پژوهشگاه
فضای مجازی

دفتر خاکستری ۵۱

پاسخ سریع
فروردین ۱۴۰۵

عامل هوشمند

پاسخ به سوال مطرح شده از سوی معاونت امور اقتصادی و تنظیم مقررات


بسم الله الرحمن

عامل هوشمند

پاسخ به سوالات مطرح شده از کمیسیون تنظیم مقررات

دفتر خاکستری (Quick Answer) **شمارهٔ پنجاه و یکم**

گردآورنده: سیدمصطفی یاسری

تمام حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه فضای مجازی است و استفاده از آن تنها با ذکر منبع مجاز است.
همچنین محتوای منتشرشده در این گزارش بیانگر دیدگاه رسمی مرکز ملی فضای مجازی نیست.

نشانی: تهران، سعادت آباد، خیابان علامه شمالی، کوچه هجدهم غربی، پلاک ۱۷
تلفن: ۲۲۰۷۳۰۳۱-۰۲۱
کد پستی: ۱۹۹۷۹۸۷۶۲۹

خلاصه سیاستی؛ توسعه عامل‌های هوشمند در ایران

عامل‌های هوشمند و الزامات تنظیم‌گری در ایران

۱. تحولات اخیر در حوزه عامل‌های هوشمند نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در حال عبور از مرحله «ابزار کمکی» به مرحله «کنشگر عملیاتی» است. عامل‌های هوشمند، برخلاف چت‌بات‌ها و سامانه‌های واکنشی، قادرند اهداف کلی را دریافت کرده، آن‌ها را به گام‌های اجرایی چندمرحله‌ای تبدیل کنند، با زیرساخت‌ها و داده‌ها تعامل داشته باشند و در برخی موارد بدون مداخله مستقیم انسان تصمیم‌گیری کنند. این تغییر ماهوی، پیامدهای مستقیم فناورانه، اقتصادی، حقوقی و حکمرانی دارد.

۲. در سطح جهانی، این گذار هم‌زمان با بلوغ مدل‌های زبانی بزرگ، توسعه زیرساخت‌های محاسباتی و شکل‌گیری معماری‌های عامل‌محور رخ‌داده است. در ایران، اگرچه توجه به هوش مصنوعی افزایش یافته و محصولات متعددی در قالب چت‌بات و اتوماسیون ساده توسعه یافته‌اند، اما اکوسیستم عامل‌های هوشمند هنوز در مرحله پذیرش اولیه قرار دارد. فاصله فناورانه به لحاظ سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، با بازیگران پیشرو محسوس است و توسعه عامل‌های خودمختار عملیاتی در مقیاس سازمانی هنوز عمومیت نیافته است.

۳. بااین‌حال، نکته کلیدی این است که نبود بلوغ فناورانه به معنای بی‌نیازی از تنظیم‌گری نیست. برعکس، در چنین مرحله‌ای، تنظیم‌گری نادرست یا دیرهنگام می‌تواند مسیر نوآوری را مسدود کرده یا ریسک‌های بلندمدت و انباشته‌ای ایجاد کند که بعدها به‌سختی قابل کنترل خواهند بود. بنابراین پرسش سیاستی اصلی امروز این نیست که «آیا تنظیم‌گری لازم است یا نه»، بلکه این است که چه نوع تنظیم‌گری، در چه سطحی، با چه زمانی و با چه هدفی باید اعمال شود.

دورنمای ایران

۴. تحلیل وضعیت موجود نشان می‌دهد که توسعه عامل‌های هوشمند در ایران با سه دسته محدودیت و فرصت مواجه است:

۴-۱. در سطح زیرساخت و فناوری، محدودیت دسترسی به توان پردازشی پیشرفته و خدمات ابری مقیاس‌پذیر، مانع اصلی توسعه عامل‌های پیچیده است. ظرفیت‌های موجود در دانشگاه‌ها و برخی شرکت‌های خصوصی پراکنده‌اند و برای پشتیبانی از توسعه گسترده کافی نیستند. از منظر داده، اگرچه پروژه‌هایی مانند مگاچت گام‌های مهمی در تقویت تعامل زبانی فارسی برداشته‌اند، اما داده‌های تجاری، اداری و رفتاری در مقیاس لازم برای عامل‌های عملیاتی همچنان محدود است. در حوزه نیروی انسانی نیز شکاف معناداری میان دانش نظری هوش مصنوعی و تجربه مهندسی سامانه‌های عامل‌محور وجود دارد.

۴-۲. در سطح بازار و پذیرش، کاربردهای فعلی عمدتاً حول اتوماسیون ساده، چت‌بات‌های خدمات مشتری و تحلیل داده متمرکز است. پذیرش عامل‌های چندمرحله‌ای خودمختار در کوتاه‌مدت بیشتر در محیط‌های سازمانی و B۲B محتاطانه محتمل است و ورود گسترده به بازار مصرف‌کننده نهایی نیازمند زمان و اعتمادسازی است.

۴-۳. در سطح حقوقی و مقرراتی، خلأ چارچوب‌های شفاف در حوزه حاکمیت داده، مسئولیت حقوقی و ارزیابی رفتار عامل‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل بازدارنده پذیرش سازمانی است. ابهام حقوقی، ریسک سرمایه‌گذاری را افزایش داده و مانع شکل‌گیری پروژه‌های جدی در مقیاس ملی می‌شود.

کیفیت و جایگاه تنظیم‌گری

۵. در شرایط فعلی، خطر اصلی نه فراگیری بی‌رویه عامل‌های هوشمند، بلکه فراگیری بی‌قاعده،

ناهمگون و بی‌اعتماد آن‌هاست. نبود تنظیم‌گری روشن می‌تواند منجر به پیاده‌سازی سامانه‌های پرریسک، سوءاستفاده از داده‌ها، اختلال در خدمات حیاتی و در نهایت کاهش اعتماد سازمان‌ها و کاربران شود. از سوی دیگر، تنظیم‌گری سخت‌گیرانه و زودهنگام می‌تواند نوآوری داخلی را خفه کرده و اکوسیستم نوپا را به حاشیه براند.

۶. بنابراین، تنظیم‌گری در این حوزه باید مرحله‌ای، تطبیقی و ظرفیت‌محور باشد؛ نه مبتنی بر کنترل پیشینی گسترده، بلکه مبتنی بر استانداردسازی حداقلی، شفافیت، و سازوکارهای اعتمادساز.

۷. هدف تنظیم‌گری در حوزه عامل‌های هوشمند نباید «کنترل فناوری» باشد، بلکه باید بر مدیریت ریسک، ایجاد اعتماد، و تسهیل توسعه مسئولانه متمرکز شود. در این چارچوب، سه اولویت کلان قابل تشخیص است:

۷-۱ اول، ایجاد شفافیت فنی و رفتاری. سیاست‌گذار باید معیارهای حداقلی برای عملکرد، امنیت، پاسخ‌گویی و قابلیت پیش‌بینی رفتار عامل‌ها تعریف کند، به‌گونه‌ای که هم با استانداردهای بین‌المللی هم‌راستا باشد و هم متناسب با واقعیت‌های فنی کشور. این شفافیت، پیش‌شرط اعتماد سازمان‌ها و کاربران است.

۷-۲ دوم، حاکمیت داده با حداقل مداخله. عامل‌های هوشمند ذاتاً به داده وابسته‌اند و هرگونه ابهام یا مداخله غیرقابل‌پیش‌بینی در جریان داده، کارایی و اعتماد را تضعیف می‌کند. تنظیم‌گری باید بر حفاظت از داده و امنیت تمرکز کند، نه بر محدودسازی بی‌ضابطه دسترسی‌های مشروع. هرگونه استثنا باید محدود، مشخص و مبتنی بر قانون باشد، نه رویه.

۷-۳ سوم، نظارت مرحله‌ای و هوشمند. همه عامل‌ها در یک سطح ریسک قرار ندارند. سامانه‌های ساده و نیمه‌عاملی نیازمند نظارت سبک‌تر هستند، در حالی که عامل‌های پیچیده سازمانی به ارزیابی دقیق‌تر و مستمر نیاز دارند. این تمایز،

هم از نوآوری حمایت می‌کند و هم ریسک‌های واقعی را هدف می‌گیرد.

مسیر سیاستی پیشنهادی

۱. استقرار نظام اعتبارسنجی مرحله‌ای و استانداردسازی تطبیق‌پذیر: تنظیم‌گر موظف است چارچوبی انعطاف‌پذیر برای طبقه‌بندی عامل‌های هوشمند بر اساس سطح ریسک و پیچیدگی تدوین کند تا ضمن هم‌راستایی با استانداردهای بین‌المللی، فرآیند صدور گواهی اعتبارسنجی مانعی برای ورود استارتاپ‌ها ایجاد نکند. این سیاست با تمرکز بر تدوین پروتکل‌های تست رفتار در شرایط بحرانی، نظارت را از سطوح ساده آغاز کرده و هم‌گام با بلوغ فناوری به سمت سیستم‌های مستقل حرکت می‌کند تا توازن میان امنیت و نوآوری برقرار بماند.

۲. حکمرانی شفاف داده و استقرار نظام جامع جبران خسارت: سیاست‌گذاری در حوزه داده باید بر دسترسی آزاد و صیانت از حریم خصوصی استوار باشد، به طوری که هرگونه محدودیت حاکمیتی صرفاً به‌صورت استثنایی، مضیق و منجز در قانون تعریف شود. در این راستا، ایجاد سازوکارهای شفاف برای اطلاع‌رسانی پیشینی درباره اختلالات فنی و طراحی نظام جبران خسارت مدنی برای آسیب‌های ناشی از خطای عامل هوشمند، برای حفظ امنیت روانی کاربران و کسب‌وکارها و تضمین مسئولیت‌پذیری نهادهای ذی‌ربط الزامی است.

۳. حمایت رقابتی از زیست‌بوم بومی در بستر بازار آزاد: تنظیم‌گری باید از طریق اعمال تبعیض‌های مثبت و تسهیل دسترسی به منابع محاسباتی برای بخش خصوصی و دانشگاهی، انگیزه توسعه مدل‌های داخلی را ایجاد کند، مشروط بر اینکه این حمایت‌ها منجر به انحصار دولتی یا انسداد دسترسی به فناوری‌های جهانی نشود. موفقیت این سیاست در گرو به‌رسمیت‌شناختن حق دسترسی به اینترنت و ایجاد محیط رقابتی است که در آن کیفیت مدل‌های بومی نه از طریق محدودسازی رقبای خارجی، بلکه در بستر رقابت آزاد و پاسخگویی به نیازهای جامعه ارتقا یابد.

جمع‌بندی

تبیین ماهیت عامل هوشمند به‌مثابه کنشگر مستقل عامل هوشمند (AI Agent) فراتر از ابزارهای

واکنشی نظیر چت‌بات‌ها، موجودیتی تصمیم‌گیر و هدف‌گراست که با اتکا به معماری چندلایه شامل «مغز استدلالی»، «حافظه پایدار» و «لایه کنشی»، توانایی برنامه‌ریزی مستقل و اجرای وظایف چندمرحله‌ای را داراست. این گذار پارادایمی از «مدل‌محوری» به «عامل‌محوری»، هوش مصنوعی را از یک ابزار کمکی به یک نماینده دیجیتال تبدیل کرده است که قادر به تعامل با زیرساخت‌ها و اتخاذ تصمیمات با آثار حقوقی و عملیاتی در محیط‌های واقعی است.

تحلیل روند جهانی و چالش‌های پذیرش سازمانی رقابت جهانی برای تجاری‌سازی عامل‌های هوشمند در حوزه‌های خدمات مالی، توسعه نرم‌افزار و مدیریت زنجیره تأمین، نشان‌دهنده جهش به سمت اتوماسیون خودمختار است؛ با این‌حال، پذیرش فراگیر این فناوری با موانع ساختاری جدی از جمله هزینه‌های بالای پردازش ابری، ریسک‌های ناشی از رفتارهای پیش‌بینی‌نشده و خلأهای قانونی در تعیین مسئولیت مدنی مواجه است. بازیگران بین‌المللی در حال حرکت به سمت پلتفرم‌های «کارگر دیجیتال» هستند، اما تضمین اعتماد و ایمنی همچنان پیش‌شرط اصلی ادغام این عامل‌ها در فرایندهای حیاتی باقی‌مانده است.

ارزیابی وضعیت داخلی و الزامات تنظیم‌گری در ایران اکوسیستم هوش مصنوعی ایران باوجود رشد در توسعه مدل‌های زبانی بومی، در حوزه معماری‌های عاملیتی در مراحل اولیه قرار دارد و با شکاف زیرساختی و ابهامات حقوقی روبروست. برای عبور از این وضعیت، اتخاذ سیاست تنظیم‌گری مرحله‌ای ضرورت دارد که هم‌زمان بر «تسهیل نوآوری رقابتی در بخش خصوصی»، «شفاف‌سازی نظام مسئولیت و جبران خسارت» و «حفاظت مضیق از حریم خصوصی» متمرکز باشد؛ به‌گونه‌ای که با پرهیز از انحصار دولتی، بستر لازم برای توسعه عامل‌های هوشمند بومی در عین حفظ حق دسترسی آزاد به فناوری‌های جهانی فراهم گردد.

