

آینده صنعت فولاد

۱. شناسایی ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد و چشم‌اندازهای فناورانه پیش‌رو

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۶۹۹۲
اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده	۱
مقدمه	۲
۱. شناسایی ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم و چشم‌اندازهای فناورانه پیش رو	۴
۱-۱. چارچوب مفهومی انقلاب صنعتی چهارم و تأثیرات آن بر صنایع	۴
۱-۱-۱. مفهوم انقلاب صنعتی چهارم	۴
۱-۱-۲. برنامه‌سیاستی کشورهای سرآمد در مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم	۵
۱-۲. فناوری‌های کلیدی عصر انقلاب صنعتی چهارم	۱۳
۱-۳. تأثیرات انقلاب صنعتی چهارم بر صنایع	۱۵
۱-۳-۱. اتصال اجزای اکوسیستم صنعت به یکدیگر: هدایت بهتر تصمیم‌گیری	۱۸
۱-۳-۲. سازمان‌های رو به تکامل: سازگاری با فشارها و خواسته‌های جدید	۲۰
۱-۳-۳. توانمند کردن افراد: به چالش کشیدن و قدرت بخشیدن به کارکنان و مشتریان	۲۱
۲. چالش‌ها، فرصت‌ها و ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد	۲۳
۲-۱. مفهوم انقلاب صنعتی چهارم برای صنعت فولاد	۲۳
۲-۲. چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم برای صنعت فولاد	۲۵
۲-۳. فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم برای زنجیره ارزش فولاد	۲۹
۳. چشم‌اندازهای فناورانه پیش روی شرکت‌های فولادی در انقلاب صنعتی چهارم	۳۳
منابع و مآخذ	۳۹



از منظر تاریخی، متخصصان و مورخان تحولات صنعتی، ظهور مشاغل و فناوری‌های جدید را به چند دوره مهم تحت عنوان «انقلاب‌های صنعتی» تقسیم کرده‌اند. تعبیر «انقلابی» برای این دسته از تحولات، اشاره به تغییرات شگرفی دارد که اساس شیوه تولید و مدل‌های کسب‌وکار را دگرگون کرده است. در حال حاضر جهان با مجموعه فرایندهای فناورانه‌ای مواجه است که قاعده بازی را در هر کسب‌وکاری تغییر داده‌اند؛ مفهومی که غالباً با نام «انقلاب صنعتی چهارم»^۱ شناخته می‌شود. فناوری‌های برفکنی همچون فناوری‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، همزاد دیجیتال، چاپ ۳-بعدی، واقعیت مجازی و افزوده، بلاکچین، رایانش ابری و رباتیک پیشرفته از فناوری‌های نوظهور در انقلاب صنعتی چهارم هستند و تأثیرات شگرفی در صنایع تولیدی بزرگ مانند نفت و گاز، خودرو، معدن‌کاری و فولاد دارند.

علاوه بر تغییرات اکوسیستمی و آثار ناشی از آن، اکثر سازمان‌ها در اثر موج‌های انقلاب صنعتی چهارم با تغییرات جدی سازمانی روبه‌رو خواهند شد و این تغییرات عملکرد سازمان‌ها را تحت تأثیر قرار خواهد داد. انقلاب صنعتی چهارم در گسترده‌ترین سطح خود، نه تنها در نحوه عملکرد شرکت‌ها و نحوه تولید کالاها، بلکه بر چگونگی روابط بین اجزای اکوسیستم (تأمین‌کنندگان، مشتریان، ملاحظات نظارتی، سرمایه‌گذاران و سایر ذی‌نفعان) نیز تأثیرگذار خواهد بود. به نظر می‌آید انقلاب صنعتی چهارم نه تنها فرایندهای تولید فولاد بلکه همه زنجیره ارزش را تحت تأثیر قرار خواهد داد. استقرار فناوری‌های نو در زنجیره ارزش فولاد با چالش‌های مختلفی همراه خواهد بود که این چالش‌ها جنبه‌های مختلف کسب‌وکار زنجیره ارزش فولاد را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

دنیای دیجیتال جدید به کارکنان جدید نیاز دارد و پیش‌بینی می‌شود که در نهایت مشاغل ایجاد شده به دلیل دیجیتالی کردن بیشتر از مشاغل از دست‌رفته خواهد بود. بنابراین بازیگران اصلی صنایع مختلف باید با در نظر داشتن موارد ذکر شده خود و کارکنان خود را برای آینده دیجیتال آماده کنند.

