

Success Factors for Implementing Artificial Intelligence in the Pharmaceutical Industry: Implications for Iran's Pharmaceutical Sector

Majid Motahharynia^{1✉}, Habib Roodsaz, Asadollah Ganjali, Alireza Koushki Jahromi

1- Ph.D. Candidate of Organizational Behaviour, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Islamic Theology and Management, Imam Sadiq University Tehran, Iran.

4- Associate Professor, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Abstract:

Artificial intelligence (AI), as one of the emerging technologies, plays a pivotal role in enhancing and potentially transforming the pharmaceutical industry by empowering research and development processes, optimizing production, improving strategic decision-making, and delivering various other impacts. This study examines the success factors for implementing AI in the pharmaceutical industry and analyzes its implications for Iran's pharmaceutical sector. Using a systematic review approach and thematic analysis, the research identifies and validates these factors with the expertise of industry professionals. Initially, 2,618 articles were identified; after preliminary screening, 318 articles were selected, and a comprehensive review was conducted on 119 of them. Through thematic analysis, 2,390 basic themes and 35 organizing themes were extracted. Subsequently, based on expert opinions and factor analysis, the identified themes were consolidated into eight critical categories: infrastructure factors, organizational factors, human factors, dynamics, competitiveness, complexity, and the necessary system data. Finally, implications for implementing AI in Iran's pharmaceutical industry were formulated and proposed based on the extracted codes.

Keywords: Artificial Intelligence, Emerging Technologies, Industry 4, Pharmaceutical Industry, Success Factors.

DOI: (10.22034/jmi.2025.497413.3170)

1. ✉Corresponding author: Motahharynia.M@gmail.com

عوامل موفقیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو؛ دلالت‌هایی برای صنعت داروسازی جمهوری اسلامی ایران



دوره ۱۹ شماره ۱ (پیاپی ۶۷)

بهار ۱۴۰۴

نوع مقاله: پژوهشی (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۶) صفحات ۱۴۹ تا ۱۹۷

مجید مطهری نیا^۲
دانشجوی دکترای مدیریت دولتی، رفتار سازمانی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
حبیب رودساز
دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
اسدالله گنجعلی
دانشیار، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده معارف اسلامی و مدیریت، دانشگاه امام صادق علیه السلام، تهران، ایران.
علیرضا کوشکی جهرمی
دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

چکیده

هوش مصنوعی به عنوان یکی از فناوری‌های نو ظهور با توانمندسازی فرایندهای تحقیق و توسعه، بهینه‌سازی تولید، بهبود تصمیم‌گیری‌های کلان و تأثیرات متعدد دیگر، نقشی حیاتی در ارتقا و بلکه تحول صنعت داروسازی می‌تواند ایفا کند. این پژوهش به بررسی عوامل موفقیت در پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت داروسازی پرداخته و دلالت‌های آن برای صنعت داروسازی جمهوری اسلامی ایران را تحلیل می‌کند. تحقیق حاضر با استفاده از رویکرد مرور نظام‌مند و تحلیل مضمون انجام شده است و نتایج آن توسط خبرگان صنعت دارو مورد تأیید قرار گرفته است. در مرحله نخست، ۲۶۱۸ مقاله شناسایی و پس از غربالگری اولیه، ۳۱۸ مقاله انتخاب شد که در نهایت ۱۱۹ مقاله به طور کامل مورد بررسی قرار گرفت. فرایند کدگذاری با روش تحلیل مضمون، منجر به استخراج ۲۳۹۰ مضمون پایه و ۳۵ مضمون سازمان‌دهنده شده است. همچنین در نهایت با استفاده از تحلیل عاملی و مبتنی بر نظرات خبرگان صنعت دارو مضامین شناسایی شده به عنوان مولفه‌های مدل تأیید و منتج به ۸ دسته اصلی عوامل حیاتی زیرساخت، عوامل سازمانی، عوامل انسانی، پویایی، رقابت پذیری، پیچیدگی و داده‌های مورد نیاز سیستم شده است. در نهایت، دلالت‌هایی برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت داروسازی ایران مبتنی بر کدهای استخراج تبیین و پیشنهاد شده است.

واژگان کلیدی: هوش مصنوعی، صنعت دارو، عوامل موفقیت، صنعت ۴، فناوری‌های نو ظهور.

۱- مقدمه

برآوردها حاکی از آن است که اندازه بازار فناوری‌های نوظهور از ۳۵۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ به ۳/۲ تریلیون دلار در سال ۲۰۲۵ خواهد رسید (UNCTAD 2021). خلق و ایجاد کسب‌وکارهای مختلف جدید در این حوزه و تاثیر آن بر کسب‌وکارهای فعلی و اقتصاد کشورها بخش جدای ناپذیر این تغییر خواهد بود.

در «گزارش فناوری و نوآوری ۲۰۲۱»، اصطلاح فناوری نوظهور مترادف واژه «فناوری‌های مرز دانشی» در نظر گرفته شده است. فناوری‌های مرز دانشی، گروهی از فناوری‌های جدید هستند که از مزایای دیجیتالی شدن و ارتباطات بهره می‌برند و این مزایا آن‌ها را قادر می‌سازد که تاثیراتشان را چند برابر کنند. در این گزارش ۱۱ فناوری مورد اشاره قرار گرفته است که عبارتند از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، کلان داده‌ها، بلاکچین، 5G، پرینت سه بعدی، روباتیکس، پهبادهای، تغییر ژنتیکی، نانوتکنولوژی و فتوولتائیک خورشیدی (UNCTAD 2021).

از میان فناوری‌های نوظهور، هوش مصنوعی یکی از حوزه‌هایی که است که به طور خاص رشد قابل توجهی را تجربه خواهد کرد و تا سال ۲۰۲۵ به ۱۹۱ میلیارد دلار خواهد رسید (UNCTAD 2021). هوش مصنوعی در اصل به این ایده بر می‌گردد که می‌توان به رایانه‌ها تشخیص الگوها با کمترین یا حتی بدون مداخله انسانی را آموزش داد. این ایده‌ی ۶۰ سال پیش مک‌کارتی طی سال‌های اخیر به ایده‌ای بزرگتر مبنی بر تحلیل مخازن کلان داده‌ها با الگوریتم‌های ماشینی برای محل مسائل پیچیده که پیشتر به هوش انسانی نیاز داشت، تکامل پیدا کرده است (Hagedorn et al. 2024). به طور ساده، هوش مصنوعی بر ایجاد سیستم‌ها و ماشین‌هایی تمرکز دارد که قادرند وظایفی را انجام دهند که نیازمند هوش انسانی است (González et al. 2024).

بررسی پژوهش‌های سال‌های اخیر نیز نشان‌دهنده رشد روزافزون کاربردهای هوش مصنوعی در حوزه‌ها و صنایع مختلف است. برای مثال (Kuang, Weng, and Kuang 2026) در مقاله

*frontier technologies

خود به استفاده از هوش مصنوعی برای بهینه سازی روش مدیریت لجستیک و زنجیره تامین شرکت می‌پردازند یا (Abbas, Pereira, and Mahalakshmi 2025)؛ حاجیانی و همکاران (۱۴۰۳) به استفاده از هوش مصنوعی در مالی رفتاری پرداخته‌اند و (García Peñalvo, Llorens-Largo, and Vidal 2023) مقاله‌ای جهت تبیین تغییرات حوزه آموزش در مواجهه با پیشرفت‌های حوزه هوش مصنوعی پرداخته‌اند. مطمئناً اگر این تاثیر بر صنعت داروسازی بیشتر از سایر حوزه‌ها و صنایع نباشد، قطعاً کمتر نیست. به نحوی که براساس بررسی بر روی مقالات سال‌های اخیر یعنی ۲۰۲۱، ۲۰۲۲ و ۶ ماهه اول سال ۲۰۲۳، تعداد مقالاتی که به طور مستقیم مسئله هوش مصنوعی و کاربرد آن در صنعت داروسازی را مورد بررسی قرار می‌داد، چیزی فراتر از حد انتظار و بیش از یکصد مقاله پژوهشی در نشریات تراز اول جهان بود. این روند تا امروز یعنی اوایل سال ۲۰۲۵ ادامه داشته است.

این حجم از پژوهش در سطح دنیا ضرورت حرکت سازمان‌های ایرانی جهت حفظ رقابت‌پذیری و کسب آمادگی برای پیاده‌سازی و به‌کارگیری هوش مصنوعی را تأیید می‌کند. پژوهش جاری در پاسخ به این ضرورت و برای ایجاد آمادگی در صنعت داروی جمهوری اسلامی برای پیاده‌سازی و مواجهه با هوش مصنوعی تدوین شده است. به نظر می‌رسد اگر سازمان آمادگی لازم را کسب نکرده باشد، ریسک شکست پیاده‌سازی هوش مصنوعی و به تبع شکست سازمان در فضای رقابت افزایش خواهد یافت و بلکه، موجب هدررفت مبالغ قابل توجهی از سرمایه‌گذاری‌های سازمان نیز خواهد شد.

هدف این مقاله در وهله اول شناسایی عواملی است که موجب پیاده‌سازی موفق هوش مصنوعی شده و در وهله دوم دلالت‌های آن برای صنعت داروی کشورمان است؛ لذا می‌توان گفت به دنبال پاسخ به این سؤال هستیم که چه مؤلفه‌هایی موجب پیاده‌سازی موفق هوش مصنوعی در صنعت دارو خواهد شد و هر کدام از این عوامل چه زیرمؤلفه‌هایی دارد؟ همچنین در ادامه به این سؤال پاسخ می‌دهیم که نتایج حاصل از پژوهش چه دلالت‌هایی برای صنعت داروی جمهوری اسلامی ایران خواهد داشت.

در ادامه این مقاله به مبانی نظری و پیشینه پژوهش خواهیم پرداخت و پس از آن به تبیین روش تحقیق این پژوهش خواهیم پرداخت. مراحل به‌کارگرفته‌شده فرایند تحقیق تشریح

خواهد شد و همچنین نتایج حاصل از تحلیل مضمون مقالات و پژوهش‌های بررسی شده، و دلالت‌های آن برای صنعت دارو توضیح داده خواهد شد. در نهایت با استفاده از روش تحلیل عاملی نظرات خبرگان صنعت داروی جمهوری اسلامی ایران را در خصوص عوامل شناسایی شده، جویا شده و مؤلفه‌های اصلی تأثیرگذار بر موفقیت هوش مصنوعی را شناسایی کرده‌ایم. در انتها به نتیجه‌گیری خواهیم پرداخت.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- نقش هوش مصنوعی در صنعت دارو

صنعت مدرن داروسازی با دو ویژگی اصلی شناخته می‌شود که این دو ویژگی عبارت‌اند از هزینه‌بر بودن و طولانی بودن چرخه‌های توسعه داروهای جدید که این موارد در کنار مسائلی نظیر دغدغه‌های قیمتی بیماران، شرکت‌های بیمه و همچنین دولت‌ها معنای دوچندانی پیدا می‌کند (Kulkov 2021). برای مثال، شرکت‌های دارویی در دهه ۲۰۱۳ تا ۲۰۰۳ متوسط سالانه در حدود ۱/۱ میلیارد دلار هزینه تحقیق و توسعه کرده‌اند و ۱۳۵ دلار به صورت سالانه برای تولید ۲۵-۳۰ داروی جدید در سال هزینه شده است (سلطان‌زاده و همکاران ۱۳۹۶). از این‌رو همه شرکت‌های دارویی به دنبال فرصت‌هایی برای افزایش بهره‌وری در فرایندهای کسب‌وکارشان هستند. تأثیرات هوش مصنوعی در صنعت دارو موضوع مقالات زیادی قرار گرفته و کاربردهای متعددی نیز ذکر شده است. برای مثال (Arden et al. 2021) تأثیرات زیر را برای هوش مصنوعی بر شمرده‌اند.

۱. **بهبود کیفیت تولید:** هوش مصنوعی می‌تواند به بهینه‌سازی فرایندهای تولید کمک کند و به کاهش خطاها و افزایش کیفیت محصولات دارویی منجر شود. این امر به‌ویژه در تولید داروهای بیوتکنولوژیک که نیاز به کنترل دقیق کیفیت دارند، اهمیت دارد.

۲. **بهبود فرایندهای تضمین کیفیت:** هوش مصنوعی می‌تواند در ارتقای فرایندهای اعتبارسنجی و فرایندهای تنظیمی صنعت دارو اثرگذار باشد (رک. Higgins and Johner 2023).

۳. تحلیل داده‌های بزرگ AI: این تحلیل‌ها می‌توانند به شناسایی الگوها و روندها

کمک کنند که به تصمیم‌گیری‌های بهتری منجر می‌شود (همچنین ر.ک. Kolluri et al. 2022; Lee et al. 2022).

۴. پیش‌بینی تقاضا: با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، هوش مصنوعی می‌تواند به پیش‌بینی تقاضا برای داروها کمک کند و به‌این‌ترتیب به بهینه‌سازی موجودی و کاهش هدررفت منابع کمک کند.

۵. خودکارسازی فرایندها: این امر به کاهش نیاز به دخالت انسانی و افزایش کارایی منجر می‌شود (ر.ک. Shinde, Pawar, and Sonawane 2021)؛ همچنین خودکارسازی در فرآیند طراحی دارو نیز در (Zaslavsky, Bannigan, and Allen 2023) مورد اشاره قرار گرفته است).

۶. تحقیق و توسعه: AI می‌تواند در مراحل تحقیق و توسعه داروها به شناسایی ترکیبات جدید و پیش‌بینی اثرات آن‌ها کمک کند. این امر می‌تواند زمان و هزینه‌های مربوط به توسعه داروها را کاهش دهد (همچنین ر.ک. S. Wang et al. 2022; Floresta et al. 2022).

۷. مدیریت زنجیره تأمین: هوش مصنوعی می‌تواند به بهبود مدیریت زنجیره تأمین داروها کمک کند، از جمله بهینه‌سازی حمل‌ونقل و توزیع که به کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت خدمات منجر می‌شود (همچنین ر.ک. Dadhich and Dadhich 2023).

به‌طور کلی، صنعت داروسازی برای دو گروه از راهکارها به هوش مصنوعی نیاز دارد. گروه اول مبتنی بر سیستم‌های تحلیلی است و شامل انواع مختلفی از تحلیل و پیش‌بینی از احتمال اتفاق رویداد می‌شود. چنین سیستم‌هایی توانایی این را دارند که سناریوهایی را با استفاده از منابع موردنیاز پیشنهاد دهند و می‌توانند بهترین گزینه را برای یک شرکت پیشنهاد دهند (Kulkov 2021).