فهرست

خلاصه سیاستی؛ توسعه عامل‌های هوشمند در ایران ۵

عامل‌های هوشمند و الزامات تنظیم‌گری در ایران ۵

دورنمای ایران ۶

کیفیت و جایگاه تنظیم‌گری ۶

مسیر سیاستی پیشنهادی ۸

جمع‌بندی ۸

۱. مقدمه ۱۶

۲. تعریف عامل هوشمند و تمایز آن با چت‌بات ۲۰

۳. سیر تحول جهانی عامل‌های هوشمند ۲۲

۳٫۱. دوره عامل‌های نمادین و نظری (دهه ۱۹۸۰ تا اوایل ۲۰۰۰) ۲۳

۳٫۲. گذار به عامل‌های داده‌محور و یادگیرنده (اوایل ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵) ۲۳

۳٫۳. ظهور دستیارهای دیجیتال تجاری (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰) ۲۴

۳٫۴. نقطه عطف: مدل‌های زبانی بزرگ و ساختارهای عامل‌محور (۲۰۲۰ تا امروز) ۲۴

۳٫۵. تغییر پارادایم: از ابزار کمکی به کنشگر مستقل ۲۵

۴. ساختار فنی عامل هوشمند و فناوری‌های زیربنایی ۲۵

۴.۱. مدل تصمیم‌گیر مرکزی: از سیستم‌های نمادین تا مدل‌های زبانی بزرگ ۲۶

۴٫۲. ماژول برنامه‌ریزی ۲۶

۴٫۳. لایه ابزار و کنش ۲۷
۴.۴. حافظه و مدیریت زمینه ۲۷
۴.۵. هماهنگی و کنترل جریان تصمیم ۲۸
۴.۶. محدودیت‌ها و چالش‌های فنی معماری‌های عامل‌محور ۲۸
۵. وضعیت بازار جهانی عامل‌های هوشمند و چشم‌انداز پنج‌ساله (۲۰۲۵-۲۰۳۰) ۲۸
۵.۱. جایگاه عامل‌های هوشمند در اقتصاد جهانی هوش مصنوعی ۲۹
۵.۲. تفکیک بازار: از ابزارهای مولد تا عامل‌های عملیاتی ۲۹
۵.۳. حوزه‌های اصلی رشد بازار عامل‌های هوشمند ۳۰
۵٫۳٫۱. نرم‌افزارهای سازمانی و بهره‌وری اداری ۳۰
۵.۳.۲. توسعه نرم‌افزار و IT Operations ۳۰
۵.۳.۳. خدمات مالی و تحلیل ریسک ۳۰
۵.۳.۴. پشتیبانی مشتری و عملیات خدماتی ۳۱
۵٫۴. پیش‌بینی سناریوها ۳۱
۵٫۴٫۱. سناریوی نرم ۳۱
۵٫۴٫۲. سناریوی میانی ۳۱
۵٫۴٫۳. سناریوی شتاب‌یافته ۳۲
۵.۵. موانع ساختاری رشد بازار ۳۲
۶. بازیگران اصلی جهانی در توسعه عامل‌های هوشمند ۳۲

۶.۱. ایالات متحده: تأثیرگذارترین قطب ۳۲
۶،۱،۱. OpenAI ۳۲
۶،۱،۲. Meta Platforms — Manus ۳۳
۶،۱،۳. Anthropic ۳۳
۶،۱،۴. Uniphore ۳۴
۶.۱.۵. &Humans ۳۴
۶.۲. چین و شرق آسیا: قطب روبه‌رشد عامل‌های هوشمند ۳۵
۶،۲،۱. Baidu — Ernie Assistant ۳۵
۶،۲،۲. Alibaba Cloud AI ۳۵
۶،۲،۳. Huawei HiAI ۳۵
۶،۲،۴. iFlytek و SenseTime ۳۶
۶،۲،۵. DeepSeek ۳۶
۶.۳. اروپا و خاورمیانه: بازیگران تأثیرگذار ۳۶
۶،۳،۱. H Company (فرانسه) ۳۷
۶،۳،۲. Implement AI (بریتانیا) ۳۷
۶.۳.۳. سایر گروه‌های اروپایی ۳۸
۷. شرکت‌های ایرانی و چشم‌انداز داخلی عامل‌های هوشمند ۳۸
۷.۱. نمونه‌های شناخته‌شده در ایران با تمرکز بر عامل‌های هوشمند ۳۸

۷٫۱٫۱. هوشیار ۲۴ ۳۸
۷٫۱٫۲. ایران بات ۳۹
۷٫۱٫۳. ربات ستاد ایران ۳۹
۷.۱.۴. یارابات ۳۹
۷.۲. شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی در ایران ۴۰
(زمینه‌سازهای احتمالی عامل هوشمند)
۷٫۳. وضعیت فعلی و نقاط قوت و ضعف اکوسیستم ایران ۴۱
۷.۳.۱. نقاط قوت موجود در ایران ۴۱
۷.۳.۲. چالش‌های اصلی و محدودیت‌ها ۴۱
۷.۴. چشم‌انداز پیشِ رو ۴۲
۷.۴.۱. تعمیق ابزارهای هوشمند تجاری ۴۲
۷.۴.۲. شکل‌گیری معماری‌های ترکیبی نیمه‌عاملی ۴۲
۷.۴.۳. عامل‌های هوشمند بومی سازمانی ۴۳
۸. امکان‌سنجی و چشم‌انداز فراگیری عامل‌های هوشمند در ایران ۴۳
۸.۱. زیرساخت و فناوری ۴۳
۸.۲. بازار و الگوهای پذیرش ۴۴
۸.۳. چالش‌های قانونی و مقرراتی ۴۵
۸.۴. فرصت‌ها و مسیرهای اجرایی

۹. پیشنهاد تنظیم‌گری در حوزه عامل هوشمند ۴۶
۹.۱. ضرورت و اهمیت تنظیم‌گری در شرایط فعلی ۴۷
۹.۲. اهداف کلیدی تنظیم‌گری ۴۷
۹.۲.۱. ایجاد اعتماد و امنیت ۴۷
۹.۲.۲. تسهیل نوآوری و توسعه بومی ۴۷
۹.۲.۳. حفظ دسترسی و تعامل آزاد کاربران ۴۸
۹.۲.۴. هماهنگی میان نهادها ۴۸
۹.۳. محورهای اصلی تنظیم‌گری ۴۸
۹.۳.۱. استانداردسازی و شفافیت فنی ۴۸
۹.۳.۲. حاکمیت داده و مدیریت تعامل با زیرساخت‌ها ۴۹
۹.۳.۳. نظارت مرحله‌ای و توسعه هماهنگ بومی ۵۰
۹.۴. مسیر مرحله‌ای پیاده‌سازی تنظیم‌گری ۵۰
۹.۴.۱. مرحله کوتاه‌مدت (۰ تا ۲ سال) ۵۰
۹.۴.۲. مرحله میان‌مدت (۲ تا ۵ سال) ۵۱
۹.۴.۳. مرحله بلندمدت (۵ تا ۱۰ سال) ۵۱
۹.۵. اولویت‌های سیاستی ۵۱
۹.۶. اصول کلی ضروری برای موفقیت تنظیم‌گری ۵۲
فرجام سخن ۵۴

۱. مقدمه

تحولات فناوری در دهه‌های اخیر، به‌ویژه در حوزه هوش مصنوعی، مسیر تعامل انسان و ماشین را از ابزارهای تحلیلی ساده به سامانه‌های هوشمند و خودمختار تغییر داده است. در مرکز این تحول، مفهومی قرار دارد که در ادبیات علمی و صنعتی به‌عنوان **عامل هوشمند** یا **AI Agent** شناخته می‌شود. این مفهوم نشان‌دهنده گذار هوش مصنوعی از ابزارهای پاسخ‌دهنده به سیستم‌هایی است که می‌توانند با دریافت اطلاعات، تحلیل، برنامه‌ریزی و اقدام مستقل، وظایف پیچیده را بدون نظارت مداوم انسان انجام دهند.

ماهیت عامل هوشمند در تفاوت بنیادین‌شان با سیستم‌های سنتی نهفته است. سیستم‌های هوش مصنوعی پیشین، از جمله چت‌بات‌های پاسخ‌دهنده و نرم‌افزارهای اتوماسیون، عمدتاً سیستم‌هایی واکنشی و تابع دستورهای مشخص بودند. این ابزارها می‌توانستند به ورودی‌هایی که توسط کاربران ارائه می‌شد پاسخ دهند یا داده‌ها را تحلیل کنند، اما به لحاظ عملی قابلیت تصمیم‌گیری مستقل، برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای و اقدام در محیط‌های پویا را نداشتند. عامل‌های هوشمند اما به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که می‌توانند محیط، اهداف و داده‌های ورودی را درک کنند، تصمیم‌های معنادار اتخاذ کنند و اقدامات مرتبط را اجرا نمایند؛ ویژگی‌هایی که لزوماً در پاسخ‌دهی یا تحلیل داده وجود ندارد.

در ادبیات مرجع هوش مصنوعی، تعریف عامل هوشمند معمولاً بر سه مؤلفه اساسی تأکید دارد که عبارت‌اند از «ادراک»[i]، «تصمیم‌گیری»[ii] و «اقدام»[iii] و این یعنی عامل هوشمند باید توانایی دریافت اطلاعات از محیط، تحلیل و انتخاب رفتار مناسب و اجرای آن رفتار را داشته باشد. تحلیل‌های

۱.i Perception

۲. ii Decision Making

۳. iii Action

جدیدتر، به‌ویژه در پژوهش‌های علمی، نشان می‌دهند که این تعریف باید شامل یادگیری و سازگاری نیز باشد؛ چراکه توانایی یادگیری از تجربه و بهبود عملکرد بخشی از آن چیزی است که یک عامل هوشمند را از نرم‌افزارهای دیگر متمایز می‌کند.

تعاریف علمی و فنی همچنین نشان می‌دهند که صرف به‌کارگیری مدل‌های زبانی بزرگ[iv۴] به خودی خود منجر به ایجاد عامل هوشمند نمی‌شود؛ بلکه ادغام این مدل‌ها در چارچوبی است که بتواند اهداف را به گام‌های اجرایی تبدیل کند، تصمیم‌های چندمرحله‌ای بگیرد و اقدامات را به طور مستقل اجرا نماید. این نکته باعث می‌شود تحلیل دقیق‌تر نسبت به مفهوم عامل هوشمند ضروری باشد، نه صرفاً پیوند دادن آن با مدل‌های زبانی مثل GPT یا ابزارهای تولید متن.

از منظر فلسفی و تاریخی، مفهوم «عامل»[i۵] پیش‌ازاین نیز در شاخه‌های مختلف هوش مصنوعی، مانند «سیستم‌های چندعامل»[ii۶] مورد بحث بوده است، اما تحول جدیدی که در سال‌های اخیر رخ‌داده است، افزایش توانایی این عامل‌ها به تعامل مؤثر با محیط، یادگیری و تصمیم‌گیری مستقل در وظایف پیچیده است. این تحول نه‌تنها در مباحث نظری بلکه در کاربردهای عملی نیز نمود یافته است و زمینه‌ساز طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌هایی شده که می‌توانند به‌عنوان نقاط تماس فعال در سامانه‌های دیجیتال و سازمانی عمل کنند.

یکی از تفاوت‌های کلیدی میان عامل‌های هوشمند و نسل‌های پیشین هوش مصنوعی، رابطه آن‌ها با کاربر و محیط است. درحالی‌که سیستم‌های سنتی عموماً بر اساس دستورات مستقیم کاربر عمل می‌کنند، عامل‌های هوشمند می‌توانند اهداف کلی و مبهم را دریافت کنند، آن‌ها را به وظایف کوچک‌تر تجزیه نمایند و بدون نیاز به راهبری مستقیم انسان، آن‌ها را انجام دهند. این تغییر پارادایمی باعث شده تا عامل‌های هوشمند به‌عنوان واحدهای فعال تصمیم‌گیرنده شناخته شوند. در بُعد ساختاری، عامل‌های هوشمند به طور معمول از چند بخش تشکیل می‌شوند: اول، هسته

---

۴. iv Large Language Models (LLM)

۵. i Agent

۶. ii Multi-Agent Systems

تصمیم‌گیرنده (که غالباً مبتنی بر مدل‌های زبانی یا الگوریتم‌های یادگیری ماشین است)، دوم، ماژول‌های برنامه‌ریزی و حافظه (برای نگهداری زمینه و تجربه) و سوم، بخش‌های اجرایی که قادر به اقدامات واقعی در محیط‌های دیجیتال یا فیزیکی هستند. این ساختار چندلایه، امکان تجزیه‌وتحلیل وظایف پیچیده، استفاده از ابزارهای خارجی و سازگاری با داده‌های جدید را فراهم می‌آورد.

پیچیدگی و ترکیب این مؤلفه‌ها باعث شده تا عامل‌های هوشمند در کاربردهای متنوعی مورد استفاده قرار گیرند، از سیستم‌های پشتیبانی مشتری و اتوماسیون سازمانی گرفته تا تحلیل داده و خودکارسازی گردش‌کارها. این عامل‌ها می‌توانند نقش مؤثر و مستقلی ایفا کنند. وجود این طیف کاربردها، از نقش‌های ساده تا پیچیده، نشان می‌دهد که عامل‌های هوشمند یک چارچوب حوزه‌محور از سامانه‌های هوشمند هستند که بسته به نیاز کاربردی، معماری متفاوتی دارند.

در ادبیات فنی و پژوهشی نیز، عامل‌های هوشمند به‌عنوان سامانه‌هایی که ترکیبی از ادراک، استدلال، حافظه و اقدام را سازمان‌دهی می‌کنند تعریف شده‌اند. این نگاه نشان می‌دهد که این عامل‌ها قادرند وظایف مشخص را بدون دخالت مستقیم انسان انجام دهند و از تجربه‌های قبلی برای بهبود عملکرد خود استفاده نمایند.

از منظر توسعه فناورانه، عامل‌های هوشمند نشانه‌ای از گذار هوش مصنوعی از مرحله مدل‌های منفرد به سیستم‌های «عامل‌محور»[۲۰] هستند؛ این بدان معناست که هوش مصنوعی فقط یک ابزار تحلیلی یا پاسخ‌دهنده نیست، بلکه به نماینده‌ای دیجیتال تبدیل می‌شود که می‌تواند در مسیر تصمیم‌گیری و عمل مستقل نقش ایفا کند.

پیش از ورود به مباحث اصلی مورد پرسش، لازم است اشاره شود که استفاده از عبارت «دستیار هوشمند» به‌عنوان ترجمه AI Agent نادرست و گمراه‌کننده است. AI Agent در اصل به **«عامل هوشمند»** یا «عامل خودمختار هوش مصنوعی» اشاره دارد که توانایی ادراک محیط، تصمیم‌گیری مستقل و اجرای وظایف چندمرحله‌ای را دارد، درحالی‌که اصطلاح «دستیار هوشمند» معمولاً محدود

---

۲۰. i Agentic

به سیستم‌های پاسخ‌دهی ساده، کمک به کاربر یا اتوماسیون تک‌مرحله‌ای است و بار خودمختاری و تصمیم‌گیری مستقل را منتقل نمی‌کند؛ بنابراین برای حفظ دقت علمی و تمایز بین سیستم‌های صرفاً پاسخ‌دهنده و عامل‌های هوشمند با قابلیت برنامه‌ریزی و اقدام مستقل، در ادامه صرفاً از واژه «عامل هوشمند» که از نظر نگارنده دقیق است، استفاده خواهد شد. این در حالی است که بسیاری از مفاهیم و محصولات در این حوزه، به‌اشتباه با واژه‌هایی مانند «هوش مصنوعی» یا «چت‌بات هوشمند» توصیف می‌شوند؛ اما فاقد ویژگی‌های اصلی خودمختاری، برنامه‌ریزی و اقدام مستقل هستند و لازم است که چارچوب علمی تحلیل موضوع پژوهش بر تعریف دقیق عامل هوشمند استوار باشد، تا زمینه درک صحیح تحولات جهانی، توانمندی فناوری و ظرفیت‌های داخلی فراهم شود.