به‌طور کلی انقلاب صنعتی چهارم فرصت‌های بسیاری را برای اتصال، هوشمندسازی و دیجیتالی کردن در پیش روی صنعت آهن و فولاد قرار داده است. اغلب فناوری‌هایی که امکان استقرار و استفاده از آن در صنایع تولیدی دیگر وجود دارد، در صنعت فولادسازی نیز کاربردی هستند. حتی برخی از این فناوری‌ها در حال حاضر نیز در تعدادی از شرکت‌های فولادی مطرح دنیا کاربردی شده‌اند و آثار مثبتی از خود نشان داده‌اند. با توجه به رشد اقتصاد جهانی، افزایش تقاضای فولاد و ظهور فناوری‌های نوین می‌توان چشم‌اندازی روشن برای آینده صنعت فولاد به‌ویژه در عصر انقلاب صنعتی چهارم متصور بود. اما باید قبل از قرار گرفتن در مسیر دیجیتالی شدن، یک ارزیابی آگاهانه از مسیر پیش رو و نیازهای آن صورت گیرد.

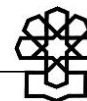
امروزه تولیدکنندگان فولاد و سایر صنایع معدنی با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، فرصت عظیمی برای تغییر مدل‌های عملیاتی خویش دارند. این فرصت‌ها را به بهبود بهره‌وری عملیاتی، خدمات به مشتری، سطح موجودی و حاشیه سود قادر می‌سازد. با توجه به کاهش چشمگیر هزینه‌های اکتساب، ذخیره و تجزیه و تحلیل داده در پنج سال گذشته، به‌نظر می‌رسد دوران دیجیتالی کردن در صنعت فولاد همچون سایر صنایع فرا رسیده است و آینده متعلق به بازیگرانی است که از امروز به فکر راهبرد دیجیتال هستند. شرکت‌های مطرح جهانی برای استفاده هر چه بهتر از این فرصت‌ها پیش‌بینی‌های لازم را از آینده روند فناوری‌ها انجام داده‌اند و با توجه به آن برنامه‌های توسعه‌ای خود را تدوین کرده‌اند. خبرگان و تولیدکنندگان بزرگ صنعت فولاد، اکتساب تجهیزات و ماشین‌آلات پیشرفته را در صدر فعالیت‌ها و آموزش و بازپروری کارکنان را در رده بعدی قرار می‌دهند. در این میان شرکت‌هایی هستند که هم‌اکنون نیز کار را شروع کرده‌اند و سعی در پیشرو بودن در این مسیر دارند و شرکت‌هایی هم هستند که بدون توجه به واقعیات دنیای دیجیتال پیش رو، در خطر از دست دادن بازار و عقب ماندن از رقابت قرار دارند. تأثیرات انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد امری جدی است و شرکت‌های فولادی در کشور می‌توانند با انجام برنامه‌ریزی‌های لازم از این امر به‌عنوان یک فرصت استفاده کرده و جایگاه خود را در بازار جهانی فولاد تثبیت کنند.

مقدمه

تغییرات گسترده و پیشرفت‌های فناورانه در سراسر جهان، به یکی از داغ‌ترین مباحث در کسب‌وکار امروز و وضعیت آینده آن تبدیل شده است. شرایط به‌گونه‌ای است که فناوری‌های نوین با به‌کارگیری داده‌ها، به تحول همه‌جانبه‌های سنتی صنایع تولیدی و خدماتی منجر می‌شوند. به یقین جهان با مجموعه فرایندهای فناورانه‌ای مواجه است که قاعده بازی را در هر کسب‌وکاری تغییر داده‌اند؛ مفهومی که غالباً با نام «انقلاب صنعتی چهارم»^۱ شناخته می‌شود. درحقیقت، مفهوم انقلاب صنعتی چهارم چنان تأثیرگذار است که موضوع مجمع جهانی اقتصاد در ژانویه سال ۲۰۱۶ در داووس سوئیس، «تسلط بر انقلاب صنعتی چهارم»^۲ بوده است.

