



واحد مطالعات آماری و راهبردی دبیرخانه
انجمن صنایع نساجی ایران

۱۱۶

چشم‌انداز تحول صنعت نساجی ایران با بهره‌گیری از هوش مصنوعی

تهیه، تنظیم و گردآوری:  سیمین بختیاری



تابستان ۱۴۰۴

استفاده از مطالب این جزوه با ذکر مأخذ بلامانع است

مقدمه

صنعت نساجی به عنوان یکی از کهن ترین صنایع جهان، از انقلاب صنعتی اول تا ورود ماشین های خودکار همواره با تحولات فناورانه همراه بوده است. در سال های اخیر، ظهور هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) به عنوان یکی از ارکان اصلی انقلاب صنعتی چهارم ، موج جدیدی از تغییر و تحول را در این صنعت پدید آورده است. این فناوری با بهره گیری از الگوریتم های یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین و تحلیل کلان داده، قابلیت بهینه سازی فرآیندهای تولید، پیش بینی تقاضا، شناسایی الگوهای مصرف و طراحی خودکار محصولات را فراهم می سازد.

در صنعت نساجی، هوش مصنوعی موجب تحول در حوزه هایی نظیر طراحی پارچه، کنترل کیفیت، مدیریت زنجیره تأمین، و شخصی سازی تجربه مشتری شده است. این فناوری نه تنها زنجیره تأمین را هوشمندتر و پاسخگوتر ساخته، بلکه بستری برای نوآوری در طراحی، تولید منسوجات هوشمند و توسعه مدل های کسب و کار جدید فراهم کرده است. این گزارش با هدف بررسی نقش هوش مصنوعی در تحول صنعت نساجی، به تحلیل کاربردهای آن در بخش های مختلف این صنعت و چشم انداز آن در شکل دهی آینده ای هوشمند، پایدار و رقابتی می پردازد..

فهرست مطالب

فصل اول	۴
هوش مصنوعی و انقلاب صنعتی ۴۰-۵۰	۴
۱-۱-انقلاب‌های صنعتی و تحول تولید	۶
۱-۲-توسعه هوش مصنوعی در صنعت ۴۰	۸
۱-۳-اجزای سازنده صنعت ۵۰ و تأثیر آن‌ها بر فرآیندهای تولید آینده	۹
۱-۴-گذار از صنعت ۴۰ به صنعت ۵۰	۱۳
۱-۵-نقش هوش مصنوعی در صنعت ۵۰	۱۵
فصل دوم	۱۸
هوش مصنوعی در صنایع ایران و جهان	۱۸
۲-۱-ظهور هوش مصنوعی و صنعت	۱۹
۲-۲-کاربرد هوش مصنوعی در صنعت تولید	۲۱
۲-۳-چالش‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت تولید	۲۶
۲-۴-مرووری بر تحولات هوش مصنوعی در صنایع مختلف	۲۹
فصل سوم	۳۵
حضور هوش مصنوعی در صنعت نساجی	۳۵
۳-۱-بررسی بازار صنعت نساجی از نقطه‌نظر هوش مصنوعی	۳۶
۳-۲-نقش هوش مصنوعی در زنجیره تامین صنعت نساجی	۴۰
۳-۳-شرکت‌های پیشرو در توسعه هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک	۴۳
۳-۴-شرکت‌های پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک	۴۵
۳-۵-صنعت ۵۰ و تحول در صنعت نساجی	۵۵
۳-۶-برندهای پیشرو در صنعت ۵۰	۵۸
۳-۷-فرصت‌ها و راهبردهای توسعه نساجی هوشمند در ایران	۶۳
منابع	۶۵

فصل اول

هوش مصنوعی و انقلاب صنعتی ۰۴ - ۰۵



انقلاب‌های صنعتی همواره به‌عنوان نقاط عطف در تاریخ فناوری و تحولات اجتماعی شناخته می‌شوند که تأثیرات آن‌ها به‌شکل گسترده‌ای بر شیوه‌های زندگی انسان‌ها، تعاملات اجتماعی آن‌ها و تولید محصولات تأثیر گذاشته است. در طول تاریخ، هر انقلاب صنعتی با معرفی نوآوری‌هایی در زمینه فناوری و روش‌های تولید همراه بوده، که نه تنها موجب تغییر در فرآیندهای صنعتی گشته، بلکه دگرگونی‌های عمیقی در ساختارهای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جوامع به همراه داشته است.

حرکت صنایع از انقلاب صنعتی اول تا پنجم، نماد تحولات گسترده فناوری و تأثیرات عمیق آن بر جامعه است. در صنعت ۱.۰ با ورود موتورهای بخار و آبی، تحولی بزرگ در صنایع نساجی، فولاد، زغال‌سنگ و حمل‌ونقل ایجاد شده است. در صنعت ۲.۰، کشف برق منجر به انقلابی در تولید انبوه، اتوماسیون، مخابرات و صنایع شیمیایی گردیده است. با ظهور صنعت ۳.۰، دستگاه‌های دیجیتال و الکترونیکی رشد چشمگیری یافته‌اند و این انقلاب صنعتی به گسترش رایانه‌ها، اینترنت، ربات‌ها، حسگرها و نرم‌افزارها انجامیده است. در صنعت ۴.۰، ادغام سیستم‌های سایبری و فیزیکی مشاهده شده که به تشکیل کارخانه‌های خودکار و گسترش اینترنت اشیاء منجر گردیده است. در صنعت ۵.۰ تعامل انسان‌ها و ربات‌ها شکل می‌گیرد و بار دیگر انسان در مرکز امور قرار داده می‌شود.

هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی انقلاب صنعتی چهارم، به‌عنوان یک ابزار نوآورانه، تحولی بنیادین در صنایع مختلف ایجاد کرده و بسیاری از فرآیندهای تولیدی، تجاری و مدیریتی را به سمت اتوماسیون، بهینه‌سازی و هوشمندسازی سوق داده است. این فصل تلاش خواهد کرد تا پیوند میان این انقلاب‌ها و نقش برجسته هوش مصنوعی در شکل‌گیری آن‌ها را تبیین کند. در این فصل، ابتدا به تعریف و تحلیل ماهیت انقلاب‌های صنعتی و تأثیرات آن‌ها بر جوامع مختلف پرداخته می‌شود. سپس، نقش انقلاب صنعتی ۴.۰ و ۵.۰ در زمینه هوش مصنوعی بررسی خواهد شد.

۱-۱- انقلاب‌های صنعتی و تحول تولید

تاریخ صنعت تاکنون به پنج دوره انقلاب صنعتی تقسیم می‌گردد. اولین دوره انقلاب صنعتی، بین سال‌های ۱۷۶۰ تا ۱۸۳۰، در بریتانیا آغاز شد و به تدریج در سراسر اروپا و ایالات متحده گسترش یافت. نخستین فرایندهای صنعتی مکانیزه که از نیروی آب و بخار استفاده می‌کردند با این انقلاب به وجود آمدند. در این دوران جایگزین شدن سوخت‌های دیگر با ذغال سنگ و معرفی موتور بخار منجر به تولید انبوه و افزایش سرعت تولید در صنایع شده است. در سال‌های ۱۸۴۰ تا ۱۸۷۰ انقلاب صنعتی دوم در ایالات متحده، بریتانیا و آلمان پدیدار گردید. عامل اصلی این انقلاب را می‌توان استفاده از برق جهت توسعه صنعتی سریع و افزایش کیفیت زندگی مردم برشمرد. سومین انقلاب صنعتی، که به نام انقلاب دیجیتال نیز شناخته می‌شود، بر انتقال از فناوری آنالوگ به فناوری دیجیتال متمرکز است. کامپیوترها، پردازش میکرو، برنامه‌نویسی و ارتباطات از راه دور با این انقلاب به صنعت معرفی شده‌اند. در این دوران، اختراع مدارهای یکپارچه منجر به افزایش ظرفیت محاسباتی و کاهش هزینه‌های تولید گردیده است. به بیان دیگر فناوری اطلاعات و ارتباطات^۱ (ICT) موجبات رشد عملکرد اقتصادی را فراهم آورده است. چهارمین انقلاب صنعتی، که به آن صنعت ۴.۰ نیز گفته می‌شود، تغییرات عمیقی در ساختار سازمانی صنایع ایجاد خواهد کرد. برای اولین بار، یک انقلاب صنعتی از پیش ارزیابی می‌شود و نه بعد از وقوع آن؛ به عبارت دیگر پیش‌بینی آنچه قرار است اتفاق بیفتد و نه ارزیابی آنچه که قبلاً رخ داده است. این مفهوم در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه هانوفر (آلمان)، زمانی که نمایندگان حوزه‌های اقتصاد، سیاست و دانشگاه ایده‌های تقویت رقابت‌پذیری بخش صنعتی آلمان را توسعه می‌دادند، عمومی گردید. نتیجه چهارمین انقلاب صنعتی، کارخانه‌های هوشمند خواهد بود؛ جایی که سامانه‌های فیزیکی-مجازی^۲ (CPS)، اینترنت اشیاء^۳ (IoT) و کلان داده‌ها^۴ فناوری‌های کلیدی برای دستیابی به اهداف تولید هستند [۱].

^۱ Information and Communications Technology

فناوری اطلاعات و ارتباطات به تمامی فناوری‌های دیجیتال که برای مدیریت و انتقال اطلاعات استفاده می‌شوند، اشاره دارد. این فناوری‌ها شامل کامپیوترها، اینترنت، ایمیل و دیگر ابزارهای ارتباطی هستند.

^۲ Cyber-Physical System

^۳ Internet of Things

^۴ Big Data

سامانه‌های فیزیکی-مجازی به سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که ترکیبی از اجزای فیزیکی و فناوری اطلاعات هستند. این سامانه‌ها با استفاده از یک مرکز فناوری و ارتباطات مدیریت و کنترل می‌شوند. در این سامانه‌ها، ارتباط بین دنیای واقعی (فیزیکی) و دنیای مجازی (اطلاعاتی) در مقیاس‌های بسیار ریز (مانند مقیاس نانو) و در زمان‌های مختلف برقرار می‌شود. این ارتباط به گونه‌ای است که می‌توان رفتار اجزای فیزیکی را با استفاده از نرم‌افزارهای خاص کنترل کرد. اینترنت اشیاء نیز به روشی اطلاق می‌شود که در آن دستگاه‌ها و سامانه‌های فیزیکی به فناوری‌های هوشمند مجهز می‌شوند. این فناوری‌ها به گونه‌ای به هم متصل می‌شوند که سامانه‌های واقعی، مانند دستگاه‌ها و ماشین‌آلات، قادر به ارتباط و تعامل هوشمند با یکدیگر و محیط پیرامون خود خواهند بود. کلان داده مجموعه‌ای از داده‌های عظیم و پیچیده است که به دلیل حجم، تنوع و سرعت تولید ابزارهای پردازش داده که در گذشته متداول بودند، توانایی مدیریت آن‌ها را نداشته و در تجزیه و تحلیل آن‌ها موثر نیستند [۱].

صنعت ۴.۰ مرحله جدیدی از تکامل در بخش تولید است که بر اساس فناوری‌های دیجیتال و اتوماسیون طراحی شده است. در این دوره، هدف اصلی ادغام کامل نرم‌افزار و سخت‌افزار در فرایندهای صنعتی و توسعه شبکه‌های دیجیتال است. صنعت ۴.۰ بر پایه صنعت ۳.۰ شکل گرفته و با استفاده از داده‌ها و یادگیری ماشینی، کارخانه‌های هوشمند را ایجاد می‌کند که نیاز به دخالت انسانی را به طور چشمگیری کاهش می‌دهند. [۱]

این رویکرد انقلابی به ادغام تجهیزات فیزیکی با حسگرهای شبکه‌ای و نرم‌افزارها می‌پردازد که امکان خودآگاهی و پیش‌بینی وضعیت‌های مختلف را به سامانه‌ها می‌دهد. در نتیجه، سامانه‌ها می‌توانند علاوه بر نظارت بر فرایندها، به طور خودکار مشکلات را تشخیص داده و وضعیت تولید را به‌روزرسانی کنند. این سطح از خودکارسازی و استفاده از داده‌ها، بهره‌وری و کیفیت تولید را به سطوح جدیدی می‌رساند. هدف نهایی صنعت ۴.۰ افزایش اتوماسیون و بهبود بهره‌وری از طریق کاهش دخالت انسان و افزایش کارایی عملیاتی است. این تحولات با ترکیب فناوری‌های پیشرفته، سیستم‌های دیجیتال و فرایندهای خودکار، به بهبود نتایج شرکتی و اجتماعی کمک می‌کند و تولید را به شکلی هوشمندتر و کارآمدتر پیش می‌برد [۲]. در حالی که بسیاری از تولیدکنندگان جهان در حال گذار از آگاهی عمومی به مرحله توسعه در صنعت ۴.۰ هستند، صنعت ۵.۰ وارد

فاز جدیدی می‌شود. نخستین نشانه‌های این انقلاب صنعتی در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ ظاهر شد. صنعت ۵.۰ نیروی کار انسانی را دوباره به کارخانه‌ها بازمی‌گرداند، جایی که انسان و ماشین با همکاری و استفاده از خلاقیت و تفکر انسانی در کنار سیستم‌های هوشمند، بهره‌وری فرآیندها را افزایش و تولید را به سطوح پیشرفته‌تری می‌رسانند.

کمیسیون اروپا در سال ۲۰۲۱ گزارش صنعت ۵.۰ را منتشر کرده است که به انقلابی در صنعت اشاره دارد که در آن تفکر خلاقانه و مهارت‌های حل مسئله انسان با سیستم‌های پیشرفته رباتیک و هوش مصنوعی ترکیب می‌شود [3]. برخلاف صنعت ۴.۰ که بیشتر بر اتوماسیون و بهره‌وری تمرکز داشت، صنعت ۵.۰ نه تنها به تولید انبوه و بهره‌وری، بلکه به شخصی‌سازی تولید، ارزش‌های انسانی و پایداری نیز اهمیت داده است.

صنعت ۵.۰ به‌عنوان یک تحول فناورانه دیجیتال تعریف شده است که در آن انسان، مفاهیم سبز، پاک و چرخشی در مرکز توجه قرار دارند. هدف این مرحله، حرکت به‌سوی زندگی صنعتی پایدار است. در حالی که صنعت ۴.۰ بیشتر بر افزایش بهره‌وری دیجیتال متمرکز بود، صنعت ۵.۰ این روند را به سوی بهره‌وری پایدار و تغییرات بنیادی در تولید سوق داده است. صنعت ۵.۰ به‌جای تخریب منابع، به بازیافت و اقتصاد چرخشی توجه داشته و بر استفاده بهینه از منابع و کاهش ضایعات تأکید می‌کند.

۱-۲- توسعه هوش مصنوعی در صنعت ۴.۰

توسعه پایدار و تولید هوشمند را می‌توان دو بازوی اصلی انقلاب صنعتی چهارم نامید. هوش مصنوعی^۵ (AI) به عنوان یکی از فناوری‌های کلیدی، نقش بسزایی در بهینه‌سازی فرایندهای تولید، کاهش مصرف منابع و افزایش بهره‌وری دارد. این پیشرفت‌ها به تولید کالاهایی با کیفیت بالاتر با کمترین تاثیر مخرب زیست‌محیطی کمک می‌کنند و در عین حال، امکان دستیابی به توسعه‌ای پایدار و هوشمند را فراهم می‌آورند [4].

جرقه اولیه هوش مصنوعی در دهه‌های اولیه پس از پایان جنگ جهانی دوم (دهه ۱۹۵۰ میلادی) در ذهن آلن ماتیسون تورینگ^۶، دانشمند کامپیوتر و ریاضی‌دان انگلیسی، شکل گرفت. هوش مصنوعی شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که به هوشمندسازی سامانه‌ها و برنامه‌هایی می‌پردازد که قادر به پردازش و تحلیل حجم زیادی

^۵ Artificial Intelligence

^۶ Alan Mathison Turing

از داده‌ها هستند. این سیستم‌ها توانایی انجام فعالیت‌هایی مانند یادگیری، استدلال، حل مسائل پیچیده، تفکر و تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های قبلی را دارند که معمولاً نیازمند هوش انسانی‌اند. هدف اصلی هوش مصنوعی این است که وظایفی را انجام دهد که در حالت عادی، انجام آن‌ها توسط انسان‌ها به‌عنوان عملکردهای هوشمند در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، هوش مصنوعی تلاش می‌کند تا با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های پیچیده، توانایی دستیابی به اهداف مشابه با هوش انسانی را در ماشین‌ها ایجاد کند. این علم به مطالعه فعالیت‌های محاسباتی پرداخته و تمرکز آن بر این است که چگونه ماشین‌ها می‌توانند عملکردهایی را انجام دهند که معمولاً به هوش و توانایی‌های شناختی انسان نیاز دارند [5].

در حال حاضر، بهره‌گیری از هوش مصنوعی در صنعت به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است. شتاب سریع پیشرفت فناوری، رقابت جهانی، تغییرات مستمر در نیاز بازار و فشار برای کاهش هزینه‌ها، صنایع را به سمت استفاده از ابزارهای هوشمند سوق داده است. در غیر این صورت، صنایع با خطر عقب‌ماندگی، افزایش هزینه‌ها و از دست دادن سهم بازار مواجه خواهند شد. هوش مصنوعی قادر است با تحلیل داده‌های گسترده، شناسایی الگوها و تصمیم‌گیری‌های دقیق، بهره‌وری را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد و کیفیت محصولات را ارتقاء بخشد [6].

۱-۳- اجزای سازنده صنعت ۵.۰ و تأثیر آن‌ها بر فرآیندهای تولید آینده

صنعت ۵.۰ به‌عنوان یک تحول فناورانه پیشرفته، به‌طور ویژه بر هم‌افزایی میان انسان و سیستم‌های تولید فیزیکی تأکید دارد. در این دوران، انسان در مرکز توجه قرار می‌گیرد و با استفاده از ساختارهای تعاملی انسان-ماشین "کوبات‌ها"^۷، تعاملات میان انسان‌ها و ماشین‌ها به یکپارچگی و هماهنگی بیشتر منجر می‌شود. این تحولات به‌ویژه در ایجاد "کارخانه‌های هوشمند" جایی که کوبات‌ها با انسان‌ها در تعامل هستند و ارتباطات یکپارچه میان اجزای سیستم‌های تولید سایبر-فیزیکی^۸ از طریق شبکه‌های اجتماعی سازمانی تسهیل می‌شود، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. صنعت ۵.۰ بر سه رکن پایداری، مقاومت و تمرکز بر انسان بنا شده است [7].

^۷ Cobot

^۸ Cyber physical System

در صنعت ۵.۰، پایداری به عنوان یکی از ارکان اصلی مورد توجه قرار می گیرد. با افزایش آگاهی جهانی درباره اهمیت مسائل زیست محیطی، علاقه به سرمایه گذاری در حوزه های ESG^۹ (مسائل محیط زیست، مسائل اجتماعی و حاکمیت شرکتی) نیز به طور چشم گیری افزایش یافته است. در این راستا، موضوعاتی چون پایداری، اهداف و ارزش ها، اخلاق سازمانی، تنوع و اقتصاد چرخشی از جمله مباحث اساسی صنعت ۵.۰ به شمار می آیند [8].

مقاومت یا تاب آوری^{۱۰} نیز در صنعت ۵.۰ از اهمیت ویژه ای برخوردار است. افزایش وابستگی به زیرساخت های دیجیتال و اختلالات ناشی از بحران ها مانند همه گیری جهانی کووید-۱۹ باعث شده است که تاب آوری سایبری به یک ضرورت بدل شود. این مفهوم، به معنای توانایی سازگاری و بازگشت به وضعیت پایدار پس از بحران ها، در ساختارهای صنعت ۵.۰ جایگاه ویژه ای دارد [8].

تمرکز بر انسان^{۱۱} نیز در این دوره از تحولات صنعتی به طور خاص برجسته می شود. در زنجیره های ارزش پیچیده فناوری، نقش انسان در طراحی و پیاده سازی راه حل های انسان محور اولویت پیدا کرده است. این رویکرد باعث می شود که صنعت ۵.۰ به جای تمرکز صرف بر اتوماسیون و بهره وری، به دنبال ایجاد راه حل هایی باشد که به نفع انسان ها و جامعه باشد [8].

اجزای اصلی صنعت ۵.۰ شامل فناوری های نوآورانه و پیشرفته ای هستند که به طور خاص در راستای ارتقاء بهره وری و تعاملات انسانی-ماشینی طراحی شده اند [8]:

ذخیره سازی داده و تحلیل داده ها: این فناوری شامل استفاده از سیستم های ذخیره سازی داده های پیشرفته و ابزارهای تحلیلی برای پردازش حجم زیادی از داده ها است. سیستم های ابری، پایگاه های داده توزیع شده و الگوریتم های تحلیل داده مانند یادگیری ماشین، امکان پردازش و تجزیه و تحلیل داده های بزرگ را فراهم می کنند.

^۹ Environmental issues, social issues, and corporate governance

^{۱۰} Resilience

^{۱۱} Human Centricity

این فناوری به سازمان‌ها کمک می‌کند تا داده‌های خود را ذخیره و تجزیه و تحلیل کنند و از آن‌ها برای بهبود تصمیم‌گیری‌ها، شبیه‌سازی فرآیندها و شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها استفاده کنند. به عنوان مثال، می‌تواند در پیش‌بینی تقاضا در تولید یا بهینه‌سازی فرآیندهای تولید کاربرد داشته باشد.