پژوهشگران معتقد هستند که کلان‌داده‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌تواند گام بعدی در توسعه صنعت داروسازی باشد. هوش مصنوعی پتانسیل تحلیل به‌موقع و سریع‌تر را در

مقایسه با سایر فناوری‌ها و همچنین تحلیل انسانی فراهم می‌آورد. به عقیده برخی پژوهشگران هوش مصنوعی در برخی حوزه‌های صنعت دارو، رشد را تسریع کرده و منجر به تغییرات عمده‌ای در این صنعت شده است (Paul et al. 2021).

همچنین گروه دوم شامل فناوری‌های تشخیصی برای گفتار، تصویر و فیلم و دیگر داده‌های غیرساختاریافته می‌شود. نرم‌افزار به کاربر اجازه می‌دهد که الگوهای مشابه موجود را بیابد، آن‌ها را برای محاسبات ریاضی به کار گیرد و پیشنهادهایی برای کاربران بدهد (Kulkov 2021).

جدول زیر به طور خلاصه میزان تأثیر تحولی آن را در شرکت‌های کوچک، متوسط و بزرگ دارویی در حوزه‌های مختلف نشان می‌دهد:

جدول ۱: نقش هوش مصنوعی در تحول فرایندهای کسب‌وکار در صنعت دارو			
فرایندهای اصلی کسب‌وکار	کوچک	متوسط	بزرگ
تحقیق و توسعه	عمده	عمده	مختصر
برنامه‌ریزی	-	موردهای خاص	موردهای خاص
تدارکات و تأمین	-	مختصر	موردهای خاص
تولید	-	مختصر	عمده
تضمین کیفیت	-	مختصر	مختصر
فروش و بازاریابی	-	-	عمده
انبار و تحویل کالا	-	-	موردهای خاص
فرایندهای پشتیبان کسب‌وکار	کوچک	متوسط	بزرگ
مدیریت داده‌ها	عمده	عمده	موردهای خاص
انطباق	مختصر	مختصر	مختصر
حقوقی	-	-	-
تحلیل و گزارش‌دهی	عمده	عمده	عمده
مالی و حسابرسی	-	-	مختصر
منابع انسانی	عمده	عمده	مختصر
مدیریت املاک	مختصر	مختصر	مختصر
خدمات فناوری اطلاعات	عمده	عمده	مختصر

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌کنیم، هوش مصنوعی می‌تواند در فرایندهای اصلی و همچنین پشتیبان در صنعت داروسازی اثرگذار باشد. گفتنی است مواردی که در جدول بالا خط تیره گذاشته شده است، به معنای عدم وجود تغییر یا تحول نیست، بلکه مواردی است که تحقیق و داده‌های مستندی درخصوص آن موجود نبوده است (Kulkov 2021).

در حال حاضر نیز به کارگیری هوش مصنوعی در اولویت شرکت‌های بزرگ داروسازی نیز قرار گرفته‌است. برای مثال شرکت فایزر کاربردهای زیر را برای این فناوری شناسایی کرده و در دستورکار خود قرار داده است:

۱. **تحلیل حجم عظیم داده‌ها:** استخراج بینش‌های جدید از ترابایت‌ها و پتابایت‌های داده تولید شده در مراحل مختلف توسعه دارو

۲. **بهبود تصمیم‌گیری برای توسعه دارو:** کمک به تشخیص سریع‌تر داروهایی که پتانسیل کافی ندارند و تخصیص مجدد منابع به گزینه‌های امیدوارکننده‌تر

۳. **پیش‌بینی درخواست‌های نظارتی:** کمک به پیش‌بینی سؤالات احتمالی نهادهای نظارتی و آماده‌سازی پاسخ‌ها از قبل، که می‌تواند هفته‌ها در فرآیند تأیید دارو صرفه‌جویی کند

۴. **تولید خودکار اسناد و مدارک:** ایجاد مستندات دقیق مورد نیاز برای مراحل مختلف توسعه، آزمایش، تولید و استفاده دارو

۵. **پردازش زبان طبیعی:** اطمینان از استفاده صحیح و یکپارچه اصطلاحات تخصصی در تمام مستندات

۶. **تحلیل محتوای خارجی:** بررسی سریع هزاران سند تولید شده خارج از شرکت برای یافتن اطلاعات مرتبط

این کاربردها با هدف نهایی دستیابی سریع‌تر به داروهای مؤثرتر برای بیماران نیازمند انجام می‌شود (Pfizer 2025).

همچنین شرکت جانسون اند جانسون در خلال شش کاربرد اصلی هوش مصنوعی در پیشبرد فعالیت‌های خود در حوزه سلامت شناسایی به موارد زیر در ارتباط با صنعت دارو اشاره کرده است:

- استفاده از هوش مصنوعی برای تحلیل مجموعه داده‌های پزشکی برای درک تغییرات بیولوژیکی و ژنتیکی که باعث بیماری می‌شوند
- کمک به کشف و بهینه‌سازی مولکول‌هایی که می‌توانند با به درمان بیماری هدف کمک کنند
- استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای یافتن مراکز تحقیقاتی بالینی با بیمارانی که می‌توانند از داروهای مورد مطالعه بهره‌مند شوند
- کمک به یافتن مکان‌ها و مؤسسات پزشکی که احتمال درمان بیمارانش مرتبط با داروهای منتخب در آن بیشتر است (Johnson&Johnson 2024)

۲-۲- پیشینه پژوهش

درخصوص هوش مصنوعی و به‌کارگیری آن در صنعت داروسازی مقالات انگشت‌شمار فارسی را می‌توان یافت که به‌غیراز دو مقاله سایر مقالات شباهت موضوعی با این مقاله نداشتند. همچنین پژوهش‌های منتشر شده به زبان انگلیسی در برگیرنده مقالات متعددی است که به حوزه هوش مصنوعی و کاربرد آن در صنعت دارو پرداخته‌اند. ما در این مقاله ۱۱۹ مقاله مرتبط با عوامل موفقیت هوش مصنوعی را شناسایی و بررسی کرده‌ایم. در میان مقالات یافت شده ۲ مقاله ارتباط نزدیک تری با این پژوهش داشتند. در جدول زیر خلاصه پژوهش‌ها با بیشترین شباهت قابل مشاهده است:

جدول ۲: خلاصه پیشینه پژوهش

ردیف	منبع	موضوع پژوهش	توضیحات و ملاحظات مهم
۱	(شهید دخت ۱۴۰۲)	بررسی چالش‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی در حوزه داروسازی و درمان افراد	* بررسی محدودیت‌ها و چالش‌های اصلی هوش مصنوعی شامل مسائل اخلاقی، حریم خصوصی داده‌ها و موانع نظارتی
۲	(کنعانی و همکاران ۱۴۰۲)	تحلیل بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران	* شناسایی خلأهای نهادی و کارکردی
۳	(Graham 2024)	تحلیل تأثیرات تکنولوژیک، سازمانی و محیطی با استفاده از چارچوب (TOE)	* بررسی عوامل محرک و بازدارنده که بر توسعه استراتژی تحول دیجیتال صنعت دارو اثر می‌گذارند * عوامل محرک شامل کارایی عملیات، رقابت پذیری، همگامی با تقاضای مشتری و تامین زنجیره پایدار است. همچنین محدودیت‌ها شامل پیچیدگی قوانین، مقاومت سازمانی، هزینه اجرایی بالا و استانداردسازی ضعیف می‌شود.
۴	(Sharma et al. 2024)	موضوع انتقال به صنعت +۴ به دنبال تبیین چالش‌ها و راهکارها برای صنعت داروسازی هندوستان	* بررسی چالش‌های انتقال به صنعت +۴، نظیر اشتغال و تغییر مشاغل جهانی، نیاز به مهارت‌های جدید در نیروی کار * بررسی موانع پذیرش صنعت +۴ شامل پیچیدگی فناوری، هزینه‌های بالای اولیه، نگرانی‌های امنیتی، کمبود نیروی متخصص است. * بررسی نقش دولت در تسهیل پذیرش تحول دیجیتال شامل وضع

ردیف	منبع	موضوع پژوهش	توضیحات و ملاحظات مهم
			قوانین مناسب حفاظت از داده‌ها و مالکیت معنوی، و تدوین سیاست‌های حمایتی، ایجاد زیرساخت‌های فناوری، پشتیبانی از مراکز پژوهشی، توسعه مهارت‌های نیروی کار، حمایت از نوآوری و تحقیقات، ترویج فرهنگ نوآوری و پذیرش فناوری، تسهیل همکاری‌های بین الملل و پشتیبانی از پروژه‌های مشترک عمومی و خصوصی

سایر مقالات فارسی یافته شده (نظیر شفیعی ۱۴۰۱؛ پنجه کوبی و فیروزی ۱۴۰۰؛ ابراهیم نژاد و همکاران ۱۴۰۲؛ پیشوا و موسوی ۱۴۰۳ و جوان ۱۴۰۳) گرچه درباره هوش مصنوعی و صنعت داروسازی هستند، لکن تناسب و ارتباطی با نقطه تمرکز این مقاله یعنی عوامل موفقیت هوش مصنوعی در صنعت دارو نداشتند. همچنین سایر مقالات انگلیسی در ادامه به شکل مفصل مورد کدگذاری و تحلیل قرار گرفته‌اند.

۳- روش‌شناسی

به‌منظور طراحی و پیاده‌سازی این پژوهش، پس از بررسی روش‌های متعدد موجود در حوزه تحلیل سیستماتیک روش (Sauer and Seuring 2023) انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. این روش شامل ۶ گام اصلی و ۱۴ تصمیم است. گام اول شامل تعریف سوال پژوهش، رویکرد کلی پژوهش و همین‌طور روش کدگذاری است. این پژوهش که هدفی کاربردی را در مقابل خود ترسیم کرده است، با رویکردی استقرایی (تصمیم ۲) و با استفاده از روش تحلیل داده تحلیل مضمون (تصمیم ۳) قصد دارد الگوی عوامل موفقیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی

در صنعت دارو را شناسایی کند و دلالت‌های آن برای صنعت داروی کشور را پیشنهاد دهد (تصمیم ۱).

در **گام دوم و سوم** این روش ویژگی‌های اصلی مطالعات تعیین می‌گردد، کلیدواژه‌ها انتخاب و پایگاه‌های داده منتخب تعیین می‌گردند. این عوامل معیارهای شمول و عدم شمول را در بر می‌گیرد و مشخص می‌کند که ما چه منابعی را مورد مرور سیستماتیک قرار داده و چه منابعی را هدف قرار نخواهیم داد. در این پژوهش ما به دنبال مقالات به روزی هستیم که به‌صورت مستقیم به عوامل و مؤلفه‌هایی که موجب موفقیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی شود، اشاره کرده باشند. در این جستجو در صورت اشاره به عوامل محدودکننده موفقیت، به‌عنوان مفهوم مخالف نیز به آن موارد توجه شده است (تصمیم ۴). پایگاه‌های داده ScienceDirect، Sage و Springer را به‌عنوان پایگاه‌های داده مهم (تصمیم ۵) با کلید واژه‌های Artificial intelligence، AI، به همراه Success Factor، Critical Success Factor، Key Success Factor مورد جستجو قرار دادیم (تصمیم ۶). بازه زمانی محدود نشده و داده‌های تمام سال‌های این پایگاه‌های داده مورد جستجو قرار گرفته است.

گام چهارم شامل انتخاب مبانی نظری مرتبط است. به این منظور ما سه مرحله مقالات مستخرج از پایگاه‌های داده را غربال کرده‌ایم. در مرحله اول، عناوین مقالات مطالعه شده و مقالات غیرمرتبط کنار گذاشته شده است. در مرحله دوم چکیده مقالات بررسی شده و موارد مرتبط جداسازی شده است. همچنین در نهایت، بدنه اصلی مقالات مورد مرور سریع قرار گرفته و مقالات نهایی منتخب برگزیده شده است (تصمیم ۷). نمودار زیر نشان دهنده تعداد مقالات باقیمانده در هر مرحله است:

نمودار ۱: روند پیاده‌سازی تحلیل نظام‌مند در انتخاب مقالات منتخب جهت کدگذاری



گام پنجم شامل ترکیب یافته‌ها جهت ایجاد مدل جدید است. در این مرحله ما تمامی مقالات منتخب که شامل ۱۱۹ مقاله بود را مطالعه کردیم و با روش تحلیل مضمون به‌عنوان روش منتخب برای تحلیل داده، کدگذاری کردیم (تصمیم ۸) و در قالب مضامین پایه، ساختاریافته دسته‌بندی کردیم (تصمیم ۹). در ادامه پرسش‌نامه‌ای شامل مضامین ساختاریافته ایجاد و با اخذ نظرات خبرگان صنعت دارو، با روش تحلیل داده عاملی اکتشافی نتایج را تحلیل کردیم (تصمیم ۱۰) و علاوه بر تأیید مضامین، با رویکرد کاهش عوامل، مضامین ساختاریافته را دسته‌بندی کردیم. در تحلیل مضمون صورت گرفته در یک سوم پایانی مقالات مطالعه‌شده، به اشباع رسیدیم که به معنای کفایت داده‌های موردبررسی است. همچنین آزمون‌های بارتلت و KMO که در ادامه تحلیل به آن اشاره شده است، حکایت از کفایت تعداد خبرگان منتخب در تحلیل عاملی دارد و همچنین باتوجه به بارهای عاملی و همچنین آمار توصیفی پاسخ‌ها در تأیید عوامل شناسایی شده، می‌توان از اعتبار پژوهش اطمینان حاصل کرد. همچنین در کنار روایی سازه، شامل روابط قابل توجیه شناسایی شده

در تحلیل عاملی، و قابل توجه بودن آن باتوجهبه مبانی نظری می‌توان از روایی آن حصول اطمینان کرد (تصمیم ۱۱).

در **گام ششم** یا گزارش‌دهی نتایج، تصمیم ۱۲ یعنی ساختار مقاله در بخش مقدمه، و تصمیم ۱۳ شامل مدل نهایی و سهم آن در مبانی نظری در بخش یافته‌ها و در قسمت نتیجه‌گیری مورد توجه قرار گرفته است. همچنین باتوجهبه موضوع تحقیق و مورد مطالعه نشریه «بهبود مدیریت» به‌عنوان تصمیم ۱۴ جهت انتشار پژوهش انتخاب گردید.