۲. تعریف عامل هوشمند و تمایز آن با چت‌بات

در ادبیات کلاسیک هوش مصنوعی، مفهوم «عامل»[ii] [۸] یکی از بنیادی‌ترین مفاهیم نظری به شمار می‌رود. بر اساس تعریف استاندارد ارائه‌شده در آثار مرجع این حوزه، یک عامل هوشمند، سامانه‌ای است که محیط خود را ادراک می‌کند، بر اساس این ادراک تصمیم می‌گیرد و از طریق کنش‌هایی هدفمند بر محیط اثر می‌گذارد. این تعریف که نخستین‌بار به‌صورت نظام‌مند در آثار «استوارت راسل» و «پیتر نورویگ» صورت‌بندی شد، عامل را نه به‌عنوان یک برنامه پاسخ‌دهنده، بلکه به‌مثابه یک موجودیت تصمیم‌گیرنده در نظر می‌گیرد که رفتار آن در راستای تحقق هدف قابل تحلیل است.[۹] در این چارچوب، عامل هوشمند صرفاً یک نرم‌افزار تولید متن یا پاسخ به پرسش نیست، بلکه سیستمی است که واجد سه ویژگی محوری است: «خودمختاری»[iii] [۱۰]، «رفتار هدف‌گرا»[iv] [۱۱] و قابلیت تعامل پویا با محیط. خودمختاری در این معنا به این اشاره دارد که عامل بتواند بدون نیاز به دخالت مستقیم و مستمر انسان، مسیر کنش خود را تنظیم کند. رفتار هدف‌گرا نیز به این معناست که کنش‌های عامل تصادفی یا صرفاً واکنشی نیستند، بلکه در راستای دستیابی به یک یا چند هدف مشخص طراحی و اجرا می‌شوند.[۱۲]

در پژوهش‌های جدیدتر، به‌ویژه با ظهور مدل‌های زبانی بزرگ، مفهوم عامل هوشمند توسعه مفهومی تازه‌ای یافته است. در این مطالعات، عامل‌های هوشمند به‌عنوان سیستم‌هایی توصیف می‌شوند که قادرند اهداف پیچیده را به مجموعه‌ای از زیرمسئله‌ها تجزیه کرده، برای حل آن‌ها برنامه‌ریزی کرده و با استفاده از ابزارها یا منابع خارجی اقدام نمایند.[۱۳] این برداشت جدید، تأکید ویژه‌ای بر «برنامه‌ریزی

---

۸. ii Agent

۹. Russell, S. J., & Norvig, P. (۲۰۲۱). Artificial Intelligence: A Modern Approach (۴th ed.). Hoboken, NJ: Pearson

۱۰. iii autonomy

۱۱. iv goal-oriented behavior

۱۲. Wooldridge, Michael. An introduction to multiagent systems. John wiley & sons, ۲۰۰۹, pp.۵۳-۵۰.

۱۳. Yao, Shunyu, et al. «React: Synergizing reasoning and acting in language models.» The eleventh international conference on learning representations. ۲۰۲۲.

چندمرحله‌ای»[i۱۴] و «اجرای خودکار»[ii۱۵] دارد؛ ویژگی‌هایی که در معماری‌های سنتی چت‌بات‌ها به طور ساختاری وجود نداشته‌اند.

در مقابل، چت‌بات در تعریف کلاسیک خود سامانه‌ای است که برای تعامل محاوره‌ای با انسان طراحی شده و وظیفه اصلی آن پاسخ‌دهی به ورودی‌های کاربر، معمولاً در قالب متن یا صوت است. چت‌بات‌ها به‌صورت پیشینی بر اساس قواعد از پیش تعریف‌شده یا الگوهای ساده پاسخ‌گویی طراحی می‌شدند و حتی در نسخه‌های پیشرفته‌تر مبتنی بر یادگیری ماشین نیز، نقش آن‌ها عمدتاً به تولید پاسخ محدود می‌ماند.[۱۶]

تمایز اساسی میان عامل هوشمند و چت‌بات را می‌توان در نقش کنشگری جست‌وجو کرد. چت‌بات، حتی در پیشرفته‌ترین حالت خود، معمولاً فاعل عمل در جهان بیرونی نیست؛ بلکه واسطه‌ای برای تعامل اطلاعاتی میان انسان و سیستم است. در مقابل، عامل هوشمند به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که بتواند اقدامی واقعی انجام دهد که از جمله آنها، فراخوانی API ها، تعامل با سامانه‌های دیگر، اصلاح وضعیت یک سیستم، یا حتی آغاز زنجیره‌ای از اقدامات بدون دستور مرحله‌به‌مرحله انسان است.[۱۷]

یکی دیگر از وجوه تمایز مهم، مسئله برنامه‌ریزی و حافظه است. در معماری‌های عامل‌محور، عامل معمولاً دارای نوعی حافظهٔ کاری یا بلندمدت است که به آن امکان می‌دهد اطلاعات پیشین، نتایج اقدامات قبلی و زمینه مسئله را حفظ و در تصمیم‌های بعدی لحاظ کند. این ویژگی باعث می‌شود عامل بتواند رفتار خود را تطبیق دهد و از تجربه‌های پیشین استفاده کند. درحالی‌که بسیاری از

---

۱۴. i multi-step planning

۱۵. ii autonomous execution

۱۶. Gumusel, Ece. «A literature review of user privacy concerns in conversational chatbots: A social informatics approach: An Annual Review of Information Science and Technology (ARIST) paper.» Journal of the Association for Information Science and Technology ۷۶,۱ (۲۰۲۵): ۱۲۱-۱۵۴.

۱۷. Yao et al., op cit.

چت‌بات‌ها، به‌ویژه در پیاده‌سازی‌های ساده‌تر، فاقد چنین حافظه‌ای هستند یا زمینه تعامل را به‌صورت محدود و موقتی نگه می‌دارند.[۱۸]

در ادبیات معاصر، برخی پژوهشگران تأکید می‌کنند که استفاده از مدل زبانی بزرگ به‌تنهایی یک سیستم را به عامل هوشمند تبدیل نمی‌کند. به بیان دیگر، یک مدل زبانی بزرگ، حتی اگر بسیار پیشرفته باشد، تا زمانی که در چارچوبی قرار نگیرد که توان تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و کنش مستقل داشته باشد، همچنان یک مدل پاسخ‌دهنده باقی می‌ماند. این تمایز در مقالات اخیر به‌صراحت مورد اشاره قرار گرفته و از آن به‌عنوان تفاوت میان «سیستم‌های مدل‌محور»[۱۹i] و «سیستم‌های عامل‌محور»[۲۰ii] یاد می‌شود.[۲۱]

در نتیجه، درک صحیح از مفهوم عامل هوشمند، مستلزم فاصله‌گرفتن از نگاه صرفاً محاوره‌ای به هوش مصنوعی و پذیرش این نکته است که عامل هوشمند، در تعریف علمی خود، یک موجودیت کنشگر، هدف‌محور و تا حدی خودمختار است که در تعامل مداوم با محیط تصمیم می‌گیرد و عمل می‌کند. این چارچوب مفهومی، مبنای تحلیل تحولات فناورانه، بازار جهانی و امکان‌سنجی به‌کارگیری دستیارهای هوشمند در بسترهای مختلف، از جمله ایران، خواهد بود.

۳. سیر تحول جهانی عامل‌های هوشمند

تحول عامل‌های هوشمند را نمی‌توان به‌صورت خطی یا صرفاً بر اساس پیشرفت محاسباتی توضیح داد. این تحول نتیجه‌ی هم‌زمان چند روند بوده است: پیشرفت نظری در هوش مصنوعی، تغییر رویکردهای مهندسی نرم‌افزار، افزایش دسترسی به داده‌های عظیم و در نهایت ظهور مدل‌های یادگیری عمیق و مدل‌های زبانی بزرگ. در این فصل، سیر تحول عامل‌های هوشمند در چهار مرحله

---

۱۸. Deep Agents, LangChain Documentation, ۲۰۲۶, at HERE.

۱۹. i model-centric systems

۲۰. ii agent-centric systems

۲۱. Bratman, Michael. «Intention, plans, and practical reason.» (۱۹۸۷), MA: Harvard University Press., https://lilianweng.github.io/posts/۲۰۲۳-۶-۲۳agent/.

متمایز اما به‌هم‌پیوسته بررسی می‌شود.

۳-۱ دوره عامل‌های نمادین و نظری (دهه ۱۹۸۰ تا اوایل ۲۰۰۰)

نخستین نسل از عامل‌های هوشمند در بستر «هوش مصنوعی نمادین»[iii] ۲۲ شکل گرفت. در این دوره، عامل‌ها عمدتاً به‌عنوان موجودیت‌هایی نظری تعریف می‌شدند که بر اساس مجموعه‌ای از قواعد منطقی، دانش صریح و استنتاج نمادین عمل می‌کردند. مدل‌هایی مانند موسوم به «باور- هدف - نیت»[iv] ۲۳ نمونه شاخص این رویکرد بودند که مشخصاً از نام آن، تلاش می‌کردند رفتار عامل را بر اساس باورها، خواسته‌ها و نیت‌ها مدل‌سازی کنند.[۲۴] در این مرحله، عامل هوشمند بیشتر یک مدل مفهومی بود تا یک ابزار عملیاتی در مقیاس وسیع. محدودیت اصلی این نسل، ناتوانی در مواجهه با محیط‌های پیچیده، پویا و پر از عدم قطعیت بود. سیستم‌ها به‌شدت به دانش از پیش کدنویسی شده وابسته بودند و کوچک‌ترین تغییر در محیط، نیازمند بازطراحی قواعد می‌شد.[۲۵]

۳-۲ گذار به عامل‌های داده‌محور و یادگیرنده (اوایل ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵)

با گسترش یادگیری ماشین و به‌ویژه یادگیری تقویتی[i] ۲۶، مفهوم عامل هوشمند وارد مرحله‌ای جدید شد. در این رویکرد، عامل به‌جای پیروی صرف از قواعد ثابت، می‌توانست از طریق تعامل با محیط و دریافت پاداش یا تنبیه، سیاست رفتاری خود را بهبود دهد. این تغییر، عامل را از یک موجودیت ایستا به سیستمی تطبیقی تبدیل کرد.[۲۷]

پژوهش‌های شاخص در این دوره، از جمله کاربرد یادگیری تقویتی در بازی‌ها، رباتیک و کنترل سیستم‌ها، نشان دادند که عامل‌ها می‌توانند بدون تعریف صریح قواعد، رفتارهای پیچیده را

---

۲۲. iii Symbolic AI

۲۳. iv Belief—Desire—Intention (BDI)

۲۴. Bratman, op cit.

۲۵. Russell et al, op cit.

۲۶. i Reinforcement Learning

۲۷. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (۲۰۱۸). Reinforcement Learning: An Introduction (۲nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press

بیاموزند. بااین‌حال، این عامل‌ها همچنان به‌شدت دامنه‌محور بودند؛ یعنی در محیط‌هایی کاملاً مشخص و محدود عملکرد قابل‌قبولی داشتند، اما تعمیم‌پذیری آن‌ها پایین بود.[۲۸]

۳-۳ ظهور دستیارهای دیجیتال تجاری (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰)

مرحله سوم تحول را می‌توان با ورود دستیارهای دیجیتال تجاری به زندگی روزمره کاربران شناسایی کرد. معرفی Siri، Google Assistant و Alexa باعث شد مفهوم «دستیار هوشمند» وارد ادبیات عمومی شود. بااین‌حال، این سیستم‌ها از منظر علمی بیشتر سیستم‌های واکنشی مبتنی بر فرمان بودند تا عامل هوشمند به معنای دقیق کلمه.[۲۹]

این دستیارها عمدتاً بر تشخیص گفتار، پردازش زبان طبیعی و اجرای دستورات از پیش تعریف‌شده تکیه داشتند. اگرچه از نظر تجربه کاربری جهش مهمی محسوب می‌شدند، اما از نظر خودمختاری و برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای، محدود باقی ماندند. اغلب آن‌ها قادر نبودند یک هدف پیچیده را بفهمند، آن را به مراحل مختلف بشکنند و بدون مداخله کاربر اجرا کنند.[۳۰]

۳-۴ نقطه عطف: مدل‌های زبانی بزرگ و ساختارهای عامل‌محور (۲۰۲۰ تا امروز)

تحول بنیادین در مفهوم عامل‌های هوشمند با ظهور مدل‌های زبانی بزرگ رخ داد. این مدل‌ها نه‌تنها توانایی تولید متن طبیعی را دارند، بلکه می‌توانند استدلال زبانی، برنامه‌ریزی ضمنی و ترکیب اطلاعات ناهمگون را انجام دهند. این قابلیت‌ها زمینه را برای طراحی عامل‌هایی فراهم کرد که بتوانند اهداف پیچیده را در قالب زبان طبیعی دریافت کرده و به اقدامات عملی ترجمه کنند.[۳۱]

---

۲۸. Kaelbling, Leslie Pack, Michael L. Littman, and Andrew W. Moore. «Reinforcement learning: A survey.» Journal of artificial intelligence research ۴ (۱۹۹۶): ۲۳۷-۲۸۵.

۲۹. Chui, Michael, and S. Francisco. «Artificial intelligence the next digital frontier.» McKinsey and Company Global Institute ۴۷,۳۶ (۲۰۱۷): ۶-۸.

۳۰. OECD, Artificial Intelligence in Society (Paris: OECD Publishing, ۲۰۱۹); https://doi.org/۱۰.۱۷۸۷/eedfee-۷۷en

۳۱. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. (۲۰۲۴). AI Index Report ۲۰۲۴. Stanford HAI, Accessible Here.

در این مرحله، پژوهش‌ها به طور مشخص به سمت معماری‌های عامل‌محور حرکت کردند؛ معماری‌هایی که در آن‌ها مدل زبانی در مرکز یک سیستم تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد و به ابزارها، حافظه، محیط‌های شبیه‌سازی‌شده و APIهای خارجی متصل می‌شود. نمونه‌هایی مانند Auto-GPT، ReAct و سایر چارچوب‌های عامل‌محور نشان دادند که چگونه یک مدل زبانی بزرگ می‌تواند نقش هوش عامل را ایفا کند.[۳۲]

نکته مهم این دوره آن است که عامل هوشمند دیگر صرفاً یک مفهوم نظری یا یک ابزار محاوره‌ای نیست، بلکه به‌عنوان واحد عملیاتی برای انجام کار واقعی در نرم‌افزارهای سازمانی، تحلیل داده، توسعه نرم‌افزار و مدیریت فرایندها مطرح می‌شود. گزارش‌های نهادی نیز به این تغییر اشاره کرده‌اند و از عامل هوشمند به‌عنوان یکی از مسیرهای اصلی تحول اتوماسیون هوشمند یاد می‌کنند.[۳۳]

۳-۵ تغییر پارادایم: از ابزار کمکی به کنشگر مستقل

آنچه در این سیر تحول برجسته است، تغییر نقش دستیار هوشمند از یک «ابزار کمکی»[۳۴] به یک کنشگر نیمه‌مستقل است. در این پارادایم جدید، انسان هدف را تعیین می‌کند، اما مسیر رسیدن به هدف، شامل تصمیم‌گیری‌های میانی، به عامل سپرده می‌شود. این تغییر، پیامدهای فنی، اقتصادی و حقوقی مهمی دارد که در فصل‌های بعدی به آن‌ها پرداخته خواهد شد.

