طور مرتب پایش کرده و داده‌های مربوطه را به‌منظور انجام تحقیقات مربوطه ذخیره نمود. اداره مذکور به دنبال استفاده از هوش مصنوعی برای شناسایی و دسته‌بندی سیگنال‌های بی‌سیم و پایش فعالیت‌های طیفی به‌منظور تشخیص هرگونه ناهنجاری و رفتار مشکوک است. در آینده با استفاده از این پایگاه داده امکان استفاده از پایش طیف برای عموم محققان میسر خواهد شد تا بدین ترتیب بتوانند از تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای پردازش و تجزیه و تحلیل داده استفاده نمایند.

**سلامت:** کمبود مجموعه داده‌های تصویری یکی از چالش‌های موجود جهت به‌کارگیری گسترده هوش ماشینی در بخش داده‌های تصویری پزشکی محسوب می‌شود. مجموعه داده‌های موجود اغلب کوچک بوده و صرفاً بیانگر داده‌های محلی هستند و به همین دلیل با استفاده از آن‌ها نمی‌توان الگوریتم‌هایی را ساخت که مورد استفاده همگان قرار گیرند. در این راستا، مؤسسات ملی سلامت با همکاری شرکت‌های تجاری فعال در حوزه خدمات ابری نسبت به اجرای برنامه «زیرساخت تحقیقات علم و فناوری برای اکتشاف، آزمایش و پایداری» (STRIDES)<sup>۱</sup> به‌منظور کاهش موانع اقتصادی و فناورانه موجود جهت دسترسی به داده‌های عظیم زیست‌پزشکی و انجام محاسبات مرتبط اقدام کرده‌اند.

وزارت بهداشت و خدمات انسانی نیز وب‌سایت HealthData.gov را به‌منظور دسترسی عمومی به داده‌های سلامت راه‌اندازی کرده است. داده‌ها در ارتباط با موضوعات متعددی نظیر سلامت محیط زیست، وسایل پزشکی، مراقبت‌های پزشکی، خدمات تأمین اجتماعی، سلامت جامعه، سلامت روان و سوء مصرف مواد هستند که توسط نهادهای زیرمجموعه وزارت جمع‌آوری می‌شوند.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد ششم

به‌منظور ایجاد فناوری‌های هوش مصنوعی ایمن، کارآمد و مفید بایستی معیارها و استانداردهای لازم در اختیار سازندگان، کاربران و سیاست‌گذاران قرار گیرد تا براساس آن‌ها بتوانند ظرفیت‌ها و خطرهای مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی را ارزیابی کنند. مؤسسه ملی استاندارد و فناوری به‌عنوان یکی از مراکز مهم تحقیقات هوش مصنوعی در زمینه تعیین استانداردها و معیارهای هوش مصنوعی نقشی اساسی ایفا می‌کند. براساس برنامه‌ای که توسط این مؤسسه به‌منظور تعیین استانداردهای هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۹ تدوین شده است<sup>۲</sup>، ۹ حوزه زیر در استانداردهای هوش مصنوعی لحاظ شده است: مفاهیم و اصطلاحات، داده و دانش، تعاملات انسانی، واحدهای سنجش، شبکه‌سازی، روش گزارش‌دهی و تست عملکرد، ایمنی، مدیریت خطر و قابلیت اعتماد.

1. Science and Technology Research Infrastructure for Discovery, Experimentation, and Sustainability

۲. برای کسب جزئیات بیشتر به گزارش مربوطه با عنوان U.S. Leadership in AI: A Plan for Federal Engagement in Developing Technical Standards and Related Tools رجوع شود.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد ششم

به منظور ایجاد فناوری‌های هوش مصنوعی ایمن، کارآمد و مفید بایستی معیارها و استانداردهای لازم در اختیار سازندگان، کاربران و سیاست‌گذاران قرار گیرد تا براساس آن‌ها بتوانند ظرفیت‌ها و خطرهای مربوط به فناوری‌های هوش مصنوعی را ارزیابی کنند. مؤسسه ملی استاندارد و فناوری به‌عنوان یکی از مراکز مهم تحقیقات هوش مصنوعی در زمینه تعیین استانداردها و معیارهای هوش مصنوعی نقشی اساسی ایفا می‌کند و در این راستا، اقدامات متعددی به‌طور هماهنگ و همسو با فعالیت‌های سایر نهادهای فدرال به شرح زیر انجام داده است:

#### مؤسسه ملی استاندارد و فناوری

##### استانداردها:

- افزایش سرمایه‌گذاری در زمینه برنامه‌های مربوط به تهیه استانداردها و معیارها و اجرای تحقیقات هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۷
- حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی متعدد در زمینه تهیه استانداردها و معیارها مانند پروژه‌های مرتبط با ارزیابی سیستم‌های رباتیک مبتنی بر هوش مصنوعی، ارتقای شناسایی و اصلاح سوگیری تصادفی در سیستم‌های هوش مصنوعی و سنجش آسیب‌پذیری ابزارهای شناسایی تصویری مبتنی بر هوش مصنوعی در برابر حملات سایبری مطابق برنامه جدید «تحقیقات بنیادین و کاربردی و استانداردهای فناوری‌های هوش مصنوعی» (FARSAIT)

##### مشارکت جهانی با سازمان‌های استاندارد:

- مشارکت با سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ISO)، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME) و مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE) در راستای حمایت از اقدامات مبنی بر تهیه و به‌کارگیری استانداردهای فنی بین‌المللی در ارتباط با فناوری‌های هوش مصنوعی

#### استانداردها: مؤسسه ملی استاندارد و فناوری از سال ۲۰۱۷ سرمایه‌گذاری‌های بیشتری در راستای تهیه

استانداردها و معیارها و اجرای تحقیقات هوش مصنوعی انجام داده است. به‌عنوان مثال، تعداد زیادی از پروژه‌های تحقیقاتی مرتبط با تهیه استانداردها و معیارها مطابق برنامه جدید «تحقیقات بنیادین و کاربردی و استانداردهای فناوری‌های هوش مصنوعی» (FARSAIT)<sup>۱</sup> مورد حمایت قرار دارند. پروژه‌های مرتبط با ارزیابی سیستم‌های رباتیک مبتنی بر هوش مصنوعی، ارتقای شناسایی و اصلاح سوگیری تصادفی در سیستم‌های هوش مصنوعی و سنجش آسیب‌پذیری ابزارهای شناسایی تصویری مبتنی بر هوش مصنوعی در برابر حملات سایبری نمونه‌هایی از این پروژه‌ها به‌شمار می‌آیند. لازم به ذکر است مؤسسه مذکور فعالیت‌های خود را هماهنگ و همسو با فعالیت‌های سایر نهادهای فدرال انجام می‌دهد تا روند تعیین استاندارد متناسب با توسعه فناوری‌های جدید پیش رود.

#### مشارکت جهانی با سازمان‌های استاندارد: مؤسسه ملی استاندارد و فناوری از اقدامات مبنی بر تهیه و به‌کارگیری

استانداردهای فنی بین‌المللی در ارتباط با فناوری‌های هوش مصنوعی نیز پشتیبانی می‌کند. بدین منظور، مؤسسه مذکور با سازمان بین‌المللی استانداردسازی (ISO)<sup>۲</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۳</sup>، انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME)<sup>۴</sup> و مؤسسه مهندسان برق و الکترونیک (IEEE)<sup>۵</sup> همکاری می‌کند.

1. Fundamental and Applied Research and Standards for AI Technologies
2. International Organization for Standardization
3. International Electrotechnical Commission
4. American Society of Mechanical Engineers
5. Institute of Electrical and Electronics Engineers

## اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد هفتم

ارتقای توانمندی‌های نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی در بسیاری از برنامه‌های تحقیق و توسعه نهادهای فدرال مورد توجه قرار دارد. در این راستا، اقدامات متعددی در راستای برنامه ۵ ساله «شورای ملی علم و فناوری» جهت توسعه آموزش علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات صورت گرفته است. همچنین، پیشرفت‌های زیادی در زمینه ارائه آموزش‌های لازم و یافتن روش‌های جدید آموزشی و بررسی نیازهای موجود در زمینه نیروی کار متخصص برای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی حاصل شده است. نهادهای فدرال با حمایت و معرفی فارغ‌التحصیلان برای انجام پروژه‌های مرتبط با هوش مصنوعی و همچنین آموزش مهارت‌های اولیه در حوزه تفکر محاسباتی به دانش‌آموزان در مقاطع مختلف تحصیلی، فرصت‌های زیادی در اختیار کارآفرینان و جوامع جهت آشنایی با کاربردهای هوش مصنوعی قرار می‌دهند.

**آموزش نیروی کار آتی برای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی:** بنیاد ملی علوم از اقدامات مبنی بر تهیه و گسترش محتوای آموزشی جدید و ارتقای مهارت‌های معلمان در مقاطع مختلف تحصیلی حمایت می‌نماید و از سال ۲۰۱۸ تاکنون علوم و مهندسی را در برنامه‌های فلوشیپ پژوهشی خود لحاظ کرده است. وزارت انرژی نیز در راستای حمایت از دانشجویانی که به دنبال کسب مدارک بالاتر در رشته‌های ریاضیات کاربردی، علوم کامپیوتر یا آمار هستند و ترغیب دانشجویان به استفاده از سیستم‌های با عملکرد بالا در حوزه‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق، بخش جدیدی به برنامه فلوشیپ فارغ‌التحصیلان علوم محاسباتی خود افزوده است. به همین ترتیب، برخی از نهادهای فدرال نسبت به اعطای گرنت‌های پژوهشی ویژه هوش مصنوعی جهت حمایت از فارغ‌التحصیلان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد این رشته اقدام کرده‌اند. به عنوان مثال، مؤسسه ملی غذا و کشاورزی از سال ۲۰۱۸ تاکنون مطابق برنامه «پژوهش و کسب تجربه برای فارغ‌التحصیلان کارشناسی» (REEU) از پروژه‌های سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی و کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت کشاورزی و مواد غذایی حمایت می‌کند. مؤسسه ملی دادگستری نیز با ارائه آموزش در حوزه‌های علوم اجتماعی، رفتاری و محاسبات و تأمین مالی برای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی از فعالیت‌های پژوهشی فارغ‌التحصیلان دانشگاهی حمایت به عمل می‌آورد.