به بیان کلی فناوری‌های «صنعت ۴/۰»^۳ اطلاعات دیجیتال را از منابع و مکان‌های دیجیتال و فیزیکی مختلف با هم ترکیب می‌کند و انقلاب صنعتی مذکور، فناوری‌هایی چون اینترنت اشیا^۴ و تحلیل

-
1. Fourth Industrial Revolution
 2. Mastering the Fourth Industrial Revolution
 3. Industry 4.0
 4. Internet of Things



داده،^۱ تولید افزاینده^۲ (چاپ ۳-بعدی^۳)، روباتیک،^۴ رایانش با عملکرد بالا،^۵ هوش مصنوعی^۶ و فناوری‌های شناختی،^۷ مواد پیشرفته،^۸ واقعیت مجازی^۹ و افزوده^{۱۰} را شامل می‌شود. پذیرش مفهوم انقلاب صنعتی چهارم و بهره‌گیری از فناوری‌هایی که به آن اشاره شد، مشخصاً از دو بعد در سازمان‌ها و کسب‌وکارها شگفتی‌آفرین خواهد بود. نخست با کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری در زنجیره ارزش تولید و دوم با خلق مدل‌های جدید کسب‌وکار. از دیدگاه نخست، افزایش بهره‌وری از طریق اتوماسیون، خودکارسازی، ارتباط دیجیتالی بین ماشین‌های تولید، اشیای متصل به اینترنت و در نهایت انسان‌ها رخ خواهد داد. اینترنت اشیاء، اینترنت اشیای صنعتی^{۱۱} و اینترنت انسان‌ها^{۱۲} از مفاهیم نوظهور این انقلاب به‌شمار می‌آیند که موجب تحقق فرصت‌های کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری شده‌اند. از منظر دوم، با توسعه فناوری‌ها، مدل‌های جدید کسب‌وکار خلق می‌شوند و مدل‌های قدیمی با فرایند دیجیتالی کردن بسیار دگرگون خواهند شد. به‌طور نمونه مفهوم اقتصاد اشتراکی و استفاده از ظرفیت‌های پنهان و بلااستفاده، صنعت حمل‌ونقل و مدل‌های کسب درآمد در آن را به‌کلی متحول کرده است. همچنین امروز صحبت از گسترش مفهوم ابری کردن^{۱۳} به صنایع منبع‌محوری نظیر معدن، صنایع معدنی و نفت و گاز است.

شرایط در انقلاب صنعتی چهارم به‌گونه‌ای است که مدیران اجرایی شرکت‌های تولیدی و خدماتی برای بقا در دنیای دیجیتال، چاره‌ای جز همراهی با این فناوری‌ها ندارند. نهادهای سیاستگذار، قانونگذاران و دولت‌ها نیز برای حمایت از ارتقای تولید، خلق درآمد پایدار اقتصادی و افزایش خدمات شهروندی موظفند راه توسعه این فناوری‌ها را تسهیل کنند. به‌طور خاص به ویژگی نوپدید بودن فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم توجه کرد. این ویژگی سبب می‌شود فرصت رقابت برای کشورهایی که از قطار توسعه فناوری‌های مرسوم جامانده‌اند فراهم شود. به عبارتی کشورهایی که همیشه مصرف‌کننده و واردکننده فناوری بوده‌اند، با یک برنامه‌ریزی هدفمند و استراتژیک در همه سطوح مدیریتی و تولیدی، می‌توانند خود به بازیگران اصلی دنیای تولید هوشمند بدل شوند. اگر غیر از این باشد، با تحولات و چشم‌اندازی که در انقلاب صنعتی چهارم قابل مشاهده است، سطح وابستگی و عقب‌ماندگی در کشورهای جهان سوم

1. Analytics
2. Additive Manufacturing
3. 3D Printing
4. Robotics
5. High Performance Computing
6. Artificial Intelligence
7. Cognitive Technologies
8. Advanced Materials
9. Virtual Reality
10. Augmented Reality
11. Industrial Internet of Things
12. The Internet of Humans (IOH)

اینترنت انسان‌ها از تطبیق موضوع‌های سلامت، حسگرهای داخل بدن، ژنوم انسانی، شبکه‌های اجتماعی و داده‌های کلان قابل تصور است.

13. Uberization

مضعف شده و مسئله به سطح بالایی از تهدید استراتژیک برای امنیت اقتصادی و اجتماعی یک کشور تبدیل می‌شود.

برنامه‌ریزی برای مواجهه، پذیرش و کاربست ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم در هر حوزه صنعتی، مسئله‌ای ضروری است. اما نخست باید اطلاعات و مبانی شناختی لازم برای این برنامه فراهم شود. در این گزارش، ابتدا به بررسی چارچوب مفهومی انقلاب صنعتی چهارم با تکیه بر تأثیرات آن بر صنایع تولیدی (به‌طور ویژه صنعت فولاد) به منظور درک جوانب‌شناختی این انقلاب پرداخته شده است. سپس چالش‌ها و فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد به منظور شناسایی موانع و چشم‌اندازهای پیش رو، مورد بررسی و مذاقه قرار گرفته است. در نهایت، این مبانی‌شناختی و تحلیلی، برای گزارش‌های آتی^۱ فرصت واکاوی شکاف‌های موجود در برنامه‌های سیاستی و عملیاتی در صنعت فولاد و ارائه پیشنهاد‌های عملیاتی برای حرکت در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم را فراهم خواهد کرد.