بهره‌وری انرژی و فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر: این فناوری‌ها به استفاده از منابع انرژی طبیعی مانند خورشید، باد و آب برای تولید انرژی می‌پردازند. علاوه بر این، سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی و مدیریت بهینه انرژی نیز بخشی از این فناوری‌ها هستند. در صنعت ۵.۰، این فناوری‌ها برای کاهش مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، در کارخانه‌ها می‌توانند برای تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به انرژی‌های فسیلی به کار روند، همچنین به کارگیری سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر باعث کاهش هزینه‌های انرژی و تأثیرات زیست‌محیطی می‌شود.

فناوری‌های دوقلوی دیجیتال و شبیه‌سازی: فناوری دوقلوی دیجیتال یک مدل دیجیتال از یک سیستم فیزیکی است که به طور همزمان با آن سیستم در دنیای واقعی عمل می‌کند. این مدل‌ها برای شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های واقعی و پیش‌بینی نتایج استفاده می‌شوند. دوقلوهای دیجیتال می‌توانند برای شبیه‌سازی فرآیندهای تولید، آزمایش طراحی‌ها یا شبیه‌سازی سناریوهای مختلف در محیط‌های دیجیتال استفاده شوند. این امر به شرکت‌ها کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری‌های بهتری در مورد بهینه‌سازی عملکرد، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت تولید بگیرند.

رباتیک و خودکارسازی پیشرفته^{۱۲}: رباتیک شامل استفاده از ربات‌ها برای انجام کارهای مختلف است، در حالی که خودکارسازی پیشرفته به اتوماسیون فرآیندها به وسیله استفاده از ربات‌ها، هوش مصنوعی و ابزارهای تحلیلی پیشرفته می‌پردازد. در صنعت ۵.۰، ربات‌ها و خودکارسازی پیشرفته می‌توانند به افزایش سرعت و دقت تولید کمک کنند. برای مثال، در خطوط تولید می‌توانند برای انجام کارهای تکراری و دقیق مانند مونتاژ یا بازرسی کیفیت مورد استفاده قرار گیرند.

^{۱۲} Hyper automation

فناوری‌های واقعیت افزوده^{۱۳} و واقعیت مجازی^{۱۴}: واقعیت افزوده و واقعیت مجازی به ایجاد تجربه‌های تعاملی دیجیتال در دنیای واقعی و مجازی می‌پردازند. AR اطلاعات دیجیتال را به محیط واقعی اضافه می‌کند، در حالی که VR یک تجربه کاملاً مجازی ایجاد می‌کند. این فناوری‌ها می‌توانند در آموزش و طراحی صنعتی، شبیه‌سازی فرآیندها، یا ارزیابی محصولات قبل از تولید انبوه کاربرد داشته باشند. به‌طور مثال، از AR و VR در آموزش کارکنان برای استفاده از تجهیزات پیچیده یا طراحی و آزمایش محصولات قبل از تولید استفاده می‌شود.

فناوری‌های مواد: این فناوری‌ها به توسعه مواد جدید با ویژگی‌های پیشرفته می‌پردازند، از جمله مواد سبک، مقاوم و سازگار با محیط زیست که می‌توانند کارایی سیستم‌ها و محصولات را بهبود بخشند. این مواد می‌توانند در تولید قطعات با عملکرد بالاتر و عمر طولانی‌تر در صنایع مختلف، از جمله صنعت نساجی، خودروسازی و هوافضا، مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان مثال، در تولید پارچه‌های هوشمند و سبک‌تر برای تولید پوشاک پزشکی یا فنی کاربرد دارند.

فناوری‌های عمیق: فناوری‌های عمیق شامل پژوهش‌های علمی پیچیده هستند که برای توسعه نوآوری‌ها به زیرساخت‌های تحقیقاتی پیشرفته و بلندمدت نیاز دارند. این فناوری‌ها معمولاً در زمینه‌های خاص، هنگامی که نوآوری‌های علمی می‌توانند به توسعه محصولات جدید یا فرآیندهای بهبود یافته کمک کنند، مانند نانو فناوری، زیست‌فناوری و داروسازی کاربرد دارند.

سامانه‌های پیشرفته پردازش تصویر: این فناوری‌ها برای تجزیه و تحلیل داده‌های تصویری و ویدیویی به کار می‌روند. این سامانه‌ها از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای شناسایی الگوها و تحلیل تصاویر استفاده می‌کنند. در صنایع تولیدی، این فناوری‌ها می‌توانند برای بازرسی کیفیت، شناسایی عیوب و حتی شبیه‌سازی وضعیت‌های مختلف در فرآیندهای تولید استفاده شوند.

سیستم‌های هوشمند متصل و خودکار: این سیستم‌ها به دستگاه‌ها و ماشین‌ها اجازه می‌دهند تا به‌طور خودکار با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و بدون نیاز به دخالت انسانی تصمیم‌گیری کنند. این فناوری‌ها در ایجاد

^{۱۳} Augmented reality (AR)

^{۱۴} Virtual Reality (VR)

محیط‌های تولید خودکار و متصل به شبکه استفاده می‌شوند، مانند کارخانه‌های هوشمند که قادر به مدیریت و بهینه‌سازی فرآیندها به صورت خودکار هستند.

فناوری‌های پیشرفته یادگیری ماشین، هوش مصنوعی و ارتباط آن با هوش انسانی: این فناوری‌ها شامل الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی هستند که به سیستم‌ها این امکان را می‌دهند که از داده‌ها یاد بگیرند و تصمیمات هوشمندانه اتخاذ کنند. این فناوری‌ها برای بهینه‌سازی فرآیندها، پیش‌بینی مشکلات و افزایش دقت تصمیم‌گیری در صنایع مختلف استفاده می‌شوند. برای مثال، در مدیریت تولید، این سیستم‌ها می‌توانند روندهای تولید را پیش‌بینی کنند و به طور خودکار تغییرات لازم را اعمال نمایند.

تنوع زیستی و زیست فناوری‌های صنعتی: این فناوری‌ها به استفاده از اصول زیست‌شناسی و منابع طبیعی برای توسعه فرآیندها و محصولات پایدار و کم‌هزینه می‌پردازند. در صنعت ۵.۰، این فناوری‌ها برای توسعه روش‌های تولید پایدار و سازگار با محیط زیست و استفاده از منابع طبیعی به طور بهینه کاربرد دارند.

بلاک‌چین: بلاک‌چین یک فناوری غیرمتمرکز است که از طریق ثبت داده‌ها به صورت توزیع‌شده و ایمن، امکان ردیابی و تأمین امنیت در انتقال اطلاعات و معاملات را فراهم می‌آورد. در صنعت ۵.۰، این فناوری می‌تواند برای ایجاد شفافیت و امنیت در زنجیره تأمین، ردیابی محصولات و تضمین اصالت کالاها به کار رود.

وب ۳: فناوری Web ۳ یک نسخه جدید از اینترنت است که بر پایه بلاک‌چین و فناوری‌های غیرمتمرکز ساخته شده است. این فناوری به کاربران امکان کنترل بیشتر بر داده‌های شخصی و تعاملات آنلاین را می‌دهد و می‌تواند در صنایع مختلف برای ایجاد سیستم‌های غیرمتمرکز و شفاف کاربرد داشته باشد.

این اجزا، با تعاملات پیچیده خود، به ایجاد تحول در صنعت ۵.۰ منجر می‌شوند و زمینه‌ساز همکاری‌های جدید میان انسان‌ها و ماشین‌ها خواهند شد، به طوری که بهره‌وری، پایداری و تاب‌آوری در صنعت به حداکثر برسد [8].

۱-۴- گذار از صنعت ۴.۰ به صنعت ۵.۰

انقلاب صنعتی چهارم، با تمرکز بر دیجیتالی‌سازی، اتوماسیون و یکپارچه‌سازی فناوری‌های نوین، به‌ویژه از طریق جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌ها، مسیر تولید صنعتی را متحول کرد. این رویکرد به افزایش بهره‌وری،

کاهش هزینه‌ها و تسریع تصمیم‌گیری منجر شد و با استفاده از فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، فناوری ابری، رباتیک، بلاک‌چین و چاپ سه‌بعدی، انعطاف‌پذیری و دقت را در تولید ارتقا داد. اما در عین حال، چالش‌هایی مانند کمبود مهارت‌های انسانی، افزایش بیکاری ناشی از اتوماسیون، مسائل امنیتی اطلاعات و مقاومت در برابر تغییر را نیز به همراه داشت [9].

در نقطه مقابل، صنعت ۵.۰ به‌عنوان نسل جدید صنعتی، بر هم‌افزایی میان انسان و ماشین تأکید دارد. این رویکرد با تمرکز بر انسان‌محوری، پایداری و تاب‌آوری، تلاش می‌کند تا ضمن بهره‌گیری از ظرفیت‌های فناورانه، خلاقیت، اخلاق و مسئولیت اجتماعی را نیز به فرایندهای تولید وارد کند. صنعت ۵.۰ با ایجاد توازن میان عملکرد صنعتی و تأثیر آن بر انسان و محیط زیست، پاسخی به نارسایی‌های صنعت ۴.۰ در دستیابی به توسعه پایدار است. در این مدل، فناوری، نه جایگزین انسان بلکه مکمل اوست. ماشین‌ها، با قدرت پردازش بالا و اجرای دقیق وظایف، در کنار انسان‌هایی با مهارت‌های منحصربه‌فرد و توانایی حل مسئله خلاقانه قرار می‌گیرند تا محیط‌های کاری همدلانه‌تر و نوآورانه‌تری شکل گیرد. یکی از ویژگی‌های کلیدی صنعت ۵.۰، اولویت دادن به استفاده از روش‌ها و مواد پایدار، ارتقای اقتصاد چرخشی و کاهش اثرات زیست‌محیطی فرآیندهای تولید است. به‌ویژه در صنایع آلاینده‌ای مانند نساجی و پوشاک، این رویکرد می‌تواند به کاهش مصرف منابع، بازیافت بهتر مواد، و طراحی مسئولانه منجر گردد [9].

از سوی دیگر، سفارشی‌سازی محصولات نیز یکی از ارکان صنعت ۵.۰ محسوب می‌شود. این صنعت بر این باور است که مصرف‌کنندگان دارای نیازها و ترجیحات منحصربه‌فردی هستند که باید در طراحی و تولید مورد توجه قرار گیرند. از این رو، تولید انبوه جای خود را به تولید شخصی‌سازی‌شده، انعطاف‌پذیر و مبتنی بر تقاضا می‌دهد؛ امری که با افزایش رضایت مشتریان و کاهش ضایعات همراه است.

به‌طور خلاصه، صنعت ۵.۰ تلاشی است برای عبور از بهره‌وری صرف به‌سوی ارزش‌آفرینی چندبعدی، که در آن نوآوری فناورانه، رفاه انسانی و حفاظت از سیاره زمین هم‌زمان دنبال می‌شوند. این صنعت، نه جایگزین صنعت ۴.۰ بلکه مکمل آن است و با رویکردی اخلاق‌مدار، جامع‌نگر و انسان‌محور، چشم‌اندازی نوین برای آینده صنعت، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند نساجی و پوشاک ترسیم می‌کند [10].

بر اساس گزارش کمیسیون اروپا (۲۰۲۱)، "صنعت ۵.۰ چشم‌اندازی از صنعت ارائه می‌دهد که فراتر از بهره‌وری و کارایی صرف می‌اندیشد و نقش و سهم صنعت را در جامعه تقویت می‌کند. این رویکرد، مکمل صنعت ۴.۰ محسوب می‌شود و با تأکید بر پژوهش و نوآوری، محرک گذار به صنعتی پایدار، انسان‌محور و مقاوم در اروپا خواهد بود." در جدول ۱ به مقایسه صنعت ۴.۰ و صنعت ۵.۰ پرداخته شده است.

جدول ۱ تفاوت‌های اصلی میان صنعت ۴.۰ و صنعت ۵.۰

پارامتر	صنعت ۴.۰	صنعت ۵.۰
مفهوم تولید	تولید با کارخانه‌های هوشمند	گذار به تولید حساس با کارخانه‌های هوشمند
فناوری و تمرکز	سیستم‌های مبتنی بر ربات و هوش مصنوعی، بدون حضور انسان	همکاری انسان و ربات
مصرف انرژی	سیستم‌های سنتی	سیستم‌های تجدیدپذیر
بهره‌وری	تمرکز بر سرعت و صرفه‌جویی در هزینه‌ها	رویکردهای دوستدار محیط زیست همراه با بهره‌وری
خلاقیت	تأثیر حداقلی انسان	ترکیب خلاقیت انسانی با فناوری
پایداری	تأثیر کم	هدف نخست
اقتصاد	اقتصاد خطی	اقتصاد چرخشی
شخصی‌سازی	تولید انبوه	تولید اختصاصی مشتری و تنوع

۵-۱- نقش هوش مصنوعی در صنعت ۵.۰

مرور فناوری‌های هوش مصنوعی

هوش مصنوعی مجموعه‌ای گسترده از فناوری‌ها را شامل می‌شود که به شکل قابل توجهی جنبه‌های مختلف تولید را، به‌ویژه در چارچوب صنعت ۵.۰، بهبود می‌بخشند. این فناوری‌ها شامل یادگیری ماشین، رباتیک، پردازش زبان طبیعی و بینایی ماشین هستند که هر یک نقش مهمی در بهینه‌سازی فرآیندها و ارتقاء تعامل میان انسان و ماشین ایفا می‌کنند [۸].

یادگیری ماشین، به عنوان یکی از ارکان اصلی هوش مصنوعی، به سیستم‌ها این امکان را می‌دهد که از داده‌ها بیاموزند و بدون نیاز به برنامه‌نویسی صریح، عملکرد خود را بهبود دهند. در حوزه تولید، الگوریتم‌های یادگیری

ماشین، داده‌های وسیعی را از خطوط تولید تحلیل کرده، الگوها را شناسایی می‌کنند، خرابی‌های احتمالی تجهیزات را پیش‌بینی کرده و زنجیره تأمین را بهینه می‌سازند. به عنوان نمونه، مدل‌های نگهداری پیش‌بینی‌کننده با تحلیل داده‌های تاریخی، زمان‌های خرابی ماشین‌آلات را تخمین زده و از این طریق هزینه‌های نگهداری را کاهش می‌دهند.

رباتیک نیز با بهره‌گیری از هوش مصنوعی پیشرفت چشمگیری داشته است. ربات‌های امروزی، به‌ویژه ربات‌های همکار یا «کوبوت‌ها»، برای همکاری نزدیک با نیروی انسانی طراحی شده‌اند. این ربات‌ها با استفاده از داده‌های حسی و الگوریتم‌های پیشرفته، توانایی تطبیق با محیط، واکنش آنی به عملکرد انسان و انجام دقیق وظایف پیچیده را دارند. کوبوت‌ها در کنار افزایش بهره‌وری، ایمنی در محیط‌های کاری را نیز ارتقاء می‌دهند [۹].

پردازش زبان طبیعی^{۱۵} از دیگر فناوری‌های مهم در حوزه هوش مصنوعی است که امکان تعامل زبان‌محور میان انسان و ماشین را فراهم می‌کند. در محیط‌های تولیدی، NLP می‌تواند ارتباط کارکنان با سیستم‌های هوشمند را بهبود بخشد و به اشتراک‌گذاری اطلاعات و تصمیم‌گیری سریع‌تر را ممکن سازد. برای مثال، چت‌بات‌هایی که از NLP بهره می‌برند، می‌توانند در عیب‌یابی تجهیزات یا ارائه اطلاعات لحظه‌ای درباره برنامه تولید نقش مؤثری ایفا کنند.

بینایی ماشین با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی داده‌های بصری دریافتی از دوربین‌ها و حسگرها را تحلیل می‌کند. این سیستم‌ها در تولید برای بازرسی کیفیت، پایش خطوط تولید و کنترل ایمنی کاربرد دارند و می‌توانند در زمان واقعی ناهنجاری‌ها یا نقص‌ها را شناسایی کنند. این قابلیت منجر به بهبود کیفیت محصول و افزایش کارایی عملیاتی می‌شود [۸].

در مجموع، ادغام این فناوری‌های هوش مصنوعی در تولید، بخش جدایی‌ناپذیری از صنعت ۵.۰ محسوب می‌شود؛ چراکه هم بهره‌وری را افزایش داده و هم همکاری مؤثرتری میان انسان و ماشین فراهم می‌سازد.

^{۱۵} Natural Language Processing

نقش هوش مصنوعی در همکاری انسان و ماشین

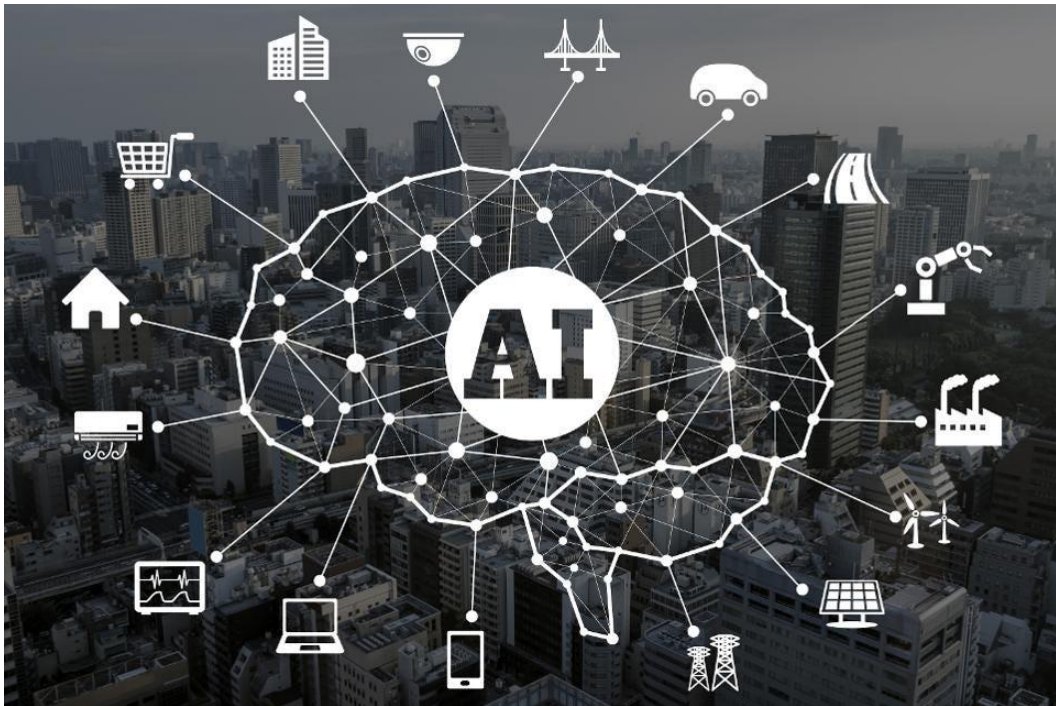
ظهور هوش مصنوعی در بخش تولید، به‌طور بنیادین شیوه همکاری انسان و ماشین را تغییر داده و منجر به افزایش بهره‌وری، دقت تصمیم‌گیری و ایجاد محیط‌های کاری نوآورانه‌تر شده است. این همکاری هوشمندانه بر دو محور اصلی تقویت توانایی‌های انسانی و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری استوار است.

فناوری‌های هوش مصنوعی ابزارهایی فراهم می‌کنند که کارکنان را در انجام وظایف‌شان توانمندتر می‌سازند. برای مثال، پلتفرم‌های تحلیل داده مبتنی بر هوش مصنوعی قادرند حجم عظیمی از اطلاعات را به سرعت پردازش کرده و بینش‌های ارزشمندی برای تصمیم‌گیری در اختیار کاربران قرار دهند. این امر موجب می‌شود کارکنان انسانی زمان خود را صرف امور استراتژیک‌تر و خلاقانه‌تری مانند برنامه‌ریزی و نوآوری کنند. همچنین، کوبوت‌ها می‌توانند وظایف تکراری، خطرناک یا فیزیکی سخت را بر عهده بگیرند، که این امر نه تنها موجب کاهش فشار جسمی و احتمال آسیب برای کارکنان می‌شود، بلکه آن‌ها را برای انجام وظایف سطح بالاتر آماده می‌سازد. هوش مصنوعی با ارائه تحلیل‌های پیشرفته و داده‌محور، فرآیند تصمیم‌گیری در تولید را دگرگون کرده است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین با شناسایی الگوها، پیش‌بینی تقاضا و بهینه‌سازی برنامه‌های تولید، به مدیران کمک می‌کنند تا تصمیم‌های سریع‌تر و دقیق‌تری بگیرند. همچنین داده‌های لحظه‌ای به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهند تا به تغییرات بازار و چالش‌های عملیاتی به‌صورت پیشگیرانه واکنش نشان دهند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند ارتباط مؤثرتری میان نیروی انسانی و سیستم‌های خودکار برقرار کند. الگوریتم‌ها با تحلیل داده‌های تولیدی، اطلاعات مفیدی تولید کرده و آن‌ها را به شکل قابل فهم برای تیم‌ها ارائه می‌دهند. این فرآیند، مشارکت فعال تمامی ذینفعان در تصمیم‌گیری‌ها را ممکن کرده و فرهنگی مبتنی بر همکاری انسان و ماشین را تقویت می‌کند [۸].

هوش مصنوعی در صنعت ۵.۰، به‌ویژه در تسهیل همکاری انسان و ماشین، تحولی بنیادین ایجاد کرده است. این فناوری‌ها ضمن افزایش بهره‌وری و دقت، توانمندی‌های انسانی را ارتقاء داده و زمینه‌ساز محیط‌های کاری هوشمندتر، ایمن‌تر و خلاقانه‌تر شده‌اند. چنین شراکتی میان انسان و ماشین، مسیر را برای تولیدی انعطاف‌پذیر و پایدار در آینده هموار می‌سازد. صنعت نساجی همچون سایر صنایع از این تحولات بهره‌مند بوده است.

