

# تحول دیجیتال در بخش‌های صنعتی

## تحلیل عمیق بازار انقلاب چهارم صنعتی

### (بخش چهارم)



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

آبان ۱۴۰۳

---

---

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

[Economic\\_Research@Tccim.ir](mailto: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
۲-۱- افزایش کاربرد واقعیت مجازی و افزوده در سرتاسر زنجیره ارزش بخش تولید.....	۷
۱-۲-۱- مونتاژ.....	۷
۲-۲-۱- مدیریت زنجیره تامین.....	۸
۳-۲-۱- تعمیر و نگهداری.....	۹
۴-۲-۱- کنترل کیفیت و بازرسی.....	۱۰
۵-۲-۱- آموزش.....	۱۰
۶-۲-۱- طراحی.....	۱۰
۳-۱- گسترش سریع بازار واقعیت مجازی و افزوده.....	۱۱
۴-۱- شرکت‌های پیشرو در حوزه واقعیت مجازی و واقعیت افزوده.....	۱۳
۲- همزادهای دیجیتال.....	۱۵
۱-۲- شرکت‌های پیشرو در حوزه همزاد دیجیتال.....	۱۹
۳- روندها.....	۲۰
۳-۱- حرکت تولیدکنندگان به سمت مدل‌های درآمدی مبتنی بر خدمات سودآور.....	۲۱
۲-۳- تولیدکنندگان از تولید انبوه به سفارشی سازی انبوه تغییر می‌کنند.....	۲۴
۳-۳- تولید به مراکز تقاضا نزدیک شده است.....	۲۵
۴-۳- تولید هوشمند پیچیدگی زنجیره تأمین را کاهش می‌دهد.....	۲۷
۵-۳- بازگشت مشاغل به آیالات متحده.....	۲۷
۶-۳- تولید مدولار راه را برای سفارشی‌سازی انبوه و کارآمد هموار کرده است.....	۲۸
۷-۳- یک نگاه اجمالی به انقلاب پنجم صنعتی Industry 5.0.....	۳۰
۴- منابع.....	۳۲

## 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 به‌رحال 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 بکارگیری مناسب و به‌اندازه فناوری‌های نوپدید (ابطحی، ۱۴۰۲).

مطابق برآورد IDC ارزش اقتصادی بازار تحول دیجیتال در سال ۲۰۲۲ پیش از ۶.۱ تریلیون دلار بوده است که با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۶.۴٪ تا سال ۲۰۲۶ به بیش از ۴.۳ تریلیون دلار افزایش خواهد یافت (Statista, 2023) که این بزرگترین نرخ رشد در حوزه فناوری و یکی از بزرگترین‌ها در کل رشته‌های کسب و کار می‌باشد. این موضوع هم‌نشان 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 داورس ۲۰۲۴ حول محور فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی بوده است. داورس 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<sup>۱</sup> 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

<sup>۱</sup> 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 کسب و کار
- ۴- ارزیابی روند توسعه انقلاب چهارم در کشورهای پیشرو و کشورهای منطقه
- ۵- پایش روندهای نوظهور در حوزه فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی
- ۶- 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) و (2023) 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 کسب و کاری آن در دنیای جدید اقدام نمایند. با توجه به روند شتابان تغییرات مبتنی بر فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی، هم بخش دولتی و هم بخش خصوصی و حتی بنگاه‌های کسب و کار، نیازمند اطلاع 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 کسب و کارها 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.

در این گزارش و در ادامه گزارش قبلی بر پایه مجموعه‌ای از گزارش‌های جدید بین‌المللی تلاش شده است، مجموعه‌ای از آخرین آمار و اطلاعات حوزه انقلاب چهارم صنعتی، در حوزه **واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، همزادهای دیجیتال و روندهای کلان فناوری** دسته‌بندی، تحلیل و ارایه گردد.

## ۱- واقعیت مجازی و واقعیت افزوده

واقعیت مجازی (VR<sup>1</sup>) یک شبیه سازی کامپیوتری از یک محیط واقعی است که کاربر را قادر می سازد تا یک موقعیت خاص را به طور مستقیم تجربه کند. از سوی دیگر واقعیت افزوده (AR<sup>2</sup>) نیز یک شبیه سازی رایانه ای است که نه تنها یک محیط مجازی منعکس کننده محیط واقعی ایجاد می کند، بلکه پیشرفت های مجازی را نیز در بالای آن اضافه می کند 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 از مرحله قبل از ساخت تا ساخت اصلی و حتی فرآیندهای پشتیبانی مانند تعمیر و نگهداری و آموزش استفاده می شود. این سیستم ها اکنون می توانند برای انتخاب قطعات تجهیزات در یک انبار، دریافت دستورالعمل های تعمیر بر روی دستگاه های تلفن همراه، آموزش به تکنسین ها، 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 پاسخ دهندگان از AR/VR یا در سال ۲۰۱۸ استفاده می کردند، انتظار می رود این تعداد تا سال ۲۰۲۵ به ۵۰ درصد افزایش یابد. همچنین این تحقیق نشان داد که تولیدکنندگان بیشتر از AR / VR استفاده می کنند. برای پشتیبانی از طراحی و توسعه محصول، برای آموزش مهارت های ایمنی و ساخت، مونتاژ مجازی، بهبود طراحی فرآیند، وظایف نگهداری و تعمیر، دسترسی به داده ها و اطلاعات، همکاری از راه دور و زنجیره تامین کارکرد.

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

<sup>1</sup> Virtual Reality (VR)

<sup>2</sup> 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

### ۲-۱- 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. به طور سنتی، دستورالعمل‌های کاری برای این فرآیند در قالب فایل‌های پی‌دی‌اف 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 می دهد. به عنوان مثال، Enterprise Vital، توسعه دهنده نرم افزار AR، علاوه بر این موارد، یک ویدیوی نمونه را نیز ارائه می کند که نشان می دهد چگونه کار قرار است انجام شود، که همه آن ها در عینک های AR خود تعبیه شده است. به گفته میلان کوچیچ، مدیر توسعه کسب و کار Intelligence Manufacturing Hexagon، جالب توجه است که اگرچه AR/VR برای مدتی طولانی در تولید مورد استفاده قرار گرفته است، آنچه امروزه آنها را متفاوت می کند، بیشتر اندازه و قابلیت است. او تکامل این فناوری را با چاپ سه بعدی مقایسه می کند که در آن چاپگرها از کندی و گرانی به ارزان تر و سریع تر تبدیل شده اند.