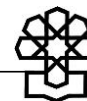
۱. شناسایی ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم و چشم‌اندازهای فناورانه پیش رو

۱-۱. چارچوب مفهومی انقلاب صنعتی چهارم و تأثیرات آن بر صنایع

۱-۱-۱. مفهوم انقلاب صنعتی چهارم

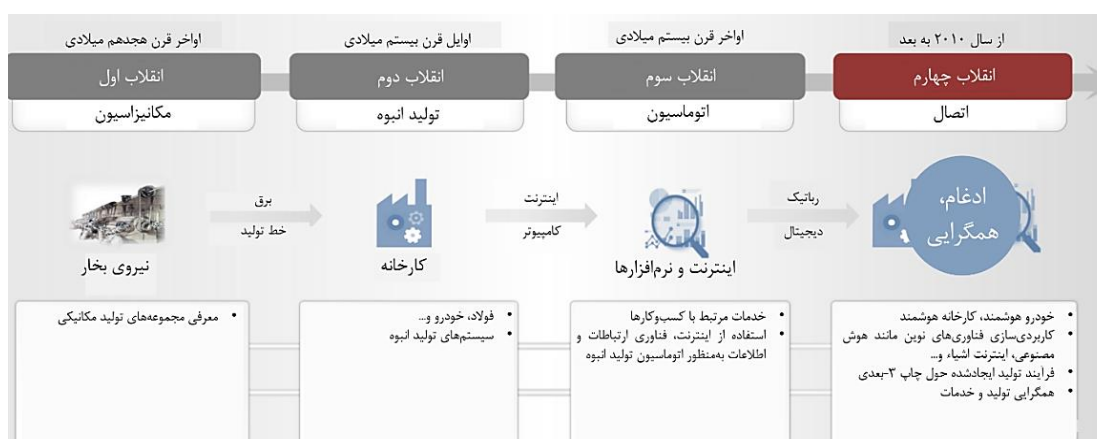
از منظر تاریخی، متخصصان و مورخان تحولات صنعتی، ظهور مشاغل و فناوری‌های جدید را به چند دوره مهم تحت عنوان «انقلاب‌های صنعتی» تقسیم کرده‌اند. تعبیر «انقلابی» برای این دسته از تحولات، اشاره به تغییرات شگرفی دارد که اساس شیوه تولید و مدل‌های کسب‌وکار را دگرگون کرده است. به‌طور خلاصه انقلاب صنعتی اول با اختراع ماشین بخار و مکانیکی شدن فرایند تولید آغاز شد و پس از آن در انقلاب صنعتی دوم کارخانه‌ها و خطوط عملیاتی جدید، امکان تولید انبوه را فراهم ساختند. انقلاب صنعتی سوم با ظهور رایانه و اینترنت شکل گرفت و اتوماسیون فرایندها با پیشرفت فناوری حاصل شد. در انقلاب صنعتی چهارم با پدیدار شدن فناوری‌های نوین، تمرکز به سمت اتصال همه‌جانبه (ماشین با ماشین، ماشین با انسان، فرایند با فرایند و ...) پیش رفت. فناوری‌هایی که به‌تنهایی یا با ادغام و تأثیر توانی بر یکدیگر می‌توانند موجب تأثیرات و تغییراتی شگرف بر تمامی صنایع شوند. به‌عنوان نمونه در این انقلاب، ترکیب نانو رباتیک و فناوری زیستی با علوم شناختی و رایانش با عملکرد بالا، می‌تواند شیوه زندگی فردی و اجتماعی انسان را دگرگون کند. به صورت بصری در شکل ۱، پیش‌زمینه‌ها و ویژگی‌های هریک از چهار انقلاب صنعتی نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در انقلاب صنعتی چهارم، ادغام و همگرایی فناوری‌ها بسیار تحول‌آفرین بوده و هوشمندسازی موضوع مهمی در صنایع

۱. که متعاقباً در گزارش فازهای بعدی ارسال خواهد شد.