فصل دوم

هوش مصنوعی در صنایع ایران و جهان



هوش مصنوعی به عنوان یکی از مهم ترین دستاوردهای فناوری در قرن ۲۱، تأثیرات عمیق و گسترده‌ای بر صنایع مختلف در سراسر جهان داشته است. این فناوری پیشرفته با بهره‌گیری از توانمندی‌های خود در پردازش داده‌ها، یادگیری ماشین و تحلیل الگوهای پیچیده، به شرکت‌ها و سازمان‌ها این امکان را می‌دهد که به سطوح بالاتری از بهره‌وری، کارایی و دقت دست یابند. پیشرفت‌های مداوم در زمینه هوش مصنوعی رقابت‌پذیری صنایع را در بازارهای پویا و در حال تحول به یکی از ارکان اصلی موفقیت تبدیل کرده است.

در ایران نیز، با وجود چالش‌ها و محدودیت‌های مختلف، رشد روزافزون کاربردهای هوش مصنوعی در صنایع گوناگون مشاهده می‌شود. در این راستا، در فصل دوم، نقش هوش مصنوعی در صنایع مختلف جهان به صورت عمیق‌تر بررسی خواهد شد و وضعیت کنونی و ظرفیت‌های بالقوه آن در صنایع ایران مورد توجه قرار خواهد گرفت. همچنین، چالش‌ها و فرصت‌های پیش‌رو تحلیل شده و تأثیرات هوش مصنوعی بر بهبود فرآیندها، کاهش هزینه‌ها و ایجاد نوآوری‌های جدید در صنایع مختلف ارزیابی خواهد شد.

۱-۲- ظهور هوش مصنوعی و صنعت

حضور هوش مصنوعی در صنایع به چند دهه قبل باز می‌گردد. این فناوری با پیشرفت‌های تکنولوژیکی به نیازهای روزافزون برای بهبود کیفیت و کارایی، پاسخ می‌دهد. در ادامه نقاط عطف مهم در این زمینه مرور شده است.

دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ را می‌توان به عنوان دوران آغاز مفاهیم اولیه نام برد. در این دوره، هوش مصنوعی به تازگی به عنوان یک حوزه علمی، معرفی و تحقیقات اولیه بر روی الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی مصنوعی آغاز شد. در این دهه‌ها هرچند کاربردهای عملی هوش مصنوعی در صنعت محدود بود، اما پایه‌های نظری آن شکل گرفت. پس از آن در دهه ۱۹۷۰ اولین سامانه‌های خبره^۱ که توانایی تصمیم‌گیری در شرایط خاص را داشتند، وارد شدند. این سامانه‌ها به تدریج، در صنایع تولیدی برای بهبود فرآیندهای تولید و حل مشکلات پیچیده مورد استفاده قرار گرفتند. در دهه ۱۹۸۰، سامانه‌های کنترل خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی، مانند کنترل عددی^۲ (CNC) و ربات‌های صنعتی پیشرفته، وارد خطوط تولید شدند. این سامانه‌ها

^۱ Expert Systems

^۲ Computer Numerical Control

امکان تولید دقیق‌تر و سریع‌تر را فراهم کردند. در دهه ۱۹۹۰ اتوماسیون سامانه‌های مدیریت تولید گسترش یافت. در این دهه، با پیشرفت‌های صورت گرفته در رایانه‌ها و فناوری‌های اطلاعاتی، سامانه‌های اجرایی تولید^۱ (MES) و برنامه‌ریزی منابع سازمانی^۲ (ERP) توسعه یافتند. این سامانه‌ها با استفاده از داده‌های تولیدی، به بهینه‌سازی و هماهنگی فرآیندهای تولید کمک کرده‌اند. در این دوره، هوش مصنوعی موجب بهبود دقت و کارایی ربات‌های صنعتی پیشرفته گردید. ظهور یادگیری ماشین^۳ و داده‌کاوی^۴ در تولید در دهه ۲۰۰۰ رخ داد. با افزایش حجم داده‌ها و قدرت محاسباتی، روش‌های یادگیری ماشین و داده‌کاوی در صنایع به کار گرفته شده‌اند. این روش‌ها کمک کردند تا از کلان داده‌ها برای پیش‌بینی نیازهای تولید، بهینه‌سازی زنجیره تأمین، و افزایش کیفیت محصولات استفاده گردد. در این دهه نگهداری و تعمیرات پیش‌گويانه^۵ (PDM) نیز مورد توجه قرار گرفت و با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، امکان پیش‌بینی خرابی‌ها و بهینه‌سازی زمان‌های تعمیرات فراهم گردید. تکامل هوش مصنوعی و ورود به عصر صنعت ۴.۰ در دهه ۲۰۱۰ مطرح شد که به استفاده گسترده از فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی اشاره دارد. این فناوری‌ها موجب تحولی شگرف در فرآیندهای صنعتی شدند و کارخانه‌های هوشمند^۶ پدیدار گشت. هوش مصنوعی در این دوره برای بهینه‌سازی کل زنجیره تأمین، از طراحی محصول تا تولید و فروش، به کار گرفته شد؛ چرا که الگوریتم‌های پیچیده یادگیری ماشین و یادگیری عمیق^۷ امکان تحلیل داده را با دقت و سرعت بیشتری فراهم کردند [11]. در تمامی صنایع، سازمان‌ها شروع به استفاده از منابع هوش مصنوعی برای ایجاد شیوه‌های کارآمدتر کرده‌اند. McKinsey & Company در گزارش خود اعلام کرده است که استفاده از هوش مصنوعی در فرآیندهای تجاری استاندارد، ۲۵٪ نسبت به سال گذشته افزایش یافته است. از میان سازمان‌هایی که هوش مصنوعی را در ساختارهای خود پیاده‌سازی کرده‌اند، ۶۳٪ افزایش درآمد و ۴۴٪ صرفه‌جویی از پذیرش هوش مصنوعی در سازمان خود گزارش داده‌اند [12].

^۱ Manufacturing Execution Systems

^۲ Enterprise resource planning

^۳ Machine Learning

^۴ Data Mining

^۵ Predictive maintenance

^۶ Smart Factories

^۷ Deep Learning

در حال حاضر (دهه ۲۰۲۰)، هوش مصنوعی به طور گسترده تری در تمام جنبه های تولید از جمله ربات های هوشمند و سیستم های اتوماسیون پیشرفته تا تجزیه و تحلیل پیشرفته داده ها و استفاده از هوش مصنوعی در طراحی محصولات و بهینه سازی زنجیره تأمین مورد استفاده قرار می گیرد که در ادامه به آن پرداخته شده است.

۲-۲- کاربرد هوش مصنوعی در صنعت تولید

همزمان با پیشرفت های بیشتر در فناوری های هوش مصنوعی، کاربردهای این فناوری در صنعت تولید به سمت هوشمندسازی کامل فرآیندها و تصمیم گیری های خودکار حرکت می کند. برای درک بهتر نقش هوش مصنوعی در صنایع تولیدی، در ادامه کاربرد آن در بخش های مختلف یک واحد تولیدی، به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است.

فرآیندهای عملیاتی تولید

بهینه سازی فرآیندهای تولید: از هوش مصنوعی می توان جهت بهینه کردن فرآیندهای تولید بهره برد. الگوریتم های بهینه سازی، پارامترهای مختلف تولید مانند دما، رطوبت، و سرعت را در زمان واقعی^۱ تنظیم می کنند تا عملکرد دستگاه ها و تجهیزات به حداکثر برسد و در نتیجه بهره وری خط تولید افزایش و مصرف انرژی کاهش یابد.

ربات های هوشمند و اتوماسیون صنعتی: از ربات های مجهز به هوش مصنوعی در خطوط تولید برای انجام کارهای تکراری و پیچیده استفاده می گردد. این ربات ها می توانند به طور خودکار یاد بگیرند و با تغییرات محیطی سازگار شوند. آن ها قادرند اعمالی همچون مونتاژ، بسته بندی، و حتی انجام وظایف ظریف و دقیق را به عهده گیرند.

کنترل کیفیت هوشمند: هوش مصنوعی می تواند برای کنترل کیفیت محصولات به صورت خودکار مورد استفاده قرار گیرد. با استفاده از بینایی ماشین^۲ و الگوریتم های یادگیری عمیق، عیوب محصولات در خطوط

^۱ Real Time

^۲ Machine vision

تولید شناسایی می‌شوند. این روش‌ها امکان بررسی سریع‌تر و دقیق‌تر محصولات را فراهم کرده و خطاهای انسانی را به حداقل می‌رسانند. این امر علاوه بر کاهش نیاز به نیروی انسانی خبره موجب افزایش کیفیت محصول نهایی می‌گردد.

نگهداری و تعمیر پیش‌گویانه: یکی از کاربردهای مهم هوش مصنوعی در صنعت تولید، پیش‌بینی و جلوگیری از خرابی‌های غیرمنتظره ماشین‌آلات است. با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده توسط حسگرها، می‌توان مشکلات احتمالی تجهیزات را قبل از وقوع شناسایی کرده و از خرابی‌های پرهزینه جلوگیری نمود. این اقدام موجب کاهش زمان توقف تولید، افزایش عمر مفید تجهیزات و در نهایت ارتقاء راندمان خط تولید خواهد شد. علاوه بر این، هوش مصنوعی قادر است به‌طور پیوسته عملکرد ماشین‌آلات را نظارت کرده و نیازهای تعمیر و نگهداری پیش‌بینی‌شده را شناسایی کند، که این امر منجر به کاهش زمان توقف و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود [11].

مدیریت زنجیره تأمین

پیش‌بینی تقاضا: هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین می‌تواند با تحلیل کلانه داده‌های گذشته و شرایط بازار، تقاضای آینده را پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی‌ها به بهینه‌سازی موجودی، کاهش هزینه‌های لجستیک و بهبود زمان تحویل کمک و از انبارش اضافی جلوگیری می‌کنند.

بهینه‌سازی تولید و تأمین مواد اولیه: الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تحلیل داده‌ها و روندهای بازار، الگوهای تقاضا را شبیه‌سازی کرده و تولید را بر اساس این پیش‌بینی‌ها تنظیم می‌کنند. این امر به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای تأمین مواد اولیه داشته باشند و از تولید مازاد یا کمبود جلوگیری کنند. در نتیجه، هزینه‌ها کاهش یافته و سودآوری افزایش می‌یابد.

مدیریت موجودی: هوش مصنوعی در نظارت و بهینه‌سازی موجودی انبارها مؤثر است و می‌تواند پیش‌بینی دقیقی از نیاز به مواد اولیه ارائه دهد، به‌طوری‌که هزینه‌های نگهداری کاهش یابد.

مدیریت انرژی و کاهش مصرف: با تحلیل داده‌های مصرف انرژی و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، هوش مصنوعی می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد و هزینه‌های مربوطه را به حداقل رساند. این امر علاوه بر کاهش هزینه‌ها، به اهداف زیست‌محیطی و کاهش ردپای کربنی کارخانه‌ها نیز کمک می‌کند.

بهینه‌سازی حمل و نقل و لجستیک: الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند بهترین مسیرها، زمان‌بندی تحویل و تخصیص منابع حمل و نقل را به‌طور خودکار و بر اساس داده‌های واقعی بهینه‌سازی کنند، که باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری می‌شود.

تحقیق و توسعه

طراحی و توسعه محصولات جدید: هوش مصنوعی می‌تواند به طراحان و مهندسان در شبیه‌سازی و تست سریع ایده‌های جدید کمک کند و به آنها امکان دهد تا پیش از تولید واقعی، ایرادات و نقص‌ها را شناسایی کنند.

تحلیل داده‌های آزمایشگاهی: از مدل‌های هوش مصنوعی برای تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایشگاهی به‌طور خودکار و استخراج الگوهای جدید برای بهبود کیفیت محصولات استفاده می‌گردد.

توسعه شیوه‌های تولید پایدار: هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های بزرگ، به فرآیندهای تولید کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری‌های هوشمندانه‌تر و مبتنی بر داده انجام گیرد. این بهبود در تحلیل داده‌ها نه تنها منجر به ارتقای کیفیت محصولات می‌شود، بلکه استراتژی‌های تجاری را به سمت موفقیت و بهره‌وری بیشتر هدایت می‌کند.

مدیریت منابع انسانی

استخدام و جذب نیرو: از هوش مصنوعی برای شناسایی بهترین کاندیداها برای موقعیت‌های شغلی در صنعت تولید با تحلیل رزومه‌ها و پیش‌بینی عملکرد آنها بهره زیادی برده می‌شود.

پایش عملکرد کارکنان: هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور خودکار عملکرد کارکنان را ارزیابی کرده و پیش‌بینی کند که کدام افراد نیاز به آموزش یا ارتقاء دارند.

بهبود ایمنی و سلامت محیط کار: استفاده از هوش مصنوعی در نظارت بر محیط کار و پیش‌بینی خطرات احتمالی می‌تواند به بهبود ایمنی کارگران کمک کند. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند با شناسایی رفتارها یا شرایط غیرعادی، هشدارهای لازم را به موقع صادر کرده و از وقوع حوادث جلوگیری کنند.

بازاریابی و فروش

تحلیل داده‌های بازار و مشتریان: هوش مصنوعی می‌تواند داده‌های مربوط به رفتار مشتریان و روندهای بازار را تحلیل کرده و استراتژی‌های بازاریابی و فروش بهینه را پیشنهاد دهد.

شخصی‌سازی پیشنهادات: استفاده از الگوریتم‌های توصیه‌گر هوش مصنوعی برای پیشنهاد محصولات به مشتریان بر اساس علایق و رفتارهای خرید قبلی آنها از جمله کاربردهای مهم در حال حاضر است. فناوری‌های هوش مصنوعی نه تنها امکان شخصی‌سازی و سفارشی‌سازی محصولات را فراهم می‌آورند، بلکه این محصولات می‌توانند بر اساس نیازها و سلیقه‌های فردی به‌طور دقیق طراحی و تولید شوند.

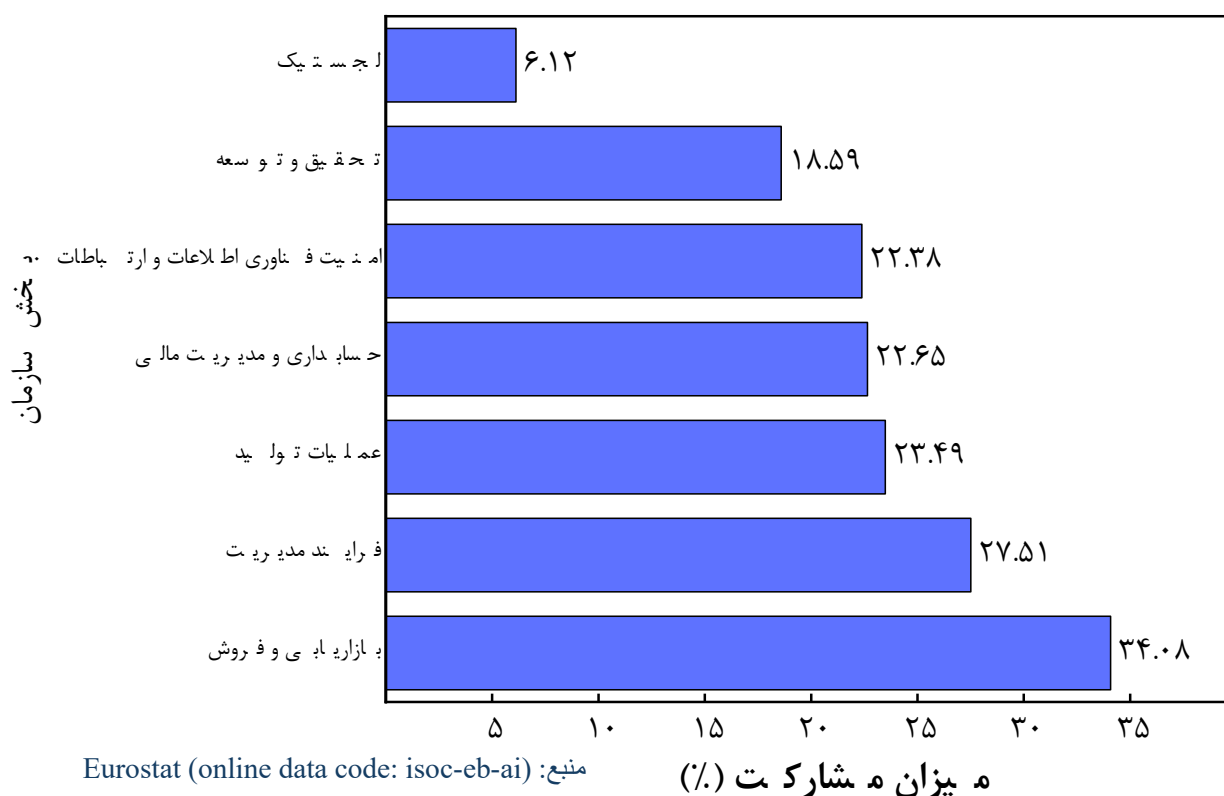
سفارشی‌سازی انبوه^۱: هوش مصنوعی به تولیدکنندگان امکان می‌دهد تا تولید محصولات سفارشی را در مقیاس انبوه انجام دهند. با تحلیل داده‌های مشتریان و ترجیحات آنها، فرآیندهای تولید به‌گونه‌ای تنظیم می‌شوند که محصولات سفارشی با هزینه‌های معقول تولید شوند. این امر به افزایش رضایت مشتریان و بهبود رقابت‌پذیری کمک می‌کند. [13]

مدیریت مالی

مدیریت هزینه‌ها و بودجه: هوش مصنوعی می‌تواند در بهینه‌سازی هزینه‌ها، پیش‌بینی درآمدها و هزینه‌های تولید و تحلیل داده‌های مالی به تولیدکنندگان کمک کند.

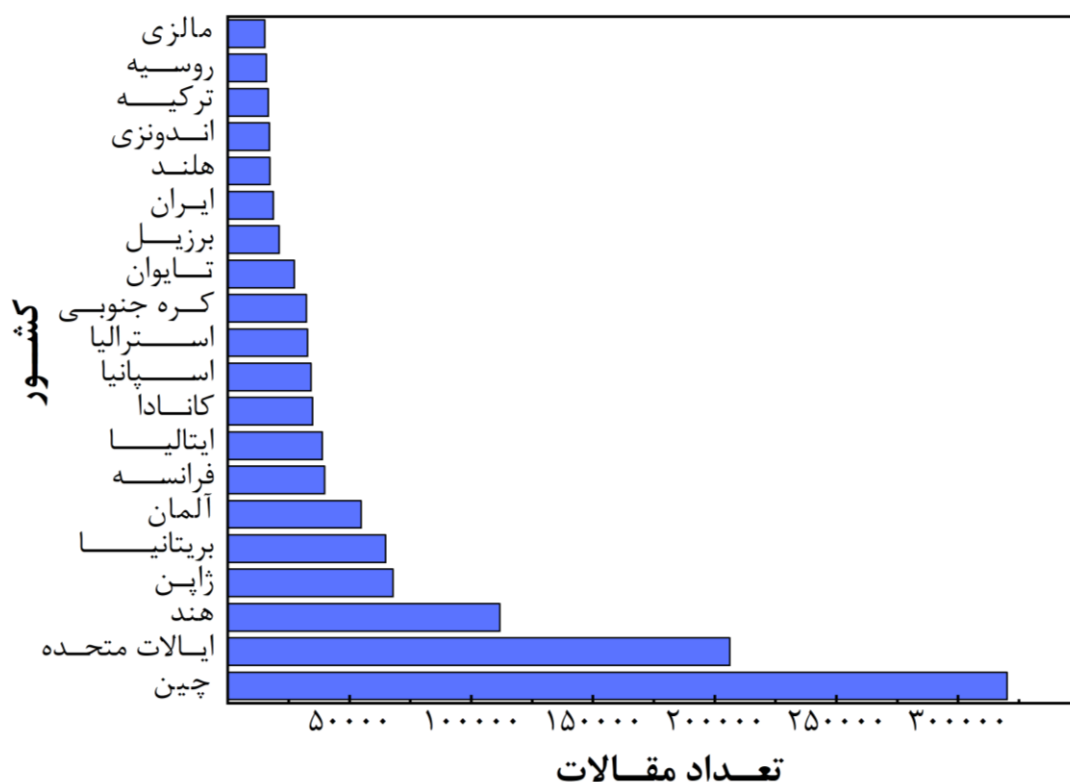
در مطالعات انجام شده مشخص شد که تاکنون مدیران سازمان‌ها بیش‌ترین استفاده از هوش مصنوعی را در بخش بازاریابی و فروش داشته‌اند (شکل ۱) [11].

^۱ Mass Customization



شکل ۱ میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش‌های گوناگون توسط مدیران سازمان‌ها

در حال حاضر بیش‌ترین میزان استفاده از هوش مصنوعی در سازمان‌ها در بخش بازاریابی و فروش و کم‌ترین آن در بخش حمل و نقل و لجستیک می‌باشد. البته شایان ذکر است که جهت بقای سازمان‌ها و ماندگاری در عرصه رقابت پذیری نیاز به بهره‌وری از هوش مصنوعی در تمامی بخش‌های نام‌برده است و سازمان‌ها و مراکز تحقیقاتی در تلاش پیاده‌سازی کاربردی هرچه بیش‌تر این علم نوین در عرصه‌های مختلف صنعت می‌باشند. در این راستا می‌توان به مقالات منتشر شده در این حوزه در کشورهای مختلف جهان اشاره کرد. Nature Index که یک پایگاه داده در زمینه رتبه‌بندی کشورها در حوزه هوش مصنوعی است و کشورها را براساس مقالات تحقیقاتی منتشر شده رتبه‌بندی می‌کند، گزارشی را بر اساس تعداد کل انتشارات از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹ ارائه داده است (شکل ۲).