**ماهیت متغیر کار:** اولین رویداد تحت عنوان «ایده بزرگ آینده کار در مرزهای انسان و فناوری ۲» توسط بنیاد ملی علوم در سال ۲۰۱۸ برگزار شده است. در پروژه‌های مورد حمایت در این رویداد سعی بر این است که با استفاده از علوم کامپیوتر، مهندسی، آموزش و علوم اجتماعی به چگونگی تغییر ماهیت کار به وسیله فناوری پی برده و فناوری‌هایی ساخته شوند که به کسب آمادگی و بهره‌وری کارگران و نیروی کار آینده کمک کنند. در واقع، افزایش شناخت نسبت به چگونگی تعامل، توزیع وظایف و همکاری فناوری و انسان در محیط‌های کاری مختلف هدف

1. Research and Extension Experience for Undergraduates
2. Future of Work at Human - Technology Frontier Big Idea

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد هفتم

به طور کلی، اقدامات متعددی در راستای ارتقای توانمندی‌های نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی در بسیاری از برنامه‌های تحقیق و توسعه به شرح زیر صورت گرفته است:

#### ماهیت متغیر کار

##### بنیاد ملی علوم

- برگزاری اولین رویداد تحت عنوان «ایده بزرگ آینده کار در مرزهای انسان و فناوری» در سال ۲۰۱۸ با هدف افزایش شناخت نسبت به چگونگی تعامل، توزیع وظایف و همکاری فناوری و انسان در محیط‌های کاری مختلف
- تدوین برنامه «یادگیری سایبری برای کار در مرزهای انسان و فناوری» در راستای تحقق هدف مبنی بر یادگیری مادام‌العمر و آماده‌سازی نیروی کار آتی

##### وزارت انرژی

- استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی برای ارتقای بهره‌وری مهندسان و عملکرد سنجش با حمایت از توسعه ابزارهای طراحی مبتنی بر یادگیری ماشینی و به‌عبارتی ارائه راه‌حل‌های خودکار برای حل مسائل مهندسی با استفاده از داده‌های ورودی؛ این ابزار طیف وسیعی از راه‌حل‌هایی را در اختیار مهندسان قرار می‌دهند که فراتر از دانش و تجارب انسانی هستند.

##### سایر نهادهای فدرال

اجرای راهکارهای مشابه جهت ارتقای صلاحیت‌های نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی (به‌عنوان مثال، ترغیب کارکنان به مشارکت در دوره‌های تخصصی هوش مصنوعی در زمینه سیستم‌های بدون راهبر جهت انجام عملیات ژرفاسنجی، اکوسیستم و مطالعات جغرافیایی و برگزاری کارگاه‌های مختلف به منظور ارتقای دانش عمومی درباره کاربردهای هوش مصنوعی در مطالعات و اکتشافات اقیانوس توسط اداره ملی اقیانوسی و جوی)

#### آموزش نیروی کار آتی برای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی

##### بنیاد ملی علوم

- حمایت از اقدامات مبنی بر تهیه و گسترش محتوای آموزشی جدید و ارتقای مهارت‌های معلمان در مقاطع مختلف تحصیلی
- گنجاندن علوم و مهندسی در برنامه‌های فلوشیپ پژوهشی خود از سال ۲۰۱۸

##### وزارت انرژی

- افزودن بخش جدیدی به برنامه فلوشیپ فارغ‌التحصیلان علوم محاسباتی خود در راستای حمایت از دانشجویانی که به دنبال کسب مدارک بالاتر در رشته‌های ریاضیات کاربردی، علوم کامپیوتر یا آمار هستند
- ترغیب دانشجویان به استفاده از سیستم‌های با عملکرد بالا در حوزه‌های هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و یادگیری عمیق

##### مؤسسه ملی غذا و کشاورزی

- حمایت از پروژه‌های سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی و کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت کشاورزی و مواد غذایی مطابق برنامه «پژوهش و کسب تجربه برای فارغ‌التحصیلان کارشناسی» (REEU) از سال ۲۰۱۸

##### مؤسسه ملی دادگستری

- حمایت از فعالیت‌های پژوهشی فارغ‌التحصیلان دانشگاهی با ارائه آموزش در حوزه‌های علوم اجتماعی، رفتاری و محاسبات و تأمین مالی برای تحقیق و توسعه در حوزه هوش مصنوعی

##### سایر نهادهای فدرال

اعطای گرنت‌های پژوهشی ویژه هوش مصنوعی توسط سایر نهادهای فدرال جهت حمایت از فارغ‌التحصیلان دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد این رشته

اصلی این برنامه محسوب می‌شود. به علاوه، برنامه دیگری تحت عنوان «یادگیری سایبری برای کار در مرزهای انسان و فناوری»<sup>۱</sup> در راستای حمایت از تحقیقات در مرحله اولیه توسط بنیاد ملی علوم تدوین شده است که به ویژه بر تحقیقات مربوط به فناوری‌های نوآورانه جهت بهبود رشته‌های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضی در نظام آموزشی متمرکز است. در واقع، این برنامه در راستای تحقق هدف مبنی بر یادگیری مادام‌العمر و آماده‌سازی نیروی کار آتی اجرا می‌شود.

وزارت انرژی نیز با حمایت از توسعه ابزارهای طراحی مبتنی بر یادگیری ماشینی و به عبارتی ارائه راه‌حل‌های خودکار برای حل مسائل مهندسی با استفاده از داده‌های ورودی توانسته است فناوری‌های هوش مصنوعی را در جهت ارتقای بهره‌وری مهندسان و عملکرد سنجش به کارگیرد. این ابزار طیف وسیعی از راه‌حلهایی را در اختیار مهندسان قرار می‌دهند که فراتر از دانش و تجارب انسانی هستند.

دیگر نهادهای فدرال نیز راهکارهای مشابهی جهت ارتقای صلاحیت‌های نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی اجرا می‌کنند. به عنوان مثال، اداره ملی اقیانوسی و جوی کارکنان خود را به مشارکت در دوره‌های تخصصی هوش مصنوعی در زمینه سیستم‌های بدون راهبر جهت انجام عملیات ژرفاسنجی، اکوسیستم و مطالعات جغرافیایی ترغیب می‌کند. اداره مذکور همچنین کارگاه‌های مختلفی به منظور ارتقای دانش عمومی درباره کاربردهای هوش مصنوعی در مطالعات و اکتشافات اقیانوس برگزار می‌نماید.

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد هشتم

بخش خصوصی ضمن تعریف اهداف کوتاه‌مدت دست به اقدامات گسترده‌ای جهت دستیابی به نوآوری در تحقیق و توسعه هوش مصنوعی زده است. حال آنکه بخش دولتی بیشتر به سرمایه‌گذاری برای اهداف بلندمدت و با خطرپذیری بالا تمایل دارد. از این رو، به منظور بهره‌گیری از توانمندی‌های بالای بخش خصوصی برای فعالیت در زمینه تحقیق و توسعه با اهداف بلندمدت لازم است روش‌های جدیدی جهت مشارکت بخش خصوصی و دولتی ارائه شود. نهادهای مختلف فدرال به دو روش در این راستا فعالیت می‌کنند: تسهیل دسترسی به منابع داده و محاسباتی و تحقیقات با بودجه مشترک. اگرچه این اقدامات بسیار موفقیت‌آمیز بوده‌اند، اما هنوز چالش‌های بسیاری در این زمینه وجود دارد و انتظار می‌رود با مشارکت بخش خصوصی و دولتی و به اشتراک‌گذاری تجارب موفق آن‌ها بتوان با سرعت بیشتری به مقابله با این چالش‌ها پرداخت.

**علوم و مهندسی:** بنیاد ملی علوم در بسیاری از مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی از جمله در حوزه هوش مصنوعی فعالیت دارد. بنیاد مذکور فراخوان طرح پیشنهادی خود را در راستای اجرای طرح «گرن‌های ایده پیشگام در تحقیقات اکتشافی» (EAGERS)<sup>۲</sup> در سال ۲۰۱۸ منتشر کرده است. این طرح بر شناخت و کاهش چالش‌های اجتماعی ناشی از فناوری‌های هوش مصنوعی متمرکز است. گفتنی است بخشی از بودجه لازم برای اجرای این طرح

1. Cyberlearning for Work at the Human-Technology Frontier  
2. Early-Concept Grants for Exploratory Research

### اقدامات عملی در زمینه اجرای راهبرد هشتم

اقدامات متعددی جهت تسهیل دسترسی به منابع داده و محاسباتی و تحقیقات با بودجه مشترک به منظور ایجاد مشارکت بین بخش خصوصی و دولتی در راستای راهبرد هشتم به شرح زیر صورت گرفته است:

#### سلامت

##### وزارت بهداشت و خدمات انسانی ایالات متحده آمریکا

- ارائه مدل‌های نوآورانه‌ای از انتشار داده برای آموزش و تست هوش مصنوعی با اجرای ابتکاری جدید در راستای ایجاد اکوسیستم مشترک هوش مصنوعی بین نهادهای بخش خصوصی و دولتی
- مشارکت یازده تیم مشترک شامل فناوران، کارشناسان و بسیاری از محققان حوزه هوش مصنوعی در اجرای این ابتکار به منظور انجام بررسی‌های مختلف در زمینه بهبود آزمایش‌های بالینی، درمان‌های تجربی و راه‌حل‌های مبتنی بر داده جهت درمان انواع بیماری‌های سخت و پیچیده مانند سرطان با استفاده از ابزارهای دیجیتال ساخته شده براساس داده‌های فدرال و فناوری‌های هوش مصنوعی

#### دفاع

##### وزارت دفاع

- تأسیس «مرکز مشترک هوش مصنوعی» در سال ۲۰۱۸ در راستای بهره‌گیری از مشارکت با شرکای مختلف از بخش صنعت، سایر نهادهای فدرال و عرضه‌کنندگان فناوری در جهت تسریع روند ساخت و ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی
- راه‌اندازی «پروژه ماون» در حوزه بینایی کامپیوتری برای وسایل هوایی بدون راهبر با مشارکت بخش خصوصی و دولتی

#### اقتصاد

##### مؤسسه ملی غذا و کشاورزی

- تدوین برنامه «گرت رقابتی ابزارها و سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی» به منظور حمایت از فعالیت‌های تحقیقاتی دانشگاه‌ها و مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی
- حمایت از مشارکت نهادهای تجاری و دولتی برای اجرای تحقیقات مربوط به داده در راستای ارائه راهبردهای مؤثر شبکه‌سازی جهت برقراری ارتباط بین بخش خصوصی و دولتی و دانشجویان و رسانه‌ها با هدف افزایش مشارکت اجتماعی و توسعه اقتصادی

#### علوم و مهندسی

##### بنیاد ملی علوم

- انتشار فراخوان طرح پیشنهادی در راستای اجرای طرح «گرت‌های آینده پیشگام در تحقیقات اکتشافی» در سال ۲۰۱۸
- مشارکت با چهار شرکت بزرگ فعال در حوزه فناوری رایانش ابری از طریق برنامه «کلان‌داده» به منظور تأمین منابع رایانش ابری برای محققان در فاصله سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸
- اجرای طرح مشابهی تحت عنوان «دسترسی به ابر» با بودجه سازمان مهندسی کامپیوتر و علوم اطلاعات (CISE)