تولیدی و خدماتی به‌شمار می‌آید. به بیان دیگر، مسئله «اتصال» در این انقلاب بر شیوه و فناوری‌های تولید و مدل‌های کسب‌وکار تأثیر بسزایی خواهد داشت و مدیران صنایع (به‌ویژه در صنایع کلیدی و مادر در یک کشور) ناگزیر از درک و کاربست مفهوم اتصال و هوشمندی در صنعت خود خواهند بود. اگرچه می‌توان عنوان کرد که انقلاب صنعتی چهارم برپایه انقلاب پیشین (صنعتی سوم؛ یا عصر اینترنت و نرم‌افزارها) بنا نهاده شده است، اما انقلاب چهارم با داشتن ساختاری متفاوت در «سرعت، دامنه و اثرگذاری» می‌تواند به‌محو کردن مرزهای فیزیکی، دیجیتال و مهم‌تر از همه بیولوژیکی منجر شود. در چارچوب این انقلاب همه جنبه‌های دانش و خلاقیت با هوشمندی فناوری^۱ ترکیب شده‌اند تا به محصول یا خدمتی بسیار مفیدتر و قدرتمندتر تبدیل شوند.

شکل ۱. پیش‌زمینه و ویژگی‌های هر یک از چهار انقلاب صنعتی



Source: Yong-doo Cho (2017).

اگرچه انقلاب صنعتی چهارم یک مفهوم جهانی است، اما اشکال و نام‌های متفاوتی را در سراسر جهان به خود گرفته است. در آلمان، آن را «صنعت ۴/۰»، در ایالات متحده «تولید پیشرفته»^۲، در چین «رویکردهای ساخته شده در چین ۲۰۲۵»^۳ و «اینترنت پلاس»^۴ می‌نامند و نهایتاً در ژاپن از عبارت «استراتژی روبات‌های جدید»^۵ استفاده می‌کنند. نکته حائز اهمیت این است که اگرچه این مفاهیم باهم متفاوتند، اما در یک چیز اشتراک دارند: «کمک به صنعت برای رویارویی با یک عصر جدید و مبتنی بر اطلاعات».

۱-۱-۲. برنامه سیاستی کشورهای سرآمد در مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم

کشورهای پیشرو تحت عناوین مختلف در حال برنامه‌ریزی و مواجهه با انقلاب صنعتی چهارم هستند. آلمان

1. Technology Intelligence
2. Advance Manufacturing
3. Made in China 2025
4. Internet Plus
5. New Robot Strategy

اولین کشوری بود که در سال ۲۰۱۰ برنامه‌ای با عنوان «صنعت ۴/۰» تدوین و اقدام‌های لازم را برای تحقق این امر پیش‌بینی کرد. این کشور تاکنون بیش از ۲۰۰ میلیون یورو برای این امر هزینه کرده و هدف از این برنامه را «توسعه سیستم‌های فیزیکی - سایبری»^۱ و «ایجاد کارخانه‌های هوشمند»^۲ اعلام کرده است. کشورهای پیشرفته دیگر نیز اقدام‌هایی در خصوص برنامه‌ریزی‌های سیاستی و اختصاص بودجه‌های گزاف برای پیشروی در چارچوب این انقلاب صنعتی انجام داده‌اند. برای مثال چین، آمریکا و کره جنوبی به ترتیب سه کشوری هستند که بیشترین هزینه را برای پیاده‌سازی برنامه‌های خود به منظور بهره‌گیری از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم اختصاص داده‌اند. در شکل ۲، نام برنامه به همراه هدف، میزان بودجه اختصاص داده شده و تاریخ شروع هریک به‌طور جداگانه برای کشورهای پیشرو نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود چین با هزینه‌کرد بالای ۲۲۰۰ میلیون یورویی، قصد دارد با اولویت‌بخشی به گسترش حوزه دیجیتال به تمامی صنعت، خود را به «ملتی با تولید قوی» تبدیل کند. در مرتبه بعدی (از لحاظ هزینه‌کرد)، آمریکا قرار دارد که تمرکز خود را بر تولید مواد پیشرفته و حفظ رقابت‌پذیری صنایع تولیدی معطوف کرده است. در این میان کشورهای بلژیک و ایتالیا کمترین میزان هزینه‌کرد را دارند. با این وجود، اهداف تعیین شده توسط این کشورها عزم آنها را برای بهره‌گیری از مزایای ناشی از فناوری‌های عصر جدید نشان می‌دهد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد کشورهای مختلف، هرکدام به نوعی نسبت به تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، واکنش سیاستی نشان داده‌اند. لیکن نوع رویکرد کشورهای پیشرو در این زمینه به دلیل ماهیت راهبردی این انقلاب و فناوری‌های مربوطه، شایان توجه است. لذا در ادامه به بررسی جزئی‌تر برنامه‌های پنج کشور پیشرو در حوزه برنامه‌ریزی برای انقلاب صنعتی چهارم؛ شامل آلمان، آمریکا، ژاپن، چین و کره جنوبی پرداخته خواهد شد.



