

انقلاب صنعتی چهارم و تولید پیشرفته

(کلان‌روندها و تأثیرات بر جامعه)



معاونت بررسی‌های اقتصادی
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران



معاونت بررسی‌های اقتصادی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

مهر ۱۴۰۲

استفاده از مطالب این گزارش با ذکر منبع بلامانع است.



فهرست مطالب

۱. خلاصه مدیریتی.....	۴
۲. مقدمه	۵
۳. کلان روندهای موثر بر صنعت	۶
۴. حوزه های تاثیرپذیر از تولید پیشرفته.....	۸
۴-۱. انعطاف پذیری.....	۹
۴-۲. کارایی.....	۱۲
۴-۳. مردم.....	۱۴
۴-۴. نوآوری.....	۱۶
۵. ابتکارات کلیدی برای حمایت از تحول صنعت.....	۲۰

۱. خلاصه مدیریتی

تولید پیشرفته^۱ به کارگیری فناوری های نوآور برای پیشرفت و ارتقای محصولات یا فرآیندها می باشد که در آن به فناوری مورد استفاده معمولاً «پیشرفته»، «نوآورانه» یا «آخرین فناوری» گفته می شود. با تغییرات پرشتاب بازارهای جهانی، توانایی شرکت ها در بهره برداری از تکنولوژی های جدید نقشی اساسی در ایجاد یک مزیت رقابتی دارد. معرفی تکنولوژی های جدید می تواند به ارائه محصولات نوآورانه و بهبود عملکرد محصولات فعلی منجر گردد. وجود این فناوری ها می تواند به مثابه یک سلاح استراتژیک در عرصه تولید در نظر گرفته شود و لازمه بقای بنگاه های صنعتی در بازار رقابتی امروز است. فناوری های مزبور به دو شکل بر رقابت پذیری بنگاه های صنعتی تاثیر می گذارند؛ نخست، با توسعه فرآیندهای کارا و منعطف باعث می شوند تا ساختار هزینه ای بنگاه تغییر یابد و دوم، باعث می شوند تا بنگاه های صنعتی بتوانند محصولاتی با کیفیت بالاتر، طراحی دقیق تر و با تنوع بیشتر ارائه کنند.

محیط های رقابتی به شدت تحت تاثیر پیچیدگی و اطمینان ناپذیری ناشی از تغییرات در بازار و تکنولوژی های جدید تولیدی قرار دارد. این تغییرات باعث شده اند شرکت های تولیدی از سیستم های صنعتی- سنتی به سمت سیستم های فراصنعتی که باعث کیفیت بالاتر، تحویل های سریع تر و به موقع و معرفی سریع تر محصولات جدید می شوند، حرکت کنند. این تغییرات در حقیقت منابع اولیه ایجاد مزیت رقابتی هستند. امروزه شرکت ها به منظور بهبود قابلیت رقابت و غنی سازی محصولات برای مواجهه با نیازهای متغیر مشتریان، سرمایه گذاری خود را در منابع ذهن و دانش، نرم افزار، طراحی و سایر جنبه های توسعه محصول، آموزش و بهبود فرآیندهای کسب و کار توسعه می دهند. سرمایه گذاری در تکنولوژی های تولید پیشرفته، منابعی را فراهم می کند که شرکت را قادر می سازد تا به تغییرات سریع بازار پاسخ دهد و از طریق طراحی و تولید محصولاتی با کیفیت بالا و منطبق با خواسته های مشتریان، خود را با چرخه ی عمر کوتاه تر محصولات وفق دهد.

فناوری های تولید پیشرفته، بازه وسیعی از فناوری های مختلف را پوشش می دهد و در عرصه های مختلفی از عملیات یک بنگاه صنعتی پدیدار می شود. اما لازمه دستیابی به تمامی مزایای ملموس و غیرملموس این فناوری ها پیاده سازی موفق و اثربخش آن ها است. در این نوشتار با استناد به گزارش مجمع جهانی اقتصاد^۲، تلاش شده است ضمن بررسی کلان روندهای^۳ موثر بر صنعت تولید، به بررسی اثرات به کارگیری تولید پیشرفته در جامعه پرداخته شود.

^۱ Advanced manufacturing

^۲ World Economic Forum

^۳ Mega Trend

۲. مقدمه

به‌طور معمول، ترکیب چندین روند باعث به‌وجود آمدن کلان‌روند می‌شود. کلان‌روندها به‌عنوان فرآیندهای تحولات بلندمدت با دامنه وسیع‌تر و تاثیرات ریشه‌ای‌تر مطرح هستند. کلان‌روندها در ابعاد مختلفی مانند سیاسی، اجتماعی و یا اقتصادی تاثیرات و دگرگونی‌های عمیقی دربرداشته و بر گستره وسیعی از بازیگران مانند دولت‌ها، افراد جامعه، شرکت‌ها و سازمان‌ها تاثیرات زیادی خواهند گذاشت. این تاثیرات زنجیره‌های ارزش جهانی را تغییر داده و صنایع و تولید را به سمت تغییر سوق می‌دهند. این کلان‌روندها شامل تنش‌های ژئوپلیتیکی، بی‌ثباتی‌های اقتصادی، تغییرات آب‌وهوایی، ادغام فناوری و تغییر پویایی افراد است. وسعت و پیچیدگی این کلان‌روندها افزایش نیاز به صنعت تولید پیشرفته، همکاری برای تغییر دیدگاه‌ها و به‌کارگیری راه‌حلهایی برای تولید پیشرفته را منجر شده است. راه‌حل‌های تولید پیشرفته به‌عنوان ابزاری برای افزایش کارایی و بهره‌وری و هسته اصلی خلق ثروت و توسعه اقتصادی می‌توانند باعث توسعه پایدار شوند. بر اساس روندهای در حال تحول، جامعه صنعت تولید پیشرفته مجمع جهانی اقتصاد بر ایجاد تحول و رشد صنعتی نوآورانه، فراگیر و پایدار متمرکز است. برای تسهیل این امر، جامعه مزبور در نشست سالانه داووس ۲۰۲۳ به پنج اصل کلیدی زیر متعهد شده است:

۱. دسترسی فراگیر بخش‌ها، شرکت‌های بزرگ و شرکت‌های کوچک و متوسط (SME)^۴ در سطح جهانی به فناوری‌ها و راه‌حل‌های تولیدی پیشرفته.

