تحول دیجیتال دربخش‌های صنعتی

تحلیل عمیق بازار

انقلاب چهارم صنعتی (بخش اول)

معاونت بررسی‌های اقتصادی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

تهیه و تنظیم: محمد عبده ابطحی

مسئول میز انقلاب چهارم صنعتی

تهیه کننده:

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
خلاصه مدیریتی ۶
۱- معرفی ۸
۱-۱- تولید دیجیتال به سرعت هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و کیفیت را بهبود می‌بخشد ۸
۱-۲- تولید صنعتی جهان در دهه گذشته ۲.۵ درصد افزایش یافته است ۹
۱-۳-تغییر از انقلاب اول صنعتی به انقلاب چهارم صنعتی بیش از ۳۰۰ سال طول کشیده است ۱۰
۱-۴- کشورهای بزرگ تولید دیجیتالی را ترویج می‌کنند ۱۰
۱-۵- چین تولید دیجیتالی را تحت سیاست «ساخت چین ۲۰۲۵» ترویج می‌کند ۱۲
۱-۶- زنجیره ارزش انقلاب چهارم صنعتی در عملکردهای مختلف گسترده شده است ۱۳
۱-۷- انتظار می‌رود که انقلاب پنجم صنعتی (Industry 5.0) کل اکوسیستم تولید را دیجیتالی کند ۱۴
۲- دیجیتالی شدن تمام بخش‌های اکوسیستم صنعتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد ۱۵
۲-۱- تأثیر دیجیتالی شدن ۱۵
۲-۲- مزایای صنعت ۴.۰ شامل بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌ها است ۱۶
۲-۳- دیجیتالی شدن گذار از تولید انبوه به تولید سفارشی انبوه را تسریع کرده است ۱۶
۲-۴- دیجیتالی شدن تولیدکننده را به مصرف‌کننده نزدیک‌تر می‌کند ۱۸
۲-۵- انقلاب چهارم صنعتی، نقش کلیدی در تولید پایدار دارد ۱۹
۲-۶- دیجیتالی شدن چشم‌انداز اشتغال را تغییر می‌دهد ۱۹
۳- فناوری‌های دیجیتال ۲۲
۳-۱ اختلال در طراحی محصول، زنجیره تأمین و تجربه مشتری ۲۲
۳-۲- ایالات متحده پیشتاز شاخص آمادگی شبکه‌ای ۲۳

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 بکارگیری مناسب و به‌اندازه فناوری‌های نوپدید (ابطحی, ۱۴۰۲).

مطابق برآورد IDC ارزش اقتصادی بازار تحول دیجیتال در سال ۲۰۲۲پیش از ۱.۶ تریلیون دلار بوده است که با نرخ رشد مرکب سالانه ۱۶.۴درصد تا سال ۲۰۲۶ به بیش از ۳.۴ 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 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 می‌توان تهدیدکننده کل اقتصاد کشور در آینده نزدیک باشد. روندهایی نظیر هوش مصنوعی، فناوری‌های نوین دیجیتال و دیجیتالی شدن اقتصاد وجود دارد که به آینده شکل می‌دهند.. 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 داوس 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 انقلاب چهارم صنعتی**»، 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[1] 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
۳- معرفی و تبیین مدل‌های جدید کسب و کار

[1] 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.

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
٧- معرفی تجارب موفق بین‌المللی در رسته‌های منتخب
٨- معرفی تجارب بین‌المللی در تهیه نقشه راه تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب
٩- معرفی نهادها و شبکه‌های بین‌المللی تحول دیجیتال در رسته‌های منتخب و الگوسازی از ساختار و فعالیت آن‌ها
١٠- معرفی مدل‌های ارزیابی آمادگی استقرار فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی در رسته‌های منتخب

در این گزارش و گزارش آتی بر پایه مجموعه‌ای از گزارش‌های جدید بین‌المللی ((Mehta, & Senn-Kalbatista ٢٠٢٣) 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 ارزابی جایگاه کشور و رسته‌های کسب و کاری 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 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.

خلاصه مدیریتی

صنعت 4.0 یا انقلاب چهارم صنعتی به سادگی استفاده از فناوری‌های دیجیتال در فرآیند تولید برای تولید کالاهای باکیفیت بالاتر و با هزینه‌های کمتر است. اگرچه پیشرفت‌های الکترونیک و فناوری اطلاعات منجر به اتوماسیون فرآیندهای تولید از اوایل دهه 1960 شده است، تنها پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های دیجیتال‌است که دامنه اختلال[۲] را گسترش می‌دهد. شرکت‌ها در حال حاضر مزایای عمده‌ای را از نظر کاهش‌هزینه‌ها، بهبود کارایی، افزایش بازده، سفارشی‌سازی انبوه و مهم‌تر از همه، درآمد و مدل‌های تجاری جدید تجربه می‌کنند.

فناوری‌های دیجیتال تمام عناصر زنجیره‌ارزش از جمله طراحی محصول، زنجیره تامین، تولید و تجربه مشتری را و دچار اختلال و تغییرات بنیادین می‌کنند و در عین حال مدل‌های تجاری جدیدی را ایجاد می‌کنند. غول‌های تولیدی جهانی مانند آلمان، فرانسه، ایالات‌متحده، ژاپن و چین همگی ابتکارات استراتژیک با حمایت دولت را برای دیجیتالی‌کردن تولید در صنایع مختلف راه‌اندازی کرده‌اند. حتی با وجود اینکه در حال حاضر فناوری‌های زیادی در صنعت 4.0 و کارخانه هوشمند نقش دارند، برای این گزارش، ما بر روی پنج مورد کلیدی تمرکزکرده ایم: تولید افزایشی، هوش مصنوعی (AI)، روباتیک، اینترنت اشیا (IoT) و واقعیت افزوده و مجازی(AR/VR)[3].

دیجیتالی‌شدن تولید در سراسر صنایع منجر به ظهور مدل های درآمدی مبتنی بر خدمات برای تکمیل مدل های‌مبتنی بر محصول موجود شده است. فن آوری های دیجیتال همچنین شروع به آغاز عصر سفارشی سازی‌با هزینه بسیار کمتر در هر دو بخش B2C و B2B کرده اند. طی چند سال اخیر، تولیدکنندگان جهانی‌مانند آدیداس و نایک شروع به انتقال مراکز تولید خود به دور از کشورهای ارزان قیمت کرده اند و به مصرف‌کننده نزدیک تر شده اند. علاوه بر این، اکنون تاکید بر ایجاد یک فرآیند تولید چابک و انعطاف پذیر از طریق‌استفاده از سیستم های مدولار شده است که می توانند در زمان سریع مجدداً پیکربندی شوند

فناوری‌های‌دیجیتال به طور فزاینده‌ای برای پاسخگویی به نیازهای صنایع مختلف سفارشی می‌شوند و حداکثرکاربرد آن در خودرو، مراقبت‌های بهداشتی، هوافضا و دفاع، مواد شیمیایی و کالاهای مصرفی مشاهده می‌شود. در واقع، صنعت خودرو از نظر نرخ پذیرش دیجیتال در سال 2020 در همه بخش‌ها پیشرو بوده و از کاهش زمان حضور در بازار[۴] (TTM) و هزینه‌ها بهره برده است.

صنعت هوافضا و دفاع همچنین یکی از بالاترین نرخ‌های پذیرش دیجیتال را به دلیل پیچیدگی مطلق زنجیره ارزش آن دارد. دیجیتالی شدن در مراقبت‌های بهداشتی حول محور تجهیزات پزشکی و داروسازی است. اگرچه صنایع‌شیمیایی و کالاهای

[2] disruption.
[3] Additive manufacturing, artificial intelligence (AI), robotics, internet of things (IoT), and augmented and virtual reality (AR/VR)
[4] time to market

مصرفی دیر شکوفا شده‌اند، اما اکنون نه تنها تولید را متحول کرده‌اند، بلکه زنجیره‌های‌تامین هوشمند و مدل‌های تجاری جدید ایجاد می‌کنند.

بخش بزرگی از استارت آپ‌های پیشرو از ایالات متحده بوده و اکثریت آن‌ها در کالیفرنیا مستقر هستند. Pivotal بالاترین بودجه را با ۱.۷ میلیارد دلار دریافت کرد. این شرکت که عمدتا ارائه‌دهنده خدمات رایانش‌ابری است، توسط سرمایه‌گذاران کلیدی مانند EMC، فورد موتور، جنرال الکتریک، مایکروسافت و Vmware حمایت می‌شود. این شرکت در آوریل ۲۰۱۸ در بورس اوراق بهادار نیویورک (NYSE) فهرست شد.DataRobot یکی دیگر از استارت آپ‌های کلیدی اتوماسیون است که توانسته تقریباً 1 میلیارد دلار بودجه‌کسب کند. شرکت‌های تولیدی بزرگ مانند ST Engineering، Teradyne، Siemens، Schneider Electric، OMRON Corporation، ABB و Tesla شرکت‌های کوچک‌تری را خریداری می‌کنند تا از تخصص فناوری خود استفاده کنند و منحنی یادگیری خود را کاهش دهند (Senn-Kalbatista & Mehta, 2023) .