##### وزارت انرژی

برقراری ارتباط بین دانشمندان آزمایشگاه ملی با شرکای صنعت از طریق برنامه «محاسبات با عملکرد بالا برای نوآوری انرژی» (HPC4EI) به منظور استفاده از فناوری محاسبات با عملکرد بالا جهت ارتقای بهره‌وری انرژی در صنعت تولید

##### مؤسسه ملی استاندارد و فناوری

همکاری با شرکای متعدد از بخش صنعت در زمینه اجرای پروژه‌های مربوط به مستندسازی و دسته‌بندی جدید اصطلاحات تخصصی در حوزه حملات و عملیات‌های دفاع به منظور ایمن‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی از طریق یکی از مراکز تخصصی خود با نام «مرکز تعالی ملی امنیت سایبری (NCCoE)

توسط صنایع تأمین می‌شود، هرچند فرآیند تصمیم‌گیری درباره طرح‌های پیشنهادی به‌طور مستقل توسط بنیاد انجام می‌شود. بنیاد ملی علوم همچنین با همکاری یکی از شرکت‌های فناوری توانسته‌است فرصت‌های تأمین مالی متعددی برای انجام تحقیقات مربوطه طی یک دوره پنج ساله ارائه کند. علاوه بر آن، بنیاد با مشارکت چهار شرکت بزرگ فعال در حوزه فناوری رایانش ابری توانسته‌است منابع رایانش ابری را از طریق برنامه بیگ‌دیتا<sup>۱</sup> طی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ در اختیار محققان قرار دهد. با توجه به اجرای موفقیت‌آمیز این برنامه، بنیاد طرح مشابهی تحت عنوان «دسترسی به ابر»<sup>۲</sup> با بودجه سازمان مهندسی کامپیوتر و علوم اطلاعات (CISE)<sup>۳</sup> نیز اجرا کرده‌است. این طرح با هدف برقراری ارتباط بین محققان این سازمان و شرکت‌های دولتی فعال در حوزه رایانش ابری در راستای رفع نیازهای مربوط به رایانش ابری در نظام آموزشی و پژوهشی اجرا شده‌است. گفتنی است که سه دانشگاه در سال ۲۰۱۹ از امکانات این طرح برخوردار شده‌اند و در صورتی که ارزیابی بنیاد از این طرح مثبت باشد، آن را در سطح گسترده‌تری به‌منظور جذب بیشتر پروژه‌های تحقیقاتی و مهندسی اجرا خواهد کرد.

وزارت انرژی نیز با اجرای برنامه «محاسبات با عملکرد بالا برای نوآوری انرژی» (HPC4EI)<sup>۴</sup> می‌کوشد بین دانشمندان آزمایشگاه ملی با شرکای صنعت ارتباط برقرار کند تا با به‌کارگیری فناوری محاسبات با عملکرد بالا بتوانند بهره‌وری انرژی در صنعت تولید را ارتقا دهند. به‌طور کلی، فناوری محاسبات با عملکرد بالا با هدف توسعه فناوری‌های نوآورانه در حوزه انرژی پاک، کاهش مصرف انرژی و منابع و ادغام فناوری‌های پیشرفته محاسبات در صنعت تولید مورد استفاده قرار دارند. وزارت انرژی در قالب این برنامه با بخش خصوصی (از جمله با یکی از شرکت‌های نوپای سیلیکون ولی) در زمینه اجرای تحقیقات مربوط به انواع جدیدی از سیستم‌های محاسباتی همکاری می‌کند و این امر به نوبه خود منجر به پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه هوش مصنوعی می‌شود.

مؤسسه ملی استاندارد و فناوری از طریق یکی از مراکز تخصصی خود با نام «مرکز تعالی ملی امنیت سایبری (NCCoE)<sup>۵</sup> با شرکای متعدد از بخش صنعت در زمینه اجرای پروژه‌های مربوط به مستندسازی و دسته‌بندی جدید اصطلاحات تخصصی در حوزه حملات و عملیات‌های دفاع به‌منظور ایمن‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی همکاری می‌کند.

**دفاع:** وزارت دفاع درصدد گسترش همکاری خود با صنعت در حوزه هوش مصنوعی برآمده‌است و در همین راستا، «مرکز مشترک هوش مصنوعی» را در سال ۲۰۱۸ بنیان گذاشته‌است تا بتواند با بهره‌گیری از مشارکت با شرکای مختلف از بخش صنعت، سایر نهادهای فدرال و عرضه‌کنندگان فناوری در جهت تسریع روند ساخت و ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با تمرکز بر استانداردهای مشترک، ابزارها و داده‌های مشترک، فناوری‌های چندبار مصرف، فرآیندها و تخصص هوش مصنوعی گام بردارد.

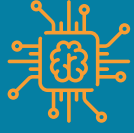
1. BIGDATA
2. Cloud Access
3. Directorate for Computer and Information Science and Engineering
4. High Performance Computing for Energy Innovation
5. National Cybersecurity Center of Excellence

وزارت دفاع همچنین «پروژه ماون»<sup>۱</sup> در حوزه بینایی کامپیوتری برای وسایل هوایی بدون راهبر را راه‌اندازی کرده‌است که عمدتاً در امور بشردوستانه و بحران‌های طبیعی کاربرد دارند. این برنامه نمونه‌ای موفقیت‌آمیز از مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی در حوزه هوش مصنوعی به‌شمار می‌آید. گفتنی است که بیش از ۱۳٪ شرکت کوچک و بزرگ که مایل به مشارکت در زمینه توسعه هوش مصنوعی بودند، در رویداد مربوط به پروژه ماون در سال ۲۰۱۷ حضور یافتند.

**اقتصاد:** فعالیت‌های تحقیقاتی دانشگاه‌ها و مشارکت‌های بخش خصوصی و دولتی مطابق برنامه «گرنر رقابتی ابزارها و سایبرانفورماتیک غذا و کشاورزی» متعلق به مؤسسه ملی غذا و کشاورزی مورد حمایت قرار دارند. به‌علاوه، مطابق این برنامه از مشارکت نهادهای تجاری و دولتی برای اجرای تحقیقات مربوط به داده حمایت می‌شود تا بتوان راهبردهای مؤثر شبکه‌سازی جهت برقراری ارتباط بین بخش خصوصی و دولتی و دانش‌جویان و رسانه‌ها و همچنین افزایش مشارکت اجتماعی و توسعه اقتصادی را ارائه داد.

**سلامت:** وزارت بهداشت و خدمات انسانی ایالات متحده آمریکا با اجرای ابتکاری جدید در راستای ایجاد اکوسیستم مشترک هوش مصنوعی بین نهادهای بخش خصوصی و دولتی توانسته‌است مدل‌های نوآورانه‌ای از انتشار داده برای آموزش و تست هوش مصنوعی ارائه کند. یازده تیم مشترک شامل فناوران، کارشناسان و بسیاری از محققان حوزه هوش مصنوعی در این ابتکار مشارکت دارند و با استفاده از ابزارهای دیجیتالی ساخته شده براساس داده‌های فدرال و فناوری‌های هوش مصنوعی سعی دارند بررسی‌های مختلفی در زمینه بهبود آزمایش‌های بالینی، درمان‌های تجربی و راه‌حل‌های مبتنی بر داده جهت درمان انواع بیماری‌های سخت و پیچیده مانند سرطان انجام دهند. [۸]





۴

# توسعه علم و فناوری



## ۴-۱ دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی برتر در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده

۲۰ دانشگاه برتر و مراکز تحقیقاتی وابسته به آن‌ها در حوزه هوش مصنوعی در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد در ایالات متحده براساس رتبه‌بندی صورت گرفته در سال ۲۰۲۰ در وب‌سایت Computer Science Degree Hub به شرح زیر معرفی شده‌اند (جدول ۳).

جدول ۳: ۲۰ دانشگاه برتر و مراکز تحقیقاتی وابسته به آن‌ها در حوزه هوش مصنوعی در دوره‌های کارشناسی و کارشناسی ارشد در ایالات متحده

رتبه	نام دانشگاه	رشته و گرایش تحصیلی	گروه‌های تحقیقاتی
۱	دانشگاه پردو <sup>۱</sup> ایندیانا	کارشناسی علوم کامپیوتر گرایش هوش ماشینی	تولید، رباتیک، نرم‌افزار ادغامی برای تولید و مدیریت (PRISM) <sup>۲</sup> .
۲	دانشگاه واشنگتن <sup>۳</sup>	کارشناسی مهندسی و علوم کامپیوتر- رابط کاربر و تعامل انسان و کامپیوتر	کنترل و برنامه‌ریزی خودکار، رابط‌های کامپیوتر-مغز و علم اعصاب محاسباتی، زیست‌شناسی محاسباتی، تعامل هوشمند، یادگیری ماشینی، پردازش زبان طبیعی، رباتیک، آزمایشگاه گرافیک و تصویربرداری
۳	دانشگاه ایندیانا، شعبه بلومینگتون <sup>۴</sup>	کارشناسی مهندسی سیستم‌های هوشمند، کارشناسی ارشد طراحی تعامل انسان و کامپیوتر، کارشناسی ارشد مهندسی سیستم‌های هوشمند	مرکز تحقیقات مفاهیم و شناخت، مرکز انفورماتیک اجتماعی راب کلینگ <sup>۵</sup> ، آزمایشگاه‌های فناوری گرافیک و انفورماتیک کامپیوتر، مرکز محاسبات و سنجش اطلاعات تصویری
۴	دانشگاه کالیفرنیا-برکلی <sup>۶</sup>	کارشناسی علوم شناختی	آزمایشگاه علوم سیستم و اطلاعات برکلی (BLISS) <sup>۷</sup> ، مرکز بینایی و یادگیری برکلی (BVLC) <sup>۸</sup> ، مرکز سیستم‌های هوشمند (CIS) <sup>۹</sup> ، واحد آدم‌ها و ربات‌ها وابسته به «مرکز تحقیقات جامعه‌محور فناوری اطلاعات» (CITRIS) <sup>۱۰</sup>
۵	دانشگاه تگزاس <sup>۱۱</sup> ، شعبه آستین	علوم کامپیوتر: گرایش هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی	آزمایشگاه هوش مصنوعی، گروه تحقیقاتی عامل‌های یادگیری، گروه تحقیقاتی یادگیری ماشینی، تیم فوتبال رباتیک استون‌ویلا وابسته به دانشگاه تگزاس، گروه تحقیقاتی بینایی کامپیوتری، آزمایشگاه واقعیت مجازی
۶	دانشگاه جورجیا <sup>۱۲</sup>	کارشناسی علوم شناختی، کارشناسی ارشد هوش مصنوعی	مؤسسه هوش مصنوعی

