

## استفاده از هوش مصنوعی در بهینه‌سازی تولید

### ستاره زمانی

گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم و فرهنگ، تهران، ایران

### چکیده

با افزایش رقابت در بازار جهانی و نیاز به کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصولات، استفاده از تکنولوژی‌های هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار کلیدی در صنعت تولید مطرح شده است. این مقاله به بررسی روش‌های مختلفی می‌پردازد که هوش مصنوعی می‌تواند در بهبود کارایی تولید، پیش‌بینی تقاضا، مدیریت زنجیره تأمین، نظارت و کنترل کیفیت و غیره مورد استفاده قرار گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد که پیاده‌سازی الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تحلیل کلان داده‌ها می‌تواند به شناسایی الگوهای مخفی در فرآیندهای تولید کمک کند و تصمیم‌گیری‌های بهتری را برای مدیران فراهم آورد. همچنین، این مقاله به چالش‌ها و موانع موجود در راه پذیرش هوش مصنوعی در صنعت تولید نیز اشاره می‌کند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ادغام هوش مصنوعی در فرآیندهای تولید نه تنها می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها منجر شود، بلکه به بهبود کیفیت محصولات و افزایش رضایت مشتری نیز کمک خواهد کرد.

**واژگان کلیدی:** تکنولوژی، هوش مصنوعی، بهینه‌سازی تولید، یادگیری ماشین، بهبود کارایی.

## ۱. مقدمه

در دنیای امروز، صنعت تولید با چالش‌های متعددی مواجه شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به افزایش رقابت، تغییرات سریع در تقاضای بازار و لزوم بهینه‌سازی منابع اشاره کرد. در این راستا، هوش مصنوعی به عنوان ابزاری قدرتمند برای بهبود و بهینه‌سازی فرایندهای تولید شناخته می‌شود. این فناوری پیشرفته در سال‌های اخیر تأثیرات عمیقی بر حوزه‌های مختلف صنعتی و اقتصادی گذاشته است و یکی از مهم‌ترین کاربردهای آن، بهینه‌سازی تولید در صنایع مختلف است. هوش مصنوعی به پیشرفت‌های اخیر در صنعت ۴.۰ کمک می‌کند و با کمک آن صنایع بر بهبود ثبات محصول، بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی تمرکز می‌کنند و می‌خواهند با مشارکت مشترک بین رباتیک و مردم به این هدف برسند. در این سیستم‌ها، هوش مصنوعی به جای اپراتورهای انسانی، وظایفی از قبیل نظارت، تجزیه و تحلیل و تصمیم‌گیری را انجام می‌دهد. فناوری‌های تولید هوشمند شامل قابلیت‌های پردازش کلان داده، دستگاه‌های متصل صنعتی و سیستم‌های رباتیک هستند که به طور هم‌زمان فرآیندهای تولید، بسته‌بندی، حمل و نقل و فروش محصولات را متحول می‌کنند. هدف نهایی توسعه ماشین‌هایی است که قادر به تقلید از فرآیندهای تصمیم‌گیری انسانی باشند، اما این به معنای حذف کامل انسان از فرآیند تولید نیست. بلکه هدف، جایگزینی ماشین‌های دقیق، خستگی‌ناپذیر و سریع به جای انسان‌ها برای بهینه‌سازی تولید و افزایش کارایی است. این رویکرد نه تنها به بهبود کیفیت و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند، بلکه امکان پاسخگویی سریع‌تر به نیازهای بازار را نیز فراهم می‌آورد (Mohammadi & Minaei, 2019).

صنعت ۴.۰ نشان دهنده یک تغییر پارادایم در تولید است که با ادغام فناوری‌های پیشرفته مشخص می‌شود. هم افزایی بین هوش مصنوعی و رباتیک نقش اساسی در تغییر شکل فرآیندهای صنعتی ایفا می‌کند که منجر به افزایش اتوماسیون، استراتژی‌های تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه، روبات همکار<sup>۱</sup>، کنترل کیفیت بهبود یافته و عملیات زنجیره تأمین بهینه می‌شود. الگوریتم‌های هوش مصنوعی ماشین‌ها را برای یادگیری، انطباق و تصمیم‌گیری هوشمندانه توانمند می‌سازد و سازگاری و کارایی در تولید را تقویت می‌کند. ادغام یکپارچه هوش مصنوعی و رباتیک نه تنها فرآیندهای عملیاتی را بهبود می‌بخشد، بلکه رویکردهای جدیدی را برای همکاری انسان و ربات، تضمین کیفیت و مدیریت زنجیره تأمین فراهم می‌کند (Mia & Shuford, 2024). هوش مصنوعی اطلاعات مناسبی را برای تصمیم‌گیری و آگاه کردن افراد از نقص‌های احتمالی فراهم می‌کند. صنایع از هوش مصنوعی برای پردازش داده‌های ارسال شده از دستگاه‌های اینترنت اشیا بر اساس تمایل خود برای ادغام آن‌ها در تجهیزات استفاده خواهند کرد (Javaid et al, 2022). شرکت‌های تولیدی که باید در بازار آزاد جهانی رقابت کنند، بیشتر و بیشتر بر ادامه کیفیت و بهبود عملکرد سیستم‌های تولید تمرکز می‌کنند. کاهش هزینه‌ها و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید نسبت به گذشته اهمیت بسیاری دارد. توسعه و اجرای سریع راه‌حل‌های صنعت ۴.۰ کوتاه‌ترین راه برای ایجاد بهبود اساسی در بهره‌وری، کیفیت و استفاده از منابع است. تغییر اساسی در پارادایم سازماندهی سیستم‌های تولید نیز به دلیل افزایش سریع پیچیدگی محصولات و توسعه مواد جدید برای ساخت ایجاد می‌شود (Oborski & Wysocki, 2022). صنعت ۴.۰ بخش تولید را با محیط‌های صنعتی پویا، شبکه‌ای و پیچیده متحول می‌کند. این محیط‌ها حجم وسیعی از داده‌ها را تولید می‌کنند و برای دستیابی به فرآیندهای تولید هوشمند، کارآمد و پایدار به فناوری و هوش مصنوعی نیاز دارند. ادغام هوش