۲. ارتقا مهارت‌های نیروی کار از طریق سرمایه‌گذاری‌ها و برنامه‌های جدید.

۳. تبدیل محیط تولیدی به فضایی جذاب‌تر برای نسل‌های جدید و رفع شکاف فعلی استعداد^۵ در تولید.

۴. گذار به سوی فرآیند تولید پایدارتر و مدور و ارتقای زنجیره‌های ارزش جهانی از طریق اولویت‌بندی فناوری‌ها و راه‌حل‌های تولید پیشرفته.

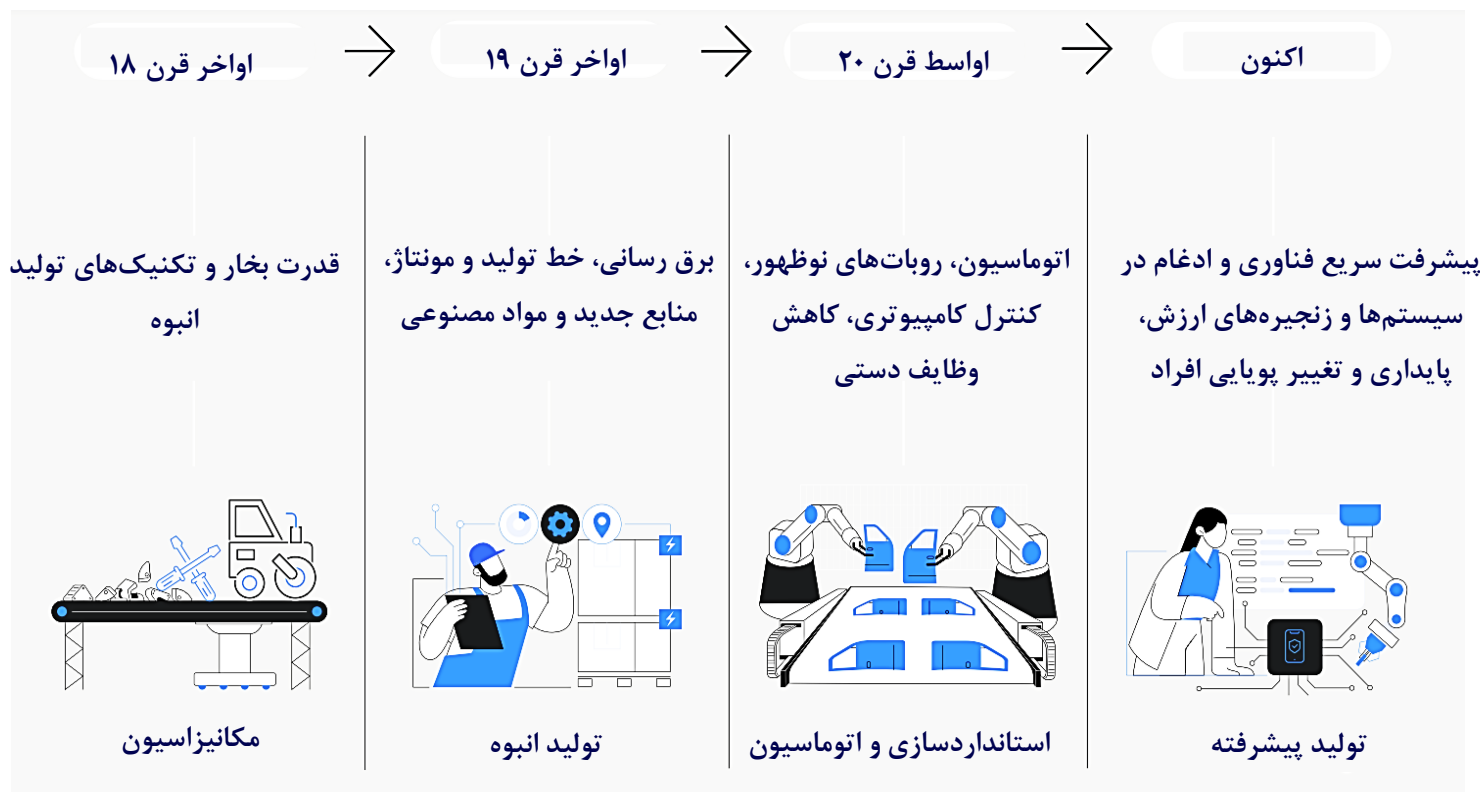
۵. همکاری و هماهنگی با ذینفعان، دولت‌ها و سازمان‌های جامعه مدنی به منظور ایجاد مکانیسم‌هایی برای عبور از بحران‌های آینده و ایجاد انعطاف‌پذیری.

گزارش جدید جامعه صنعت تولید پیشرفته مجمع جهانی اقتصاد به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای تعامل، تغییر طرز فکر و افزایش همکاری با ذینفعان مختلف از طریق پیام‌های منسجم، مختصر و متقاعدکننده با نمونه‌های عینی عمل می‌کند.

^۴ Small and Medium Enterprises (SME)

^۵ Talent Gap

شکل ۱. روند تکامل تولید



۳. کلان روندهای موثر بر صنعت

تغییرات و پیشرفت های پویای صنایع در سرتاسر جهان توسط همگرایی چهار کلان روند کلیدی، تنش های ژئوپلیتیکی، بی ثباتی اقتصادی، تغییرات آب و هوایی، یکپارچگی فناوری و تغییر پویایی افراد پیش می رود که فرصت ها و چالش های جدیدی را برای بخش تولید ایجاد می کنند. این کلان روندها هرکدام ناظر به یک حوزه کلیدی تغییر هستند و نیروی بسیار مهمی در زندگی بشر امروز به شمار می آیند. درک این کلان روندها به استراتژی چگونگی بیان راه حل های تولیدی پیشرفته در بخش های مختلف کمک می کند. در ادامه به بررسی مختصر هریک از کلان روندهای مزبور پرداخته شده است.