شرکت‌هایی در زمینه‌های مختلف از جمله فناوری اطلاعات، خودرو، مهندسی صنایع سنگین، دفاع، شیمیایی، ورزشی و کالاهای شخصی از فناوری‌های پیشرفته اتوماسیون دیجیتال برای پیشبرد اهداف تجاری خود استفاده می‌کنند. شرکت‌هایی مانند Pivotal برنامه‌های نرم‌افزاری مبتنی بر کلان داده، اینترنت اشیا (IoT)، روباتیک و خودروهای متصل ارائه می‌کنند، در حالی که Anaplan مستقر در کالیفرنیا پلت‌فرم برنامه‌ریزی ابری را برای اجرای برنامه‌ریزی و تکرارهای پیش‌بینی بر روی ابر فراهم می‌کند. شرکت‌های Audi و BMW از فناوری‌های تولید دیجیتالی مانند پرینت سه بعدی، هواپیماهای بدون سرنشین‌دستی، وسایل نقلیه هدایت شونده خودکار (AGV) و قطارهای یدک‌کش خودکار استفاده می‌کنند. تا زمان طراحی، نمونه سازی اولیه و ساخت را کاهش دهند. تسلا، رهبر خودروهای برقی در صنعت، در حال برنامه‌ریزی برای پیشبرد اهداف تحول دیجیتال خود از طریق کارخانه گیگافکتوری خود است که درسال ۲۰۲۲ در برلین افتتاح شد. این شرکت نه تنها قصد دارد یک خودروی هوشمند بسازد، بلکه از روش‌های تولید هوشمند نیز استفاده می‌کند. از دیگر شرکت‌های پیشرو می‌توان به ایرباس، BASF، کربن، لاکهید مارتین و زیمنس اشاره کرد.

۱- معرفی

صنعت۴.۰ یا انقلاب چهارم صنعتی به سادگی استفاده از فرآیند تولید فناوری دیجیتال برای تولید کالاهای با کیفیت‌بالاتر با هزینه‌های کمتر است. اگرچه الکترونیک و فناوری اطلاعات از اوایل دهه ۱۹۷۰ منجر به اتوماسیون فرآیندهای تولید شده است، تنها پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های دیجیتال است که گستره اختلال فرآیندهای حلقه را ایجاد می‌کند.

شرکت‌ها در حال حاضر مزایای عمده‌ای را از نظر هزینه‌های کمتر، بازده بهبود یافته، سفارشی‌سازی انبوه، و مهم‌تراز همه، درآمد و مدل‌های تجاری جدید تجربه می‌کنند.

۱-۱- تولید دیجیتال به سرعت هزینه‌ها را کاهش می‌دهد و کیفیت را بهبود می‌بخشد

Industry 4.0 یا انقلاب چهارم صنعتی، اصطلاحی که در ابتدا توسط دولت آلمان در نمایشگاه تجاری هانوفر[5] در سال2011 منتشر شد، خیلی ساده به معنی استفاده از فناوری‌های دیجیتال در فرآیند تولید برای تولید کالاهای با کیفیت بالاتر و با هزینه‌های کمتر، می‌باشد. اگرچه پیشرفت‌های الکترونیک و فناوری اطلاعات منجر به اتوماسیون فرآیندهای تولید از اوایل دهه 1960 شده است، اما تنها پیشرفت‌های اخیر در فناوری‌های دیجیتال‌است که دامنه اختلال و تغییرات بنیادین در تولید و سایر بخشهای اقتصاد گسترش داده است و این موجبات طرح شدن بحث انقلاب چهارم صنعتی است.

دهه‌گذشته شاهد پیشرفت‌های سریع در فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، روباتیک، موبایل، محاسبات ابری، تجزیه و تحلیل کلان داده، تولید افزودنی (چاپ سه بعدی) و واقعیت‌مجازی و افزوده (VR/AR) بوده است. این فناوری‌ها که با تکثیر عظیم کلان داده که عمدتاً توسطدستگاه‌های متصل (IoT) تولید می‌شوند، در هم تنیده شده و خطوط بین جنبه‌های فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیکی سیستم‌های تولید جهانی را محو می‌کنند.

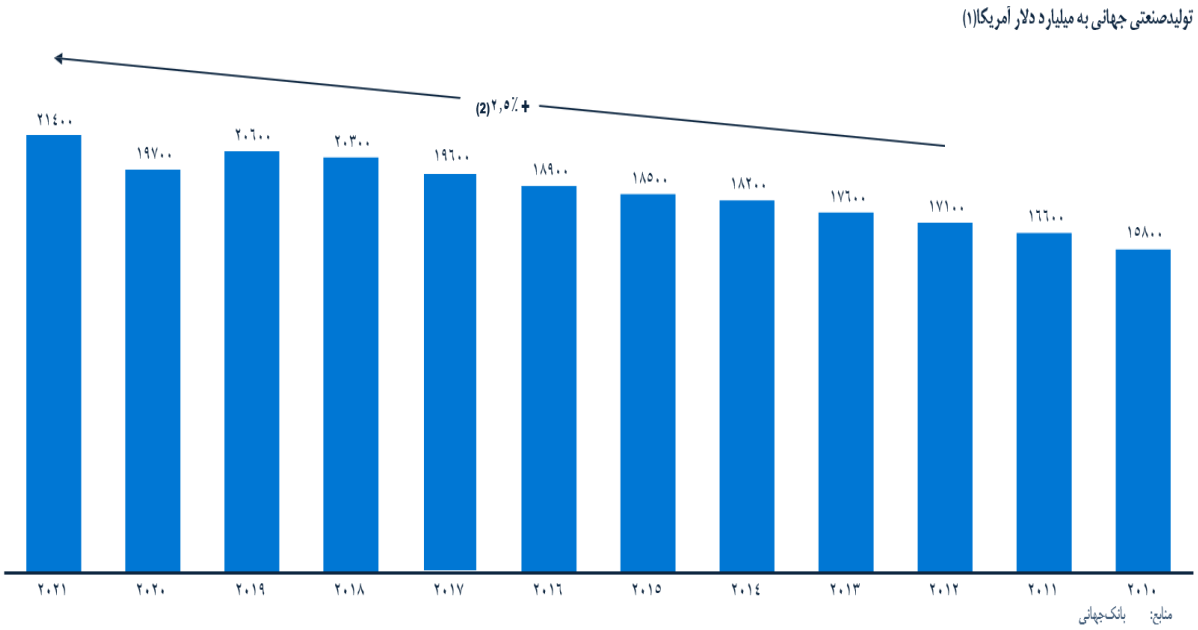
به واسطه فناوری‌های انقلاب چهارم صنعتی، شرکت‌ها مزایای عمده‌ای را از نظر هزینه‌های کمتر، کارایی بهبود یافته، افزایش بازده، سفارشی‌سازی انبوه و از همه مهم‌تر درآمد و مدل‌های تجاری جدید تجربه می‌کنند. به عنوان مثال، علاوه بر اشیاء فیزیکی، شرکت‌ها در حال حاضر داده‌ها و خدمات را می‌فروشند. اگرچه Industry 4.0 یک مفهوم جهانی است و

[5] Hannover Trade Fair

فناوری‌های یکسانی را در بر می‌گیرد، تفاوت‌های ظریفی در نحوه نگرش به آن در کشورهای سراسر جهان وجود دارد. به‌عنوان مثال، در ایالات متحده، به تکامل دیجیتالی جامع‌تری اشاره دارد که بسیاری از شرکت‌ها از اصطلاح شبکه عرضه دیجیتال استفاده می‌کنند، در نتیجه تمام جنبه‌های زنجیره ارزش مانند شرکا، تامین‌کنندگان، مشتریان، نیروی کار و عملیات را شامل می‌شود. با این حال، در اروپا، جایی که اصطلاح Industry4.0 سرچشمه گرفت، اساساً حول کاربرد این فناوری‌ها در کارخانه می‌چرخد.

صنعت4.0 همچنین خطر ایجاد نابرابری بالایی بین کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته را دارد. قبل‌از قرن نوزدهم، اختلاف درآمد زیادی بین کشورها وجود نداشت. امروزه، طبق برآوردهای مجمع جهانی‌اقتصاد (WEF)، میانگین شکاف درآمد سرانه بین کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته بیش از 40000 دلار آمریکا است.

۱-۲- تولید صنعتی جهان در دهه گذشته ۲.۵ درصد افزایش یافته است



یادداشت: (1) کشورهای عضو WBG، ارقام تنظیم شده فصلی
(2) CAGR: نرخ رشد سالانه مرکب / نرخ رشد متوسط در سال

۳-۱- تغییر از انقلاب اول صنعتی به انقلاب چهارم صنعتی بیش از ۳۰۰ سال طول کشیده است

اولین‌انقلاب صنعتی یا Industry ۱.۰ را می‌توان به اواخر قرن هجدهم با معرفی تأسیسات تولید مکانیکی به‌شکل موتورهای آب و بخار، که عمدتاً به خاطر تلاش‌های جیمز وات بود، ردیابی کرد. این انقلاب شالوده‌ای را برای جابه‌جایی از کسب‌وکارهای کوچک فردی که تنها به نیازهای تعداد کمی از آنها پاسخ می‌دهند، به سازمان‌های بزرگ‌تری که امروزه می‌شناسیم، گذاشت. این مرحله اساساً آغاز فرهنگ صنعت مدرن با تأکید بیشتر بر کیفیت و کارایی بود. در آغاز قرن بیستم انقلاب صنعتی دوم یا صنعت ۲.۰ با استفاده از الکتریسیته به‌عنوان منبع اصلی برق شروع شد که منجر به تولید انبوه کالاها با استفاده از خطوط مونتاژ شد. حتی با وجود اینکه انرژی الکتریکی قبلاً در خانه‌ها استفاده می‌شد، استفاده از آن در ماشین‌آلات، تولید را سریعتر و مقرون به صرفه‌تر کرد. این دوره همچنین شاهد ظهور اصولی مانند تولید به‌موقع و تولیدناب بود که فرآیندهای تولید را بهینه‌تر کرد.