1. Purdue University
2. Production, Robotics, & Integration Software for Manufacturing & Management
3. University of Washington
4. Indiana University-Bloomington
5. Rob Kling
6. University of California-Berkeley
7. Berkeley Laboratory for Information and System Sciences
8. Berkeley Vision and Learning Center
9. Center for Intelligent Systems
10. Center for Information Technology Research in the Interest of Society
11. University of Texas
12. University of Georgia

رتبه	نام دانشگاه	رشته و گرایش تحصیلی	گروه‌های تحقیقاتی
۷	دانشگاه مینه‌سوتا <sup>۱</sup> (شهرهای دوکلو مینیاپولیس و مینه‌سوتا)	کارشناسی علوم کامپیوتر و مهندسی: هوش مصنوعی/رباتیک (گرایش اختیاری)	آزمایشگاه هوش مصنوعی، رباتیک و بینایی، گروه خوانش یادگیری ماشینی، سمینار هوش مصنوعی و محاسبات تصویری
۸	دانشگاه دولتی اوهایو <sup>۲</sup>	کارشناسی علوم کامپیوتر و مهندسی: گرایش هوش مصنوعی	آزمایشگاه تحقیقات هوش مصنوعی (LAIR) <sup>۳</sup>
۹	دانشگاه دولتی اورگن <sup>۴</sup>	کارشناسی علوم کامپیوتر: هوش مصنوعی کاربردی	هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی و علوم داده
۱۰	دانشگاه تنسی ناکسویل <sup>۵</sup>	کارشناسی علوم کامپیوتر: گرایش هوش مصنوعی	مرکز سیستم‌های هوشمند و یادگیری ماشینی
۱۱	دانشگاه پنسیلوانیا <sup>۶</sup>	کارشناسی علوم کامپیوتر و شناختی	مرکز شبیه‌سازی و مدل‌سازی انسانی (HMS) <sup>۷</sup> ، آزمایشگاه رباتیک عمومی/خودکارسازی/حس/درک، مؤسسه تحقیقات علوم شناختی (IRCS) <sup>۸</sup> ، مرکز تحقیقات یادگیری ماشینی پنسیلوانیا (PRiML) <sup>۹</sup>
۱۲	دانشگاه کارنگی‌ملون <sup>۱۰</sup> پنسیلوانیا	کارشناسی هوش مصنوعی	مؤسسه تعاملات انسان و کامپیوتر، مؤسسه تحقیقات نرم‌افزار، دپارتمان یادگیری ماشینی، دپارتمان رباتیک
۱۳	دانشگاه هاروارد <sup>۱۱</sup> ماساچوست	کارشناسی علوم کامپیوتر: ذهن، مغز و رفتار	Teamcore
۱۴	دانشگاه استنفورد <sup>۱۲</sup> کالیفرنیا	کارشناسی علوم کامپیوتر-گرایش هوش مصنوعی، کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر: گرایش هوش مصنوعی، کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر: گرایش تعامل انسان و کامپیوتر	آزمایشگاه هوش مصنوعی

1. University of Minnesota
2. Ohio State University
3. Laboratory for Artificial Intelligence Research
4. Oregon State University
5. University of Tennessee - Knoxville
6. University of Pennsylvania
7. Human Modeling and Simulation
8. Institute for Research in Cognitive Science
9. Penn Research in Machine Learning
10. Carnegie Mellon University
11. Harvard University
12. Stanford University

رتبه	نام دانشگاه	رشته و گرایش تحصیلی	گروه‌های تحقیقاتی
۱۵	مؤسسه فناوری کالیفرنیا <sup>۱</sup>	کارشناسی علوم کامپیوتر-گرایش یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی	دوره‌های تابستانی فلوشیپ پژوهشی (SURF) <sup>۲</sup>
۱۶	دانشگاه کالیفرنیا جنوبی (USC) <sup>۳</sup>	کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر-هوش مصنوعی	آزمایشگاه تفسیر و تحلیل سخن (SAIL) <sup>۴</sup> ، گروه رباتیک دارای بازخورد لمسی <sup>۵</sup> ، آزمایشگاه هوش مصنوعی آی‌دی‌ام، مرکز هوش مصنوعی در جامعه
۱۷	دانشگاه کلمبیا <sup>۶</sup> واحد نیویورک	کارشناسی علوم کامپیوتر-گرایش سیستم‌های هوشمند	مرکز سیستم‌های یادگیری محاسباتی: یادگیری ماشینی
۱۸	دانشگاه نورث‌وسترن <sup>۷</sup> شیکاگو	کارشناسی ارشد هوش مصنوعی	آزمایشگاه رباتیک کمکی و بازتوانی، آزمایشگاه اطلاعات هوشمند، آزمایشگاه شنیداری تعاملی
۱۹	مؤسسه پلی‌تکنیک رنسلیر <sup>۸</sup> نیویورک	کارشناسی و کارشناسی ارشد علوم شناختی، گرایش اختیاری/دوره تخصصی تکمیلی <sup>۹</sup> علوم شناختی هوش مصنوعی	آزمایشگاه منطق و هوش مصنوعی رنسلیر، آزمایشگاه CogWorks
۲۰	دانشگاه راجستر <sup>۱۰</sup> نیویورک	رشته علوم کامپیوتر گرایش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی/ادغام کامپیوتر و انسان	مرکز علوم زبان، مرکز علوم تصویری، مرکز محاسبات و مغز، گروه تعاملات کامپیوتر و انسان (ROCHI) <sup>۱۱</sup>

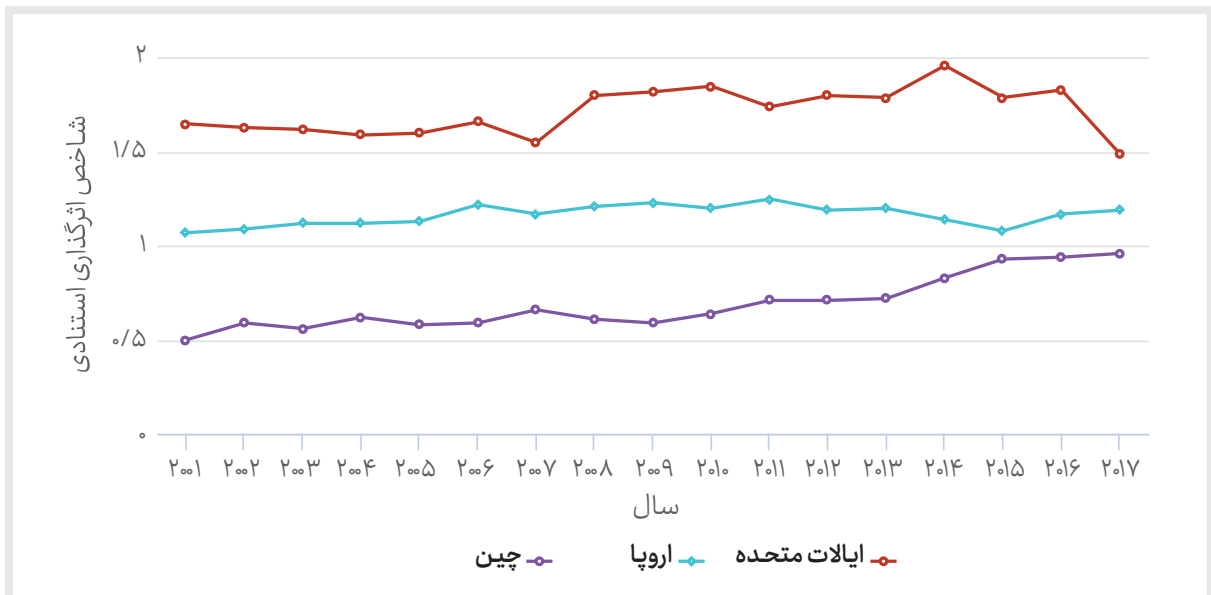
منبع: <https://www.computersciencedegreehub.com/best/artificial-intelligence-engineering-schools>

## ۴-۲ تحلیل آماری تعداد مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی

میزان انتشار مقالات داوری هم‌تا و تعداد ارجاعات به آن‌ها به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های تحقیق و توسعه هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. براساس تحلیل‌های مجله الزویر<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۸) می‌توان گفت که میزان ارجاع و استناد به انتشارات علمی ایالات متحده در زمینه هوش مصنوعی بیش از انتشارات علمی اروپا و چین بوده‌است (نمودار ۶).

1. California Institute of Technology
2. Summer Undergraduate Research Fellowships
3. University of Southern California
4. Speech Analysis and Interpretation Lab
5. Haptic Robotics
6. Columbia University
7. Northwestern University
8. Rensselaer Polytechnic Institute
9. Minor Degree
10. University of Rochester
11. Rochester Human Computer Interaction Group
12. Elsevier

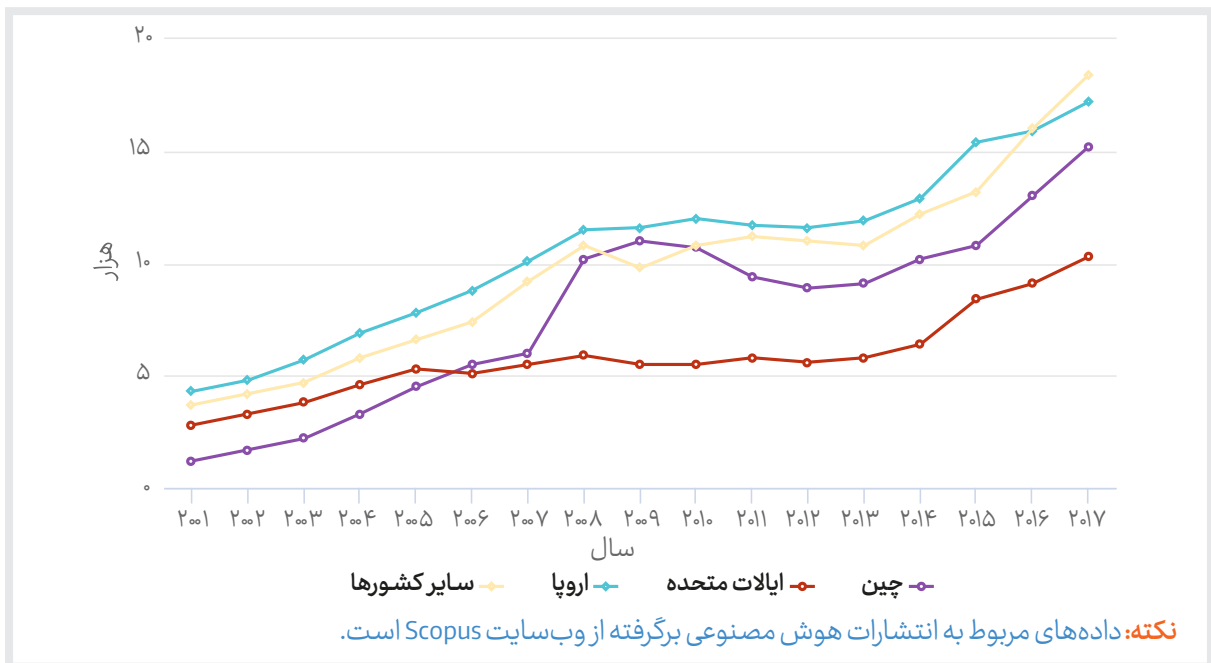
این امر نشان می‌دهد که تحقیقات ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی دامنه اثرگذاری بیشتری دارند. البته آمار ارائه شده در مجله الزویر نشان می‌دهند که اثرگذاری انتشارات چین نیز در حال افزایش است.