تحولات ژئوپلیتیکی و بی ثباتی اقتصادی



تغییر چشم اندازهای سیاسی و محیط های نظارتی در حال تحول، توأم با جنگ در اوکراین، بی اعتمادی اجتماعی و فرسایش انسجام اجتماعی (شامل از دست دادن سرمایه اجتماعی و گسست شبکه های اجتماعی)، آسیب پذیری شرکت ها و دولت ها را آشکار می کند. اختلالات ایجاد شده در زنجیره تامین جهانی و بی ثباتی اقتصادی ناشی از بیماری همه گیر کووید-۱۹ این چالش ها را از طریق کاهش رشد اقتصادی، افزایش هزینه های زندگی، افزایش قیمت انرژی، محدودیت های تولید و تاخیرهای لجستیکی در دستیابی به کالاهای حیاتی تشدید کرده است.

دولت ها، صنایع و سازمان ها برای افزایش انعطاف پذیری زنجیره تامین، به ویژه زنجیره های تامین کوتاه، چابک و مناسب استراتژی های هوشمندانه ای را اتخاذ کردند. این رویکرد نتایج مثبتی از جمله پیش بینی بهبود و پاسخگویی پویا به خواسته های مشتری و کاهش رد پای محیط زیستی را به همراه دارد.

تغییرات آب و هوا



رشد فزاینده جمعیت و نیز توسعه اقتصادی، زوال محیط زیست در سراسر کره ی زمین را موجب شده است. تغییرات اقلیمی یک تهدید طولانی مدت است که شرکت ها و دولت ها را مجبور به پذیرش تعهدات جدید، انطباق با شرایط کوتاه مدت و دستخوش تغییرات بنیادی در بلندمدت می کند. داده های تاریخی نشان می دهد که انتشار جهانی گاز CO₂ ناشی از فعالیت های انسانی به طور تقریبی از ۳۸ میلیارد تن در سال ۱۹۹۰ به ۵۹ میلیارد تن در سال ۲۰۱۹ رسیده است. جامعه جهانی و همه بخش های اقتصادی آن می بایست با اهداف توافق پاریس، مبنی بر جلوگیری از افزایش دمای زمین بیش از ۲ درجه سانتی گراد در قرن جاری و تلاش در جهت محدودیت افزایش دما به زیر ۱.۵ درجه سانتیگراد نسبت به سطح آن پیش از صنعتی شدن، همسو شوند.

دستیابی به انتشار صفر خالص به یک اولویت اصلی برای شرکت ها و موضوع اصلی در گفتمان های عمومی تبدیل شده است که بیانگر نیاز به سرمایه گذاری چشمگیر و سیاست گذاری در آن و نقش دولت ها، کسب و کارها و افراد در تسریع دستیابی به این هدف است.

ادغام فناوری



جهان در حال تجربه سرعت و مقیاس بی سابقه ای از تغییرات فناوری است. موفقیت در جهان کنونی به طور آشکار به استفاده از تکنولوژی وابسته است. مهم ترین تفاوت دنیای امروز با گذشته، سرعت تحولات فناوری عنوان شده است. تکنولوژی با رشد فزاینده و جهان شمول خود به عنوان عامل اساسی در فرآیند رشد و توسعه و نیرومندترین تحول و پیشرفت اقتصادی جوامع بشری به حساب می آید. پذیرش فناوری هایی مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، رباتیک و متاورس برای حفظ رقابت پذیری کسب و کارها بسیار اهمیت دارند. گزارش توسعه صنعتی

یونیدو در سال ۲۰۲۰، مزایای اقتصادی به کارگیری فناوری های تولید پیشرفته، از جمله افزایش بهره وری و دسترسی بهتر به بازارهای بین المللی و زنجیره های ارزش را نشان می دهد.

مطالعات نشان می دهد، جهان در حال نزدیک شدن به پذیرش انبوه فناوری های تولید پیشرفته است، به طوری که نیمی از شرکت ها در سال های اخیر از هوش مصنوعی استفاده می کنند.

تغییر پویایی افراد



گذار سبز، پیشرفت های تکنولوژیک، تحولات زنجیره تامین و تغییرات جمعیتی و ارزش های اجتماعی باعث تحول و ایجاد مشاغل جدید در صنایع و مناطق می شوند. در مقابل این محرک های مثبت، محرک های منفی از جمله چندپارگی اقتصادی، تنش های ژئواکونومیک فزاینده، بی اعتمادی اجتماعی، رشد اقتصادی کند و بحران هزینه های زندگی قرار دارند. صنایع و سازمان ها باید به طور فعال مهارت های لازم برای آینده را شناسایی و با پویایی های در حال تغییر افراد، چه نیروی کار و چه جامعه گسترده تر، سازگار شوند.

مطالعات اخیر نشان می دهد که بنابر تخمین کارفرمایان، ۴۴ درصد از مهارت های نیروی کار در پنج سال آینده از مهارت های دستی به تمرکز بر شناخت و فناوری منتقل خواهد شد. علاوه بر این، مطالعات نشان می دهد که تغییر در اولویت های کارکنان و تمایل فزاینده برای تغییر سازمان وجود دارد که ناشی از عوامل بسیاری از جمله حقوق، امنیت شغلی، تعادل کار و زندگی، فرسودگی شغلی، اجتماعی و ارزش های برابری است.

۴. حوزه های تاثیرپذیر از تولید پیشرفته

فناوری ها و راه حل های تولید پیشرفته پنج حوزه انعطاف پذیری، کارایی، پایداری، افراد و نوآوری را تحت تاثیر قرار می دهند.