<sup>1</sup> cobots

مصنوعی در فرآیندهای تولید می‌تواند هزینه‌های تولید و چالش‌های مرتبط با محصول را به طور قابل توجهی بهبود بخشد، همانطور که مطالعات متعدد نشان می‌دهد. هوش مصنوعی شامل کاربردهای مختلفی از جمله امنیت، پیکربندی خودکار، برنامه‌ریزی، کنترل و نظارت، پیش‌بینی و تشخیص و تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات و الگوریتم‌ها برای دستیابی به اهداف صنعتی مانند بازتولید فرآیندهای محصول و نظارت بر عملکرد است. سیستم‌های مدیریت خطا و تغییرات در سطح سیستم و افزایش بهره‌وری به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین از یادگیری ماشین برای تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی داده‌ها برای شناسایی مسائل و برنامه‌ریزی استفاده می‌شود. در عین حال، برای بهبود تولید و کارایی، هوش مصنوعی نقش مهمی در برآورده کردن بالاترین استانداردهای مشتریان در صنعت تولید و به طور مؤثر افزایش کیفیت محصولات دارد. استفاده از فناوری‌های مرتبط در هوش مصنوعی، تغییرات عمیقی در نحوه عملکرد صنایع ایجاد کرده است. از جمله این موارد می‌توان به بهبود نگهداری و کنترل، نظارت بر فرآیندها، بهینه‌سازی فرآیند تولید، مدیریت خدمات و تکنیک‌ها و کاهش پیچیدگی ایجاد تغییرات اشاره کرد (Alenizi et al, 2023).

## ۲. هوش مصنوعی

هوش مصنوعی که در بسیاری از شاخه‌ها محاسبات نرم نامیده می‌شود، به فناوری‌های نوظهوری اشاره دارد که یادگیری ماشین، تجربه و تصمیم‌گیری را فراهم می‌کند. برخلاف روش‌های تحلیلی، هوش مصنوعی از آگاهی و شناخت استفاده می‌کند. از این‌رو، سیستم‌های هوشمند سیستم‌هایی هستند که می‌توانند با تجربه یاد بگیرند. در اینجا، شاید اصطلاح "یادگیری" برای استفاده از ماشین‌ها گمراه‌کننده باشد، اما در حالی که یادگیری ماشین به پیچیدگی یادگیری انسان نیست. در واقع، روش‌های محاسبات نرم، روابط زیربنایی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را کشف و استخراج می‌کنند. این کار با ارائه داده‌های تجربی به هوش مصنوعی انجام می‌شود. سپس، هوش مصنوعی آموزش داده می‌شود و متعاقباً توابع غیرخطی چند بعدی را ارائه می‌دهد. به عبارت دیگر، روش‌های محاسبات نرم، مدل‌های ریاضی هستند که بر اساس داده‌های تجربی عمل می‌کنند. اگر هیچ داده‌ای از جمله داده‌های تجربی، مشاهدات یا الگوها وجود نداشته باشد، هیچ یادگیری و مدل توسعه یافته‌ای وجود نخواهد داشت (Mohammadi & Minaei, 2019). هوش مصنوعی را می‌توان به عنوان مطالعه و طراحی سیستم‌های هوشمندی تعریف کرد که برای انجام برخی اقدامات و به حداکثر رساندن احتمال موفقیت آن عمل می‌کنند. هوش مصنوعی هنگامی که در ترکیب با صنعت ۴.۰ استفاده می‌شود، رویای همگرایی انسان و ماشین را با هم برای تحول دیجیتالی صنعت ایجاد می‌کند. شبکه‌های عصبی، یادگیری عمیق و یادگیری تقویتی به همراه فناوری‌های شناختی می‌توانند برای طراحی ماشین‌های هوشمند با پردازش زبان طبیعی مورد استفاده قرار گیرند و در نتیجه کارایی سیستم را تقویت کنند (Mathew et al, 2023). رویکردهای هوش مصنوعی در صنعت ۴.۰ عبارتند از (Alenizi et al, 2023):

۱. امکان مدیریت شعب مختلف با استفاده از سیستم‌های هوشمند؛ بسیاری از رویدادها با نظارت سازماندهی می‌شوند. در مواقع لزوم اختراهایی برای خطا یا مشکل صادر می‌شود و تجربیات مجازی امکان نظارت بر شعب در مکان‌های مختلف را فراهم می‌کند.