سومین تکامل صنعتی یا Industry 3.0 در دهه 1970 با استفاده از دستگاه‌های الکترونیکی مانند ترانزیستورها و تراشه‌های مدار مجتمع و نرم افزار آغاز شد تا اولین ماشین‌های کاملاً خودکار را ایجاد کند. این‌منجر به کاهش تلاش، افزایش سرعت، دقت بهتر و اولین نمونه‌های استقلال کامل در فرآیند تولید شد. علاوه بر این، افزایش رقابت و فشار برای کاهش هزینه‌ها منجر به این شد که شرکت‌ها پایه‌های تولیدی خود را به کشورهای کم هزینه تغییردهند و متعاقباً مفهوم مدیریت زنجیره تامین را شکل دادند. در این زمان بود که جنرال موتورز عملیات تولید خود را با استفاده از برق و خطوط مونتاژ متحرک آغاز کرد. تکامل سریع اینترنت، سیستم‌های متصل و سایر فناوری‌های دیجیتال مانند هوش مصنوعی، رباتیک، ساخت افزودنی، تجزیه و تحلیل کلان داده و محاسبات ابری، انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت 4.0 را آغاز کرد. این مرحله با ظهور سیستم‌های‌فیزیکی-سایبری (CPS) و ماشین‌های هوشمند منجر به محو شدن مرزهای بین دنیای فیزیکی و مجازی شد. CPS نه تنها ماشین‌ها را به یکدیگر متصل کرده است، بلکه آنها را به کارخانه‌های تولید، ناوگان و حتی انسان‌ها متصل کرده است و در نتیجه فرآیند تولید را به شدت تغییر می‌دهد.

دوره پس از این شاهد ظهور مرحله پنج یا صنعت 5.0 خواهد بود. اگرچه این مرحله به وضوح تعریف نشده‌است، اما می‌تواند شامل تولید انبوه شخصی کالاها باشد. احتمالاً انسان‌ها برای همکاری با روبات‌های پیشرفته و ایجاد محصولات نیمه‌ساز دست‌ساز، دوباره در چرخه عمر تولید معرفی می‌شوند. انتظار می‌رود که این دوره شخصی‌سازی انبوه را در مقابل سفارشی‌سازی انبوه، که ویژگی بارز Industry 4.0 است، آغاز کند.

۱-٤- کشورهای بزرگ تولید دیجیتالی را ترویج می‌کنند

درچند سال گذشته، نیروگاه‌های تولید جهانی در کشورهایی مانند آلمان، ایالات متحده، چین و ژاپن هر کدام ابتکاراتی را برای ارتقای تحول دیجیتال در فرآیندهای تولید خود آغاز کرده‌اند.

آلمان– Industry **4.0**

Industry 4.0 در سال ۲۰۱۳ به عنوان یکی از ۱۰ "پروژه آینده" شناسایی شده توسط دولت آلمان به عنوان بخشی از استراتژی فناوری پیشرفته این کشور راه اندازی شد که هدف آن ایجاد کارخانه های هوشمند و مراکز نوآوری تولید در سراسر کشور است. این استراتژی اساساً نشان دهنده یک تغییر پارادایم در تولید و گذار از تولید هوشمند متمرکز به غیرمتمرکز است. برخی از مؤسساتی که باعث ایجاد اختلال در فناوری در برنامه Industry 4.0 آلمان می شوند عبارتند از: Acatech – National Academy of Science and Engineering، Industry-Science Research Alliance، DFKI، Fraunhofer-Gesellschaft، Platform Industrie 4.0 و .SmartFactory KL**فرانسه– فرانسه صنعتی جدید**

این سیاست که در سال 2013 راه‌اندازی شد، برنامه‌هایی را برای 34 حوزه جدید در طیف وسیعی از صنایع مانند نسل بعدی قطارهای سریع السیر، هواپیماهای برقی، خودروهای خودران،نساجی هوشمند، کارخانه های آینده، انرژی باتری، نرم افزارهاو سیستم های تعبیه شده، پیشرانه‌های الکتریکی ماهواره‌ای، شیمی سبز و سوخت های زیستی،محاسبات ابری، نانو الکترونیک، واقعیت افزوده، روباتیک و دستگاه های متصل پوشش می‌دهد.

ایالات‌متحده - شبکه ملی نوآوری در تولید (NNMI)

انتظار می‌رود NNMI که در سال 2016 راه‌اندازی شد، که به‌عنوان Manufacturing USA شناخته می‌شود، 45 مرکز نوآوری در سراسر کشور برای توسعه فناوری‌های تولید هوشمند ایجاد کند. برخی از حوزه‌های مورد توجه عبارتند از تولید افزودنی، ساخت مواد سبک وزن و توسعه فوتونیک یکپارچه. دپارتمان فدرال ابتدا1.2 میلیارد دلار به این برنامه اختصاص داد و 2.4 میلیارد دلار اضافی توسط شرکای موسسه غیرفدرال ارائه شد. وزارت دفاع ، وزارت انرژی، و موسسه ملی استاندارد و فناوری اولین دریافت‌کنندگان منابع و کمک‌های این پروژه بودند.

ژاپن– Society 5.0

این‌طرح تحول اجتماعی که در سال 2016 راه اندازی شد، بر توسعه راه‌حل‌هایی در زمینه‌های IoT، سیستم‌های سایبری فیزیکی هوش مصنوعی (CPS)، تولید مواد افزودنی، وسایل نقلیه انرژی جدید، ربات ها، واقعیت مجازی و افزوده و تجزیه و تحلیل داده‌ها تمرکز دارد.

۱-۵- چین تولید دیجیتالی را تحت سیاست «ساخت چین ۲۰۲۵» ترویج می‌کند

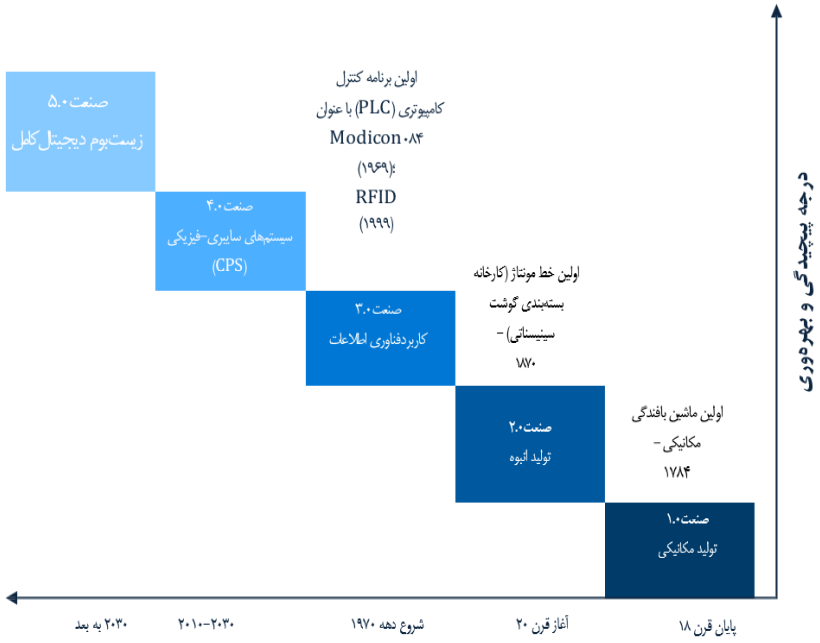
هدف کشور چین ایجاد 40 مرکز نوآوری در تولید تا سال 2025 است. حوزه‌های مورد توجه شامل ماشین‌ابزار و رباتیک خودکار، فناوری اطلاعات پیشرفته جدید، تجهیزات هوافضا و هوانوردی، تجهیزات دریایی و حمل‌ونقل با فناوری پیشرفته، تجهیزات حمل‌ونقل ریلی مدرن، وسایل نقلیه با انرژی جدید و تجهیزات، تجهیزات برق، تجهیزات کشاورزی، مواد جدید و بیو داروها و محصولات پزشکی پیشرفته.می‌باشند

۱-۶- زنجیره ارزش انقلاب چهارم صنعتی در عملکردهای مختلف گسترده شده است

فعالیت‌های زنجیره ارزش	طراحی و مهندسی	عملیات		خدمات پشتیبانی
	▪	▪	▪	▪
	▪	▪ MRP I MRP II	▪	▪
	▪	▪ IT	▪	▪
	▪	▪	▪	
			▪	
اجزای فناوری زنجیره ارزش (دامنه: فناوری‌های توانمندسازی برای انقلاب چهارم صنعتی)	فناوری‌های بالغ	فناوری‌های پشتیبان		فناوری‌های در حال ظهور
	▪	▪		▪
	▪ ERP	▪		▪ G
	▪	▪		▪
	▪ MES	Microservice as-a-service model		▪
	▪ PLM			▪
	▪	▪		▪
	▪ SCADA[iv]			▪ Cobots
	▪			▪
	▪			▪
				▪
	▪			▪
				▪
نیروی کار				