امروزه در محیط پیچیده کنونی که رقابت در آن همچنان رو به افزایش است و بهبود در ظرفیت های رقبا، پیچیدگی محصولات و دستیابی به پیشرفت های جدید فنی و تکنولوژیکی را افزایش داده است، آینده از آن سازمان هایی خواهد بود که خود را با واقعیت جدید و الزامات آن هماهنگ سازند. برای رقابتی ماندن و حرکت در این زمینه، شرکت ها و دولت ها باید از نزدیک با هم همکاری کنند تا فناوری های تولید پیشرفته را برای تسریع تغییراتی که تاثیر واقعی ایجاد می کند، بپذیرند. هریک از این بخش ها خود چندین بخش دیگر را تحت تاثیر قرار می دهد. به عنوان مثال، کارایی که با بهبود دقت در پیش بینی های تقاضا به دست می آید، منجر به کاهش ضایعات و رد پای زیست محیطی می شود. علاوه بر این، با آموزش و توانمندسازی افراد از طریق ابزارهای تولیدی پیشرفته مانند

واقعیت افزوده (AR)^۶ و واقعیت مجازی (VR)^۷، به انجام کارهای تکراری و فیزیکی کمتری نیاز است که این امر زمان بیشتری را برای کارهای با ارزش بالاتر و همچنین همکاری با نیروی کار متنوع و گسترده تر فراهم می کند. هریک از این حوزه ها به عنوان راه حل، ابتدا باید محیط گسترده تر جهانی را که بر تولید پیشرفته تأثیر می گذارد، در نظر بگیرند، اما برای رفع نیازهای محیط محلی (مانند سیاست، مقررات، مهارت های نیروی کار و در دسترس بودن منابع) طراحی شوند. هریک از این حوزه ها و تأثیرات آن ها بر حل چالش های زندگی واقعی و جهانی در ادامه مورد بررسی قرار گرفته و همچنین به منظور درک بهتر مثال های موردی از شرکت ها در خصوص استفاده از فناوری های تولید پیشرفته ارائه شده است.

۴-۱. انعطاف پذیری

بهبود کنترل زنجیره تامین، انعطاف پذیری و پاسخگویی به شوک ها

اقتصاد جهانی با طوفانی از اختلالات، از جمله بحران آب و هوایی^۸، تنش های ژئوپلیتیکی و فناوری های نوظهور مواجه است. این اختلالات پایه های زنجیره های ارزش جهانی را به چالش می کشد و آینده ای را ایجاد می کند که مشخصه آن عدم پیش بینی و بی ثباتی است. با این حال، بیماری همه گیر کووید-۱۹ نیاز به تولید پیشرفته را برای تطبیق سریع، استفاده از قابلیت های تولید محلی و رویکردهای تولید قابل تنظیم مجدد نشان داده که در رفع کمبود محصولات اساسی و ضروری، حمایت از افزایش مقیاس و پاسخ دهی بسیار مهم بوده است.

به منظور آمادگی برای مقابله مؤثر با چالش های جاری و آتی و همچنین رسیدگی به آن ها، زنجیره های ارزش تولیدی باید انعطاف پذیر باشند. نیاز مبرمی به مسئولیت مشترک در بین بخش ها و تغییر موقعیت پویایی از مشتری به سازنده و بازیافت کننده وجود دارد. در پاسخ، بسیاری از سازمان ها استراتژی های زنجیره ای تأمین «Just in case» را به جای «Just in time» اتخاذ می کنند و تولید ناب^۹ و بهترین هزینه را بر تفکر کم هزینه ترجیح می دهند تا رویکردهای انعطاف پذیری و مدیریت ریسک را برای تعادل تقاضا و عرضه افزایش دهند.

برخی از راه هایی که تولید پیشرفته می تواند انعطاف پذیری را بهبود بخشد عبارتند از:

^۶ Augmented Reality

^۷ Virtual Reality

^۸ Climate crisis

^۹ Lean Manufacturing

(یک روش تولید است که هدف اصلی آن کاهش زمان در سیستم تولید و همچنین کاهش زمان پاسخگویی تامین کنندگان به مشتریان است)

- امکان مشاهده سراسر زنجیره ارزش، از تامین کنندگان گرفته تا مشتریان، از طریق رویکردهای مبتنی بر داده های شفاف، مقیاس پذیر و مشارکتی که توسط فناوری های دیجیتال مانند بلاک چین و هوش مصنوعی ایجاد می شود، تسهیل خواهد شد.
- بهینه سازی قابلیت های عرضه و تقاضا و تغییر از زنجیره های تامین Just in time به زنجیره های تامین Just in case از طریق انبارهای هوشمند، سیستم های موجودی و لجستیک، زنجیره های ارزش متنوع، دیجیتالی و کوتاه، فرآیندهای تولید انعطاف پذیر و مبتنی بر فناوری و همکاری در زنجیره ارزش دیجیتالی فعال میسر شده و در نهایت توانایی پیش بینی تقاضای محصول نهایی "واقعی" و پیوند بین اجزای مشترک را بهبود می بخشد.
- تولید ناب برای بهبود انعطاف پذیری، افزایش کارایی و فعال کردن رویکردهای مختلف در مقابل ریسک های بالا و در عین حال به حداقل رساندن ضایعات، بهینه سازی فرآیندها و تقویت همکاری بین بخشی تعبیه می شود.
- بهبود انعطاف پذیری در برابر اختلالات در تولید و زنجیره های ارزش از طریق فناوری های IoT در کارخانه های هوشمند، جمع آوری داده ها در زمان واقعی برای تشخیص مشکل، ارزیابی عملکرد تجهیزات و شناسایی بهبود فرآیند را ممکن می سازد.

تنها ۱۲ درصد از شرکت ها به اندازه کافی در برابر اختلالات آینده در زنجیره تامین محافظت می شوند.

مدیران انتظار دارند که تأثیر اختلالات بر ارزش شرکت ها طی پنج سال آینده بین ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش یابد.

۷۵ درصد از مدیران، همه گیری را به عنوان تمرینی برای مقابله با اختلالات بعدی می دانند.

❖ مثال موردی ۱: شرکت فاکس کان^{۱۰}

شرکت فاکس کان به منظور توزیع سریع محصولات جدید گوشی های هوشمند، افزایش پیچیدگی محصول، استانداردهای سختگیرانه کیفیت و کمبود مهارت نیروی کار، به طور استراتژیک از فناوری های پیشرفته هوش مصنوعی و اینترنت اشیا استفاده کرد. هدف این شرکت دستیابی به تولید بدون نگرانی محصول چابک، افزایش

¹⁰ Foxconn

(فاکس کان نام تجاری شرکت «Hon Hai Precision Industry» در چین بوده و از بزرگ ترین تولیدکننده های قطعات رایانه ای و الکترونیکی جهان و بزرگترین صادرکننده این کشور محسوب می شود)

سریع ظرفیت و تولید انبوه هوشمند از طریق استقرار ۳۷ مورد از فناوری های انقلاب چهارم صنعتی است. کارگاه، آندایز با کنترل های پیشرفته، بازرسی کیفیت خودکار با دقت بالا، بنچمارک^{۱۱} چند سایت و بهینه سازی ظرفیت نتایج قابل توجهی از جمله رشد ۲۹ درصدی معرفی محصول، کاهش ۶۵ درصدی عدم انطباق و کاهش ۵۰ درصدی هزینه های تولید را به همراه داشت. بر اساس جدول ۱، نتایج به کارگیری فناوری تولید پیشرفته این شرکت در حوزه های تاب آوری، بهره وری، مردم و نوآوری قابل مشاهده است.

