تحول دیجیتال در بخش‌های صنعتی

تحلیل عمیق بازار انقلاب چهارم صنعتی

(بخش سوم)

معاونت بررسی‌های اقتصادی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

تهیه و تنظیم: محمد عبده ابطحی

مسئول میز انقلاب چهارم صنعتی

معاونت بررسی‌های اقتصادی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

شهریور ۱۴۰۳

از طریق پست الکترونیکی زیر می‌توانید پیشنهادها و نظرات اصلاحی خود را به واحد مربوطه منعکس نمایید:

Economic_Research@Tccim.ir

استفاده از مطالب این گزارش با ذکر منبع بلامانع است.

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۴
۱- واقعیت مجازی و واقعیت افزوده ۶
۱-۱- کاربردهای اصلی ۷
۱-۲- افزایش کاربرد واقعیت مجازی و افزوده در سرتاسر زنجیره ارزش بخش تولید ۷
۱-۲-۱- مونتاژ ۷
۱-۲-۲- مدیریت زنجیره تامین ۸
۱-۲-۳- تعمیر و نگهداری ۹
۱-۲-۴- کنترل کیفیت و بازرسی ۱۰
۱-۲-۵- آموزش ۱۰
۱-۲-۶- طراحی ۱۰
۱-۳- گسترش سریع بازار واقعیت مجازی و افزوده ۱۱
۱-۴- شرکت‌های پیشرو در حوزه واقعیت مجازی و و اقعیت افزوده ۱۳
۲- همزادهای دیجیتال ۱۵
۲-۱- شرکت‌های پیشرو در حوزه همزاد دیجیتال ۱۹
۳- روندها ۲۰
۳-۱ ..... ۲۱
۳-۲- تولیدکنندگان از تولید انبوه به سفارشی سازی انبوه تغییر می‌کنند ۲۵
۳-۳- تولید به مراکز تقاضا نزدیک شده است ۲۶
۳-۴- تولید هوشمند پیچیدگی زنجیره تأمین را کاهش می‌دهد ۲۸
۳-۵- بازگشت مشاغل به آیالامت متحده ۲۸
۳-۶-تولید مدولار راه را برای سفارشی‌سازی انبود و کارآمد هموار کرده است ۲۹
۳-۷-یک نگاه اجمالی به انقلاب پنجم صنعتی Industry 5.0 ..... ۳۱
۴- منابع ۳۳

پیش‌گفتار

آنچه امروزه «**تحول دیجیتال**» نامیده می‌شود، تفکر، روندها و بکارگیری فناوری‌های «**انقلاب چهارم صنعتی**» است. تحول دیجیتال یک پارادایم شیفت یا تغییر مدل ذهنی است که بیشتر بر تحول استوار است تا فناوری، زیرا فناوری به‌هرحال همیشه کم‌وبیش در دسترس است، اما تحول در مدل ذهنی است که منجر به متفاوت بودن می‌شود. بنابراین تحول دیجیتال در صنعت، یک تغییر مدل ذهنی شامل سه رکن اساسی است: نخست بازتعریف مدل و فرایندهای کسب‌وکار، دوم تغییر نگاه به ذی‌نفعان و شناسایی دقیق آن‌ها و نیازهایشان و سوم به‌کارگیری مناسب و به‌اندازه فناوری‌های نوپدید (ابطحی, ۱۴۰۲).

مطابق برآورد IDC ارزش اقتصادی بازار تحول دیجیتال در سال ۲۰۲۲ بیش از ۱.۶ تریلیون دلار بوده است که با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۶.۴ درصد تا سال ۲۰۲۶ به بیش از ۳.۴ تریلیون دلار افزایش خواهد یافت (Statista ،۲۰۲۳) که این بزرگترین نرخ رشد در حوزه فناوری و یکی از بزرگترین‌ها در کل رشته‌های کسب‌وکار می‌باشد. این موضوع هم نشان می‌دهد که دنیا با چه سرعتی به استقبال انقلاب چهارم صنعتی می‌رود و هم زنگ خطر را برای کشورها و اقتصادهایی چون ایران به صدا درمی‌آورد که هنوز تحول دیجیتال اقتصاد خود را آنگونه که باید و شاید است شروع نکرده‌اند. غفلت از این موضوع می‌تواند تهدیدکننده بود و نبود اقتصاد کشور در آینده نزدیک باشد. روندهایی وجود دارد که به آینده شکل می‌دهند. روندهای مهم آینده، هوش مصنوعی، فناوری اطلاعات و دیجیتالی شدن اقتصاد هستند. رقابتی که امروز بین کشورها برای سرمایه‌گذاری و جذب متخصص در این زمینه‌ها وجود دارد در واقع رقابت برای داشتن دست برتر در آینده است. در آخرین جلسه مجمع جهانی اقتصاد نزدیک به ۸۰ درصد مباحث میزگردها و کارگاه‌های داووس ۲۰۲۴ حول محور فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی بوده است. داوس ۲۰۲۴، را **مثلث هوش مصنوعی، رقابت و فرصت‌های سرمایه‌گذاری** قلمداد نموده‌اند (سریع‌القلم, ۱۴۰۲).

از این رو معاونت بررسی‌های اقتصادی اتاق تهران تصمیم گرفته است با راه‌اندازی «**میز مجازی اقتصاد دیجیتال**»، اهم روندهای دنیا در حوزه اقتصاد و تحول دیجیتال را رصد نماید و مجموعه‌ای از سیاست‌ها و اقدامات پیشنهادی را در یک سطح برای تحول دیجیتال کل صنعت کشور و در سطح دیگر برای مجموعه‌ای از زنجیره‌های ارزش منتخب[۱] ارائه نماید.

مجموعه گزارشات مورد بررسی موارد زیر را مورد هدف قرار خواهند داد:

۱- تحلیل کلیات اقتصاد دیجیتال (ابعاد اقتصادی، حکمرانی، تنظیم‌گری، استانداردها، نوآوری، کار آینده، آینده کار و...)
۲- بررسی تحول دیجیتال در صنعت به صورت اعم و در زنجیره‌های ارزش منتخب و در حوزه فناوری‌های پیشرو دیجیتال

[۱] در مأموریت‌های اتاق بازرگانی تهران بر توسعه تجارت بین‌المللی و خدمات کسب و کار در ۷ زنجیره ارزش شامل نساجی و پوشاک، انرژی، خدمات فنی – مهندسی، غذایی، شیمیایی و پلاستیکی،صنایع خلاق و ماشین‌آلات و تجهیزات تأکید شده است.

۳- معرفی و تبیین مدل‌های جدید کسب‌وکار
٤- ارزیابی روند توسعه انقلاب چهارم در کشورهای پیشرو و کشورهای منطقه
٥- پایش روندهای نوظهور در حوزه فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی
٦- گزارشات سیاستی در ارتباط با ابعاد مختلف انقلاب چهارم صنعتی و تحول دیجیتال
۷- معرفی تجارب موفق بین‌المللی در رسته‌های منتخب
۸- معرفی تجارب بین‌المللی در تهیه نقشه راه تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب
۹- معرفی نهادها و شبکه‌های بین‌المللی تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب و الگوسازی از ساختار و فعالیت آن‌ها
۱۰- معرفی مدل‌های ارزیابی آمادگی استقرار فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی در رسته‌های منتخب

در این گزارش و در ادامه گزارش قبلی بر پایه مجموعه‌ای از گزارش‌های جدید بین‌المللی (Mehta, & Senn-Kalbatista) ۲۰۲۳) و (Dutta & Lanvin, 2023)) تلاش شده است، مجموعه‌ای از آخرین آمار و اطلاعات حوزه انقلاب چهارم صنعتی، دسته‌بندی، تحلیل و ارایه گردد. هدف آن است که تصویری کلان و عملیاتی از حوزه انقلاب چهارم صنعتی ایجاد شود تا تصمیم‌سازان و مدیران بخش خصوصی و دولتی بتوانند به ارزیابی جایگاه کشور و رسته‌های کسب‌وکاری آن در دنیای جدید اقدام نماید. با توجه به روند شتابان تغییرات مبتنی بر فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی، هم بخش دولتی و هم بخش خصوصی و حتی بنگاه‌های کسب‌وکار، نیازمند اطاع دقیق از روندهای فناوری و آخرین آمار و اطلاعات به روز در این حوزه می‌باشند تا با دیدی باز، اقدام به اتخاذ تصمیمات مناسب و پیمودن مسیر تحول دیجیتال نمایند، چرا که بدون راهبرد و برنامه عملیاتی مناسب، بیم آن می‌رود که حیات کسب‌وکارها و اقتصاد کشور با تهدید جدی مواجه شده و مزیت‌های رقابتی آنها بیش از پیش کاهش یافته و جایگاه آنها در اقتصاد منطقه‌ای و جهانی به کلی از دست برود. لذا امید است این گزارشات بتواند حساس‌سازی و آگاه‌سازی مناسبی در خصوص میزان عمق و نفوذ فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی در اقتصاد جهانی ایجاد نماید.

۱- واقعیت مجازی و واقعیت افزوده

واقعیت‌مجازی (VR[1]) یک شبیه سازی کامپیوتری از یک محیط واقعی است که کاربر را قادر می سازد تا یک موقعیت خاص را به‌طور مستقیم تجربه کند. از سوی دیگر واقعیت افزوده (AR[2]) نیز یک شبیه سازی رایانه ای‌است که نه تنها یک محیط مجازی منعکس کننده محیط واقعی ایجاد می‌کند، بلکه پیشرفت‌های مجازی را نیز در بالای آن اضافه می‌کند تا تعامل بیشتری برای کاربر ایجاد کند.

اگرچه استفاده از AR و VR در تولید صنعتی هنوز در مراحل اولیه خود است، اما اکنون برای انواع عملیات ازمرحله قبل از ساخت تا ساخت اصلی و حتی فرآیندهای پشتیبانی مانند تعمیر و نگهداری و آموزش استفاده می‌شود. این سیستم‌ها اکنون می‌توانند برای انتخاب قطعات تجهیزات در یک انبار، دریافت دستورالعمل‌های تعمیر بر روی دستگاه‌های تلفن همراه، آموزش به تکنسین‌ها، کنترل کیفیت، مدیریت ریسک و ایمنی کارگران و همچنین در پشتیبانی لجستیک مورد استفاده قرار گیرند.