شکل ۲ رتبه بندی کشورهای جهان بر اساس انتشار مقالات در حوزه هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۹

طبق این گزارش، رتبه اول متعلق به چین با ۳۱۸۵۳۴ مقاله علمی و رتبه سیزدهم متعلق به ایران با ۳۰۲۲۱ مقاله است. رتبه ایران بالاتر از برزیل، هلند و روسیه قرار دارد. همچنین، طبق رتبه‌بندی مقاله SCImago ایران را از نظر مقالات منتشر شده مرتبط با هوش مصنوعی در رتبه پانزدهم جهان پس از برزیل و بالاتر از روسیه و ترکیه و رتبه اول در غرب آسیا قرار داده است. هر دو فهرست چین، ایالات متحده و هند را به ترتیب به‌عنوان سه کشور برتر رتبه‌بندی کرده‌اند.

اگرچه پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت تولید می‌تواند به بهبود چشمگیر بهره‌وری و کیفیت منجر شود، اما همزمان با چالش‌های مختلفی همراه است که ممکن است فرآیند به کارگیری آن را پیچیده و زمان‌بر کنند.

۲-۳- چالش‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت تولید

پیاده‌سازی موفق هوش مصنوعی در صنعت تولید نیازمند توجه به چالش‌ها و استفاده از راهکارهای عملی برای مقابله با آن‌ها است. در ادامه، به بررسی برخی از مهم‌ترین چالش‌ها و راهکارهای آن‌ها می‌پردازیم [14]:

عدم دسترسی به داده‌های کافی و کیفیت پایین آن‌ها: هوش مصنوعی برای یادگیری و تصمیم‌گیری نیازمند حجم بالای داده‌های باکیفیت است. داده‌های تولیدی ممکن است ناقص، نادرست یا ناپیوسته باشند و جمع‌آوری داده‌ها از سیستم‌ها و تجهیزات قدیمی می‌تواند دشوار باشد. جهت اجتناب از این امر ایجاد سیستم‌های یکپارچه جمع‌آوری داده و زیرساخت‌های مناسب برای پیش‌پردازش و پاکسازی داده‌ها به‌منظور ارتقای کیفیت آن‌ها ضروری است [14].

هزینه‌های بالای پیاده‌سازی: پیاده‌سازی هوش مصنوعی در مراحل اولیه می‌تواند هزینه‌های بالایی از جمله خرید تجهیزات، نرم‌افزارها و آموزش کارکنان به همراه داشته باشد. همچنین نیاز به زیرساخت‌های فناوری اطلاعات مناسب برای پردازش و ذخیره‌سازی داده‌ها وجود دارد. این مسئله را می‌توان با استفاده از رویکردهای تدریجی و مرحله‌ای، تمرکز بر بخش‌هایی از تولید که بالاترین بازدهی را دارند و استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی به‌صورت سرویس رفع نمود [14].

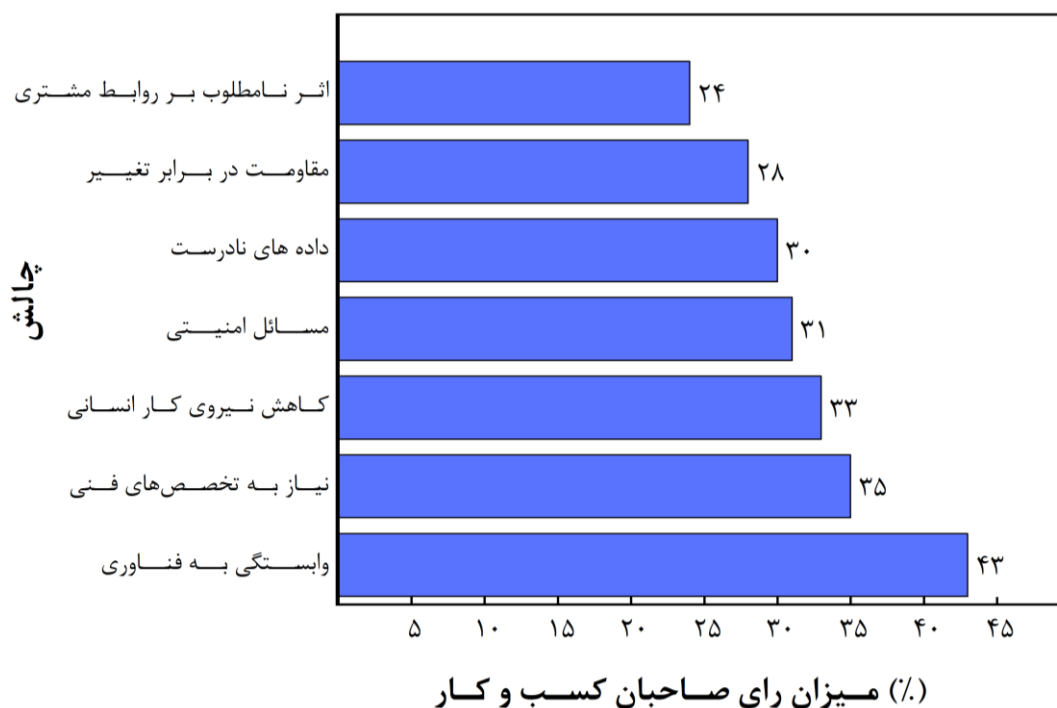
نیاز به تخصص‌های فنی: پیاده‌سازی و مدیریت سیستم‌های هوش مصنوعی نیازمند تخصص‌های فنی بالا در زمینه‌های مختلف مانند یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها است. یافتن نیروی کار متخصص و آموزش کارکنان موجود برای بسیاری از شرکت‌ها چالشی بزرگ است. همکاری با دانشگاه‌ها و مؤسسات تحقیقاتی برای تأمین نیروی متخصص و برگزاری دوره‌های آموزشی برای کارکنان می‌تواند به کاهش این مشکل کمک کند. [14]

مقاومت در برابر تغییرات: کارکنان و مدیران ممکن است نسبت به تغییرات ناشی از پیاده‌سازی هوش مصنوعی مقاومت نشان دهند، به‌ویژه اگر این تغییرات به از دست رفتن مشاغل یا نیاز به یادگیری مهارت‌های جدید منجر شود. جهت کاهش این مقاومت‌ها، ایجاد فرهنگ سازمانی پذیرای نوآوری و تغییرات، همراه با آموزش مستمر و مشارکت کارکنان در فرآیندهای تصمیم‌گیری می‌تواند مفید باشد. [14]

عدم ادغام با سیستم‌های موجود: بسیاری از صنایع تولیدی دارای سیستم‌ها و تجهیزات قدیمی هستند که به‌راحتی قابل یکپارچه‌سازی با فناوری‌های جدید هوش مصنوعی نیستند. اما برنامه‌ریزی دقیق برای یکپارچه‌سازی تدریجی و استفاده از نرم‌افزارهای میانه برای اتصال سیستم‌های قدیمی به پلتفرم‌های هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور مؤثر این مشکل را حل کند. [14]

تهدیدات امنیتی و نقض حریم خصوصی: پیاده‌سازی هوش مصنوعی در تولید نیازمند تبادل و ذخیره‌سازی حجم بالایی از داده‌ها است که می‌تواند باعث تهدیدات امنیتی و نقض حریم خصوصی شود. برای رفع این مشکل استفاده از پروتکل‌های امنیتی پیشرفته، رمزنگاری داده‌ها و سیستم‌های امنیتی مطمئن برای حفاظت از داده‌ها و تجهیزات ضروری است. [11]

نگرانی صاحبان کسب و کار جهت برخورد با چالش‌ها برای استفاده از هوش مصنوعی در شکل ۳ قابل مشاهده است.



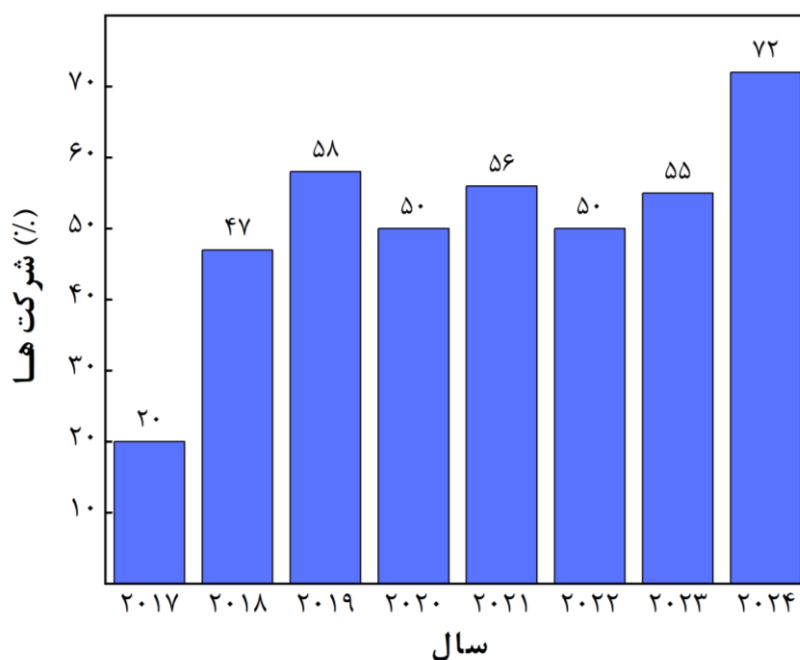
منبع: Forbs Advisor

شکل ۳ چالش‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در صنعت تولید از دید صاحبان کسب و کار

با این حال صاحبان کسب و کار در راستای فائق آمدن بر این چالش‌ها و بهره‌وری از هوش مصنوعی در سطوح مختلف ابعادی و بخش‌های گوناگون خود تلاش می‌کنند.

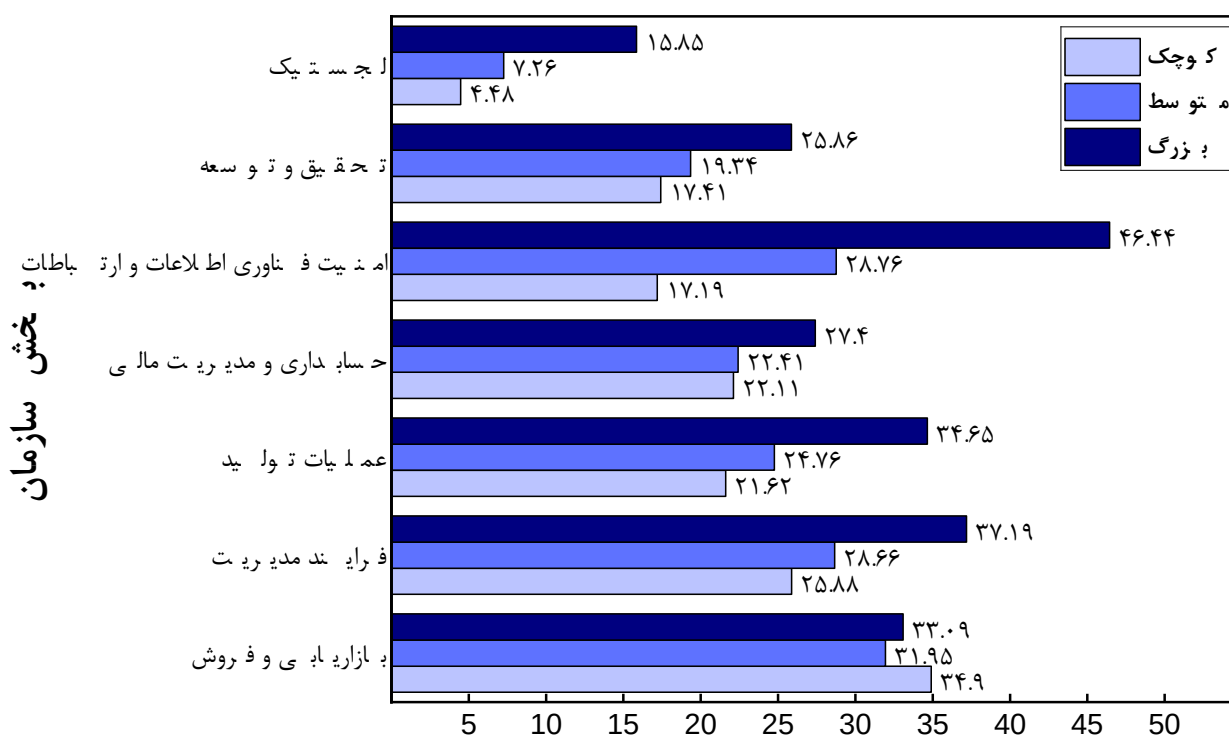
۴-۲- مروری بر تحولات هوش مصنوعی در صنایع مختلف

از مزایای استفاده از هوش مصنوعی در صنایع مختلف می‌توان به کاهش وابستگی به عوامل انسانی، در دسترس بودن شبانه‌روزی و سرعت تصمیم‌گیری اشاره کرد. شرکت‌ها و کارآفرینان با درک ارزش فراوان هوش مصنوعی مبالغ قابل توجهی در پروژه‌های مرتبط با این فناوری سرمایه‌گذاری می‌کنند و انتظار دارند که تا سال ۲۰۲۵ حدود ۱۰۰ میلیارد دلار بازدهی داشته باشد. در شکل ۴ درصد شرکت‌هایی که حداقل در یکی از بخش‌های سازمان خود از هوش مصنوعی از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴ بهره‌اند قابل مشاهده است.



شکل ۴ درصد شرکت‌هایی که حداقل در یکی از بخش‌های سازمان خود از هوش مصنوعی بهره‌اند.

این میزان در بخش‌های مختلف سازمان بر اساس اندازه سازمان در شکل ۵ قابل مشاهده است.



منبع: Eurostat (online data code: isoc-eb-ai) میزان مشارکت (%)

شکل ۵ استفاده از هوش مصنوعی در واحدهای صنعتی بر اساس اندازه و بخش سازمان

به صورت کلی مشاهده می‌گردد که سازمان‌های با ابعاد بزرگ بیش‌ترین بهره‌وری از هوش مصنوعی را داشته‌اند که بیش‌ترین آن برای امنیت و فناوری اطلاعات صرف شده است. در سازمان‌های با ابعاد متوسط، میزان استفاده از هوش مصنوعی در تمام بخش‌های سازمان تقریباً یکسان است. اما در سازمان‌های با ابعاد کوچک هوش مصنوعی بیش‌تر در بخش بازاریابی و فروش مورد استفاده قرار گرفته است.

بر اساس گزارش کمیسیون هوش مصنوعی اتاق بازرگانی ایالات متحده، هوش مصنوعی تا پایان این دهه می‌تواند رشد اقتصادی را حدود ۱۳ میلیارد دلار افزایش دهد. همان‌طور که در دوران جنگ سرد، فناوری‌های دفاعی به عنوان قدرت اصلی یک ملت شناخته می‌شد، در آینده نزدیک، حوزه‌های مرتبط با دانش مانند هوش مصنوعی نیز این نقش را ایفا خواهند کرد و به عنوان شاخصی از قدرت اقتصادی عمل خواهند کرد. تاکنون، حوزه‌های صنعتی که بیشترین منافع را از توسعه هوش مصنوعی کسب کرده‌اند، صنایع پزشکی و دارویی،

غذایی، شیمیایی، آرایشی، گردشگری، تجارت الکترونیک و صنایع تولیدی از جمله صنعت نساجی تعدادی از این صنایع می‌باشند. چگونگی بهره‌وری از هوش مصنوعی در برخی از این صنایع در ادامه شرح داده شده است.

بهداشت و سلامت: علاوه بر بازوهای جراحی رباتیک که فرایند عمل جراحی را دقیق‌تر، ساده‌تر و کارآمدتر کرده‌اند، ابزارهای پوشیدنی هوشمند جهت پایش بیماران، سالمندان و نوزادان در محیط‌های خارج از مراکز درمان موجب آسایش بیش‌تر آن‌ها شده است. این ابزارها می‌توانند اطلاعات را در لحظه دریافت و توسط نرم افزارها به پزشک انتقال دهند تا تصمیمات لازم توسط وی گرفته شود. همچنین هوش مصنوعی در تشخیص بیماری‌ها، پیش‌بینی آن و تعیین ترکیبات دارویی به کار گرفته می‌شود [15].

آموزش: آموزش مجازی با همه‌گیری بیماری کوید-۱۹ جهش قابل توجهی نمود. در این راستا به ایجاد ایجاد نرم‌افزارهایی آموزشی با هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف ایجاد شد. همچنین ابزارهای هوش مصنوعی می‌توانند برای افراد آسیب‌دیده جسمی و ذهنی نقشی حیاتی را در آموزش ایفا کنند. ربات‌های لمسی از جمله موارد کمک کننده در این بخش می‌باشند.

تجارت الکترونیک: هوش مصنوعی پتانسیل بالایی برای ساده‌سازی فرآیندهای تجاری و بهبود بازاریابی دارد. ابزارهایی مانند تبلیغات جست‌وجوی واکنش‌گرای گوگل به محاسبه مولفه‌های مختلف بازاریابی، از جمله نرخ تبدیل و کلیک، کمک می‌کنند. این تکنولوژی همچنین به بازاریابان این امکان را می‌دهد که هزاران کمپین را بدون نیاز به توسعه‌دهندگان مدیریت کنند و خدمات شخصی‌سازی شده‌ای ارائه دهند که رضایت مشتریان را افزایش می‌دهد. همچنین، با قابلیت‌هایی همچون تقسیم‌بندی دقیق مشتریان، ایجاد خودکار محتوا، و نظارت بر کمپین‌ها، عملکرد بازاریابی را بهبود می‌بخشد و کارایی آن را افزایش می‌دهد. این تکنولوژی به طور کلی موجب تحول در صنعت بازاریابی و افزایش بازگشت سرمایه می‌شود.

صنعت مالی و بانکداری: هوش مصنوعی در صنعت بانکداری و مالی با هدف کاهش حجم اسناد و انتقال داده‌ها به قالب دیجیتال استفاده می‌شود. ابزارهای نرم‌افزاری در این بخش برای ساختاردهی داده‌ها و تجزیه و تحلیل ثانویه به کار گرفته می‌شوند. به عنوان مثال، چت‌بات‌ها می‌توانند با تحلیل مکالمات، ترجیحات مشتریان را

شناسایی کرده و به شرکت‌های مالی کمک کنند تا خدمات مشاوره‌ای هدفمندتر ارائه دهند. همچنین در تشخیص تقلب و شناسایی الگوهای غیرعادی تراکنش‌ها مؤثر است، به‌ویژه در معاملات الگوریتمی که به بهینه‌سازی فعالیت‌های معاملاتی کمک می‌کند. علاوه بر این، ربات‌های چت هوش مصنوعی می‌توانند با پاسخ به سؤالات رایج مشتریان، کیفیت خدمات را ارتقاء دهند. این تکنولوژی علاوه بر افزایش رضایت مشتری، امنیت را نیز با شناسایی تهدیدات پیشگیرانه تقویت می‌کند.

صنعت کشاورزی: کاربرد هوش مصنوعی در کشاورزی و حمل‌ونقل با وجود چالش‌های زیاد، پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. در کشاورزی، سیستم‌های هوش مصنوعی مانند بذرکارهای خودکار شرکت DOT Technology Corp قادرند عملیات کاشت را بدون دخالت انسان انجام دهند. همچنین، ماشین‌های هوشمند دیگر می‌توانند کاشت، کوددهی، کشت و برداشت محصولات را مدیریت کنند. ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی به کشاورزان کمک می‌کنند تا نیاز آبیاری خاک را با دقت بررسی کنند. پهپادها نیز برای نظارت از ارتفاع بالا، تشخیص مشکلات و حتی اسپری علف‌کش یا قارچ‌کش به کار می‌روند. در صنعت حمل‌ونقل، اتومبیل‌های خودران با استفاده از هوش مصنوعی، داده‌های رادار، GPS، دوربین‌ها و سنسورها را جمع‌آوری کرده و تصمیمات مربوط به حرکت و هدایت وسیله نقلیه را به طور خودکار اتخاذ می‌کنند. شرکت‌هایی مانند Waymo با این تکنولوژی، خدمات حمل‌ونقل عمومی را با استفاده از وسایل نقلیه خودران راه‌اندازی کرده‌اند [16].

۲-۵- حضور هوش مصنوعی در صنایع ایران

با وجود محدودیت‌ها و چالش‌هایی که در ایران وجود دارد، هوش مصنوعی به طور گسترده‌ای در صنایع مختلف ورود کرده و تحولات چشمگیری به وجود آورده است. این فناوری با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته، توانسته است در بهبود فرآیندها و عملکردها در زمینه‌های مختلف از جمله پزشکی، امنیت، کشاورزی، دام‌پروری، گردشگری، تجارت، مالی، بانکی، نفت و انرژی، و تولیدی تأثیرات شگرفی بگذارد. در علوم پزشکی، هوش مصنوعی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین توانسته است در تشخیص بیماری‌ها، پیش‌بینی آن‌ها، درمان شخصی‌سازی شده و کشف داروها تحولات عمده‌ای ایجاد کند. این تکنولوژی همچنین

در تجزیه و تحلیل تصاویر پزشکی و مدیریت منابع بهداشتی نقش اساسی ایفا کرده و به سیستم‌های درمانی دقت و کارایی بیشتری بخشیده است.