جدول ۱. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت فاکس کان بر حوزه های مختلف

شهر	شنژن ^{۱۲}
کشور	جمهوری خلق چین
نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته	✓ تاب آوری
	✓ بهره وری
	پایداری
	✓ مردم
	✓ نوآوری

❖ مثال موردی ۲: وسترن دیجیتال^{۱۳}

با رشد سریع تقاضا، الزامات کیفیت دقیق و فشار هزینه درایوهای دیسک سخت (HDD)^{۱۴}، سایت وسترن دیجیتال از اتصال و فناوری های تولید پیشرفته برای تبدیل یک سایت تولید اشباع از ظرفیت به یک سیستم عملیاتی دیجیتال به منظور بهره گیری از فناوری های انقلاب چهارم صنعتی استفاده کرده است. نتایج استفاده از فناوری های تولید پیشرفته این شرکت به شرح زیر است:

- پیش بینی و شناسایی اختلالات عرضه، بهبود ۸۳ درصدی اقدامات پیشگیرانه درخصوص خطر مواد و کاهش ۳۱.۵ درصدی هزینه مواد.
- بهبود ۴۱ درصدی عملکرد شرکت در کاهش ضایعات از طریق مدل یادگیری ماشین.
- کاهش ۱۵ درصدی تعهدات گارانتی.

¹¹ Benchmark

¹² Shenzhen

¹³ Western Digital

(وسترن دیجیتال یکی از بزرگترین تولیدکنندگان دیسک سخت در جهان است)

¹⁴ Hard Disk Drive (HDD)

- برنامه ریزی حمل و نقل هوشمند، یکپارچه سازی محموله ها و بهینه سازی لجستیک با استفاده از داده های عملیاتی ابزارهای یادگیری ماشین و اینترنت اشیا، بهبود ۱۵ درصدی تحویل به هنگام محصول، کاهش ۴۱ درصدی هزینه های حمل و نقل و کاهش ۱۲ درصدی انتشار گازهای گلخانه ای.

این شرکت همچنین همچنین با دانشگاه ها و موسسات فنی محلی مختلفی برای ارتقاء مهارت بیش از ۶۰ درصد نیروی کار همکاری می کند.

جدول ۲. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت وسترن دیجیتال بر حوزه های مختلف

شهر	پراچینبوری ^{۱۵}
کشور	تایلند
نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته	✓  تاب آوری
	✓  بهره وری
	✓  پایداری
	✓  مردم
	✓  نوآوری

۲-۴. کارایی

به حداکثر رساندن ارزش منابع کمیاب

در دنیایی از اختلالات ژئوپلیتیکی، بی ثباتی های اقتصادی و افزایش هزینه های انرژی، شرکت ها با فشار فزاینده ای برای بهینه سازی کارایی و افزایش رقابت پذیری مواجه هستند. اتوماسیون جهانی به عنوان یک کاتالیزور امکان ادغام یکپارچه سخت افزار و نرم افزار را در بین برندها فراهم می کند. این امر فرصت بهره گیری از پتانسیل کامل تولید پیشرفته را فراهم کرده و ارتقا سطوح بهره وری را ممکن می سازد.

برخی از راه هایی که تولید پیشرفته می تواند کارایی را بهبود بخشد عبارتند از:

- استفاده از فناوری هایی مانند سنسورهای بی سیم در پایش وضعیت تجهیزات، سیستم های تعمیر و نگهداری پیش بینی کننده و وسایل نقلیه بازرسی بدون سرنشین و همچنین اجرای نظارت بر تولید به منظور

¹⁵ Prachinburi

بهبود مستمر منجر به افزایش خروجی، اثربخشی تجهیزات برای به حداقل رساندن زمان خرابی و افزایش طول عمر تجهیزات می شود.

- استفاده از اتوماسیون فرآیند هوشمند^{۱۶}، ترکیب رویکردهای نوآورانه و مقیاس پذیر، ربات های متحرک مستقل، سلول های تولید مدولار^{۱۷}، رباتیک و چاپ سه بعدی منجر به کاهش هزینه های عملیاتی و تولید می شود.
- از طریق یکپارچه سازی سیستم های ایمنی، بازرسی و تعمیر مبتنی بر هوش مصنوعی و IoT و همچنین گردش کار دیجیتال و یکپارچه می توان به بهبود کیفیت محصول برای کاهش هزینه ها، افزایش تجربه مشتری و تقویت حفظ مشتری دست یافت.
- مدیریت زنجیره ارزش دیجیتالی شده باعث بهبود تعادل تقاضا و عرضه در بازار و انعطاف پذیری و پایداری می شود.

تحقیقات انجام شده در بین شرکت های تولیدی نشان می دهد که عملکرد زیست محیطی در کارخانه های تولیدی بین بدترین و بهترین کارخانه هایی که محصولات مشابه را با استفاده از فناوری مشابه تولید می کنند، ۵۰۰ درصد متفاوت است.

❖ مثال موردی ۳: شرکت زیمنس AG^{۱۸}

شرکت زیمنس تولید پیشرفته، بهینه سازی تولید و مدیریت زنجیره تامین را پذیرفته است. یکی از فناوری های تولید پیشرفته برجسته به کار گرفته شده، ایجاد یک «دوقلو دیجیتال»^{۱۹} در کارخانه الکترونیک آن بوده است. این ماکت دیجیتال امکان اتوماسیون پیشرفته و تجزیه و تحلیل داده ها را فراهم می کند و عملیات بهینه را تسهیل می کند.