در واقع، طبق نظرسنجی PwC از تولیدکنندگان ایالات متحده، در حالی که ۳۳ درصد از پاسخ‌دهندگان از AR/VR یا در سال ۲۰۱۸ استفاده می‌کردند، انتظار می‌رود این تعداد تا سال ۲۰۲۵ به ۵۰ درصد افزایش یابد. همچنین این تحقیق نشان داد که تولیدکنندگان بیشتر از AR / VR استفاده می‌کنند. برای پشتیبانی از طراحی و توسعه محصول، برای آموزش مهارت‌های ایمنی و ساخت، مونتاژ مجازی، بهبود طراحی فرآیند، وظایف نگهداری و تعمیر، دسترسی به داده‌ها و اطلاعات، همکاری از راه دور و زنجیره تامین کارکرد.

برخی از صنایعی که **اولین پذیرندگان این فناوری** هستند عبارتند از **ساخت‌وساز، خودروسازی، لجستیک، هوافضا و دفاع، تجهیزات صنعتی، معدن، و نفت و گاز**.

[1] Virtual Reality (VR)
[2] Augmented Reality (AR)

۱-۱- کاربردهای اصلی

زمینه‌های کلیدی کاربرد واقعیت مجازی و افزوده شامل **طراحی، کنترل کیفیت و مدیریت گردش کار** است (شکل ۱).

شکل ۱- حوزه کلیدی کاربرد واقعیت مجازی و افزوده منبع: PwC

۱-۲- افزایش کاربرد واقعیت مجازی و افزوده در سرتاسر زنجیره ارزش بخش تولید

۱-۲-۱- مونتاژ

فرآیند تولید مدرن شامل مونتاژ دقیق صدها یا حتی هزاران جزء در کوتاه‌ترین زمان ممکن بسته به پیچیدگی محصول است. به‌طور سنتی، دستورالعمل‌های کاری برای این فرآیند در قالب فایل‌های PDF ارائه می‌شود که کار با آن‌ها دشوار است. AR/VR این دستورالعمل‌ها را در قالبی با کاربری آسان که اغلب هندزفری و کنترل شده صوتی است، در دسترس قرار

می‌دهد. به‌عنوان مثال، Enterprise Vital، توسعه‌دهنده نرم‌افزار AR، علاوه بر این موارد، یک ویدئو را نیز ارائه می‌کند در این ویدئو روش انجام کارها و فرآیند تولید هم نشان داده شده است، که همه این موارد، یعنی اسناد و دستورالعمل‌ها و فیلم‌های ضبط شده، بر روی عینک های AR تعبیه شده و برای اپراتور پخش می‌گردد. به گفته میلان کوچیچ، مدیر توسعه کسب‌وکار Intelligence Manufacturing Hexagon، جالب توجه است که اگرچه AR/VR برای مدتی‌طولانی در تولید مورد استفاده قرار گرفته است، آنچه امروزه آنها را متفاوت می‌کند، بیشتر اندازه و قابلیت است. او تکامل این فناوری را با چاپ سه بعدی مقایسه می‌کند که در آن چاپگرها از کندی و گرانی به ارزان‌تر و سریع‌تر تبدیل شده‌اند.

۱-۲-۲- مدیریت‌زنجیره تامین

قبل از ظهورAR/VR ، کارگران برای مدیریت موجودی کالاها، با انتخاب اقلام صحیح به کمک استفاده از RFID یا اسکنر بارکد، اقدام می‌کردند که فرآیندی دست‌وپا گیر و زمان‌بر بود. فناوری‌هایی مانند عینک هوشمند نه تنها به کارکنان کمک می‌کند همیشه لیست‌های انتخاب را در نظر داشته باشند، بلکه بهترین مسیر را در انبار به آنها نشان می‌دهد. این به کاهش

خطاها، کاهش زمان صرف شده در کار و کاهش آموزش در حین کار کمک می‌کند. ثابت شده است که این امر برای خرده‌فروشان به ویژه در فصول شلوغی که کارمندان موقت چنین وظایفی را انجام می‌دهند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

یکی دیگر از زمینه‌های کاربردی، مدل‌سازی پیش‌بینی است. خرده‌فروشان بزرگ مانند آمازون اغلب در سراسر کشور و در سطح جهانی مراکز تولید و انبارداری دارند و این ابزارهای AR/VR به آنها کمک می‌کند تا موجودی را در همه مکان‌ها از یک نقطه مرکزی بررسی کنند.

۱-۲-۳- تعمیر و نگهداری

AR به طور فزاینده‌ای در تعمیر و نگهداری تجهیزات تولیدی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، میتسوبیشی الکتریک[1] پشتیبانی تعمیر و نگهداری خود را با استفاده از سیستمی افزایش داده است که کاربران را قادر می‌سازد تا ترتیب بازرسی را بر روی یک نمایشگر AR تأیید کنند و سپس نتایج بازرسی را با صدای خود وارد کنند. تولید کننده آسانسور Thyssenkrupp همچنین از AR در قالب فناوری HoloLens مایکروسافت استفاده می‌کند که به تکنسین‌ها کمک می‌کند تا مشکلات آسانسورها را قبل از رسیدن به محل کار ببینند و شناسایی کنند. همچنین در حین انجام کار به آن‌ها امکان دسترسی از راه دور به اطلاعات تخصصی را می‌دهد. جنرال الکتریک همچنین از AR برای بهبود نگهداری عمومی خود با ادعای بهبود بهره‌وری نزدیک به ۳۵ درصد استفاده می‌کند.

[1] Mitsubishi Electric

۱-۲-٤- کنترل کیفیت و بازرسی

اگرچه‌استفاده از AR/VR در تضمین کیفیت هنوز در مراحل اولیه خود است، شرکت‌هایی مانند پورشه[1] قبلاً استفاده از این فناوری را آغاز کرده‌اند. به‌طوریکه در حین بازرسی قطعات خودرو، کارگران می‌توانند عکس گرفته و آنها را با تصاویر ارائه شده توسط تامین‌کنندگان شرکت از طریق پوشش AR مقایسه کنند تا به سرعت و با دقت متوجه شوند که مشکل در کجاست. Slashgear، ارائه‌دهنده محتوای دیجیتال در زمینه فناوری و خودرو، اظهار داشت که برنامه نهایی این خواهد بود که دوربین‌های پورشه اطلاعات را از کف کارگاه تولید جمع‌اوری و مستقیم به پایگاه داده اجزای مبتنی بر ابر انتقال دهند تا بدین ترتیب اطلاعات بلادرنگ به دست آمده و بازرسی‌های بر اساس این اطلاعات بلادرنگ تنظیم شود.

۱-۲-٥- آموزش

با توجه به اینکه صنایع جهانی در حال حاضر با کمبود نیروی کار به ویژه در موقعیت‌های نیمه ماهر مواجه هستند، فناوری‌های AR/VR این پتانسیل را دارند که برخی از این نگرانی‌ها را کاهش دهند. آنها می‌توانند کارمندان تازه استخدام شده را قادر سازند تا در حین کار، آموزش‌های متناسب و مرتبط‌تری را در قالب دستورالعمل‌های آموزشی دریافت کنند. یکی از این نمونه‌ها Honeywell است که ابزار شبیه‌سازی مبتنی بر ابر را معرفی کرده و از AR و VR برای آموزش کارگران در کارخانه‌های تولیدی خود استفاده می‌کند.

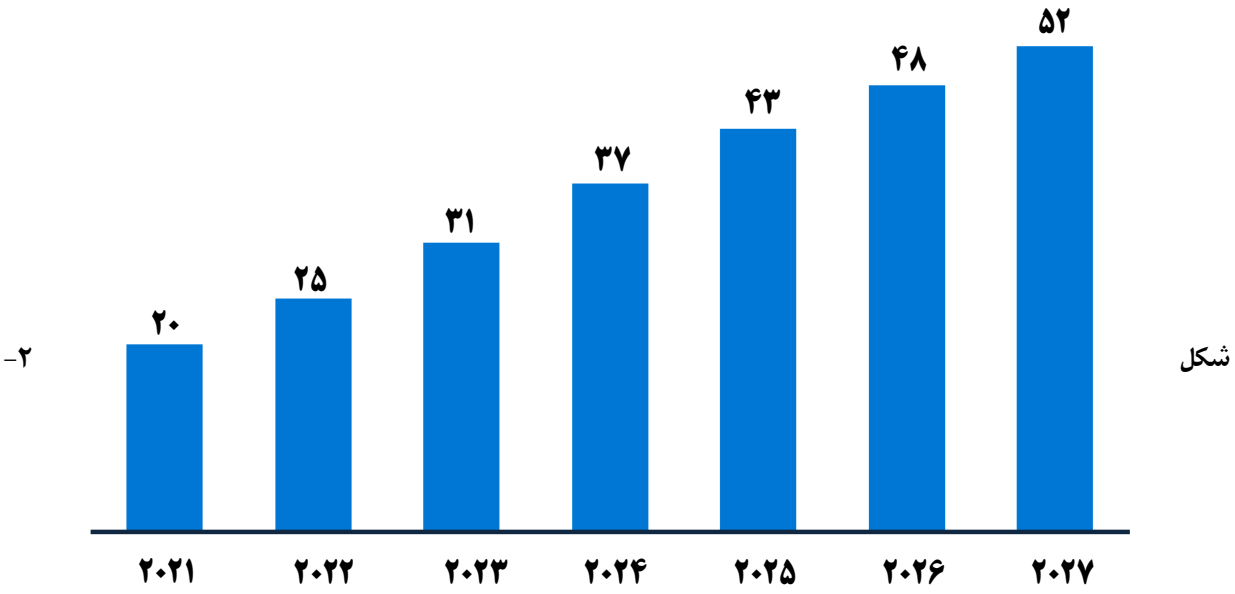
۱-۲-٦- طراحی

به‌طور ساده، AR/VR می‌تواند به طراحان صنعتی کمک کند تا قبل از تکمیل محصول، طراحی و عملکرد آن را آنالیز کرده ودر این مرحله تغییراتی را نیز انجام دهند. AR همچنین می‌تواند برای مقایسه طرح‌های واقعی با نسخه‌های دیجیتالی آن‌ها به منظور یافتن هرگونه اختلاف قبل از ورود محصول به تولید، استفاده شود و در نتیجه هزینه‌های هدر رفته را کاهش دهد.