۴. ساختار فنی عامل هوشمند و فناوری‌های زیربنایی

برخلاف تصور رایج، عامل هوشمند یک «مدل» واحد نیست، بلکه یک معماری چندلایه است که از ترکیب اجزای مختلف نرم‌افزاری و الگوریتمی شکل می‌گیرد. آنچه یک سیستم را به عامل هوشمند تبدیل می‌کند، نه صرفاً استفاده از هوش مصنوعی، بلکه نحوه سازمان‌دهی اجزا برای تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و کنش مستقل است.

---

۳۲. Yao et al., op cit.

۳۳. Gartner, Hype Cycle for Artificial Intelligence ۲۰۲۳, Available HERE.

۳۴. i assistive tool

۴-۱ مدل تصمیم‌گیر مرکزی: از سیستم‌های نمادین تا مدل‌های زبانی بزرگ

در معماری‌های کلاسیک عامل‌های هوشمند، هسته تصمیم‌گیری معمولاً مبتنی بر منطق نمادین یا سیاست‌های از پیش تعریف‌شده بود. این هسته وظیفه داشت بر اساس وضعیت محیط و قواعد مشخص، کنش مناسب را انتخاب کند.[۳۵] بااین‌حال، در معماری‌های معاصر عامل‌های هوشمند، این نقش به طور فزاینده‌ای به مدل‌های زبانی بزرگ واگذار شده است. این مدل‌ها به‌عنوان هسته شناختی عامل عمل می‌کنند و قادرند ورودی‌های متنی پیچیده، اهداف مبهم و زمینه‌های چندلایه را تحلیل کرده و تصمیم‌های میان‌مرحله‌ای تولید کنند.[۳۶] نکته کلیدی آن است که مدل‌های زبانی بزرگ در این معماری به‌تنهایی عامل نیستند؛ بلکه نقش «مغز استدلالی» را ایفا می‌کند که سایر اجزا به آن متصل می‌شوند. این تمایز از منظر مفهومی اهمیت دارد، چراکه باعث می‌شود عامل، ورای یک مدل منفرد، یک ساختار هدفمند تلقی شود.

۴-۲ ماژول برنامه‌ریزی[i][۳۷]

یکی از عناصر تمایزبخش عامل‌های هوشمند نسبت به چت‌بات‌ها، وجود یک لایه برنامه‌ریزی صریح یا ضمنی است. این لایه وظیفه دارد هدف کلی را به مجموعه‌ای از گام‌های قابل اجرا تبدیل کند. در برخی معماری‌ها، این برنامه‌ریزی به‌صورت صریح انجام می‌شود (مثلاً با تولید یک فهرست از اقدامات)، و در برخی دیگر به‌صورت ضمنی در خروجی‌های متوالی مدل زبانی نهفته است.[۳۸] پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که ترکیب «استدلال» زبانی با «عمل»[ii][۳۹] باعث افزایش کارایی عامل در انجام وظایف چندمرحله‌ای می‌شود. در این رویکرد، عامل به‌صورت چرخه‌ای فکر می‌کند، عمل

---

۳۵. Wooldridge, op. cit.

۳۶. Chowa, Sadia Sultana, et al. «From language to action: a review of large language models as autonomous agents and tool users.» Artificial Intelligence Review (۲۰۲۶).

۳۷. i Planning Layer

۳۸. Russell et al, op. cit.

۳۹. ii Reasoning & Acting

می‌کند، نتیجه را ارزیابی می‌کند و سپس تصمیم بعدی را می‌گیرد.[۴۰]

۴-۳ لایه ابزار و کنش[۴۱i]

عامل هوشمند بدون توان کنش واقعی، صرفاً یک سیستم تحلیلی باقی می‌ماند. به همین دلیل، معماری‌های عملیاتی عامل‌ها شامل لایه ابزار هستند که به عامل اجازه می‌دهد با سیستم‌های خارجی تعامل کند. این ابزارها می‌توانند شامل API ها، پایگاه‌های داده، موتورهای جست‌وجو، نرم‌افزارهای سازمانی یا حتی سیستم‌های فیزیکی باشند.[۴۲]

در این لایه، عامل نه‌تنها تصمیم می‌گیرد که چه کاری باید انجام شود، بلکه می‌تواند فرایند اجرا را نیز آغاز کند. این ویژگی، مرز میان عامل هوشمند و نرم‌افزارهای تحلیلی کلاسیک را به‌وضوح مشخص می‌کند. از منظر مهندسی نرم‌افزار، این بخش یکی از چالش‌برانگیزترین اجزای ساختار است، چراکه مستقیماً با مسائلی مانند امنیت، کنترل خطا و اعتمادپذیری مرتبط می‌شود.[۴۳]

۴-۴ حافظه و مدیریت زمینه[۴۴ii]

یکی از پیش‌نیازهای رفتار هوشمند در عامل‌ها، وجود نوعی حافظه پایدار است. در معماری‌های جدید، حافظه به اشکال مختلفی پیاده‌سازی می‌شود. به‌عنوان‌مثال، تعبیه حافظه کوتاه‌مدت برای نگه‌داری وضعیت جاری، حافظه بلندمدت برای ذخیره تجربیات گذشته، و حافظه زمینه‌ای برای حفظ انسجام تصمیم‌ها در طول زمان انجام می‌شود.[۴۵]

وجود این حافظه به عامل اجازه می‌دهد رفتار خود را بر اساس تجربه‌های پیشین اصلاح کند و از

---

۴۰. Shunyu Yao et al, op cit.

۴۱. i Tool and Action Layer

۴۲. Gartner, op. cit.

۴۳. Ramos, Mayk Caldas, Christopher J. Collison, and Andrew D. White. «A review of large language models and autonomous agents in chemistry.» Chemical science (۲۰۲۵); available HERE

۴۴. ii Memory and Context Management

۴۵. Weng, Lilian. «Llm powered autonomous agents.» lilianweng. github. io, Jun ۲۰۲۳) ۲۳).

تکرار خطا جلوگیری نماید. در غیاب چنین مکانیزمی، عامل ناچار است هر بار مسئله را از نو تحلیل کند که هم از نظر محاسباتی پرهزینه و هم از نظر رفتاری ناکارآمد خواهد بود.

۴-۵ هماهنگی[iii][۴۶] و کنترل جریان تصمیم

معماری عامل‌های هوشمند نیازمند یک «لایه هماهنگ‌کننده»[i][۴۷] است که تعامل میان اجزای مختلف مانند مدل، حافظه، ابزار و محیط را مدیریت کند. این لایه مشخص می‌کند چه زمانی عامل باید فکر کند، چه زمانی اقدام کند، و چه زمانی منتظر بازخورد بماند.[۴۸]

در بسیاری از چارچوب‌های معاصر، لایه «هماهنگی» به‌عنوان نقطه کنترل حیاتی تلقی می‌شود، زیرا بدون آن، سیستم به مجموعه‌ای از اجزای پراکنده تبدیل می‌شود که رفتار کلی قابل پیش‌بینی ندارند. این مسئله به‌ویژه در محیط‌های سازمانی و حساس اهمیت دوچندان دارد.

۴-۶ محدودیت‌ها و چالش‌های فنی معماری‌های عامل‌محور

باوجود پیشرفت‌های قابل‌توجه، معماری‌های عامل‌های هوشمند با محدودیت‌های جدی مواجه‌اند. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به عدم قطعیت در تصمیم‌گیری مدل‌های زبانی، هزینه محاسباتی بالا، دشواری ارزیابی رفتار عامل و ریسک‌های کنش ناخواسته اشاره کرد. گزارش‌های نهادی نیز تأکید می‌کنند که توسعه عامل‌های کاملاً خودمختار بدون سازوکارهای کنترلی قوی، می‌تواند منجر به پیامدهای پیش‌بینی‌نشده شود.[۴۹]

۵. وضعیت بازار جهانی عامل‌های هوشمند و چشم‌انداز پنج‌ساله (۲۰۲۵-۲۰۳۰)

آغاز تحلیل بازار عامل‌های هوشمند با بیان یک دشواری ساختاری همراه است؛ این بازار هنوز

---

۴۶. iii Orchestration

۴۷. i Orchestrator

۴۸. Pelluru, Karthik. «LangChain & LangGraph in Production: Architectures for Multi-Agent LLM Systems.» Journal of Data and Digital Innovation (JDDI) ۹-۱:(۲۰۲۵) ۲,۳.

۴۹. Nisa, U., Shirazi, M., Saip, M. A., & Pozi, M. S. M. (۲۰۲۵). Agentic AI: The age of reasoning—A review. Journal of Automation and Intelligence.

به‌عنوان یک رده مستقل و تثبیت‌شده در همه گزارش‌ها تعریف نشده است. بسیاری از نهادهای تحلیلی، عامل‌های هوشمند را ذیل مفاهیمی مانند «هوش مصنوعی مولد»[۵۰ii]، «اتوماسیون هوشمند»[۵۱iii] یا «سیستم‌های خودگردان»[۵۲iv] دسته‌بندی می‌کنند؛ بنابراین، هر تحلیل معتبر ناگزیر باید از هم‌پوشانی چند بازار آغاز کند و سپس سهم سیستم‌های عامل‌محور را استخراج نماید.[۵۳]

۵-۱ جایگاه عامل‌های هوشمند در اقتصاد جهانی هوش مصنوعی

بر اساس گزارش‌هایی مانند استنفورد، رشد اصلی بازار هوش مصنوعی در دهه پیشِ رو، نه از کاربردهای ایستا، بلکه از سیستم‌های خودمختار، تصمیم‌گیر و کنشگر ناشی خواهد شد و عامل‌های هوشمند نیز دقیقاً در جایی میان نرم‌افزار، اتوماسیون و تصمیم‌سازی قرار می‌گیرند.[۵۴]

مک‌کنزی نیز در گزارش‌های ۲۰۲۳ و ۲۰۲۴ خود، سهم «اتوماسیون»[۵۵i] را تا سال ۲۰۳۰ معادل ۲٫۶ تا ۴٫۴ تریلیون دلار ارزش اقتصادی سالانه برآورد می‌کند.[۵۶] این عدد مستقیماً «بازار عامل‌های هوشمند» را نشان نمی‌دهد، اما بخش قابل‌توجهی از این ارزش، متکی بر عامل‌هایی است که قادر به اجرای وظایف چندمرحله‌ای بدون نظارت انسانی هستند.

۵-۲ تفکیک بازار: از ابزارهای مولد تا عامل‌های عملیاتی

گزارش «گارتنر» برای شفاف‌سازی، تمایز روشنی میان ادوات هوش مصنوعی مولد و عامل‌های هوشمند قائل می‌شود. در این تفکیک، ابزارهای مولد، خروجی تولید می‌کنند و عامل‌ها، فرایند

---

۵۰. ii Generative AI

۵۱. iii Intelligent Automation

۵۲. iv Autonomous Systems

۵۳. Organisation for Economic Co-operation and Development. (۲۰۲۵). Artificial intelligence and competitive dynamics in downstream markets (OECD Roundtables on Competition Policy Papers, No. ۳۳۱). OECD Publishing, Paris. https://doi.org/۱۰.۱۷۸۷/ccf۶۲۴a-en

۵۴. Standford, AI Index Report, op. cit.

۵۵. i Generative AI-enabled automation

۵۶. Chui et al, op. cit.

را اجرا می‌کنند.[۵۷] بر همین اساس، «گارتنر» پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۰۲۸، حداقل ۳۳ درصد از نرم‌افزارهای سازمانی شامل نوعی «توانمندی عاملی»[ii][۵۸] خواهند بود، درحالی‌که این رقم در سال ۲۰۲۴ کمتر از ۵ درصد برآورد شده است که نشان از رشدی جهشی دارد.[۵۹]

۵-۳ حوزه‌های اصلی رشد بازار عامل‌های هوشمند

تحلیل تجمیعی گزارش‌های مختلف مذکور نشان می‌دهد که رشد عامل‌های هوشمند در آینده نزدیک عمدتاً در چند حوزه متمرکز خواهد بود که شامل موارد ذیل است:

۵-۳-۱ نرم‌افزارهای سازمانی و بهره‌وری اداری

عامل‌هایی که قادر به مدیریت ایمیل، زمان‌بندی، گزارش‌گیری، تحلیل اسناد و اجرای گردش‌کارها هستند. این حوزه به دلیل بازگشت سریع سرمایه، زودتر از سایر بخش‌ها رشد می‌کند.[۶۰]

۵-۳-۲ توسعه نرم‌افزار و IT Operations

عامل‌های هوشمند در نقش برنامه‌ریز، تسهیل‌گر و هماهنگ‌کننده فرایندهای عملیات توسعه ظاهر می‌شوند. به باور برخی گزارشات، این حوزه یکی از نخستین نقاط تجاری‌سازی عامل‌هاست.[۶۱]

۵-۳-۳ خدمات مالی و تحلیل ریسک

عامل‌های هوشمند برای تحلیل مستمر داده‌ها، پایش ریسک و پیشنهاد تصمیم‌های سرمایه‌گذاری مورد توجه قرار گرفته‌اند، اگرچه محدودیت‌های نظارتی رشد آن‌ها را کندتر می‌کند.[۶۲]

---

۵۷. Gartner, Hype Cycle for Artificial Intelligence ۲۰۲۳.

۵۸. ii Agentic capability

۵۹. Gartner, op. cit.

۶۰. World Economic Forum, The Future of Jobs Report ۲۰۲۳, available HERE.

۶۱. GitHub, The State of AI in Software Development (۲۰۲۴), https://github.com/resources/articles/ai-in-software-development

۶۲. BIS (Bank for International Settlements), Financial stability implications of artificial intelligence - Executive Summary

۵-۳-۴ پشتیبانی مشتری و عملیات خدماتی

حرکت از چت‌بات‌های پاسخ‌گو به عامل‌هایی که بتوانند مسئله را تا حل نهایی پیگیری کنند، یکی از روندهای اصلی این حوزه است.[۶۳]

۵-۴ پیش‌بینی سناریوها

هیچ نهاد معتبری عدد واحدی برای اندازه بازار عامل هوشمند ارائه نداده است؛ بنابراین، تحلیل پنج‌ساله نهایتاً باید بر اساس سناریو انجام شود، نه پیش‌بینی قطعی.