در حوزه امنیت نیز، هوش مصنوعی با استفاده از نرم‌افزارهای تشخیص چهره و سیستم‌های شناسایی هویت کاربران، به شناسایی حملات سایبری و پیش‌بینی آن‌ها کمک می‌کند. این فناوری، در تجارت الکترونیک از طریق چت‌بات‌ها و دستیاران مجازی به بهبود تجربه مشتریان کمک کرده است. این ابزارها قادرند به سؤالات مشتریان پاسخ دهند و زمان و هزینه‌ها را کاهش دهند. همچنین در صنایع کشاورزی، هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی منابع آبیاری، پیش‌بینی عوامل مؤثر بر عملکرد محصولات، شناسایی بیماری‌ها و آفات گیاهان و نظارت بر کیفیت خاک به کار می‌رود. این تکنولوژی همچنین در مدیریت دقیق‌تر فرآیندهای کشاورزی و دام‌پروری، از پیش‌بینی نیازهای تغذیه‌ای دام‌ها تا تشخیص بیماری‌های آن‌ها، به بهبود کیفیت و بهره‌وری کمک کرده است. در بخش گردشگری، هوش مصنوعی با تحلیل ترجیحات مسافران و بهبود مدیریت مراکز گردشگری، تجربه سفر را شخصی‌سازی کرده و موجب افزایش رضایت مشتریان شده است. در صنعت نفت و انرژی، هوش مصنوعی با بهینه‌سازی فرآیندهای حفاری، پیش‌بینی بازار نفت و مدیریت تولید و توزیع انرژی، کارایی این صنعت را افزایش داده است. این فناوری، در صنایع تولیدی با استفاده از ربات‌های هوشمند و سیستم‌های کنترل خودکار، بهره‌وری را افزایش داده و از خطاهای انسانی جلوگیری می‌کند. همچنین در بخش مالی و بانکی، هوش مصنوعی با تشخیص تقلب، ارائه مشاوره مالی شخصی‌سازی شده و بهبود امنیت، کمک کرده است تا خدمات بانکی با کیفیت و دقت بیشتری ارائه شود. در نهایت، در حمل و نقل و لجستیک، هوش مصنوعی با انتخاب مسیرهای بهینه و مدیریت هوشمند ناوگان، به کاهش مصرف سوخت، بهبود زمان تحویل کالاها و افزایش کارایی در این بخش کمک کرده است. [17,18]

این تحولات نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در ایران، با وجود چالش‌های مختلف، به سرعت در حال گسترش است و می‌تواند در آینده‌ای نزدیک تأثیرات بیشتری در بهبود بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها و ارتقای کیفیت در صنایع مختلف کشور بگذارد. از جمله صنایع تولیدی پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی در جهان، صنعت نساجی است که در بسیاری از بخش‌ها تاکنون از این علم بهره‌مند گشته است و در آینده نیز پیش‌بینی

می‌گردد که در بخش‌های بیش‌تری با هوش مصنوعی ادغام گردد. این صنعت نه تنها در فرایند تولید و زنجیره ارزش خود با هوش مصنوعی قابل ارتقا است، بلکه محصول نهایی آن نیز خود می‌تواند بخش بزرگی از این حوزه در آینده نه چندان دور باشد. لباس‌های هوشمند و ابزارهای پوشیدنی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی و اینترنت اشیا آینده صنعت نساجی را رقم خواهند زد.

فصل سوم

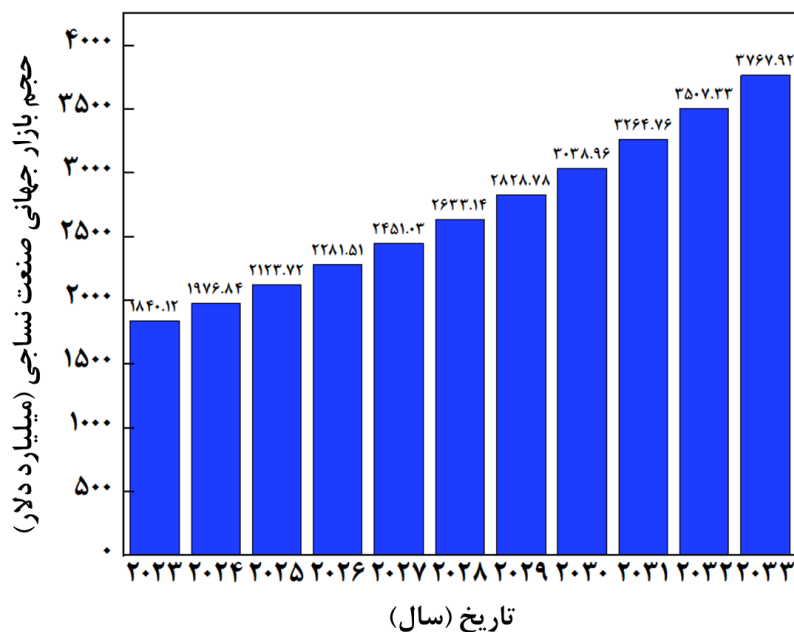
حضور هوش مصنوعی در صنعت نساجی



صنعت نساجی یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین صنایع در جهان به شمار می‌رود که همواره در حال توسعه و تغییر بوده است. این صنعت شامل تولید و طراحی نخ، پارچه و محصولات مرتبط است و نقش کلیدی در اقتصاد، فرهنگ و تاریخ جوامع ایفا می‌کند. بخش زیادی از میزان تولید ناخالص داخلی بسیاری از کشورها مانند ترکیه و هند به منسوجات اختصاص دارد. با پیشرفت علوم و معرفی محصولات و فرآیندهای جدید، صنعت نساجی نیز تغییرات زیادی را در روند تولید و محصول نهایی، تجربه کرده است. علاوه بر این، پیش بینی می‌شود که در سال‌های آینده نیز به دلیل روند سریع رشد صنایع، نساجی در جهان دستخوش تغییرات گوناگونی گردد.

۳-۱- بررسی بازار صنعت نساجی از نقطه نظر هوش مصنوعی

صنعت نساجی از دیرباز به نیروی انسانی گسترده وابسته بوده است. در دهه‌های اخیر، افزایش تقاضا به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند هند، بنگلادش و مکزیک، سبب شده است که بخش‌هایی از این صنعت به بهره‌گیری از فناوری‌های نوین روی آورند. [19]. ارزش جهانی صنعت نساجی در سال ۲۰۲۳ به ۱۸۴۰ میلیارد دلار رسید و پیش‌بینی می‌شود که در سال ۲۰۳۳ تا ۳۷۷۰ میلیارد دلار افزایش یابد. این رشد را می‌توان ناشی از افزایش تقاضا برای محصولات با کیفیت بالا و سفارشی‌سازی شده دانست (شکل ۶).



منبع: <https://www.precedenceresearch.com/textile-market>

شکل ۶ حجم بازار جهانی صنعت نساجی از سال ۲۰۲۳ تا پیش‌بینی سال ۲۰۳۳

صنایع نساجی همچون صنایع دیگر در دوران انقلاب‌های صنعتی دچار تغییر و تحولات چشمگیری شده‌اند (شکل ۷).



شکل ۷ تحول صنعت نساجی طی انقلاب‌های صنعتی از سال ۱۷۶۰ تا کنون [20]

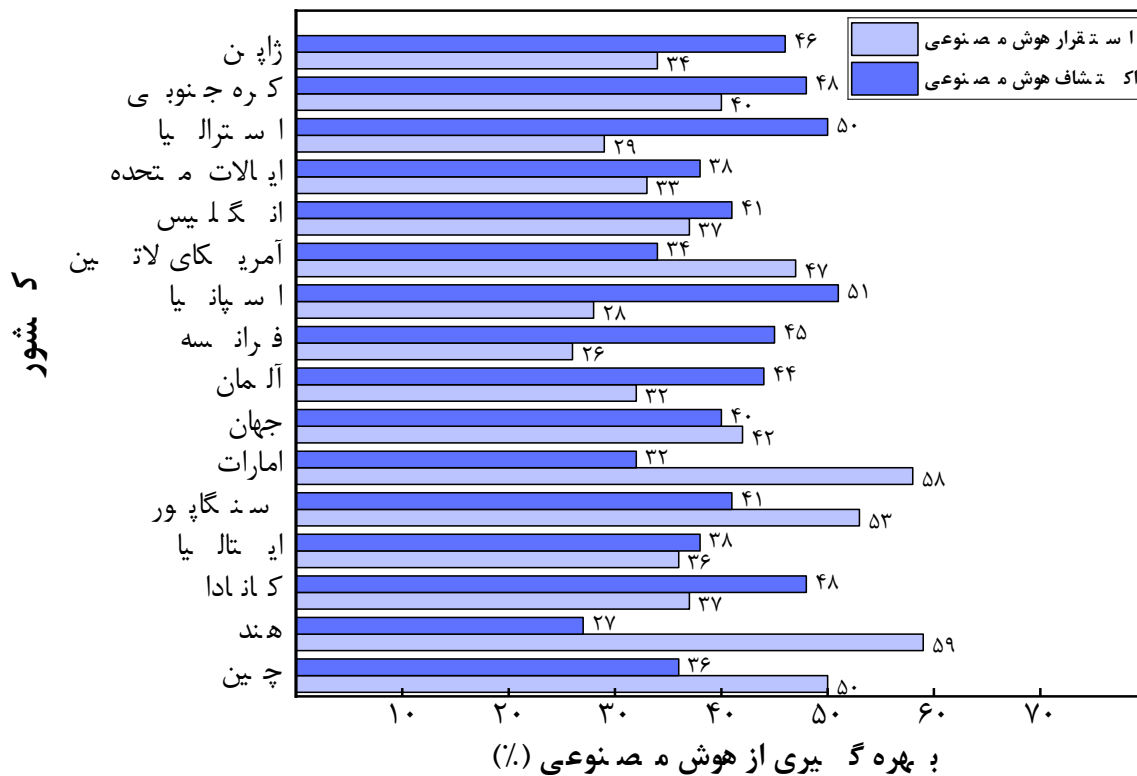
انقلاب صنعتی چهارم و هوش مصنوعی نوید پیشرفت صنایع نساجی را به صورت چشمگیری با خود به همراه دارند. قابلیت‌هایی چون تحلیل عیوب پارچه، پیش‌بینی ویژگی‌های نخ و بهینه‌سازی فرمول‌های رنگ روشنی بخش تحولی شگرف در این صنعت می‌باشند. ظهور محصولات نساجی هوشمند نیز تحت تأثیر این پیشرفت‌های تکنولوژیکی است. در نتیجه، ادغام هوش مصنوعی و صنعت ۴.۰ می‌تواند به افزایش کیفیت و نوآوری در صنعت نساجی کمک کرده و محصولاتی با ویژگی‌های پیشرفته‌تر به بازار عرضه شود [۲۱].

هوش مصنوعی تولید را سریع‌تر، دقیق‌تر و سازگارتر با محیط زیست می‌سازد. همچنین با استفاده از ابزارهای پیشرفته برای شناسایی نقص‌های جزئی، پیش‌بینی نیاز به تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات، و تطبیق رنگ‌ها در لحظه، نقش مهمی در بهبود کنترل کیفیت و افزایش بهره‌وری ایفا می‌کند [22]. علاوه بر این، امکان توسعه پارچه‌های هوشمندی را فراهم می‌کند که می‌توانند متناسب با نیازهای مختلف تغییر کرده و بر اساس سلیقه افراد سفارشی‌سازی شوند. با تداوم پیشرفت این فناوری، مسیر جدیدی را برای نوآوری، پایداری و شخصی‌سازی در صنعت نساجی هموار خواهد کرد.

بخش تولید در صنعت نساجی با وابستگی به فرآیندهای نیروی کار فشرده، سرمایه‌گذاری‌های اولیه زیاد، سطوح تولید نوسانی و رقابت شدید شناخته می‌شود. در پاسخ به این چالش‌ها، روند فزاینده‌ای برای ادغام فناوری‌های هوش مصنوعی در عملیات تولید وجود دارد تا وظایف را خودکار کرده تا کیفیت، بهره‌وری و

کارایی را بهبود بخشد. هوش مصنوعی شامل مجموعه‌ای از روش‌ها مانند سیستم‌های خبره، شبکه‌های عصبی^{۲۸}، منطق فازی^{۲۹} و الگوریتم‌های ژنتیک^{۳۰} است.

در سال‌های اخیر، با رشد انتظارات مصرف‌کنندگان، این صنعت به سوی خودکارسازی و بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند حرکت کرده است. اگرچه به‌کارگیری هوش مصنوعی در صنعت نساجی هنوز در مراحل آغازین قرار دارد و در بسیاری از کشورها به‌طور محدود اجرا می‌شود، روند توسعه آن رو به گسترش است. در میان کشورهای پیشرو، هند، امارات متحده عربی و سنگاپور بیش‌ترین بهره‌برداری را از این فناوری در حوزه نساجی و پوشاک داشته‌اند (شکل ۸).



منبع: <https://www.precedenceresearch.com/textile-market>

شکل ۸ درصد بهره‌گیری از هوش مصنوعی در صنعت نساجی توسط سازمان‌های صنعتی جهان بر اساس ابعاد سازمان

^{۲۸} Neural Networks

^{۲۹} Fuzzy Logic

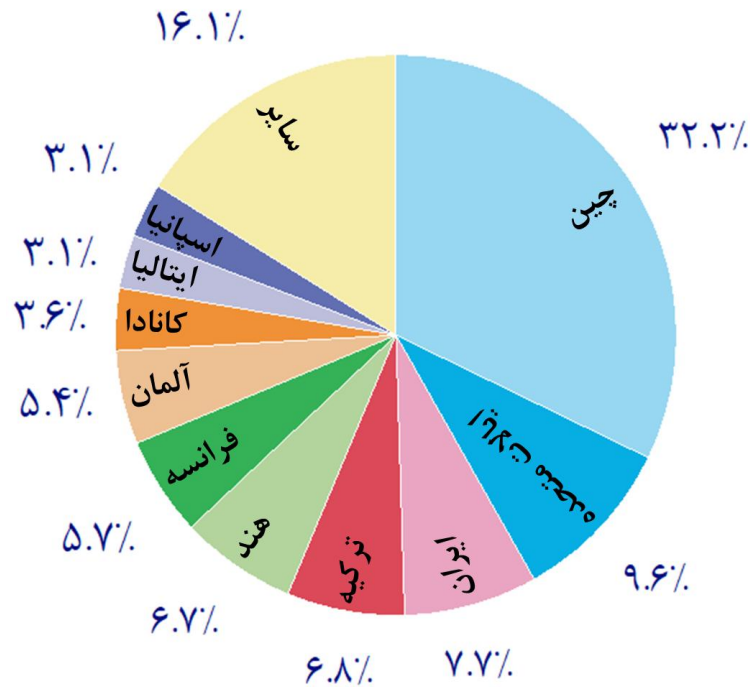
^{۳۰} Genetic Algorithms

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۳ حجم بازار هوش مصنوعی در صنعت نساجی به ۲۱/۴ میلیارد دلار با نرخ رشد مرکب سالانه ۳۱٪/۲۴/۶ برسد. این میزان ۰/۶٪ از حجم کل بازار صنعت نساجی در سال ۲۰۳۳ را در بر خواهد گرفت. در این میان، بخش یادگیری ماشین حجم غالب بازار را با میزان ۳۸٪ از سهم کل بازار هوش مصنوعی به خود اختصاص خواهد داد. بخش تعمیر و نگهداری پیش‌گویانه با بیش‌ترین سهم بهره‌وری، ۳۲٪ از سهم کل بازار را اشغال خواهد کرد.

در سال ۲۰۲۳، آمریکای شمالی (ایالت متحده و کانادا) با بیش از ۳۴٪ از سهم بازار هوش مصنوعی در صنعت نساجی بیش‌ترین میزان را به خود اختصاص داده است. در اروپا نیز می‌توان از آلمان، فرانسه، بریتانیا، اسپانیا، ایتالیا و هلند از کشورهای کلیدی در حوزه بهره‌وری از هوش مصنوعی در صنعت نساجی نام برد. همچنین در منطقه آسیا و اقیانوسیه کشورهای چین، ژاپن، کره جنوبی، هند، استرالیا، سنگاپور، تایلند و ویتنام، در منطقه آمریکای لاتین کشورهای برزیل و مکزیک و در منطقه خاورمیانه و آفریقا کشورهای آفریقای جنوبی، عربستان سعودی و امارات متحده عربی پیشرو در این عرصه می‌باشند.

همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، در میان مقالات علمی منتشر شده در زمینه هوش مصنوعی در صنعت نساجی، ایران جایگاه سوم پس از چین و آمریکا در بین ۶۱ کشور فعال در این حوزه را داراست [۲۳].

^{۳۱} Compound Annual Growth Rate (CAGR)



شکل ۹ مقایسه میزان انتشار مقاله در حوزه منسوجات هوشمند در صنعت نساجی در کشورهای جهان [23]

۳-۲- نقش هوش مصنوعی در زنجیره تامین صنعت نساجی

استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی نه تنها باعث بهبود عملکرد تولید می‌شود، بلکه به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که در یک بازار رقابتی، از مزیت‌های کیفیت بالا، سفارشی‌سازی سریع‌تر و هزینه‌های کمتر برخوردار شوند. بنابراین با گسترش هوش مصنوعی و استفاده جهانی آن در صنعت نساجی، سازمان‌های بر پایه روش‌های سنتی در معرض خطر قرار خواهند گرفت. برای جلوگیری از این روند، سازمان‌ها نیازمند تطابق با فناوری‌های نوین در صنعت نساجی می‌باشند. این فناوری‌ها در بخش‌های متعدد این صنعت نقش‌آفرینی خواهند داشت [۲۴]:

اتوماسیون تولید: در گذشته، بیشتر مراحل تولید مانند برش پارچه، مرتب‌سازی قطعات، دوخت و بازرسی کیفیت، به صورت دستی و با تکیه بر نیروی انسانی انجام می‌شد که این روش‌ها زمان‌بر، پرهزینه و مستعد خطا بودند. امروزه با توسعه سیستم‌های بینایی ماشین، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و رباتیک صنعتی، بسیاری از این فرآیندها به صورت خودکار انجام می‌شوند. استفاده از فناوری‌های خودکار در فرآیندهای تولید، با هدف افزایش بهره‌وری و کاهش خطای انسانی، ضروری است. اتوماسیون با حذف کارهای تکراری و یکنواخت

و افزایش سرعت تولید، امکان تولید محصولات با کیفیت بالا و یکنواخت را فراهم می‌آورد. همچنین، از آنجا که اتوماسیون در شرایط کاری ایمن‌تری انجام می‌شود، می‌تواند به کاهش خطرات در محیط‌های صنعتی کمک کند. به عنوان مثال، در مرحله‌ی برش، ربات‌های مجهز به بینایی ماشین با استفاده از الگوریتم‌های استخراج لبه، قطعات پارچه را با دقت بالا شناسایی و برش می‌دهند. در مرحله‌ی مرتب‌سازی، از فناوری اینترنت اشیا و کدهای QR برای طبقه‌بندی قطعات پارچه استفاده می‌شود تا هر قطعه به درستی به خط تولید بعدی منتقل شود. همچنین، در صنعت بافندگی، ماشین‌های جدید به حسگرهای هوشمند و سیستم‌های خودتصحیح‌کننده مجهز شده‌اند که توانایی تشخیص و رفع خودکار نقص‌هایی مانند شکستگی نخ یا توقف پود را دارند [25,26]. با این حال، معایب این فناوری شامل هزینه‌های بالای نصب و نگهداری و احتمال بروز خطا در تغییرات غیرمنتظره است. با توجه به مزایای متعدد اتوماسیون، از جمله بهبود کیفیت و کاهش هزینه‌های تولید، استفاده از این فناوری در صنعت نساجی می‌تواند به بهینه‌سازی فرآیندها و افزایش بازدهی در مراحل مختلف تولید، از جمله تولید نخ، پارچه و پوشاک کمک کند. [27]

کنترل کیفیت: روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی^{۳۲} و پردازش تصویر [۲۸] برای شناسایی عیوب [۲۹] از جمله لکه روغن، سوراخ، نایکنواختی ضخامت و پارگی نخ در هنگام بازرسی پارچه به کار گرفته می‌شوند [۳۰,۳۱]. این تکنولوژی‌ها نه تنها باعث بهبود دقت در شناسایی مشکلات می‌شوند بلکه به تولیدکنندگان امکان می‌دهند تا فرآیندهای تولید را با دقت بیشتری کنترل کنند و زمان‌ها و هزینه‌ها را کاهش دهند. شرکت Cognex Corp یکی از شرکت‌های تولیدکننده دوربین‌های هوشمند و بینایی ماشین است که در خودکارسازی فعالیت‌های بخش تولید و کنترل کیفیت نقش بسزایی دارد. جهت همانندسازی رنگ نیز ابزار DataColor راهی نوین و دقیق ارائه نموده است [۲].