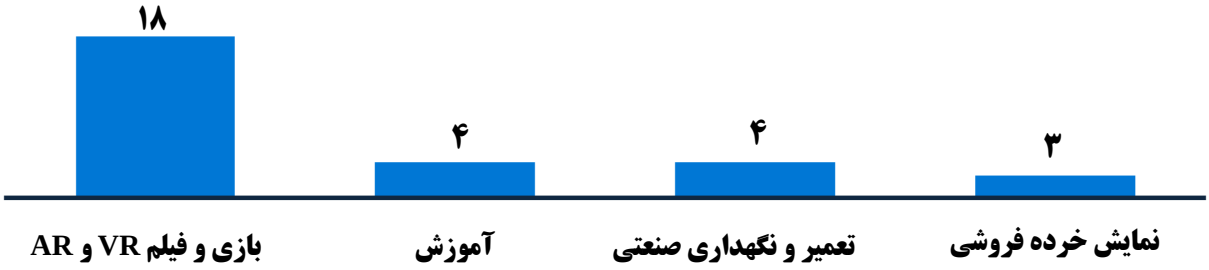
[1] Porsche

۱-۳- گسترش سریع بازار واقعیت مجازی و افزوده

بازار واقعیت افزوده و واقعیت مجازی تا سال **۲۰۲۷** به **۵۲ میلیارد دلار** خواهد رسید (شکل ۲) که برای نیل به آن تا پایان سال ۲۰۲۴ .بیش از ۳۱ میلیارد دلار سرمایه‌گذاری در حوزه‌های مختلف انجام خواهد شد (شکل ۳).



شکل ۲- بازارجهانی واقعیت افزوده و مجازی به میلیارد دلار آمریکا، منبع ID



شکل ۳- سرمایه‌گذاری در فناوری واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در سراسر جهان تا سال ۲۰۲٤ به میلیارد دلارآمریکا

۴-۱- شرکت‌های پیشرو در حوزه واقعیت مجازی و و اقعیت افزوده

❖ Lockheed Martin

مهندسان این شرکت از عینک‌های واقعیت افزوده مجهز به دوربین و حسگرهای حرکتی استفاده می‌کنند تا تصاویر بصری در زمان ساخت هواپیما دریافت کنند و این تصاویر را روی محیط کار واقعی انطباق دهند. این فناوری به آن‌ها امکان می‌دهد تصاویر افزوده شده و مجازی تمام قسمت های هواپیما را به همراه دستورالعمل‌هایی درباره نحوه مونتاژ اجزای مختلف ببینند. بر اساس برآوردهای این شرکت، استفاده از فناوری AR منجر به کاهش ۵۰ درصدی برای کاربردهای گشتاور در حین کار بر روی فضاپیمای Orion شده است.

❖ Thyssenkrupp

در اکتبر ۲۰۱۸، Thyssenkrupp از آسانسور پله‌ای با واقعیت ترکیبی رونمایی کرد که به کاربران اجازه می‌دهد محصولات را در خانه‌های خود تجسم و سفارشی کنند. این شرکت با همکاری مایکروسافت و Zühlke، HoloLinc را راه‌اندازی کرد که یک فرآیند فروش کاملا دیجیتالی برای صنعت بالابر پله‌ها، می‌باشد. با این کار، مشتریان می‌توانند دقیقاً ببینند که محصولات در خانه‌های خود چگونه ظاهر می‌شوند و می‌توانند آنها را مطابق با نیاز خود سفارشی کرده و در آنها تغییراتی اعمال نمایند و سپس محصول جدید را خریداری کنند. در نتیجه، مشتریان از فرآیند سفارشی که چهار برابر سریعتر از قبلی است، بهره‌مند خواهند شد..

❖ Caterpillar

این‌شرکت از AR برای دسترسی تکنسین‌ها به داده‌ها و تصاویر بلادرنگ استفاده می‌کند که به آنها در عیب‌یابی و تعمیر ماشین‌آلات کمک می‌کند. در مارس 2017،Caterpillar و Scope AR پلت فرم نرم‌افزار CAT LIVESHARE را راه‌اندازی کردند. این پلتفرم تماس ویدیویی زنده مبتنی بر واقعیت افزوده را با نمایندگی‌هایCAT فراهم می‌کند تا بتوانند پشتیبانی از راه دور، آموزش و نگهداری تجهیزات را در زمان واقعی انجام دهند. این پلتفرم AR را

با پخش زنده ویدیو، صدا، انیمیشن سه بعدی، حاشیه نویسی، اشتراک گذاری صفحه و وایت برد ترکیب می‌کند.

❖ **Ford**

این‌شرکت آزمایشگاه غوطه‌وری[1] خود را توسعه داده است که در آن طراحان و مهندسان از هدست Oculus Rift ساخته شده توسط فیس بوک استفاده می‌کنند که به آنها اجازه می‌دهد تا بیرون و داخل‌خودروهایش را بررسی کنند. VR همچنین برای آزمایش طرح‌های مختلف و ارزیابی ظاهر تک تک قطعات خودرو، بدون نیاز به ساخت خودرو استفاده می‌شود. ا این قابلیت به‌طور مستقیم با نرم‌افزار طراحی به کمک کامپیوتر (CAD[2]) شرکت ارتباط دارد تا به مهندسان کمک کند تا تغییراتی را در طرح‌های خود را ایجاد کرده و نتایج را به کمک عینک‌های VR تجسم کنند و در نتیجه لازم نیست که همه تغییرات بر روی مدل‌های واقعی اعمال شود، بلکه تغییرات بر روی مدل‌های کامپیوتری اعمال شده و به کمک واقعیت مجازی،مهندسان تغییرات را با وضوح کامل مشاهده می‌کنند و آنگاه بهترین طرح‌ها را برای ساخته شدن به واحد تولید ارسال می‌کنند.

[1] immersion lab
[2] Computer Aided Design (CAD)

۲- همزادهای دیجیتال

پیشرفت‌های ۴.۰ Industry به تولیدکنندگان این امکان را داده است که همزادهای دیجیتال یا دوقلوهای دیجیتال[1] یا کپی مجازی فرآیندهای تولید، کارخانه‌ها و زنجیره‌های تامین را توسعه دهند. دوقلوهای دیجیتال اساساً برنامه‌های رایانه‌ای هستند که از داده‌های بلادرنگ برای ساختن شبیه‌سازی‌هایی استفاده می‌کنند که عملکرد یک محصول، ماشین یا فرآیند را پیش‌بینی می‌کنند. بنابراین شرکت‌های تولیدی می‌توانند از این فناوری برای به دست آوردن ردپای دیجیتالی کامل از محصولات خود در سراسر زنجیره ارزش استفاده کنند، که بیشتر آنها را قادر می‌سازد تا نقص‌ها را کاهش، از مدل های تجاری جدید استفاده و محصولات خود را سریع تر به بازار عرضه کنند.

یک همزاد دیجیتال با طراحی سنتی به کمک رایانه (CAD) و راه‌حل‌هایی که با سنسورهای فعال اینترنت اشیا (IoT) عمل می‌کنند، متفاوت است و می‌تواند خیلی بیشتر از هردو موضوع فوق را شامل شود . CAD به طور کامل در یک محیط شبیه‌سازی شده با کامپیوتر محصور شده است که موفقیت متوسطی را در مدل‌سازی محیطهای پیچیده نشان داده است. سیستم‌های ساده‌تر اینترنت اشیا چیزهایی مانند موقعیت و تشخیص را برای کل یک جزء اندازه‌گیری می‌کنند، اما تعامل بین اجزا و فرآیندهای چرخه عمر کامل را اندازه‌گیری نمی‌کنند.

درواقع، قدرت واقعی یک همزاد دیجیتال - و اینکه چرا می‌تواند اهمیت بالایی داشته باشد - این است که می‌تواند یک پیوند جامع تقریباً واقعی بین دنیای فیزیکی و دیجیتال ایجاد کند. و به همین دلیل همزادهای دیجیتال ممکن است مدل‌های غنی‌تری را نوید دهند که اندازه‌گیری‌های واقعی‌تر و جامع‌تر غیرقابل پیش‌بینی را به همراه دارد و به لطف قابلیت‌های محاسباتی ارزان‌تر و قدرتمندتر، این اندازه‌گیری‌های تعاملی را می توان با معماری‌های پردازش عظیم و الگوریتم های پیشرفته امروزی برای بازخورد و تحلیل آفلاین تجمیع کرد. این ویژگی‌های همزاد دیجیتال می‌تواند تغییرات اساسی در طراحی و فرآیند ایجاد کند که مطمئناً از طریق روش‌های فعلی غیرقابل دستیابی است.

[1] Digital twins

اگر بخواهیم یک درک بهتر از همزاد دیجیتال بدست بیاوریم، بهتر است آن را در یک محیط تولیدی تجسم نماییم. یک همزاد دیجیتال فرآیند تولید، یک برنامه کاربردی قدرتمند می‌باشد که کلیات آن در شکل ۴ ارائه شده که نشانگر مدلی از یک فرآیند تولید در دنیای فیزیکی و همزاد آن در دنیای دیجیتال می‌باشد (Parrott & Warshaw, 2017) . این همزاد دیجیتال به‌عنوان یک کپی مجازی از آنچه در واقع در کارخانه در زمان واقعی اتفاق می‌افتد عمل می‌کند. هزاران حسگر توزیع شده در سراسر فرآیند تولید فیزیکی به‌طور جمعی داده‌ها را در طیف گسترده‌ای از ابعاد جمع‌آوری می‌کنند: از ویژگی های رفتاری ماشین آلات‌تولیدی و کارهای در حال پیشرفت (ضخامت، کیفیت رنگ،سختی، گشتاور، سرعت، و غیره) تا شرایط محیطی در داخل خود کارخانه. این داده‌ها به طور پیوسته به برنامه کاربردی همزاد یجیتالی ارسال می‌شوند.