نمودار ۶: شاخص اثرگذاری استنادی مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷)

منبع: The 2018 AI Index Report. 2018. Artificial Intelligence Index

چین از نظر انتشار مقالات در حوزه هوش مصنوعی در مقایسه با ایالات متحده و اروپا رشد چشمگیری طی دهه اخیر داشته است (نمودار ۷) و ۲۵ درصد از کل مقالات این حوزه متعلق به این کشور بوده است. در نتیجه، چین در زمینه انتشار مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی در جهان پیشگام است و پس از آن نیز ایالات متحده با سهم ۱۷ درصدی در جایگاه دوم قرار دارد.

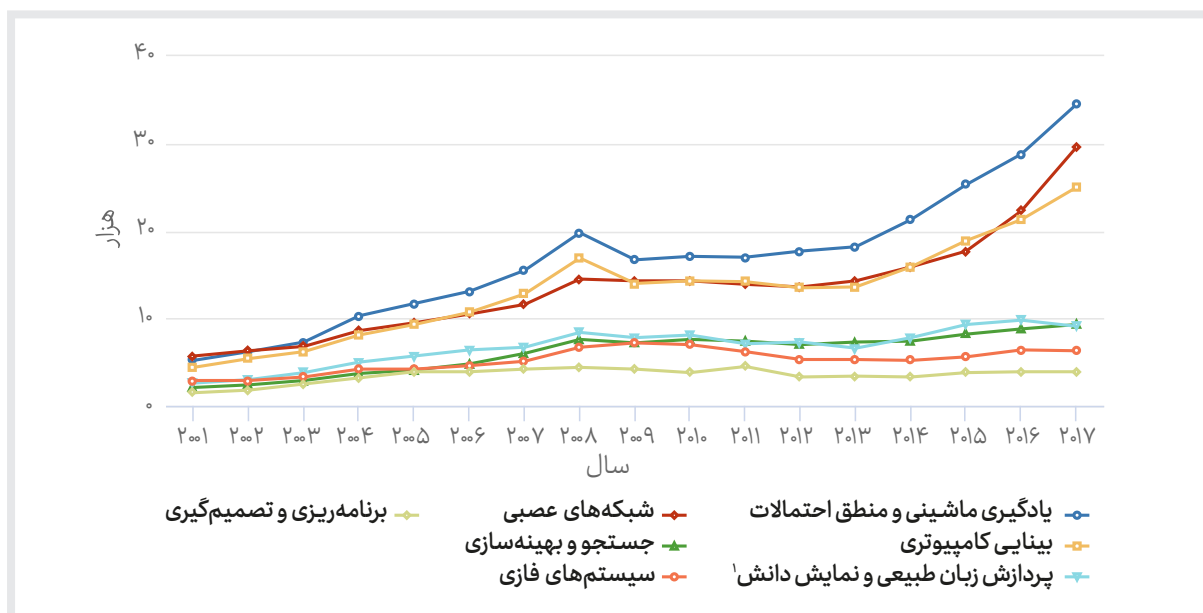


نکته: داده‌های مربوط به انتشارات هوش مصنوعی برگرفته از وبسایت Scopus است.

نمودار ۷: مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی برحسب منطقه، کشور یا اقتصاد (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷)

منبع: The 2018 AI Index Report. 2018. Artificial Intelligence Index

مقالات علمی در سه حوزه تخصصی هوش مصنوعی رشد چشمگیری داشته‌اند: یادگیری ماشینی و منطق احتمالات، شبکه‌های عصبی و بینایی کامپیوتری (نمودار ۸). [۷]

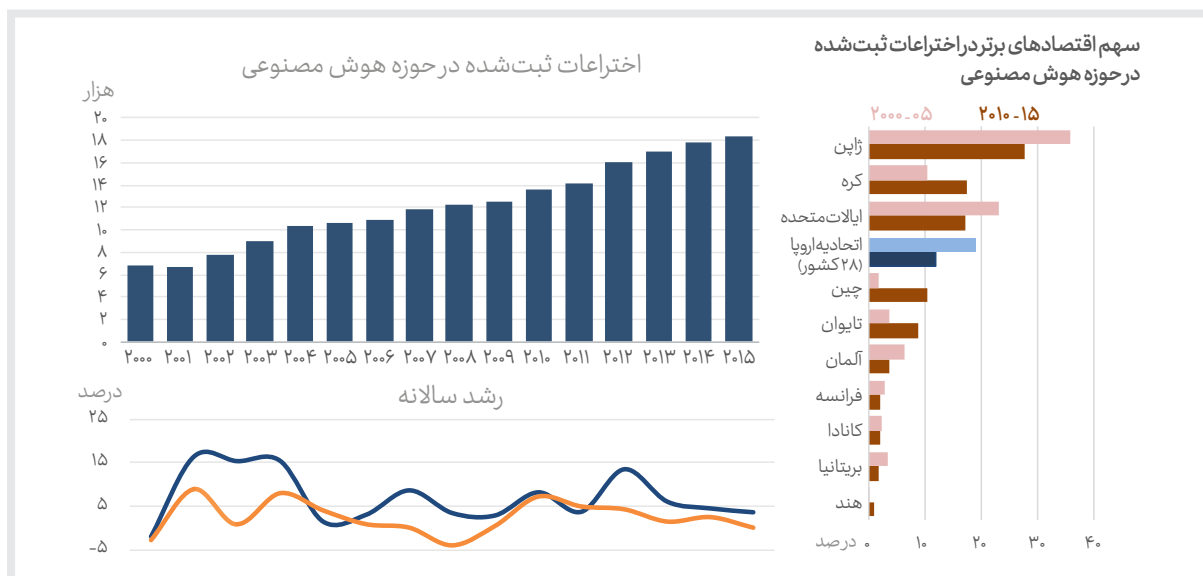


نمودار ۸: مقالات علمی در حوزه هوش مصنوعی برحسب موضوع (۲۰۰۱-۲۰۱۷)

منبع: The 2018 AI Index Report. 2018. Artificial Intelligence Index

### ۳-۴ تحلیل آماری تعداد اختراعات ثبت‌شده در حوزه هوش مصنوعی

امروزه در پرتو افزایش سریع قدرت محاسباتی و ارتباطات، امکان گردآوری و به اشتراک‌گذاری حجم بزرگی از داده‌های ارزشمند به راحتی میسر شده است و در نتیجه، روند پیشرفت فناوری‌های هوش مصنوعی شتاب گرفته است. در سال‌های اخیر، ثبت اختراع در حوزه هوش مصنوعی در سراسر جهان رشد چشمگیری داشته است.



نمودار ۹: تعداد اختراعات ثبت‌شده در حوزه هوش مصنوعی در سراسر جهان (۲۰۰۰-۲۰۱۵) [۵]

منبع: OECD, Science, Technology and Industry Scoreboard, 2017

۱. Knowledge Representation نمایش یا بازمود دانش به معنی دستیابی به مناسب‌ترین شکل‌ها و شیوه‌های ذخیره‌سازی دانش است.

و میانگین نرخ رشد آن بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۵ برابر با ۶ درصد بوده است (نمودار ۹) که از میانگین رشد اختراعات ثبت‌شده در سایر حوزه‌ها بالاتر است.

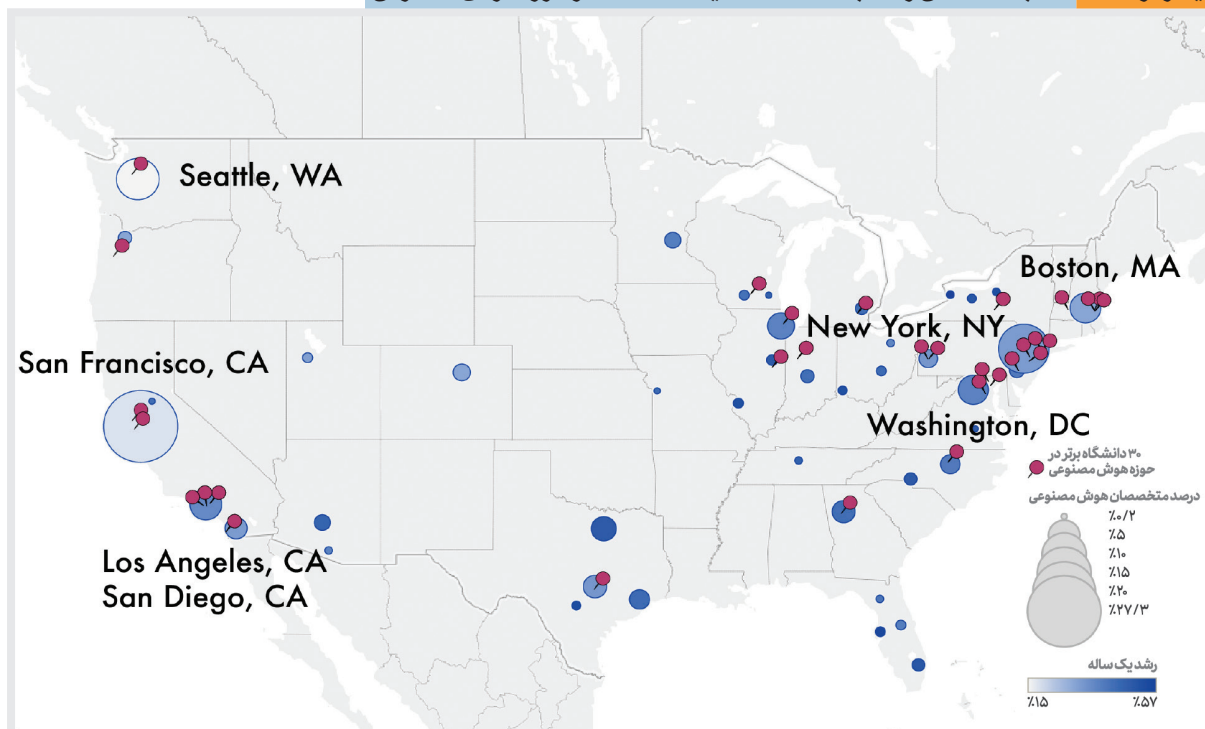
همانطور که در نمودار ۹ نشان داده شده است، کشورهای ژاپن، کره جنوبی و ایالات متحده از نظر تحقیقات هوش مصنوعی در این فاصله زمانی در جایگاه برتر قرار داشته و دوسوم از کل اختراعات ثبت‌شده در این حوزه را به خود اختصاص داده‌اند. طبق گزارش ارائه شده توسط سازمان جهانی مالکیت فکری در سال ۲۰۱۹، آغاز قرن جاری همراه با افزایش چشمگیر تعداد مقالات علمی در این رشته بوده و بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ تعداد اختراعات ثبتی در حوزه هوش مصنوعی نیز رشد بی‌سابقه‌ای داشته است. این روند دال بر این واقعیت است که رویکرد تحقیقات هوش مصنوعی از تحقیقات نظری به سمت تحقیقات کاربردی و تولید محصولات و خدمات تجاری سوق پیدا کرده است. مطابق این گزارش، تعداد قابل توجه اختراعات ثبتی در حوزه تخصصی یادگیری ماشینی حاکی از این است که یادگیری ماشینی در حال حاضر بیشترین کاربرد را در بین فناوری‌های هوش مصنوعی دارد.