۲. قبلاً سیستم‌ها به درستی کار می‌کردند و در صورت بروز مشکل، خطا رخ می‌داد و سیستم از کار می‌افتاد. با این حال، با کمک سیستم‌های نظارتی، سیستم به طور مداوم با نظارت یکپارچه تجزیه و تحلیل می‌شود. این تجزیه و تحلیل به کشف مشکل قبل از وقوع کمک می‌کند و هزینه مدیریت آن کاهش می‌یابد.
۳. با کمک هوش مصنوعی می‌توان سناریوها را شبیه‌سازی کرد. با استفاده از این سناریوها می‌توان پارامترها را بهینه و در نهایت سناریو و عملکرد سیستم را بهبود بخشید.
۴. یافتن الگوها و پیش‌بینی آینده را می‌توان به سرعت با کمک هوش مصنوعی انجام داد و این باعث بهبود مدیریت سیستم، کاهش هزینه‌های سیستم در کوتاه مدت و استفاده بهتر از منابع انسانی و دارایی‌های سیستم می‌شود.

### ۳. کاربردها و مزایای هوش مصنوعی در تولید

#### ۳.۱ تعمیر و نگهداری تجهیزات

تعمیر و نگهداری تجهیزات برای رقابت‌پذیری یک شرکت اساسی است، زیرا اقدامات انجام شده در این سطح تأثیر مستقیمی بر جنبه‌هایی مانند هزینه و کیفیت محصولات دارد. بنابراین، خرابی تجهیزات باید شناسایی و برطرف شود. ابزارهای هوش مصنوعی، به ویژه یادگیری ماشین، پتانسیل بسیار زیادی در تجزیه و تحلیل مقادیر زیادی از داده‌ها دارند که اکنون به راحتی در دسترس هستند، بنابراین با هدف بهبود در دسترس بودن سیستم‌ها، کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، و افزایش عملکرد عملیاتی و پشتیبانی در تصمیم‌گیری مؤثر هستند (Cardoso & Ferreira, 2020). چالش همیشگی بهینه‌سازی راندمان تولید و اثربخشی تعمیر و نگهداری در قلب عملیات یک شرکت قرار دارد. این دو عملکرد با تولید کارآمد با تکیه بر تجهیزات به خوبی نگهداری شده و تعمیر و نگهداری مؤثر که اختلالات تولید را به حداقل می‌رساند، به طور پیچیده با هم مرتبط هستند. در این زمینه، تجزیه و تحلیل روش‌های مورد استفاده برای بهینه‌سازی این دو سرویس به عنوان بخشی از تکامل ابزارهای هوش مصنوعی مهم است (Soudani et al, 2024). در حال حاضر، در بخش تولید، داده‌های گسترده در مورد وضعیت سلامت و نگهداری تجهیزات اغلب به لطف فناوری‌های صنعت ۴.۰ در دسترس است. برنامه‌ریزی تعمیر و نگهداری تجهیزات را می‌توان در پیوند با استراتژی‌های تعمیر و نگهداری متفاوت در نظر گرفت که به سه کلاس اصلی تقسیم می‌شوند: تعمیر و نگهداری مبتنی بر زمان، مبتنی بر سن و مبتنی بر شرایط. در واقع، عملیات تعمیر و نگهداری به ترتیب بر اساس زمان و سن سیستم در تعمیر و نگهداری مبتنی بر زمان و مبتنی بر سن برنامه‌ریزی می‌شود، در حالی که بر اساس وضعیت سلامت سیستم، تعمیر و نگهداری مبتنی بر شرایط پیشنهاد می‌شود (Nguyen et al, 2022).

#### ۳.۲ پیش‌بینی تقاضا

امروزه شرکت‌ها با سناریوهای بسیار پیچیده‌ای مواجه هستند که با شرایط غیرقابل پیش‌بینی مانند بحران مالی، بیماری‌های همه‌گیر، تغییرات آب و هوایی، محدودیت‌های عرضه مشخص می‌شود. علاوه بر این، افزایش تقاضا برای محصولات کاملاً سفارشی‌شده در کوتاه‌ترین زمان ممکن این وضعیت را تشدید کرده است. این پیچیدگی فزاینده مانع شفافیت مطلوب جریان مواد و اطلاعات بین اعضای زنجیره تأمین می‌شود، که برای اطمینان از موفقیت برنامه‌ریزی زنجیره تأمین و بهبود انعطاف‌پذیری کلی زنجیره ارزش ضروری است. پیش‌بینی تقاضا مبنای محکمی برای فرآیندهای برنامه‌ریزی و تدارکات است