۴- یافته‌ها

همان‌طور که گفته شد پس از شناسایی مبانی نظری مرتبط که شامل ۱۱۹ مقاله بود و به دست آوردن این مقالات با روش تحلیل مضمون به کدگذاری مقالات پرداختیم. در ادامه به‌طور خلاصه مضامین سازمان‌دهنده شناسایی شده و مضامین پایه زیرمجموعه هر کدام به صورتی تفصیلی توضیح داده شده است. ممکن است یک زیرمؤلفه در مقالات متعددی مورد اشاره قرار گرفته باشد، لکن باتوجه به محدودیت‌ها صرفاً برخی مقالات مورد اشاره قرار گرفته است:

۴-۱- ساختار سازمانی

رویکردهای استراتژیک برای کامل شدن نیاز به ساختارهای سازمانی درستی دارند (Plattfauf et al. 2022) و صنعت دارو نیز از این امر مستثنی نیست. ساختار سازمانی غیرمنعطف می‌تواند چالش‌های جدی در زمان نیاز به چابکی و انعطاف برای شرکت دارویی پیش آورد (Leso, Cortimiglia, and Ghezzi 2023). با تغییر فرایندها بواسطه به کارگیری هوش مصنوعی، ساختار سازمانی نیز نیازمند تغییر خواهد بود (Merhi 2023) در فرآیند به کارگیری هوش مصنوعی ممکن است نیاز به ایجاد واحدهای جدیدی نظیر مرکز تحلیل داده‌های بالینی باشد یا استفاده از برخی انواع خاص ساختار سازمانی نظیر ساختارهای ماتریسی و تیم‌های پروژه‌محور، به همکاری بهتر بین متخصصان حوزه‌های مختلف (بیوتکنولوژی، هوش مصنوعی، علوم داده) کمک کنند.

۴-۲- فرهنگ

کشف داروهای جدید و استفاده از هوش مصنوعی در تحقیقات یا سایر فرایندها مستلزم فرهنگی متناسب با گشودگی نسبت به فناوری‌های جدید و نوآوری است. فرهنگ می‌تواند بر عملکرد و اثربخشی شرکت، رفتار و بهره‌وری کارکنان، و توانایی برای جذب، انگیزش و حفظ افراد نخبه اثرگذار باشد. فرهنگ را می‌توان ارزش‌ها، ایده‌آل‌های اجتماعی و باورهای مشترک کارکنان دانست. به‌منظور موفق و روان‌سازی پیاده‌سازی هوش داده، فهم فرهنگ‌سازمانی و تغییر مناسب آن ضروری است (Duraivelu 2022; Merhi 2021a).

۴-۳- جنس کسب‌وکار شرکت دارویی

مهم است که آیا با یک شرکت تحقیقاتی، تولیدی، پخش یا تأمین مواد اولیه یا دارو مواجه هستیم. عملیات کسب‌وکار و محصولات یا خروجی کسب‌وکار در برخی مدل‌های بلوغ صنعت ۴ مورد اشاره قرار گرفته است (Angreani, Vijaya, and Wicaksono 2020). همچنین زمینه سازمانی، اثرات کسب‌وکاری، زنجیره ارزش شرکت و هم‌منظور مدل کسب و کاری سازمان در سایر منابع مورد اشاره قرار گرفته است (برای مثال ر.ک. Westenberger, Schuler, and Schlegel 2021; Duraivelu 2022; Tijan et al. 2021).

۴-۴- استراتژی

(Tijan et al. 2021) فقدان چشم انداز، استراتژی و جهت‌گیری را به عنوان یکی از محدودیت‌های موفقیت در پیاده‌سازی تحول دیجیتال فارغ از صنعت هدف مطرح می‌کنند. سازمانی که نمی‌داند استراتژی دیجیتال خود را به کدام سو باید سوق دهد، موفقیتش اطمینان بخش نخواهد بود. وجود یک چشم انداز مشترک قوی موردتفاهم در کل سازمان به عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت بر شمرده شده است. به طور کلی، استراتژی یکی از پرتکرارترین عوامل در مقالات و مدل‌های مختلف محسوب می‌شود (برای مثال ر.ک. Govindan and Arampatzis 2023; Pinto et al. 2023; Kayikci et al. 2022).

۴-۵- منابع مالی

همان‌طور که در ابتدای مقاله اشاره شد از مهم‌ترین ویژگی‌های صنعت داروسازی مدرن، هزینه‌بر بودن و طولانی‌بودن فرایندهای تحقیق و توسعه دارو است؛ لذا هزینه‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در چنین صنعتی اهمیت مضاعف می‌یابد. در مدلی که (Simetinger and Basl 2022) جهت ارزیابی بلوغ صنعت ۴ طراحی کرده‌اند، سرمایه‌گذاری و اقتصاد یکی از موارد مطرح شده است. مدیریت اقتصادی صحیح طرح و همین‌طور سرمایه‌گذاری مرتبط یکی از لوازم اصلی این مهم است و در برخی مقالات این هزینه‌های بالا به عنوان یکی از چالش‌های مرتبط با هوش مصنوعی مطرح شده است (Abioye et al. 2021a).

۴-۶- منابع نامشهود

این منابع نامشهود شامل دانش چگونگی انجام کار، مالکیت معنوی و ثبت اختراعات دارویی یا فرایندی، اطلاعات مرتبط با محصولات و تولیدات دارویی است (R. Wang et al. 2023a)؛ انطباق هوش مصنوعی با قوانین و مقررات مربوط به مالکیت معنوی تحقیقات دارویی یا ثبت کشف‌های دارویی صورت‌گرفته بوسیله هوش مصنوعی می‌تواند از مصادیق برخی مسائل جدید این حوزه باشد.

۴-۷- فرایندهای سازمان

سازماندهی فرایندها و شیوه‌های انجام کار چه در سطح یک شغل (A. Verma and Venkatesan 2022)، در سطح واحد (Poulose, Bhattacharjee, and Chakravorty 2024) و همچنین در سطح سازمان (Sharma et al. 2023) مورد اشاره در منابع مختلف بوده است. به نظر می‌رسد فرایندهای مشخص با حدود و جایگاه مشخص در کنار فرایندهای منعطف و پیشرفته می‌تواند پیاده‌سازی هوش مصنوعی و تحول دیجیتال را در یک شرکت دارویی تسریع و تسهیل بخشد (Simetinger and Basl 2022).

۴-۸- آمادگی زیرساختی

این آمادگی می‌تواند از جنس زیرساخت گردآوری داده‌های حوزه سلامت و نگهداری و پردازش آن‌ها، زیرساخت لازم جهت ادغام آن‌ها با فرایندهای فعلی تولید دارو یا تجهیزات مرتبط، چابکی شرکت دارویی یا وجود معماری فناوری اطلاعات برای پیاده‌سازی فناوری اطلاعات باشد (Govindan and Arampatzis 2023).

۴-۹- مدیریت ارشد سازمان

حمایت و تعهد مدیریت ارشد شرکت دارویی در مقالات و پژوهش‌های متعددی مورد تأکید و اشاره قرار گرفته است. برای مثال (Nirmal et al. 2023) معتقدند تعهد مدیریت ارشد به طرق متعددی موجب کاهش هزینه‌های کلی و عملکرد پایدار می‌شود. مدیریت ارشد مسئول پیش‌بینی چشم‌انداز شرکت در ادامه مسیر راه است و لذا پشتیبانی مدیریت ارشد و پیش‌گامی وی انگیزه‌ای برای عموم کارکنان خواهد بود (Nimawat and Gidwani 2023).

۴-۱۰- هماهنگی داخلی سازمان

هماهنگی داخلی شامل هماهنگی واحد فناوری اطلاعات، پیاده‌کننده فناوری و سایر بخش‌های سازمان بوده و همچنین شامل فعالیت سازگار و بهنگام سایر بخش‌ها شامل تضمین کیفیت، تحقیق و توسعه دارو، بازاریابی و فروش دارو، منابع انسانی، عملیات تولید دارو و غیره بسته به اقتضات فناوری و نیازهای جدید می‌شود (Sánchez-Corcuera et al. 2019a; A. Kumar et al. 2023a).

۴-۱۱- ملاحظات اخلاقی سیستم

ملاحظات اخلاقی در پیاده‌سازی هوش مصنوعی به پایبندی به اصول اخلاقی و ارزش‌های مرتبط با توسعه، پیاده‌سازی و به‌کارگیری هوش مصنوعی بر می‌گردد. دغدغه‌های اخلاقی برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی می‌تواند به استفاده مسئولانه و منصفانه این فناوری‌ها برگردد که در صنعت دارو اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. استفاده صحیح از هوش مصنوعی در جهت تولید دارو و نه استفاده‌های نادرست در تولیدات سلاح‌های بیولوژیک، حفاظت از

داده‌های حساس مرتبط با سلامتی، حفظ داده‌های بیماران و سایر مشتریان و عدم واگذاری آن به سایر ذی‌نفعان (حفظ حریم خصوصی) از ملاحظات اخلاقی مرتبط است. همچنین باتوجه به پیچیدگی‌های قانونی و اخلاقی جوامع، سیستم هوش مصنوعی باید ارزش‌ها و قوانین و مقررات جوامع را در نظر گرفته و با آن‌ها تطابق داشته باشد (Alhosani and Alhashmi 2024; همچنین ر.ک. (Waqar et al. 2023)).

۴-۱۲- محدودیت‌های امنیتی سیستم

علی‌رغم توانایی هوش مصنوعی برای تقویت امنیت و شناسایی نفوذها، این سیستم‌ها می‌توانند هدف بالقوه‌ای برای هکرها، جرایم سایبری و نفوذ به حریم خصوصی باشند. این موضوع می‌تواند پیامدهای اقتصادی و مالی بزرگی رو برای یک شرکت دارویی داشته باشد و حتی در برخی موارد که در منابع به آن اشاره شده است، منجر به خطرات جانی جدی (Abioye et al. 2021) برای بیماران یا سایر ذی‌نفعان شود. یا حریم خصوصی افراد را به خطر بیندازد (Werth et al. 2023).

۴-۱۳- هزینه‌های مرتبط با سیستم

علی‌رغم کاهش هزینه‌های فناوری در اکثر موارد مشاهده شده، تأمین مالی هزینه‌های مستقیم و غیرمستقیم برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های نوظهور مهم‌ترین مانع در این مسیر است (Graham 2024). در شرایطی که بازار دارو با فشار کاهش حاشیه سود بواسطه قیمت‌گذاری دستوری و افزایش هزینه‌های نیروی انسانی و قیمت مواد اولیه دارو مواجه است، توجه به هزینه‌ها مهم‌تر می‌شود. برخی دیگر از شرکت‌ها نیاز به سنجش هزینه فایده کلی پیاده‌سازی این سیستم‌ها دارند (Merhi 2021b).

۴-۱۴- سازگاری با سایر اجزای سیستم‌های سازمان

سازگاری یکی از عواملی است که در منابع مختلف و متعددی درخصوص آن صحبت شده و مورد اشاره قرار گرفته است. برای مثال سازگاری در مقاله (Li and Yuen 2022)، به عنوان سازگاری استقلال سیستم با اپراتورهای انسانی و زیرساخت‌های موجود تعریف شده است.

عبارات «استفاده از ابزارها و فناوری‌های سازگار»، «عملکرد متعامل»، «تعیین سازگاری رابط» و «استفاده از فناوری‌های استاندارد» توسط نویسندگان مختلف همه را می‌توان در همین اصطلاح سازگاری و تعامل متقابل و متعامل فناوری‌ها خلاصه سازی کرد (Saihi, Ben-Daya, and As'ad 2023).

۴-۱۵- پیچیدگی فناوری

منظور از پیچیدگی آن است که فهم و استفاده از نوآوری به چه میزان دشوار است. پیچیدگی، تأثیری منفی بر به‌کارگیری و پیاده‌سازی فناوری در صنعت دارو خواهد داشت. سطح بالایی از پیچیدگی مانعی جدی در مقابل پیاده‌سازی عمل خواهد کرد (Horani et al. 2023, Graham 2024).

۴-۱۶- ارزشمندی و کارکردی بودن سیستم

یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در موفقیت پیاده‌سازی فناوری‌های نوظهور و هوش مصنوعی، ادراک و نگرش ذی‌نفعان مختلف به آن است. به‌عنوان مثال (Graham 2024) مزایای استراتژیک ادراک شده درخصوص مزایای فناوری‌های صنعت ۴ را یکی از محرک‌های اصلی بر می‌شمارد. (Solaimani and Swaak, n.d) در پژوهش خود انتظار از عملکرد سیستم به معنای میزانی که انتظار می‌رود فناوری، عملکرد را در مقابل سیستم موجود افزایش دهد، به عنوان یکی از عوامل موفقیت در پیاده‌سازی هوش مصنوعی نامبرده‌اند.

۴-۱۷- قابلیت شخصی‌سازی محصول

بر اساس بررسی (Khaksar et al. 2020)، شخصی‌سازی محصول و خدمت ۲۳ بار در مقالات متعدد به عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت مورد توجه قرار گرفته است؛ با این وجود

^۴Use of compatible tools and technologies

^۵Interoperability

^۶Specify the interface compatibility

^۷Use of standardized technologies

اهمیت و تاثیرگذاری این شاخص بسته به جنس خدمت می تواند متفاوت باشد (برای مثال ر.ک. (Wankhede and Vinodh 2021).

۴-۱۸- نوآورانه بودن

نوآورانه بودن خدمات سیستم هوش مصنوعی مورداستفاده جهت پیاده سازی در صنعت دارو یکی از عوامل مهم اثرگذار است که در مقالات مختلف مورد اشاره قرار گرفته است (برای مثال ر.ک. (Pinto et al. 2023). در این جا نوآورانه بودن جدا از معنای فرهنگ نوآوری در سازمان است که در ابعاد سازمانی و مقالات مختلف مورد توجه است (برای مثال، ر.ک. (Saihi, Ben-Daya, and As'ad 2023؛ منظور از فرهنگ نوآوری گشودگی به نوآوری و ریسک پذیری است. باتوجه به برخی مقالات نیز ظرفیت نوآوری شرکت دارویی و امکان به کارگیری نوآوری باز را به عنوان یکی از عوامل موفقیت پیاده سازی می توان در نظر گرفت (Al-Saidi and Zaidan 2024).

۴-۱۹- کیفیت داده ها

داده های متعددی در صنعت دارو تولید و گردآوری می شود که مبنای استفاده هوش مصنوعی قرار می گیرد. این داده ها اعم از داده های بیماران، بیمارستان ها، شرکت های تأمین کننده و شرکت های پخش دارو، داده های تحقیقات بالینی و غیره است. منظور از کیفیت داده ها، قابلیت استفاده از داده ها از منظر پایایی آن است. دومین عامل با بالاترین رتبه در میان عوامل کلیدی موفقیت، کیفیت داده ها و یکپارچگی آن است؛ چراکه کیفیت داده ها منجر به پایایی و محافظت از سیستم خواهد شد (A. Kumar et al. 2023). (Saihi, Ben-Daya, and As'ad 2022) کیفیت داده ها و یکپارچگی آن را شامل دقت، جامعیت، شفافیت و قابلیت استفاده از داده ها می داند.