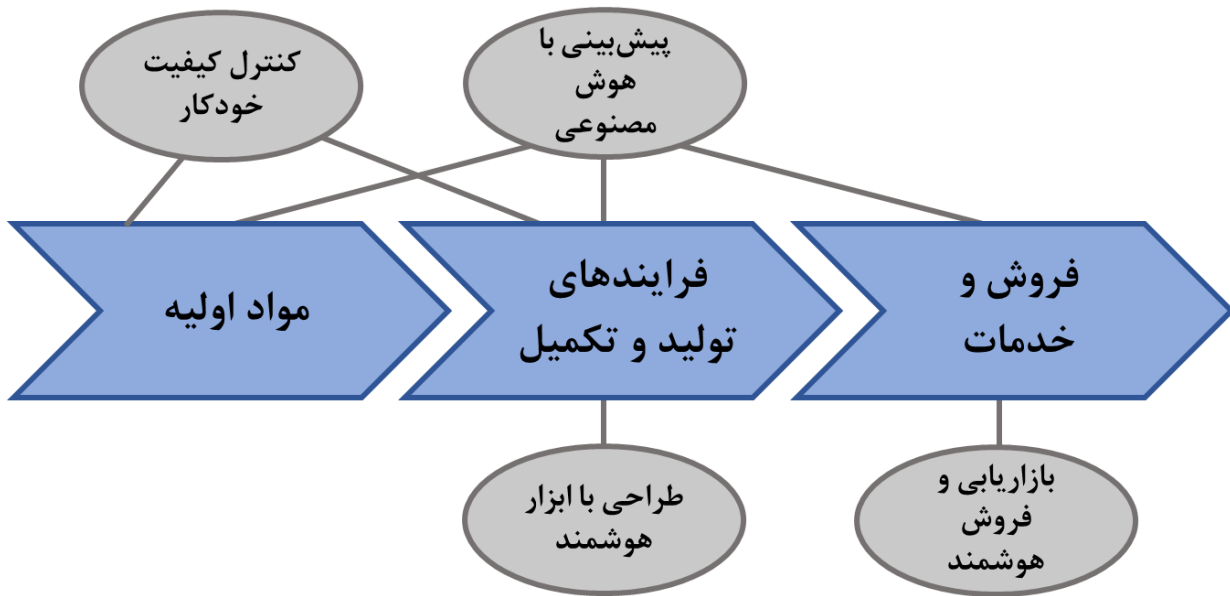
بازاریابی و فروش: در بخش نساجی، از آنجا که مواد اولیه ۶۰-۷۰٪ از هزینه کل را تشکیل می‌دهند، داشتن کنترل خوب بر موجودی یک صرفه‌جویی در هزینه‌ها خواهد بود. از آنجا که در دسترس بودن الیاف، به ویژه الیاف طبیعی، و نوسانات قیمت آن‌ها نقش مهمی در تعیین بازار دارند، پیش‌بینی صحیح با قابلیت اعتماد

^{۳۲} Artificial Neural Networks

خوب ضروری است. بخش فناوری اطلاعات و بخش تولید باید با یکدیگر همکاری کنند تا جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها استاندارد شود. تصمیم‌گیری مبتنی بر هوش مصنوعی و پیش‌بینی بازار در بخش‌های نوسان‌پذیر مانند پنبه به تدریج در حال نفوذ است، اما هنوز به سطحی مانند زمینه نساجی پزشکی نرسیده است. در میان زیرمجموعه‌های صنعت نساجی، طراحی و مد سریع پیشرو در اکتشاف و استفاده از هوش مصنوعی بوده‌اند. تاکنون بخش مد در این راستا از روش‌های هوش مصنوعی بهره‌برداری کرده است. استیمولیا، شرکت پیش‌بینی صنعت مد مستقر در بنگلور که توسط گانش سوبرا منیان تأسیس شده است، از الگوریتم‌های اختصاصی هوش مصنوعی برای پیش‌بینی روندهای مد و تقاضا استفاده می‌کند و به شرکت‌ها کمک می‌کند تا از طریق کنترل موجودی، حاشیه سود خود را افزایش دهند. به گفته استیمولیا، ابزار Demand Sensing این شرکت می‌تواند مجموعه‌های داده وسیعی را تحلیل کند که می‌توانند برای پیش‌بینی تقاضا و روندهای آینده استفاده شوند. [۳۲]

مواد و فناوری‌های پیشرفته: همانطور که قبلاً ذکر شد، مد سریع یکی از نخستین پذیرندگان یادگیری ماشین با حمایت از هوش انسانی بوده است. اما بخش نساجی پیشرفته در تحقق پتانسیل ابزارهای هوش مصنوعی برای توسعه و رشد خود کندتر عمل کرده است. این در حالی است که هوش مصنوعی می‌تواند در توسعه مواد الیافی جدید بسیار مفید باشد [۳۳]. این صنعت بر لزوم توسعه الیاف با عملکرد بالا با کاربرد در صنایع دفاعی و پزشکی تأکید دارد. هوش مصنوعی می‌تواند با مهندسی ژنتیک ترکیب شود تا الیاف جدیدی با کاربردها و ویژگی‌های جدید سنتز کند. هوش مصنوعی همچنین می‌تواند برای توسعه نسل جدیدی از لباس‌های دفاعی، پزشکی و حفاظتی استفاده شود [۳۱]. در این زمینه‌ها، به دست آوردن تعادل بین محافظت و راحتی یک مسئله است. با بررسی داده‌ها در مورد روابط بین کاربران مختلف، عملکرد و نیازها، ویژگی‌های عملکردی، فیزیکی و شیمیایی می‌توانند بهینه شوند [۳۴].

در شکل ۱۰ چگونگی امکان حضور هوش مصنوعی در زنجیره تامین صنعت نساجی مشاهده می گردد.



شکل ۱۰ جایگاه هوش مصنوعی در زنجیره تامین صنعت نساجی [32]

۳-۳- شرکت های پیشرو در توسعه هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک

در صنعت نساجی، شرکت های پیشرو زیادی در زمینه توسعه هوش مصنوعی در حال فعالیت هستند که هر یک به نحوی به تحول و نوآوری در این صنعت کمک می کنند. از جمله این شرکت ها می توان به SAP SE، Oracle، Intel Corporation، Microsoft Corporation، Siemens AG، IBM Corporation و Adobe Inc، PTC Inc، Amazon Web Services، Inc. (AWS)، Google LLC، Corporation، Inc، C^۳.ai اشاره کرد. این شرکت ها به طور عمده در زمینه های مختلف هوش مصنوعی، از جمله طراحی، تولید، مدیریت زنجیره تامین و ارتباط با مشتریان، نقش کلیدی ایفا می کنند.

در میان این بازیگران اصلی، SAP SE با ارائه راه حل های جامع مدیریت منابع انسانی^{۳۳} با تولید نرم افزارهای سازمانی در راس قرار دارد. این راه حل ها موجب بهبود کارایی عملیاتی و تحلیل داده های آنی می شود که به تولیدکنندگان نساجی کمک می کند تا به صورت بهینه تری عملیات خود را مدیریت کنند. IBM Corporation نیز با پلتفرم هوش مصنوعی خود "Watson" به تولیدکنندگان کمک می کند تا پیش بینی های

^{۳۳} ERP

دقیقی در زمینه تقاضا و نگهداری پیش‌گویانه داشته باشند، که این امر به بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک می‌کند.

Siemens AG با تخصص خود در اتوماسیون و دیجیتال‌سازی، راه‌حل‌هایی مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کارایی انرژی ارائه می‌دهد. Microsoft Corporation از طریق پلتفرم ابری "Azure" خود به تسهیل محاسبات ابری و تحلیل‌های هوش مصنوعی پرداخته و به تولیدکنندگان نساجی کمک می‌کند تا عملیات خود را به صورت مقیاس‌پذیر گسترش دهند. Intel Corporation نیز نقش کلیدی در ارائه سخت‌افزار و توان پردازشی با چیپ‌های پیشرفته دارد که از عملیات یادگیری ماشین پشتیبانی می‌کنند و به تولیدکنندگان نساجی کمک می‌کنند تا از داده‌ها به بهترین شکل بهره‌برداری کنند.

Oracle Corporation با ارائه برنامه‌های کاربردی هوش مصنوعی به تولیدکنندگان صنعت نساجی در بهینه‌سازی زنجیره تأمین و بهبود مدیریت موجودی و لجستیک یاری می‌دهد. Google LLC و Amazon Web Services (AWS) هر دو زیرساخت‌های ابری گسترده و خدمات یادگیری ماشین را ارائه می‌دهند که به کسب‌وکارهای نساجی در ایجاد نوآوری و تعاملات مشتریان کمک می‌کنند. PTC Inc. با پلتفرم "ThingWorx" خود که اینترنت اشیا را با هوش مصنوعی ترکیب می‌کند، بینش‌های آنی در عملیات تولید فراهم می‌آورد و به تولیدکنندگان امکان می‌دهد تا فرآیندها را بهینه و خودکار کنند.

از جمله سایر شرکت‌های کلیدی که در این حوزه فعال هستند می‌توان به Adobe Inc و C³.ai, Inc اشاره کرد. این شرکت‌ها با استفاده از ابزارهای پیشرفته هوش مصنوعی به بهبود روندهای تجاری و تولید در صنعت نساجی کمک می‌کنند.

در سال ۲۰۲۳، شرکت‌های برجسته در حوزه هوش مصنوعی توسعه‌های مهمی را در راستای بهبود راه‌حل‌های خود در صنعت نساجی انجام دادند. در ژانویه ۲۰۲۳، AWS قابلیت‌های جدید همچون موقعیت مکانی را که به‌طور خاص برای بهبود راه‌حل‌های اینترنت اشیا طراحی شده بودند، به خدمات خود افزود. این خدمات پیشرفته، داده و امنیت سایبری را ارائه می‌دهند که برای مدیریت مؤثر برنامه‌های هوش مصنوعی در صنعت نساجی بسیار ضروری می‌باشند.

در همین سال، Google Cloud از قابلیت‌های هوش مصنوعی خود برای ارائه خدمات بهتر به مشتریان سازمانی استفاده کرد و راه‌حل‌هایی در زمینه شناسایی تصویر و تحلیل داده‌ها معرفی کرد که در صنعت نساجی کاربرد بسیاری دارند. این راه‌حل‌ها به‌ویژه در بهبود کنترل کیفیت و کارایی تولید مفید واقع شدند. Microsoft نیز با گسترش خدمات هوش مصنوعی خود از طریق پلتفرم Azure، ابزارهای پیشرفته یادگیری ماشین و تحلیل داده را ارائه کرد که به تولیدکنندگان نساجی کمک می‌کند تا زنجیره تأمین خود را بهینه‌سازی کرده و کیفیت محصولات را ارتقا دهند.

علاوه بر این، C³.ai در سال ۲۰۲۳ مجموعه هوش مصنوعی خود را گسترش داد و ابزارهای پیش‌بینی تحلیلی پیشرفته‌تری را برای شرکت‌های نساجی فراهم کرد. این ابزارها به کسب‌وکارها کمک می‌کنند تا روندهای بازار را پیش‌بینی کنند و تصمیمات استراتژیک بهتری اتخاذ کنند. [۳۵]

این توسعه‌ها و نوآوری‌ها به ایجاد تحولی بزرگ در صنعت نساجی کمک کرده‌اند و به تولیدکنندگان این امکان را می‌دهند تا بهره‌وری خود را افزایش دهند، هزینه‌ها را کاهش دهند و به تقاضای بازار به‌طور سریع و دقیق پاسخ دهند.

هرچند استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی تاکنون فراگیر نبوده است، اما شرکت‌های پیشرو از مزیت‌های آن بهره‌فراوانی برده‌اند. این شرکت‌ها در جدول قابل مشاهده‌اند.

۳-۴- شرکت‌های پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک

در جدول ۲ شرکت‌های پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک و نحوه اثرگذاری این فناوری در آن‌ها، در یک نگاه قابل مشاهده است.

جدول ۲ شرکت‌های پیشرو در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت نساجی و پوشاک

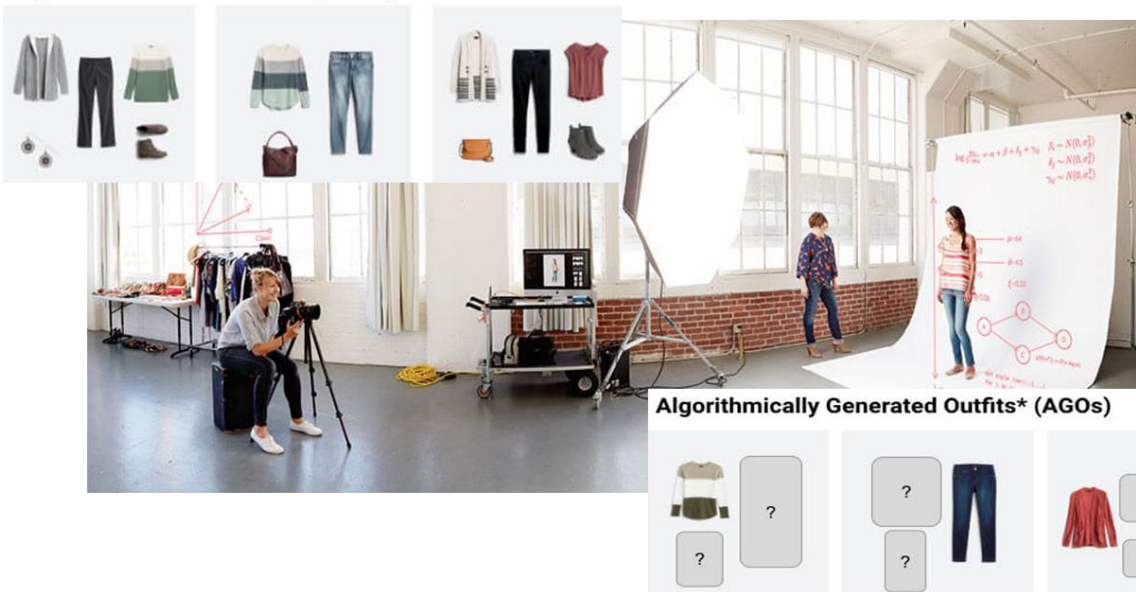
منبع	تأثیر و آمار سودآوری	کاربرد هوش مصنوعی	محصول/خدمات	کشور	نام شرکت
[۳۶]	میلیون دلار ۴۴۵ سود در ۲۰۲۳، ۳/۴ میلیون مشتری فعال	پیشنهاد لباس بر اساس سلیقه، سایز و بازخورد کاربر	استایل‌دهی شخصی آنلاین	آمریکا	Stitch Fix
[۳۷، ۳۸]	افزایش ۱۵٪-۱۰ سود سالانه	تحلیل رفتار مشتری، مدیریت موجودی، پیش‌بینی مد	مد سریع	اسپانیا	Zara
[۳۹، ۴۰]	افزایش ۲۰٪ فروش نسبت به فروشگاه سنتی	آینه‌های مجازی، پیشنهاد هوشمند استایل	فروشگاه‌های هوشمند	چین	Alibaba
[۴۱]	کاهش هزینه ۳۰٪ منابع انسانی، ۲۵٪ افزایش فروش	برچسب‌گذاری خودکار، جستجوی بصری، پیشنهاد استایل	پلتفرم هوش مصنوعی برای برندها	آمریکا/هند	Vue.ai
[۴۲]	کاهش ۱۵٪ موجودی، ۸٪ افزایش فروش	پیش‌بینی تقاضا، کاهش موجودی اضافی	خرده‌فروشی جهانی پوشاک	سوئد	H&M
[۴۳، ۴۴]	تعامل بیشتر ۴۰٪ نسبت به اپ‌های مشابه	یادگیری سلیقه کاربر، فید خرید شخصی‌سازی شده	اپلیکیشن خرید هوشمند	آمریکا	The Yes
[۴۵]	کاهش ۳۵٪ ضایعات، کاهش نرخ بازگشت کالا	طراحی سفارشی با اسکن بدن و الگوریتم دقیق دوزی	جین‌های سفارشی بدون ضایعات	آمریکا/هنگ کنگ	Unspun
[۴۶، ۴۷]	افزایش ۵۰٪ بهره‌وری طراحی	الهام طراحی با تحلیل Watson داده‌های مد توسط	پروژه طراحی با هوش مصنوعی	آمریکا	IBM + Tommy Hilfiger
[۴۸]		برای پیشنهاد Nike Fit اپ سایز، طر	کفش و لباس ورزشی	آمریکا	Nike

در ادامه به شرح عملکرد فناوری هوش مصنوعی در این شرکت‌ها پرداخته شده است:

Stitch Fix

برخلاف بسیاری از شرکت‌ها که هنوز در حال ترسیم نقشه راه ورود به دنیای هوش مصنوعی هستند، Stitch Fix از آغاز بر پایه داده‌محوری و یادگیری ماشین بنا شده است. شرکت Stitch Fix نمونه‌ای برجسته از تلفیق هوشمندانه انسان و ماشین در صنعت مد است. این شرکت با بهره‌گیری از هوش مصنوعی مولد، از بیش از ۴/۵ میلیارد نقطه داده متنی که از بازخورد مشتریان جمع‌آوری شده، برای شخصی‌سازی گسترده در مقیاس بالا استفاده می‌کند. کاربردهای آن‌ها از درک عمیق ترجیحات مشتریان از طریق بردارهای^{۳۴} معنایی مدل‌های زبانی مانند GPT-۴، تا تولید محتوای تبلیغاتی با کیفیت بالا و مدل‌سازی لباس‌های متناسب با سلیقه و سبک فردی هر مشتری را شامل می‌شود.

Stylist Generated Outfits* (SGOs)



استفاده از بردارهای زبانی Open AI به Stitch Fix این امکان را داده تا بازخوردهای متنی گسترده، مشتریان را به سرعت تحلیل کرده و در قالب اطلاعات قابل استفاده برای الگوریتم‌های توصیه‌گر خود نمایش دهد. علاوه بر این، با استفاده از GPT-۳ برای تولید متن‌های تبلیغاتی و طراحی ترکیب‌های جدید لباس از میان میلیون‌ها آیتم موجود، این شرکت توانسته تجربه‌ای شخصی‌سازی شده، کارآمد و الهام‌بخش را برای مشتریان خود فراهم کند. Stitch Fix نشان می‌دهد که چگونه هوش مصنوعی، نه به عنوان جایگزین انسان، بلکه در کنار او می‌تواند تحولی بزرگ در صنعت خرده‌فروشی پوشاک ایجاد کند.

^{۳۴}Embeddings

Zara

با رشد چشمگیر تجارت الکترونیک، برندهایی مانند زارا تحت مالکیت گروه Inditex از فناوری‌های هوش مصنوعی برای بهبود تجربه خرید دیجیتال و حضوری بهره می‌برند. زارا با افزایش ۴۱ درصدی فروش آنلاین، از ابزارهایی مانند توصیه‌گرهای شخصی‌سازی‌شده بر اساس رفتار کاربران، آینه‌های هوشمند مجهز به RFID، و صندوق‌های خودکار استفاده کرده است. این اقدامات باعث ترکیب یکپارچه تجربه خرید فیزیکی و آنلاین شده‌اند.

زارا همچنین با بهره‌گیری از سیستم‌های پیشرفته پیش‌بینی تقاضا، موجودی انبار را بر اساس داده‌های فروش گذشته، شبکه‌های اجتماعی و الگوهای رفتاری مصرف‌کنندگان تنظیم می‌کند. این فرآیندها از طریق همکاری با شرکت‌هایی نظیر Intel و Fetch Robotics و بهره‌گیری از پلتفرم Jetlore برای تحلیل رفتار مشتری، به بهینه‌سازی تولید و کاهش ضایعات کمک می‌کنند.



هوش مصنوعی همچنین در طراحی محصولات جدید از تحلیل تصاویر و متون آنلاین برای پیش‌بینی روندها گرفته تا ساخت نمونه‌های اولیه برای ارزیابی نهایی کاربرد دارد. این نوآوری‌ها نه تنها باعث افزایش کارایی و سود شده‌اند، بلکه زارا را در رقابت با سایر برندها پیش‌تاز قرار داده‌اند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۴، فروش زارا ۷/۱ درصد و سود ناخالص آن ۷/۲ درصد رشد داشته است که بیانگر موفقیت استراتژی‌های دیجیتال این برند است. [۳۷، ۳۸]

Alibaba

علی‌بابا، یکی از بزرگ‌ترین شرکت‌های تجارت الکترونیک، یک دستیار مد مبتنی بر هوش مصنوعی معرفی کرده است. این دستیار هوش مصنوعی از فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند شناسایی تصویر و یادگیری ماشین برای ارائه پیشنهادات شخصی‌سازی‌شده استفاده می‌کند. در این فناوری، مشتریان می‌توانند تصاویری از لباس‌ها یا سبک‌هایی که دوست دارند بارگذاری کنند و هوش مصنوعی این تصاویر را تجزیه و تحلیل کرده و سبک، رنگ‌ها و الگوهای لباس را درک می‌کند. همچنین این دستیار، داده‌های کاربر از جمله تاریخچه مرور، شکل بدن، خریدهای قبلی و ترجیحات اعلام‌شده را پردازش کرده و پیشنهادات لباس شخصی‌سازی‌شده تولید می‌کند. در نهایت، بر اساس این داده‌ها، دستیار مد محصولات خاصی را توصیه می‌کند که به کاربران کمک می‌کند لباس‌هایی پیدا کنند که بهتر با سبک، نوع بدن و ترجیحاتشان سازگار باشد.



این ابزار مبتنی بر هوش مصنوعی تجربه خرید پویا و جذابی را فراهم می‌کند که به کاربران این امکان را می‌دهد تا با سیستم تعامل کرده و پیشنهادات دریافت کنند که با گذشت زمان و به‌طور مداوم به‌روزرسانی می‌شوند، زیرا هوش مصنوعی بیشتر در مورد ترجیحات مشتری یاد می‌گیرد. این دستیار موجب افزایش تعامل مشتری، فروش بالاتر، کاهش نرخ بازگشت کالا و تقویت وفاداری برند شده است [۳۹، ۴۰].