که زنجیره تأمین را پاسخگوتر و کارآمدتر می‌کند. بنابراین، بهبود روش‌های پیش‌بینی تقاضا برای تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان اهمیت بیشتری پیدا کرده است. روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضا وجود دارد از جمله روش‌های آماری، روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و ترکیبی؛ که ویژگی‌های یک مدل آماری را با مدلی از حوزه هوش مصنوعی ترکیب می‌کنند. روش‌های آماری نتایج پیش‌بینی دقیقی را ارائه می‌دهند و بسیار مفید هستند. اما در حال حاضر، به دلیل افزایش حجم داده‌ها، این روش‌های کلاسیک با چالش‌هایی روبرو هستند و همیشه نیازهای شرکت‌های تولیدی را برآورده نمی‌کنند. بنابراین با استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین روش‌های جدیدی پیشنهاد شده‌اند که پیش‌بینی سری‌های زمانی سنتی را با روش‌های یادگیری ماشین ترکیب می‌کنند یا از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای اصلاح و بهبود فرآیند پیش‌بینی تقاضا استفاده می‌کنند (Mediavilla et al, 2022). ادغام فناوری هوش مصنوعی، تجزیه و تحلیل و استفاده از حجم وسیعی از داده‌ها را به طور فزاینده‌ای ارزشمند کرده است. به طور خاص، پیش‌بینی تقاضا با حداکثر دقت برای مدیریت دولت و کسب و کار در زمینه‌های مختلف مانند مالی، تدارکات، تولید و بازاریابی بسیار مهم است. در این مورد، استفاده از یک مدل مناسب که الگوی تقاضا را برای هر رشته در نظر می‌گیرد، ضروری است. امکان تجزیه و تحلیل الگوهای پیچیده داده‌های واقعی وجود دارد که می‌توانند با یک مدل سری زمانی سنتی یا مدل رگرسیونی تهیه شوند. با این حال، انتخاب مدل مناسب در بین مدل‌های مختلف بدون دانش قبلی دشوار است. بسیاری از مطالعات مبتنی بر تکنیک‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین و یادگیری عمیق ثابت شده‌اند که بر این مشکلات غلبه می‌کنند (Jeong & Lim, 2019).

### ۳.۳ بهینه‌سازی زنجیره تأمین

فناوری هوش مصنوعی به سرعت در حال تکامل است و تأثیر زیادی بر بسیاری از صنایع از جمله مدیریت زنجیره تأمین دارد. هوش مصنوعی می‌تواند برای خودکارسازی وظایف، بهبود تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی فرآیندها استفاده شود که منجر به بهبود قابل توجهی در کارایی، بهره‌وری و سودآوری می‌گردد (Gholamrezaei et al, 2023). برخی از رایج‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی در زنجیره تأمین عبارتند از (Maleki, 2023):

- پیش‌بینی تقاضا: هوش مصنوعی می‌تواند برای پیش‌بینی تقاضای آینده برای محصولات و خدمات استفاده شود. از این اطلاعات می‌توان برای بهینه‌سازی سطوح موجودی، برنامه‌های تولید و مسیرهای حمل و نقل استفاده کرد.
- مدیریت ریسک: هوش مصنوعی می‌تواند برای شناسایی و کاهش خطرات در زنجیره تأمین استفاده شود. این می‌تواند شامل خطراتی مانند بلایای طبیعی، حملات سایبری و اختلال در تأمین‌کنندگان باشد.
- مدیریت انبار: هوش مصنوعی می‌تواند برای خودکارسازی کارهایی مانند برداشت، بسته‌بندی و حمل و نقل استفاده شود و کارایی و دقت را بهبود بخشد.
- مدیریت حمل و نقل: از هوش مصنوعی می‌توان برای بهینه‌سازی مسیرها و برنامه‌های حمل و نقل استفاده کرد و هزینه‌ها را کاهش داد و زمان تحویل را بهبود بخشید.
- خدمات مشتری: هوش مصنوعی می‌تواند برای ارائه پشتیبانی از مشتری در زمان واقعی استفاده شود و رضایت و وفاداری مشتری را بهبود بخشد.

استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین می‌تواند چندین مزیت را ارائه دهد، از جمله (Khadem et al, 2023):

- بهره‌وری: هوش مصنوعی می‌تواند وظایفی را که در حال حاضر توسط انسان انجام می‌شود خودکار کند و کارمندان را آزاد کند تا بر فعالیتهای استراتژیک‌تر تمرکز کنند. این می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری شود.
- کاهش هزینه‌ها: هوش مصنوعی می‌تواند به شناسایی و حذف زباله در زنجیره تأمین کمک کند. این می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های حمل و نقل، موجودی و سایر هزینه‌ها شود.
- بهبود نگرش: هوش مصنوعی می‌تواند نگرش بلادرنگ در زنجیره تأمین را فراهم کند. این می‌تواند به شناسایی و حل سریع مشکلات کمک کند و رضایت مشتری را بهبود بخشد.
- افزایش چابکی: هوش مصنوعی می‌تواند به کسب و کارها کمک کند تا سریع‌تر به تغییرات تقاضا یا عرضه پاسخ دهند. این امر منجر به بهبود خدمات مشتری و کاهش خطر کمبود کالا می‌شود.
- تصمیم‌گیری پیشرفته: هوش مصنوعی می‌تواند به کسب و کارها کمک کند تا در مورد موجودی، حمل و نقل و سایر فعالیتهای زنجیره تأمین تصمیمات بهتری بگیرند و منجر به بهبود سودآوری شود.