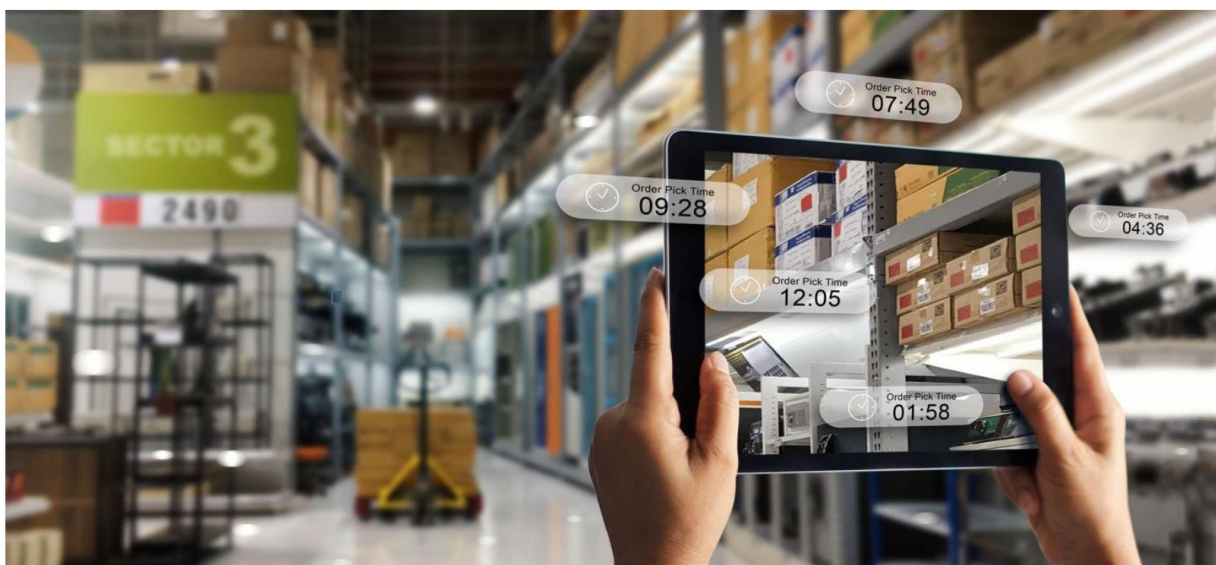
### ۱-۲-۲- مدیریت زنجیره تامین

قبل از ظهور AR/VR، کارگران برای مدیریت موجودی کالاها، با انتخاب اقلام صحیح به کمک استفاده از RFID یا اسکنر بارکد، اقدام می کردند که فرآیندی دست و پا گیر و زمان بر بود. فناوریهای مانند عینک هوشمند نه تنها به کارکنان کمک می کند همیشه لیست های انتخاب را در نظر داشته باشند، بلکه بهترین مسیر را در انبار به آنها نشان می دهد. 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 خرده فروشان به ویژه در فصول شلوغی که کارمندان موقت چنین وظایفی را انجام می‌دهند، مهم است.

یکی دیگر از زمینه‌های کاربردی، مدل سازی پیش بینی است. خرده فروشان بزرگ مانند آمازون اغلب مراکز تولید و انبارداری در سراسر کشور و بین المللی 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 فزاینده ای در تعمیر و نگهداری تجهیزات تولیدی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، میتسوبیشی الکترونیک 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 و هندزفری به اطلاعات تخصصی را می‌دهد. جنرال الکترونیک همچنین از AR برای بهبود نگهداری عمومی خود با ادعای بهبود بهره‌وری نزدیک به ۳۵٪ استفاده می‌کند.

## ۱-۲-۴- کنترل کیفیت و بازرسی

اگرچه استفاده از AR/VR در تضمین کیفیت هنوز در مراحل اولیه خود است، شرکت‌هایی مانند پورشه قبلاً استفاده از این فناوری را آغاز کرده اند. در حین بازرسی قطعات خودرو، کارگران می‌توانند عکس بگیرند و آنها را با تصاویر ارائه شده توسط تامین کنندگان شرکت از طریق پوشش AR مقایسه کنند تا به سرعت و با دقت متوجه شوند که مشکل در کجاست. Slashgear، ارائه دهنده محتوای دیجیتال در زمینه فناوری و خودرو، اظهار داشت که برنامه نهایی این خواهد بود که دوربین‌های پورشه در کف کارگاه تولید را به پایگاه داده اجزای مبتنی بر ابر خود پیوند دهد تا اطلاعات بلادرنگ را به دست آورد و بازرسی‌های آنها را بر اساس آن تنظیم کند.

## ۱-۲-۵- 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 است که از AR و VR برای آموزش کارگران در کارخانه‌های تولیدی خود استفاده می‌کند.

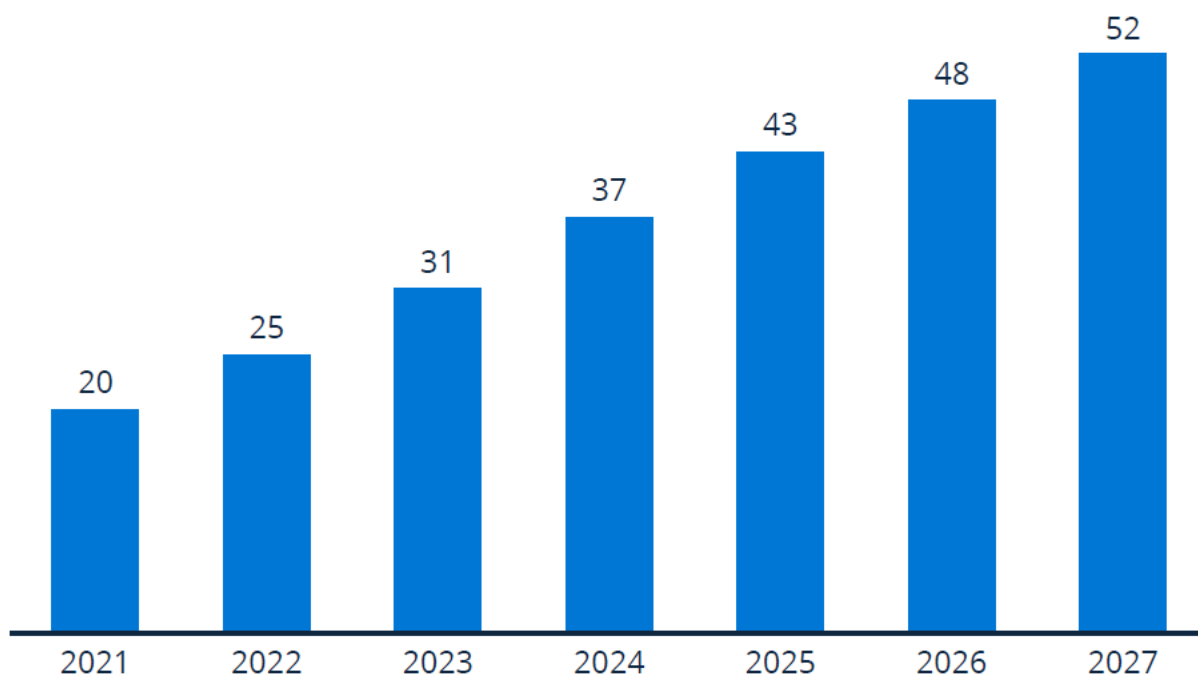
## ۱-۲-۶- طراحی

به طور ساده، AR/VR می‌تواند به طراحان صنعتی کمک کند تا قبل از تکمیل محصول، به طراحی و عملکرد آن نگاه کنند، در حالی که در 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.

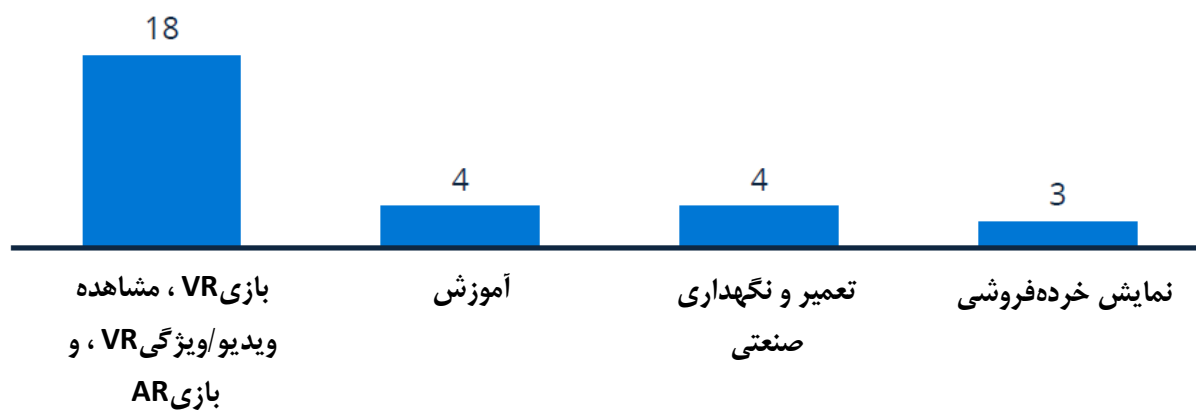


### ۳-۱- گسترش سریع بازار واقعیت مجازی و افزوده

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- بازار جهانی واقعیت افزوده و مجازی به میلیارد دلار آمریکا، منبع IDC



شکل ۳- سرمایه گذاری در فناوری واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در سراسر جهان تا سال ۲۰۲۴ به میلیارد دلار آمریکا

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

##### Lockheed Martin ❖

مهندسان این شرکت از عینک‌های واقعیت افزوده مجهز به دوربین، عمق و حسگرهای حرکتی استفاده می‌کنند تا تصاویر بصری در زمان واقعی هواپیما را دریافت کنند و تصاویر را روی محیط کار واقعی قرار دهند. این به آن‌ها امکان می‌دهد تصاویر افزوده شده و مجازی تمام قسمت‌های 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 گشتاوردر حین کار بر روی فضاپیما Orion شده است.