Vue.ai

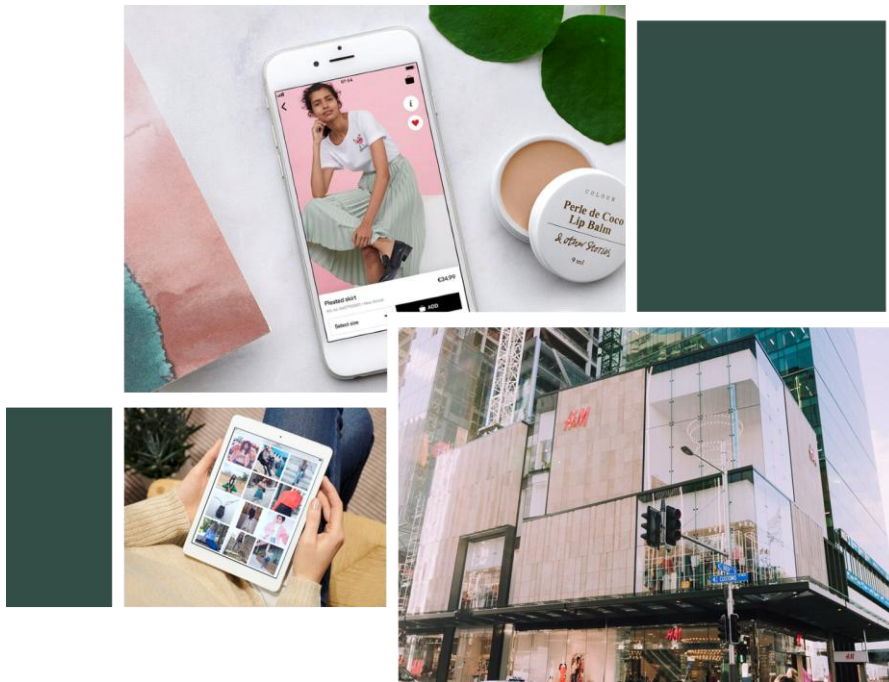
Mad Street Den، شرکت مادر Vue.ai، یکی از پیشگامان هوش مصنوعی سازمانی است که با هدف تبدیل کسب و کارها به سازمان‌هایی بومی‌سازی‌شده با هوش مصنوعی فعالیت می‌کند. این شرکت از طریق ایجاد تحولاتی در دو سطح مدیریتی (از بالا به پایین) و عملیاتی (از پایین به بالا) می‌کوشد تا پذیرش و استقرار هوش مصنوعی را در ساختارهای تجاری تسهیل کند. هدف اصلی آن، ادغام کامل هوش مصنوعی در عملیات روزمره، تصمیم‌گیری و نوآوری سازمان‌ها نه صرفاً استفاده از آن به عنوان ابزاری جانبی است.



Vue.ai، با بهره‌گیری از فناوری‌های بینایی ماشین و علم داده، به خرده‌فروشان کمک می‌کند تا بینش‌های دقیق‌تری درباره محصولات و رفتار مشتریان به دست آورند. مجموعه مدیریت تجربه دیجیتال این پلتفرم (DXM)، ابزاری دوسویه برای افزایش درآمد و کاهش هزینه‌هاست که در سراسر جهان مورد اعتماد برندهای خرده‌فروشی قرار گرفته است. این سیستم علاوه بر شخصی‌سازی تجربه مشتری، فرآیندهایی همچون نمایش محصول، مدیریت موجودی، تجارت الکترونیک و بازاریابی را به صورت خودکار انجام می‌دهد. این پلتفرم با ترکیب فناوری‌های یادگیری ماشین، بینایی ماشین و پردازش زبان طبیعی، تجربه خریدی هوشمند، تعاملی و یکپارچه را در تمام کانال‌های فروش فراهم می‌سازد. همچنین با ارائه پیشنهادات هدفمند، استایلینگ مجازی، تحلیل داده‌های رفتاری و مدیریت موجودی بهینه، به افزایش فروش و بهبود رضایت مشتریان کمک شایانی می‌کند [۴۱].

H&M

برند H&M از هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین، افزایش رضایت مشتری و تحقق اهداف پایداری بهره می‌برد. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، این برند داده‌هایی مانند فروش گذشته، ترندهای بازار، شرایط آب‌وهوا و رفتار مصرف‌کننده را تحلیل کرده و به پیش‌بینی دقیق تقاضا و مدیریت موجودی کمک می‌کند. همکاری با Google Cloud نیز به توسعه پلتفرم هوشمند زنجیره تأمین منجر شده که با تحلیل لحظه‌ای اطلاعات، تخصیص موجودی و مسیرهای حمل‌ونقل را بهینه‌سازی می‌کند. همچنین با مدل‌سازی سه‌بعدی و ایجاد آواتارهای دیجیتالی، امکان پرو مجازی لباس فراهم گشته که نرخ بازگشت کالا را کاهش داده و تجربه خرید آنلاین را ارتقا داده است.



در زمینه طراحی محصول، هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های شبکه‌های اجتماعی و بازخورد مشتریان، به شناسایی سریع‌تر ترندها و طراحی مجموعه‌هایی مطابق با سلیقه روز کمک می‌کند. این فرایند، زمان عرضه محصول را کاهش داده و نرخ فروش را افزایش می‌دهد. در فروشگاه‌های فیزیکی نیز از داده‌کاوی برای تنظیم چیدمان کالا و موجودی قفسه‌ها متناسب با نیازهای محلی استفاده می‌شود. H&M با این رویکردهای نوآورانه، هوش مصنوعی را به ابزاری کلیدی برای حل چالش‌های سنتی، ارتقای تجربه مشتری و پایداری در صنعت مد تبدیل کرده است [۴۲].

The Yes

پلتفرم THE YES در سال ۲۰۱۸ توسط جولی بورنستین، مدیر اجرایی سابق Stitch Fix و معاون سابق بازاریابی Sephora، همراه با آمیت آگاروال تأسیس و در می ۲۰۲۰ به طور رسمی راه اندازی شد. این اپلیکیشن خرید پوشاک، با بهره گیری از فناوری های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین و بینایی کامپیوتری، تجربه ای کاملاً شخصی سازی شده به کاربران ارائه می داد. کاربران با پاسخ دادن به مجموعه ای از سؤالات ساده درباره برندهای محبوب، استایل شخصی، رنگ های مورد علاقه و سایز بدن خود، فید اختصاصی محصولات را دریافت می کردند. این فناوری با تحلیل پاسخ های "بله" یا "خیر" کاربران به پیشنهادات مختلف، به مرور سلیقه آنها را بهتر درک کرده و محصولات مناسب تری پیشنهاد می داد. این شرکت با بیش از ۲۵۰ برند معتبر همکاری می کرد و با گسترش دسته بندی ها و اضافه کردن برندهای سایز بزرگ، تلاش داشت تجربه خریدی جامع، بدون تبعیض و سازگار با تنوع کاربران ارائه دهد [۴۳].

در ژانویه ۲۰۲۲، شرکت Pinterest برای توسعه قابلیت های خرید هوشمند خود، THE YES را خریداری کرد. هدف از این خرید، به کارگیری فناوری شخصی سازی THE YES و جذب تیم متخصص آن برای ارتقای

تجربه خرید در پلتفرم Pinterest بود. پس از این ادغام، اپلیکیشن و وبسایت THE YES غیرفعال شدند و تمرکز تیم آن بر توسعه ابزارهای خرید درون Pinterest قرار گرفت. این اقدام بخشی از استراتژی Pinterest برای تبدیل شدن به پلتفرمی الهام بخش و در عین حال کاربردی در حوزه خرید آنلاین، به ویژه در بخش هایی مانند مد، زیبایی و دکوراسیون داخلی محسوب می شود [۴۴].



Unspun

شرکت Unspun، با هدف کاهش ضایعات و آلاینده‌های صنعت مد، فناوری نوآورانه‌ای به نام Vega™ را توسعه داده است. این فناوری با استفاده از دستگاه‌های بافندگی سه‌بعدی، نخ را مستقیماً به پارچه تبدیل می‌کند و فرآیند تولید را به صورت درخواستی و بدون نیاز به موجودی انبار انجام می‌دهد. این رویکرد موجب کاهش قابل توجه ضایعات مواد، زمان تولید و انتشار کربن می‌شود. Unspun با برندهایی مانند Walmart، Latta Eckhaus و Pangaia همکاری کرده است تا این فناوری را در مقیاس تجاری پیاده‌سازی کند.



در بخش مصرف‌کننده، Unspun تجربه خریدی شخصی‌سازی شده را ارائه می‌دهد. مشتریان با اپلیکیشن این شرکت، از بدن خود اسکن سه‌بعدی انجام می‌دهند که ابعاد بدن در آن به صورت دقیق‌تری اندازه‌گیری می‌شود. این داده‌ها برای طراحی شلوارهای جین متناسب با بدن هر فرد استفاده می‌شوند. توسط نرم‌افزار VStitcher، این شلوارها با دقت بالا طراحی و تولید می‌شوند. این فرآیند منجر به کاهش ۹۰ درصدی نیاز به اصلاحات و کاهش زمان تحویل به دو هفته می‌شود. [۴۵]

IBM + Tommy Hilfiger

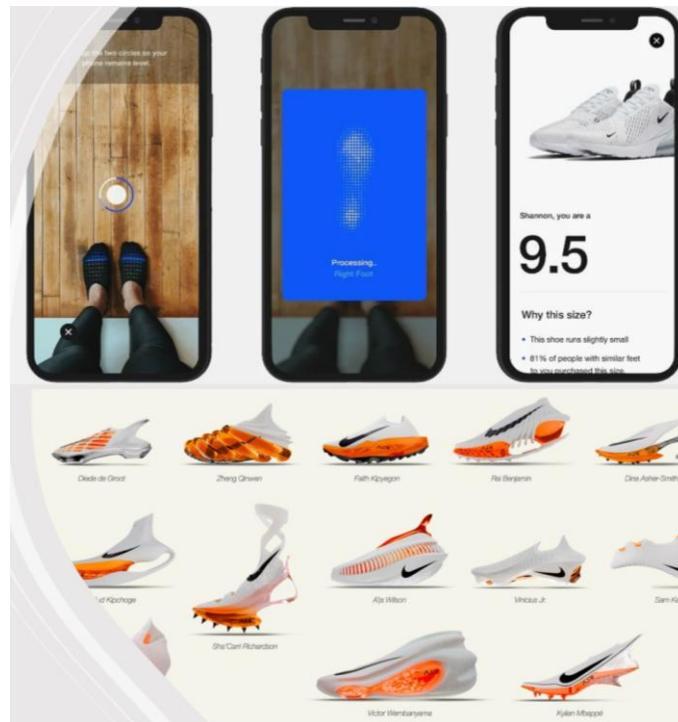
برند تامی هیلفیگر با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، تحول دیجیتال چشم‌گیری را در طراحی، تولید و تجربه مشتری رقم زده است. این برند با همکاری IBM و CFDA، پروژه‌ای آزمایشی را اجرا کرد که طی آن طراحان توانستند با استفاده از داده‌های گسترده شامل مجموعه‌های قبلی، ترندهای شبکه‌های اجتماعی و بازخورد مشتریان، روندهای مد را بهتر تحلیل و پیش‌بینی کنند. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین به طراحان کمک کرده تا تصمیمات دقیق‌تری در انتخاب رنگ، پارچه و سبک اتخاذ کنند.



همچنین Tommy Hilfiger از سیستم‌های هوشمند برای شخصی‌سازی تجربه خرید و بهینه‌سازی زنجیره تأمین استفاده می‌کند. سیستم‌های توصیه‌گر مبتنی بر هوش مصنوعی، محصولات را مطابق با سلیقه مشتری پیشنهاد می‌دهند و با تحلیل الگوهای فروش، موجودی کالا را به‌طور مؤثری مدیریت می‌کنند. ادغام هوش مصنوعی در فرایند طراحی نیز باعث کاهش زمان از ایده تا عرضه محصول شده و زمینه خلق طراحی‌های نوآورانه در زمان کوتاه‌تری را فراهم کرده است. [۴۶، ۴۷]

Nike

نایک با به کارگیری هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف طراحی، تولید، بازاریابی و تجربه مشتری، تحولی دیجیتال در صنعت پوشاک و کفش ورزشی رقم زده است. این برند از فناوری‌هایی مانند یادگیری ماشین، بینایی کامپیوتری و پردازش زبان طبیعی برای ارائه پیشنهادات شخصی‌سازی شده، استفاده از واقعیت افزوده برای انتخاب سایز مناسب و بهینه‌سازی پشتیبانی مشتری بهره می‌برد. در زنجیره تأمین نیز با تحلیل‌های پیش‌بینی‌گر، نایک موجودی را مدیریت کرده، اختلالات را شناسایی و راه‌حل‌های جایگزین ارائه می‌دهد.



در زمینه بازاریابی، نایک با استفاده از بخش‌بندی دقیق مخاطبان و تولید محتوای پویا، کمپین‌های تبلیغاتی شخصی‌سازی شده و مؤثری را اجرا می‌کند. همچنین با تحلیل داده‌های مصرف‌کنندگان و شبیه‌سازی دیجیتال، فرایند طراحی و توسعه محصولات را سرعت می‌بخشد و در انتخاب مواد پایدار نیز از الگوریتم‌های هوشمند استفاده می‌کند. این شرکت با استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت پسماند و بازیافت مواد، به‌صورت هدفمند در مسیر پایداری محیط‌زیستی گام برمی‌دارد [۴۸].

۳-۵- صنعت ۵.۰ و تحول در صنعت نساجی

صنعت نساجی یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال پویاترین بخش‌های اقتصاد جهانی به شمار می‌رود. با وجود سهم قابل توجه آن در اشتغال‌زایی و تولید ناخالص داخلی در بسیاری از کشورها، این صنعت یکی از منابع

اصلی آلودگی‌های زیست‌محیطی نیز محسوب می‌شود. استفاده گسترده از مواد شیمیایی خطرناک در رنگریزی، مصرف فراوان آب، تولید انبوه زباله‌های نساجی و بهره‌گیری از نیروی کار ارزان‌قیمت در کشورهای در حال توسعه، تنها بخشی از چالش‌هایی است که صنعت نساجی در قالب مدل مد سریع^{۳۵} با آن مواجه است.

در پاسخ به این مسائل، تفکر صنعت ۵.۰ به عنوان رویکردی نوظهور، مسیر تازه‌ای برای تحول این صنعت ترسیم می‌کند. برخلاف صنعت ۴.۰ که تمرکز اصلی آن بر اتوماسیون و دیجیتالی‌سازی گسترده فرآیندها بود، صنعت ۵.۰ انسان‌محوری، اخلاق‌مداری، پایداری زیست‌محیطی، و استفاده هوشمند از فناوری را در اولویت قرار می‌دهد. این رویکرد بر تعامل هم‌افزا میان انسان و ماشین تأکید دارد، به‌گونه‌ای که نوآوری فناوری در خدمت نیازهای انسانی، حفظ محیط‌زیست و ارتقای کیفیت زندگی قرار گیرد.

در ادامه به برخی از مهم‌ترین مظاهر پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در صنعت نساجی و پوشاک اشاره شده است. **فرآیندهای سبز و دوستدار محیط‌زیست:** توسعه فناوری‌های نوین نظیر رنگریزی بدون آب، استفاده از بخار فوق‌داغ یا دی‌اکسیدکربن فوق بحرانی، و تبدیل ضایعات نساجی به بیوپلاستیک، از مهم‌ترین راهکارهایی هستند که به کاهش آلاینده‌ها و مصرف منابع طبیعی در فرآیندهای تولید نساجی کمک می‌کنند. **دیجیتال‌سازی فرآیندهای تولید:** به‌کارگیری حسگرهای هوشمند، اینترنت اشیاء، و آنالیز داده‌ها در خطوط تولید باعث می‌شود تا مصرف آب، انرژی، و مواد شیمیایی به‌صورت لحظه‌ای پایش و بهینه‌سازی شود. این امر به افزایش بهره‌وری و کاهش اتلاف منابع می‌انجامد.

تولید شخصی‌سازی شده و انعطاف‌پذیر: با کمک فناوری‌های تولید افزایشی، ماشین‌آلات چندمنظوره و خطوط تولید کوچک، برندها قادرند محصولات را متناسب با سلیقه و نیاز فردی مشتریان، در مقیاس‌های محدود و با تنوع بالا تولید کنند. این امر موجب کاهش موجودی انبار، تولید مازاد و اتلاف می‌شود.

زنجیره تأمین هوشمند و شفاف: استفاده از فناوری بلاک‌چین برای ردیابی منبع الیاف، فرآیند تولید و حمل‌ونقل کالا، امکان ارائه اطلاعات شفاف و غیرقابل تغییر را فراهم می‌کند. پلتفرم‌های دیجیتال نیز برنامه‌ریزی دقیق‌تر، هماهنگی میان تامین‌کنندگان، و کنترل بهینه موجودی را تسهیل می‌کنند.

^{۳۵} Fast Fashion

کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری: با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تولیدکنندگان می‌توانند نیاز بازار را پیش‌بینی کنند، دوباره‌کاری را کاهش دهند، نرخ بازگشت کالا را پایین آورند و با تولید مبتنی بر تقاضا، تا ۳۵٪ از ضایعات نساجی بکاهند.

طراحی نوآورانه و مشتری‌محور: فناوری‌هایی مانند طراحی به کمک رایانه، چاپ سه‌بعدی و چهاربعدی، و تحلیل الگوریتمی ترجیحات مشتریان، طراحان را قادر می‌سازد لباس‌هایی با برش دقیق، مناسب اندام فردی، و هم‌راستا با سلیقه شخصی مصرف‌کنندگان خلق کنند.

نیروی کار توانمند و خلاق: در صنعت ۵.۰، فناوری در خدمت ارتقاء جایگاه انسانی است. کارگران از انجام وظایف تکراری رهایی یافته و می‌توانند بر خلاقیت، طراحی و تحلیل تمرکز کنند. استفاده از ربات‌های همکار موجب افزایش ایمنی، بهره‌وری و حفظ مهارت‌های سنتی در قالبی نوین می‌شود.

حرکت به سوی توسعه پایدار و اقتصاد چرخشی: استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیافت منسوجات مصرف‌شده، به‌کارگیری مواد زیست‌تخریب‌پذیر و طراحی محصولات قابل تعمیر، مسیر صنعت نساجی را به سوی مدل‌های احیاگر و پایدار هدایت می‌کند.

طبق گزارش آژانس محیط‌زیست اروپا (۲۰۲۲)، صنعت نساجی در اتحادیه اروپا از نظر مصرف منابع اولیه و آب در جایگاه چهارم و از لحاظ انتشار گازهای گلخانه‌ای در رتبه پنجم قرار دارد. همچنین، بیش از ۸۵٪ منسوجات مصرف‌شده یا دفن می‌شوند یا سوزانده. این داده‌ها لزوم گذار به الگوهای پایدارتر و کارآمدتر را نشان می‌دهند.

در همین راستا، اتحادیه اروپا در قالب استراتژی نساجی پایدار خود، الزام استفاده از "پاسپورت دیجیتال محصول"^{۳۶} را تا سال ۲۰۳۰ مطرح کرده است. این پاسپورت، اطلاعات کاملی از چرخه حیات محصول، از تولید الیاف تا بازیافت نهایی، در اختیار مصرف‌کننده و زنجیره تامین قرار می‌دهد.

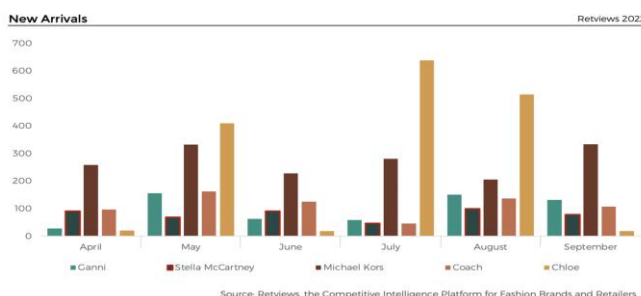
^{۳۶} Digital Product Passport

۳-۶- برندهای پیشرو در صنعت ۵.۰

Stella McCartney

Stella McCartney به عنوان یکی از پیشگامان مد پایدار، از نخستین طراحان لوکس است که به طور جدی از به کارگیری مواد حیوانی در محصولات خود پرهیز کرده و به سمت استفاده از مواد زیستی و دوستدار محیط زیست رفته است. این برند از پارچه های نوآورانه ای همچون چرم های گیاهی، میکروفیبرهای بازیافتی، و مواد تولید شده در آزمایشگاه بهره می برد. یکی از اقدامات شاخص این برند، همکاری با شرکت LanzaTech بوده است که از گازهای گلخانه ای بازیافتی (مانند گاز کربن مونواکسید صنعتی) برای تولید الیاف مصنوعی استفاده می کند. این فرآیند نه تنها انتشار کربن را کاهش می دهد، بلکه چرخه ی تولید را نیز به سمت اقتصاد چرخشی هدایت می کند.

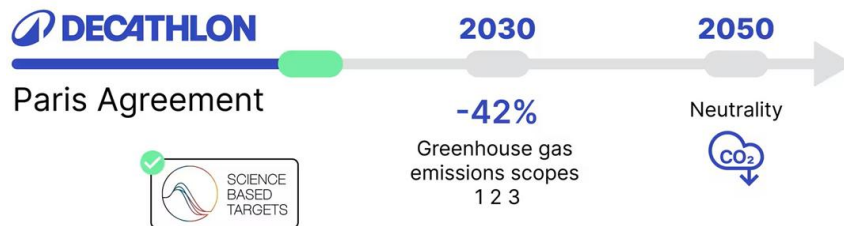
در راستای شفافیت زنجیره تأمین، Stella McCartney با پلتفرم TextileGenesis همکاری می کند؛ این پلتفرم مبتنی بر بلاک چین امکان ردیابی دقیق منشأ مواد اولیه و مسیر تولید را فراهم می سازد. استفاده از فناوری های ردیابی دیجیتال، نه تنها به مشتریان امکان دسترسی به اطلاعات مربوط به اصالت و پایداری محصول را می دهد، بلکه به استانداردسازی زنجیره تأمین شفاف در صنعت مد نیز کمک می کند. این برند همچنین با مشارکت در پروژه هایی همچون Mylo™ (چرم تولیدشده از قارچ)، جایگاه خود را به عنوان یک رهبر علمی و نوآور در حوزه ی مد پایدار تثبیت کرده است [49].