با استقرار رباتیک هوشمند، کنترل های فرآیند مبتنی بر هوش مصنوعی و الگوریتم های تعمیر و نگهداری پیش بینی کننده، این کارخانه بدون افزایش مصرف برق یا تغییر منابع به رشد ۱۴۰ درصدی در خروجی دست

¹⁶ Intelligent Process Automation

¹⁷ Modular production cells

¹⁸ Siemens AG

(شرکت زیمنس یکی از معتبرترین شرکت های صنعتی در آلمان است که هم اکنون در زمینه های انرژی، صنعت، سلامت، زیرساخت و صنایع شهری فعالیت دارد و می توان گفت آینده ی تمام نمای تاریخ فنی و مهندسی آلمان است. زیمنس دامنه گسترده ای از محصولات و خدمات مربوط به مهندسی برق و الکترونیک را ارائه می دهد.)

¹⁹ Digital twin (یک نمایش مجازی از یک موجودیت یا فرآیند در دنیای واقعی است)

یافت. دیجیتالی شدن کف کارخانه منجر به افزایش ۱۴۰۰ درصدی بهره‌وری شد. کارهای وقت‌گیر قبلی، مانند تنظیم دستی تجهیزات و ماشین‌آلات، ساده شده و زمان راه‌اندازی کاهش داده شد. علاوه بر این، کارخانه گام‌های مهمی در جهت دستیابی به هدف انتشار خالص صفر و بهبود آن برداشت.

جدول ۳. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت زیمنس آگ بر حوزه‌های مختلف

شهر	آمبرگ ^{۲۰}
کشور	آلمان
نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته	✓ تاب‌آوری 
	✓ بهره‌وری 
	✓ پایداری 
	✓ مردم 
	✓ نوآوری 

۳-۴. پایداری

کاهش ردپای زیست‌محیطی و دستیابی به انتشار صفر خالص

صنعت تولید نقش مهمی در دستیابی به اهداف کاهش کربن جهانی دارد زیرا تمام زنجیره‌های تولید و ارزش را در بر می‌گیرد و تقریباً ۳۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی را تشکیل می‌دهد.

با درک این موضوع که دستیابی به اهداف کلیدی آب‌وهوایی بدون کاهش قابل توجه در تولید و انتشار مربوط به آن امکان پذیر نخواهد بود، نیاز رو به رشدی برای اقدام در تولید پایدار و مسئولانه وجود دارد. ارتباط بین اقدامات آب‌وهوا و عملکرد کسب‌وکار پایداری و انعطاف‌پذیری را به محرک کلیدی برای مزیت رقابتی تبدیل می‌کند. با این حال، پایداری نمی‌تواند توسط افراد به دست آید و همکاری سیستمی در میان زنجیره‌های ارزش و بین آن‌ها لازم است. تولید پیشرفته نقشی کلیدی در این همکاری ایفا می‌کند و فرصتی را برای پاسخگویی به تقاضای رو به رشد محصولات و خدمات پایدار فراهم می‌کند.

برخی از راه‌هایی که تولید پیشرفته می‌تواند پایداری را افزایش دهد عبارتند از:

²⁰ Amberg

- بهبود تجهیزات تولید، سیستم های مدیریت انرژی مانند (ISO 50001) اندازه گیری هوشمند و مدیریت عملکرد، کنترل فرآیند، منابع انرژی سبز و افزایش آگاهی و ایجاد مهارت های سبز منجر به بهره وری انرژی، ترویج منابع انرژی تجدیدپذیر و تمرکز بر انرژی های با ارزش افزوده بالا می شود.
- استفاده از شیوه های مدیریت ناب^{۲۱}، کنترل کیفیت و سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه (R&D) برای فرآیندهای تولید و حذف فرآیندهای انرژی بر باعث افزایش حفاظت از مواد و آب، دایره های شدن اقتصاد، کاهش آلودگی با همکاری با تامین کنندگان در زمینه ضایعات، به حداقل رساندن شکل و هندسه مواد، کاهش ضایعات محصول، کاهش بالقوه انتشار CO2 به میزان ۲۵ تا ۵۰ درصد و در عین حال بهینه سازی مصرف آب و کاهش آلودگی می شود.
- استفاده از فناوری های تولید پیشرفته منجر به طراحی مجدد محصول، مدل های کسب و کار جدید برای افزایش عمر محصول، تمرکز بر قابلیت اطمینان، دوام، قابلیت تعمیر، قابلیت ارتقا و بازیافت، در عین حال استفاده از حلقه های تولید بسته برای حفظ ارزش محصول می شود.
- استفاده از فناوری های تولید پیشرفته توام با ایجاد آگاهی، تعیین هدف، آموزش و تأثیرگذاری بر رفتارهای مصرف کننده باعث ایجاد تغییرات گسترده تر راهبری زیست محیطی، اجتماعی و شرکتی^{۲۲} و کربن زدایی زنجیره ارزش، بهینه سازی زنجیره تامین و سیستم های لجستیک و یکپارچگی داده ها می شود.

محصولات بازتولید شده در مقایسه با محصولات تولیدی مشابه جدید می توانند تا ۹۸ درصد از انتشار گازهای CO2 جلوگیری کرده و به طور قابل توجهی از چشم انداز جریان بدون زباله پشتیبانی می کنند.

❖ مثال موردی ۴: شرکت اشنایدر الکتریک^{۲۳}

اشنایدر الکتریک یک شرکت تجهیزات الکتریکی فرانسوی چندملیتی است، که در زمینه ی مهندسی برق و تولید تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی، همچنین تجهیزات تولید، توزیع و انتقال انرژی الکتریکی فعالیت کرده و از سنسورهای صنعتی IoT، پلتفرم های دیجیتال، دوقلوهای دیجیتالی بلادرنگ تاسیسات کارخانه مانند پمپ های گرمایش و سیستم های روشنایی استفاده می کند.