#### ۳.۴ نظارت و کنترل کیفیت

استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی در نظارت و کنترل کیفیت می‌تواند به شناسایی مشکلات در فرآیند تولید کمک کند. با استفاده از حسگرها و سیستم‌های بینایی ماشین، می‌توان به طور خودکار کیفیت محصولات را اندازه‌گیری کرد و در صورت نیاز به اصلاح، سریعاً اقدام کرد. کنترل کیفیت با هوش مصنوعی به کارگیری تکنولوژی‌های پیشرفته مانند یادگیری ماشین و پردازش تصویر برای بهبود فرآیندهای کنترل کیفیت در صنایع مختلف است. این فناوری‌ها با دقت و سرعت بالا قادر به شناسایی عیوب محصولات هستند و می‌توانند از طریق تحلیل کلان داده‌ها الگوهای مهم را شناسایی کنند. همچنین، هوش مصنوعی می‌تواند مشکلات را پیش‌بینی کرده و بهینه‌سازی زنجیره تأمین را تسهیل کند، که در نهایت منجر به افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها در فرآیند تولید می‌شود. سیستم‌های کنترل کیفیت بر اساس موارد مختلف ارزیابی می‌شوند مانند ابعاد هندسی، نوع مواد و پارامترهای بصری. اندازه‌گیری پارامترهای بصری به طور خودکار دشوار است. به این ترتیب می‌توان وضعیت سطح یک محصول و همچنین صحت پردازش یا کامل بودن یک محصول را تأیید کرد. علاوه بر این، آزمایش را می‌توان اغلب بدون نیاز به توقف اشیاء منتقل شده و دستکاری آنها انجام داد. با این حال مشکل تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده و فرض صحت آن است. امیدوارکننده‌ترین آنها الگوریتم‌های هوش مصنوعی، از جمله الگوریتم‌های یادگیری ماشین عمیق مبتنی بر شبکه‌های عصبی هستند. سیستم‌های کنترل کیفیت بصری می‌توانند به طور بالقوه برای ارزیابی کیفیت محصولات نهایی، کیفیت اجزای ساخته شده و همچنین برای ارزیابی عملکرد صحیح ایستگاه‌های کاری و خطوط تولید مورد استفاده قرار گیرند. آنها همچنین می‌توانند به عنوان منابع اطلاعاتی برای کنترل ایستگاه‌های تولید خودکار استفاده شوند. آموزش و استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین هنوز در حوزه‌های وسیعی از کاربردها مؤثر نیست و برای آموزش به مجموعه‌های داده‌های بزرگ نیاز دارد، که محدودیتی قابل توجه در تولید واحد یا قطعه کوچک است. این الگوریتم‌ها همچنین به کامپیوترهای گران قیمت با قدرت محاسباتی بالا نیاز دارند (Oborski & Wysocki, 2022). اگرچه ابزارهای مجهز به هوش مصنوعی می‌توانند تأثیری دگرگون کننده بر کیفیت داشته باشند، تجربه نشان داده است که وجود ابزارهای باکیفیت به تنهایی برای ایجاد عملکرد عالی کافی نیست. در واقع، این امکان وجود دارد که ابزارهای مجهز به هوش مصنوعی که با هدف

بهبود کیفیت عملکرد بالینی توسعه یافته‌اند، در واقع به جای تسهیل تلاش‌ها برای کنترل کیفیت گسترده، مانع از آن شوند (Larson & Boland, 2019).

### ۳.۵ اتوماسیون فرآیندها

هوش مصنوعی به سرعت در حال تکامل است و ادغام هوش مصنوعی با اتوماسیون شروع شده است تا زمینه کسب و کار را تغییر دهد. شرکت‌ها و کسب‌وکارها بر روی استفاده از هوش مصنوعی با پیشرفت‌های اتوماسیون متمرکز هستند تا از مهارت‌ها و برتری‌های جدید بهره ببرند. هوش مصنوعی بر چگونگی واداشتن ماشین‌ها یا رایانه‌ها به انجام فعالیت‌های مشابه تمرکز دارد، البته نه اساساً به همان روشی که انسان‌ها یا حیوانات ممکن است آن‌ها را انجام دهند. با گذشت زمان، ما به فناوری خودکار نیاز پیدا کرده‌ایم. تقریباً در هر بخش از زندگی ما شروع می‌شود، از درب‌های اتوماتیک گرفته تا روبات‌های خط کارگاه، تا اتوماسیون فرآیند فروش. با انبوه داده‌ها و توسعه مهارت‌های اتوماسیون، دولت‌ها به دنبال این هستند که چگونه می‌توانند فرآیندهای تجاری را برای دستیابی به بهره‌وری عملیاتی بیشتر بهبود بخشند. اتوماسیون فرآیندها با هوش مصنوعی به معنای استفاده از تکنیک‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی و خودکارسازی وظایف تکراری و زمان‌بر است. این فناوری به کسب‌وکارها کمک می‌کند تا کارایی را افزایش، خطاها را کاهش و زمان پاسخگویی را بهبود بخشند. پلتفرم‌های هوشمند اتوماسیون می‌توانند نقش تعیین‌کننده‌ای در تحول تولید مدرن داشته باشند (Donepudi, 2018). اقتصاددانان می‌گویند صنعت ۴.۰ با کمک هوش مصنوعی با افزایش سود صنعت، دنیای دیجیتال را در سراسر جهان واقعی خواهد کرد. تخمین زده می‌شود که با افزایش تعداد روبات‌ها در فرآیند اتوماسیون صنعتی و تحول دیجیتال، بازار تولید جهانی تا سال ۲۰۲۱ دارای نرخ درآمد سالانه ۳۲۰ دلار خواهد بود (Mathew et al, 2023).