گزارش مذکور نشان می‌دهد که بیشترین تعداد اختراعات مربوط به هوش مصنوعی در حوزه‌های تخصصی مخابرات، حمل‌ونقل، علوم زیستی و پزشکی و وسیله‌های شخصی ثبت شده است که به ارزیابی تعامل انسان و کامپیوتر می‌پردازند. ثبت اختراع در حوزه‌های تخصصی شهر هوشمند، کشاورزی، بانکداری و دولت الکترونیک نیز بیشترین رشد را داشته است. براساس این گزارش، بیشترین تعداد اختراعات (۷۵ درصد) در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ متعلق به کشورهای چین، ایالات متحده و ژاپن بوده است.

#### ۴-۴ قطب‌های علمی و اشتغال و سرمایه‌گذاری ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی

همانطور که در اینفوگراف ۲۶ مشاهده می‌شود، بیشتر دانشگاه‌های برتر در حوزه هوش مصنوعی (۵۳ درصد) در نیمه شرقی کشور متمرکز شده‌اند. البته در ارتباط با اشتغال متخصصان هوش مصنوعی پراکندگی بیشتری به چشم می‌خورد و مشاغل حوزه هوش مصنوعی بیشتر در سواحل غربی (۴۱ درصد) متمرکز هستند و سواحل شرقی تنها ۲۳ درصد از اشتغال در این حوزه را دربرمی‌گیرند. به‌طور کلی، سان‌فرانسیسکو (۲۷ درصد)، نیویورک (۱۳ درصد)، سیاتل (۹ درصد)، لس‌آنجلس/بوستون و واشنگتن-بالتیمور (حدود ۵ درصد) به‌عنوان مراکز اصلی جهت استخدام متخصصان هوش مصنوعی محسوب می‌شوند. اگرچه بیشترین میزان اشتغال‌زایی در حوزه هوش مصنوعی در سان‌فرانسیسکو مشاهده می‌شود، اما این منطقه شاهد کمترین نرخ رشد اشتغال (۱۸ درصد) بوده است. گفتنی است که سواحل شرقی از بالاترین نرخ رشد اشتغال (۳۰ تا ۵۷ درصد) برخوردار هستند.

**اینفوگراف ۲۶: قطب‌های علمی و قطب‌های اشتغال ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی**



**نکته:** این نقشه نسبت نیروی کار ماهر در حوزه هوش مصنوعی و نرخ رشد آن را در مناطق اقتصادی مختلف نشان می‌دهد. دایره‌های بزرگ نشان‌دهنده نسبت متخصصان هوش مصنوعی و دایره‌های تیره‌تر بیانگر نرخ رشد بیشتر در مناطق هستند.

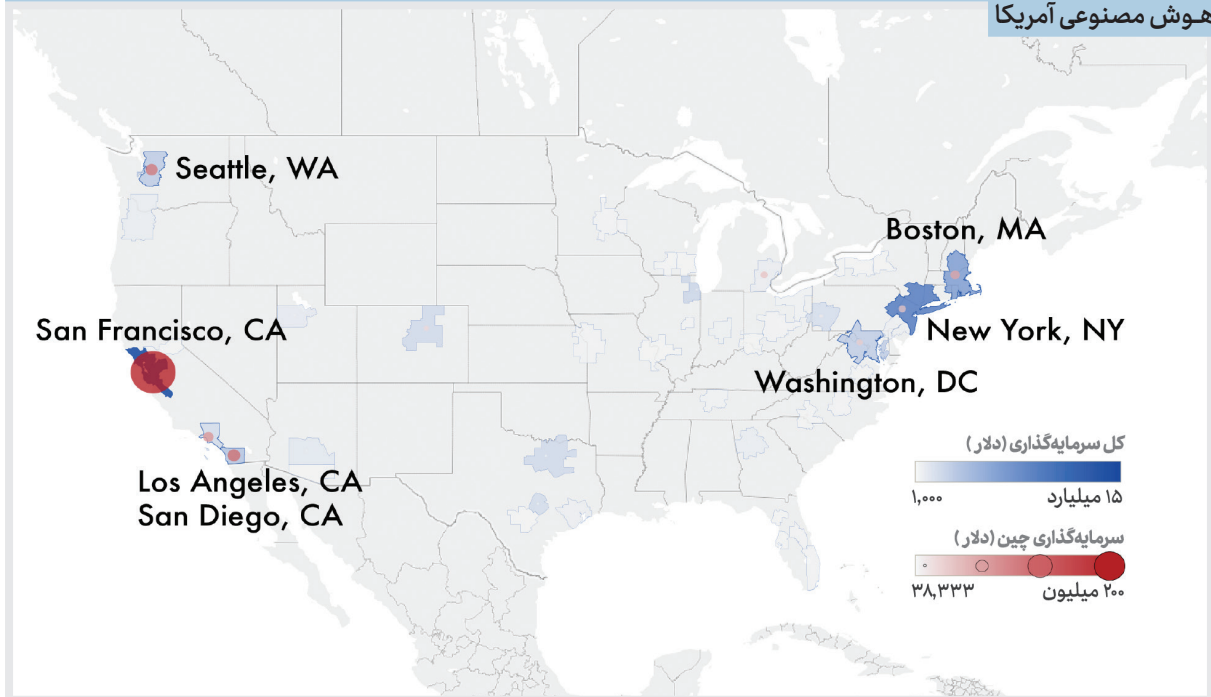
**منبع:** Center for Security and Emerging Technology 2020

همان‌طور که در اینفوگراف ۲۷ مشاهده می‌شود، قطب‌های سرمایه‌گذاری ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی عبارتند از: سان‌فرانسیسکو، نیویورک، بوستون، سن‌دیه‌گو، سیاتل و واشنگتن-بالتیمور که بیش از ۸۰ درصد از سرمایه‌گذاری (سود سهام) ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده‌اند. سان‌فرانسیسکو با سرمایه‌گذاری به ارزش ۸۰/۴ میلیارد دلار (۵۲ درصد) و پس از آن واشنگتن با سرمایه‌گذاری به ارزش ۹/۱ میلیارد دلار (۱۱ درصد) بیشترین میزان سرمایه‌گذاری در حوزه هوش مصنوعی را به خود اختصاص داده‌اند.

شایان ذکر است که سرمایه‌گذاری چین در شرکت‌های هوش مصنوعی آمریکا در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ برابر با ۱/۹ میلیارد دلار و به عبارتی ۲/۴ درصد از کل سرمایه‌گذاری در این فاصله زمانی بوده است که تقریباً سه‌چهارم از این سرمایه‌گذاری جذب منطقه سان‌فرانسیسکو شده است. این امر موجب نگرانی‌های زیادی در مورد اکتساب شرکت‌های نوپای آمریکایی توسط چین و انتقال مرکز نوآوری از سیلیکون‌ولی به خارج از کشور شده است. [۲]



اینفوگراف ۲۷: قطب‌های سرمایه‌گذاری ایالات متحده در حوزه هوش مصنوعی و سهم سرمایه‌گذاری چین در شرکت‌های هوش مصنوعی آمریکا



**نکته:** سرمایه‌گذاری در شرکت‌های هوش مصنوعی. دایره‌های آبی تیره دال بر سرمایه‌گذاری بیشتر (صرف نظر از منبع) در منطقه است. دایره‌های قرمز تیره بیانگر سرمایه‌گذاری چین در شرکت‌های منطقه است. توجه داشته باشید که با آنکه سقف سرمایه‌گذاری چین ۲۰۰ میلیون دلار تعیین شده است، اما سان‌فرانسیسکو ۱/۴۲۵ میلیارد دلار جذب سرمایه از چین داشته است.

منبع: Center for Security and Emerging Technology 2020





# توسعه کسب و کار و بازار



## ۵- شرکت‌های نوپای برتر در زمینه جذب سرمایه در ایالات متحده

شرکت‌های نوپای فعال در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده در سال ۲۰۱۹ موفق به جذب ۲۸/۵ میلیارد دلار سرمایه در قالب ۲۳۰۰ معامله شده‌اند. شایان ذکر است که بیشترین جذب سرمایه در شرکت‌های نوپای واقع در ایالت‌های کالیفرنیا، نیویورک و ماساچوست مشاهده می‌شود. اگرچه بیماری همه‌گیر کرونا باعث کاهش تعداد معاملات این شرکت‌ها در سال ۲۰۲۰ شده است، اما حجم سرمایه این شرکت‌ها در نیمه دوم سال تا ۵۱ درصد افزایش یافته و به رقم ۸/۴ میلیارد دلار رسیده است. برترین شرکت‌های نوپا از نظر میزان جذب سرمایه در فاصله سال‌های ۲۰۱۵ الی ۲۰۲۰ در جدول ۴ نشان داده شده است. گفتنی است که ۹ شرکت یونیکورن (تک‌شاخ) در بین این شرکت‌های نوپا وجود دارد که ارزش آن‌ها بیش از ۱ میلیارد دلار است (جدول ۵) [۱۱].