²¹ Lean Management (یک روش یا متدولوژی کسب و کاری است که بر به دست آوردن نهایت بهره وری تمرکز دارد)

²² Environmental, social, and corporate governance (ESG)

²³ Schneider Electric

پیاده سازی این فناوری های تولید دستاوردهای قابل توجهی از جمله؛ مدیریت بهینه ۲۵ درصدی انرژی، کاهش ۱۷ درصدی ضایعات و کاهش ۲۵ درصدی انتشار CO2 را به همراه دارد. این شرکت قصد دارد تا سال ۲۰۲۵ به وضعیت کربن صفر خالص دست یابد. علاوه بر این، کارخانه هوشمند مزبور دارای یک ایستگاه بازیافت آب بدون دفع است که به تجزیه و تحلیل ابری و نظارت بر هوش مصنوعی متصل است که منجر به کاهش ۶۴ درصدی مصرف آب می شود.

جدول ۴. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت اشنایدر الکتریک بر حوزه های مختلف

شهر	لوودرویل ^{۲۴}
کشور	فرانسه
نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته	✓ تاب آوری 🌱
	✓ بهره وری ⚙️
	✓ پایداری 🌳
	✓ مردم 👤
	✓ نوآوری 🚀

۴-۴. مردم

توانمندسازی نیروی کار و جامعه برای یک گذار عادلانه

تولید پیشرفته دارای نوآوری و ادغام فناوری در کنار تغییر پویایی افراد (نیروی کار و جامعه) است. با ادغام فناوری در کارخانه ها، نقش انسان ها مهم تر می شود. تولید پیشرفته نگرانی افراد را نسبت به از دست دادن موقعیت های شغلی خود با توسعه و جایگزینی ربات ها برطرف می کند و افرادی با استعداد های متنوع را برای مشاغل تولیدی با مهارت بالا و با دستمزد مناسب، جذب می کند. رویکرد تحول صنعت انسان محور از فناوری ها برای بهره مندی کسب و کارها و نیروی کار آنها استفاده کرده و آنها را برای شکوفایی، کسب مهارت های جدید، محافظت و رشد مشاغل توانمند می کند.

همچنین تولید پیشرفته جوامع قوی تری ایجاد می کند و همکاری بین دولت ها، تامین کنندگان و خدمات پشتیبانی کسب و کار و سرمایه گذاری را در بلندمدت تقویت می کند. در نهایت، زنجیره های تولید و ارزش با اولویت دادن به

²⁴ Le Vaudreuil

مردم، توانمندسازی آنها و یادآوری دائمی این موضوع که همه این فناوری های جدید در راستای خدمت به مردم هستند، به کار خود ادامه می دهند.

برخی از راه هایی که تولید پیشرفته می تواند از مردم حمایت کند عبارتند از:

- برنامه هایی مانند آموزش واقعیت افزوده و واقعیت مجازی، یادگیری تلفن همراه و ایستگاه های کاری هوشمند، منجر به یادگیری آسان و همیشگی برای توسعه مهارت های قابل انتقال، مانند اتوماسیون، رباتیک و هوش مصنوعی می شود.
- تولید پیشرفته کارگران را برای یک انتقال عادلانه توانمند ساخته و آنها را قادر می سازد تا از زمان استراحت به نحو مؤثری استفاده کنند.
- تولید پیشرفته باعث ایجاد یک محیط کاری در دسترس و فراگیر شده و موانع ورود به کار را کاهش می دهد، به عنوان مثال، استفاده از فناوری های واقعیت افزوده دامنه وظایف و مشاغل موجود برای کارکنان جدید را توسعه، انعطاف پذیری، بهره وری و برابری را ارتقا، و فعالیت افراد دارای معلولیت در فروشگاه ها را تسهیل می کند.
- تولید پیشرفته با بهبود ایمنی محصول و رفاه افراد از طریق کاهش نیاز به کارهای تکراری و سخت گیرانه، به افراد این امکان را می دهد تا برای مدت طولانی تری در مشاغل دلخواه خود بدون توجه به سن باقی بمانند.

فناوری های آموزشی پیشرفته نسبت به آموزش حضوری و سنتی می توانند تا ۸۰ درصد اثربخشی آموزش را افزایش داده و منجر به صرفه جویی در هزینه و افزایش مقیاس پذیری شوند.

❖ مثال موردی ۵: شرکت HP سنگاپور

شرکت HP سنگاپور با چالش های بسیاری از جمله پیچیدگی محصول، کمبود نیروی کار، کیفیت و هزینه های بالا مواجه بود. برای حل چالش های مزبور و همسویی با تقاضای ملی برای تولید با ارزش بالاتر، این شرکت به کارگیری فناوری های انقلاب صنعتی چهارم را آغاز کرد که شامل انتقال از فرآیندهای دستی و کار فشرده به جریان های کاری بسیار دیجیتالی و خودکار با قدرت هوش مصنوعی بود. این تحول تأثیر چشمگیری داشت. HP سنگاپور به کاهش ۲۰ درصدی هزینه های تولید و افزایش ۷۰ درصدی در بهره وری و کیفیت دست یافت.

جدول ۵. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت HP سنگاپور بر حوزه های مختلف

سنگاپور	کشور
✓	تاب آوری
✓	بهره وری
	پایداری
✓	مردم
✓	نوآوری

نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته

۴-۵. نوآوری

صنایع شاهد پیشرفت فناوری هایی مانند دستگاه ها و اپلیکیشن های هوشمند و متاورس، در کنار تغییر ترجیحات مصرف کننده و جامعه هستند. تولید پیشرفته نیاز به همکاری با دانشگاه و دولت دارد تا نوآوری را در سراسر صنایع به حرکت درآورده و نحوه تولید را تغییر دهد. این امر به رقابتی ماندن بنگاه ها و صنایع در بازار جهانی که به سرعت در حال تغییر است کمک خواهد کرد.