برنامه همزاد دیجیتال به‌طور مداوم جریان‌های داده‌های دریافتی را تجزیه و تحلیل می‌کند. طی یک دوره زمانی، تحلیل‌ها ممکن است روندهای غیرقابل قبولی را در عملکرد واقعی فرآیند تولید در یک بعد خاص در مقایسه با محدوده ایده‌آل عملکرد قابل تحمل، آشکار کند. چنین بینش مقایسه‌ای می‌تواند باعث بررسی و تغییر بالقوه در برخی از جنبه‌های فرآیند تولید در دنیای فیزیکی شود.

این سفر تعاملی بین دنیای فیزیکی و دیجیتالی است که شکل ۴ سعی در انتقال آن دارد. چنین سفری بر پتانسیل عمیق همزاد دیجیتال تأکید می‌کند؛ از جمله هزاران حسگر که اندازه‌گیری‌های مداوم و بی‌اهمیت را انجام می‌دهند و به یک پلتفرم دیجیتال منتقل می‌شوند، که به نوبه خود، تجزیه و تحلیل زمان واقعی را برای بهینه‌سازی یک فرآیند تجاری به شیوه‌ای شفاف انجام می‌دهد.

مدل شکل ۴ به طور خاص از طریق پنج مؤلفه توانمند – حسگرها و محرک‌ها از دنیای فیزیکی، یکپارچه‌سازی، داده‌ها و تجزیه و تحلیل – و همچنین برنامه کاربردی همزاد دیجیتال به‌روز شده به‌طور مداوم بیان می‌شود. این عناصر تشکیل دهنده شکل ۴ در ادامه توضیح داده شده است:

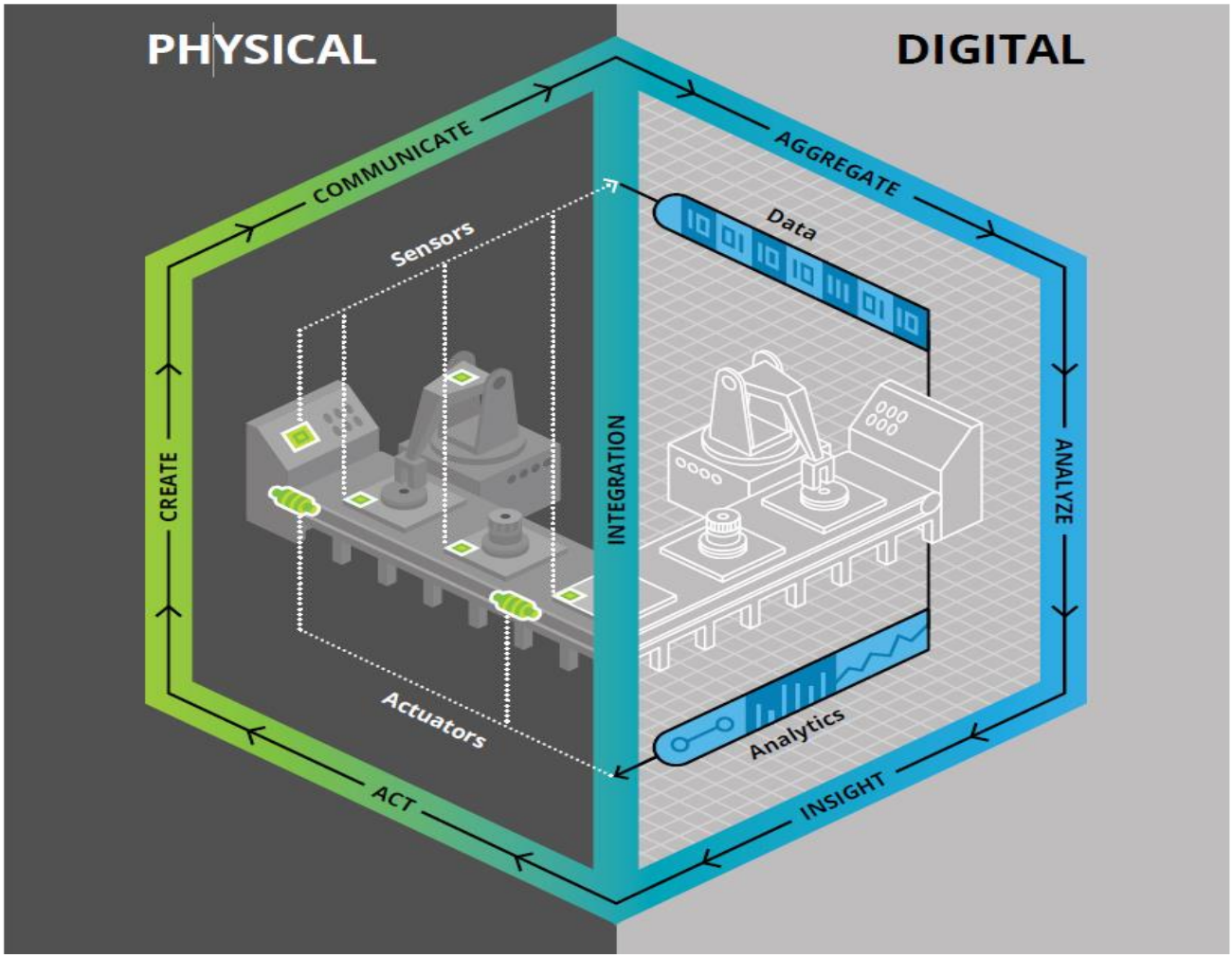
- **حسگرها**[1]: حسگرهایی که در سراسر فرآیند تولید توزیع می‌شوند سیگنال‌هایی را ایجاد می‌کنند که همزاد را قادر می‌سازد تا داده‌های عملیاتی و محیطی مربوط به فرآیند فیزیکی را در دنیای واقعی ضبط کند.
- **داده‌ها:** داده‌های عملیاتی و محیطی دنیای واقعی از حسگرها با داده‌های سازمانی، مانند درخت محصول (BOM[2])، سیستم‌های سازمانی و مشخصات طراحی، تجمیع و ترکیب می‌شوند. داده‌ها همچنین ممکن است حاوی موارد دیگری مانند نقشه‌های مهندسی، اتصالات به فیدهای داده خارجی و گزارش‌های شکایات مشتری باشند.

[1] Sensors:

[۲] Bill Of Materials (BOM): یا درخت محصول به تمام ورودی‌هایی اطلاق می‌شود که در ساخت یک محصول از مجموعه‌ها گرفته تا اجزاء و مواد اولیه وارد می‌شوند.

- **یکپارچه سازی[1]:** حسگرها داده‌ها را از طریق فناوری یکپارچه سازی (که شامل لبه ها، رابطهای ارتباطی و امنیت است) بین دنیای فیزیکی و دنیای دیجیتال و بالعکس به دنیای دیجیتال منتقل می‌کنند.
- **تجزیه و تحلیل:** تکنیک‌های تجزیه و تحلیل برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق شبیه‌سازی‌های الگوریتمی و روال‌های تجسمی استفاده می‌شود که توسط همزاد دیجیتال برای تولید بینش استفاده می‌شود.
- **همزاد دیجیتال :** سمت "دیجیتال" شکل ۴ خود همزاد دیجیتال است. برنامه‌ای که اجزای بالا را در یک مدل دیجیتالی تقریبا بیدرنگ از دنیای فیزیکی و فرآیند ترکیب می‌کند. هدف یک همزاد دیجیتال شناسایی انحرافات غیرقابل قبول از شرایط بهینه در هر یک از ابعاد مختلف است. چنین انحرافی موردی برای بهینه‌سازی کسب‌وکار است. این انحراف یا به این دلیل است که همزاد دارای خطا در منطق خود است (که امیدواریم چنین نباشد)، یا انحراف، نشانگر فرصتی برای صرفه‌جویی در هزینه ها، بهبود کیفیت یا دستیابی به کارایی بیشتر است.. فرصت به دست آمده ممکن است منجر به اقدامی دوباره در دنیای فیزیکی شود.
- **فعال‌کننده‌ها[2]:** اگر یک عمل در دنیای واقعی تضمین شود، همزاد دیجیتال عمل را از طریق محرک‌ها، مشروط به مداخله انسان، که فرآیند فیزیکی را آغاز می‌کنند، تولید می‌کند. واضح است که دنیای یک فرآیند فیزیکی و آنالوگ همزادی دیجیتالی آن بسیار پیچیده‌تر از آن چیزی است که یک مدل یا چارچوب می‌تواند به تصویر بکشد. و البته، مدل شکل ۱ تنها یک پیکربندی دیجیتالی همزاد است که بر بخش تولید چرخه عمر محصول تمرکز دارد. اما هدف مدل ما نشان دادن کیفیت یکپارچه، کل نگر و تکراری جفت شدن دنیای فیزیکی و دیجیتالی است. از طریق آن مدل است که می‌توان فرآیند واقعی ایجاد یک همزادی دیجیتال را آغاز کرد.

[1] integration
[2] Actuators



شکل ٤- کلیات مدل همزاد دیجیتال در بخش تولید، منبع: (Parrott & Warshaw, 2017)

براساس گزارشIBM، صنایعی که برای این فناوری مناسب‌تر هستند، **مهندسی، خودروسازی، تولید هواپیما، طراحی واگن‌های ریلی، ساختمان‌سازی و تاسیسات برق** هستند.

۱-۲- شرکت‌های پیشرو در حوزه همزاد دیجیتال

❖ Siemens

زیمنس، با همکاری IBM، راه‌حل جدیدی را در سال 2020 راه‌اندازی کرد که مدیریت چرخه عمر خدمات (SLM[1]) دارایی‌ها را بهینه کرد. این راه‌حل فعالیت‌های تعمیر و نگهداری واقعی و عملکرد دارایی‌ها را با تصمیمات طراحی و اصلاحات میدانی را به هم متصل کرد کرد و با ارائه اطلاعات به روز و منطبق بر عملکرد واقعی، بهینه‌سازی قابل توجهی در بهره‌برداری از دارایی‌های ایجاد نمود. شرکت‌ها می‌توانند از این راه‌حل برای ایجاد و مدیریت یک همزاد دیجیتالی با حلقه‌بسته استفاده کنند که به آنها امکان می‌دهد خدمات جدیدی را نوآوری کرده و با شکستن سیلوهای سنتی درآمدزایی کنند.