جدول ۴: شرکت‌های نوپای برتر در زمینه جذب سرمایه در ایالات متحده

شرکت	ایالت	کل تأمین بودجه (سود سهام) میلیون دلار
UiPath	نیویورک	۱۲۴۱
Indigo Ag	ماساچوست	۱۰۹۲
Nuro	کالیفرنیا	۱۰۳۲
Avant	ایلینویز	۶۵۵
Argo AI	پنسیلوانیا	۵۰۰
StackPath	تگزاس	۳۹۶
Butterfly Network	کنتیکت	۳۵۰
Welltok	کلرادو	۳۳۹
Outreach	واشنگتن	۲۹۰
XANT	یوتا	۲۶۴
Benson Hill Biosystems	میسوری	۱۲۷
Olive	اوهایو	۱۱۹
Digital Reasoning Systems	تنسی	۱۱۶
Xometry	مریلند	۱۱۱
Afiniti	بخش کلمبیا	۱۰۲
QOMPLX	ویرجینیا	۹۵
May Mobility	میشیگان	۸۷

شرکت	ایالت	کل تأمین بودجه (سود سهام) میلیون دلار
TrueAccord	کانزاس	۷۲
FullStory	جورجیا	۶۷
IDx Technologies	آیووا	۶۰
Lytics	اورگن	۵۸
Descartes Labs	نیومکزیکو	۵۸
Flow	نیوجرسی	۵۸
Levelset	لویزیانا	۴۷
SmarterHQ	ایندیانا	۳۹
Pryon	کارولینای شمالی	۲۵
DermaSensor	فلوریدا	۲۰
Defendry	آریزونا	۱۵
Inspectorio	مینه‌سوتا	۱۴
EnsoData	ویسکانسین	۱۱
Faraday	ورمونت	۵/۵
Reconnect	مین	۳/۷
ICM Hub	دلاویر	۳/۱
ArtBnk	نیوهامپشایر	۲/۷
Pandoodle	کارولینای جنوبی	۲/۵
Wyzerr	کنتاکی	۲/۵
Cyrcadia	نوادا	۲/۵
Bot Image	نبراسکا	۱/۴
Bond.ai	آرکانزاس	۰/۸۲
Natural Intelligence Semiconductor	آیداهو	۰/۶۸
Hayden AI	آلاباما	۰/۶۵
Airtonomy	داکوتای شمالی	۰/۶۳
Aurelius Data	مونتانا	۰/۱۰
The Innovation Scout	رودآیلند	۰/۰۵

**جدول ۵: شرکت‌های نوپای یونیکورن در حوزه هوش مصنوعی در ایالات متحده**

شرکت	حوزه فعالیت	ارزش (میلیارد دلار)
UiPath	محصولات / خدمات خودکارسازی فرآیند رباتیک	۱۰/۲
Argo AI	نرم‌افزارهای وسایل نقلیه خودکار	۷
Indigo Ag	فناوری کشاورزی	۳/۵
Nuro	وسایل نقلیه خودکار	۲/۷
Avant	روش‌های نوین وام	۱/۹
XANT	پلتفرم فروش پیشگویانه مبتنی بر هوش مصنوعی	۱/۷
Afiniti	فناوری فروش	۱/۶
Outreach	پلتفرم ارتباط فروش کسب‌وکار	۱/۳
Butterfly Network	سلامت	۱/۳

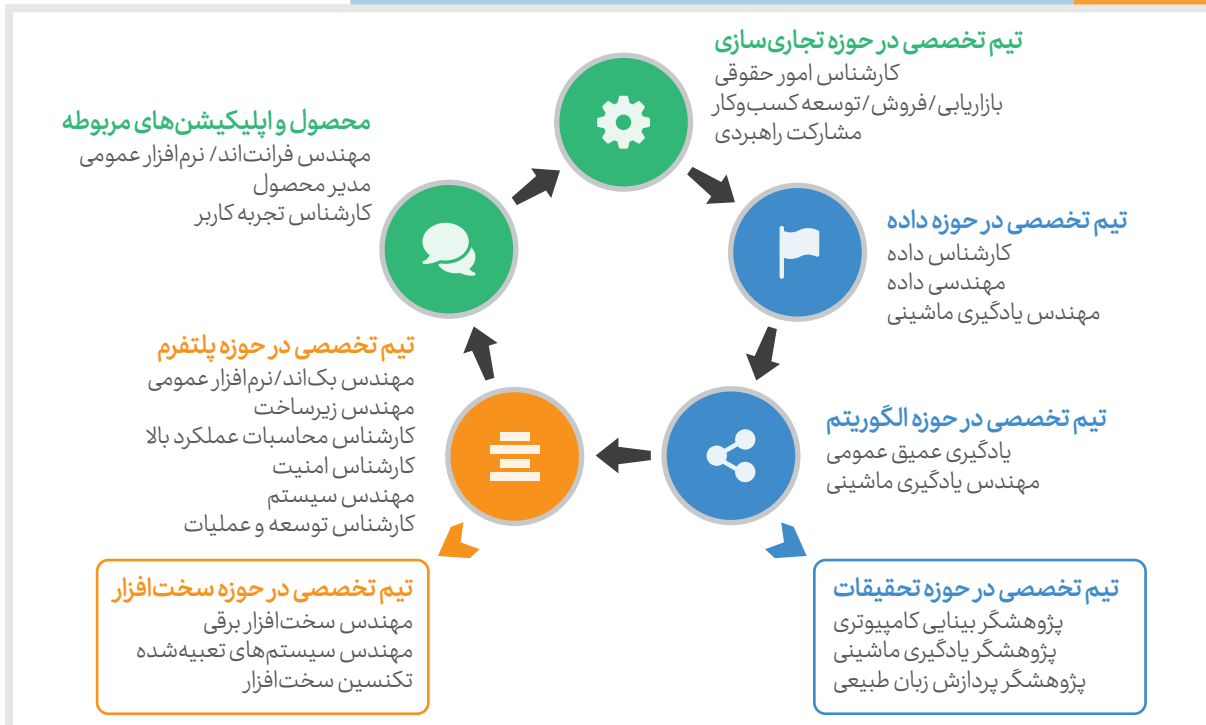
منبع: <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startup-us-map>

**۵-۲ بازار کار متخصصان هوش مصنوعی در ایالات متحده**

در سال‌های اخیر تقاضای روزافزونی برای متخصصان هوش مصنوعی مشاهده می‌شود. مطابق آمارهای ارائه شده در سایت لینکدین می‌توان گفت که در فاصله سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹، کاربرد هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی سالانه ۷۴ درصد رشد داشته و بیشترین تقاضا برای مشاغل نظیر مهندسی یادگیری ماشینی، مهندسی یادگیری عمیق، کارشناس داده، مهندس بینایی کامپیوتری و سازنده الگوریتم در سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۱۹ وجود داشته‌است. البته ساختار تقاضا برای متخصصان هوش مصنوعی در سال‌های اخیر تغییر یافته و تعداد فزاینده‌ای از کارفرمایان هم‌اکنون به دنبال جذب نیروهای کاری با ۳ تا ۵ سال تجربه هستند (۷۰ درصد از صاحبان شرکت‌های نوپا به دنبال جذب نیروهای کاری با ۳ تا ۵ سال تجربه و ۸۰ درصد از آن‌ها نیز به دنبال جذب استعدادهای برتر از دانشگاه‌های معتبر بوده‌اند).

مطابق یک بررسی در سال ۲۰۱۹، بسیاری از مدیران شرکت‌های نوپا در سیلیکون ولی با تشکیل تیم‌های تخصصی در زمینه الگوریتم، تحقیقات و زیرساخت تلاش می‌کنند تا جایگاه محکمی در بازار پیشرفت‌های فنی کسب نمایند. ساختار تیم‌های تخصصی این شرکت‌ها در حوزه هوش مصنوعی در اینفوگراف ۲۸ نشان داده شده‌است.

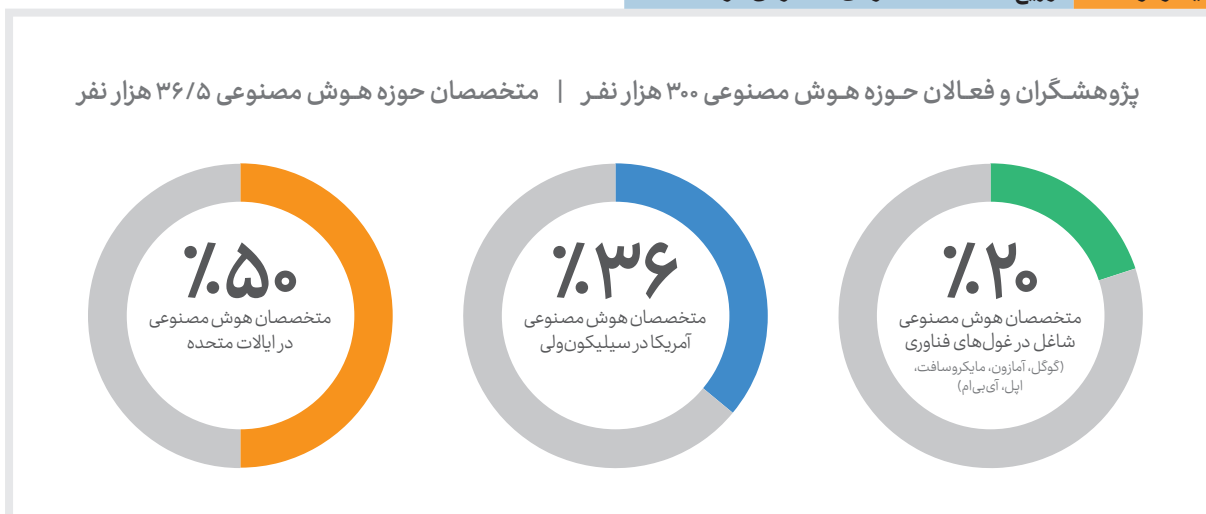
اینفوگراف ۲۸: ساختار تیم‌های تخصصی شرکت‌های سیلیکون ولی در حوزه هوش مصنوعی



منبع: TalentSeer

اگرچه ایالات متحده در زمینه جذب، آموزش و حفظ استعداد‌های برتر در حوزه هوش مصنوعی در دنیا پیشگام است، اما سیاست‌های مهاجرتی اخیر این کشور باعث نگرانی‌هایی درباره حفظ این متخصصان شده است (اینفوگراف ۲۹). با آنکه شرکت‌های اروپایی هنوز فاقد ظرفیت بالا جهت استخدام گسترده متخصصان هوش مصنوعی هستند، اما اتحادیه اروپا از منبع نسبتاً غنی متخصصان هوش مصنوعی برخوردار است. گفتنی است که چین در حال حاضر به دلیل پدیده فرار مغزها با کمبود متخصصان این حوزه مواجه است، هرچند این کشور نیز به خوبی توانسته است سیاست‌های مبنی بر جذب متخصصان را در پاسخ به این مشکل اجرا نماید.

اینفوگراف ۲۹: توزیع متخصصان هوش مصنوعی در سال ۲۰۱۹



منبع: Element AI & Tencent Holdings

با توجه به این که همچنان تقاضا برای متخصصان هوش مصنوعی بیش از عرضه است، کارکنان این بخش حقوق نسبتاً بالایی دریافت می‌کنند. شایان ذکر است که خلیج کالیفرنیا بهترین منطقه از این نظر محسوب می‌شود و در آنجا مهندسان هوش مصنوعی به‌طور میانگین سالانه ۱۶۸ هزار دلار حقوق پایه دریافت می‌کنند. به همین ترتیب، حقوق پایه متخصصان هوش مصنوعی در شهرهای بزرگی مانند نیویورک، لس‌آنجلس، بوستون و سیاتل بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ هزار دلار است. متخصصان هوش مصنوعی در شهرهای سیاتل، آستین و فینیکس مشمول دریافت حقوق و مزایای بالایی هستند و در نتیجه، این مناطق بهترین گزینه برای زندگی آن‌ها محسوب می‌شوند.