##### Thyssenkrupp ❖

در اکتبر ۲۰۱۸، Thyssenkrupp از راه‌حل 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 HoloLinc، Zühlke را راه‌اندازی کرد که یک فرآیند فروش کاملاً دیجیتالی در نوع خود 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 کنند. در نتیجه، مشتریان از فرآیند سفارشی که چهار برابر سریعتر از قبلی است، بهره‌مند خواهند شد. د.



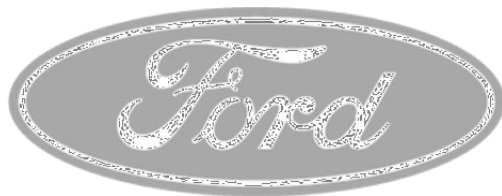
##### Caterpillar ❖

این شرکت از AR برای دسترسی تکنسین‌ها به داده‌ها و تصاویر بلادرنگ استفاده می‌کند که به آن‌ها در عیب‌یابی و تعمیر ماشین‌آلات کمک می‌کند. در مارس ۲۰۱۷، Caterpillar و Scope AR پلت فرم نرم‌افزار CAT LIVESHARE را راه‌اندازی کردند. این پلتفرم تماس ویدیویی زنده مبتنی بر واقعیت افزوده را با نمایندگی‌های CAT 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، اشتراک‌گذاری صفحه و وایت برد ترکیب می‌کند.



## Ford ❖

این شرکت آزمایشگاه غوطه وری خود را توسعه داده است که در آن طراحان و مهندسان از هدست Oculus Rift ساخته



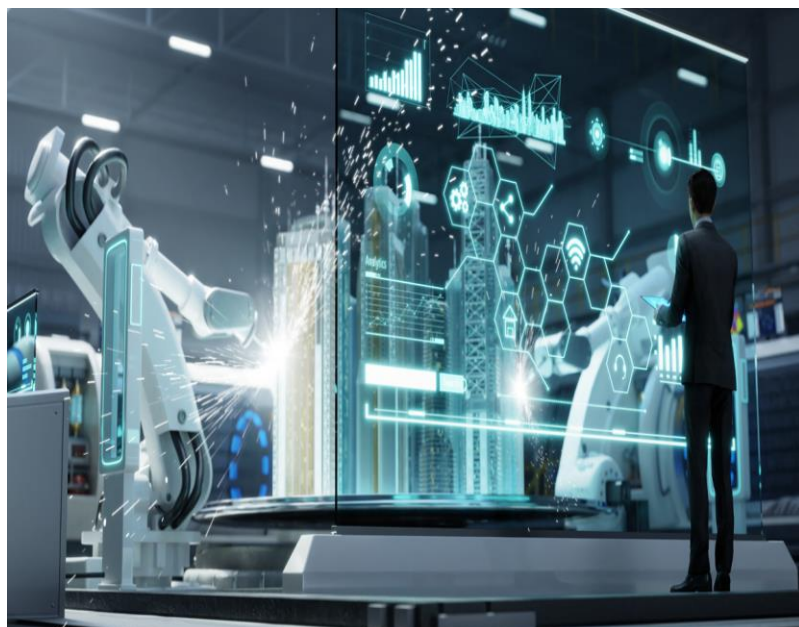
شده توسط فیس بوک استفاده می‌کنند که به آنها اجازه می‌دهد تا بیرون و داخل خودروهایش را بررسی کنند. VR همچنین برای آزمایش طرح‌های مختلف و ارزیابی ظاهر تک تک قطعات خودرو، بدون نیازه ساخت خودرو استفاده می‌شود. این به طور مستقیم با نرم افزار طراحی

به کمک کامپیوتر (CAD<sup>1</sup>) شرکت ارتباط دارد تا به مهندسان کمک کند تا تغییرات را ایجاد کرده و نتایج را تجسم کنند.

<sup>1</sup> Computer Aided Design (CAD)

## ۲- همزادهای دیجیتال

پیشرفت های ۰.۴ Industry به تولیدکنندگان این امکان را داده است که همزادهای دیجیتال یا دوقلوهای دیجیتال<sup>۱</sup> یا کپی



مجازی فرآیندهای تولید، کارخانه ها و زنجیره های تامین را توسعه دهند. دوقلوهای دیجیتال اساساً برنامه‌های رایانه ای هستند که از داده های بلادرنگ برای ساختن شبیه سازی هایی استفاده می کنند که عملکرد یک محصول، ماشین یا فرآیند را پیش بینی می کنند. بنابراین شرکت های تولیدی می توانند از این فناوری برای به دست آوردن ردپای دیجیتالی کامل از محصولات خود در سراسر زنجیره ارزش استفاده کنند، که بیشتر آنها را قادر می سازد تا نقص ها را کاهش دهند، از مدل های تجاری جدید استفاده کنند 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<sup>2</sup>) عمل می کنند، متفاوت است و می تواند خیلی بیشتر از هر دو باشد. CAD به طور کامل در یک محیط شبیه سازی شده با کامپیوتر محصور شده است که موفقیت متوسطی را در مدل سازی محیطهای پیچیده نشان داده است. سیستم های ساده تر اینترنت اشیا چیزهایی مانند موقعیت و تشخیص را برای کل یک جزء اندازه گیری می کنند، اما تعامل بین اجزا و فرآیندهای چرخه عمر کامل را اندازه گیری نمی کنند.

در واقع، قدرت واقعی یک همزاد دیجیتال - و اینکه چرا می تواند اینقدر اهمیت داشته باشد - این است که می تواند یک پیوند جامع تقریباً واقعی بین دنیای فیزیکی و دیجیتال ایجاد کند. به احتمال زیاد به دلیل این تعامل بین دنیای واقعی و دیجیتالی محصول یا فرآیند است که همزادهای دیجیتال ممکن است مدل های غنی تری را نوید می دهند که اندازه گیری های واقعی تر و جامع تر غیرقابل پیش بینی را به همراه دارد و به لطف قابلیت های محاسباتی ارزان تر و قدرتمندتر، این اندازه گیری های تعاملی را می توان با معماری های پردازش عظیم و الگوریتم های پیشرفته امروزی برای بازخورد و تحلیل آفلاین جمع کرد. اینها می توانند تغییرات اساسی در طراحی و فرآیند را ایجاد کنند که مطمئناً از طریق روش های فعلی غیرقابل دستیابی هستند.

<sup>1</sup> Digital twins

<sup>2</sup> Internet of Things

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 به عنوان 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 به طور جمعی داده‌ها را در طیف گسترده‌ای از ابعاد جمع‌آوری می‌کنند: از ویژگی‌های رفتاری ماشین‌آلات تولیدی 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 دیجیتالی ارسال می‌شوند.

برنامه همزاد دیجیتال به طور مداوم جریان‌های داده‌های دریافتی را تجزیه و تحلیل می‌کند. در 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: 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 به طور مداوم بیان می‌شود. این عناصر تشکیل دهنده شکل ۴ در ادامه توضیح داده شده است:

- ◀ **حسگرها:**<sup>۱</sup> 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<sup>۲</sup>)، سیستم‌های سازمانی، و مشخصات طراحی، تجمع و ترکیب می‌شوند. داده‌ها همچنین ممکن است حاوی موارد دیگری مانند نقشه‌های مهندسی، اتصالات به فیدهای داده خارجی و گزارش‌های شکایات مشتری باشند.