۴-۲۰- مدیریت داده ها

(Saihi, Ben-Daya, and As'ad 2022) در مقاله خود ایجاد یک چرخه کاری چابک برای زنجیره تامین داده ها، ایجاد یک فرآیند ساختار یافته برای تصمیم گیری پیرامون اینکه چه داده ای گردآوری شود، کیفیت داده ها و یکپارچگی آن، انعطاف پذیری و مقیاس پذیری

راهکارهای گردآوری داده‌ها، زیرساخت پیشرفته برای مدیریت و تحلیل داده‌ها و ایجاد شایستگی‌های مرتبط با داده (برای مورد مطالعه این پژوهش، در کارکنان، بیماران، بیمارستان‌ها و سایر ذی‌نفعان) را به عنوان بخشی از توانمندسازهای تحول دیجیتال حوزه نگهداشت مطرح می‌کنند. در مقاله دیگری، در دسترس بودن داده‌ها نیز به عنوان یکی از عوامل مهمی موثر بر موفقیت یا شکست پروژه‌ها، بر شمرده شده است (Westenberger, Schuler, and Schlegel 2021).

(Saihi, Ben-Daya, and As'ad 2022) ایجاد چرخه کاری چابک برای زنجیره تأمین داده‌ها، فرایند ساختاریافته تصمیم‌گیری درباره گردآوری داده‌ها، کیفیت و یکپارچگی داده‌ها، انعطاف‌پذیری و مقیاس‌پذیری راهکارهای گردآوری داده‌ها، زیرساخت پیشرفته مدیریت و تحلیل داده‌ها، و توسعه شایستگی‌های مرتبط با داده در ذی‌نفعان را به عنوان توانمندسازهای تحول دیجیتال مطرح می‌کنند. همچنین، در دسترس بودن داده‌ها به عنوان عاملی کلیدی در موفقیت یا شکست پروژه‌ها شناخته شده است (Westenberger, Schuler, and Schlegel 2021).

۴-۲۱- نوع محصول

(Hein-Pensel et al. 2023) در مقاله خود نوع محصول هوش مصنوعی مورد استفاده در صنعت دارو را نیز جزو مدل خود در نظر می‌گیرند. نوع محصول هوش مصنوعی گرچه در منابع و مقالات پژوهشی متعددی مورد اشاره قرار نگرفته است، به نظر می‌رسد عامل حائز اهمیت و مهمی باشد چرا که از مهمترین عوامل رقابت پذیری محسوب می‌شود.

۴-۲۲- محدودیت‌های ناشی از نگرش‌های کارکنان

ترس کارکنان از تغییر و مقاومت در مقابل آن یکی از موارد شایع در زمان پیاده‌سازی تحولات فناورانه است که در منابع متعددی نیز مورد اشاره قرار گرفته است (برای مثال ر.ک. Merhi 2023b; Zide and Jokonya 2021; Sharma et al. 2023) همچنین ادراک کارکنان از اثربخشی فناوری نیز در برخی مقالات مورد توجه قرار گرفته است (Sohn and Kwon 2020).

۴-۲۳- شایستگی کارکنان

شایستگی فنی کارکنان یکی از عوامل مهم در موفقیت پروژه‌های هوش مصنوعی است (Duraivelu 2022). یکی از عوامل ریسک پایداری پلتفرم‌های مرتبط با اکتساب، پردازش و تحلیل داده‌های حوزه سلامت، مهارت‌های فناوری ناکافی و شایستگی متخصصین حوزه سلامت ذکر شده است (Nabukanya et al. 2023). در کنار شایستگی‌های مرتبط با حوزه شیمی و داروسازی به عنوان هسته اصلی صنعت دارو یا سایر حوزه‌های تخصصی کار، نگرش کارکنان به امکان توانمندی و اکتساب شایستگی‌های لازم مرتبط با هوش مصنوعی نیز حائز اهمیت است، در صورتی که کارکنان تصورشان این باشد که آموزش این مهارت‌ها دشوار و ناممکن است، انگیزه و تلاششان در این راستا هم کم شده و احتمال شکست پروژه افزایش می‌یابد (Jones, Hutcheson, and Camba 2021).

۴-۲۴- آموزش و ارتقای توانمندی کارکنان

آموزش و توانمندسازی در برخی از پژوهش‌ها متمرکز بر شایستگی‌های فنی (برای مثال ر.ک. Plattfaut et al. 2022; A. Kumar et al. 2023a; Nirmal et al. 2023) و برخی دیگر از مقالات نیز بر شایستگی‌های عمومی نظیر مهارت‌های حل مسئله، مهارت‌های شناختی و همین‌طور ارتباطات فردی تاکید دارند (Yilmaz et al. 2022). برخی پژوهش‌ها، هزینه‌های آموزش و توسعه در پیاده‌سازی و راه‌اندازی فناوری‌های نوظهور را نیز موردتوجه و دغدغه قرار داده اند (ر.ک. Yang et al. 2023; Nimawat and Gidwani 2023). این عامل در ۲۷ مقاله از مقالات اشاره شده بود.

۴-۲۵- نگهداشت و عجین سازی کارکنان

عدم توجه به نگهداشت و عجین سازی کارکنان آن هم در صنعت دارو که با رقابت قابل توجهی در به‌کارگیری نیروهای حوزه‌های کلیدی مواجه است، موجب چندبرابر شدن هزینه‌های شرکت دارویی می‌شود. برخی راهکارهای مورد استفاده در بسته نگهداشت و عجین سازی سازمان شامل پاداش، تسهیم سهام، پرداخت‌های انگیزشی، برنامه‌های رفاهی کارکنان است (برای مثال ر.ک. Verma and Venkatesan 2022; Sergei et al. 2023a; Saihi, Ben-Daya).

(and As'ad 2023; Poulouse, Bhattacharjee, and Chakravorty 2024; Nirmal et al. 2023). ضعف در برنامه‌های نگهداشت می‌تواند به عنوان یک محدودیت در جذب نیروی انسانی یا عامل عدم موفقیت در پیاده‌سازی هوش مصنوعی عمل کند (Alhosani and Alhashmi, 2024).

۴-۲۶- تأمین نیروی انسانی

توجه به شایستگی‌های موردنیاز صنعت دارو و به طور هم‌زمان شایستگی‌های مرتبط با هوش مصنوعی دشواری جذب و تأمین نیروی انسانی را دوچندان می‌کند. گشودگی کارکنان به فناوری‌های جدید، شایستگی‌های مرتبط با فناوری‌های مدرن اطلاعات و ارتباطات، آگاهی کارکنان غیرفناوری اطلاعات درخصوص داده‌ها یا درخصوص امنیت اطلاعات، تمایل به تمهیدات کاری منعطف، تجربه کاری چندرشته‌ای، تمایل به یادگیری مستمر در کار و دانش شایستگی‌های کارکنان از جمله ویژگی‌هایی است که درخصوص نیروی انسانی موردنیاز به آن اشاره شده است (Schumacher, Nemeth, and Sihn 2019).

۴-۲۷- تیم‌سازی مناسب و سازماندهی برای پیاده‌سازی

ساخت تیمی چندوظیفه‌ای و چندرشته‌ای با تاب‌آوری بالا ضرورت دارد تا به کمک آن بتوان چالش‌های مختلفی را که در پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو وجود دارد، حل نمود (Lim, Kim, and Maglio 2018; Varajão, Fernandes, and Amaral 2023) و دانش‌های متعدد و متنوع را به کارگرفت تا دیدگاهی گسترده‌تر به مسائل پیدا نمود (Leso, Cortimiglia, and Ghezzi 2023).

۴-۲۸- حمایت ذی‌نفعان و توجه به نیازهای آن‌ها

حمایت ذی‌نفعان شامل نهادهای نظارتی نظیر سازمان غذا و دارو، تأمین‌کنندگان مواد اولیه یا مواد مخدر، گمرک، نهادهای پولی مرتبط با تخصیص ارز، مشاوران و غیره از جمله عوامل مهم محسوب می‌شود. این حمایت در قالب‌های مختلفی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ممکن است اتفاق بیفتد، وجود مشاوره بیرون سازمانی، ابزارها و راهکارهای مختلف در بیرون از سازمان (Oldemeyer, Jede, and Teuteberg 2024)، تعامل میان نهادهای مختلف مرتبط

بیرون‌سازمانی (V. Kumar, Vrat, and Shankar 2021; R. Wang et al. 2023a; Sánchez-Corcuera et al. 2019)، اعتماد و توافق بین ذی نفعان (Nabukanya et al. 2023; Al Badi et al. 2022)، فهم نیازهای ذی نفعان و انتظارات آن‌ها (Tijan et al. 2021)، پشتیبانی ذی نفعان (Alkhazaleh, Mykoniatis, and Alahmer 2022) برخی از موارد مورد اشاره است.

۴-۲۹- آمادگی زیرساختی محیط

منظور از زیرساخت، زیرساخت سازمان نبوده و برای پیاده‌سازی مؤثر صنعت ۴ و به طور خاص هوش مصنوعی در سازمان، زیرساخت محیطی اعم از محیط شهری، کارخانه‌ای نظیر شهرک‌های صنعتی و همین‌طور مسیرهای حمل‌ونقل و غیره نیز مورداهمیت است. برخی مقالات به موارد پایه‌ای زیرساختی نظیر قطعی‌های برق و اینترنت اشاره کرده‌اند (Singh et al. 2023; Nabukanya et al. 2023)، توسعه محیطی و در دسترس بودن فناوری‌ها در محیط (Graham 2024; Li and Yuen 2022; V. Kumar, Vrat, and Shankar 2021) و همچنین زیرساخت‌های مرتبط با کسب‌وکار پلتفرم (R. Wang et al. 2023b) مورد اشاره قرار گرفته است.

۴-۳۰- قوانین و مقررات مرتبط

قوانین و مقررات در ابعاد مختلف نیروی انسانی متخصص، فناوری هوش مصنوعی، قوانین مرتبط با سازمان غذا و دارو، قوانین مرتبط با حمل‌ونقل محصولات دارویی و غیره همگی و همگی یک شرکت دارویی را احاطه کرده است و در جامه تنظیم‌گری محدودیت‌کننده یا مشوق رفتارها و اقدامات افراد، گروه‌ها و سازمان‌هاست. سیاست‌های حکمرانی و مقررات آن (Poulose, Bhattacharjee, and Chakravorty 2024)، استانداردها و قوانین و مقررات (Irani, Sharif, and Love 2001; Brunet, Malas, and Desrosiers 2021)، مسائل قانونی و قراردادی (Singh et al. 2023)، سیاست‌ها و قوانین دولتی (Horani et al. 2023; Tijan et al. 2021) به عنوان مشوق نوآوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، قوانین محیط زیستی یا امنیتی (K. D. Kumar et al. 2005)، حکمرانی دیجیتال اثربخش (Kayikci et al. 2022) و آمادگی قانون‌گذار در مواجهه با فناوری جدید (Li and Yuen 2022) برخی از عبارات متداول مورد اشاره در منابع در این خصوص هستند.

۴-۳۱- فشار رقابتی

در زمانی که شرکت‌های رقیب در صنعت داروسازی کشور یا جهان در حال استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی هستند، به‌ناچار سازمان به‌منظور حفظ مزیت رقابتی خود ناچار است که از هوش مصنوعی بهره‌برد تا از تهدید حیاتی خود جان به در برد (Yang et al. 2023). به‌نگام فشار رقبا سازمان ناچار به پیروی از روندهای بازار می‌شود (Horváth and Szabó 2019) و به اصطلاح فشارهای تقلیدی و اجباری سازمان را به سمت به کارگیری این دست از فناوری‌ها سوق می‌دهد (Filipe, Ruivo, and Oliveira 2023).

۴-۳۲- تطابق با تقاضای بازار

رمز ماندگاری سیستم‌های باز ارتباط آن‌ها با محیط بیرونی است. تطابق با نیازهای دارویی بیماران و بیمارستان‌ها و تقاضای بازار متضمن ارتباط مؤثر سیستم شرکت با محیط بیرون از سازمان و ضامن موفقیت پروژه هوش مصنوعی خواهد بود. سیستمی که منطبق با نیاز و تقاضای بازار طراحی نشده باشد و همین‌طور نتواند در مدت‌زمان کوتاهی جایگاه خود را بیابد، محکوم به شکست خواهد بود (Sergei et al. 2023b).

۴-۳۳- محیط‌زیست

در صورتی که استفاده از هوش مصنوعی موجب آسیب به محیط‌زیست شود، ممکن است تحرکات جنبش‌های حمایت از محیط‌زیست و همین‌طور قوانین و مقررات دولتی حامی محیط‌زیست از سرعت رشد آن بکاهد. در صورت بهره‌گیری مناسب از هوش مصنوعی با تأثیراتی که می‌تواند در کاهش ضایعات خطرناک و پسماندهای شیمیایی به واسطه محاسبات دقیق و پیش‌بینی‌ها داشته باشد، احتمالاً این مهم به رشد و تسریع پیاده‌سازی آن کمک خواهد کرد (برای مثال ر.ک. A. Sergei et al. 2023; Sánchez-Corcuera et al. 2019; Kumar et al. 2023; Yilmaz et al. 2022).

۴-۳۴- پویایی بازار کار و تأمین نیروی انسانی

یکی از عوامل مهم مرتبط با موفقیت در پیاده‌سازی هوش مصنوعی و فناوری‌های نوپهور پویایی بازار کار و تأمین نیروی انسانی است. در صورتی که بازار کار توانمندی پاسخ‌گویی به نیاز بازار جهت تأمین نیروی انسانی باتجربه (Westenberger, Schuler, and Schlegel 2021; Horváth and Szabó 2019)، مهارت‌دیده (Elhusseiny and Crispim 2021; V. Kumar, Vrat, and Shankar 2021)، متخصص (Elhusseiny and Crispim 2021) و استعدادهای لازم در این حوزه (Abioye et al. 2021) را نداشته باشد، کمبود متخصص مرتبط با این حوزه تخصصی (Alhosani and Kumar, Bhamu, and Sangwan 2021; Alhashmi 2024) به عنوان یکی از محدودیت‌ها عمل خواهد کرد. رقابت ناشی از این کمبود موجب افزایش هزینه‌های نیروی انسانی و کل پروژه خواهد بود که این عامل برای شرکت‌هایی که توانایی پرداخت آن را دارند، موجب کاهش حاشیه سود و برای شرکت‌هایی که قادر به پرداخت هزینه‌های بالای نیروی انسانی در رقابت را نداشته باشند، موجب منصرف شدن از انجام پروژه خواهد شد.