۷-۱- انتظار می‌رود که انقلاب پنجم صنعتی (Industry 5.0) کل اکوسیستم تولید را دیجیتالی کند

جدول‌زمانی تکامل صنعتی



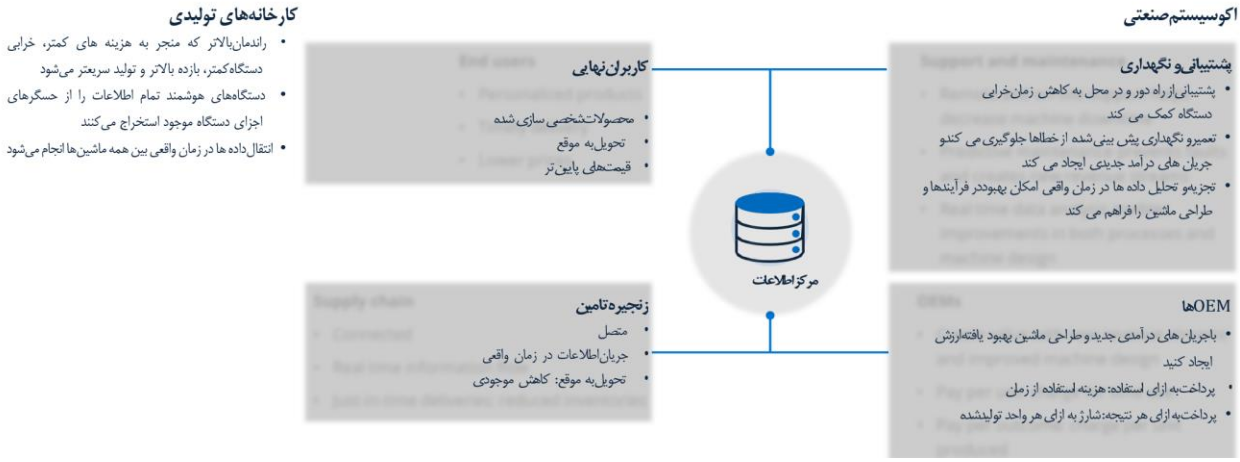
منابع: Deloitte; PwC

تم‌ها و ویژگی های تکامل صنعتی

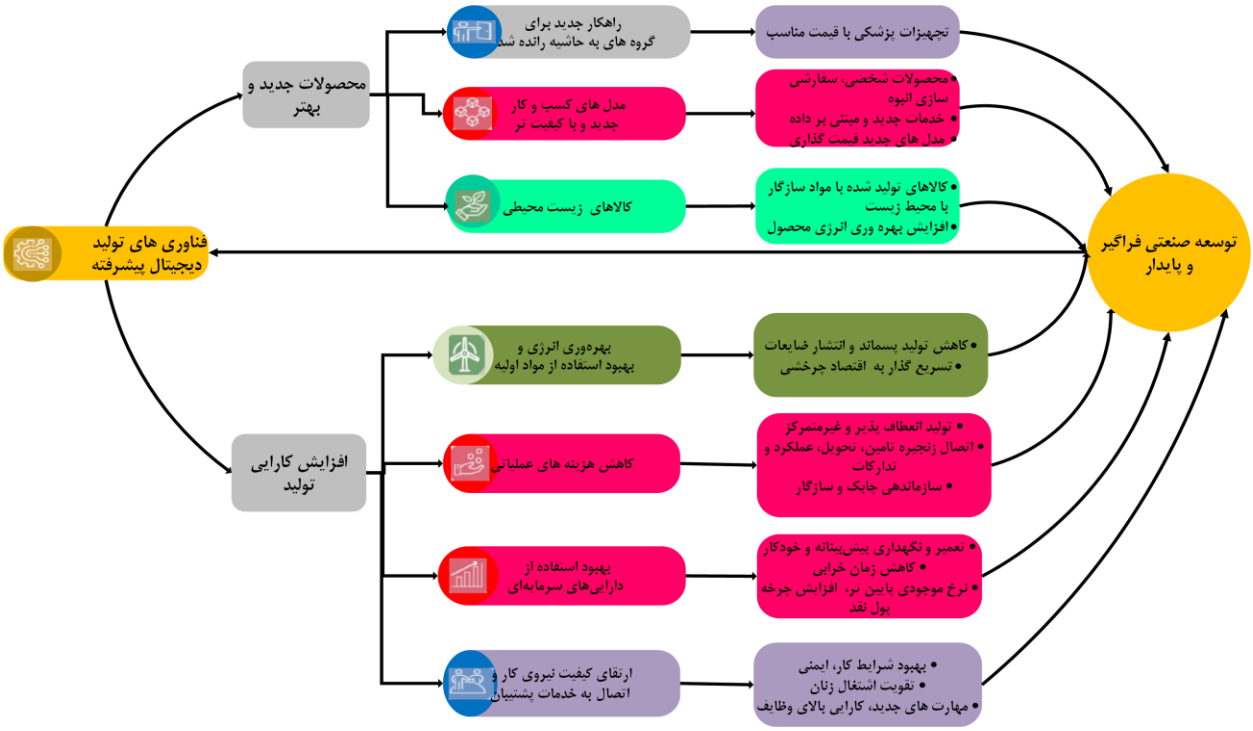
انقلاب	موضوع	ویژگی‌های کلیدی
صنعت ۱.۰	تولیدمکانیکی	تولید مکانیکی با نیروی آب و بخار
صنعت ۲.۰	تولید انبوه	معرفی خطوط مونتاژ و استفاده از انرژی الکتریکی معرفی تلگراف در سال ۱۸۴۰ و تلفن در سال ۱۸۸۰ فورد برای اجرای خط مونتاژ خودرو از «تیلوریسم» استفاده کرد
صنعت ۳.۰	کاربرد فناوری اطلاعات	استفاده از الکترونیک، فناوری اطلاعات و رباتیک صنعتی برای بهبود اتوماسیون تولید اولین میکرو کامپیوتر در سال ۱۹۷۱ تاسیس اپل درسال ۱۹۷۶
صنعت ٤.۰	سیستم‌های تولید سایبری-فیزیکی	زنجیره‌تامین دیجیتال محصولات‌دیجیتال، خدمات و مدل های تجاری جدید ماشین های مستقل و محیط های مجازی
صنعت ۵.۰	زیست‌بوم دیجیتال کامل	رابط مشتری مجازی و فرآیندهای مجازی شبکه های زنجیره ارزش انعطاف پذیر، مجازی و یکپارچه زیست‌بوم‌های کاملا متصل

۲- دیجیتالی شدن تمام بخش‌های اکوسیستم صنعتی را تحت تأثیر قرار می‌دهد

۱-۲- تأثیر دیجیتالی شدن



۲-۲- مزایای صنعت ٤.٠ شامل بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌ها است



منبع: UNIDO

۲-۳- دیجیتالی شدن گذار از تولید انبوه به تولید سفارشی انبوه را تسریع کرده است

سفارشی‌سازی انبوه از طریق کارایی فرآیند

یکی‌از موضوعات کلیدی Industry 4.0 تغییر از تولید انبوه به سفارشی‌سازی محصول انبوه است که منجربه تولید بر اساس تقاضا و کاهش موجودی اضافی می شود. بنابراین، تولیدکنندگان در حال حاضر کمتر نگران تولید در مقیاس بزرگ برای کاهش هزینه‌های واحد هستند. حتی با وجود اینکه اصل اساسی کاهش هزینه‌های محصول هنوز وجود دارد، اما تلاش‌ها بر بهینه‌سازی و استانداردسازی سرمایه دارایی‌های فیزیکی به منظور تحقق کارایی متمرکز شده که در مواردی مستلزم انجام هزینه‌های جدید می‌باشد. چیزی که این روند را بیشتر پیش می برد، تمایل مشتریان به پرداخت حق بیمه برای محصولات شخصی سازی شده است:گزارش Deloitte در سال 2019 این میزان را تقریباً 20 درصد تخمین زده است.

حتی اگر محصولات سفارشی شده در بخش‌هایی مانند خودرو و کالاهای لوکس از طلوع انقلاب صنعتی ارائه شده‌اند، فناوری‌های جدید و مدل‌های کسب‌وکار اکنون تنوع استفاده را در مجموعه گسترده تری از دسته ها ممکن‌کرده‌اند.

یکی‌از این نمونه ها، NikeID است که مربیان سفارشی شده[1] را عمدتاً برای نسل هزاره با استفاده ازفناوری‌های تولید به موقع و جریان تقاضا ارائه می دهد. مثال دیگر خط ArchiTech Under Armour است که از کفی‌های میانی پرینت سه بعدی و نرم افزارهایی مانند Autodesk برای‌ایجاد طراحی خاص استفاده می‌کند.

نیازمندی‌ها با هزینه‌های کمتر ضایعات را به‌حداقل می‌رساند. آدیداس پیشگام پرینت سه بعدی‌در صنعت است و اکنون از این فناوری برای ارائه سفارشی‌سازی انبوه به مصرف‌کنندگان خود و تسریع‌توسعه محصول استفاده می‌کند. آدیداس برای سفارشی کردن خط کفش خود، در سال 2018 با استارت‌آپ Carbon مستقر در کالیفرنیا با فرآیندهای چاپ سه بعدی سنتز نور دیجیتال (DLS) همکاری کرد. این همکاری به افزایش 1000درصد در تکرارهای طراحی و 33 درصد کاهش زمان طراحی تا ارسال، منجر شد.