<sup>1</sup> Sensors:

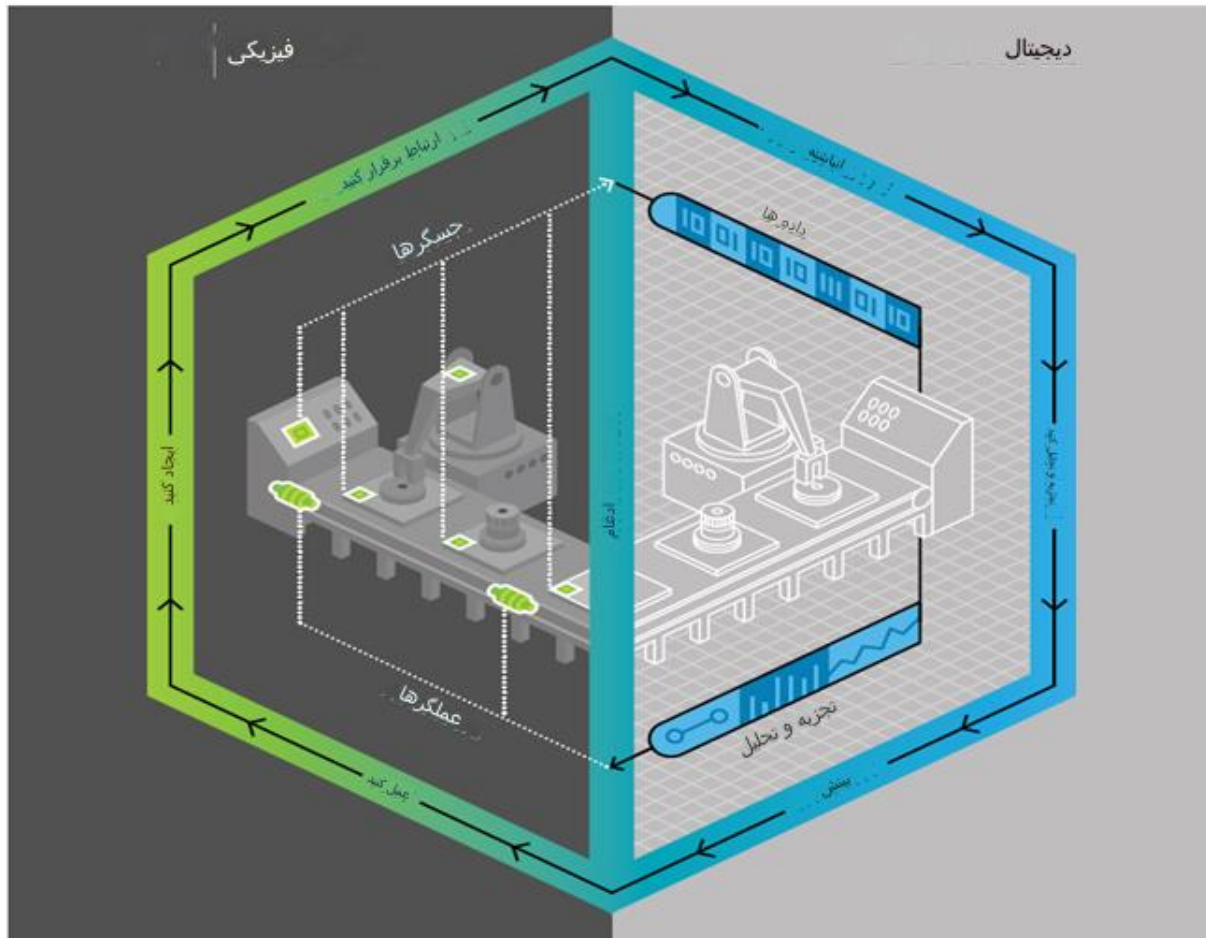
<sup>۲</sup> Bill Of Materials (BOM): یا درخت محصول به تمام ورودی‌هایی اطلاق می‌شود که در ساخت یک محصول از مجموعه‌ها گرفته تا اجزاء و مواد اولیه وارد می‌شوند.



- ◀ **یکپارچه سازی<sup>۱</sup>:** حسگرها داده ها 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 داده ها از طریق شبیه سازی های الگوریتمی و روال های تجسمی استفاده می شود که توسط همزاد دیجیتال برای تولید بینش استفاده می شود.
- ◀ **همزاد دیجیتال:** سمت "دیجیتال" شکل ۴ خود همزاد دیجیتال است. برنامه ای که اجزای بالا را در یک مدل دیجیتالی تقریباً بیدرنگ از دنیای فیزیکی و فرآیند ترکیب می‌کند. هدف یک همزاد دیجیتال شناسایی انحرافات غیرقابل تحمل از شرایط بهینه در هر یک از ابعاد مختلف است. چنین انحرافی موردی برای بهینه سازی کسب و کار است. یا همزاد دارای خطا در منطق است (امیدواریم خیر)، یا فرصتی برای صرفه جویی در هزینه ها، بهبود کیفیت یا دستیابی به کارایی بیشتر شناسایی شده است. فرصت به دست آمده ممکن است منجر به اقدامی دوباره در دنیای فیزیکی شود.
- ◀ **عملگرها (فعال کننده‌ها)<sup>۲</sup>:** 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 (یا شیء) 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 منشور است که می‌توان فرآیند واقعی ایجاد یک همزادی دیجیتال را آغاز کرد.

<sup>1</sup> integration

<sup>2</sup> Actuators



شکل ۴- کلیات مدل همزاد دیجیتال در بخش تولید، منبع: (Parrott & Warshaw, 2017)

براساس گزارش آی بی ام، صناعی که برای این فناوری مناسب تر هستند، مهندسی، خودروسازی، تولید هواپیما، طراحی واگن های ریلی، ساختمان سازی و تاسیسات برق هستند.

## ۲-۱- شرکت‌های پیشرو در حوزه همزاد دیجیتال

### Siemens ❖

زیمنس، با همکاری IBM، راه حل جدیدی را در سال 2020 راه اندازی کرد که مدیریت چرخه عمر خدمات (SLM) دارای ها را با اتصال پویا فعالیت های تعمیر و نگهداری واقعی و عملکرد دارایی با تصمیمات طراحی و اصلاحات میدانی بهینه کرد. شرکت‌ها می‌توانند از این برای ایجاد و مدیریت یک همزاد دیجیتالی با حلقه‌بسته استفاده کنند که به آنها امکان می دهد خدمات جدیدی را نوآوری کنند 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<sup>1</sup>)، 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 های مکانیکی CEP<sup>2</sup> با داده های بی‌درنگ، مدل همزاد دیجیتال فرآیندهای تصمیم گیری بهتری را در زمینه های یادگیری، استدلال، و کالیبراسیون مجدد پویا امکان پذیر می سازد. با نظارت بر تجهیزات اصلی مصرف کننده انرژی، تیم CEP می تواند به برتری عملیاتی منجر شود.



<sup>1</sup> combined heat and power (CHP)

<sup>2</sup> 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 بخش B<sup>۲</sup> و C<sup>۲</sup> کرده‌اند.

طی چند سال اخیر، تولیدکنندگان جهانی مانند آدیداس و نایک شروع به انتقال مراکز تولید خود به دور از کشورهای ارزان قیمت کرده‌اند و به مصرف‌کننده نزدیک‌تر شده‌اند. علاوه بر این، اکنون تاکید بر ایجاد یک فرآیند تولید چابک و انعطاف‌پذیر با استفاده از سیستم‌های مدولار شده<sup>۱</sup> است که می‌توانند در زمان سریع مجدداً پیکربندی شوند.



<sup>1</sup> modularized systems

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 باز کند. این تغییر عمده‌تاً توسط دستگاه‌های متصل مبتنی بر اینترنت اشیا انجام می‌شود که حجم زیادی از داده‌ها توسط حسگر تولید می‌شود. این داده‌ها در قالب بینش‌های بسته‌بندی شده جمع‌آوری و از آن‌ها کسب درآمد می‌شود که در حین استفاده از محصول، ارزش افزوده‌ای را هم به مصرف‌کننده منتقل می‌کنند.