۴-۳۵- مواجهه با تحریم‌ها

گرچه مواجهه با تحریم‌ها به طور مستقیم یا غیرمستقیم در مقالات مورد اشاره قرار نگرفته بود، لکن در توزیع پرسش‌نامه به شرحی که در ادامه این مقاله توضیح داده خواهد شد، توسط اولین خبرگان این مسئله گوشزد شد که تحریم‌ها و محدودیت‌های ناشی از دسترسی به منابع، پایگاه‌های داده، تجهیزات، سیستم‌های ارتباطی و زیرساختی، سیستم‌های نرم‌افزاری و غیره همه بر پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو مؤثر خواهند بود؛ لذا پرسش‌نامه پس از اضافه کردن این عامل، مجدداً توزیع گردید. تأثیرگذاری تحریم‌ها می‌تواند هم بر نیازهای مرتبط با بعد دارویی نظیر پتنت‌ها و اطلاعات دارویی و دانش تخصصی این حوزه و هم بر بعد هوش مصنوعی یعنی دسترسی به تجهیزات، سیستم‌ها، کتابخانه‌ها و لایسنس‌ها و غیره باشد.

به‌منظور حصول اطمینان از معتبر بودن مضامین سازمان‌دهنده در صنعت دارو و همین‌طور تشکیل مضامین فراگیر ما از روش تحلیل عاملی اکتشافی بهره بردیم. به این منظور پرسش‌نامه‌ای در قالب طیف لیکرت طراحی کردیم که درخصوص تأثیرگذاری هر کدام از

مضامین سازمان‌دهنده شناسایی شده بر پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو سؤال می‌پرسید و در تمامی موارد به‌منظور حذف خطاهای زبانی از عبارت واحدی استفاده شده بود. سپس پرسش‌نامه ایجاد شده به‌صورت برخط برای ۹۱ نفر از متخصصین صنعت دارو با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی ارسال گردید. به‌منظور افزایش اعتبار نتایج سعی شده که متخصصین از انواع طیف‌های جمعیت‌شناختی را در بر بگیرد. اطلاعات جمعیت‌شناختی ۹۱ نفر منتخب تکمیل‌کننده پرسش‌نامه‌ها جهت انجام تحلیل عاملی به شرح زیر است:

جدول ۳: جنسیت شرکت‌کنندگان	
جنسیت	درصد مشارکت
زن	۳۹/۵
مرد	۶۰/۵

جدول ۵: نوع کسب‌وکار افراد شرکت‌کنندگان	
نوع کسب‌وکار	درصد مشارکت
بازرگانی	۵/۵
تولیدی	۴۱/۷۵
پخش	۱۵/۳۸
تحقیقاتی	۵/۴۹
هلدینگ - ستاد	۳۱/۸۶

جدول ۴: سطح سازمانی شرکت‌کنندگان	
سطح سازمانی	درصد مشارکت
غیر مدیر	۲۵/۲۷
مدیر عملیاتی	۴۲/۸۵
مدیر میانی	۱۵/۳۸
مدیر ارشد	۱۶/۴۸

همچنین به تفکیک هلدینگ‌های اصلی صنعت داروی کشور شرکت‌کنندگان به شرح زیر هستند:

جدول ۶: هلدینگ محل کار شرکت‌کنندگان		
ردیف	نام هلدینگ	درصد مشارکت
۱	گروه دارویی برکت	۱۷/۵۸
۲	شرکت سرمایه‌گذاری دارویی گلرنگ	۴۲/۸۵
۳	شرکت سرمایه‌گذاری شفا دارو	۳/۲۹
۴	سرمایه‌گذاری دارویی تأمین	۱۲/۰۸
۵	اکتوورکو	۴/۳۹
۶	سایر شرکت‌های داروسازی	۱۹/۷۸

نهایتاً در گام آخر این روش گزارش‌دهی تحقیق صورت گرفته است که در ادامه این نوشتار به آن پرداخته خواهد شد.

در ابتدا تست کایزر، مایر و اوکلین (KMO) را به منظور حصول اطمینان از کفایت نمونه انجام دادیم. حاصل معادل $0/805$ به دست آمد که نشان‌دهنده آن است نمونه انتخاب شده، کفایت می‌کند. همچنین تست بارتلت را انجام دادیم که Chi-Square به صورت حدودی ۱۷۱۷ به دست آمده، sig در حدود $0/000$ که باتوجه به کوچک‌تر بودن از $0/05$ نشان از همبستگی کافی برای تحلیل داده‌هاست. آزمون Bartlett نشان می‌دهد که متغیرها به صورت قابل توجهی با یکدیگر همبستگی دارند و تحلیل عاملی می‌تواند مناسب باشد.

باتوجه به اینکه هر دو آزمون نتایج مثبت دارند (KMO بالای $0/7$ و p-value آزمون Bartlett کمتر از $0/05$)، می‌توان با اطمینان بیشتری تحلیل عاملی را انجام داد.

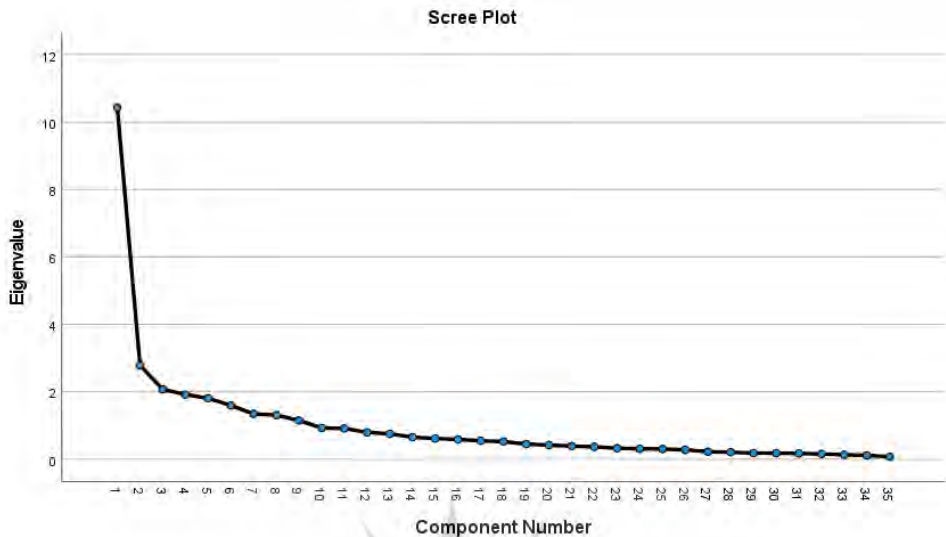
همچنین نتایج Commuality با مقدار ذاتی ۱ مقایسه و مقادیر مستخرج در جدول زیر نشان داده شده است:

جدول ۷: مقایسه مقادیر مستخرج Commuality

مؤلفه	مقدار ذاتی	مقدار مستخرج	مؤلفه	مقدار ذاتی	مقدار مستخرج
ساختار سازمانی	۱	$0/749$	مدیریت داده‌ها	۱	$0/736$
فرهنگ سازمانی	۱	$0/807$	نوع محصول هوش مصنوعی	۱	$0/733$
نوع کسب و کار	۱	$0/651$	محدودیت‌های ناشی از نگرش کارکنان	۱	$0/623$
استراتژی سازمانی	۱	$0/738$	شایستگی کارکنان	۱	$0/738$
منابع مالی	۱	$0/676$	آموزش و ارتقای کارکنان	۱	$0/784$
منابع نامشهود	۱	$0/677$	نگهداشت و عجز سازی کارکنان	۱	$0/669$

مؤلفه	مقدار ذاتی	مقدار مستخرج	مؤلفه	مقدار ذاتی	مقدار مستخرج
فرآیندهای سازمانی	۱	۰/۶۳۳	تأمین نیروی انسانی	۱	۰/۵۷۵
آمادگی زیرساختی	۱	۰/۷۲۴	تیم‌سازی مناسب	۱	۰/۶۹۲
مدیریت ارشد سازمان	۱	۰/۶۶۴	حمایت ذی‌نفعان	۱	۰/۷۰۳
هماهنگی داخلی	۱	۰/۵۵۳	آمادگی زیرساختی محیط	۱	۰/۷۸۶
ملاحظات اخلاقی	۱	۰/۶۸۵	قوانین و مقررات	۱	۰/۷۴۲
محدودیت‌های امنیتی	۱	۰/۶۲۳	فشار رقابتی	۱	۰/۷۲۱
هزینه‌های مرتبط با سیستم	۱	۰/۶۸۷	تطابق با نیاز مشتری	۱	۰/۶۶۸
سازگاری سیستم	۱	۰/۷۶۲	تأثیر بر محیط‌زیست	۱	۰/۶۵۹
پیچیدگی فناوری	۱	۰/۷۲۲	پویایی بازار کار و دسترسی به نیرو	۱	۰/۶۹۹
ارزشمندی و کارکردی بودن	۱	۰/۶۴۵	مواجهه با تحریم‌ها	۱	۰/۷۳۲
قابلیت شخصی‌سازی محصول	۱	۰/۷۰۴	کیفیت داده‌ها	۱	۰/۷۶۹
نوآورانه بودن سیستم	۱	۰/۶۷۵			

باتوجه به نتایج communalities عوامل تعیین شده بالاتر از ۰/۵۰ و غیر از دو عامل همگی مقداری بالای ۰/۶ کسب کرده اند که به معنای آن است به خوبی در مدل تحلیل عاملی نقش دارند. در ادامه تحلیل ها، ما Scree plot را ترسیم کردیم. ما ۹ دسته اصلی براساس scree plot میتوانیم مشاهده کنیم که شیب از دسته اول (شامل تمامی عوامل) به شدت تغییر پیدا می کند و این به آن معناست که همه عوامل در تعریف مدل معناداری قابل توجهی را کسب کرده اند. همچنین بعد از نقطه آرنج، ۸ دسته eigenvalue بالاتر از ۱ دارند که به عنوان دسته‌های اصلی در پژوهش ما شناخته می شوند و ما با استفاده از آن‌ها مضامین فراگیرمان را نام گذاری کرده‌ایم.



نمودار ۲: مقادیر eigenvalue و نقطه آرنج در نمودار scree plot

به منظور ساده سازی ارتباط بین عوامل و همچنین تشخیص دسته های اصلی پژوهش، ما از ماتریس چرخش یافته در تحلیل عاملی بهره بردیم که در ماتریس زیر قابل مشاهده است. دسته اول شامل همه مضامین سازمان دهنده هستند و دسته های ۲ تا ۹ مضامین فراگیر ما را شکل می دهند به منظور استخراج ما از مدل PCA و به منظور چرخش، روش مورد استفاده Varimax with Kaiser Normalization بوده است.

جدول ۸: ماتریس چرخش یافته تحلیل عاملی

Component										
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
فرهنگ سازمانی	۰/۸۲۴									
ساختار سازمانی	۰/۸۱۱									
استراتژی سازمانی	۰/۶۵۵									

نوع کسب‌وکار	۰/۵۵۴							
فرایندهای سازمانی	۰/۵۱۵							
منابع نامشهود	۰/۵۰۱		۰/۴۱۴		۰/۴۳۷			
مدیریت ارشد سازمان	۰/۴۶۹		۰/۴۶۳					
آموزش و ارتقای کارکنان	۰/۷۹۰							
شایستگی کارکنان	۰/۶۸۷							
نگهداشت و عجزین‌سازی کارکنان	۰/۶۳۹							
تیم‌سازی مناسب	۰/۶۳۵							
پویایی بازار کار و دسترسی به نیرو	۰/۶۱۴							
تأمین نیروی انسانی	۰/۵۸۸							
آمادگی زیرساختی محیط	۰/۷۵۴							
منابع مالی	۰/۷۴۳							
آمادگی زیرساختی	۰/۷۴۲							
هزینه‌های مرتبط با سیستم	۰/۵۹۱				۰/۵۱۴			
هماهنگی داخلی	۰/۴۶۹							
قابلیت شخصی‌سازی محصول			۰/۷۵۴					
تأثیر بر محیط‌زیست			۰/۶۷۶					
مواجهه با تحریم‌ها			۰/۶۵۹					

نوآورانه بودن سیستم				۰/۶۳۰				
حمایت ذی‌نفعان				۰/۷۶۱				
تطابق با نیاز مشتری				۰/۶۸۳				
فشار رقابتی				۰/۶۳۶				
نوع محصول هوش مصنوعی				۰/۵۲۶				۰/۴۳۸
کیفیت داده‌ها				۰/۸۰۴				
مدیریت داده‌ها				۰/۷۳۷				
ارزشمندی و کارکردی بودن								
پیچیدگی فناوری						۰/۷۸۱		
سازگاری سیستم						۰/۷۱۸		
ملاحظات اخلاقی							۰/۷۴۲	
محدودیت‌های امنیتی							۰/۶۷۶	
قوانین و مقررات								۰/۶۸۸
محدودیت‌های ناشی از نگرش کارکنان								۰/۵۴۸

پس از انجام تحلیل‌های فوق‌الذکر الگوی نهایی شامل ۸ مولفه اصلی به شرح جدول ۹ و زیرمولفه‌های مربوط به هر کدام حاصل آمد. در مدل‌سازی نهایی باتوجه به نظر خبرگان درخصوص مدل نهایی، «تامین نیروی انسانی» و «پویایی بازار کار» و همچنین «ارزشمندی و کارکردی بودن سیستم» با «محدودیت‌های ناشی از نگرش کارکنان» را می‌توان با یکدیگر ادغام کرد.