اتوماسیون فرآیند رباتیک<sup>۱</sup> در پنج سال گذشته به عنوان مجموعه‌ای از ابزارها و پلتفرم‌های نرم‌افزاری ظاهر شده است که می‌تواند وظایف را در فرآیند کسب‌وکار مبتنی بر قوانین خودکار کند. فناوری با سرعت بی‌سابقه‌ای در حال حرکت است و انتظار می‌رود مشاغل همگام با تغییرات باشند تا از مخاطره‌آمیز بودن و مطلق بودن اجتناب کنند. مدیران از طیف گسترده‌ای از فناوری برای افزایش مزیت رقابتی استفاده می‌کنند. به‌کارگیری اتوماسیون فرآیند رباتیک؛ سود بیشتری را نوید می‌دهد، به همین دلیل است که فرآیند کسب‌وکار یا اتوماسیون گردش کار در دهه گذشته در حال رشد بوده است. RPA جایگزین انسان با ربات‌ها برای اقدامات تکراری و مبتنی بر قانون در فرآیند کسب و کار است، این ربات‌ها از عملکرد کارگر در رایانه تقلید می‌کنند. با RPA، کسب‌وکار می‌تواند نیروی کار دیجیتالی ایجاد کند که وظایف را سریع‌تر، دقیق‌تر و مقرون به صرفه‌تر انجام دهد. همچنین به سازمان کمک می‌کند تا به نیروی کار چابک‌تر و کارآمدتری دست یابد. برای تسریع افزایش بهره‌وری، RPA باید بر روی عملکردهای کلیدی شرکت که فرآیندهای معاملاتی تکراری، استاندارد شده و فعالیت‌هایی مانند امور مالی، انطباق، خزانه‌داری و بازاریابی هستند، اجرا شود. اکنون زمان آن فرا رسیده است که سازمان‌ها از پذیرش RPA اطمینان حاصل کنند. مزایای ارائه شده توسط RPA سر و صدای زیادی در محیط کسب و کار ایجاد کرده است، پذیرندگان اولیه نیز اهمیت و نتایج مقرون به صرفه آن را تصدیق کرده‌اند (Dechamma & Shobha, 2020).

<sup>1</sup> RPA



## ۳.۶ شبیه‌سازی و مدل‌سازی

کاربرد عمیق تکنیک‌های نسل جدید فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی در تولید، توسعه نسل جدید تولید هوشمند را تسهیل کرده است. نسل جدید تولید هوشمند بر یکپارچگی عمیق و همکاری کارآمد بین افراد، سیستم‌های اطلاعاتی و سیستم‌های فیزیکی تأکید دارد (Zhang et al, 2019). در کارخانه‌های هوشمند، ربات‌ها، ابزارها و قطعات هوشمند به طور مداوم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و با یکدیگر همکاری دارند که منجر به تولید خودسازماندهی و خودبهینه‌سازی می‌شود. اهمیت کارخانه‌های هوشمند این است که تولید را رقابتی‌تر، کارآمدتر، انعطاف‌پذیرتر و پایدارتر کند. شبیه‌سازی و مدل‌سازی با هوش مصنوعی به فرآیند ایجاد مدل‌های دیجیتال از سیستم‌های واقعی یا فرضی اشاره دارد که به کمک الگوریتم‌های هوش مصنوعی، رفتار و واکنش‌های این سیستم‌ها را پیش‌بینی می‌کند. با استفاده از داده‌های تاریخی و یادگیری ماشین، این مدل‌ها می‌توانند به شبیه‌سازی سناریوهای مختلف بپردازند و به تحلیل دقیق‌تری از نتایج بالقوه دست یابند. این رویکرد در حوزه‌های مختلفی مانند مهندسی، علوم اجتماعی، پزشکی و اقتصاد کاربرد دارد و به تصمیم‌گیری بهتر و بهینه‌سازی فرآیندها کمک می‌کند. به علاوه، شبیه‌سازی‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند به شناسایی الگوها و روندهای پنهان در داده‌ها کمک کنند و به توسعه راه‌حل‌های نوآورانه منجر شوند. بررسی‌ها نشان داده است با استفاده از روش‌های شبیه‌سازی و هوش مصنوعی مسیر حرکت ربات بهبود می‌یابد که منجر به صرفه‌جویی در زمان و بهبود قابل توجهی در بهره‌وری می‌شود. می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد کارخانه‌های هوشمند در آینده ضروری خواهد بود و به کارگیری روش‌های شبیه‌سازی و هوش مصنوعی برای ربات‌های همکار برای بهره‌برداری کارآمد و بهینه فرآیندهای تولید مورد نیاز است (Benotsmane et al, 2019).