❖ Ford

کارخانه انرژی مرکزی پردیس تحقیقاتی و مهندسی فورد با استفاده از یک دوقلو دیجیتال، انرژی و خطرات عملیاتی مربوط به سیستم ترکیبی حرارت و برق (CHP[2])، چیلرهای بازیابی حرارت، چیلرهای گریز از مرکز الکتریکی، ذخیره انرژی حرارتی و سایر تجهیزات را مدیریت می‌کند. با جفت کردن یک نمایش مجازی از سیستم های‌مکانیکی CEP[3] با داده‌های بی‌درنگ، مدل همزاد دیجیتال فرآیندهای تصمیم‌گیری بهتری را در زمینه‌های یادگیری، استدلال، و کالیبراسیون مجدد پویا امکان پذیر می‌سازد. با نظارت بر تجهیزات اصلی مصرف‌کننده انرژی، تیم CEP می‌تواند به برتری عملیاتی دست یابد.

[1] service lifecycle management (SLM)
[2] combined heat and power (CHP)
[3] Central Energy Plant

۳- روندها

دیجیتالی شدن تولید در سراسر صنایع منجر به ظهور مدل‌های درآمدی مبتنی بر خدمات برای تکمیل مدل‌های مبتنی بر محصول موجود شده است. فناوری‌های دیجیتال همچنین شروع به آغاز عصر سفارشی‌سازی با هزینه بسیار کمتر در هر دو بخشB ۲ Cو B ۲ Bکرده‌اند.

طی چند سال اخیر، تولیدکنندگان جهانی مانند آدیداس و نایک شروع به انتقال مراکز تولید خود به دور از کشورهای ارزان قیمت کرده و به مصرف‌کننده نزدیک‌تر شده‌اند. علاوه بر این، اکنون تاکید بر ایجاد یک فرآیند تولید چابک و انعطاف‌پذیر با استفاده از سیستم‌های مدولار شده است که می‌توانند در زمان سریع مجدداً پیکربندی شوند.

۳-۱-

دیجیتالی شدن تولید، در سراسر صنایع منجر به ظهور مدل‌های درآمدی مبتنی بر خدمات برای تکمیل مدل‌های مبتنی بر محصول موجود شده است. انتظار می‌رود توانایی طراحی و تولید محصولات سفارشی، پس از فروخته شدن محصول، به تدریج طیفی از خدمات مرتبط را ارائه کند. این تغییر عمدتاً توسط دستگاه‌های متصل (IoT) انجام می‌شود که حجم زیادی از داده‌های حسگر را تولید می‌کنند. این داده‌ها در قالب بینش‌های بسته‌بندی شده جمع‌آوری و کسب درآمد می‌شوند و در حین استفاده از محصول، ارزش را به مصرف‌کننده منتقل می‌کنند.

بر اساس یافته‌های یک نظرسنجی در سال ۲۰۱۹ توسط شرکت تحقیقاتی FutureBridge که با بیش از ۷۰ شرکت مهندسی صنایع انجام شد، ۷۵ درصد از آنها انتظار داشتند؛ ارائه خدمات به بخش مهم‌تری از شرکت آنها طی سه تا پنج سال آینده تبدیل شود. این امر عمدتاً به این دلیل است که خدمات پتانسیل این را دارد که یک تجارت بسیار سودآور باشد و در مقایسه با سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با محصول سرمایه‌برتر مانند برنامه‌های تحقیق و توسعه، امکانات تولید جدید یا حتی خرید شرکت‌ها منجر به بازگشت سرمایه‌گذاری (ROI) بالاتر و سریع‌تر شود.

ماشین‌های صنعتی متصل در حال حاضر فرصت‌های قابل توجهی را برای شرکت‌ها ارائه می‌کنند تا خدمات مبتنی بر دانش B ۲B را همراه با سبد محصولات موجود خود ارائه دهند. برای مثال، شرکت‌های تولیدکننده به‌جای اینکه صرفاً یک‌بار سود از فروش ماشین‌های صنعتی کسب کنند، اکنون ماشین‌های خود را به دستگاه‌های دیگر در اکوسیستم متصل می‌کنند تا حجم زیادی از داده‌های بزرگ تولید کنند که می‌تواند بیشتر برای ارائه خدماتی مانند تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه، کنترل کیفیت، کارایی کف کارخانه، و تعامل با مشتری مورد استفاده قرار گیرند.

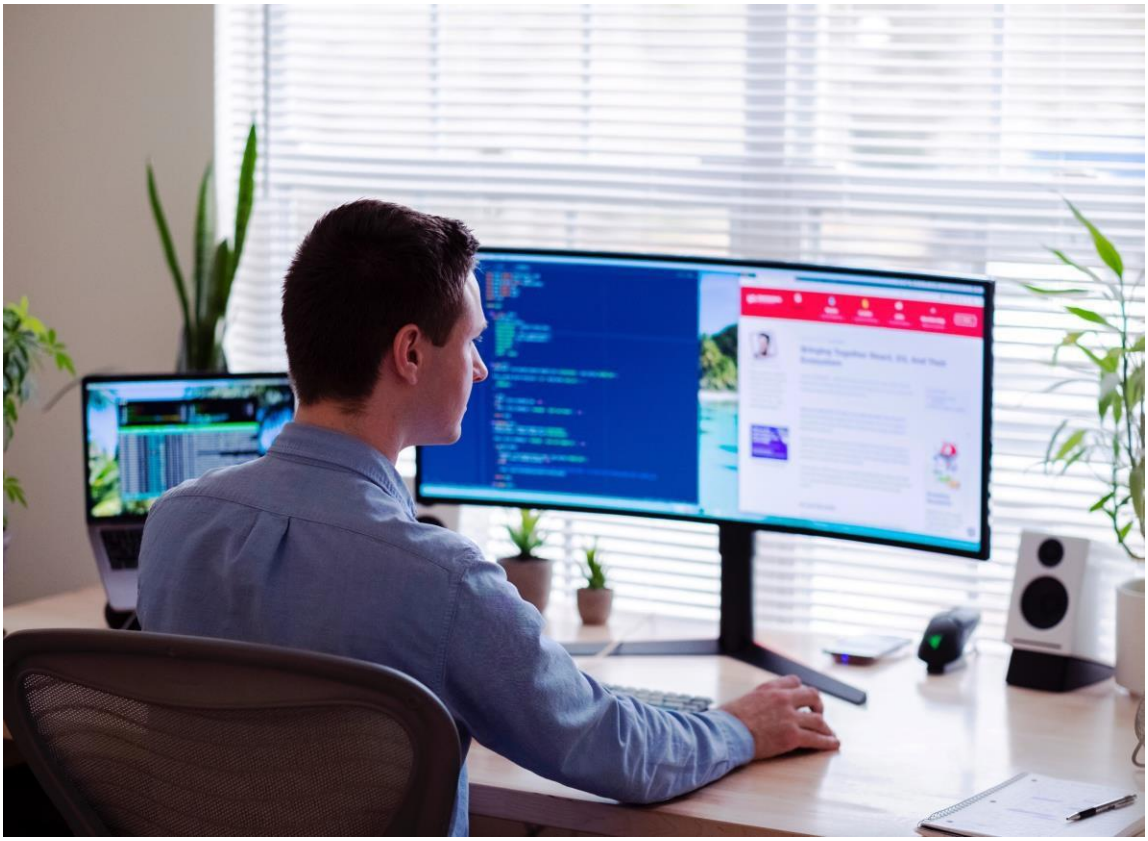
حتی با وجود اینکه شرکت‌های بزرگی مانند جنرال الکتریک[1] و جان دیر[2] پیشگامان اولیه مدل محصول به‌عنوان خدمات بوده‌اند، اکنون دیگر تولیدکنندگان در سراسر صنایع از این الگو پیروی می‌کنند.

- **رولز رویس[3]:** یکی از بهترین نمونه‌های پیاده‌سازی این موضوع رولز رویس است که اکنون در صورت خراب نشدن موتورهای جت تولیدی توسط این شرکت، پول بیشتری از مشتریانش دریافت می‌کند. این شرکت سرویس خدمات تعمیر و نگهداری پیشگیرانه مبتنی بر داده‌های بزرگ را ارائه می‌دهد که دارای هوش مصنوعی است تا اطمینان حاصل شود که اقدامات اصلاحی برای دستیابی به کمترین خرابی ممکن در موتورهایش انجام می‌شود. بنابراین رویکرد کلی پیشگیرانه است به جای واکنشی که به طور سنتی چنین بوده است. این شرکت همچنین به جای تمرکز صرفاً بر فروش کل موتور، نیروی موتورهای خود را به صورت ساعتی می‌فروشد. در اینجا، مشتریان به ازای هر واحد انرژی مصرفی پول پرداخت می‌کنند و رولز رویس مسئولیت کامل نگهداری و پشتیبانی موتورها را بر عهده می‌گیرد.