جالب اینجاست که تنها شرکت‌های بزرگ با منابع قابل توجه نیستند که این استراتژی را دنبال می‌کنند، بلکه‌شرکت‌های کوچک‌تری مانند Kennedy City Bicycles ، که دوچرخه‌های سفارشی‌شده را در یک کارگاه کوچک لندن تولید می‌کند، و Caster Concepts، که تولیدکننده چرخ صنعتی مستقر در میشیگان است، نیز چنین استراتژی‌هایی را در عمل به کار گرفته‌اند . آنها مدل سفارشی سازی انبوه را برای مقابله با چالش عدم استانداردسازی صنعت ریخته گری، مورد استفاده قرار داده‌اند

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، مدیر ارشد

بخش سیستم‌های کارخانه‌ای نوآور، مرکز تحقیقات هوش مصنوعی آلمان

[1] customized trainers

۲-٤- دیجیتالی شدن تولیدکننده را به مصرف‌کننده نزدیک‌تر می‌کند

طرز فکر تولید سنتی بر این باور متمرکز بود که محصول یا خدمات ارزانتر بهتر است‌چین. اما تقاضای فزاینده برای سفارشی‌سازی همراه با کارآیی‌های دیجیتالی‌سازی، منجر به تغییر فزاینده به سمت تولید محلی شده است. کشورهای شرقی ارزان قیمت، به ویژه چین، دیگر گزینه اول برای تاسیسات تولیدی جدید نیستند، زیرا اکنون ظرفیت ها نزدیک به مراکز تقاضا ساخته می شوند. تاسیسات کاملاً مستقل تولید ماشین ابزار Okuma در ژاپن، کارگاه های کاملا دیجیتالی لوکال موتورز برای تولید خودروهای سفارشی در ایالات متحده، و برخی از شرکت های داروسازی که تولید خود را از چین و بازگشت به ایالات متحده در پی همه گیری کووید-۱۹ منتقل می کنند، تنها چند نمونه از این روند محبوب هستند.چین‌زنجیره های تامین جهانی قبلاً به دلیل جنگ تجاری‌ایالات متحده و چین مختل شده بود. شرکت‌ها در حال حاضر به‌طور فزاینده‌ای از نیاز به دور شدن از مدل تولید برون‌سپاری و غیرمتمرکز به یک مدل منطقه‌ای‌تر آگاه می‌شوند. بر اساس یک نظرسنجی در فوریه و مارس 2020 توسط گارتنر از 260 رهبر زنجیره تامین جهانی، 33 درصد از آنها قبلاً توانایی‌های تولیدی‌خود را به خارج از چین منتقل کرده بودند یا برنامه هایی برای انجام این کار تا پایان سال2023 داشتند.

یکی‌از دلایل اصلی این امر نیز افزایش هزینه‌های تعرفه به دلیل جنگ تجاری است که مزیت کم هزینه‌ای را که چین برای سال‌ها در اختیار داشت، به شدت کاهش داده است. در واقع، مطالعه گارتنرنشان داد که این تعرفه‌ها هزینه‌های زنجیره تامین را تا 10 درصد برای بیش از 40 درصد از شرکت‌ها افزایش داده است که تأثیر آن برای بیش از 25 درصد از آنها حتی بیشتر است. همه‌گیر کووید-19 همچنین منجر به زمان تحویل بسیار طولانی‌تر و سایر اختلالات عرضه شده است. در واقع، اپل یکی از اولین شرکت‌های جهانی بود که اعلام کرد به دلیل تاخیر در ارسال کالا از چین، پیش‌بینی‌های سه ماهه اول ۲۰۲۰ خود را از دست خواهد داد. کارخانه هوشمند به طور فزاینده‌ای به عنوان محبوب‌ترین راه حل برای کاهش بیشتر مزیت هزینه و بازگرداندن تولید به کشور اصلی در نظر گرفته می‌شود.

شرکت‌های چند ملیتی که به طور جزئی یا کامل تولید خود را به خارج از چین منتقل کرده‌اند عبارتند از:

Nike, Apple, Samsung Electronics, LG Electronics, Adidas, Puma, Sharp, Hasbro, Kia Motors, Hyundai, Stanley, Black & Decker, Dell, HP, Google/Alphabet, Microsoft, GoPro, Intel, Sony, Nintendo, Under Armour, Steve Madden, Old Navy/Gap, Superdry, Space NK, Naver, and Quanta Computer

پس از کووید-۱۹، ما معتقدیم که شرکت‌ها شروع به بومی‌سازی بخشی از تولید خود خواهند کرد. کارخانه‌ها باید بیشتر دیجیتالی و خودکار شوند تا با تولید بومی‌سازی، مقادیر کمتری را به‌طور موثر تولید کنند. اینترنت اشیا، صنعتی، 5G و نرم افزارهای صنعتی همگی عوامل کلیدی تبدیل به تولید هوشمند هستند.

الکساندر استیله، تحلیلگرUBS

۲-۵- انقلاب چهارم صنعتی، نقش کلیدی در تولید پایدار دارد

پایداری‌یکی از داغ ترین روندها در تولید امروز است و Industry 4.0 به طور فزاینده ای نقش محوری در گسترش‌آن ایفا می کند. فناوری های دیجیتالی مانند مانند هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین (ML)، تجزیه وتحلیل داده‌های کلان، اینترنت اشیا (IoT) و تولید افزودنی/چاپ سه بعدی منجر به ساده ساری فرآینده های تولید شده و امکان ساخت مجدد کارآمد را فراهم می‌آورد. .

به‌عنوان مثال، استفاده از حسگرها و سیستم‌های یکپارچه مجهز به اینترنت اشیا، شفافیت در فعالیت‌های‌تولیدی را در قالب هشدارهای تولید، تعمیر و نگهداری پیشگرانه تا حد زیادی بهبود می‌بخشد. این به نوبه خود تولیدکنندگان را قادر می‌سازد تا نه تنها ماشین‌آلات را قبل از خرابی تعمیر کنند و در نتیجه از شرایط کاری بالقوه خطرناک جلوگیری کنند، بلکه اثر کربن و هزینه‌های عملیاتی را نیزکاهش دهند.

علاوه‌بر این، تکنیک هایی مانند شبیه سازی فرآیند و مدل سازی به توسعه دهندگان محصول در کشف و بهینه سازی‌فرآیندهای جدید کمک می کنند که به طور پیش فرض ضایعات کمتری تولید می کنند و انرژی‌کمتری مصرف می‌کنند، در حالی که از همان ابتدا ویژگی های ایمنی کلیدی را نیز در بر می گیرند.

بنابراین، بسیاری از شرکت‌های بزرگ و کوچک شروع به تقویت فرآیندهای تولید خود با راه‌حل‌های دیجیتالی برای تضمین پایداری بیشتر کرده‌اند. یکی از این نمونه‌ها، مشارکت GE Aviation و Safran است که توانسته است وزن موتورهای هواپیمای خانواده LEAP خود را تا 25 درصد کاهش و همچنین انتشار کربن را با استفاده از ساخت افزودنی کاهش دهد. استارت آپ فرانسوی Energiency با استفاده از هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل زمان واقعی مبتنی بر اینترنت اشیا برای داده‌های عملکرد انرژی خود توانسته است مصرف انرژی کارخانه خود را تا 15 درصد کاهش دهد.

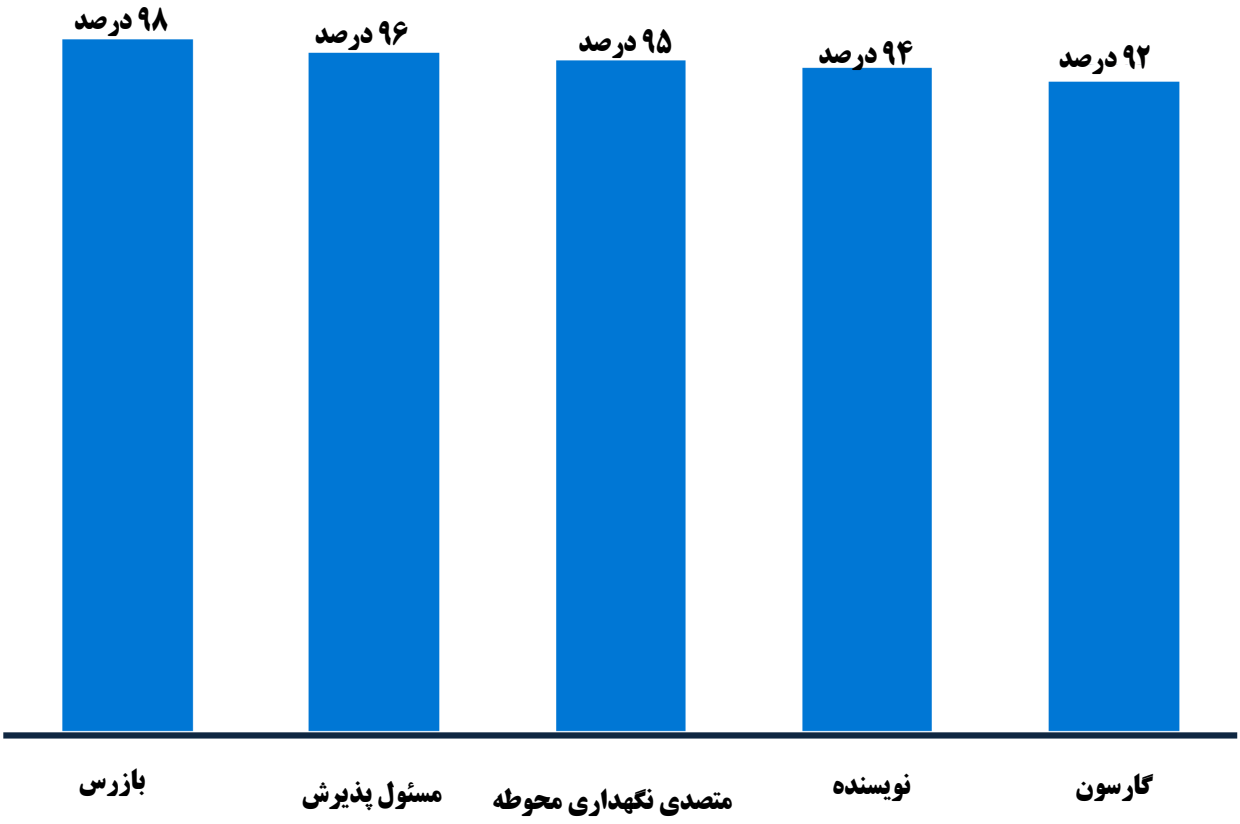
مثال‌دیگر، شرکت مستقر در هند Deccan Fine Chemicals است که از فناوری‌هایی مانند تجزیه و تحلیل‌داده‌ها و اینترنت اشیا برای ساده‌سازی فرآیندهای تولید خود استفاده می‌کند. این فناوری‌ها به آن‌ها کمک می‌کند سالانه 10 میلیون دلار در موجودی اضافی و 500000 دلار در ماه در بهبود فرآیند صرفه جویی کنند.