۵. دلالت‌ها برای موفقیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو

در این مرحله باتوجه‌به عوامل موفقیت شناسایی شده حاصل از تحلیل عاملی و زیرمؤلفه‌های هرکدام، دلالت‌های قابل‌برداشت از هرکدام از زیرمؤلفه‌ها برای صنعت دارو شناسایی و با خبرگان صنعت مورد بررسی و جمع‌بندی قرار گرفت که در جدول زیر حاصل آن قابل‌مشاهده است:

جدول ۹: دلالت‌های تحقیق برای موفقیت به کارگیری هوش مصنوعی در صنعت دارو

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالات
۱	عوامل سازمانی	ساختار	ضرورت افزایش انعطاف‌پذیری و چابکی، کاهش سلسله‌مراتب و پیچیدگی عمودی و تطابق بیشتر با پویایی‌ها و نیازهای فناوری هوش مصنوعی.
۲		فرهنگ	توجه به فرهنگ‌سازمانی، ارزش‌ها و باورهای فعلی کارکنان در شرکت دارویی منتخب و زمینه‌سازی و فرهنگ‌سازی مناسب برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی.
۳		نوع کسب‌وکار شرکت دارویی	توجه به نوع کسب‌وکار شرکت دارویی منتخب برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی و تطابق سیستم مورد استفاده با نیازهای شرکت.
۴		استراتژی	ایجاد سند استراتژی شامل چشم‌انداز، اهداف و همین‌طور برنامه‌های عملیاتی لازم به‌منظور ایجاد آمادگی برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی و پیشبرد هدفمند پروژه مرتبط با آن.
۵		منابع نامشهود	ضرورت تقنین و اجرای قوانین حمایتی از مالکیت معنوی و نوآوری‌های حوزه هوش مصنوعی.
۶			ضرورت لحاظ مشوق‌های مالی و غیرمالی در نظام جبران خدمات شرکت‌های دارویی به‌منظور حفظ کارکنان دانشی و منابع نامشهود.
۷		فرایندهای سازمان	ضرورت استخراج فرایندها و زیرفرایندهای موجود در سازمان و شناسایی مواردی که قابل‌انجام توسط هوش مصنوعی و فناوری‌های نو هستند
۸	عوامل حیاتی زیرساخت	منابع مالی	ضرورت تهیه و تدقیق FS طرح‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی مبتنی بر نوع کسب‌وکار شرکت دارویی،

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
			محصولات، نرخ و مدت بازگشت سرمایه و غیره جهت حصول اطمینان از مقرون به صرفه بودن طرح‌ها.
۹		آمادگی زیرساختی سازمان	ضرورت سرمایه‌گذاری هلدینگ‌ها و شرکت‌های مادر در حوزه‌های زیرساختی مرتبط با پیاده‌سازی هوش مصنوعی و فناوری‌های نو جهت مقرون به صرفه سازی استفاده و به کارگیری آن‌ها.
۱۰			ضرورت به کارگیری متخصصین، مشاورین و پیمانکاران خبره جهت طراحی معماری فناوری و تعیین جایگاه هوش مصنوعی در این معماری.
۱۱		مدیریت ارشد سازمان	ضرورت آگاهی بخشی به مدیران ارشد، ایجاد دیدگاه و نگرش مثبت برای آن‌ها جهت تغییر و همین‌طور پیاده‌سازی فناوری‌های نوظهور و هوش مصنوعی.
۱۲			ضرورت حمایت حداکثری مدیران ارشد در مراحل مختلف پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو.
۱۳		هماهنگی داخلی سازمان	ضرورت هماهنگی داخلی واحدهای درون سازمانی به منظور کاهش مدت زمان تولید یا فروش محصول و ارائه خدمات، اخذ مجوزهای ضروری از نهادهای تنظیمی نظیر سازمان غذا و دارو و غیره، شبکه‌سازی با سایر ذی‌نفعان و فروش به موقع محصولات.
۱۴			ضرورت آگاهی بخشی و توجیه واحدهای داخلی، تعریف نقش‌ها و وظایف، تغییرات وظایف و فرایندها متأثر از تغییرات به منظور هماهنگی.
۱۵		آمادگی زیرساختی محیط	توجه به ظرفیت زیرساختی محیط ناشی از سرمایه‌گذاری‌های دولتی و عمومی در طراحی سیستم به منظور جلوگیری از شکست پروژه یا عدم تطابق سود یا نرخ بازگشت سرمایه پیش‌بینی شده.
۱۶	محدودیت‌های سیستم	محدودیت‌های ناشی از نگرش	ضرورت آگاهی بخشی به کارکنان، بیماران، مشتریان و ذی‌نفعان صنعت دارو جهت شکل‌دهی یا تغییر نگرش‌های ایشان و ایجاد نگرش مثبت.

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
۱۷		منفی ذی‌نفعان	ارائه آگاهی کافی به کارکنان، مشتریان بیمارستانی، بیماران، شرکت‌های پخش دارو و سایر ذی‌نفعان درخصوص ارزشمندی و مفیدبودن سیستم در فرایندهای کاری جهت عین‌سازی ذی‌نفعان و استفاده مؤثر از آن.
۱۸		قوانین و مقررات مرتبط	توجه به قوانین و مقررات نهادهای تنظیم‌گر تأثیرگذار بر صنعت دارو نظیر سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت و غیره به‌منظور حصول اطمینان از تطابق با قوانین و مقررات موجود، کسب مجوزهای لازم و حصول اطمینان از تداوم کسب‌وکار و عدم آسیب آن.
۱۹			ضرورت به‌کارگیری سیاست‌های بازتوزیعی دولت و قوانین و مقررات مرتبط با آن به‌منظور تأمین مالی یا کاهش هزینه‌های مالی و مالیاتی شرکت‌ها یا مؤسساتی که در حوزه پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو کار می‌کنند
۲۰			ایجاد زیرساخت لازم جهت حصول اطمینان ذی‌نفعان مختلف از حفظ حریم خصوصی و جوانب اخلاقی موردنیاز در پیاده‌سازی هوش مصنوعی نظیر داده‌های مرتبط با بیماران، شرکت‌های پخش دارو، مشتریان بیمارستانی، تأمین‌کنندگان و سایر ذی‌نفعان.
۲۱		محدودیت‌های امنیتی سیستم	ضرورت استفاده از سیستم‌ها، فناوری‌ها و پروتکل‌های به‌روز و پیشرفته امنیتی در زمان راه‌اندازی سیستم‌ها و همین‌طور آموزش و فرهنگ‌سازی کارکنان در راستای حفظ امنیت سیستم‌ها و محدودیت‌های امنیتی سیستم.
۲۲	پیچیدگی سیستم	هزینه‌های مرتبط با سیستم	ضرورت توجه به کارایی در طراحی سیستم، جلوگیری از افزایش نابجای هزینه‌های سیستم و توجه به کاهش هزینه‌های ناشی از پیاده‌سازی سیستم.

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
۲۳			تهیه BP و FS لازم پیش از طراحی و راه اندازی سیستم و اطلاع رسانی و آگاهی بخشی به ذی نفعان لازم در زمان تصمیم گیری و حین اجرای پروژه.
۲۴			ضرورت توجه به یکپارچگی سیستم با سایر سیستم ها، ابزارها و فناوری های مورداستفاده در شرکت جهت تسهیل تبادل اطلاعات، جلوگیری از ایجاد سیستم های موازی و کاهش هزینه ها، جلوگیری از مشکلات در تبادل اطلاعات و تحلیل داده های مرتبط با حوزه کاری در بخش سلامت، درمان و دارو.
۲۵			ضرورت توجه به پیچیدگی فناوری مورد نیاز در طراحی، توجه به پتانسیل داخلی در ایجاد سیستم، ایجاد شبکه همکاری متناسب با میزان پیچیدگی فناوری برای پیاده سازی موفق سیستم.
۲۶			ضرورت ساده سازی کاربری سیستم برای کاربران از طریق رابط های کاربری و آموزش مناسب به منظور تسهیل کار با سیستم هوش مصنوعی برای کارکنان.
۲۷	داده های مورد نیاز سیستم	کیفیت داده ها	ضرورت تأمین زیرساخت لازم جهت اکتساب و نگهداشت داده های باکیفیت شامل داده های مرتبط با بیماران، تأمین کنندگان، مشتریان، شرکت های پخش و غیره.
۲۸		کیفیت داده ها	ضرورت گردآوری و اکتساب داده های یکپارچه جهت حصول نتایج معتبر و موفقیت در به کارگیری هوش مصنوعی.
۲۹		مدیریت داده ها	ضرورت سازماندهی فرایند مدیریت داده در اکتساب و نگهداشت داده های مرتبط با کسب و کار دارو و داده های سلامت محور.
۳۰	رقابت پذیری سیستم	نوع محصول	ضرورت توجه به نیاز صنعت و کسب و کار دارو در انتخاب نوع محصول هوش مصنوعی مورد سرمایه گذاری.

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
۳۱		فشار رقابتی	ضرورت توجه به تغییرات بازار و تطبیق با آن به‌منظور حصول اطمینان از عدم آسیب جایگاه بازار کسب‌وکار یا کسب جایگاه و سهم بازار بهتر در کسب‌وکار.
۳۲		تطابق با تقاضای بازار (نیاز مشتری)	ضرورت طراحی سیستم هوش مصنوعی متناسب با نیاز شرکت دارویی، مشتریان و ذی‌نفعان بخصوص آن در هر بازه زمانی و بازار جغرافیایی به‌منظور کسب حمایت در موفقیت پیاده‌سازی آن.
۳۳		حمایت ذی‌نفعان و توجه به نیازهای آن‌ها	ضرورت شناخت مناسب از ذی‌نفعان مختلف و تلاش برای جلب حمایت ایشان.
۳۴		شایستگی کارکنان	ضرورت شناسایی و ترسیم نقشه شایستگی حسب نیازهای ایجاد شده ناشی از به‌کارگیری هوش مصنوعی و نیازهای اختصاصی صنعت دارو.
۳۵		شایستگی کارکنان	ضرورت توجه به پتانسیل و شایستگی داخلی و توانمندی‌های داخلی کارکنان در صنعت دارو و شرکت هدف دارویی پیش از شروع پروژه هوش مصنوعی.
۳۶		شایستگی کارکنان	ضرورت توجه به پتانسیل و شایستگی داخلی و توانمندی‌های داخلی کارکنان در صنعت دارو و شرکت هدف دارویی پیش از شروع پروژه هوش مصنوعی.
۳۷		آموزش و ارتقای توانمندی کارکنان	ضرورت ارزیابی و شناسایی شکاف در دانش و مهارت کارکنان در تطابق با ماتریس شایستگی و همچنین آموزش و توانمندسازی هدفمند کارکنان مبتنی بر ماتریس شایستگی اختصاصی یا گروهی ایشان.
۳۸			ضرورت توانمندسازی کارکنان، مشتریان و سایر ذی‌نفعان شرکت هدف پیش و حین پیاده‌سازی تحول دیجیتال مبتنی بر شایستگی‌های موردنیاز.
۳۹			ضرورت ایجاد مراکز آموزش و توسعه تخصصی مبتنی بر نیازهای جدید ایجاد شده باتوجه‌به گسترش روزافزون هوش مصنوعی.

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
۴۰		نگهداشت و عجزین سازی کارکنان	ضرورت تهیه و تدوین استراتژی نگهداشت نیروی انسانی متناسب با جنس فعالیت و مشاغل کارکنان به منظور حفظ و نگهداشت کارکنانی که نقش کلیدی در موفقیت پیاده سازی هوش مصنوعی در صنعت دارو دارند.
۴۱		پویایی بازار کار و دسترسی به نیروی انسانی	ضرورت گسترش شبکه تأمین کنندگان نیروی انسانی و کانال های جذب متناسب با نیروی متخصص مورد نیاز جهت به کارگیری و راه اندازی هوش مصنوعی از سطح کاربری سیستم تا سطح طراحی و پشتیبانی سیستم هوش مصنوعی در صنعت دارو.
۴۲		پویایی بازار کار و تأمین نیروی انسانی	ضرورت آگاهی بخشی و توضیح اهمیت و جذابیت های صنعت دارو برای متخصصان در حوزه هوش مصنوعی به منظور ترغیب ایشان در راستای فعالیت به منظور به کارگیری و راه اندازی هوش مصنوعی در صنعت دارو.
۴۳		پویایی بازار کار و تأمین نیروی انسانی	ضرورت تقویت برندینگ کارفرمایی و طراحی EVP مناسب و متناسب با نیاز صنعت دارو برای متخصصان هوش مصنوعی جهت ایجاد جذابیت و نگهداشت ایشان.
۴۴		تیم سازی مناسب برای پیاده سازی	ضرورت شناسایی هدفمند قابلیت های اعضای مختلف تیم، نقش هایی که می توانند ایفا کنند و همین طور خلأ های موجود در تیم به منظور پر کردن شکاف مهارتی و توانمندی نیروی انسانی صنعت دارو و تیم اجرا.
۴۵	پویایی سیستم	محیط زیست	ضرورت توجه به محیط زیست اعم از برآورد آسیب های احتمالی ناشی از پسماندها و پساب های حاصل از تغییر فرایندهای تولید در فرایند کشف یا تولید دارو و تأثیر آن بر جلب حمایت ذی نفعان مختلف اعم از سازمان های نظارتی، تنظیمی و غیره.
۴۶		قابلیت شخصی سازی محصول	ضرورت توجه صنعت دارو و کسب و کارهای مختلف آن به نقش قابلیت شخصی سازی و کاستوم شدن داروها،

ردیف	عوامل موفقیت	زیرمؤلفه	دلالت
			محصولات با نیاز بیماران و بیمارستان‌ها در موفقیت پیاده‌سازی هوش مصنوعی.
۴۷		نوآورانه بودن	ضرورت به‌کارگیری هوش مصنوعی در مصادیقی که ایفای نقش جدید و نوآورانه در حل مسئله یا انجام فرایندهای فعلی کسب‌وکار دارویی شرکت دارد.
۴۸		مواجهه با تحریم‌ها	ضرورت توجه به محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها در طراحی و به‌کارگیری هوش مصنوعی در صنعت دارو و عدم توسعه محصول در موارد با ریسک بالا.
۴۹			ضرورت متنوع‌سازی منابع تأمین‌کننده تجهیزات و منابع مختلف داده‌ای، پایگاه‌های داده و غیره جهت کاهش ریسک ناشی از توقف تأمین یا محدودشدن دسترسی به داده‌های گردآوری شده.

۶. نتیجه‌گیری

تجربه موفق به‌کارگیری هوش مصنوعی در گرو پیاده‌سازی موفق این فناوری خواهد بود. صنعت دارو یکی از صنایعی است که امروزه به واسطه محدودیت‌های مختلف حاشیه سود آن روزبه‌روز در حال کاهش است و از طرف دیگر هزینه‌های بالایی را در مراحل مختلف زنجیره ارزش خود اعم از تحقیق و توسعه، تضمین کیفیت، تأمین و بازرگانی، مالی، منابع انسانی و غیره تحمل می‌کند. در صورتی که بخواهیم هوش مصنوعی را در صنعت دارو پیاده‌سازی کنیم ضروری است که این اقدام به‌صورت هوشمندانه و پس از بررسی ابعاد مختلف آن روی دهد تا احتمال شکست کمینه شود. در این مقاله که با رویکرد مطالعه نظام‌مند، ۲۶۱۸ مقاله مرتبط با هوش مصنوعی بررسی کرده، مبتنی بر تحلیل داده‌های ۱۱۹ مقاله مرتبط، ۳۵ عامل موثر بر پیاده‌سازی هوش مصنوعی را شناسایی کردیم. این عوامل با استفاده از تحلیل عاملی و نظر خبرگان صنعت دارو، تایید و در ۸ دسته اصلی شامل عوامل حیاتی زیرساخت، عوامل انسانی، پویایی سیستم، رقابت پذیری سیستم، پویایی سیستم، پیچیدگی سیستم، داده‌های مورد نیاز سیستم و محدودیت‌های سیستم دسته‌بندی گردیدند.