## ۴. چالش‌های هوش مصنوعی در بهینه‌سازی تولید

هوش مصنوعی در بهینه‌سازی تولید با چالش‌هایی نیز همراه است که عبارتند از (Peres et al, 2020):

### • در دسترس بودن داده‌ها

هوش مصنوعی پتانسیل فوق‌العاده‌ای در طیف وسیعی از کاربردهای تولیدی، از طبقه‌بندی نقص در کنترل کیفیت، تا تشخیص عیب در تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه، ارگونومی و کمک‌های انسانی در کارهای دستی نشان داده است. با این حال، در دسترس بودن داده‌ها به عنوان یک چالش بزرگ شناسایی شده است، زیرا حجم قابل توجهی از کار تحقیقاتی بر این فرض استوار است که داده‌های کافی برای آموزش موفقیت آمیز و اعتبارسنجی مدل‌ها در دسترس باشد. یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به طور خاص به مقادیر بسیار زیادی داده برای دستیابی به تعمیم مناسب و جلوگیری از برازش بیش از حد نیاز دارند. با این حال، در محیط‌های واقعی، داده‌ها از تنظیمات، شرایط و پیکربندی‌های مختلف اغلب کمیاب هستند (مانند خرابی‌ها، نقص‌ها، مصرف انرژی)، با توجه به اینکه اینها معمولاً حالت‌های نامطلوب سیستم را نشان می‌دهند و به دست آوردن داده‌های مذکور با رویه‌های پذیرفته‌شده کنونی غیرممکن است. علاوه بر این، برجسب‌گذاری داده‌های خام یک تلاش زمان‌بر و پرهزینه است که در این زمینه اغلب به تخصص و دانش حوزه نیاز دارد.



## • کیفیت داده

مدل‌های صنعتی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به شدت به داده‌های آموزشی دقیق، صحیح و اغلب با برچسب مناسب (در رویکردهای نظارت شده) برای تولید نتایج مفید متکی هستند. این امر کیفیت داده‌ها را به یک عامل مهم تبدیل می‌کند. داده‌ها را می‌توان در چهار بعد اصلی سازماندهی کرد: (۱) ذاتی، (۲) زمینه‌ای، (۳) بازنمایی، (۴) دسترس‌پذیری.

## • امنیت سایبری و حریم خصوصی

بدیهی است که ترکیب صنعت ۴.۰ از منابع داده‌های متعدد و فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا، محاسبات ابری، هوش مصنوعی و بلاک چین، کارایی عملیات کل فرآیندهای تولید را افزایش می‌دهد. با این وجود، این امر همچنین به تهدیدات احتمالی امنیت سایبری، به‌ویژه در زمینه جمع‌آوری حجم زیادی از داده‌ها برای پردازش متمرکز، که نگرانی‌های شدیدی را در مورد حفظ حریم خصوصی ایجاد می‌کند، منجر می‌شود. اخیراً، رویکردهای یادگیری مشارکتی به عنوان راهی برای کاهش مسائل مربوط به حریم خصوصی و مقیاس‌پذیری فوق‌الذکر، شروع به ظهور کرده‌اند. مطالعات اخیر نشان داده است که حتی در سناریوهای یادگیری مشارکتی می‌توان چندین خطر را یافت، به ویژه در مورد حملات مهندسی معکوس که می‌تواند اطلاعات حساس در مورد مجموعه داده‌ها را استخراج کند.

## • حکومت

### ۱. تبیین و روشن‌سازی ماهیت

"جعبه سیاه" برخی از راه‌حل‌های هوش مصنوعی صنعتی، عامل مهمی برای درک بهتر فناوری توسط ذینفعان و تسهیل پذیرش گسترده آن در صنعت است. اگر فرآیندها به راحتی قابل تجزیه و تحلیل و تأیید توسط کارشناسان حوزه باشند، متقاعد کردن ذینفعان برای پذیرش آن آسان‌تر خواهد بود.

### ۲. انصاف و تعصب

موضوع انصاف و تعصب چالش‌برانگیز است، زیرا هیچ تعریف جهانی از انصاف وجود ندارد. تعصب می‌تواند از منابع مختلفی ناشی شود و اقدامات متعددی برای کاهش آن وجود دارد. یکی از اولین مراحل در کاهش ناعدالتی و تعصب در هوش مصنوعی، انجام ممیزی است.

### ۳. تصورات غلط رایج

تفسیرپذیری، انصاف و تعصب از جنبه‌های مهمی هستند که باید در هوش مصنوعی صنعتی مد نظر قرار گیرند. اما این بدان معنا نیست که الگوریتم‌ها باید همیشه به طور کامل یا قابل تفسیر و عادلانه باشند. در نهایت، باید به زمینه و کاربرد مورد نظر توجه کرد و ارزیابی کرد که آیا بهبود تفسیرپذیری یا انصاف تأثیر منفی بر عملکرد یا امنیت مدل دارد یا خیر.