بر اساس یافته‌های یک نظرسنجی در سال ۲۰۱۹ توسط شرکت تحقیقاتی FutureBridge که با بیش از ۷۰ شرکت مهندسی انجام شد، ۷۵٪ از آنها اظهار داشتند که انتظار دارند ارائه خدمات، به بخش مهم‌تری از شرکت آنها طی سه تا پنج سال آینده تبدیل شود. این عمده‌تاً به این دلیل است که خدمات پتانسیل این را دارد که یک تجارت بسیار سودآور باشد و در مقایسه با سرمایه‌گذاری‌های مرتبط با محصول، که سرمایه‌برتر هستند، مانند برنامه‌های تحقیق و توسعه، امکانات تولید جدید یا حتی خرید شرکت‌ها، منجر به بازگشت سرمایه‌گذاری (ROI<sup>1</sup>) بالاتر و سریع‌تر شود.

ماشین‌های صنعتی متصل در حال حاضر فرصت‌های قابل توجهی را برای شرکت‌ها ارائه می‌کنند تا خدمات مبتنی بر دانش B2B 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<sup>۲</sup> و جان دیر<sup>۳</sup> پیشگامان اولیه مدل محصول به‌عنوان خدمات بوده‌اند، اکنون دیگر تولیدکنندگان در سراسر صنایع از این الگو پیروی می‌کنند.

❖ **رولز رویس<sup>۴</sup>:** یکی از بهترین نمونه‌های پیاده‌سازی این موضوع، رولز رویس است که اکنون در صورت خراب نشدن موتورهای جت آن، پول بیشتری از شرکت‌ها دریافت می‌کند. این سرویس خدمات تعمیر و نگهداری پیش‌گیرانه مبتنی بر داده‌های بزرگ را ارائه می‌دهد که دارای هوش مصنوعی هستند تا اطمینان حاصل شود که اقدامات اصلاحی برای دستیابی به کمترین خرابی ممکن در ماشین‌هایش 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

<sup>1</sup> return on investments

<sup>2</sup> General Electric

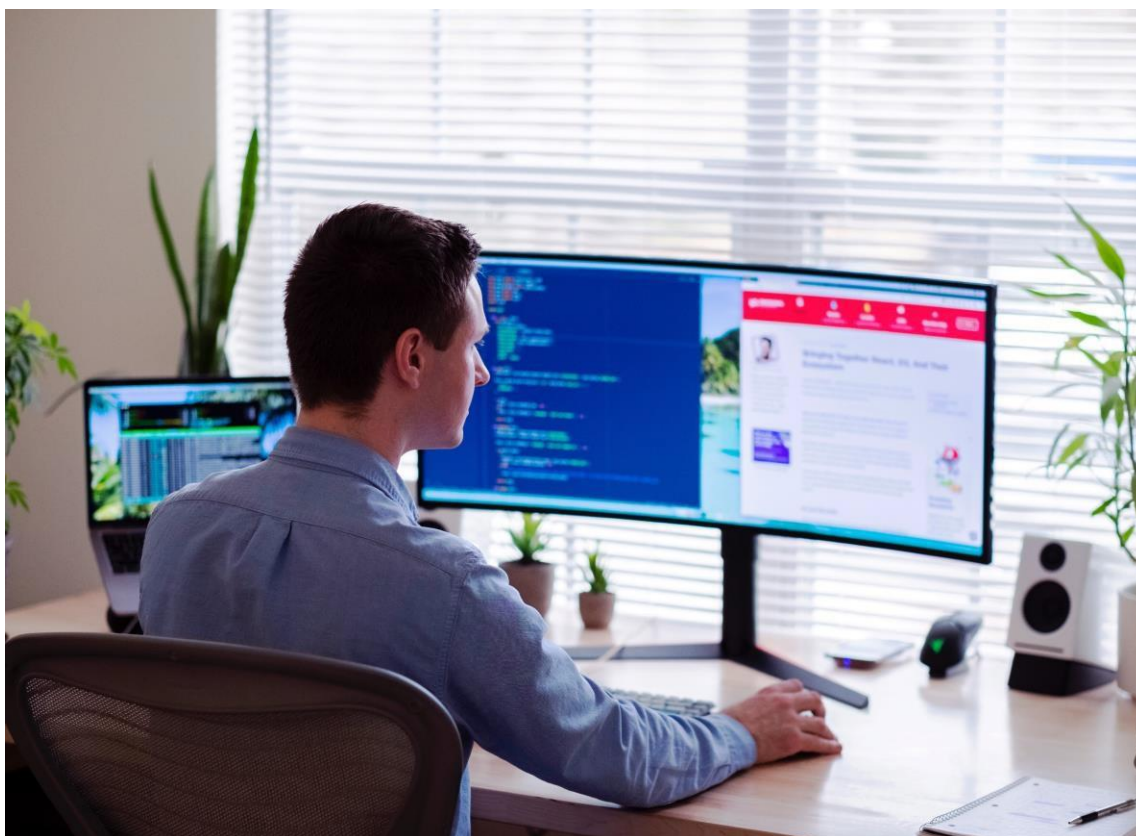
<sup>3</sup> John Deere

<sup>4</sup> Rolls Royce

خود را به صورت ساعتی می فروشد. در اینجا، مشتریان به ازای هر واحد انرژی مصرفی پرداخت می کنند و رولز روپس مسئولیت کامل نگهداری و پشتیبانی موتورها را بر عهده می گیرد.

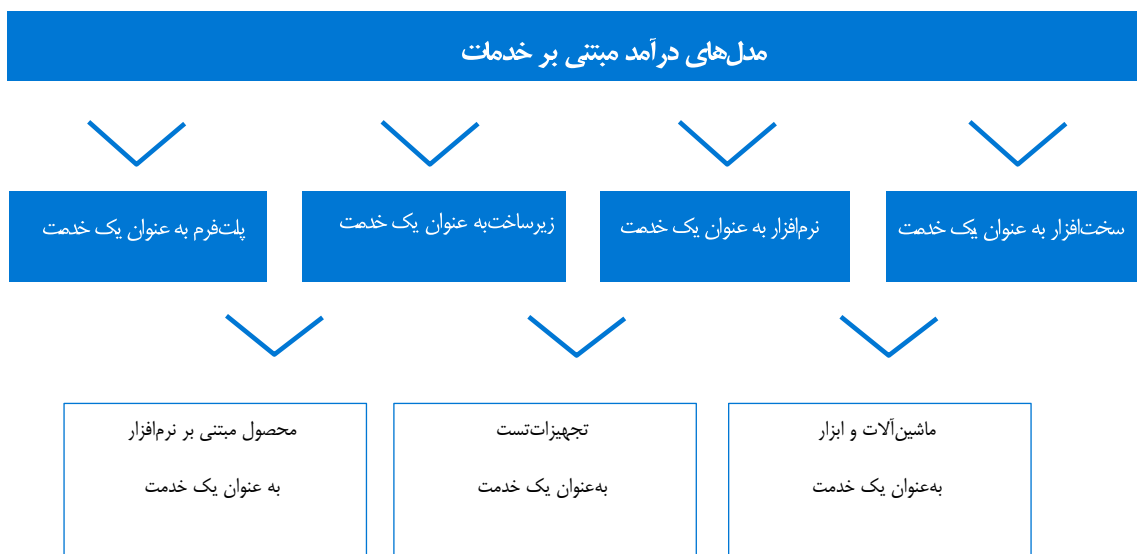
❖ **کاتریلار<sup>۱</sup>:** سازنده تجهیزات سنگین در ایالات متحده کاتریلار از حسگرها در ماشین های اجاره ای خود برای جمع آوری داده ها از ژنراتورها، موتورها، GPS، سیستم های تهویه مطبوع و متر سوخت استفاده می کند. پلت فرم اطلاعات دارایی این شرکت از این داده ها برای ارائه خدمات تعمیر و نگهداری پیش بینی شده استفاده می کند. 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، آن توانست شرایط بهینه عملیاتی را برای آن ظرف، به سادگی با تغییر توان خروجی از ژنراتورها، تعیین کند. این منجر به صرفه جویی ساعتی تقریباً ۳۰ دلار آمریکا شد.