۵-۴-۱ سناریوی نرم

در یک سناریوی محافظه‌کارانه عامل هوشمند عمدتاً به‌عنوان افزونه‌ای بر نرم‌افزارهای موجود باقی می‌مانند و رشد سالانه ترکیبی[i][۶۴] در این سناریو حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد برآورد می‌شود.[۶۵]

۵-۴-۲ سناریوی میانی

عامل‌ها به بخشی استاندارد از نرم‌افزارهای سازمانی تبدیل می‌شوند. گارتنر و مک‌کنزی این سناریو را با نرخ رشد مرکب ۳۰ تا ۳۵ درصدی محتمل‌تر می‌دانند.[۶۶]

۵-۴-۳ سناریوی شتاب‌یافته

در صورت حل نسبی مسائل مورد ابتلای این بخش‌ها از جمله اعتماد، هزینه و حکمرانی، عامل‌های هوشمند به‌عنوان لایه اجرایی دیجیتال فراگیر خواهند شد و در این حالت، رشد می‌تواند از ۴۰ درصد

---

۶۳. Brunier, F., Mukherjee, S., & Roark, C. (۲۰۲۵, December ۱۸). The new rules of platform strategy in the age of agentic AI: Five priorities to help companies align people, platforms and intelligence. Accenture. https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document۴-/Accenture-The-New-Rules-of-Platform-Strategy-in-the-Age-of-Agentic-AI.pdf

۶۴. i CAGR

۶۵. ibid

۶۶. McKinsey Global Institute,op. cit.

سالانه فراتر رود، اما این سناریو با عدم قطعیت بالایی همراه است.[۶۷]

۵-۵ موانع ساختاری رشد بازار

تمام گزارش‌های معتبر بر این نکته تأکید دارند که رشد عامل‌های هوشمند با موانع جدی مواجه است که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

- هزینه بالای زیرساخت و محاسبات
- ریسک‌های کنش ناخواسته و خطاهای زنجیره‌ای
- چالش‌های حقوقی مسئولیت تصمیم و عمل عامل
- عدم بلوغ استانداردهای ارزیابی و اعتمادپذیری[۶۸]

این موانع باعث می‌شوند که برخلاف هیجان رسانه‌ای، پذیرش سازمانی عامل‌های هوشمند تدریجی و انتخابی باشد، نه فراگیر و بی‌قید.

۶. بازیگران اصلی جهانی در توسعه عامل‌های هوشمند

در سال‌های اخیر، توسعه عامل‌های هوشمند به یک رقابت چندقطبی بدل شده است. شرکت‌های سنتی فناوری از یک سو و بازیگران نوظهور از سوی دیگر تلاش می‌کنند تا معماری‌های عامل‌محور، پلتفرم‌های اجرایی و کاربردهای متنوعی را صنعتی کنند. این فصل با تقسیم‌بندی جغرافیایی و نوع فعالیت، مهم‌ترین بازیگران را تحلیل می‌کند.

۶-۱ ایالات متحده: تأثیرگذارترین قطب

۶-۱-۱ OpenAI

OpenAI اگر نگوییم مهم‌ترین، یکی از مهم‌ترین بازیگران جهانی در زمینه عامل هوشمند است و با

---

۶۷. ibid

۶۸. ibid

توسعه مدل‌های زبانی بزرگ و چارچوب‌هایی که از آن‌ها برای ساخت عامل‌های مستقل استفاده می‌شود، عملاً بازار توسعه هوش‌های مصنوعی عاملیت‌محور را شکل داده است که ازآن‌جمله، نسخه‌های GPT است که هسته تصمیم‌گیرنده عامل‌ها است. این شرکت به‌علاوه از خریدهای استراتژیک برای افزایش توان خود بهره می‌برد.[۶۹]

Meta Platforms — Manus ۲-۱-۶

یکی از برجسته‌ترین حرکت‌های اخیر در بازار خرید استارتاپ Manus توسط شرکت متا بوده است. Manus یک استارتاپ هوش مصنوعی با ریشه‌های چینی است که در ساخت «عامل‌های هوشمند عمومی»[۷۰] تخصص دارد، سیستم‌هایی که می‌توانند وظایف چندمرحله‌ای مستقل مانند تحقیق، تحلیل داده، برنامه‌نویسی و تکمیل کارهای پیچیده را بدون نظارت مداوم انسانی انجام دهند.
در دسامبر ۲۰۲۵، متا خرید کامل Manus را اعلام کرد؛ معامله‌ای که بر اساس گزارش‌های مشاوران حقوقی این شرکت در این معامله ارزش مالی رسمی اعلام نشده؛ اما در منابع حقوقی و مالی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تراکنش‌های این شرکت در حوزه هوش مصنوعی پس از خریدهای کلان گذشته لحاظ می‌شود. این خرید در چارچوب استراتژی گسترده‌تر Meta برای توسعه عامل‌های هوشمند در محصولات مصرفی و تجاری انجام شده و تیم Manus و فناورهای مرتبط به بخش‌های هوش مصنوعی متا پیوسته‌اند.[۷۱]

Anthropic ۳-۱-۶

این شرکت آمریکایی نسبت به رقبای دیگر تمرکز قوی‌تر بر ایمنی، هم‌راستایی و قابلیت اعتماد در عامل‌های هوشمند دارد. «آنتروپیک» به بیان خود تلاش می‌کند تا توسعه عامل‌های هوش

---

۶۹. "Autonomous AI Agents, Empowering Generative AI for Next Generation of Human Assistant" Available in https://dnacap.fund/insights/autonomous-ai-agents

۷۰. i General-Purpose AI Agents

۷۱. "Meta Platforms acquisition of Manus AI" by Davis Polk, Available HERE.

مصنوعی را همراه با چارچوب‌های ایمنی و نظارتی پیش ببرد و به همین دلیل در گزارش‌های تحلیلی به‌عنوان یکی از بازیگران مهم برای کاربردهای سازمانی شناخته می‌شود.[۷۲]

Uniphore ۴-۱-۶

این شرکت، اگرچه عمدتاً به‌عنوان یکی از پلتفرم‌های «هوش مصنوعی سازمانی»[۷۳ii] شناخته می‌شود که تمرکز قابل‌توجهی بر تعامل صوتی و گفتگومحور دارد، دامنه فعالیت خود را به توسعه و به‌کارگیری عامل‌ها و اپلیکیشن‌های هوش مصنوعی در حوزه‌هایی مانند فروش، خدمات مشتری، بازاریابی و اتوماسیون فرایندهای کسب‌وکار نیز گسترش داده است. صفحات رسمی شرکت نشان می‌دهند که این شرکت، یک پلتفرم جامع را ایجاد کرده که شامل «عامل‌های اجرایی و اتوماسیون وظایف»[۷۴iii] می‌شود که می‌توانند فرایندهای پیچیده سازمانی را خودکار کنند، از جمله در فروش، مشتری‌مداری و بازاریابی، با امکان اتصال مستقیم به داده‌های کسب‌وکار و ابزارهای مختلف.
در معرفی رسمی محصول آمده است که این شرکت ابزارهای آماده برای تولید عامل‌های هوش مصنوعی، جهت پشتیبانی از فروش، بازاریابی، منابع انسانی و خدمات مشتری ارائه می‌دهد، به‌طوری‌که کسب‌وکارها می‌توانند این عامل‌ها را برای اتوماسیون وظایف پیچیده و کارهای چندمرحله‌ای در فرایندهای سازمانی به‌کار گیرند.[۷۵]

&Humans ۵-۱-۶

یک استارتاپ آمریکایی با سرمایه بسیار بزرگ برای مرحله اولیه به مبلغ ۴۸۰ میلیون دلار است که هدفش توسعه مدل‌هایی است که همکاری میان انسان و عامل را بهبود دهد و ارتباط میان چند عامل را هم‌زمان هماهنگ کند و هدف غایی آن، رسیدن به‌نوعی «همایند هوشمند» برای کار و

---

۷۲. https://www.anthropic.com/news/core-views-on-ai-safety

۷۳. ii Enterprise AI

۷۴. iii agentic workflows

۷۵. Uniphore. (۲۰۲۶). Uniphore Business AI Suite — Business AI apps and agents. Uniphore; at Here

همکاری انسان و ماشین است.

در کنار آن، ساختارهای دیگری در بازار دیده می‌شود که در توسعه عامل‌های هوشمند نقش دارند، حتی اگر تمرکز اصلی‌شان توسعه مدل یا سیستم‌عامل هوشمند نباشد که از جمله آنها، می‌توان به شرکت‌های مشاوره، توسعه سفارشی، یا پلتفرم‌های ادغام مدل‌های زبانی اشاره داشت.

۶-۲ چین و شرق آسیا: قطب روبه‌رشد عامل‌های هوشمند

در چین و شرق آسیا، چند گروه بازیگر اصلی وجود دارند که برخی از آن ها در سطح جهانی نیز قابل توجه اند:

۶-۲-۱ Baidu — Ernie Assistant

Baidu یکی از پیش‌گامان چین در فناوری هوش مصنوعی با Ernie Assistant است که ماهانه بیش از ۲۰۰ میلیون کاربر فعال دارد و عملکردی فراتر از چت‌بات معمولی ارائه می‌دهد. این عامل هوشمند امکاناتی مثل تولید محتوا، کمک در برنامه‌ریزی و حتی تعامل با اپلیکیشن‌های دیگر را فراهم می‌کند که نشان‌دهنده‌ی گسترش ظرفیت‌های مرتبط با عامل‌های هوشمند در بازار مصرف چین است.[۷۶]

۶-۲-۲ Alibaba Cloud AI

طبق تحلیل‌های صنعتی، Alibaba Cloud AI بخش مهمی از بازار خودمختار هوش مصنوعی در چین را در اختیار دارد (حدود ۲۰٪ سهم بازار) و این شرکت در صنایع مختلف از تجارت الکترونیک تا بهداشت و درمان عامل‌های هوش مصنوعی اجرا می‌کند.[۷۷]

۶-۲-۳ Huawei HiAI

Huawei با معماری HiAI، هرچند هنوز بازار کمتری نسبت به Alibaba دارد، در حوزه سخت‌افزار هوشمند، به‌ویژه رایانش لبه‌ای و رباتیک هوشمند حضور دارد و یکی از بازیگران مهم در آینده این

---

۷۶. Baidu's Ernie Assistant reaches ۲۰۰M monthly users (WSJ Jan ۲۰۲۶). https://www.wsj.com/tech/ai/baidus-ai-assistant-reaches-milestone-of-۲۰۰-million-monthly-active-users۲-ad۳۰bfb

۷۷. Top ۱۰ Autonomous AI Agent Companies in China ۲۰۲۵," market overview. https://essfeed.com/top-۱۰-autonomous-ai-agent-companies-in-china۲۰۲۵-

حوزه در دستگاه‌های هوشمند خواهد بود.[۷۸]

۶-۲-۴ iFlytek و SenseTime

این دو شرکت چینی از بازیگران پیشرو در حوزه‌های پردازش گفتار و بینایی ماشین به شمار می‌آیند. اگرچه تمرکز اصلی آن‌ها بر توسعه عامل‌های هوشمند عمومی و خودمختار نیست، اما فناوری‌های تولیدشده توسط آن‌ها نقش مهمی در زیست‌بوم عامل‌های هوشمند چین ایفا می‌کند. این فناوری‌ها به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند تعامل گفتار و تصویر، درک چندوجهی و تحلیل بلادرنگ محیط، به‌عنوان اجزای زیربنایی معماری‌های مبتنی بر عامل به‌کار گرفته می‌شوند.

۶-۲-۵ DeepSeek

این شرکت، یک شرکت چینی فعال در حوزه توسعه مدل‌های زبانی بزرگ و به‌کارگیری آن‌ها در تعامل‌های هوشمند است. هرچند که تمرکز اصلی این شرکت بر بهبود توانمندی‌های زبانی، استنتاج و کارایی محاسباتی مدل‌ها قرار دارد و نه بر طراحی مستقیم عامل‌های هوشمند خودمختار، بااین‌حال، مدل‌ها و چارچوب‌های ارائه‌شده توسط این شرکت به‌عنوان زیرساخت فناورانه، نقش مهمی در شکل‌گیری و گسترش کاربردهای مبتنی بر عامل‌های هوشمند در بازارهای آسیایی ایفا می‌کنند. این فناوری‌ها امکان توسعه سامانه‌هایی با تعامل پیشرفته، پاسخ‌گویی زمینه‌مند و ترکیب با سازوکارهای تصمیم‌گیری را فراهم می‌سازند و از این منظر، دیپ‌سیک یکی از بازیگران اثرگذار در رشد تدریجی کاربردهای عامل‌محور در اکوسیستم هوش مصنوعی آسیا به شمار می‌آید.[۷۹]

۶-۳ اروپا و خاورمیانه: بازیگران تأثیرگذار

در کنار ایالات متحده و چین، اروپا نیز طی سال‌های اخیر به‌تدریج به یکی از کانون‌های مهم توسعه و به‌کارگیری عامل‌های هوشمند تبدیل شده است. رویکرد اروپایی در این حوزه، برخلاف مدل‌های صرفاً مقیاس‌محور یا داده‌محور، معمولاً بر ترکیب مهندسی دقیق، حاکمیت داده، شفافیت

---

۷۸. ibid

۷۹. DeepSeek, Wikipedia, accessed January ۲۰۲۶

عملکرد و انطباق با الزامات حقوقی و مقرراتی متمرکز است. این ویژگی باعث شده است که بسیاری از راهکارهای اروپایی، به‌ویژه در محیط‌های سازمانی و حساس، جذابیت بیشتری برای استقرار عملی داشته باشند.