## ۵. نتیجه‌گیری

استفاده از هوش مصنوعی در بهینه‌سازی تولید، فرصتی بی‌نظیر برای صنایع است تا کارایی و کیفیت محصولات خود را افزایش دهند. با وجود چالش‌ها، پتانسیل این فناوری برای تحول در فرایندهای تولیدی غیرقابل انکار است و می‌تواند به عنوان ابزاری کلیدی در دستیابی به موفقیت‌های بیشتر در آینده عمل کند. یکی از مسائل اصلی، نیاز به داده‌های با کیفیت بالا و حجم مناسب برای آموزش الگوریتم‌هاست. بسیاری از صنایع هنوز در جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها با مشکلاتی مواجه هستند. علاوه بر این، هزینه‌های بالای پیاده‌سازی و نیاز به نیروی کار متخصص نیز می‌تواند مانع از پذیرش گسترده این فناوری شود. همچنین، عدم درک کامل از مزایای هوش مصنوعی و مقاومت فرهنگی در برابر تغییرات نیز از دیگر چالش‌ها به شمار می‌روند.

## منابع

1. Alenizi, F. A., Abbasi, S., Mohammed, A. H., & Rahmani, A. M. (2023). The artificial intelligence technologies in Industry 4.0: A taxonomy, approaches, and future directions. *Computers & Industrial Engineering*, 109662.
2. Benotsmane, R., Kovács, G., & Dudás, L. (2019). Economic, social impacts and operation of smart factories in Industry 4.0 focusing on simulation and artificial intelligence of collaborating robots. *Social Sciences*, 8(5), 143.
3. Cardoso, D., & Ferreira, L. (2020). Application of predictive maintenance concepts using artificial intelligence tools. *Applied Sciences*, 11(1), 18.
4. Dechamma, P. R., & Shobha, N. S. (2020). A review on robotic process automation. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(5), 237-244.
5. Donepudi, P. K. (2018). Application of artificial intelligence in automation industry. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 7(1), 7-20.
6. Gholamrezaei, A., Shabbooei, A. R., & Ghaferin, S. A. (2023). Application of novel and green technology in industry. *International journal of industrial engineering and operational research*, 5(1), 1-7.
7. Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Artificial intelligence applications for industry 4.0: A literature-based study. *Journal of Industrial Integration and Management*, 7(01), 83-111.
8. Jeong, H., & Lim, C. (2019). A review of artificial intelligence based demand forecasting techniques. *The Korean Journal of Applied Statistics*, 32(6), 795-835.
9. Khadem, M., Khadem, A., & Khadem, S. (2023). Application of artificial intelligence in supply chain revolutionizing efficiency and optimization. *International journal of industrial engineering and operational research*, 5(1), 29-38.
10. Larson, D. B., & Boland, G. W. (2019). Imaging quality control in the era of artificial intelligence. *Journal of the American College of Radiology*, 16(9), 1259-1266.
11. Maleki, E. (2023). Resiliency in supply chain. *International journal of industrial engineering and operational research*, 5(1), 8-18.
12. Mathew, D., Brintha, N. C., & Jappes, J. W. (2023). Artificial intelligence powered automation for industry 4.0. In *New Horizons for Industry 4.0 in Modern Business* (pp. 1-28). Cham: Springer International Publishing.
13. Mediavilla, M. A., Dietrich, F., & Palm, D. (2022). Review and analysis of artificial intelligence methods for demand forecasting in supply chain management. *Procedia CIRP*, 107, 1126-1131.

14. Mia, M. R., & Shuford, J. (2024). Exploring the Synergy of Artificial Intelligence and Robotics in Industry 4.0 Applications. *Journal of Artificial Intelligence General science (JAIGS) ISSN: 3006-4023*, 1(1).
15. Mohammadi, V., & Minaei, S. (2019). Artificial intelligence in the production process. In *Engineering tools in the beverage industry* (pp. 27-63). Woodhead Publishing.
16. Oborski, P., & Wysocki, P. (2022). Intelligent visual quality control system based on convolutional neural networks for Holonic shop floor control of industry 4.0 manufacturing systems. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 16(2), 89-98.
17. Peres, R. S., Jia, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W., & Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE access*, 8, 220121-220139.
18. Soudani, M. L., Nissabouri, S., & Ech-Chhibat, M. E. H. (2024, May). Maintenance and Production Optimization using artificial intelligence (AI) Tools: A Bibliometric Analysis and Review. In *2024 4th International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology (IRASET)* (pp. 1-8). IEEE.
- Nguyen, V. T., Do, P., Vosin, A., & Iung, B. (2022). Artificial-intelligence-based maintenance decision-making and optimization for multi-state component systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 228, 108757.
19. Zhang, L., Zhou, L., Ren, L., & Laili, Y. (2019). Modeling and simulation in intelligent manufacturing. *Computers in Industry*, 112, 103123.