شکل ۲. برنامه، اهداف و بودجه کشورهای مختلف در رابطه با انقلاب صنعتی چهارم



Source: Levin (2018).

الف) آلمان: برنامه صنعت ۴/۰ در کشور آلمان یک ابتکار استراتژیک ملی است که توسط دولت این کشور آغاز و از طریق وزارت آموزش و تحقیقات^۱ (BMBF) و وزارت امور اقتصادی و انرژی آن کشور^۲ (BMWi) پیگیری می‌شود. هدف از این کار، تولید دیجیتال به کمک افزایش دیجیتال‌سازی و به هم متصل کردن محصولات، زنجیره‌های ارزش و مدل‌های کسب و کار است. همچنین این هدف‌گذاری از تحقیقات، شبکه‌سازی شرکای کلیدی و استانداردهای پشتیبانی می‌کند. شکل ۳، ویژگی‌های این برنامه را به صورت جزئی شرح می‌دهد. این برنامه برای بازه ۱۰ تا ۱۵ سال پیش‌بینی شده است و تاکنون دو وزارتخانه مذکور بودجه ۲۰۰ میلیون یورویی به اجرای برنامه‌ها و تحقق اهداف آن اختصاص داده‌اند.

1. Ministry of Education and Research
 2. Ministry for Economic Affairs and Energy

شکل ۳. ویژگی‌های برنامه صنعت ۴/۰ آلمان

 خط مشی (ها)	ابتکار عمل حمایت‌شده و دولتی که از طریق گفتگوی ذی‌نفعان اجرا می‌شود
 مدل تأمین مالی	ترکیب بودجه عمومی با کمک‌های مالی خصوصی؛ پیشنهاد نسبت بین دو به یک یا پنج به یک بین سرمایه‌گذاری خصوصی و سرمایه‌گذاری دولتی
 مخاطبان	تولیدکنندگان / سازندگان، SMEها و سیاست‌گذاران
 حوزه‌های تأثیر و تمرکز	نوآوری دیجیتال و بازار فناوری اطلاعات و ارتباطات: تحول در مدل‌های تجاری و ارائه محصول / خدمات
 پیشران‌های کلیدی	توسعه ایده توسط بازیگران پژوهشی، تجربه اصلاح در تولید و اتحادیه‌های فعال
 موانع کلیدی	رقابت در بین بازیگران پیشرو در حوزه ICT
 استراتژی پیاده‌سازی	دستور کار جامع تحقیق و پلتفرم صنعت ۴.۰ به عنوان پایه و اساس شبکه برای تحول دیجیتال
 نتایج کسب‌شده	کاهش تفکیک صنعت، تبدیل دستور کارها به عمل، راه اندازی پلتفرم با ۱۵۰ عضو
 بودجه	۲۰۰ میلیون یورو از BMBF و BMWI که با کمک‌های مالی از سمت صنعت تکمیل می‌شود
 عامل منحصربه‌فرد بودن	تبدیل سریع از دستور کار تحقیق به عمل و پلتفرم اصلی، و ایجاد بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین شبکه صنعت ۴.۰ در سطح جهان
 ارزش افزوده برای سیاست‌گذاران	یک ابتکار استراتژیک برای تحکیم رهبری فناوری در مهندسی مکانیک و کمک به سیاست‌گذاران برای پیشبرد صنعت ۴.۰ در همه سطوح
 تأثیر مورد انتظار	یک چارچوب استوار و قابل اعتماد برای توسعه موقعیت رقابتی آلمان در تولید از طریق توصیه‌ها و اقدامات

Source: Germany:Industrie 0/4. Digital Transformation Monitor, European Commission (2017).

شایان ذکر است، تقریباً ۱۵ میلیون شغل در آلمان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با تولید کالا در ارتباط است، لذا تحولات دیجیتال جدید در صنعت این کشور، برای شرکت‌ها فرصت‌های کلیدی مهیا می‌کند. لذا آلمان به‌عنوان یک تولیدکننده پیشرو تجهیزات صنعتی در سطح جهان و برای تقویت توان رقابت بین‌المللی تولید خود و شرایط بهتر برای اشتغال‌زایی، ضرورت تحول دیجیتال در صنعت را بیش‌ازپیش احساس می‌کند. به‌طور کلی، هدف برنامه «صنعت ۴/۰» در آلمان، تضمین صنعت مناسب برای تولید آینده در این کشور است. این برنامه از ادغام سیستم‌های فیزیکی - سایبری و اینترنت اشیا و خدمات^۱ (IoT) با هدف تقویت بهره‌وری و انعطاف‌پذیری فرایندهای تولید و در نتیجه رشد اقتصادی پشتیبانی می‌کند.