برخی از راه هایی که تولید پیشرفته منجر به نوآوری می شود عبارتند از:

- تولید پیشرفته با کمک مهندسی و نمونه سازی دیجیتال و پشتیبانی از هوش مصنوعی منجر به طراحی مجدد محصول، افزایش سرعت ورود به بازار، رقابت برای تسریع توسعه محصول، کوتاه کردن زمان تکرار طراحی، کاهش تلاش های نمونه سازی اولیه و بهبود علم ایمنی می شود.
- تولید پیشرفته، با استفاده از فناوری هایی مانند بازارها و اکوسیستم های فعال دیجیتالی که خریداران، فروشندگان و توانمندان را کنار هم جمع می کند و امکان تعامل، یادگیری و مشارکت در فرآیند تولید و کسب و کار خاص را برای آن ها فراهم می آورد، نوآوری در مدل های کسب و کار در مقیاس و مشتری محور را تقویت می کند.
- تولید پیشرفته با تسهیل سفارش سازی و آزمایش محصول از طریق اکتشاف مواد، فرآیندها، طرح ها و رویکردهای مهندسی جدید و با هوش مصنوعی امکانات جدیدی را برای نوآوری ایجاد می کند.
- با بهبود تولید و انعطاف پذیری عملیاتی، فرهنگ همکاری، نوآوری و رشد از طریق ابزارهای مشارکتی، متاورس تقویت می یابد.

❖ مثال موردی ۶: کارخانه سوروکابا

کارخانه سوروکابا فلکس در برزیل یک سیستم جامع با استفاده از فناوری های انقلاب صنعتی چهارم برای بازیافت زباله های الکترونیکی و ادغام مجدد مواد و تغییر کاربری در زنجیره تامین ایجاد کرد. این امر منجر به کاهش ۵۰ درصدی هزینه نیروی کار، کاهش ۸۱ درصدی ضایعات مواد، کاهش ۳۰ درصدی مصرف آب و افزایش ۱۸ درصدی رضایت مشتری و رفاه آنها شد. همچنین بیش از ۱۸۰ شغل مستقیم و ۳۰۰ شغل غیرمستقیم سبز به واسطه به کارگیری تولید پیشرفته در این مجموعه ایجاد شد. سیستم این مجموعه مبتنی بر اقتصاد دایره ای و سازگار با محیط زیست است. از جمله عملکرد کارخانه مزبور در این راستا به شرح زیر است:

- استفاده از سیستم لجستیک معکوس و مبتنی بر آزمایشگاه مواد دایره ای.
- به کارگیری تجهیزات جداسازی خودکار و سطوح های جمع آوری مبتنی بر اینترنت اشیا که آلودگی مواد را به حداقل می رساند.
- استفاد از پلتفرم تجارت الکترونیک و دیجیتالی.
- استفاده از داشبوردهای عملیاتی انتشار CO2 که امکان مشاهده حفاظت از محیط زیست را برای مشتریان و مصرف کنندگان فراهم می آورد.

جدول ۶. تاثیر به کارگیری تولید پیشرفته شرکت سوروکابا بر حوزه های مختلف

شهر	سوروکابا ^{۲۵}
کشور	برزیل
نتایج کلیدی به کارگیری تولید پیشرفته	✓  تاب آوری
	✓  بهره وری
	✓  پایداری
	✓  مردم
	✓  نوآوری

²⁵ Sorocaba

۵. ابتکارات کلیدی برای حمایت از تحول صنعت

ابتکارات کلیدی بسیاری برای حمایت از تحول صنعت و تولید پیشرفته در حال انجام به شرح زیر است:

- شبکه جهانی فانوس دریایی

مرکز زنجیره های تامین و تولید پیشرفته مجمع جهانی اقتصاد، شبکه جهانی فانوس دریایی را برای تشویق به پذیرش فناوری های پیشرفته انقلاب صنعتی چهارم در تولید ایجاد کرده است. این شبکه متشکل از جامعه ای از تولیدکنندگان است که برای استفاده از فناوری های انقلاب صنعتی چهارم در کارخانه ها، زنجیره های ارزش و مدل های کسب و کار، تلاش می کند که منجر به مزایای مالی و عملیاتی قابل توجهی می شود.

- افراد به مثابه آینده تولید

انقلاب صنعتی چهارم در حال تغییر نقش افراد و فناوری در صنعت است و نیاز به درک و پارادایم جدید افزایش نیروی کار وجود دارد. برای رسیدگی به این موضوع، مجمع جهانی اقتصاد، انجمن ابتکار نیروی کار افزوده را با همکاری دانشگاه کمبریج با هدف ایجاد جامعه ای که در آن مدیران صنعت، رهبران فکری و پیشگامان این حوزه تجربیات خود را به اشتراک می گذارند، راه اندازی کرده است.

- شتاب دهنده انتشار صفر خالص در صنعت

هیئت بین دولتی تغییر اقلیم^{۲۶} هشدارهایی در مورد تغییرات آب و هوایی صادر کرده است و شرکت ها را ملزم می کند تا به تعهدات خود در قبال انتشار صفر خالص عمل کنند تا مجوز فعالیت، رقابت و سهم بازار خود را حفظ کنند. بدین منظور، انجمن ابتکار Industry Net Zero Accelerator را با همکاری چندین شریک با هدف ایجاد فضایی بین صنعتی برای مدیران برای همکاری، به اشتراک گذاری دانش و گذار سریع به سمت اهداف توسعه پایدار راه اندازی کرده است.

- تحول دایره ای صنایع

موفقیت در ایجاد تولید پیشرفته نیازمند تغییرات سیستمی است. بدون تعهد همه ذینفعان و تلاش های مشترک جهانی، تحول مدور به سمت رکود و تغییرات کند خواهد رفت. برای اطلاع رسانی جهانی در مورد تحول دایره ای صنایع در نشست سالانه مجمع جهانی اقتصاد ۲۰۲۳ و پس از آن، ابتکار تحول دایره ای صنایع، زمینه های کلیدی را برای ذینفعان به منظور تسریع این تغییر و دستیابی به رشد قوی و پایدار مشخص می کند.

²⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

• استراتژی های صنعتی برای آینده زنجیره های تامین

تحولات جهانی اخیر باعث ارزیابی مجدد پیکربندی های زنجیره تامین جهانی شده است که بر اساس اولویت های جدید از جمله پایداری، انعطاف پذیری، استعداد های ماهر، آمادگی فناوری و تغییر تقاضای مشتری هدایت می شود. برای حفظ رقابت و مدیریت چالش های آینده، شرکت ها و دولت ها باید برای بازنگری در پیکربندی زنجیره های تامین و استراتژی های صنعتی آینده به منظور اطمینان از بهره وری، نوآوری و رشد اقتصادی، همکاری کنند.

منبع گزارش: World Economic Forum