۶-۳-۱ H Company (فرانسه)

این شرکت نوپای اروپایی مستقر در پاریس، تمرکز خود را بر توسعه عامل‌های هوشمند عملیاتی برای استفاده در سازمان‌ها قرار داده است. رویکرد این شرکت مبتنی بر طراحی سامانه‌هایی است که بتوانند در فرایندهای واقعی کسب‌وکار، به‌صورت قابل‌کنترل و قابل‌اعتماد عمل کنند. این شرکت در سال‌های اخیر موفق شده است سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجهی از بازیگران بین‌المللی جذب کند، از جمله سرمایه‌گذاری از سوی اریک اشمیت و سامسونگ که نشان‌دهنده توجه بازار جهانی به ظرفیت‌های آن در حوزه عامل‌های هوشمند سازمانی است.[۸۰]

۶-۳-۲ Implement AI (بریتانیا)

یک شرکت فناوری بریتانیایی واقع در لندن است که در سال ۲۰۲۳ تأسیس شده و بر توسعه سیستم‌عامل هوش مصنوعی[۸۱] و خدمات مرتبط با اتوماسیون کسب‌وکار و استقرار عامل‌های AI تمرکز دارد. این شرکت ابزارهایی ارائه می‌دهد که به سازمان‌ها کمک می‌کند عامل‌های هوش مصنوعی (که در عمل به‌عنوان «کارگران دیجیتال» شناخته می‌شوند) را در فرایندهای واقعی کسب‌وکار مانند فروش، پشتیبانی مشتری، زمان‌بندی و تعامل با سیستم‌ها پیاده‌سازی و مدیریت کنند[۸۲]

Implement AI پلتفرم‌های نرم‌افزاری و خدمات مدیریت را عرضه می‌کند که تیمی از عامل‌های هوش مصنوعی را هماهنگ می‌سازد تا **وظایف عملیاتی واقعی** را به‌جای کارهای صرفاً تحقیقاتی انجام

---

۸۰. France leads Europe's GenAI race: Meet the ۱۰ most funded French startups in ۲۰۲۴, Available HERE.

۸۱. AI Operating System / AIOS

۸۲. ibid

دهند و به کسب‌وکارها کمک کنند بدون افزایش نیروی انسانی، ظرفیت عملیاتی خود را افزایش دهند

۶-۳-۳ سایر گروه‌های اروپایی

علاوه بر مواردی که ذکر شدند، چندین شرکت اروپایی فعال در حوزه هوش مصنوعی وجود دارند که در پروژه‌های مرتبط با عامل‌های هوشمند مشارکت می‌کنند. بسیاری از این بازیگران ارائه‌دهنده خدمات مهندسی، توسعه سفارشی یا پیاده‌سازی راه‌حل‌های AI برای مشتریان خاص هستند و نه لزوماً پلتفرم‌های عمومی عامل هوشمند با کاربرد جهانی؛ نمونه‌هایی از این شرکت‌ها در گزارش‌های صنعتی و تحلیل‌های فناوری دیده شده است که اشاره به نقش مشاوران، شرکت‌های مهندسی و توسعهٔ سامانه‌های AI در پروژه‌های خاص دارند.

۷. شرکت‌های ایرانی و چشم‌انداز داخلی عامل‌های هوشمند

در ایران، اکوسیستم هوش مصنوعی هنوز در حال گذار از ابزارهای تحلیلی و چت‌بات‌های ساده به سمت معماری‌های عاملیت‌محور است. درحالی‌که در سطح جهانی بحث بر سر عامل‌های خودمختار چندمرحله‌ای و ادغام عمیق آن‌ها در نرم‌افزارهای سازمانی است، در بازار داخلی بخش عمده محصولات موجود در رده‌ی دستیارهای پاسخ‌گو، اتوماسیون ساده و ربات‌های خدماتی قرار می‌گیرد، هرچند در سال‌های اخیر چند پلتفرم فارسی‌زبان با قابلیت‌های پیشرفته‌تر نیز ظهور کرده‌اند.

۷-۱ نمونه‌های شناخته‌شده در ایران با تمرکز بر عامل‌های هوشمند

۷-۱-۱ هوشیار ۲۴

پلتفرم فارسی که امکان دسترسی به مدل‌های زبانی مولد (مثل GPT-۴ و Claude ۳)، ساخت دستیارهای هوش مصنوعی و استفاده از بازیابی تقویت‌شده با تولید متن برای پاسخ‌گویی مبتنی بر پرونده‌ها برای پاسخ‌گویی مبتنی بر فایل و پایگاه دانش را فراهم می‌کند. از نظر معماری، هنوز بیشتر در رده‌ی «دستیارهای هوش مصنوعی قابل‌پیکربندی» قرار می‌گیرد تا عامل‌های تمام‌عیار، اما

نسبت به بسیاری از ابزارهای داخلی، گام بیشتری به سمت عاملیت (ادغام با API، طراحی گردش‌کار و شخصی‌سازی) برداشته است.[۸۳]

۷-۱-۲ ایران بات

یک برند ایرانی متمرکز بر توسعه ربات‌های تلگرام است که مجموعه‌ای از ربات‌های کاربردی (مدیریت فایل، مدیریت کاربران، ابزارهای اطلاع‌رسانی و...) را برای کسب‌وکارها و کاربران ایرانی ارائه می‌کند. معماری این ربات‌ها بر منطق جریانی و اسکریپت‌های تعاملی استوار است و در اسناد عمومی، شواهدی از استفاده سیستماتیک از معماری‌های عامل‌محور (برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای و حافظه طولانی‌مدت) دیده نمی‌شود؛ بنابراین، بیشتر باید آن را در دسته «ربات‌های هوشمند دامنه‌محور» دانست تا عامل‌های خودمختار.[۸۴]

۷-۱-۳ ربات ستاد ایران

دستیار هوشمند متصل به سامانه تدارکات الکترونیک دولت است که به کاربران کمک می‌کند آگهی‌های خرید و مناقصه‌های مرتبط با کسب‌وکار خود را به‌صورت فیلترشده و خودکار دریافت کنند. ازآنجاکه جزئیات فنی معماری، نوع مدل‌ها و میزان خودمختاری منتشر نشده است، طبقه‌بندی آن در رده‌ی «عامل هوشمند مستقل» از نظر علمی ممکن نیست و بهتر است به‌عنوان نمونه‌ای از «سرویس هوشمند جست‌وجو و اعلان» در نظر گرفته شود.[۸۵]

۷-۱-۴ یارابات

یارابات[i۸۶] یک چت‌بات فارسی‌زبان مبتنی بر هوش مصنوعی است که به‌عنوان «همیار کسب‌وکار» شناخته شده و قابلیت‌هایی مانند پاسخ‌گویی هوشمند، تولید محتوا و تحلیل داده برای

---

۸۳. https://gadgetnews.net/۱۱۰۷۹۷۶/introduce-iranian-ai-websites/

۸۴. https://irbots.com/telegram-user-id-info-bot/

۸۵. http://setadbot.ir/fe/about

۸۶. i Yarabot

کسب‌وکارها ارائه می‌دهد. این سرویس نیز در سطح معماری، بیشتر بر هوش زبانی و اتوماسیون مکالمه تکیه دارد و هنوز در زمره عامل‌های خودمختار چندمرحله‌ای قرار نمی‌گیرد، اما به‌عنوان نمونه‌ی مستند از ابزارهای هوش مصنوعی تعاملی بومی قابل‌ذکر است.[۸۷]

۷-۲ شرکت‌های فعال در هوش مصنوعی در ایران (زمینه‌سازهای احتمالی عامل هوشمند)

فراتر از پلتفرم‌های چت‌بات، در اکوسیستم ایران مجموعه‌ای از شرکت‌ها و مراکز پژوهشی در حوزه‌های پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین، داده‌کاوی و زیرساخت محاسباتی فعال‌اند که می‌توانند به طور غیرمستقیم زمینه توسعه عامل‌های هوشمند را فراهم کنند.

- مرکز تحقیقات هوش مصنوعی پارت، یکی از بزرگ‌ترین بازیگران در زمینه هوش مصنوعی ایران است که تیم‌های تخصصی در بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی و داده‌کاوی دارد. این مرکز نقش مهمی در توسعه‌ی زیرساخت‌ها، داده‌های آموزشی و پژوهش‌های تخصصی دارد، اگرچه در حال حاضر تمرکز آن بیشتر بر محصولاتی مانند تشخیص چهره و تحلیل داده است تا راهکارهای عاملیتی مستقل.

پروژه ملی پلتفرم هوش مصنوعی (تحت همکاری دانشگاه شریف و نهادهای دولتی) که در سال ۱۴۰۴ رونمایی شد، یکی دیگر از این شرکت‌ها بوده و قرار است یک زیربنای محلی برای مدل‌های هوش مصنوعی فراهم کند. این پلتفرم در مراحل توسعه قرار دارد و اگر طرح به نسخه نهایی برسد، می‌تواند سکوی مهمی برای توسعه عامل‌های هوشمند در ایران باشد.

در مجموع، این بازیگران و پروژه‌ها بیشتر «زیرساخت داده و محاسبات» و «مدل‌های پایه» را فراهم می‌کنند و هنوز شواهد عمومی کافی مبنی بر عرضه‌ی عامل‌های کامل عاملیت‌محور توسط آن‌ها در سطح بازار وجود ندارد.

---

۸۷. https://yarabot.ir/

۷-۳ وضعیت فعلی و نقاط قوت و ضعف اکوسیستم ایران

۷-۳-۱نقاط قوت موجود در ایران

- بر اساس گزارش‌های داخلی، ایران طی سال‌های اخیر شاهد شکل‌گیری شرکت‌ها و تیم‌های فعالی در حوزه‌های پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین و داده‌کاوی بوده است؛ حوزه‌هایی که از اجزای ضروری معماری عامل‌های هوشمند محسوب می‌شوند.

پروژه‌های پژوهشی و صنعتی برای تولید داده‌های زبانی بومی، مانند مجموعه‌های پرسش‌وپاسخ فارسی و مدل‌های زبانی مختص زبان فارسی، نشان‌دهنده‌ی افزایش توجه به نیازهای خاص زبانی و فرهنگی کشور است.

- تلاش‌های ملی برای ایجاد زیرساخت مدل‌های بومی و پلتفرم‌های ابری هوش مصنوعی (از جمله آنچه در گزارش‌های زیرساختی و برنامه‌های سیاستی به آن اشاره شده) به دنبال ایجاد ظرفیت داخلی‌اند.

۷-۳-۲ چالش‌های اصلی و محدودیت‌ها

- تلاش‌های ملی برای ایجاد زیرساخت مدل‌های بومی و پلتفرم‌های ابری هوش مصنوعی (از جمله آنچه در گزارش‌های زیرساختی و برنامه‌های سیاستی به آن اشاره شده) به دنبال کاهش وابستگی به سرویس‌های خارجی و ایجاد ظرفیت داخلی‌اند.

- تلاش‌های ملی برای ایجاد زیرساخت مدل‌های بومی و پلتفرم‌های ابری هوش مصنوعی (از جمله آنچه در گزارش‌های زیرساختی و برنامه‌های سیاستی به آن اشاره شده) به دنبال کاهش وابستگی به سرویس‌های خارجی و ایجاد ظرفیت داخلی‌اند.

- محدودیت سرمایه‌گذاری و دسترسی به زیرساخت‌های پردازشی سطح بالا (به‌ویژه GPU و ابر در مقیاس بزرگ) توسعه‌ی مدل‌ها و سامانه‌های عاملیت‌محور پرمصرف را دشوار می‌کند.

- محدودیت سرمایه‌گذاری و دسترسی به زیرساخت‌های پردازشی سطح بالا (به‌ویژه GPU و ابر در مقیاس بزرگ) توسعه‌ی مدل‌ها و سامانه‌های عاملیت‌محور پرمصرف را دشوار می‌کند.

۴-۷ چشم‌انداز پیشِ رو

باتوجه‌به روند رشد ابزارهای فارسی‌زبان و برنامه‌های اعلام‌شده در حوزه زیرساخت و سیاست‌گذاری، می‌توان برای توسعه عامل‌های هوشمند در ایران سه گام کلی را ترسیم کرد که عبارت‌اند از:

۷-۴-۱ تعمیق ابزارهای هوشمند تجاری

گسترش کاربرد چت‌بات‌ها و دستیارهای فارسی‌زبان در پشتیبانی مشتری، اتوماسیون داده و ربات‌های پیام‌رسان، همراه با بهبود کیفیت پاسخ‌ها، ادغام بهتر با پایگاه‌های داده داخلی و شخصی‌سازی تجربه کاربر.

۷-۴-۲ شکل‌گیری معماری‌های ترکیبی نیمه‌عاملی

استفاده از مدل‌های زبانی فارسی، داده‌های بومی و زیرساخت ابری برای طراحی سیستم‌هایی که بتوانند اهداف را به چند گام بشکنند، از چند سامانه و API داده بگیرند و بخشی از تصمیم‌گیری را بدون دخالت لحظه‌به‌لحظه انسان انجام دهند؛ این مرحله نیازمند بلوغ بیشتر زیرساخت و تجربه‌ی عملی تیم‌های فنی است.

۷-۴-۳عامل‌های هوشمند بومی سازمانی

در افق میان‌مدت و در صورت تداوم سرمایه‌گذاری در زیرساخت، داده و نیروی انسانی و همچنین تدوین چارچوب‌های حقوقی روشن، می‌توان انتظار داشت که در برخی حوزه‌های سازمانی (مانند خدمات عمومی، مالی و کسب‌وکار) عامل‌های هوشمند بومی با سطحی از خودمختاری و حافظه سازمانی ظهور کنند؛ هرچند رسیدن به جایگاه پیشرو جهانی مستلزم تحولات عمیق‌تر ساختاری و حکمرانی است.

۸. امکان‌سنجی و چشم‌انداز فراگیری عامل‌های هوشمند در ایران

در سطح جهانی، عامل‌های هوشمند به‌تدریج از سامانه‌های واکنشی و محدود به ابزارهای پاسخ‌گو فاصله گرفته و به‌سوی خودمختاری عملیاتی، تعامل پیچیده با انسان و تصمیم‌گیری چندمرحله‌ای حرکت کرده‌اند. این تحول، نتیجه‌ی هم‌زمان بلوغ مدل‌های زبانی بزرگ، توسعه زیرساخت‌های محاسباتی و شکل‌گیری معماری‌های عامل‌محور بوده است. در ایران، باوجود افزایش توجه به هوش مصنوعی و رشد نسبی محصولات هوشمند، اکوسیستم عامل‌های هوشمند هنوز در مرحله‌ی پذیرش اولیه قرار دارد و فاصله فناورانه با بازیگران پیشرو جهانی محسوس است. ازاین‌رو، هرگونه ارزیابی واقع‌بینانه از امکان فراگیری عامل‌های هوشمند در ایران، ناگزیر باید سه بُعد اصلی زیرساخت و فناوری، بازار و پذیرش، و نهایتاً چارچوب‌های حقوقی و مقرراتی را به‌صورت توأمان مورد بررسی قرار دهد.