ب) آمریکا: ایالات متحده آمریکا مدت‌هاست که توانایی خود در تولید کالا و فروش آنها را در بازارهای داخلی و جهانی رونق بخشیده است. تولید تقریباً در هر بخش از اقتصاد ایالات متحده نقش مهمی دارد و از صنعت فضایی تا مواد دارویی و حتی فراتر از آن گسترش یافته است. ذکر این نکته حائز اهمیت است که «تولید پیشرفته» که هم شامل روش‌های تولید جدید و هم تولید محصولات جدید از طریق نوآوری است، به موتور قدرت اقتصادی آمریکا و ستونی برای امنیت ملی این کشور تبدیل شده است؛ زیرا فناوری‌ها و نوآوری‌های جدید باعث افزایش بهره‌وری، تولید محصولات جدید و ایجاد صنایع کاملاً جدید و درنهایت بهبود مداوم اقتصاد می‌شوند. شایان ذکر است تغییرات فضای اقتصادی آمریکا در قرن اخیر از جمله کاهش شدید اشتغال تولیدی در دهه ۱۹۹۰ و تسریع آن در خلال رکود سال ۲۰۰۸، منجر به اتخاذ تصمیم‌های جدید و تدوین برنامه‌هایی برای حفظ پیشروی آمریکا در زمینه تولید و مواد پیشرفته شده است، به‌ویژه آنکه در حال حاضر ۸/۵ درصد از نیروی کار آمریکا به مشاغل تولیدی متعلق است.

عطف به نکات فوق‌الذکر در مورد اهمیت تولید پیشرفته برای آمریکا، این کشور برای انقلاب صنعتی چهارم برنامه خاصی را تدارک دیده است. «برنامه‌ریزی طرح تولید پیشرفته» توسط شورای ملی علوم و فناوری^۱، کمیته فناوری این شورا و زیرکمیته اختصاصی برای تولید پیشرفته تدوین شده است. این چشم‌انداز برای رهبری آمریکا در تولید پیشرفته در بخش‌های صنعتی و برای اطمینان از امنیت ملی و رونق اقتصادی، به منظور دستیابی به سه هدف ارائه شده است:

۱. توسعه و گذار به فناوری‌های جدید تولید،

۲. آموزش، پرورش و اتصال نیروی کار تولیدی،

۳. گسترش قابلیت‌های زنجیره تأمین تولید داخلی.

هرکدام از این اهداف کلان، خود در قالب اهداف خردتری تدوین و تنظیم شده‌اند که در جدول ۱ ذکر شده است. برخی از این اهداف، از منظر راهبردی بسیار شایان توجه است؛ از جمله هدف «تسخیر آینده سیستم‌های تولید هوشمند» و «تشویق اکوسیستم‌های مربوط به نوآوری در صنعت». حتی در این برنامه جوامع روستایی و تولیدکنندگان کوچک و متوسط نیز مورد توجه ویژه سیاستگذار قرار داشته‌اند.

جدول ۱. اهداف کلان و خرد آمریکا از اجرای برنامه تولید پیشرفته

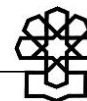
هدف کلان	هدف خرد
توسعه و گذار به فناوری‌های جدید تولید	تسخیر آینده سیستم‌های تولید هوشمند
	توسعه فناوری‌های پیشرو جهانی در مواد و فرایند
	اطمینان به دستیابی محصولات دارویی داخلی از طریق تولید داخلی
	حفظ رهبری در طراحی و ساخت محصولات الکترونیک
آموزش، پرورش و اتصال نیروی کار تولیدی	تقویت فرصت‌هایی برای تولید مواد غذایی و کشاورزی
	جذب و رشد نیروی کار تولید فردا
	گسترش مسیرهای شغلی و آموزش فنی و به‌روز کردن آنها
	ارتقای کارآموزی و دسترسی به اعتبارهای شناخته شده در صنعت
گسترش قابلیت‌های زنجیره تأمین تولید داخلی	مطابقت کارگران ماهر با صنایعی که به آنها نیاز دارند
	افزایش نقش تولیدکنندگان کوچک و متوسط در تولید پیشرفته
	تشویق اکوسیستم‌های مربوط به نوآوری در صنعت
	تقویت پایگاه تولیدات دفاعی
	تقویت تولید پیشرفته برای جوامع روستایی

Source: Ted Wackl (2018).