۲-۶- دیجیتالی شدن چشم‌انداز اشتغال را تغییر می‌دهد

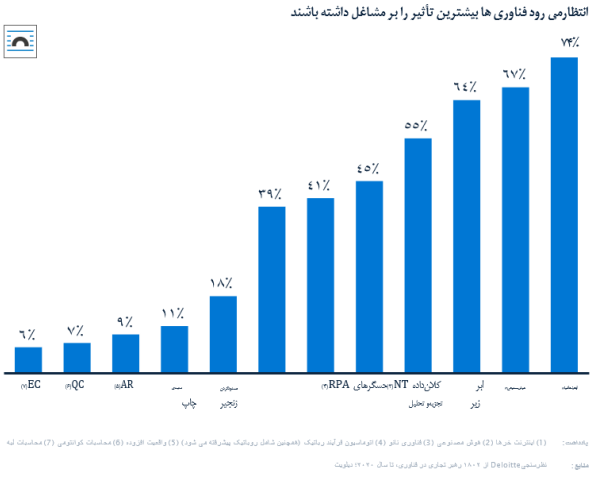
بر خلاف تصور عمومی، اتوماسیون منجر به از دست دادن شغل نمی شود، بلکه تنها منجر به تغییر نقش‌ها می‌شود. اگرچه ماشین‌ها احتمالاً اکثر وظایف دستی تکراری را بر عهده خواهند گرفت، اما جابجایی کارگران نیز با ظهور فرصت‌های جدید در قالب مشاغل با مهارت بالاتر و آموزش بهتر دنبال خواهد شد. جنرال الکتریک تخمین می زند که تا سال ۲۰۳۰ اینترنت اشیاء صنعتی بیش از تمامی کشورهای بزرگ صنعتی، به جز ایالات متحده و چین، به تولید ناخالص داخلی اقتصاد جهان اضافه خواهد کرد، که منجر به اشتغال و درآمد بیشتر خواهد شد.

طبق مطالعه‌ای که توسط PwC انجام شد، حدود ۳۸ درصد از مشاغل ایالات متحده ممکن است تا اوایل دهه ۲۰۳۰ در معرض خطر بالای اتوماسیون باشند، در مقایسه با آلمان (۳۵٪)، بریتانیا (۳۰٪) و ژاپن (۲۱٪). این گزارش همچنین نشان می‌دهد که این ریسک‌ها در حمل و نقل و ذخیره‌سازی (۵۶٪)، تولید (۴۶٪)، عمده‌فروشی و خرده‌فروشی (۴۴٪) بیشتر خواهد بود، اما در بخش‌هایی مانند بهداشت و مددکاری اجتماعی (۱۷٪) کمتر خواهد بود.

یک مطالعه جدیدتر توسط HSBC تعدادی از مشاغل ضروری مانند آشپز، کارگران ساختمانی، پیشخدمت، پذیرش، بازرسان، نگهبان زمین و کارگران کشاورزی را شناسایی کرده است که نسبت به مشاغل حرفه ای بیشتر در معرض اتوماسیون آینده هستند.

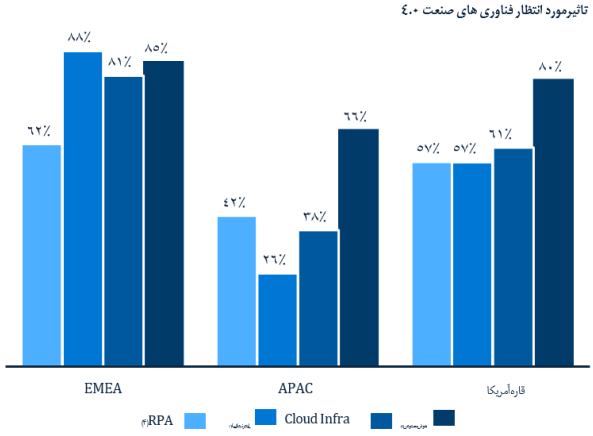


۵ شغل برتر در معرض خطر بالا به دلیل اتوماسیون تا سال ۲۰۳۰ (مشاغل در معرض خطر در مقایسه با موقعیت فعلی در سال ۲۰۲۱)



یادداشت: (1) اینترنت خرها (2) فوتن مصنوعی (3) فناوری نانو (4) اتوماسیون فرآیند رباتیک (هایپرمن شامل رویاتیک پیشرفته می شود) (5) واقعیت افزوده (6) محاسبات کوانتومی (7) محاسبات لبه

منبع: نظرسنجی Deloitte از ۱۸۰۷ رهبر تجاری در فناوری، تا سال ۲۰۲۰ دیلویت



۳- فناوری‌های دیجیتال

فناوری‌های دیجیتال تمام عناصر زنجیره ارزش از جمله طراحی محصول، زنجیره تامین، تولید و تجربه مشتری را مختل می‌کنند و در عین حال مدل‌های تجاری جدیدی را ایجاد می‌کنند. غول‌های تولیدی جهانی مانند آلمان، فرانسه، ایالات متحده، ژاپن و چین، همگی ابتکارات استراتژیک با حمایت دولت را برای دیجیتالی کردن تولید در صنایع مختلف راه‌اندازی کرده‌اند.

حتی با وجود اینکه در حال حاضر فناوری‌های زیادی در صنعت ۴.۰ و کارخانه هوشمند نقش دارند، برای هدف این گزارش، ما بر روی پنج مورد کلیدی تمرکز کرده‌ایم: تولید افزودنی، هوش مصنوعی (AI)، روباتیک، اینترنت اشیا (IoT) و واقعیت افزوده و مجازی (AR/VR).

۳-۱- اختلال در طراحی محصول، زنجیره تأمین و تجربه مشتری

باوجود اینکه دیجیتالی شدن فرآیند تولید شامل فناوری‌های مختلفی مانند هوش مصنوعی، رباتیک، اینترنت اشیا و غیره می‌شود، و هر یک از آنها سهم قابل توجهی در این پدیده دارند، اما تنها گرد هم آمدن استفاده همزمان از چند مورد آنهاست که می تواند قابلیت‌های جدیدی را ایجاد کند که قبلاً هرگز مشاهده نشده است. مهم‌تر از آن، کاربرد این فناوری‌ها تنها به تولید یا زنجیره تامین محدود نمی‌شود، بلکه به عملیات تجاری و در نهایت رشد درآمد گسترش می‌یابد. سه حوزه اصلی که انتظار می‌رود این فناوری‌ها بیشترین تأثیر را داشته باشند عبارتند از:

- **طراحی و ساخت:** استفاده از فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده و مجازی و ساخت افزودنی منجر به طراحی سریعتر و کارآمدتر از طریق نمونه‌سازی سریع شده است. حسگرها و ابزارهای پوشیدنی اتصال را به محصولاتی که قبلاً متصل نبوده‌اند، اضافه کرده‌اند که منجر به کسب و کار و مدل‌های درآمدی جدید مانند کسب درآمد از داده‌ها می‌شود. در نهایت، یادگیری ماشینی و روباتیک با این امکان که ربات‌ها موارد را با دقت خارق‌العاده‌ای کنار هم قرار دهند، فرآیند مونتاژ را کارآمدتر کرده است، در حالی که نرم افزار خطاها را به صورت بلادرنگ برطرف می‌کند.
- **زنجیره‌تامین:** احتمالاً مهمترین عنصر در چشم انداز Industry 4.0 تکامل زنجیره تامین سنتی به یک زنجیره تأمین متصل، هوشمند و چابک است. سیستم فناوری‌های دیجیتال به سادگی فرآیندهای مختلف در بازاریابی،

توسعه محصول، تولید و توزیع راکاهش می‌دهند تا یک اکوسیستم کاملا یکپارچه و شفاف متشکل از عناصری مانند تدارکات مستقل وتدارکات و انبار هوشمند ایجاد کنند.