۸-۱ زیرساخت و فناوری

توسعه عامل‌های هوشمند، به‌ویژه در سطوحی که مستلزم برنامه‌ریزی چندمرحله‌ای، حافظه پایدار و کنش مستقل هستند، به زیرساخت محاسباتی قابل‌توجهی نیاز دارد. در ایران، دسترسی محدود به پردازنده‌های گرافیکی پیشرفته و مراکز پردازش ابری در مقیاس صنعتی یکی از موانع اصلی رشد به شمار می‌آید. اگرچه برخی دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و همچنین تعداد محدودی از بازیگران

خصوصی از توان پردازشی قابل‌قبول برخوردارند، این ظرفیت‌ها پراکنده و برای پشتیبانی از توسعه گسترده سامانه‌های عامل‌محور کافی نیستند.[۸۸]

از منظر داده، پروژه‌هایی مانند «مگاچت»[۸۹] و سایر مجموعه‌داده‌های زبان فارسی، گام‌هایی برای تأمین داده‌های بومی باکیفیت بوده‌اند و زیرساخت لازم برای تعامل زبانی هوشمند را تقویت کرده‌اند. بااین‌حال، پوشش داده‌های تجاری، اداری و رفتاری در مقیاس موردنیاز عامل‌های عملیاتی هنوز محدود است و نیاز به سیاست‌های داده‌ای فعال‌تر و بازتر دارد.[۹۰]

در حوزه نیروی انسانی نیز، گزارش‌های انجمن‌های تخصصی نشان می‌دهد که تعداد متخصصان هوش مصنوعی در ایران روبه‌افزایش است، اما تجربه عملی مشخص در طراحی و پیاده‌سازی معماری‌های عامل‌محور و سامانه‌های خودمختار، به‌ویژه در سطح پروژه‌های سازمانی پیچیده، هنوز محدود است. این وضعیت، شکافی میان «دانش نظری و مهارت در حوزه‌های پایه‌ای» و «تجربه مهندسی سامانه‌های عامل‌محور» ایجاد کرده است.

۸-۲ بازار و الگوهای پذیرش

بر اساس تحلیل‌های موجود درباره پذیرش فناوری هوش مصنوعی در کسب‌وکارهای ایران، کاربردهای فعلی عمدتاً حول اتوماسیون ساده، چت‌بات‌های خدمات مشتری و تحلیل داده متمرکز است و به‌کارگیری عامل‌های چندمرحله‌ای خودمختار در مقیاس وسیع هنوز دیده نمی‌شود. در میان کاربران نهایی نیز آشنایی بیشتر با ربات‌های پیام‌رسان و دستیارهای ساده است تا عامل‌های هوشمندی که خودشان فرایند را از ابتدا تا انتها مدیریت کنند.

این وضعیت باعث می‌شود که در افق کوتاه‌مدت، پذیرش عامل‌های هوشمند پیشرفته عمدتاً در محیط‌های سازمانی و در قالب راهکارهای B2B محتاطانه اتفاق بیفتد و ورود به بازار مصرف‌کننده

---

۸۸. بر اساس گفته‌های دبیر ستاد توسعه فناوری‌های هوش مصنوعی و رباتیک معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان ریاست‌جمهوری

۸۹. https://virgool.io/megachat-tech?page=۲

۹۰. https://peivast.com/p/۲۱۶۲۶۶

نهایی با تأخیر و پس از تثبیت موفقیت در حوزه‌های سازمانی صورت گیرد. سناریوهای رشد بازار داخلی، از این منظر، از سناریوهای محافظه‌کارانه (محدود به اتوماسیون و ابزارهای سازمانی) تا سناریوهای میانی (ظهور عامل‌های نیمه‌خودمختار در برخی فرایندها) قابل‌تصور است؛ تحقق سناریوهای شتاب‌یافته، مشروط به شکل‌گیری پلتفرم‌های بومی یکپارچه و کاهش هم‌زمان موانع زیرساختی و مقرراتی است.[۹۱]

۸-۳ چالش‌های قانونی و مقرراتی

یکی از مهم‌ترین موانع فراگیری عامل‌های هوشمند در ایران، نبود چارچوب‌های شفاف حقوقی و مقرراتی است. در حوزه حاکمیت داده و حریم خصوصی، قواعد مشخصی برای نحوه جمع‌آوری، پردازش و استفاده از داده‌های کاربران در تعاملات عامل‌محور وجود ندارد. این ابهام، ریسک حقوقی قابل‌توجهی برای توسعه‌دهندگان و کاربران سازمانی ایجاد می‌کند.

بحث مسئولیت نیز از چالش‌های بنیادین به شمار می‌آید. در شرایطی که یک عامل هوشمند به طور خودمختار تصمیم‌گیری و کنش می‌کند، تعیین مسئولیت حقوقی خطاها یا پیامدهای ناخواسته هنوز در نظام حقوقی ایران تبیین نشده است. افزون بر این، فقدان نهادهای مستقل برای ارزیابی، تأیید و استانداردسازی عامل‌های هوشمند، اعتماد سازمان‌ها را کاهش داده و پذیرش گسترده را با مانع مواجه می‌کند.

۸-۴ فرصت‌ها و مسیرهای اجرایی

باوجود محدودیت‌ها، اکوسیستم ایران از فرصت‌هایی برخوردار است که در صورت مدیریت هوشمندانه می‌توانند زمینه‌ساز توسعه عامل‌های هوشمند بومی شوند.

تمرکز بر زبان فارسی و داده‌های بومی، این امکان را می‌دهد که عامل‌های هوشمند در حوزه‌هایی که حساس به زبان و زمینه فرهنگی‌اند (مانند خدمات عمومی، آموزش، حقوقی و کسب‌وکارهای محلی) مزیت نسبی داشته باشند. پروژه‌های ملی در حوزه زیرساخت و مدل‌های بومی، در صورت

---

۹۱. گزارش اتاق بازرگانی ایران، «پذیرش فناوری هوش مصنوعی در کسب‌وکارها»، قابل مشاهده در اینجا

تداوم، می‌توانند هزینه ورود برای استارتاپ‌ها و شرکت‌های کوچک‌تر را کاهش داده و اکوسیستم متنوع‌تری از ارائه‌دهندگان عامل‌های نیمه‌خودمختار ایجاد کنند. همکاری ساختاریافته میان دانشگاه‌ها، مراکز پژوهشی، شرکت‌های فناوری و نهادهای حاکمیتی می‌تواند هم به انتقال دانش معماری‌های عامل‌محور به محیط صنعتی کمک کند و هم بستر آزمایش و ارزیابی در مقیاس محدود را فراهم آورد.

در صورت حرکت هم‌زمان در این سه محور (زیرساخت و داده، مهارت و همکاری، حکمرانی و اعتماد)، می‌توان انتظار داشت که در یک افق پنج یا ده‌ساله، ایران به سطحی متوسط از کاربردهای سازمانی عامل‌های هوشمند در مقایسه با استانداردهای جهانی دست یابد، هرچند رسیدن به سطح پیشرو نیازمند اصلاحات و سرمایه‌گذاری‌های عمیق‌تر است.

۹. پیشنهاد تنظیم‌گری در حوزه عامل هوشمند

گسترش شتابان فناوری هوش مصنوعی و گذار از مدل‌های زبانی ایستا به سمت عامل‌های هوشمند با قابلیت تصمیم‌گیری و کنش مستقل، ضرورت بازنگری در ابزارهای حکمرانی دیجیتال را دوچندان کرده است. عامل‌های هوشمند به دلیل ماهیت خودمختار و توانایی تعامل مستقیم با زیرساخت‌ها و داده‌های حساس، ریسک‌ها و فرصت‌های جدیدی را پدید آورده‌اند که با چارچوب‌های سنتی تنظیم‌گری قابل‌مدیریت نیستند. ازاین‌رو، تدوین یک سیاست تنظیم‌گری جامع که بتواند توازنی پویا میان «تسهیل نوآوری بومی» و «مدیریت مخاطرات امنیتی و حقوقی» برقرار کند، به یکی از اولویت‌های راهبردی کشور در حوزه هوش مصنوعی تبدیل شده است.

پیشنهاد تنظیم‌گرانه ذیل، با هدف ایجاد یک زیست‌بوم امن، رقابتی و شفاف، نقشه راهی گام‌به‌گام برای نظارت بر فعالیت عامل‌های هوشمند ارائه می‌دهد. این چارچوب بر پایه چهار رکن اساسی استوار است: استانداردسازی فنی با اساس‌های مورد پذیرش بنچمارک‌های بین‌المللی، حکمرانی داده با اولویت صیانت از حقوق کاربران، نظارت مرحله‌ای متناسب با سطح بلوغ فناوری و استقرار نظام مسئولیت مدنی برای جبران خسارات احتمالی. در ادامه، جزئیات این طرح در قالب محورهای

اصلی، اهداف کلیدی و مراحل اجرایی کوتاه‌مدت تا بلندمدت تبیین می‌گردد.

۹-۱ ضرورت و اهمیت تنظیم‌گری در شرایط فعلی

باتوجه‌به تحول جهانی در حوزه عامل‌های هوشمند، مشخص است که این فناوری از یک ابزار کمکی ساده به کنشگرهای مستقل و سازمان‌یافته تبدیل شده است. در ایران، باوجود تلاش‌های محدود در توسعه دستیارها و معماری‌های نیمه عاملیت‌محور، هنوز فاصله معناداری با پیشروان جهانی وجود دارد. در این شرایط، تنظیم‌گری نه‌تنها اهمیت دارد، بلکه به یک ابزار ضروری برای مدیریت ریسک و تضمین بهره‌برداری ایمن از این فناوری بدل شده است. عدم وجود چارچوب روشن ممکن است منجر به سه اتفاق ذیل شود که عبارت‌اند از: پیاده‌سازی سیستم‌های ناکارآمد یا پرخطر، سوءاستفاده از داده‌ها یا اختلال در خدمات حیاتی و کاهش اعتماد سازمان‌ها و کاربران؛ بنابراین، تنظیم‌گری مرحله‌ای و متناسب با ظرفیت‌های موجود، می‌تواند رشد فناوری، نوآوری و اعتماد عمومی را هم‌زمان تضمین کند.

۹-۲ اهداف کلیدی تنظیم‌گری

تنظیم‌گری پیشنهادی باید هم‌زمان اهداف زیر را دنبال کند:

۹-۲-۱ ایجاد اعتماد و امنیت

- تعریف معیارهای شفاف برای عملکرد، قابلیت اعتماد و امنیت عامل‌ها.
- جلوگیری از اقدامات خودمختار سیستم‌ها که می‌تواند کاربران یا سازمان‌ها را در معرض خطر قرار دهد.

۹-۲-۲ تسهیل نوآوری و توسعه بومی

- ایجاد سازوکار حمایتی برای تیم‌های داخلی و استارتاپ‌ها، بدون محدودیت برای نمونه‌های مشابه خارجی.

- حمایت از توسعه مدل‌های بومی و مجموعه‌داده‌های داخلی بدون محدودیت‌های غیرضروری.

۹-۲-۳ حفظ دسترسی و تعامل آزاد کاربران

- تضمین دسترسی ایمن به خدمات و داده‌ها بدون ایجاد محدودیت‌های غیرضروری.

- تسهیل استفاده مشروع قانونی و متناسب با نیازهای سازمانی و شخصی کاربران.

۹-۲-۴ هماهنگی میان نهادها

- ایجاد پلی میان بخش خصوصی، دانشگاه و نهادهای حاکمیتی برای انتقال دانش و تجربه فنی، با شفافیت کامل برای کیفیت، منظور و هدف از انتقالات مذکور.

۹-۳ محورهای اصلی تنظیم‌گری

باتوجه‌به وضعیت ایران و تجربیات جهانی، تنظیم‌گری عامل‌های هوشمند می‌تواند بر سه محور کلیدی متمرکز شود:

۹-۳-۱ استانداردسازی و شفافیت فنی

- تعریف معیارهای عملکرد، دقت، و پاسخ‌گویی سیستم‌ها، به‌نحوی‌که تعاریف
- منطبق بر وضعیت فعلی و درعین‌حال منطبق بر تعاریف مقبول بین‌المللی باشد؛

- الزامات امنیتی برای جلوگیری از دسترسی غیرمجاز و استفاده نادرست از داده‌ها ایجاد شود، بدون آن که امنیت کسب‌وکارها و مشاغل مختلف به هر نحوی

مورد خدشه وارد شود و اعتماد را نسبت به حاکمیت تضعیف کند؛

ارزیابی مستمر عامل‌ها پیش از استفاده سازمانی و ارائه گواهی اعتبارسنجی.

- تدوین پروتکل‌هایی برای تست رفتار سیستم‌ها در شرایط مختلف، به ویژه در مواجهه با داده‌های حساس یا کاربران متعدد، به‌نحوی‌که امنیت و اعتماد کاربر تحت هیچ شرایطی مخدوش نشود.

۹-۳-۲ حاکمیت داده و مدیریت تعامل با زیرساخت‌ها

- تعریف دستورالعمل‌های دسترسی و تبادل داده‌ها بین عامل‌ها و پایگاه‌های داده داخلی و خارجی.

- تضمین امنیت، حریم شخصی و محافظت از اطلاعات کاربران در تمامی مراحل پردازش، با کمترین میزان نظارت و دخالت به هر نحو، حتی در موارد امنیت ملی. در صورت وجود هرگونه استثنا، بایستی اولاً توجه داشت که به معنای دقیق کلمه، وجود استثنا باید استثنایی باشد، مضیق باشد و در قانون کاملاً منجز باشد؛

- ارائه راهکارهای حفظ انسجام خدمات و جلوگیری از اختلالات ناشی از خطا یا رفتار غیرقابل‌پیش‌بینی عامل‌ها.

- ایجاد چارچوبی برای ارزیابی تأثیرات اجتماعی و اقتصادی عامل‌ها و پیشگیری از پیامدهای ناخواسته؛

- ایجاد چارچوب نظام جبران خسارات، چه دولتی و چه غیردولتی.

۹-۳-۳ نظارت مرحله‌ای و توسعه هماهنگ بومی

- طراحی مراحل نظارت متناسب با بلوغ فناوری: سیستم‌های اولیه در سطح ساده‌تر، سیستم‌های پیچیده‌تر با ارزیابی دقیق‌تر و مداوم، باتوجه‌به حفظ کیفیت ارائه خدمات و نیز حفظ اعتماد؛

- حمایت از استارتاپ‌ها و پروژه‌های دانشگاهی از طریق آموزش، تسهیل دسترسی به منابع محاسباتی و مشاوره فنی؛

- ایجاد پلتفرم‌های اشتراک تجربه و هماهنگی میان بخش‌های مختلف برای ارتقای ظرفیت‌های داخلی؛

- مراکز حل اختلاف و نیز توجه به جبران خسارات وارده به اشخاص خصوصی؛

- ایجاد انواع تبعیض‌های مثبت به نفع فعالان داخلی و تشویق ایشان به سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مذکور.

۹-۴ مسیر مرحله‌ای پیاده‌سازی تنظیم‌گری

با هدف جلوگیری از ایجاد مانع برای نوآوری و هم‌زمان افزایش اعتماد و امنیت، تنظیم‌گری باید به‌صورت مرحله‌ای و تدریجی اجرا شود:

۹-۴-۱ مرحله کوتاه‌مدت (۰ تا ۲ سال)

- تدوین معیارهای فنی پایه برای عامل‌های ساده و نیمه‌عاملی.

- ایجاد دستورالعمل‌های امنیت داده و الزامات حداقلی عملکرد سیستم‌ها
- باتوجه‌به اعتمادافزایی و به‌رسمیت‌شناختن ریسک‌های موجود؛

- آغاز آموزش و توانمندسازی تیم‌های داخلی برای انطباق با استانداردهای پایه.