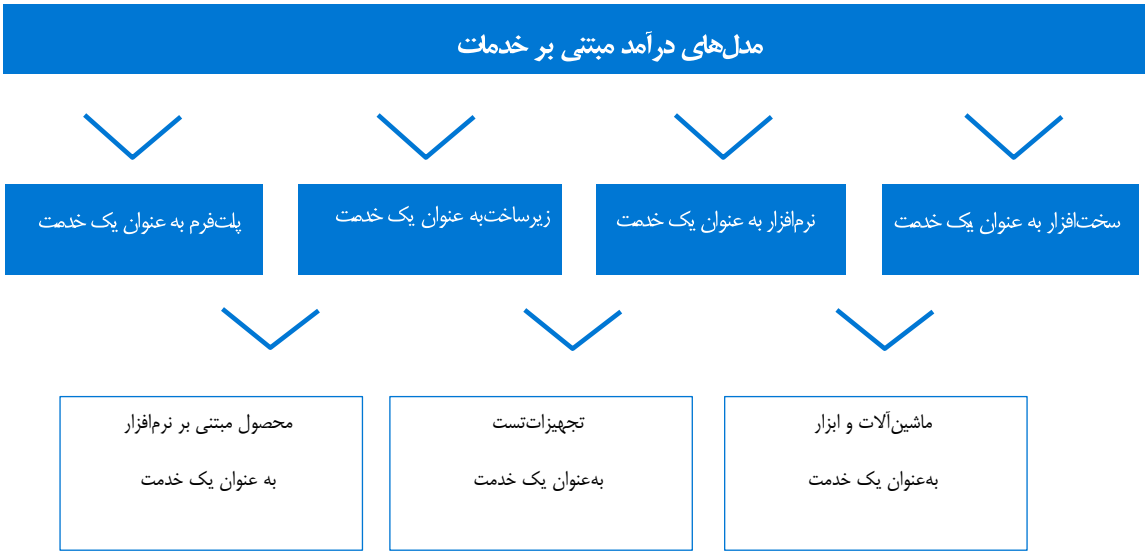
[1] General Electric
[2] John Deere
[3] Rolls Royce:

- **کاترپیلار[1]:** سازنده تجهیزات سنگین در ایالات متحده کاترپیلار از حسگرها در ماشین‌های اجاره‌ای خود برای جمع‌آوری داده‌ها از ژنراتورها، موتورها، GPS، سیستم‌های تهویه مطبوع و سیستم اندازه‌گیری مصرف سوخت استفاده می‌کند. پلتفرم اطلاعات دارایی این شرکت از این داده‌ها برای ارائه خدمات تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه استفاده میکند. به عنوان مثال، بخش دریایی این شرکت توانست ارتباط مستقیمی بین میزان سوخت و قدرت مصرفی کانتینرهای یخچال دار شناسایی کند. با استفاده از این داده ها، آن‌ها توانست شرایط بهینه عملیاتی را برای آن کانتینرها شناسایی کنند و به سادگی با تغییر توان خروجی از ژنراتورهای یخچال کانتینرها، عملکرد بهینه آنها را ، تعیین کند. این منجر به صرفه جویی ساعتی تقریباً ۳۰ دلار آمریکا شد..
- **Hilti:** شرکت ابزار و ماشین‌آلات ساخت‌وساز مستقر در لیختن اشتاین[2]، Hilti، راه حلی برای مدیریت مصرف با هزینه ثابت راه اندازی کرد که بر اساس حجم مته‌های مصرف شده از مشتریان هزینه دریافت می‌کند، که برخلاف رویکرد قبلی است با هر درخواست مشتری یک مته کامل به او فروخته می‌شد و میزان استفاده مشتری از مته،تأثیر در هزینه پرداختی او نداشت. مشتریان این روش را مقرون به صرفه می‌دانند، زیرا نیازی به نگرانی در مورد خرید ماشین ابزار اضافی برای پاسخگویی به افزایش تقاضا ندارند. به‌طور همزمان، این شرکت با موفقیت افزایش شدید درآمد را ثبت کرد و بیش از ۱ میلیون ابزار را به تقریباً ۱۰۰۰۰۰ مشتری در سال ۲۰۲۰ اجاره داد.

[1] Caterpillar:
[2] Liechtenstein



بسیاری از مدل‌های درآمد مبتنی بر خدمات برای تولیدکنندگان قابل اجرا هستند که در شکل ۵ و جدول1 کلیات آنها نشان داده است:



شکل ۵- مدل‌های درآمد مبتنی بر خدمات

	نرم‌افزار	

۲-۳- تولیدکنندگان از تولید انبوه به سفارشی‌سازی انبوه تغییر می‌کنند

قبل‌از اینکه هنری فورد[1] این جمله معروف را بیان کند: «مشتری می‌تواند ماشین را به هر رنگی که می‌خواهد سفارش دهد، البته تا زمانی که مشکی باشد»، تولید در درجه اول با مهارت و منحصربه فرد بودن مشخص می‌شد. مصرف‌کنندگان اقلام سفارشی ساخته شده را فقط برای آن خریداری می‌کردند که اغلب به مایه افتخار سازندگان تبدیل می‌شد. با این حال، هنری فورد همه چیز را تغییر داد و تولید به زودی با صرفه‌جویی درمقیاس، تکرارپذیری و مقرون به‌صرفه بودن تعریف شد.

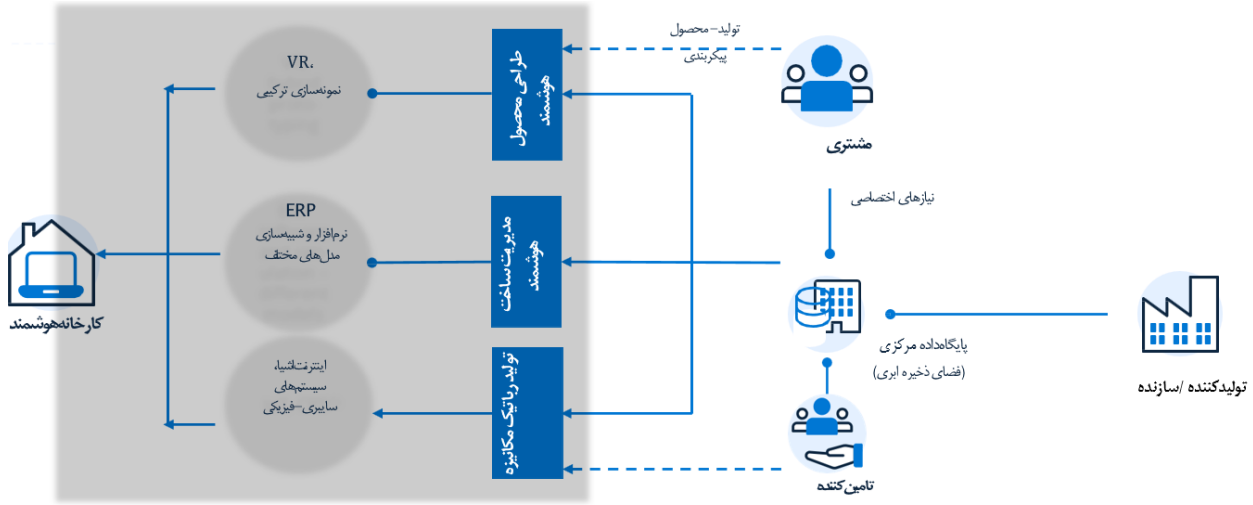
اکنون‌تقریباً 100 سال پس از آن، Industry 4.0 دوباره آغاز به عصر سفارشی‌سازی کرده است با تنها تفاوت این که این بار در مقیاسی بی‌سابقه انجام می‌شود. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ، چاپ سه بعدی و روباتیک هسته اصلی این انقلاب هستند.

به‌طور سنتی، شخصی‌سازی به معنای از دست دادن مقداری حجم بوده و بنابراین فقط با قیمتی ممتاز ارائه می‌شد. با این حال، اکنون مصرف‌کنندگان می‌توانند سفارشاتی برای اتومبیل‌های سفارشی، تلفن‌های همراه و حتی ماشین‌هایی که در مقیاس تولید شده و به موقع به هر مصرف‌کننده تحویل داده می شوند، سفارش دهند. این به دلیل توانایی روبات‌ها و سایر ماشین‌ها برای پیکربندی سریع و سپس پیکربندی مجدد برای انطباق با مشخصات مختلف ارائه شده توسط مشتری امکان‌پذیر است.

جالب است که این روندها نه تنها در بخش B2C بلکه در B2B نیز مشهود است. به‌عنوان مثال، هافمن[2]، یکی‌از شرکت‌های تابعه Pentair، کمدهای الکتریکی سفارشی و Flying-parts.com را ارائه کرده و قطعات طراحی مشترک را با کسری از هزینه‌هایی که توسط تولیدکنندگان قطعات هواپیمایی سنتی ارائه می شود، تولید می‌کند. سایر بخش‌های B2B معمولی مانند ساخت‌وساز و تولید شیشه نیز مدل‌های سفارشی‌سازی انبوه را با تمرکز بر فناوری‌های چاپ سه بعدی اتخاذ می‌کنند.

سفارشی‌سازی ناب روند جالب دیگری است که از سفارشی‌سازی انبوه ناشی می‌شود که در آن تولیدکنندگان از موجودی به موقع و فناوری‌های دیجیتال برای تولید اقلام در مقیاس با قیمت‌های پایین استفاده می‌کنند. یک مثال خوب برای این موضوع Liberty Bottleworks است که کارخانه‌ای در پورتلند، اورگان، هر ماه حدود 70000 بطری نوشیدنی آلومینیومی تولید می‌کند. اگرچه اندازه و مقیاس این شرکت به تولیدکنندگان چینی نزدیک نیست، بطری‌های آن به طور موثر با آنها در فروشگاه‌های خرده فروشی در سراسرایالات متحده رقابت می‌کنند. به گفته رایان کلارک[3]، مدیر اجرایی این شرکت، دلیل اصلی این امر سفارشی‌سازی ناب است که به مصرف کنندگان اجازه می‌دهد تا شکل، اندازه، رنگ و گرافیک مورد نظر خود را بدون هیچ هزینه اضافی برای شرکت انتخاب کنند.

[1] Henry Ford
[2] Hoffman
[3] Ryan Clark



شکل ٦- تصویرکلی سفارشی‌سازی انبوه

منبع: ResearchGate

ذهنیت مصرف‌کنندگان اساساً تغییر کرده است - آنها اکنون به جای اینکه به شرکت‌ها و محصولات آنها تکیه کنند، به این فکر می‌کنند که شرکت‌ها چه چیزی می‌توانند برایشان فراهم کنند.