درنهایت، ذیل هرکدام از عوامل شناسایی شده و نامبرده، دلالت‌هایی برای صنعت دارو برشمرده شده است تا راهنمای برای متولیان و سیاستگذاران این حوزه باشد و بتوان احتمال موفقیت پیاده‌سازی را بهبود بخشید.



منابع

- ابراهیم‌نژاد، پدram، امیرخانلو، محمدصادق، و شکی، فاطمه. ۱۴۰۲. «کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش داروسازی: چالش‌های حقوقی و اخلاقی». *مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران*. ۳۳(۲۲۷): ۱۸۶-۱۷۴.
- پنجه‌کوبی، راحله، و فیروزی جهان‌تیغ، فرزاد. ۱۴۰۰. «شناسایی و ارزیابی عوامل خطر در زنجیره تأمین صنایع دارویی با استفاده از هوش مصنوعی». *بیمارستان*. ۲۰(۴): ۵۰-۴۲.
- پیشوا، سیدپویان، و موسوی، سیده زهرا. ۱۴۰۳. «بررسی استفاده از هوش مصنوعی در داروشناسی و روند کشف دارو». *فصلنامه علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی*. ۱۱۶(۱): ۱۱۱-۱۰۵.
- جوان، وحیده. ۱۴۰۳. «تأثیر هوش مصنوعی بر پیشرفت در داروشناسی و صنعت داروسازی دامپزشکی». در دومین کنفرانس ملی فناوری‌های نوین دامپزشکی. آمل. <https://civilica.com/doc/2123547>.
- حاجیان، موشی، اشتیاردیان، احسان اله، عزیزی، مجتبی. ۱۴۰۳. «استخراج الگوهای رفتاری در تامین مالی جمعی پروژه با استفاده از هوش مصنوعی و شناسایی سرمایه‌گذاران کلیدی». *بهبود مدیریت*. ۶۶(۶۶): ۷۹-۵۹.
- سلطان‌زاده، جواد، الیاسی، مهدی، بامداد صوفی، جهانیار و کزازی، ابولفضل. ۱۳۹۶. «شناسایی خردبنیان‌های توانمندی نوآوری در شرکت‌های تولید داروی کشور؛ مطالعه چندموردی». *بهبود مدیریت*. ۳۵(۳۵): ۲۰۶-۱۶۳.
- شفیعی، مؤگان. ۱۴۰۱. «بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر کسب‌وکارهای حوزه سلامت». *مجله پژوهش‌های کارآفرینی*. ۱(۱): ۴۶-۳۱.
- کنعانی، فاطمه، رسولیان، پریرسا، حافری، رضا، و آهنگری، سعیده‌السادات. ۱۴۰۲. «تحلیل بوم‌سازگان هوش مصنوعی ایران و شناسایی خلأهای نهادی و کارکردی آن». *سیاست علم و فناوری*. ۲(۲): ۷۷-۱۶.
- وسترمن، جورج، مکافی، اندرو، و بنه، دیدیه. ۱۳۹۸. تحول دیجیتال. تهران: انتشارات نص.
- Abbas, Jainambu Gani, Shirley Leo Pereira, and V. Mahalakshmi. 2025. "Artificial Intelligence in Behavioural Finance Using A Sophisticated Decision-Tree Algorithm." *International Journal of Electronic Finance* 1 (1). <https://doi.org/10.1504/IJEF.2025.10057976>.
- Abioye, Sofiat O., Lukumon O. Oyedele, Lukman Akanbi, Anuoluwapo Ajayi, Juan Manuel Davila Delgado, Muhammad Bilal, Olugbenga O. Akinade, and Ashraf Ahmed. 2021. "Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Review of Present Status, Opportunities and Future Challenges." *Journal of Building Engineering*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103299>.
- Alhosani, Khalifa, and Saadat M. Alhashmi. 2024. "Opportunities, Challenges, and Benefits of AI Innovation in Government Services: A Review." *Discover Artificial Intelligence*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00111-w>.
- Alkhazaleh, Razan, Konstantinos Mykoniatis, and Ali Alahmer. 2022. "The Success of Technology Transfer in the Industry 4.0 Era: A Systematic Literature Review." *Journal of*

- Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/joitmc8040202>.
- Al-Saidi, Mohammad, and Esmat Zaidan. 2024. "Understanding and Enabling 'Communities' Within Smart Cities: A Literature Review." *Journal of Planning Literature* 39 (2): 186–202. <https://doi.org/10.1177/08854122231202739>.
- Angreani, Linda Salma, Annas Vijaya, and Hendro Wicaksono. 2020. "Systematic Literature Review of Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing and Logistics Sectors." In *Procedia Manufacturing*, 52:337–43. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.056>.
- Arden, N. Sarah, Adam C. Fisher, Katherine Tyner, Lawrence X. Yu, Sau L. Lee, and Michael Kopcha. 2021. "Industry 4.0 for Pharmaceutical Manufacturing: Preparing for the Smart Factories of the Future." *International Journal of Pharmaceutics* 602 (June). https://doi.org/10.1016/J.IJPHARM.2021.120554/INDUSTRY_4_0_FOR_PHARMACEUTICAL_MANUFACTURING_PREPARING_FOR_THE_SMART_FACTORIES_OF_THE_FUTURE.PDF.
- Badi, Fatma Khamis Al, Khawla Ali Alhosani, Fauzia Jabeen, Agata Stachowicz-Stanusch, Nazia Shehzad, and Wolfgang AMANN. 2022. "Challenges of AI Adoption in the UAE Healthcare." *Vision* 26 (2): 193–207. <https://doi.org/10.1177/0972262920988398>.
- Brunet, Fabrice, Kathy Malas, and Marie Eve Desrosiers. 2021. "Will Telemedicine Survive after COVID-19?" *Healthcare Management Forum* 34 (5): 256–59. <https://doi.org/10.1177/08404704211031264>.
- Dadhich, Abhishek, and Priyanka Dadhich. 2023. "Artificial Intelligence from Vaccine Development to Pharmaceutical Supply Chain Management in Post-COVID-19 Period." In *Blockchain, IoT, and AI Technologies for Supply Chain Management*, 143–61. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003264521-7>.
- Duraivelu, K. 2022. "Digital Transformation in Manufacturing Industry – A Comprehensive Insight." In *Materials Today: Proceedings*, 68:1825–29. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.409>.
- Ebrahimzad, Pedram, Amirkhanlou, Mohammad Sadegh, and Shaki, Fatemeh. 2023. "Applications of Artificial Intelligence in Pharmacy Education: Legal and Ethical Challenges." *Mazandaran University of Medical Sciences Journal*. 33 (227): 174-186 [In persian].
- Elhusseiny, Hussein Magdy, and José Crispim. 2021. "SMEs, Barriers and Opportunities on Adopting Industry 4.0: A Review." In *Procedia Computer Science*, 196:864–71. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.086>.
- Filipe, Pedro, Pedro Ruivo, and Tiago Oliveira. 2023. "Assessing Machine Learning Adoption at the Firm Level: The Moderating Effect of the Environmental Context." In *Procedia*

- Computer Science, 219:1034–42. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.381>.
- Floresta, Giuseppe, Chiara Zagni, Davide Gentile, Vincenzo Patamia, and Antonio Rescifina. 2022. "Artificial Intelligence Technologies for COVID-19 De Novo Drug Design." *International Journal of Molecular Sciences* 23 (6): 3261. <https://doi.org/10.3390/ijms23063261>.
- García Peñalvo, Francisco José, Faraón Llorens-Largo, and Javier Vidal. 2023. "La Nueva Realidad de La Educación Ante Los Avances de La Inteligencia Artificial Generativa." *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia* 27 (1): 9–39. <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37716>.
- González, Ariel López, Mailyn Moreno-Espino, Ariadna Claudia Moreno Román, Yahima Hadfeg Fernández, and Nayma Cepero Pérez. 2024. "Ethics in Artificial Intelligence: An Approach to Cybersecurity." *Inteligencia Artificial* 27 (73): 38–54. <https://doi.org/10.4114/INTARTIF.VOL27ISS73PP38-54>.
- Govindan, Kannan, and Georgios Arampatzis. 2023. "A Framework to Measure Readiness and Barriers for the Implementation of Industry 4.0: A Case Approach." *Electronic Commerce Research and Applications* 59 (May). <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101249>.
- Graham, John. 2024. "Factors Influencing the Creation of an Industry 4.0 Strategy in the Generic Pharmaceutical Industry." *Journal of Generic Medicines: The Business Journal for the Generic Medicines Sector* 20 (1): 28–46. <https://doi.org/10.1177/17411343241238178>.
- Hagedorn, Jonathan M., Tony K. George, Rohit Aiyer, Keith Schmidt, John Halamka, and Ryan S. D'souza. 2024. "Artificial Intelligence and Pain Medicine: An Introduction." *Journal of Pain Research* 17 (February): 509–18. <https://doi.org/10.2147/JPR.S429594>.
- Hajiani, Moushi, Eshtehardi, Ehsanollah, and Azizi, Mojtaba. 2024. "Extracting Behavioral Patterns in Crowdfunding Projects Using Artificial Intelligence and Identifying Key Investors." *Management Improvement [In persian]*.
- Hein-Pensel, Franziska, Heiner Winkler, Anja Brückner, Mandy Wölke, Iren Jabs, Ines Jasmin Mayan, Amit Kirschenbaum, Julia Friedrich, and Christian Zinke-Wehlmann. 2023. "Maturity Assessment for Industry 5.0: A Review of Existing Maturity Models." *Journal of Manufacturing Systems* 66 (February): 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.009>.
- Higgins, David C., and Christian Johnner. 2023. "Validation of Artificial Intelligence Containing Products Across the Regulated Healthcare Industries." *Therapeutic Innovation & Regulatory Science* 57 (4): 797–809. <https://doi.org/10.1007/s43441-023-00530-4>.
- Horani, Omar Mohammed, Ahmad Samed Al-Adwan, Husam Yaseen, Hazar Hmoud, Waleed Mugahed Al-Rahmi, and Ali Alkhalifah. 2023. "The Critical Determinants Impacting Artificial Intelligence Adoption at the Organizational Level." *Information Development*. <https://doi.org/10.1177/02666669231166889>.

- Horváth, Dóra, and Roland Zs Szabó. 2019. "Driving Forces and Barriers of Industry 4.0: Do Multinational and Small and Medium-Sized Companies Have Equal Opportunities?" *Technological Forecasting and Social Change* 146 (September):119–32. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.05.021>.
- Irani, Z, A M Sharif, and P E D Love. 2001. "Transforming Failure into Success through Organisational Learning: An Analysis of a Manufacturing Information System." *European Journal of Information Systems* 10 (1): 55–66. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000384>.
- Javan, Vaheedeh. 2024. "The Impact of Artificial Intelligence on Progress in Pharmacology and Veterinary Pharmaceutical Industry." Presented at The Second National Conference on New Veterinary Technologies. Amol [In persian]. <https://civilica.com/doc/2123547>.
- Johnson & Johnson. "6 Ways Johnson & Johnson Is Using AI to Help Advance Healthcare." Johnson & Johnson, October 10, 2024. <https://www.jnj.com/innovation/artificial-intelligence-in-healthcare>.
- Jones, Matthew D., Scott Hutcheson, and Jorge D. Camba. 2021. "Past, Present, and Future Barriers to Digital Transformation in Manufacturing: A Review." *Journal of Manufacturing Systems* 60 (July):936–48. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.03.006>.
- Kanani, Fatemeh, Rasoulia, Parisa, Hafari, Reza, and Ahangari, Saeedeh Alsadat. 2023. "Analyzing the Ecosystem of Artificial Intelligence in Iran and Identifying Its Institutional and Functional Gaps." *Science and Technology Policy*. (2): 16-77 [In persian].
- Kayikci, Yasanur, Yigit Kazancoglu, Nazlican Gozacan-Chase, Cisem Lafci, and Luciano Batista. 2022. "Assessing Smart Circular Supply Chain Readiness and Maturity Level of Small and Medium-Sized Enterprises." *Journal of Business Research* 149 (October):375–92. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.042>.
- Khaksar, Seyed Mohammad Sadegh, Bret Slade, Jennifer Wallace, and Kaur Gurinder. 2020. "Critical Success Factors for Application of Social Robots in Special Developmental Schools: Development, Adoption and Implementation." *International Journal of Educational Management* 34 (4): 677–96. <https://doi.org/10.1108/IJEM-08-2019-0304>.
- Kinkel, Steffen, Marco Baumgartner, and Enrica Cherubini. 2022. "Prerequisites for the Adoption of AI Technologies in Manufacturing – Evidence from a Worldwide Sample of Manufacturing Companies." *Technovation* 110 (February). <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102375>.
- Kolluri, Sheela, Jianchang Lin, Rachael Liu, Yanwei Zhang, and Wenwen Zhang. 2022. "Machine Learning and Artificial Intelligence in Pharmaceutical Research and Development: A Review." *AAPS Journal* 24 (1). <https://doi.org/10.1208/S12248-021-00644-3>.