❖ **Hilti:** شرکت ابزار و ماشین آلات ساخت و ساز مستقر در لیختن اشتاین، Hilti، راه حلی برای مدیریت ناوگان با هزینه ثابت راه اندازی کرد که بر اساس تعداد مته ها از مشتریان هزینه دریافت می کند، برخلاف یک بار شارژ برای دستگاه مته. مشتریان آن را مقرون به صرفه می دانند، زیرا نیازی به نگرانی در مورد خرید ماشین ابزار اضافی برای پاسخگویی به افزایش تقاضا ندارند. به طور 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 کرد.



<sup>1</sup> Caterpillar

بسیاری از مدل‌های درآمد مبتنی بر خدمات برای تولیدکنندگان قابل اجرا هستند که در شکل ۵ و جدول ۱ کلیات آنها نشان داده است:



شکل ۵- مدل‌های درآمد مبتنی بر خدمات

ردیف	نوع خدمت	نوع درآمد
۱	پلتفرم به عنوان یک خدمت	محصول مبتنی بر نرم افزار به عنوان یک خدمت
۲	زیرساخت به عنوان یک خدمت	تجهیزات تست به عنوان یک خدمت
۳	نرم افزار به عنوان یک خدمت	ماشین آلات و ابزار به عنوان یک خدمت
۴	سخت افزار به عنوان یک خدمت	سخت افزار به عنوان یک خدمت

## ۲-۳- تولیدکنندگان از تولید انبوه به سفارشی سازی انبوه گذار می کنند

قبل از اینکه هنری فورد این جمله معروف را بیان کند: «مشرتی می تواند ماشین را به هر رنگی که می خواهد سفارش دهد، البته تا زمانی که مشکی باشد»، تولید در درجه اول با مهارت و منحصر به فرد بودن مشخص می شد. مصرف کنندگان اقلام سفارشی ساخته شده را فقط برای آن خریداری می کردند که اغلب به مایه افتخارسازندگان تبدیل می شد. با این حال، هنری فورد همه چیز را تغییر داد و تولید به زودی با صرفه جویی در مقیاس، تکرارپذیری و مقرون به صرفه بودن تعریف شد.

اکنون تقریباً ۱۰۰ سال پس از آن، انقلاب چهارم صنعتی دوباره آغاز به عصر سفارشی سازی کرده است با این تفاوت این که این بار در مقیاسی بی سابقه انجام می شود. فناوری هایی مانند اینترنت اشیا، داده های بزرگ، چاپ سه بعدی و رباتیک هسته اصلی این انقلاب هستند.

به طور سنتی، شخصی سازی به معنای از دست دادن مقداری حجم بود و بنابراین فقط با قیمت های بسیار زیاد در دسترس بود. با این حال، اکنون مصرف کنندگان می توانند سفارشات برای اتومبیل های سفارشی، تلفن های همراه و حتی ماشین هایی که در مقیاس تولید شده و به موقع به هر مصرف کننده تحویل داده می شوند، سفارش دهند. این به دلیل توانایی ربات ها و سایر ماشین ها برای پیکربندی سریع و سپس پیکربندی مجدد برای انطباق با مشخصات مختلف ارائه شده توسط مشتری امکان پذیر است.

جالب است که این روندها نه تنها در بخش B2C بلکه در B2B نیز مشهود است. به عنوان مثال، هافمن<sup>۱</sup>، یکی از شرکت های تابعه پنتایر<sup>۲</sup>، کمدهای الکتریکی سفارشی و Flying-parts.com را ارائه می کند، که قطعات طراحی مشترک را با کسری از هزینه هایی که توسط تولید کنندگان قطعات هواپیمایی سنتی ارائه می شود، تولید می کند. سایر بخش های B2B معمولی مانند ساخت و ساز و تولید شیشه نیز مدل های سفارشی سازی انبوه را با تمرکز بر فناوری های چاپ سه بعدی مورد توجه قرار داده اند.

سفارشی سازی ناب<sup>۳</sup> روند جالب دیگری است که از سفارشی سازی انبوه (شکل ۶) ناشی می شود که در آن تولید کنندگان از موجودی به موقع و فناوری های دیجیتال برای تولید اقلام در مقیاس با قیمت های پایین استفاده می کنند. یک مثال خوب برای این موضوع Liberty Bottleworks است که کارخانه ای در پورتلند، اورگان<sup>۴</sup>، هر ماه حدود ۷۰,۰۰۰ بطری نوشیدنی آلومینیومی تولید می کند. اگرچه اندازه و مقیاس این شرکت به تولید کنندگان چینی نزدیک نیست، بطری های این شرکت به طور موثر با چینی ها در فروشگاه های خرده فروشی در سراسر ایالات متحده رقابت می کنند. به گفته رایان کلارک<sup>۵</sup>، مدیر

<sup>1</sup> Hoffman

<sup>2</sup> Pentair

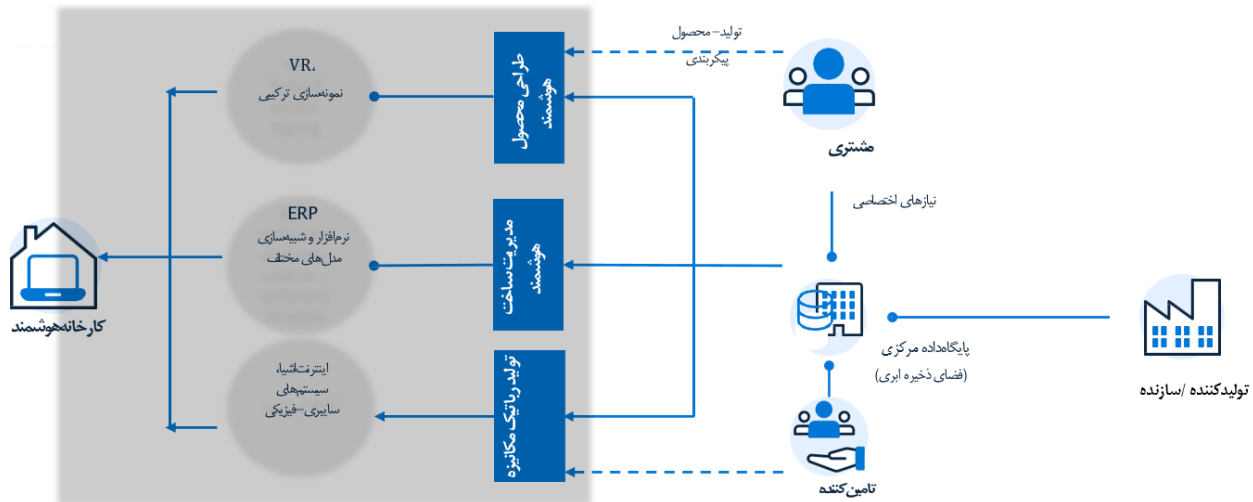
<sup>3</sup> Lean customization

<sup>4</sup> Portland, Oregon

<sup>5</sup> Ryan Clark,



اجرای این شرکت، دلیل اصلی این امر سفارشی سازی ناب است که به مصرف کنندگان اجازه می دهد تا شکل، اندازه، رنگ و گرافیک مورد نظر خود را بدون هیچ هزینه اضافی برای شرکت انتخاب کنند.



شکل ۶- تصویر کلی سفارشی سازی انبوه

منبع: ResearchGate

ذهنیت‌ها اساساً تغییر کرده است - آنها اکنون به جای اینکه به شرکت‌ها برای کشف آن 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

درد و 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 ایجاد انگیزه در بخش تولید شده که به مصرف کننده نزدیک تر شوند.