Merijn Versyp ، مشاور ارشد

Delaware

۳-۳- تولید به مراکز تقاضا نزدیک شده است

دردو دهه گذشته، شرکت‌های بزرگ تولید خود را به مناطق کم هزینه‌ای مانند چین (الکترونیک)، مکزیک(پوشاک)، ویتنام (کفش) و سایر کشورها برون‌سپاری کرده‌اند. اگرچه، این زنجیره‌های تامین جهانی از مزیت جذاب نیروی کار ارزان و در نتیجه هزینه‌های پایین محصول برخوردارند، معایبی مانند زمان‌های تحویل طولانی، انعطاف‌پذیری کم، بی‌ثباتی در زنجیره‌های تامین، استانداردهای کیفیت پایین و افزایش هزینه‌های نیروی کار، همگی باعث شده که تولیدکنندگان تصمیم بگیرند که شده‌اند. به مصرف کننده نزدیک‌تر شوند.

در این ارتباط، بزرگترین کاتالیزور تغییر، ظهور کارخانه هوشمند است، که همراه با افزایش تمایل مصرف‌کنندگان برای تحویل سریع محصولات سفارشی، تولید را به بازارهایی نزدیک می‌کند که در آنجا تقاضا ایجاد می‌شود.

یکی از مهمترین مزایای این رویکرد کوتاه شدن زنجیره تامین است. مراکز تولید انبوه دوردست به سادگی دارای مراحل بسیار زیادی در زنجیره ارزش از جمله حمل‌ونقل، انبارداری، بیمه، نیروی انسانی و غیره هستندکه نه تنها هزینه‌ها را چندین برابر می‌کند، بلکه زمان لازم برای عرضه یک محصول جدید به بازار را نیزافزایش می‌دهد.

براساس نظرسنجی توماس[1] در آوریل ۲۰۲۰ از ۸۷۸ متخصص در بخش تولید و صنعت آمریکای شمالی، همه گیری‌کووید-۱۹ این روند را تسریع کرده است، به طوری که ۶۴ درصد از شرکت‌های آمریکایی تولید و تامین منابع را به خانه خود بازمی‌گردانند. یکی از دلایل ذکر شده برای این امر این بود که تامین‌کنندگان را به بازارتجارت ایالات متحده نزدیک کرد و وابستگی به اقیانوس یا حمل و نقل هوایی را کاهش داد.

به‌گفته هربرت هاینر[2]، مدیر عامل سابق آدیداس، تولید هوشمند صنعت را به سمت یک مدل تولید بر اساس تقاضا سوق می‌دهد که کفش‌های سفارشی را به زودی در یک روز تحویل می‌دهد. جدای از کاهش شدید زمان، این روند برای همگام شدن با تقاضای رو به رشد برای سفارشی‌سازی نیز مهم خواهد بود.

نایک نمونه ای از یک شرکت بزرگ است که در حال انتقال تولید از کشورهای شرقی است. این شرکت با International Flextronics، یک تولید کننده فناوری مستقر در ایالات متحده، برای توسعه راه‌حل‌های اتوماسیون و سفارشی‌سازی شریک شده است. همچنین با پردیس لجستیک اروپایی مستقر در بلژیک پیوندخورده است تا «حرکت شرکت به سوی زنجیره تامین آینده» تسریع شود.

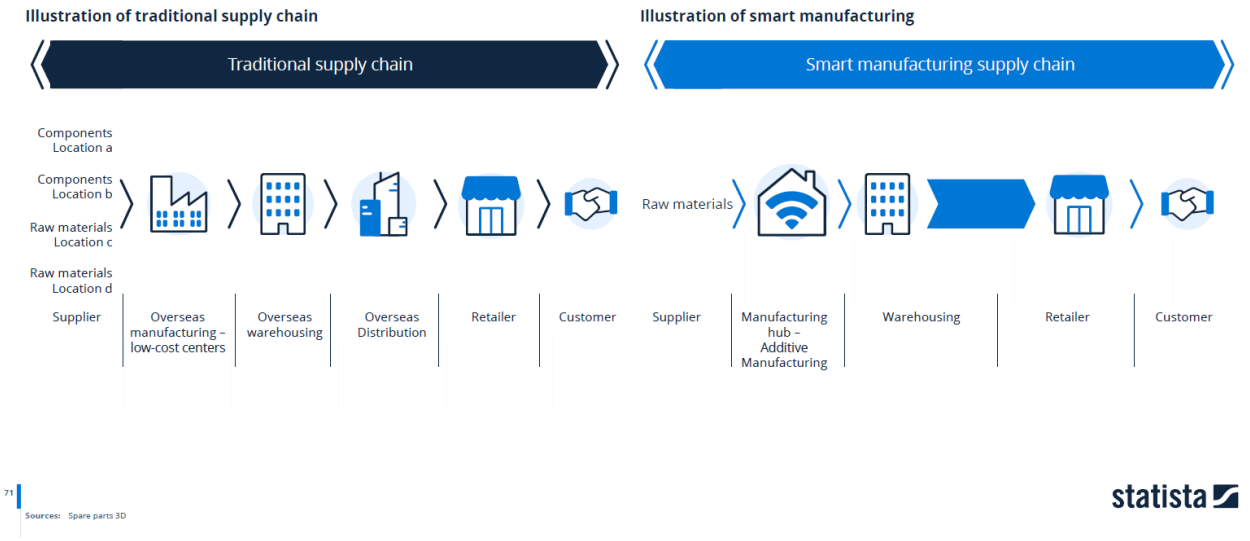
«به یک معنا ما تولید را بیشتر و بیشتر از سر خواهیم گرفت. آینده در سفارشی‌سازی انبوه است و این به معنای تولید محلی بیشتر است – زیرا ما باید زنجیره لجستیک را از سمت تولید به سمت کاربر کوتاه کنیم.

دکتر .Detlef Zühlke رئیس هیئت مدیره

the SmartFactoryKL Technology Initiative

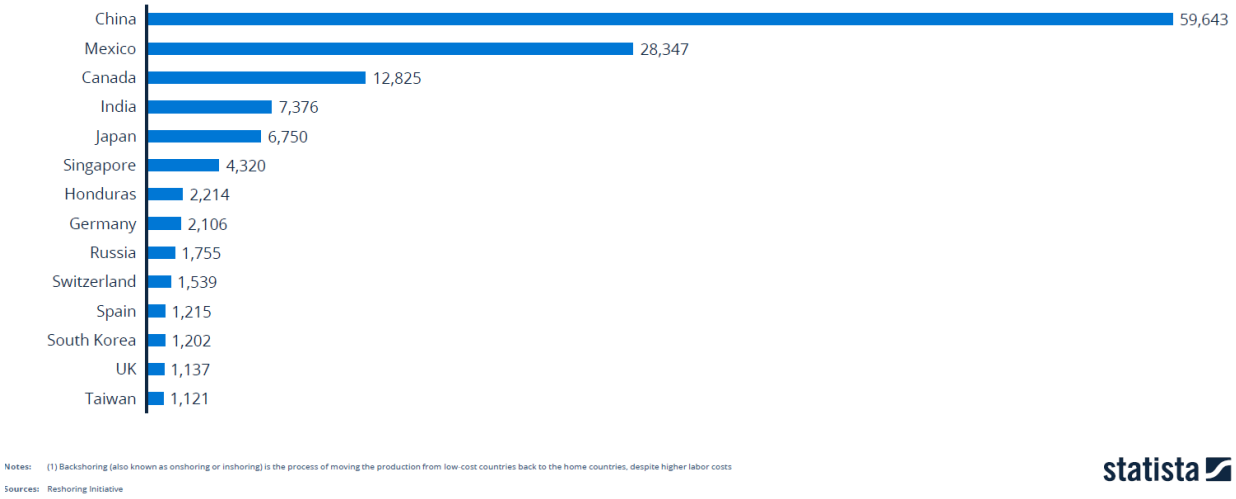
[1] Thomas
[2] Herbert Hainer

۳-٤- تولید هوشمند پیچیدگی زنجیره تأمین را کاهش می‌دهد

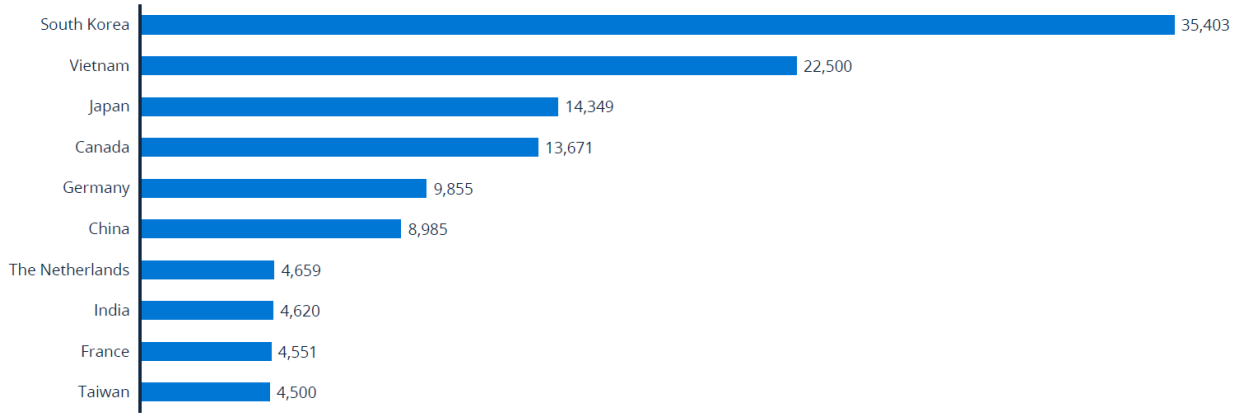


۳-۵- بازگشت مشاغل به آیالامت متحده

Backshoring (همچنین به‌عنوان onshoring یا inshoring نیز شناخته می‌شود) فرآیند انتقال تولید از کشورهای کم هزینه به کشور خود با وجود هزینه‌های نیروی کار بالاتر است. در دو دهه گذشته نزدیک به ۶۰ هزار شغل تولیدی از چین به ایالات متحده بازگشته است. در سال ۲۰۲۲ هم بیش از ۳۵ هزار شغل تولیدی از کره جنوبی به آمریکا بازگشته‌اند. در ادامه چند نمودار در این خصوص ملاحظه می‌کنید:



شکل ۷- تعداد مشاغل شرکت‌های تولیدی ایالات متحده که بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ مجدداً به این کشور برگشته‌اند، بر اساس کشور



شکل ۸- تعداد مشاغل شرکت‌های تولیدی ایالات متحده که در سال ۲۰۲۲ مجدداً تغییر یافتند، بر اساس کشور

۶-۳- تولید مدولار راه را برای سفارشی‌سازی انبود و کارآمد هموار کرده است

حدود 100 سال است که هنری فورد اولین خط مونتاژ خود را به صنعت خودرو ارائه کرد. از آن زمان، خودروها در یک خط ثابت و متوالی، متشکل از فرآیندهای از پیش تعریف شده و سفت و سخت، تولید می‌شوند. به‌عبارت دیگر، هنگامی که یک خط مونتاژ برای یک مدل خاص طراحی می‌شود، نمی‌توان آن را در طول چرخه عمر خودرو تغییر داد و این مدل فرآیندهای درون لجستیکی زنجیره تولید و تامین را دیکته می‌کند.