- **تجربه‌مشتری:** داده‌های جمع آوری شده از طریق محصولات و خدمات هوشمند می توانند برای درک عمیق‌تر مشتریان در زمینه‌های مختلف مانند استراتژی‌های فروش مستقیم و بازاریابی شخصی و پشتیبانی سریع و کارآمد پس از فروش استفاده شوند.

۳-۲- ایالات متحده پیشتاز شاخص آمادگی شبکه‌ای

بر اساس شاخص آمادگی شبکه ۲۰۲۳ موسسه پورتولانز، ایالات متحده در فهرست کشورهایی که از سرمایه‌گذاری در فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بهره می برند، پیشتاز است. این شاخص اساساً شامل مطالعه وضعیت زیرساخت‌های فناوری در کشورهای مختلف در سراسر جهان است و ً برچهار پارامتر زیر متمرکز است:

- وضعیت‌محیط نظارتی و تجاری کشور
- آمادگیICT - با مقرون به صرفه بودن، مهارت‌ها و زیرساخت اندازه گیری می‌شود
- سطح‌مشارکت همه ذینفعان از جمله دولت، کسب و کارها و عموم مردم
- تاثیراستفاده از فناوری‌های مختلف بر جامعه در کل

جزییات شاخص‌ها در شکل ۱ ارائه شده است:

شکل ۱- مجموعه شاخص‌های آمادگی شبکه‌ای

براساس نتایج این مطالعه، دیگر کشورهای برتر پس از آمریکا، سنگاپور، فنلاند، هلند، سوئد، سوئیس، کره جنوبی، دانمارک، آلمان و انگلستان هستند. هفت کشور اروپایی در فهرست 10 برتر آمادگی شبکه حضور دارند. اروپا پیشرفته‌ترین منطقه از نظر آمادگی و پذیرش فناوری است و پس از آن آسیا و آمریکای شمالی قراردارند. وضعیت کشورهای برتر در جدول ۱ آمده است:

جدول ۱- کشورهای برتر درشاخص آمادگی شبکه‌ای سال ۲۰۲۳

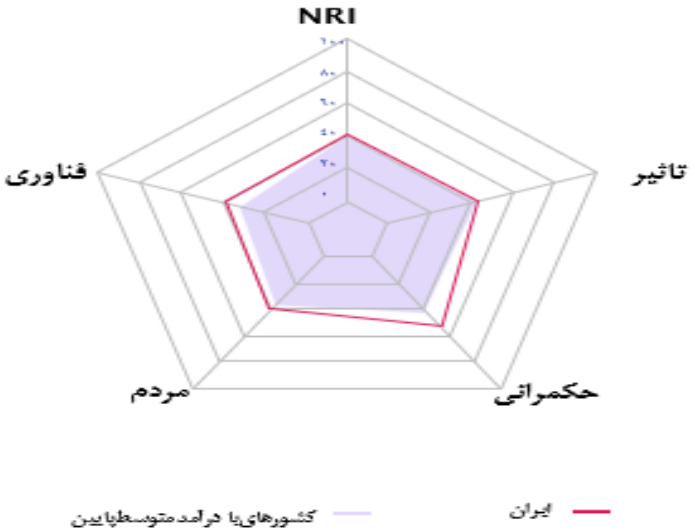
ISO۳	کشور	امتیاز	رتبه	فناوری	جامعه	حکمرانی	اثرگذاری
USA	ایالات متحده آمریکا	۷۶.۹۱	۱	۷۹.۶۴	۷۲.۵۳	۸۷.۰۲	۶۸.۴۴
SGP	سنگاپور	۷۶.۸۱	۲	۷۰.۵۷	۶۹.۸۹	۸۵.۵۸	۸۱.۲
FIN	فنلاند	۷۶.۱۹	۳	۶۵.۵	۶۹.۴۲	۸۹.۹۴	۷۹.۹
NLD	هلند	۷۶.۰۴	۴	۷۱.۵۹	۶۴.۰۹	۸۹.۷۴	۷۸.۷۴

ISO۳	کشور	امتیاز	رتبه	فناوری	جامعه	حکمرانی	اثرگذاری
SWE	سوئد	۷۵.۶۸	۵	۶۷.۲۱	۶۸.۲۳	۸۷.۷۴	۷۹.۵۲
CHE	سوئیس	۷۴.۷۶	۶	۷۴.۹	۶۴.۲۶	۸۳.۷۵	۷۶.۱۲
KOR	کره جنوبی	۷۴.۴۸	۷	۶۰.۱	۸۴.۱۱	۸۰.۴۴	۷۳.۲۷
DNK	دانمارک	۷۴.۰۶	۸	۶۵.۴۲	۶۵.۲۶	۸۹.۵۳	۷۶.۰۴
DEU	آلمان	۷۴	۹	۶۹.۴۵	۶۸.۲۵	۸۳.۱۶	۷۵.۱۳
GBR	انگلستان	۷۲.۷۵	۱۰	۶۷.۲۵	۶۶۶۳	۸۱۶۳	۷۵.۵

منبع: (Lanvin, & Dutta۲۰۲۳)

در شاخص آمادگی شبکه‌ای در سال ۲۰۲۳، کشور ایران جایگاه مناسبی ندارد. رتبه کلی کشور از میان ۱۳٤ کشور مورد بررسی ۸۷ بوده و از ۱۰۰ امتیاز قابل کسب، کشور کمی بیش از ٤۳ امتیاز کسب کرده است. در برخی شاخص‌ها نظیر دسترسی به زیرساخت مناسب رتبه کشور ۱۰۳، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوظهور ۱۰٤، خدمات آنلاین دولتی ۱۱۱، کیفیت تنظیم‌گری (رگولاتوری) ۱۳۳، تنظیم‌گری فناوری‌های نوظهور ۱۰۱، مشارکت الکترونیک ۱۲۷، صادرات محصلات با فناوری بالا ۱۱۹، صادرات خدمات ICT ۱۲٤، کیفیت زندگی ۱۰٤ و مشارکت در تحقق اهداف توسعه پایدار ۱۱۸ ، فرصت‌های اقتصادی برای زنان ۱۳۳ و انرژی‌های پاک و تجدید پذیر ۱۲۹ بوده است. جزییات در صفحه بعد ارایه شده است.

ایران : امتیاز کل از ۱۰۰ — ۴۲.۸۳ — و رتبه از ۱۳۴ — ۸۷



شاخص	امتیاز	رتبه
الف-رکن فناوری	۳۸.۸۶	۷۳
رکن‌فرعی اول: دسترسی	۴۷.۶۶	۱۰۳
رکن‌فرعی دوم: محتوا	۲۷.۳۹	۵۳
رکن‌فرعی سوم: فناوری های آینده	۴۱.۵۲	۴۳
ب-ستون مردم	۳۹.۹۹	۷۸
رکن‌فرعی اول: افراد	۵۱.۴۱	۴۹
رکن‌فرعی دوم: مشاغل	۴۰.۷۰	۸۰
رکن‌فرعی سوم: دولت ها	۲۷.۸۷	۹۶
ج-رکن حکمرانی	۵۱.۵۸	۷۸
رکن‌فرعی اول: اعتماد	۵۷.۲۶	۴۹
رکن‌فرعی دوم: مقررات	۳۷.۵۴	۱۲۳
رکن‌فرعی سوم: تسهیل	۵۹.۹۳	۷۳
د-ستون تأثیر	۴۰.۹۱	۱۰۸
رکن‌فرعی اول: اقتصاد	۲۳.۹۶	۷۹
رکن‌فرعی دوم: کیفیت زندگی	۵۲.۶۶	۱۰۴
رکن‌فرعی سوم: مشارکت SDG	۴۶.۱۰	۱۱۸