۹-۴-۲ مرحله میان‌مدت (۲ تا ۵ سال)

- توسعه سازوکارهای اعتبارسنجی برای عامل‌های پیچیده و سازمانی.
- اجرای آزمایشی تنظیم‌گری روی پروژه‌های منتخب با تعامل سازمان‌ها و نهادهای تحقیقاتی باتوجه‌به اصول حفظ حقوق کاربران و عاملان واسطه و تولیدکنندگان.
- تدوین دستورالعمل‌های دقیق برای تعامل با پایگاه‌های داده و ابزارهای خارجی، بدون ایجاد محدودیت بیش از حد برای بهره‌برداری مشروع.

۹-۴-۳ مرحله بلندمدت (۵ تا ۱۰ سال)

- راه‌اندازی مرکز ملی ارزیابی و پایش عامل‌های هوشمند، با هدف تضمین کیفیت، هماهنگی میان بخش‌ها و توسعه ظرفیت‌های بومی.
- ایجاد چارچوب قابل به‌روزرسانی برای انطباق با فناوری‌های نوظهور و تغییرات بازار جهانی.
- گسترش همکاری‌ها و هم‌افزایی با بازیگران بین‌المللی در قالب محدودیت‌های مشخص و کنترل‌شده برای حفظ استقلال و امنیت ملی.

۹-۵ اولویت‌های سیاستی

۱. تمرکز بر ایجاد چارچوب انعطاف‌پذیر و تطبیق‌پذیر که قابلیت رشد با فناوری‌های نوظهور را داشته باشد.
۲. تسهیل همکاری میان بخش خصوصی و دانشگاه برای توسعه بومی ابزارها و دانش فنی.
۳. تضمین شفافیت در معیارهای ارزیابی و گزارش‌دهی برای افزایش اعتماد کاربران و سازمان‌ها.
۴. طراحی مقررات قابل به‌روزرسانی که امکان تغییر سریع در مواجهه با نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید

را فراهم کند، با درنظرگرفتن خواسته‌های عامه مردم به‌عنوان نصب العین، هرچه که باشد، چراکه تضمین اجرای مقررات وابستگی ناشکستنی با مقبولیت مقرره در عامه ملت دارد.

۵. اقناع‌سازی عمومی و ایجاد بانک آماری نسبت به مقررات و به‌روزرسانی مداوم در جهت نگهداشت رضایت عمومی در حداکثر ممکن به‌منظور حسن اجرای مقررات.

۶. توجه ویژه به حق دسترسی کاربران به اینترنت و خدمات دیجیتال به‌مثابه یک حق بشری، بدون ایجاد محدودیت‌های غیرضروری.

۷. تأمین امنیت روانی کاربران و کسب‌وکارها در زمان محدودیت در دسترسی به اینترنت یا اختلالات منجر به محدودیت/قطعی دسترسی کاربران. بدین توضیح که در صورت وجود محدودیت به دلیل مسائل امنیتی، تمام مصادیق آن منجز و مشخص شده، در قانون مرتبطی تصویب شوند و حاکمیت به‌منظور حفظ امنیت و آسایش روانی کاربران، پیش از اعمال محدودیت‌ها، نسبت به اعمال آنها اطلاع‌رسانی کند و در صورت وجود محدودیت به لحاظ مسائل فنی، نهادهای مرتبط موظف شوند به‌صورت شفاف و فوری نسبت به رفع آن اقدام، تمام مراحل را اطلاع‌رسانی و نیز نسبت به حسن اجرای آن، نهاد ناظری مشخص کنند.

۸. ایجاد سازوکار جبران خسارات وارده به کسب‌وکارها و اشخاص حقیقی و حقوقی در نتیجه اختلال در عمل به هرکدام از مقررات ذیل از سوی نهاد دارای مسئولیت یا در نتیجه وجود تسبیب مستقیم میان مسائل مطروح در بند پیش با اختلالات ایجاد شده.

۹-۶ اصول کلی ضروری برای موفقیت تنظیم‌گری

حفظ توازن میان نوآوری و امنیت: هم‌زمان با حمایت از رشد فناوری، از بروز ریسک‌های سازمانی و امنیتی جلوگیری شود. نوآوری و امنیت بایستی به‌عنوان دو بال پرنده پیشرفت نگریسته شوند و از ترجیح یکی بر دیگری در تنظیم‌گری اجتناب اکید شود.

تشویق به توسعه مدل‌های بومی: با هدف کاهش وابستگی به زیرساخت‌های خارجی و ارتقای خودکفایی فناورانه، محورهای رقابتی برای مدل‌های هوشمند داخلی ایجاد شود، مشروط به دو

شرط: اول، لحاظ واقعیات تکنولوژی‌محور کشور و عدم ایجاد بار مالی بیهوده برای پیشرفت‌هایی که از پیش، نیک می‌دانیم امکان اعمال ندارند؛ دوم، ایجاد زمینه‌های لازم برای رشد مدل‌های خصوصی و داخلی، ایجاد ممنوعیت در ورود سرمایه دولتی (به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم) و ایجاد مشوق‌ها و تبعیض‌های مثبت برای مدل‌های داخلی، در عین التزام به آزادی گردش اطلاعات و عدم ایجاد نفرت یا منع نسبت به نمونه‌های خارجی و تشویق رقابت آزاد به‌منظور حفظ کیفیت مدل‌های داخلی.

پایش و بازنگری دوره‌ای: به‌منظور تطبیق تنظیم‌گری با تغییرات سریع بازار و فناوری، بایستی مقررات به‌صورت دوره‌ای و منطبق با نیازهای جامعه و کسب‌وکارها قابلیت تغییر داشته‌اند. در این حوزه می‌توان به تصویب اصول کلی و الزام برخی نهادها به ایجاد مقررات در قالب آیین‌نامه‌ها، به‌شرط وجود نهاد ناظر و التزام به اصول کلی، با پذیرش صلاحیت نهادی؛ مانند دیوان عدالت اداری به جهت ایجاد قابلیت نظارت همگانی و امکان ابطال مقررات مغایر با اصول کلی مصوب.

افزایش آگاهی عمومی و سازمانی: آموزش کاربران و مدیران درباره ظرفیت‌ها و محدودیت‌های عامل‌های هوشمند و الزام نهادهای دولتی به استفاده متناسب از این عامل‌ها، باوجود نظارت به حسن استفاده و ایجاد نقطه جهش در روند امور جاری ادارات و نهادهای دولتی، با اعطای اولویت به آن دسته از نهادها و اداراتی که مستقیماً با مراجعین در ارتباط هستند.

فرجام سخن

تحلیل و مداقه در زوایای پنهان و آشکار فناوری‌های نوظهور، ما را به این حقیقت رهنمون می‌سازد که جهان در آستانه گریزی ناگزیر از عصر ابزارهای بی‌اراده به‌سوی دوران کنشگران مستقل قرار گرفته است. عامل‌های هوشمند، دیگر ورای پدیده‌ای فناورانه، گسستی چارچوبی در تاریخ رابطه انسان و ماشین به شمار می‌روند. اگر در دهه‌های گذشته، هوش مصنوعی را به‌مثابه آینه‌ای می‌پنداشتیم که تنها بازتاب‌دهنده فرامین مستقیم انسانی بود، امروز با واقعیتی روبرو هستیم که در آن، این آینه خود واجد قدرت تصمیم، برنامه‌ریزی و اقدام گشته است. این تحول بنیادین، ضرورت بازنگری در ساختارهای پیشین حکمرانی، اقتصاد و امثالهم را به امری حیاتی و گریزناپذیر بدل نموده است.

در پهنه گیتی، رقابت میان قدرت‌های بزرگ تکنولوژیک، از ایالات متحده تا شرق آسیا، نشان‌دهنده آن است که سیادت آینده در گرو تسلط بر معماری‌های عاملیت‌محور خواهد بود. تصاحب استارتاپ‌های پیشرو و سرمایه‌گذاری‌های میلیاردی در زیرساخت‌های پردازشی، حکایت از آن دارد که عامل هوشمند به رکنی رکین در اقتصاد دیجیتال مبدل گشته است. با این‌حال، این مسیر پرشتاب، تهی از مخاطرات نیست. عدم قطعیت در رفتار سیستم‌های خودمختار و پیچیدگی‌های اخلاقی و حقوقی ناشی از اقدامات ناخواسته آن‌ها، همواره سایه‌ای از تردید بر پیکره این پیشرفت‌ها افکنده است. از این‌رو، تنظیم‌گری هوشمندانه، نه به‌مثابه سدی در برابر نوآوری، بلکه به‌عنوان پیش‌شرطی برای بقا و استقرار امنیت در فضای دیجیتال جلوه‌گر می‌شود.

وضعیت کنونی اکوسیستم هوش مصنوعی در ایران، اگرچه حاکی از تلاش‌هایی در جهت بومی‌سازی مدل‌ها و ایجاد زیرساخت‌های داده‌ای است، اما همچنان با آرمان‌شهر مورد تصوری که در آن عامل‌های هوشمند به‌صورت یکپارچه در ساختار سازمانی و اجتماعی ایفای نقش کنند، فاصله‌ای معنادار دارد. شکاف‌های زیرساختی و کمبود منابع پردازشی در مقیاس صنعتی، در کنار ابهامات موجود در مبانی مقرراتی مانند قواعد حقوقی مسئولیت مدنی در حوزه کاربست هوش

مصنوعی و عامل‌های هوشمند، توسعه این فناوری را در داخل کشور با چالش‌هایی عدیده مواجه ساخته است. عبور از این تنگناها، نیازمند عزمی جزم در جهت پیوند میان دانش فنی دانشگاهی و تجربه‌های عملیاتی بخش خصوصی است تا بتوان از مرحله دستیارهای ساده به عصر عامل‌های هوشمند بومی پای گذاشت و حتی شاید پا را فراتر نهاد. الزام به واقع‌نگری و پذیرش ضعف یا عقب‌ماندگی در تولید سخت‌افزار نیز مرحله‌ای مهم جهت گذر از شروع راه‌های بی‌پایان و بعضاً پرهزینه است که الزاماً حصول نتیجه در برنخواهد داشت و ضعف موجود را تشدید خواهد کرد.

مسئله حائز اهمیت دیگر آن است که بدون استقرار یک نظام تنظیم‌گرانه شفاف و منجز، بهره‌برداری از مواهب این فناوری با تهدیداتی جدی در حوزه‌های مختلف همراه خواهد بود. تنظیم‌گری در این حوزه نباید به ابزاری برای انحصار یا مانعی برای رشد استارتاپ‌ها بدل گردد؛ بلکه بایستی با رویکردی مرحله‌ای و تطبیق‌پذیر، توازنی میان صیانت از حقوق کاربران و تسهیل رقابت آزاد برقرار نماید. تأکید بر حاکمیت داده و شفافیت فنی، در کنار به‌رسمیت‌شناختن حق دسترسی به اینترنت به‌مثابه یک حق بشری و تلاش در این راستا برای احقاق حق و تضمین حقوق حقه افراد، از جمله ارکانی است که می‌تواند اعتماد عمومی را به این کنشگران جدید جلب نموده و مسیر توسعه پایدار را هموار سازد.

یکی از کلیدی‌ترین مباحثی که در این پژوهش مورد تأکید قرار گرفت، مسئله مسئولیت مدنی و نظام جبران خسارت بود. در جهانی که یک عامل هوشمند می‌تواند به‌صورت مستقل فرایندی را آغاز و به پایان برساند، انتساب خطا به انسان یا ماشین، نیازمند تبیین قواعد حقوقی نوین است. نظام قانونی ما بایستی به‌گونه‌ای بازطراحی شود که در صورت بروز اختلال یا خسارت، مرز میان قصور انسانی و خطای سیستماتیک به‌وضوح مشخص باشد. ایجاد مراکز حل اختلاف تخصصی و صندوق‌های جبران خسارت، می‌تواند امنیت روانی لازم را برای کاربران و کسب‌وکارهایی که به این فناوری اعتماد می‌کنند فراهم آورد.

علاوه بر ابعاد حقوقی، نباید از ضرورت اقناع‌سازی عمومی و افزایش آگاهی سازمانی غافل ماند. مقبولیت هر مقرره یا فناوری در گرو پذیرش عامه ملت است. آموزش مدیران و کاربران درباره مرز میان

توانمندی‌ها و محدودیت‌های عامل‌های هوشمند، مانع از شکل‌گیری انتظارات واهی یا ترس‌های بی‌پایه می‌گردد. حاکمیت موظف است با شفافیت در اطلاع‌رسانی و پرهیز از ایجاد محدودیت‌های غیرضروری، فضایی را فراهم آورد که در آن، نوآوری بومی نه در یک محیط گلخانه‌ای و دستوری، بلکه در بستر رقابتی سالم و پویا با نمونه‌های جهانی به کمال برسد.

در افق پنج تا ده سال آینده، جایگاه ایران در نقشه جهانی هوش مصنوعی، وابستگی مستقیمی به تصمیمات سیاستی امروز ما دارد. اگر بتوانیم زیرساخت‌های پردازشی را تقویت نموده و هم‌زمان با ارتقای دانش فنی، محیطی امن و قانونی برای فعالان این حوزه فراهم کنیم، دسترسی به عامل‌های هوشمند سازمانی بومی نه یک رؤیا که یک واقعیت در دسترس خواهد بود. در غیر این صورت، وابستگی فناورانه و عقب‌ماندگی در اتوماسیون هوشمند، هزینه‌های اقتصادی و حاکمیتی سنگینی را بر دوش نسل‌های آینده تحمیل خواهد کرد.

آخر الکلام، تأکیدی است بر این حقیقت که عامل هوشمند، شریکی نوین در زیست‌بوم تمدنی انسان است. مواجهه با این پدیده، مستلزم ترکیبی از هوشمندی فنی، ژرف‌نگری حقوقی و دوراندیشی سیاستی است. امید است که یافته‌های این نوشتار و پیشنهادات تنظیمی ارائه شده، بتواند گامی هرچند کوچک در جهت روشن ساختن مسیر دشوار اما ناگزیر حکمرانی هوشمند در کشور عزیزمان باشد و زمینه‌ساز شکوفایی استعدادی گردد که در پرتوی خرد و آگاهی، تعالی جامعه دیجیتال ما را تضمین نماید

وآخر دعواها أن الحمد لِلّٰه رب العالمین.

QUICK
ANSWER

دفترهای خاکستری

این دفترها برای پاسخ علمی سریع، مختصر و دقیق به مسئله‌ها و نیازهایی تهیه و تولید می شود که در حین فعالیت مرکز ملی فضای مجازی و سایر دستگاه ها پیش آمده و به بررسی دقیق و در عین حال سریع نیاز دارند.



پژوهشگاه
فضای مجازی