Decathlon

شرکت فرانسوی Decathlon، یکی از بزرگ‌ترین خرده‌فروشان محصولات ورزشی در جهان، به‌طور فعال از فناوری‌های صنعت ۵.۰ برای بهبود چرخه عمر محصولات خود بهره می‌گیرد. این شرکت از هوش مصنوعی در فاز طراحی استفاده می‌کند تا محصولات ورزشی متناسب با رفتارهای مشتری، ارگونومی بدن و شرایط محیطی بهینه طراحی شوند. به‌علاوه، Decathlon با توسعه محصولات ماژولار و قابل تعمیر، عمر مفید محصولات را افزایش داده و از مصرف بی‌رویه منابع جلوگیری می‌کند. این رویکرد به‌ویژه در تجهیزات ورزشی پیچیده همچون دوچرخه‌ها، کوله‌پشتی‌ها و کفش‌های تخصصی دیده می‌شود.

در حوزه پایداری، Decathlon برنامه بازیافت لباس‌های استفاده‌شده در فروشگاه‌ها را اجرا کرده و با راه‌اندازی اکوسیستم‌های بازیافت محلی، تولید زباله‌های نساجی را کاهش داده است. همچنین این شرکت از پلتفرم‌های دیجیتال برای ردیابی موجودی و زنجیره تأمین استفاده می‌کند تا با کمینه‌سازی تولید مازاد، به پایداری زیست‌محیطی کمک کند. یکی از ابتکارات دیگر این برند، آزمایش مدل‌های تجاری مبتنی بر اجاره تجهیزات است که به‌جای مالکیت دائمی، استفاده مشترک و بهینه از منابع را ترویج می‌دهد. [50,51]



H&M Group

گروه H&M با سابقه‌ای طولانی در صنعت پوشاک، در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای در راستای پایداری صنعت مد سریع انجام داده است. این گروه یکی از نخستین برندهایی بود که طرح جمع‌آوری لباس‌های کهنه در فروشگاه‌های خود را در سطح جهانی اجرا کرد و با شرکت‌هایی نظیر I:CO برای بازیافت منسوجات همکاری نمود. همچنین، با سرمایه‌گذاری استراتژیک در شرکت‌های نوآوری مانند Renewcell، این گروه توانسته فرایند بازیافت شیمیایی سلولز از لباس‌های پنبه‌ای قدیمی را تجاری‌سازی کند؛ فرآیندی که منجر به تولید الیاف جدید با کیفیت بالا می‌شود.

در طراحی محصول، H&M از اصول «طراحی برای بازیافت» بهره می‌برد؛ به این معنا که لباس‌ها به گونه‌ای طراحی می‌شوند که جداسازی الیاف در مرحله بازیافت ساده‌تر باشد (برای مثال با حذف مخلوط الیاف یا استفاده از دوخت‌های قابل جداسازی). همچنین، H&M از الگوریتم‌های پیش‌بینی تقاضا مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده می‌کند تا از تولید بیش‌ازحد و اتلاف منابع جلوگیری شود. این راهبردها، در چارچوب اهداف توسعه پایدار سازمان ملل و برنامه‌های ESG، در جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی صنعت مد طراحی شده‌اند [52].



Aura (LVMH ،Prada ،Cartier)

کنسرسیوم Aura، که با مشارکت برندهای مطرحی همچون LVMH، Prada و Cartier راهاندازی شده، هدف اصلی‌اش ایجاد شفافیت، قابلیت ردیابی، و اصالت در بازار محصولات لوکس است. این پلتفرم از فناوری بلاک‌چین خصوصی استفاده می‌کند تا برای هر محصول یک هویت دیجیتال یکتا ایجاد کند. مشتریان می‌توانند از طریق اسکن یک کد QR یا دسترسی به پلتفرم دیجیتال، مسیر تولید، منشأ مواد اولیه، و مراحل کنترل کیفیت محصول مورد نظر را مشاهده کنند.

مزیت اصلی Aura در ایجاد پاسپورت دیجیتال محصول است که اطلاعاتی مانند تاریخ تولید، مواد استفاده‌شده، محل ساخت، تعمیرات احتمالی، و حتی مالکیت پیشین محصول را ذخیره می‌کند. این ویژگی به‌ویژه برای محصولات لوکس و باارزش بالا، مانند کیف‌های دستی، ساعت‌ها یا جواهرات، اهمیت ویژه‌ای دارد. کنسرسیوم Aura اصالت محصول را تضمین می‌کند، بلکه بستری مناسب برای ارتقاء تجربه مشتری، مبارزه با کالاهای تقلبی، و توسعه اقتصاد چرخشی در بازار لوکس فراهم می‌سازد [53].



Resortecs

استارت‌آپ بلژیکی Resortecs با تمرکز بر طراحی برای بازیافت، راه‌حل‌های نوآورانه‌ای در زمینه بازطراحی پوشاک ارائه کرده است. محصول کلیدی این شرکت، نخ‌های دوخت با حرارت حل‌شونده است که در دمای مشخص از هم باز می‌شوند. این ویژگی امکان جداسازی اتوماتیک قطعات مختلف یک لباس (مانند دکمه، زیپ، آستری و لایه‌های مختلف) را بدون نیاز به نیروی انسانی فراهم می‌کند و سرعت و دقت فرآیند بازیافت را به طرز چشمگیری افزایش می‌دهد. [54]



Resortecs توانسته است با مشارکت در برنامه‌های حمایت مالی اتحادیه اروپا، از جمله EIC Accelerator، زیرساخت‌های لازم برای صنعتی‌سازی این فناوری را توسعه دهد. نوآوری این شرکت در راستای اصول طراحی چرخشی و صنعت ۵.۰ قرار دارد، چرا که با استفاده از تکنولوژی و خلاقیت، فرایند جداسازی مواد را هوشمندانه کرده و امکان بازیافت دقیق‌تر را فراهم می‌سازد. بسیاری از برندهای مد پایدار و تولیدکنندگان پوشاک صنعتی در حال آزمایش همکاری با این فناوری برای افزایش بهره‌وری بازیافت خود هستند [55].

صنعت ۵.۰ نه تنها فناوری را در خدمت تولید قرار می‌دهد، بلکه آن را ابزاری برای تحقق توسعه پایدار، ارتقاء کیفیت زندگی، و بازتعریف نقش انسان در فرآیندهای صنعتی می‌داند. این رویکرد، هم‌افزایی میان انسان و

ماشین را تقویت کرده و با تکیه بر ارزش‌های اخلاقی، زیست‌محیطی و فرهنگی، مسیر آینده صنعت نساجی را از مصرف‌گرایی کور و بهره‌کشی، به سوی پایداری، تنوع و بازآفرینی سوق می‌دهد. بر اساس گزارش سازمان توسعه و همکاری اقتصادی^{۳۷}، سازمان‌ها و شرکت‌هایی که رویکرد انسان‌محور را در اولویت قرار داده‌اند، تا ۲۰٪ بیشتر از هم‌تایان خود در دستیابی به اهداف پایداری موفق بوده‌اند. بنابراین، صنعت ۵.۰ نه فقط یک فاز جدید صنعتی، بلکه تحولی در تفکر و فرهنگ تولید و مصرف است؛ تحولی که می‌تواند جایگاه صنعت نساجی را در جهان آینده، دوباره تعریف کند.

۳-۷- فرصت‌ها و راهبردهای توسعه نساجی هوشمند در ایران

در حالی که کشورهای پیشرفته با سرعت بالایی در حال بهره‌گیری از هوش مصنوعی برای تحول صنعت نساجی هستند، ایران نیز با برخورداری از سابقه تاریخی در این حوزه، ظرفیت‌های دانشگاهی، نیروی انسانی متخصص و زیرساخت‌های صنعتی، می‌تواند از این موج فناوریانه برای بازطراحی ساختار سنتی صنعت نساجی بهره‌برداری کند. چالش‌هایی چون افزایش رقابت‌پذیری، کاهش ضایعات، بهینه‌سازی مصرف منابع و پاسخ‌گویی دقیق‌تر به نیاز بازار، همگی بیانگر ضرورت تسریع در هوشمندسازی این صنعت هستند.

هوش مصنوعی قادر است با تحلیل داده‌های گسترده و به‌روز، از طراحی پارچه و لباس گرفته تا پیش‌بینی تقاضا و کنترل کیفیت، فرآیندهای نساجی را متحول سازد. استفاده از الگوریتم‌های هوشمند در طراحی دیجیتال می‌تواند روند خلق طرح‌های نو را سرعت ببخشد و آن‌ها را با سلیقه بازار هماهنگ کند. در کنار آن، بهره‌گیری از سیستم‌های بینایی ماشین برای کنترل کیفیت، کاهش نیاز به نیروی انسانی در مراحل بازرسی و افزایش دقت نهایی محصولات را به همراه دارد. در حوزه بازاریابی، فروشگاه‌های آنلاین مجهز به سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند تجربه خریدی شخصی‌سازی‌شده برای مشتریان خلق کنند و وفاداری آنان را افزایش دهند.

در سطح تولید، الگوریتم‌های یادگیری ماشین با پایش لحظه‌ای عملکرد تجهیزات، زمان مناسب برای تعمیر و نگهداری را پیش‌بینی کرده و از توقف ناگهانی خط تولید جلوگیری می‌کنند. همچنین، داده‌کاوی در زنجیره

^{۳۷} Organization for Economic Co-operation and Development

تأمین، به مدیران در پیش‌بینی میزان تقاضا، بهینه‌سازی موجودی و کاهش ضایعات کمک خواهد کرد. این روند نه تنها موجب افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی مالی می‌شود، بلکه باعث ارتقای کیفیت محصولات و افزایش سهم بازار صادراتی خواهد شد.

از منظر اقتصادی، استفاده هوشمندانه از هوش مصنوعی می‌تواند تا ۳۰٪ در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی ایجاد کرده و ظرفیت صادرات محصولات ایرانی را افزایش دهد. همچنین، فرصت‌هایی در اشتغال‌زایی برای متخصصان داده، طراحان الگوریتم و کارشناسان فناوری ایجاد خواهد کرد که می‌تواند تحرک مثبتی در بازار کار کشور به وجود آورد. به‌طور کلی، اگر امروز گام‌های اساسی برای هوشمندسازی صنعت نساجی برداشته شود، ایران می‌تواند این صنعت دیرینه را وارد عصری تازه از نوآوری، رقابت‌پذیری جهانی و توسعه پایدار کند؛ عصری که در آن علم، فناوری و تجربه صنعتی در کنار هم قرار می‌گیرند تا آینده‌ای روشن برای نساجی کشور رقم بخورد.

برای تحقق این چشم‌انداز، باید رویکردی چندرشته‌ای اتخاذ شود که در آن دانشگاه‌ها، مراکز فناوری و صنایع نساجی همکاری نزدیک‌تری داشته باشند. توسعه الگوریتم‌های بومی، ایجاد مراکز نوآوری در قطب‌های نساجی کشور همچون اصفهان، یزد و کاشان، برگزاری دوره‌های آموزشی برای مدیران و متخصصان صنایع سنتی و حمایت دولت از استارت‌آپ‌های فعال در حوزه نساجی دیجیتال از جمله راهکارهای راهبردی پیشنهادی هستند.

منابع

- [١] F.G.D. Adriana Yumi Sato Duarte, Regina Aparecida Sanches, Assessment and technological forecasting in the textile industry: From first industrial revolution to the Industry ٤.٠, Strateg. Des. Res. J. (٢٠١٨).
- [٢] Govind Bhargava, Artificial intelligence and its implementation in the textile industry, Rev. Int. Geogr. Educ. (٢٠١٨).
- [٣] Industry ٥.٠ Community of Practice (CoP ٥.٠), (٢٠٢٤) ١-٤٦.
- [٤] P.D. Semih Donmezer, M.N.D. , Ismail Bogrekci, Gokcen Bas, Revolutionizing the Garment Industry ٥.٠: Embracing Closed-Loop Design, E-Libraries, and Digital Twins, Sustainability (٢٠٢٣).
- [٥] E. Siegel, A Brief History of AI: How to Prevent Another Winter (A Critical Review), (٢٠٢١). <https://doi.org/١٠.١٠١٦/j.cpet.٢٠٢١.٠٧.٠٠١>.
- [٦] J.D.P. José Luis RUIZ-REAL, Juan URIBE-TORIL, José Antonio TORRES, ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BUSINESS AND ECONOMICS RESEARCH: TRENDS AND FUTURE, J. Bus. Econ. Manag. (٢٠٢١).
- [٧] T. Rijwani, S. Kumari, K. Abhishek, Industry ٥.٠ : a review of emerging trends and transformative technologies in the next industrial revolution, (٢٠٢٤).
- [٨] D.O. Andrew Nii Anang, Peter Ofuje Obidi, Adeleye Oriola Mesogboriwon, James Opani Obidi, Maurice kuubata, Dabira Ogunbiyi Andrew Nii Anang, Peter Ofuje Obidi, Adeleye Oriola Mesogboriwon, James Opani Obidi, Maurice kuubata, THE role of Artificial Intelligence in industry ٥.٠: Enhancing human-machine collaboration, World J. Adv. Res. Rev. (٢٠٢٤).
- [٩] Vural Ozdemir; Nezim Hekim, ٢٠١٨--Birth of Industry ٥.٠: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence," The Internet of Things" and Next-Generation Technology Policy, (٢٠١٨).
- [١٠] D.E.A. Mihriban KALKANCI, ed., INDUSTRY ٥.٠ AND TEXTILE INDUSTRY APPLICATIONS, in: Int. Stud. Eng., Serüven publishing, ٢٠٢٥.
- [١١] M.S.& R.S. Violetta Giada Cannas, Maria Pia Ciano, Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research, Int. J. Prod. Res. (٢٠٢٤).
- [١٢] A. Singla, A. Sukharevsky, L. Yee, M. Chui, B. Hall, The state of AI, (٢٠٢٥).
- [١٣] B. Rathore, Digital Transformation ٤.٠: Integration of Artificial Intelligence & Metaverse in Marketing, Int. Peer Rev. Multidiscip. J. (٢٠٢٣).

- [١٤] S. Maheshwari, Artificial Intelligence in Industries, (٢٠٢٤).
- [١٥] Y.W. Shiza Malik a, Khalid Muhammad b, Artificial intelligence and industrial applications-A revolution in modern industries, Ain Shams Eng. J. (٢٠٢٤).
- [١٦] Y.N. Bobir, APPLYING OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEXTILE INDUSTRY AS FACTOR OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE BRANCH, (٢٠١٨).
- [١٧] <https://en.shanbemag.com/٢٨٠٢-artificial-intelligence-in-iran-current-state-and-future-prospects/>.
- [١٨] <https://www.irani-ai.com/blog/the-impact-of-artificial-intelligence-on-different-industries/>.
- [١٩] S. Bagai, Artificial Intelligence: Automating the Fashion & Textiles Industry, in: Natl. Conf. Fash. Appar. Text., ٢٠٢٠.
- [٢٠] R.K. Hajar Nouinou, Elnaz Asadollahi-Yazdi, Isaline Baret, Nhan Quy Nguyen, Mourad Terzi, Yassine Ouazene, Farouk Yalaoui, Decision-making in the context of Industry ٤.٠: Evidence from the textile and clothing industry, J. Clean. Prod. (٢٠٢٣).
- [٢١] A.E.E. Elsayed Ahmed Elnashar, Assem Ali Mohamed Ahmed, Artificial Intelligence Applications in the Textile Industries Using Mechatronics, Latest Trends Text. Fash. Des. (٢٠٢٣).
- [٢٢] A. Khurana, Artificial Intelligence in Textile Industry, Int. J. Adv. Appl. Res. (٢٠٢٣).
- [٢٣] H. Halepoto, H.M. , Tao Gong, Saleha Noor, Bibliometric Analysis of Artificial Intelligence in Textiles, Materials (Basel). (٢٠٢٢).
- [٢٤] H. Khan, THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SUPPLY CHAINS OF TEXTILE INDUSTRIES, J. Bus. Educ. Manag. (٢٠٢١).
- [٢٥] Y. Lu, Application of Artificial Intelligence in Clothing production, in: ٢٠٢١ Int. Conf. Public Art Hum. Dev. (ICPAHD ٢٠٢١), Atlantis Press, ٢٠٢١.
- [٢٦] D.S. Tesfay welamo, Application of Artificial Intelligence in Textile Industry, J. Emerg. Technol. Innov. Res. (٢٠٢١).
- [٢٧] A.S. and S.G. Monica Puri Sikka, Artificial intelligence (AI) in textile industry, Res. J. Text. Appar. . (٢٠٢٢).
- [٢٨] A.A.O.U. A.Y. HORBOVYY, V.V. LAGOVSKYY, ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEXTILE INDUSTRY, (٢٠٢٠).
- [٢٩] T.A. Somayeh Shahrabadi, Yusbel Castilla, Miguel Guevara, Luís G. Magalhães, Dibet Gonzalez, Defect detection in the textile industry using image-based machine learning methods: a brief review, J. Phys. Conf. Ser. Pap. (٢٠٢٢).

- [٣٠] N. Shanmugam, Artificial intelligence and its applications in textiles, Asian Text. J. (٢٠٠٢).
- [٣١] M. Rahman, Applications of the digital technologies in textile and fashion industry, Tech. Sci. J. (٢٠٢٠).
- [٣٢] and S.H. Houssein Chatbri, Sahbi Jemmali, Empowering the Tunisian textile industry with artificial intelligence, (٢٠١٩).
- [٣٣] and T.Y. Zetian Yang, Zhongtai Zhu, Zixuan Chen, Mingjia Liu, Binbin Zhao, Yansong Liu, Zefei Cheng, Shuo Wang, Weidong Yang, Tao Yu, Zetian Yang, Zhongtai Zhu, Zixuan Chen, Mingjia Liu, Binbin Zhao, Yansong Liu, Zefei Cheng, Shuo Wang, Weidong Yang, Recent Advances in Self-Powered Piezoelectric and Triboelectric Sensors: From Material and Structure Design to Frontier Applications of Artificial Intelligence, Sensors (٢٠٢١).
- [٣٤] I. Melkie Getnet Tadesse, Carmen Loghin, E. loghin Loghin Dulgheriu, Comfort Evaluation of Wearable Functional Textiles, Materials (Basel). (٢٠٢١).
- [٣٥] A. Nallani, Artificial Intelligence in Fashion and Textiles, in: Natl. Conf. Fash. Appar. Text., ٢٠٢٠.
- [٣٦] <https://newsroom.stitchfix.com/blog/how-were-revolutionizing-personal-styling-with-generative-ai/>.
- [٣٧] J. Cao, Enabling ZARA's Operational Innovation and Value Creation with Artificial Intelligence, in: ٢nd Int. Conf. Manag. Res. Econ. Dev., ٢٠٢٤.
- [٣٨] <https://medium.com/thedeephub/zaras-fashion-revolution-through-data-insights-٢٨f٨fa٧٢٨a٠f>.
- [٣٩] https://www.alibabacloud.com/blog/fashionai-revamping-the-fashion-and-e-commerce-industry-through-artificial-intelligence_٥٩٥٤١٣.
- [٤٠] <https://reads.alibaba.com/ai-powered-fashion-exploring-the-cutting-edge-tools-transforming-design/>.
- [٤١] <https://www.vue.ai/>.
- [٤٢] <https://hmgroupp.com/our-stories>.
- [٤٣] <https://theyes.com/>.
- [٤٤] <https://newsroom.pinterest.com/news/pinterest-to-acquire-the-yes-an-ai-powered-shopping-platform-for-fashion/>.
- [٤٥] https://www.unspun.io/?srsltid=AfmBOorsAUxdtVaqZ٤vjY١_P٤Q٤lfgDtAIdw٤JEkyAnSC-iGP٦٤K٦٧sH.

- [٤٦] <https://www.forbes.com/sites/rachelarthur/٢٠١٨/٠١/١٥/ai-ibm-tommy-hilfiger/>.
- [٤٧] <https://medium.com/@IBMindustries/tommy-hilfiger-embraces-ai-with-future-forward-fashion-prototypes-٨٢٧٣ba٢dc٠٧a>.
- [٤٨] <https://aimresearch.co/market-industry/how-nike-is-using-ai-to-transform-product-design-customer-experience-and-operational-efficiency>.
- [٤٩] https://www.stellamccartney.com/gb/en/sustainability/circularity-٢.html?srsId=AfmBOoqSvzc٢B٦٩lfKL٠uNzLNxXAeXUe٢_٨ZwRDowGoY_CTJkHUh٢QoE.
- [٥٠] <https://sustainability.decathlon.com/>.
- [٥١] <https://decathloncapital.com/٢٠١٨/١١/٠٦/v٥-systems/>.
- [٥٢] S. Report, H & M Group, (٢٠٢٣).
- [٥٣] <https://auraconsortium.com>.
- [٥٤] <https://resortecs.com/>.
- [٥٥] <https://www.eib.org/en/stories/recycling-clothes-resortecs>.