شاخص‌آمادگی شبکه به تفصیل

شاخص	امتیاز	رتبه	
الف-رکن فناوری	۳۸.۸۶	۷۳	
رکن‌فرعی اول: دسترسی	۴۷.۶۶	۱۰۳	
۱.۱.۱ خطوط های موبایل	۵۴.۱۰	۷۹	
۱.۱.۲ اشتراک کوبشی	۷۱.۵۲	۶۸	
۱.۱.۳ سابقه‌اشتراک اینترنت FTTH/	۲۴.۲۸	۸۰	
۱.۱.۴ پوشش تحت پوشش حداقل یک شبکه تلفن همراه 2G	۹۹.۹۷	۱۷۴	
۱.۱.۵ پهنای باند اینترنت بین المللی	۸۰.۸۲	۳۰	●
۱.۱.۶ دسترسی به اینترنت در مدارس	۱۰.۵۵	۷۱	
رکن‌فرعی دوم: محتوا	۲۷.۳۹	۵۳	
۱.۲.۱ جمعیت شهر GitHub	۱.۱۰	۱۰۴	
۱.۲.۲ ثبت دامنه اینترنتی	۳.۵۷	۴۱	
۱.۲.۳ توسعه برنامه های موبایل	۵۸.۵۷	۹۰	
۱.۲.۴ انتشارات علمی هوش مصنوعی	۹۹.۳۲	۵	●
رکن‌فرعی سوم: فناوری های آینده	۴۱.۵۲	۴۳	
۱.۳.۱ پذیرش فناوری های دوطیفور	۲۹.۷۶	۸۲	
۱.۳.۲ سرمایه گذاری در فناوری های دوطیفور	۲۱.۷۵	۱۰۴	
۱.۳.۳ بی‌گلیو بیات	NA	NA	
۱.۳.۴ هزینه های نرم افزار کامپیوتری	۵۱.۵۵	۱۵	●
ب-ستون مردم	۳۹.۹۹	۷۸	
رکن‌فرعی اول: افراد	۵۱.۴۱	۴۹	
۲.۱.۱ دسترسی اینترنت پهن باند سیار در دفاتر کشور	۹۹.۹۹	۱۴	●
۲.۱.۲ مهارت های ICT در نظام آموزشی	۴۰.۳۷	۶۵	
۲.۱.۳ استفاده از شبکه های اجتماعی مجازی	۵۰.۱۵	۸۴	
۲.۱.۴ ثبت نام دوره سوم	۲۱.۹۵	۵۲	
۲.۱.۵ سهم بانسواری بزرگسالان	۸۶.۲۲	۸۹	
۲.۱.۶ مراکز استعداد هوش مصنوعی	NA	NA	
رکن‌فرعی دوم: مشاغل	۴۰.۷۰	۸۰	
۲.۲.۱ محققان دارای پست‌دکتری	NA	NA	
۲.۲.۲ تامین‌مالی شده توسط شرکت تجاری GERD	NA	NA	
۲.۲.۳ اشتغال دانش محور	۲۱.۲۸	۷۲	
۲.۲.۴ سرمایه گذاری سالانه در خدمات مخابراتی	۸۷.۷۸	۱۵	●
۲.۲.۵ هزینه توسط شرکت تجاری GERD	۵.۳۲	۵۲	
رکن‌فرعی سوم: دولت ها	۲۷.۸۷	۹۶	
۲.۳.۱ خدمات آنلاین دولتی	۲۵.۸۵	۱۱۱	
۲.۳.۲ انتشار و استفاده از داده های باز	NA	NA	
۲.۳.۳ پیچیدگی سرمایه گذاری دولت در فناوری دوطیفور	۲۷.۷۴	۶۴	
۲.۳.۴ هزینه تحقیق و توسعه توسط دولت ها و آموزش عالی	۱۹.۰۲	۴۴	

شاخص	امتیاز	رتبه	
ج-رکن حکمرانی	۵۱.۵۸	۷۸	
رکن‌فرعی اول: اعتماد	۵۷.۲۶	۴۹	
۳.۱.۱ سرویس‌های اینترنتی امن	۴۱.۸۷	۵۵	
۳.۱.۲ امنیت سایبری	۸۰.۷۴	۴۲	
۳.۱.۳ دسترسی آنلاین به حساب مالی	۵۰.۷۴	۴۲	●
۳.۱.۴ هزینه اینترنتی	۲۵.۸۸	۵۵	
رکن‌فرعی دوم: مقررات	۳۷.۵۴	۱۲۳	
۳.۲.۱ کیفیت نظارتی	۲۸.۸۵	۱۲۲	○
۳.۲.۲ محیط نظارتی ICT	۸۴.۲۱	۵۸	
۳.۲.۳ تعلیم فناوری های دوطیفور	۲۴.۷۸	۱۰۱	
۳.۲.۴ قانون تجارت الکترونیک	۸۵.۲۷	۸۷	
۳.۲.۵ حفاظت از هزینه تحسیس توسط محیای قانون	۰.۰۰	۱۲۴	○
رکن‌فرعی سوم: قبول	۵۹.۸۲	۷۲	
۳.۳.۱ مشارکت الکترونیکی	۱۵.۷۸	۱۲۲	○
۳.۳.۲ حکام تصمیمی و قضایی در استفاده از پرنده های جیمبال	۸۸.۸۸	۲۴	●
۳.۳.۳ اثر تسترس بودن محتوای آنلاین محلی	۴۱.۷۴	۹۱	
۳.۳.۴ حکام تصمیمی در استفاده از اینترنت	۴۱.۸۱	۴۰	
۳.۳.۵ حکام ریسکی در استفاده از پرنده های جیمبال	۷۸.۷۵	۹	●
د-ستون تأثیر	۴۰.۹۱	۱۰۸	
رکن‌فرعی اول: اقتصاد	۲۳.۹۶	۷۹	
۴.۱.۱ هزینه فناوری پیشرفته و متوسط تکنولوژی بالا	۲۴.۸۱	۴۲	
۴.۱.۲ سابقه فناوری پیشرفته	۱.۰۷	۱۱۹	
۴.۱.۳ پرنده های ثبت اختراع PCT	۸.۷۴	۴۱	
۴.۱.۴ اندازه بازار داخلی	۷۱.۵۲	۲۰	●
۴.۱.۵ شیوع اقتصاد کیک	۲۶.۱۶	۱۰۱	
۴.۱.۶ صادرات خدمات ICT	۱.۲۸	۷۲	
رکن‌فرعی دوم: کیفیت زندگی	۵۲.۶۶	۱۰۴	
۴.۲.۱ اعتیادی	۴۸.۸۱	۹۰	
۴.۲.۲ آزادی در انتخاب زندگی	۲۱.۵۲	۱۲۲	
۴.۲.۳ نابرابری درآمد	۵۵.۵۲	۸۴	
۴.۲.۴ امید به زندگی سالم در بدو تولد	۲۱.۲۵	۴۱	
رکن‌فرعی سوم: مشارکت SDG	۴۶.۱۰	۱۱۸	
سلامت و رفاه خوب برای SDG ۳.۳.۱	۲۸.۱۱	۴۲	●
آموزش با کیفیت SDG ۴.۲.۲	NA	NA	
فرصت اقتصادی زنان SDG ۵.۲.۲	۷.۴۵	۱۲۲	○
انرژی مقرون به صرفه و پاک SDG ۷.۲.۲	۲۴.۲۹	۱۲۹	○
شهرها و جوامع پایدار SDG ۱۱.۲.۵	۸۸.۲۵	۴۱	

[i] نرم افزار برنامه ریزی نیازمندی های مواد (MRP I–Materials requirements planning) می تواند به شرکت ها کمک کند تا محصولات را با کارایی بیشتری ایجاد کنند، اما این نرم افزار در طول زمان تکامل یافته است. برنامه ریزی نیازمندی های مواد (MRP) نمونه اولیه نرم افزار کامپیوتر صنعتی است. نرم افزار MRP که در ابتدا در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت، به برنامه ریزی منابع تولید (MRP II manufacturing resource planning) تبدیل شد. MRP II نگاهی به تمام منابع تولیدی یک شرکت ارائه می‌دهد که به طور بالقوه منجر به برنامه ریزی دقیق تر و بهره وری بیشتر می شود. MRP II نیز تکامل یافته است و به بخش کلیدی بسیاری از سیستم های ERP تبدیل شده است.

[ii] Manufacturing execution systems (MES) سیستم‌های رایانه‌ای هستند که در تولید برای ردیابی و مستندسازی تبدیل مواد خام به کالاهای نهایی استفاده می‌شوند. MES اطلاعاتی را ارائه می دهد که به تصمیم گیرندگان تولید کمک می کند تا بفهمند چگونه شرایط فعلی در کف کارخانه می تواند برای بهبود بازده تولید بهینه شود.MES به عنوان یک سیستم نظارت بلادرنگ کار می کند تا کنترل چندین عنصر فرآیند تولید (مانند ورودی ها، پرسنل، ماشین آلات و خدمات پشتیبانی) را امکان پذیر کند.

[iii] مدیریت چرخه عمر محصول یا Product Lifecycle Management و به طور خلاصهPLM ، یک فرآیند و راهکار مدیریت سازمان است، که در آن تمام چرخه حیات محصول از زمان شکل‌گیری ایده در ذهن، طراحی، مهندسی، ساخت و تولید، بازاریابی و فروش، پشتیبانی از محصول و درنهایت بازیافت آن به‌طور کامل مدیریت‌شده و باعث ادغام و ایجاد یکپارچگی بین افراد، اطلاعات، ابزارها و فرآیندهای سازمان جهت ایجاد یک زیرساخت مطلوب از اطلاعات و مهندسی محصول به‌طور هم‌زمان می‌گردد.

[iv] Supervisory Control and Data Acquisition سیستم های کنترل نظارتی و جمع آوری داده ها (SCADA) برای کنترل، نظارت و تجزیه و تحلیل دستگاه ها و فرآیندهای صنعتی استفاده می شود. این سیستم از اجزای نرم افزاری و سخت افزاری تشکیل شده و امکان جمع آوری داده ها از راه دور و در محل را از تجهیزات صنعتی فراهم می کند.

منابع

Dutta , S & ,.Lanvin, B .(۲۰۲۳) .*Network Readiness Index ۲۰۲۳, Trust in a Network Society:crisis of the digital age ?*https://download.networkreadinessindex.org/reports/nri_۲۰۲۳.pdf: Portulans Institute.

Senn-Kalbatista, L & ,.Mehta, D .(۲۰۲۳) .*Industry ۴/۰: in-depth market analysis, Market Insights report* . Statista.

Statista .(۰۵ ۱۲ ,۲۰۲۳) .*Digital transformation: Statistics report on digital transformation worldwide* . بازیابی از https://www.statista.com/study/۷۴۹۹۷/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*. https://sariolghalam.com/۲۷/۰۱/۲۰۲۴داوس-گزارش-۲۰۲۴-%DB%B۳%DB%B۲%DB%B۰%DB%B۲%D۹%۸۸%Dv%A۸%AF%D۸%D/