به‌دلیل این محدودیت‌ها، اگر یک سازنده خودرو بخواهد نسخه اصلاح شده یک مدل خاص را عرضه کند، نمی‌تواند بدون ایجاد خط مونتاژ متفاوت و در نتیجه متحمل شدن هزینه‌های هنگفت این کار را انجام دهد. سایر صنایع مانند پوشاک، داروسازی و شیمیایی نیز در مواجهه با افزایش تقاضا برای سفارشی‌سازی با مشکل مشابهی مواجه هستند.

به‌منظور ایجاد یک فرآیند تولید چابک و انعطاف‌پذیر، شرکت‌ها در حال حاضر از مفهوم مدولارسازی[1] استفاده می‌کنند. ماژولار بودن[2] اساساً به توانایی یک سیستم برای پیکربندی مجدد بر اساس plug-n-play اشاره دارد و در نتیجه به آن اجازه می‌دهد تا به تغییرات در نیازهای مشتری به سرعت و کارآمد پاسخ دهد.

"تولید مدولار مهندسی را ساده‌تر، تولید را انعطاف‌پذیرتر، زمان عرضه به بازار را کاهش ، کارایی کارخانه را افزایش و منجر به بهبود رقابت کلی می‌شود."

Felix Seibl، دبیر انجمن

Measurement Technology & Process Automation, Electrical and Electronic Manufacturer's Association

به‌عنوان نمونه آئودی[3] از ایستگاه‌های کاری مدولار برای افزایش بهره‌وری استفاده می‌کند. آئودی ایستگاه‌های کاری مستقلی را ایجاد کرده که هر کدام عملکرد تولیدخاصی را به خود اختصاص داده است. خودروهای ناتمام به‌طور مستقل از یک ایستگاه کاری به ایستگاه دیگر با کمک سیستم‌های حمل‌ونقل بدون راننده (DTS[4]) حرکت می‌کنند، جایی که روبات‌های متصل و چند انسان قسمت خاصی از ماشین را مونتاژ می‌کنند.

[1] Modular production
[2] Modularity
[3] Audi
[4] driverless transport systems

اگریک DTS به ایستگاهی برسد که قبلاً اشغال شده است، برنامه‌ریزی می شود تا به ایستگاه موجود دیگری برود و در نتیجه تأخیرهایی را که بخشی از خط مونتاژ معمولی هستند حذف می‌کند. این مجموعه مدولار همچنین اجازه می‌دهد تا تغییرات را در حال حرکت انجام شود. آئودی برای آزمایش این روش جدید تولید در کارخانه خود در اینگولشتات آلمان با Arculus، سازنده سیستم‌های تولید مدولار، همکاری کرده است و انتظار افزایش ۲۰ درصدی بهره‌وری را دارد.

شرکت‌های شیمیایی و دارویی آلمان همچنین در حال توسعه مفاهیم مدولار انعطاف‌پذیر برای کارخانه‌های فرآوری خود هستند که باعث شده است تا به زمان سریع‌تری برای بازار تا ۴۰ درصد، ۳۰ درصد صرفه‌جویی در انرژی، ۲۰ درصد هزینه عملیاتی کمتر و ۴۰ درصد سرمایه کمتر دست یابند.

مهمترین‌مزایای این سیستم عبارتند از:

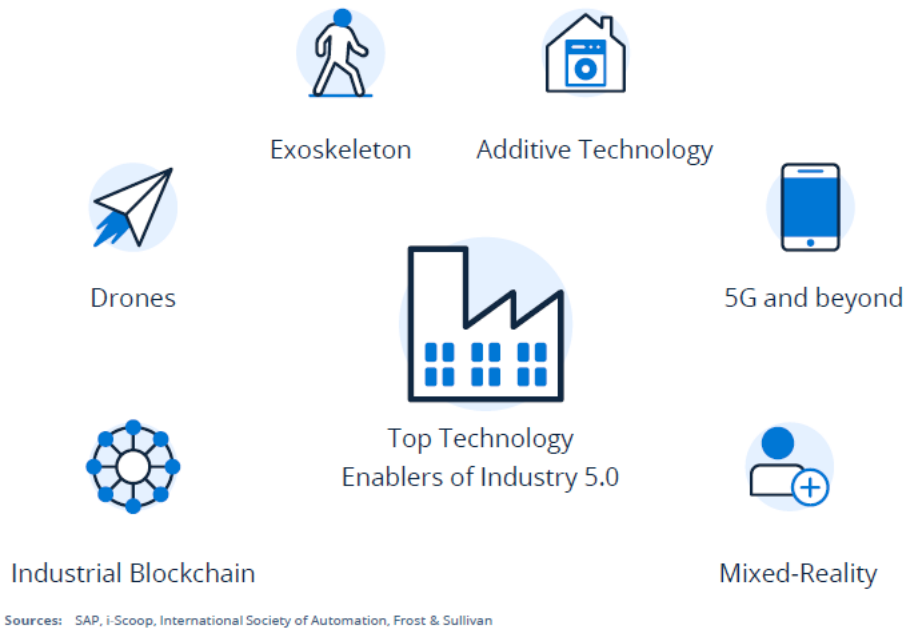
- تصحیح در محل هر مشکلی که ممکن است در زنجیره تامین بدون توقف کامل تولید ایجاد شود.
- ظهورDTS به این معنی است که کارگران انسانی دیگر مجبور نیستند با سرعت خط مونتاژ سازگار شوند یا با خط حرکت کنند.
- تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق، سیستم‌های متصل را برای یادگیری از تجربیات گذشته و بداهه‌سازی در صورت نیاز تجهیز می‌کنند.
- سفارشی‌سازی‌ها و سایر تغییرات را می‌توان بدون متحمل شدن هزینه‌های اضافی انجام داد.

۷-۳- یک نگاه اجمالی به انقلاب پنجم صنعتی Industry 5.0

انقلاب صنعتی چهارم از ورود فناوری‌های اتوماسیون، اینترنت اشیا و کارخانه هوشمند خبر داد که زنجیره‌های تامین هوشمند و متصل و همچنین محصولات با کمترین مداخله انسانی را ایجاد کرد. با این حال، Industry ۵.۰ به دنبال اهرم مشارکت بین ماشین‌ها و انسان‌ها برای ایجاد زنجیره‌های تامین پاسخگو و توزیع‌شده، روش‌های تولید پایدار، محصولات بسیار سفارشی‌سازی‌شده، کسب‌وکارهای انعطاف‌پذیر و افزایش تجربیات مشتری است. به‌عبارت دیگر، این یک انقلاب صنعتی دیگر نیست، بلکه تقویت فناوری‌های موجود صنعت ۴.۰ از طریق همکاری موثرتر انسان و ربات است. نمونه‌های بارز Industry ۵.۰ در عمل شامل افرادی است که از اسکلت بیرونی برای افزایش قدرت بدنی استفاده می‌کنند یا انسان‌هایی که برای بهبود عملکرد با دستگاه‌های واقعیت افزوده کار می‌کنند. طبق یک مطالعه اخیرSAP ، Industry ۵.۰ همچنین در موارد زیر قابل مشاهده است:

- توسعه همکاری‌های انسان/ربات مبتنی بر هوش مصنوعی برای کمک به کاهش ضایعات و افزایش انطباق با پایداری.

- مدل‌های شبیه‌سازی و دوقلوهای دیجیتالی که فرسودگی و پارگی سیستم‌های دنیای واقعی را به حداقل رسانده و در نتیجه حداکثر نوآوری و کارایی را ممکن می‌سازند.



شکل ۹- فناوری‌های توانمندساز برای انقلاب پنجم صنعتی، بر اساس مطالعات شرکت SAP آلمان

٤- منابع

Dutta , S., & Lanvin, B. (2023). *Network Readiness Index 2023, Trust in a Network Society:crisis of the digital age?* https://download.networkreadinessindex.org/reports/nri_2023.pdf: Portulans Institute.

Parrott, A., & Warshaw, L. (2017, May 12). *Industry 4.0 and the digital twin Manufacturing meets its match*. Retrieved from Deloitte Insights : https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html

Senn-Kalbatista, L., & Mehta, D. (2023). *Industry 4.0: in-depth market analysis, Market Insights report.* Statista.

Statista. (2023, 12 05). *Digital transformation: Statistics report on digital transformation worldwide*. Retrieved from https://www.statista.com/study/74997/dossier-digital-transformation/

ابطحی, م) ۱۴۰۲. (*سند رسته تولید نرم‌افزارها، پلتفرم‌های فناوری‌های پیشرو و ماشین‌های هوشمند، طرح تدوین نقشه راهبردی صنعتی و ارتقای تولید داخل*. تهران: موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.

سریع‌القلم, م) ۱۴۰۲, ۱۱ ۰۷. (*گزارش داوس ۲۰۲۴*. Retrieved from https://sariolghalam.com/۲۰۲۴/۰۱/۲۷/%DA%AF%D۸%B۲%D۸%A۷%D۸%B۱%D۸%B۴-%D۸%AF%D۸%A۷%D۹%۸۸%D۸%B۳-%DB%B۲%DB%B۰%DB%B۲%DB%B۴/