- Kuang, Da, Lili Weng, and Mo Kuang. 2026. "Optimization Management Method of Enterprise Logistics Supply Chain Based on Artificial Intelligence(AI)." *International Journal of Computational Systems Engineering* 10 (1-4). <https://doi.org/10.1504/IJCSYSE.2026.10062508>.
- Kulkov, Ignat. 2021. "The Role of Artificial Intelligence in Business Transformation: A Case of Pharmaceutical Companies." *Technology in Society* 66 (August):101629. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2021.101629>.
- Kumar, Ashwani, Venkatesh Mani, Vranda Jain, Himanshu Gupta, and V. G. Venkatesh. 2023. "Managing Healthcare Supply Chain through Artificial Intelligence (AI): A Study of Critical Success Factors." *Computers and Industrial Engineering* 175 (January). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108815>.
- Kumar, K. Dhinesh, L. Karunamoorthy, Hubert Roth, and T. T. Mirnalinee. 2005. "Computers in Manufacturing: Towards Successful Implementation of Integrated Automation System." *Technovation* 25 (5): 477-88. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2003.09.004>.
- Kumar, Pramod, Jaiprakash Bhamu, and Kuldip Singh Sangwan. 2021. "Analysis of Barriers to Industry 4.0 Adoption in Manufacturing Organizations: An ISM Approach." In *Procedia CIRP*, 98:85-90. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.010>.
- Kumar, Veepan, Prem Vrat, and Ravi Shankar. 2021. "Prioritization of Strategies to Overcome the Barriers in Industry 4.0: A Hybrid MCDM Approach." *OPSEARCH* 58 (3): 711-50. <https://doi.org/10.1007/s12597-020-00505-1>.
- Lee, Jai Woo, Miguel A. Maria-Solano, Thi Ngoc Lan Vu, Sanghee Yoon, and Sun Choi. 2022. "Big Data and Artificial Intelligence (AI) Methodologies for Computer-Aided Drug Design (CADD)." *Biochemical Society Transactions* 50 (1): 241-52. <https://doi.org/10.1042/BST20211240>.
- Leso, Bernardo Henrique, Marcelo Nogueira Cortimiglia, and Antonio Ghezzi. 2023. "The Contribution of Organizational Culture, Structure, and Leadership Factors in the Digital Transformation of SMEs: A Mixed-Methods Approach." *Cognition, Technology and Work* 25 (1): 151-79. <https://doi.org/10.1007/s10111-022-00714-2>.
- Li, Xue, and Kum Fai Yuen. 2022. "Autonomous Ships: A Study of Critical Success Factors." *Maritime Economics and Logistics* 24 (2): 228-54. <https://doi.org/10.1057/s41278-022-00212-2>.
- Lim, Chiehyeon, Kwang Jae Kim, and Paul P. Maglio. 2018. "Smart Cities with Big Data: Reference Models, Challenges, and Considerations." *Cities* 82 (December):86-99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>.
- Merhi, Mohammad I. 2021a. "Evaluating the Critical Success Factors of Data Intelligence Implementation in the Public Sector Using Analytical Hierarchy Process." *Technological*

- Forecasting and Social Change 173 (December):121180.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121180>.
- Merhi, Mohammad I. 2021b. "Evaluating the Critical Success Factors of Data Intelligence Implementation in the Public Sector Using Analytical Hierarchy Process." *Technological Forecasting and Social Change* 173 (December).
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121180>.
- Merhi, Mohammad I. 2023. "An Evaluation of the Critical Success Factors Impacting Artificial Intelligence Implementation." *International Journal of Information Management* 69 (April). <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102545>.
- Nabukenya, Josephine, Lydia Drumright, Andrew Egwar Alunyu, and Agnes Rwashana Semwanga. 2023. "Critical Risk and Success Factors for Sustainability of an Electronic Health Data Capture, Processing and Dissemination Platform for Uganda." *Health Informatics Journal* 29 (2). <https://doi.org/10.1177/14604582231180576>.
- Nimawat, Dheeraj, and Bhagwan Das Gidwani. 2023. "An Initial Survey on the Readiness of Industry 4.0 Adoption in the Manufacturing Industries." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 129 (3–4): 1613–30. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12385-y>.
- Nirmal, Deepak Datta, K. Nageswara Reddy, Amrik S. Sohal, and Minakshi Kumari. 2023. "Development of a Framework for Adopting Industry 4.0 Integrated Sustainable Supply Chain Practices: ISM–MICMAC Approach." *Annals of Operations Research*.
<https://doi.org/10.1007/s10479-023-05427-x>.
- Oldemeyer, Leon, Andreas Jede, and Frank Teuteberg. 2024. "Investigation of Artificial Intelligence in SMEs: A Systematic Review of the State of the Art and the Main Implementation Challenges." *Management Review Quarterly*.
<https://doi.org/10.1007/s11301-024-00405-4>.
- Panjekoubi, Raheleh, and Firoozi Jahantigh, Farzad. 2021. "Identifying and Assessing Risk Factors in the Pharmaceutical Supply Chain Using Artificial Intelligence." *Hospital*. 20 (4): 42-50 [In persian].
- Paul, Debleena, Gaurav Sanap, Snehal Shenoy, Dnyaneshwar Kalyane, Kiran Kalia, and Rakesh K. Tekade. 2021. "Artificial Intelligence in Drug Discovery and Development." *Drug Discovery Today* 26 (1): 80–93. <https://doi.org/10.1016/J.DRUDIS.2020.10.010>.
- Pfizer. 2025. "Artificial Intelligence: On a Mission to Make Clinical Drug Development Faster and Smarter | Pfizer." Accessed April 11, 2025.
https://www.pfizer.com/news/articles/artificial_intelligence_on_a_mission_to_make_clinical_drug_development_faster_and_smarter.
- Pinto, Marcelo Rezende, Paula Karina Salume, Marcelo Werneck Barbosa, and Paulo Renato de Sousa. 2023. "The Path to Digital Maturity: A Cluster Analysis of the Retail Industry in

- an Emerging Economy.” *Technology in Society* 72 (February). <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102191>.
- Pishva, Seyed Pouyan, and Mousavi, Seyedeh Zahra. 2024. “Examining the Use of Artificial Intelligence in Pharmacology and Drug Discovery.” *Quarterly Journal of Medical Sciences, Islamic Azad University*. (116): 105-111 [In persian].
- Plattfaut, Ralf, Vincent Borghoff, Marie Godefroid, Julian Koch, Michael Trampler, and André Coners. 2022. “The Critical Success Factors for Robotic Process Automation.” *Computers in Industry* 138 (June). <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103646>.
- Poulose, Shobitha, Biplab Bhattacharjee, and Arjun Chakravorty. 2024. “Determinants and Drivers of Change for Digital Transformation and Digitalization in Human Resource Management: A Systematic Literature Review and Conceptual Framework Building.” *Management Review Quarterly*. <https://doi.org/10.1007/s11301-024-00423-2>.
- Saihi, Afef, Mohamed Ben-Daya, and Rami As’ad. 2022. “A Survey of the Underlying Success Factors of Maintenance Digital Transformation.” In *IFAC-PapersOnLine*, 55:2944–49. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.179>.
- Saihi, Afef, Mohamed Ben-Daya, and Rami As’ad. 2023. Underpinning Success Factors of Maintenance Digital Transformation: A Hybrid Reactive Delphi Approach.” *International Journal of Production Economics* 255 (January). <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108701>.
- Sánchez-Corcuera, Ruben, Adrián Nuñez-Marcos, Jesus Sesma-Solance, Aritz Bilbao-Jayo, Rubén Mulero, Unai Zulaika, Gorka Azkune, and Aitor Almeida. 2019. “Smart Cities Survey: Technologies, Application Domains and Challenges for the Cities of the Future.” *International Journal of Distributed Sensor Networks*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1550147719853984>.
- Sauer, Philipp C., and Stefan Seuring. 2023. “How to Conduct Systematic Literature Reviews in Management Research: A Guide in 6 Steps and 14 Decisions.” *Review of Managerial Science* 17 (5): 1899–1933. <https://doi.org/10.1007/s11846-023-00668-3>.
- Schumacher, Andreas, Tanja Nemeth, and Wilfried Sihn. 2019. “Roadmapping towards Industrial Digitalization Based on an Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing Enterprises.” In *Procedia CIRP*, 79:409–14. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>.
- Sergei, Titov, Trachuk Arkady, Linder Natalya, R. D. Pathak, Danny Samson, Zafar Husain, and S. Sushil. 2023a. “Digital Transformation Enablers in High-Tech and Low-Tech Companies: A Comparative Analysis.” *Australian Journal of Management* 48 (4): 801–43. <https://doi.org/10.1177/03128962231157102>.
- Sergei, Titov, Trachuk Arkady, Linder Natalya, RD Pathak, Danny Samson, Zafar Husain, and S Sushil. 2023b. “Digital Transformation Enablers in High-Tech and Low-Tech

- Companies: A Comparative Analysis.” *Australian Journal of Management* 48 (4): 801–43. <https://doi.org/10.1177/03128962231157102>.
- Shafiei, Mojgan. 2022. “Examining the Impact of Artificial Intelligence on Health Sector Businesses.” *Entrepreneurship Research Journal*. 1 (1): 31-46 [In persian].
- Sharma, Mahak, Rajat Sehrawat, Mihalīs Giannakis, and Yogesh K. Dwivedi. 2024. “RETRACTED ARTICLE: Learnings from Industry 4.0 for Transitioning towards Industry 4.0+: Challenges and Solutions for Indian Pharmaceutical Sector(Annals of Operations Research, (2024), 337, (S27–S28)).” *Annals of Operations Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05391-6>.
- Sharma, Mahak, Rakesh D. Raut, Rajat Sehrawat, and Alessio Ishizaka. 2023. “Digitalisation of Manufacturing Operations: The Influential Role of Organisational, Social, Environmental, and Technological Impediments.” *Expert Systems with Applications* 211 (January). <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118501>.
- Shinde, Amol, Dilip Pawar, and Kunal Sonawane. 2021. “Automation in Pharmaceutical Sector by Implementation of Artificial Intelligence Platform: A Way Forward.” *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology* 10 (7): undefined-undefined. <https://doi.org/10.18203/2319-2003.IJBCP20212387>.
- Simetinger, František, and Josef Basl. 2022. “A Pilot Study: An Assessment of Manufacturing SMEs Using a New Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing Small- and Middle-Sized Enterprises (I4MMSME).” In *Procedia Computer Science*, 200:1068–77. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.306>.
- Singh, Arpit, Ashish Dwivedi, Dindayal Agrawal, and Durgesh Singh. 2023. “Identifying Issues in Adoption of AI Practices in Construction Supply Chains: Towards Managing Sustainability.” *Operations Management Research* 16 (4): 1667–83. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00344-x>.
- Sohn, Kwonsang, and Ohbyung Kwon. 2020. “Technology Acceptance Theories and Factors Influencing Artificial Intelligence-Based Intelligent Products.” *Telematics and Informatics* 47 (April):101324. <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2019.101324>.
- Solaimani, Sam, and Lucas Swaak. n.d. “Critical Success Factors in the Adoption of Artificial Intelligence: A Necessary Condition Analysis.” <https://ssrn.com/abstract=4234144>.
- Soltanzadeh, Javad, Elyasi, Mehdi, Bamdad Sufi, Jahaniar, and Kazazi, Abolfazl. 2017. “Identifying Microfoundations of Innovation Capability in National Pharmaceutical Manufacturing Companies: A Multi-Case Study.” *Management Improvement*. (35): 163-206 [In persian].
- Tijan, Edvard, Marija Jović, Saša Aksentijević, and Andreja Pucihar. 2021. “Digital Transformation in the Maritime Transport Sector.” *Technological Forecasting and Social Change* 170 (September). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120879>.

- UNCTAD. 2021. "Technology and Innovation Report." New York: United Nations. <https://portal.issn.org/resource/ISSN/2076-2917>.
- Varajão, João, Gabriela Fernandes, and António Amaral. 2023. "Linking Information Systems Team Resilience to Project Management Success." *Project Leadership and Society* 4 (December). <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100094>.
- Verma, Anju, and Murugesan Venkatesan. 2022. "HR Factors for the Successful Implementation of Industry 4.0: A Systematic Literature Review." *Journal of General Management*. SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/03063070211019141>.
- Verma, Pratima, Vimal Kumar, Tugrul Daim, Nagendra Kumar Sharma, and Ankesh Mittal. 2022. "Identifying and Prioritizing Impediments of Industry 4.0 to Sustainable Digital Manufacturing: A Mixed Method Approach." *Journal of Cleaner Production* 356 (July). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131639>.
- Wang, Rui, Li ming Guo, Chao Cao, and Yan sheng Chen. 2023a. "The Key Success Factors of the AI Industry Entrepreneurial Process in China Great Bay Area: A Systematic Approach Study." *Technological Forecasting and Social Change* 186 (January). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122170>.
- Wang, Rui, Li-ming Guo, Chao Cao, and Yan-sheng Chen. 2023b. "The Key Success Factors of the AI Industry Entrepreneurial Process in China Great Bay Area: A Systematic Approach Study." *Technological Forecasting and Social Change* 186 (January):122170. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122170>.
- Wang, Shan, Jinwei Di, Dan Wang, Xudong Dai, Yabing Hua, Xiang Gao, Aiping Zheng, and Jing Gao. 2022. "State-of-the-Art Review of Artificial Neural Networks to Predict, Characterize and Optimize Pharmaceutical Formulation." *Pharmaceutics* 14 (1): 183. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14010183>.
- Wankhede, Vishal Ashok, and S. Vinodh. 2021. "Analysis of Industry 4.0 Challenges Using Best Worst Method: A Case Study." *Computers and Industrial Engineering* 159 (September). <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107487>.
- Waqar, Ahsan, Andri, Abdul Hannan Qureshi, Hamad R. Almujiabah, Liza Evianti Tanjung, and Citra Utami. 2023. "Evaluation of Success Factors of Utilizing AI in Digital Transformation of Health and Safety Management Systems in Modern Construction Projects." *Ain Shams Engineering Journal* 14 (11). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102551>.
- Werth, Oliver, Davinia Rodríguez Cardona, Albert Torno, Michael H. Breitner, and Jan Muntermann. 2023. "What Determines FinTech Success?—A Taxonomy-Based Analysis of FinTech Success Factors." *Electronic Markets* 33 (1). <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00626-7>.

- Westenberger, Jens, Kajetan Schuler, and Dennis Schlegel. 2021. "Failure of AI Projects: Understanding the Critical Factors." In *Procedia Computer Science*, 196:69–76. *Elsevier* B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.11.074>.
- Westerman, George, McAfee, Andrew, and Benh, Didier. 2019. *Digital Transformation*. *Tehran*: Nas Publishing [In persian].
- Yang, Li, Haobo Zou, Chao Shang, Xiaoming Ye, and Pratibha Rani. 2023. "Adoption of Information and Digital Technologies for Sustainable Smart Manufacturing Systems for Industry 4.0 in Small, Medium, and Micro Enterprises (SMMEs)." *Technological Forecasting and Social Change* 188 (March). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122308>.
- Yilmaz, Aysegul, Manoj Dora, Behzad Hezarkhani, and Maneesh Kumar. 2022. "Lean and Industry 4.0: Mapping Determinants and Barriers from a Social, Environmental, and Operational Perspective." *Technological Forecasting and Social Change* 175 (February). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121320>.
- Zaslavsky, Jonathan, Pauric Bannigan, and Christine Allen. 2023. "Re-Envisioning the Design of Nanomedicines: Harnessing Automation and Artificial Intelligence." *Expert Opinion on Drug Delivery* 20 (2): 241–57. <https://doi.org/10.1080/17425247.2023.2167978>.
- Zide, Olwethu, and Osden Jokonya. 2021. "Factors Affecting the Adoption of Data Management as a Service (DMaaS) in Small and Medium Enterprises (SMEs)." In *Procedia Computer Science*, 196:340–47. *Elsevier* B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.022>.