بزرگترین کاتالیزور این تغییر، ظهور کارخانه هوشمند است، که همراه با افزایش درخواست مصرف کنندگان برای تحویل سریع محصولات سفارشی، تولید را به بازارهایی نزدیک می کند که از آنجا تقاضا شروع می شود.

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 حمل و نقل، انبارداری، بیمه، نیروی انسانی و غیره هستند که نه تنها هزینه‌ها را چندین برابر می کند، بلکه زمان لازم برای عرضه یک محصول جدید به بازار را نیز افزایش می دهد.

براساس نظرسنجی توماس<sup>۱</sup> در آوریل ۲۰۲۰ از ۸۷۸ متخصص در بخش تولید و صنعت آمریکای شمالی، همه گیری کووید-19 این روند را تسریع بیشتر کرده است، به طوری که ۶۴ درصد از شرکت‌های آمریکایی تولید و تامین منابع را به خانه خود باز می گردانند. یکی از دلایل ذکر شده برای این امر این بود که تامین کنندگان را به بازار تجارت ایالات متحده نزدیک کرد و وابستگی به اقیانوس یا حمل و نقل هوایی را کاهش داد.

به گفته هربرت هاینر<sup>۲</sup>، مدیر عامل سابق آدیداس<sup>۳</sup>، تولید هوشمند صنعت را به سمت یک مدل تولید بر اساس تقاضا سوق می دهد که کفش های سفارشی را به زودی در یک روز تحویل می دهد. جدای از کاهش شدید زمان، این روند برای همگام شدن با تقاضای رو به رشد برای سفارشی سازی نیز مهم خواهد بود.

نایک<sup>۴</sup> 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 راه حل های اتوماسیون و سفارشی سازی شریک شده است. همچنین با پردیس لجستیک اروپایی مستقر در بلژیک پیوند خورده است تا "تسریع حرکت شرکت به سوی زنجیره تامین آینده" را تسهیل کند.

«به یک معنا ما تولید را بیشتر و بیشتر از سر خواهیم گرفت. آینده در سفارشی سازی 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

<sup>1</sup> Thomas

<sup>2</sup> Herbert Hainer

<sup>3</sup> Adidas

<sup>4</sup> Nike

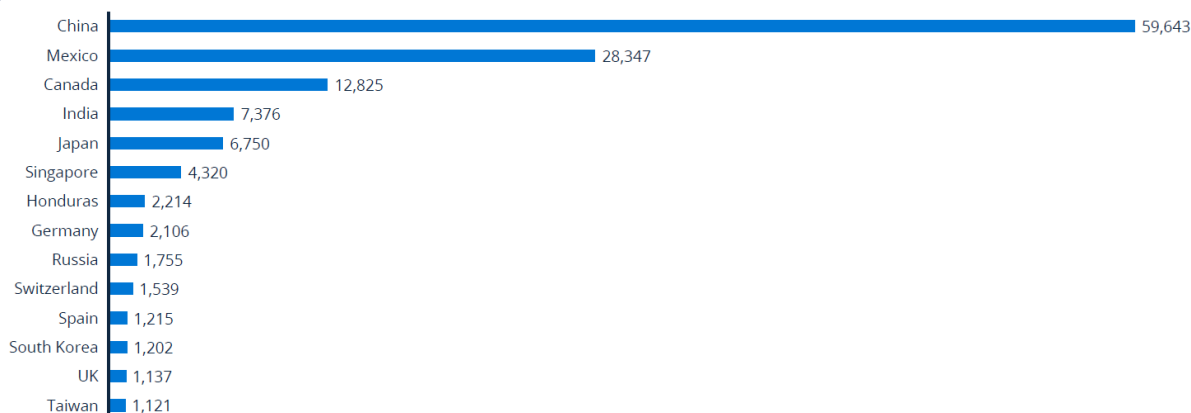
### ۳-۴- تولید هوشمند پیچیدگی زنجیره تأمین را کاهش می‌دهد



شکل ۷- تفاوت زنجیره تأمین سنتی و هوشمند

### ۳-۵- بازگشت مشاغل به آیالات متحده

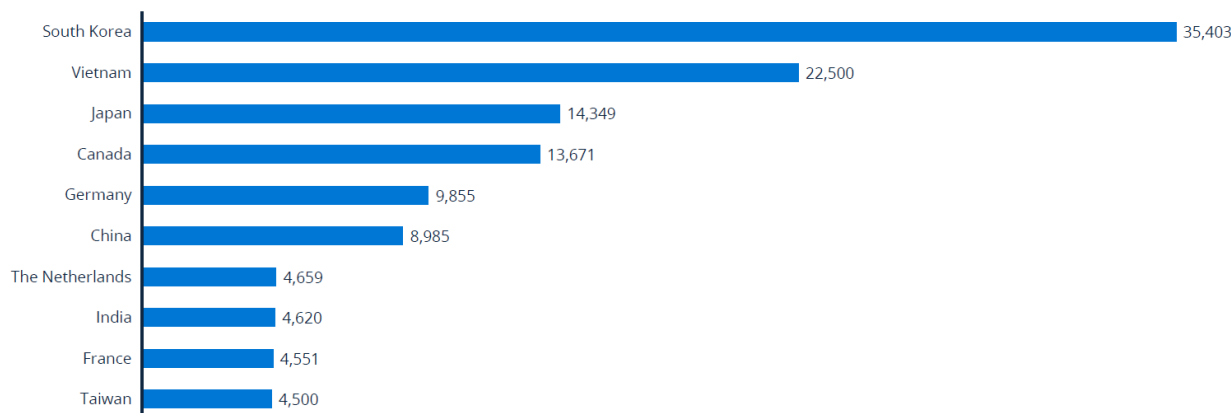
Backshoring (همچنین به عنوان onshoring یا inshoring نیز شناخته می‌شود) فرآیند انتقال تولید از کشورهای کم هزینه به کشور خود با وجود هزینه‌های نیروی کار بالاتر است. در دو دهه گذشته نزدیک به ۶۰،۰۰۰ شغل تولیدی از چین به ایالات متحده بازگشته است. در سال ۲۰۲۲ هم بیش از ۳۵۰۰۰ شغل تولیدی از کره جنوبی به آمریکا بازگشته‌اند. در ادامه چند نمودار در این خصوص ملاحظه می‌کنید:



Notes: (1) Backshoring (also known as onshoring or inshoring) is the process of moving the production from low-cost countries back to the home countries, despite higher labor costs  
Sources: Reshoring Initiative

statista

شکل ۸- تعداد مشاغل شرکت‌های تولیدی ایالات متحده که بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ مجدداً به این کشور برگشته‌اند، بر اساس کشور



شکل ۹- تعداد مشاغل شرکت‌های تولیدی ایالات متحده که در سال ۲۰۲۲ مجدداً تغییر یافتند، بر اساس کشور

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

حدود ۱۰۰ 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. به عبارت دیگر، هنگامی که یک خط مونتاژ برای یک مدل خاص طراحی می‌شود، نمی‌توان آن را در طول چرخه عمر خودرو تغییر داد و فرآیندهای درون لجستیکی زنجیره تولید و تامین را دیکته می‌کند.

به دلیل این محدودیت ها، اگر یک سازنده خودرو بخواهد نسخه اصلاح شده یک مدل خاص را عرضه کند، نمی تواند بدون



ایجاد خط مونتاژ متفاوت و در نتیجه متحمل شدن هزینه های هنگفت این کار را انجام دهد. سایر صنایع مانند پوشاک، داروسازی و شیمیایی نیز در مواجهه با افزایش تقاضا برای سفارشی سازی با مشکل مشابهی مواجه هستند.

به منظور ایجاد یک فرآیند تولید چابک و انعطاف پذیر، شرکت ها در حال حاضر از مفهوم مدولار سازی<sup>1</sup> استفاده می کنند. ماژولاریت اساساً به توانایی یک سیستم برای پیکربندی مجدد بر اساس plug-n-play اشاره دارد و در نتیجه به آن اجازه می دهد تا به تغییرات در نیازهای مشتری به سرعت و کارآمد پاسخ دهد.