لازم به ذکر است که میزان حقوق و مزایای دریافتی متخصصان هوش مصنوعی تحت تأثیر عوامل متعدد تغییر می‌کند. تجربه کاری در حوزه‌های مختلف هوش مصنوعی به شدت بر حقوق پایه افراد تأثیرگذار است و حقوق پایه افراد به‌طور میانگین به ازای هر ۱ سال تجربه کاری، ۱۰ هزار دلار افزایش خواهد یافت. بیشترین میزان حقوق به افراد دارای بیش از ۱۰ سال تجربه کاری تعلق می‌گیرد که مشتمل بر مدیران هوش مصنوعی هستند. دانشگاه و رشته تحصیلی نیز در تعیین حقوق پایه متخصصان هوش مصنوعی نقش مهمی دارد. فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های کارنگی‌ملون، ام‌آی‌تی، استنفورد و برکلی از بهترین موقعیت در میان متخصصان هوش مصنوعی برخوردارند. بیشترین تقاضا در بازار کار برای استعدادهای برتر برخی از دانشگاه‌ها (به‌عنوان مثال، فارغ‌التحصیلان دانشگاه‌های کالیفرنیا (سن‌دیگو)، کالیفرنیا جنوبی، میشیگان، دانشگاه دولتی آریزونا، دانشگاه فناوری جورجیا، دانشگاه‌های کرنل و پردو) مشاهده می‌شود.

مدرک تحصیلی از دیگر عوامل تعیین‌کننده در میزان حقوق پایه متخصصان هوش مصنوعی است. افراد دارای مدرک دکترا سالانه بین ۲۰ تا ۴۰ هزار دلار بیشتر از افراد دارای مدرک کارشناسی ارشد درآمد دارند. بیشتر مهندسان هوش مصنوعی دارای مدرک کارشناسی ارشد هستند. با این حال، مهندسان دارای مدرک کارشناسی نیز در صورت برخورداری از تجربه و هوش بالا می‌توانند به راحتی به رقابت با دارندگان مدرک کارشناسی ارشد بپردازند.

جنسیت تأثیر چندانی در میزان حقوق متخصصان هوش مصنوعی ندارد، البته منوط به این که متخصصان از شرایط برابر از نظر مدرک، تجربه و پست سازمانی برخوردار باشند. در واقع، کمبود متخصصان هوش مصنوعی باعث شده است که جنسیت در میزان حقوق تأثیر چندانی نداشته باشد. فرآیند انتخاب و جذب متخصصان هوش مصنوعی در بازار رقابتی بسته به نوع شرکت و موقعیت شغلی مورد نظر معمولاً ۱ تا ۳ ماه به طول می‌انجامد. شرکت‌ها معمولاً فرد مورد نظر برای موقعیت‌های شغلی رده پایین را پس از مصاحبه با ۳ تا ۱۰ نفر و فرد مورد نظر برای موقعیت‌های شغلی رده بالا را پس از مصاحبه با ۱۰ تا ۲۰ نفر انتخاب می‌کنند. [۴]





# علائم اختصاری

**AFOSR:** Air Force Office of Scientific Research

**AHRQ:** Agency for Healthcare Research and Quality

**AIE:** Artificial Intelligence Exploration

**AIST:** Advanced Information Systems Technology

**ARO:** Army Research Office

**ASME:** American Society of Mechanical Engineers

**BLISS:** Berkeley Laboratory for Information and System Sciences

**BRAIN:** Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies

**BVLC:** Berkeley Vision and Learning Center

**CCF:** Computing and Communication Foundations

**CESER:** Office of Cybersecurity, Energy Security, and Emergency Response

**CHuman:** Computing-Enabled Human Interaction, Communication, and Augmentation

**CIS:** Center for Intelligent Systems

**CISE:** Directorate for Computer and Information Science and Engineering

**CITRIS:** Center for Information Technology Research in the Interest of Society

**CNPS:** Computing-Enabled Networked Physical Systems

**CNS:** Computer and Network Systems

**CSIA:** Cyber Security and Information Assurance

**CSP:** Cyber Security and Privacy

**CSTE:** Committee on Science and Technology Enterprise

**DAACs:** Distributed Active Archive Centers

**DARPA:** Defense Advanced Research Projects Agency

**DATC:** Data Analytics Technology Center

**DHS:** Department of Homeland Security

**DOC:** Department of Commerce

**DoD:** Department of Defense

**DOE:** Department of Energy

**DOI:** Department of the Interior

**DOJ:** Department of Justice

**DOS:** Department of State

**EAGERS:** Early-Concept Grants for Exploratory Research

**EAR:** Exploratory Advanced Research

**EdW:** Education and Workforce

**EHCS:** Enabling-R&D for High-Capability Computing Systems

**FACT:** Food and Agriculture Cyberinformatics and Tools

**FARSAIT:** Fundamental and Applied Research and Standards for AI Technologies

**FHWA:** Federal Highway Administration

- GPS:** Global Positioning System
- HCIA:** High-Capability Computing Infrastructure and Applications
- HDR:** Harnessing the Data Revolution
- HEC:** High End Computing
- HHS:** Department of Health and Human Services
- HMS:** Human Modeling and Simulation
- HPC4EI:** High Performance Computing for Energy Innovation
- IEC:** International Electrotechnical Commission
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers
- IIS:** Information and Intelligent Systems
- IRAS:** Intelligent Robotics and Autonomous Systems
- IRCS:** Institute for Research in Cognitive Science
- ISO:** International Organization for Standardization
- JAIC:** Joint Artificial Intelligence Center
- JARVIS-DFT:** Joint Automated Repository for Various Integrated Simulation-Density Functional Theory
- LAIR:** Laboratory for Artificial Intelligence Research
- LSDMA:** Large-Scale Data Management and Analysis
- LSN:** Large-Scale Networking
- MediFor:** Media Forensics
- NARA:** National Archives and Records Administration
- NASA:** National Aeronautics and Space Administration
- NCCoE:** National Cybersecurity Center of Excellence
- NEX-AI:** NASA Earth eXchange
- NIFA:** National Institute of Food and Agriculture
- NIH:** National Institutes of Health
- NIJ:** National Institute of Justice
- NIOSH:** National Institute for Occupational Safety and Health
- NIST:** National Institute of Standards and Technology
- NITRD:** Networking and Information Technology Research and Development
- NLP:** Natural Language Processing
- NNSA:** National Nuclear Security Administration
- NOAA:** National Oceanic and Atmospheric Administration
- NRI:** National Robotics Initiative
- NRO:** National Reconnaissance Office
- NSA:** National Security Agency
- NSB:** National Science Board
- NSF:** National Science Foundation

- NSTC:** National Science and Technology Council
- NTIA:** National Telecommunication and Information Administration
- OAC:** Office of Advanced Cyberinfrastructure
- ONC:** Office of the National Coordinator for Health Information Technology
- ONR:** Office of Naval Research
- OSD:** Office of the Secretary of Defense
- OSTP:** Office of Science and Technology Policy
- PCA:** Program Component Areas
- PRiML:** Penn Research in Machine Learning
- PRISM:** Production, Robotics & Integration Software for Manufacturing & Management
- PWC:** PricewaterhouseCoopers
- REEU:** Research and Extension Experience for Undergraduates
- ROCHI:** Rochester Human Computer Interaction Group
- SAIL:** Speech Analysis and Interpretation Lab
- SAPE:** Survivable Adaptive Planning Experiment
- SICLF:** Science of Information, Computation, Learning, and Fusion
- SPSQ:** Software Productivity, Sustainability, and Quality
- STRIDES:** Science and Technology Research Infrastructure for Discovery, Experimentation, and Sustainability
- SURF:** Summer Undergraduate Research Fellowships
- TREC:** Text Retrieval Conference
- TRIPODS:** Transdisciplinary Research in Principles of Data Science
- USC:** University of Southern California
- WIPO:** World Intellectual Properties Organization
- WSRD:** Wireless Spectrum Research and Development
- XAI:** Explainable AI



**منابع**

1. AI, China, Russia, and the Global Order: Technological, Political, Global, and Creative Perspectives, 2019. <https://nsiteam.com/ai-china-russia-and-the-global-order-technological-political-global-and-creative-perspectives/>
2. AI Hubs in the United States CSET Data Brief May 2020. <https://cset.georgetown.edu/research/ai-hubs-in-the-united-states/>
3. Artificial Intelligence and National Security, Congressional Research Service, Updated August 26, 2020. <https://crsreports.congress.gov/product/details?prodcode=R45178>
4. 2020 AI Talent Report: Current Landscape & Market Trends. <https://www.talentseer.com/2020-ai-talent-report>
5. Economic Impacts of Artificial Intelligence (AI), EPRS | European Parliamentary Research Service, 2019. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS\\_BRI\(2019637967\)](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2019637967))
6. Military Applications of Artificial Intelligence, Ethical Concerns in an Uncertain World, RAND 2020. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RR3139-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR3139-1.html)
7. Production and Trade of Knowledge and Technology Intensive Industries, NATIONAL SCIENCE BOARD, SCIENCE & ENGINEERING INDICATORS 2020. <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20205/executive-summary>
8. 2016–2019 PROGRESS REPORT: ADVANCING ARTIFICIAL INTELLIGENCE R&D. <https://www.nitrd.gov/news/AI-Progress-Report-2016-2019.aspx>
9. Strategic Competition in an Era of Artificial Intelligence, New American Security's series on Artificial Intelligence and International Security, 2018. <https://www.cnas.org/publications/reports/strategic-competition-in-an-era-of-artificial-intelligence>
10. THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN: 2019 UPDATE. <https://www.nitrd.gov/news/National-AI-RD-Strategy-2019.aspx>
11. <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startup-us-map/>
12. [https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/print\\_us.html](https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/print_us.html)
13. <https://www.computersciencedegreehub.com/best/artificial-intelligence-engineering-schools/>
14. <https://www.nitrd.gov/apps/itdashboard/AI-RD-Investments/#Alpiechart>
15. <https://www.nitrd.gov/about/index.aspx>
16. <https://www.nsf.gov/>
17. <https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index-2020>
18. <https://www.whitehouse.gov/ostp/nstc/>
19. <https://usfsc.nal.usda.gov/sites/usfsc.nal.usda.gov/files/NSTC%20CSTE%20Charter%207-30-2018.pdf>





مؤسسه بیندنگان توسعه فناوری و نوآوری ایرانیاان