"تولید مدولار مهندسی را ساده تر می کند، تولید را انعطاف پذیرتر می کند، زمان عرضه به بازار را کاهش می دهد، کارایی کارخانه را افزایش می دهد و منجر به بهبود رقابت کلی می شود."

Felix Seibl، دبیر انجمن

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

به عنوان نمونه آئودی از ایستگاه های کاری مدولار برای افزایش بهره وری استفاده می کند. آئودی ایستگاه های کاری مستقلی را ایجاد کرده است که هر کدام عملکرد تولید خاصی را به خود اختصاص داده است. خودروهای ناتمام به طور مستقل از یک ایستگاه کاری به ایستگاه دیگر با کمک سیستم های حمل و نقل بدون راننده (DTS<sup>2</sup>) حرکت می کنند، جایی که روبات های متصل و چند انسان قسمت خاصی از ماشین را جمع می کنند.

<sup>1</sup> Modular production

<sup>2</sup> driverless transport systems

اگر یک DTS به ایستگاهی برسد که قبلاً اشغال شده است، برنامه ریزی می‌شود 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 دهید. آئودی برای آزمایش این روش جدید تولید در کارخانه خود در اینگولشتات آلمان با Arculus، سازنده سیستم‌های تولید مدولار، همکاری کرده‌است و انتظار افزایش 20 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 40٪، 30٪ صرفه جویی در انرژی، 20٪ هزینه عملیاتی کمتر و 40٪ سرمایه کمتر دست یابند.

مهمترین مزایای این سیستم عبارتند از:

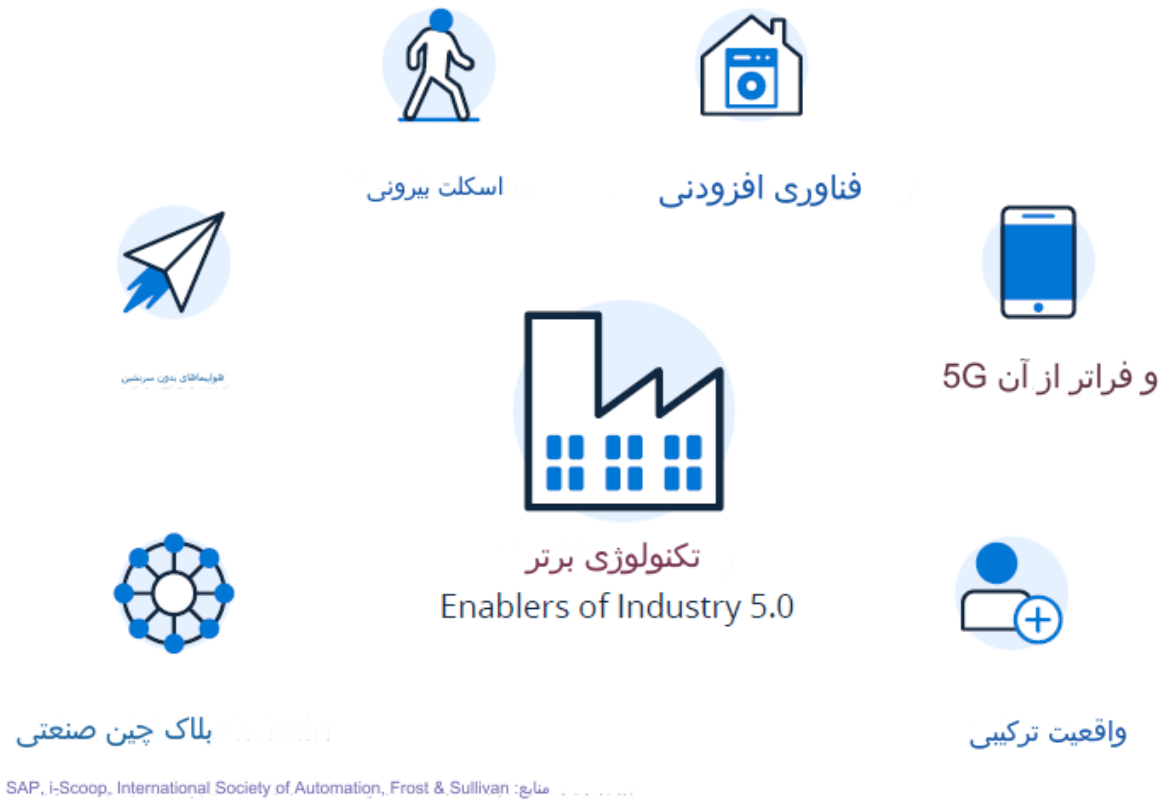
- ◀ تصحیح در محل هر مشکلی که ممکن است در زنجیره تامین ایجاد شود بدون توقف کامل تولید.
- ◀ ظهور DTS به این معنی است که کارگران انسانی دیگر مجبور نیستند با سرعت خط مونتاژ سازگار شوند یا با خط حرکت کنند.
- ◀ تکنیک‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق، سیستم‌های متصل را برای یادگیری از تجربیات گذشته و بداهه سازی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

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

Industry 4.0 • از ورود فناوری‌های اتوماسیون، اینترنت اشیا و کارخانه هوشمند خبر داد که زنجیره‌های تامین هوشمند و متصل و محصولات را با کمترین مداخله انسانی ایجاد کرد. با این حال، Industry 5.0 • به دنبال اهرم مشارکت بین ماشین‌ها و انسان‌ها برای ایجاد زنجیره‌های تامین پاسخگو و توزیع‌شده، روش‌های تولید پایدار، محصولات بسیار سفارشی‌سازی شده، کسب و کارهای انعطاف‌پذیر و افزایش تجربیات مشتری است. به عبارت دیگر، این یک انقلاب صنعتی دیگر نیست، بلکه تقویت فن آوری‌های موجود صنعت 4.0 • از طریق همکاری موثرتر انسان و ربات است. نمونه‌های بارز Industry 5.0 • 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 اخیر SAP، Industry 5.0 • 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 می‌رسانند و در نتیجه حداکثر نوآوری و کارایی را ممکن می‌سازند.



شکل ۱۰- فناوری‌های توانمندساز برای انقلاب پنجم صنعتی، بر اساس مطالعات شرکت SAP آلمان

#### ۴- منابع

Industry 4.0 and the digital twin Manufacturing meets .(May, 2017 ۱۲) .Warshaw Lane و ،Parrott Aaron  
Deloitte Insights : تم الاسترداد من  
<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/digital-twin-technology-smart-factory.html>

Industry 4.0: in-depth market analysis, Market Insights .(۲۰۲۳) .Mehta Dev و ،Senn-Kalbatista Leonie  
.Statista .report

Network Readiness Index 2023, Trust in a Network .(۲۰۲۳) .Lanvin Bruno و ، Dutta Soumitra  
?Society:crisis of the digital age  
.https://download.networkreadinessindex.org/reports/nri\_2023.pdf: Portulans Institute

Digital transformation: Statistics report on digital transformation worldwide .(۲۰۲۳ , ۱۲ ۰۵) .Statista  
الاسترداد من  
[/https://www.statista.com/study/74997/dossier-digital-transformation](https://www.statista.com/study/74997/dossier-digital-transformation)

محمد عبده ابطحی. (۱۴۰۲). سند رسته تولید نرم/فزارها، پلتفرم‌های فناوری‌های پیشرو و ماشین‌های هوشمند، طرح تدوین نقشه  
راهبردی صنعتی و ارتقای تولید داخل. تهران: موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه‌ریزی.

محمود سریع‌القلم. (۱۴۰۲ , ۱۱ ۰۷). گزارش داوس ۲۰۲۴ . تم الاسترداد من  
<https://sariolghalam.com/2024/01/27/%DA%AF%D8%B2%D8%A7%D8%B1%D8%B4-%D8%AF%D8%A7%D9%88%D8%B3-%DB%B2%DB%B0%DB%B2%DB%B4>