ج) ژاپن: برنامه کشور ژاپن در زمینه انقلاب صنعتی چهارم، «استراتژی روبات‌های جدید» نام دارد. تعالی ژاپن در این زمینه، به‌ویژه در موضوع روبات‌های صنعتی بسیار قابل توجه و زبانزد است. ژاپن موقعیت جهانی خود را به‌عنوان تأمین‌کننده شماره یک روبات‌های صنعتی در جهان حفظ کرده است. همچنین این کشور از منظر «تعداد واحدهای فعال در حوزه روباتیک» صدرنشین است. ژاپن ۵۰ درصد ارزش ایجاد شده ناشی از صنعت روبات در دنیا را در اختیار دارد. علاوه بر این ژاپن ۹۰ درصد قطعات اصلی مرتبط با ساخت روبات را در جهان تولید می‌کند. برنامه سیاستگذاران ژاپنی به‌عنوان ابرقدرت روباتیک مبتنی بر حفظ جایگاه خود در زمینه‌های مختلف و مرتبط با روباتیک، اعم از تولید، کاربری، عرضه قطعات اصلی تا تحقیق و توسعه، مشتمل بر سه اصل زیر است:

۱. توسعه حسگرهای پیشرفته و فناوری هوش مصنوعی برای ورود فناوری روباتیک به حوزه‌ها و کاربردهای جدید (به‌عنوان مثال خودرو، لوازم خانگی، تلفن همراه یا مسکن نوعی از روبات‌ها محسوب می‌شوند).
۲. استفاده از روبات‌ها در سایت‌های تولیدی و همچنین موارد مختلف زندگی روزمره که منجر می‌شود به:
۳. تشکیل جامعه‌ای که ارزش‌افزوده، راحتی و ثروت جدید را از طریق تقویت رقابت جهانی در زمینه تولید و خدمات و همچنین حل‌وفصل موضوع‌های اجتماعی ایجاد می‌کند.

د) چین: در سال ۲۰۱۵ طرح «ساخت چین» توسط نخست‌وزیر این کشور با هدف مدرن‌سازی توان صنعتی چین کلید خورد. این طرح در قالب یک استراتژی ۱۰ ساله جامع، به‌شدت بر تولید هوشمند در ۱۰ بخش استراتژیک متمرکز است (این ۱۰ بخش در شکل ۴ قابل مشاهده است). هدف برنامه مذکور



این است که موقعیت چین را به یک بازیگر مهم جهانی در صنایع پیشرفته مانند رباتیک، هواپیمایی، وسایل نقلیه جدید و در زمینه انرژی از قبیل برق و زیست‌گاز^۱ ارتقا دهد. محور این طرح، تحقیق و توسعه دیده شده است که یک عنصر مهم در رشد و رقابت پایدار چین برای دهه‌های آینده و یک اقتصاد توسعه‌یافته به‌شمار می‌آید. نکته مهمی که در طرح «ساخت چین» برنامه‌ریزی شده است، باقی ماندن این کشور در بازار رقابت تولید ارزان در کنار کشورهایی همچون ویتنام در عین پیشرفت صنعتی است. یکی از نکات جالب در انتخاب بخش‌های دهگانه استراتژی طرح «ساخت چین» برای توسعه فناوری‌های دنیای آینده، عدم حضور صنعت فولاد است. این در حالی است که چین با اختلاف بزرگ‌ترین تولیدکننده این آلیاژ در جهان است و تمرکز خود را در این حوزه روی توسعه مواد جدید قرار داده است. طرح «ساخت چین» شامل جایگزین کردن اتکا چین به واردات فناوری خارجی با نوآوری‌های بومی و خاص خود و ایجاد شرکت‌های چینی است که توان رقابت هم در داخل و هم در جهان را داشته باشند. به بیان دیگر در این برنامه تأکید شدیدی بر «داخلی کردن فرایند تولید» وجود دارد. همچنین در برنامه چین برای انقلاب صنعتی چهارم، تمایل شدید به افزایش تولید نه تنها در اجزا و قطعات بلکه در زمینه محصول نهایی نمایان است. یکی دیگر از اهداف این برنامه سرمایه‌گذاری در نوآوری، فناوری و تولید هوشمند (ترکیب اینترنت با حسگرهای بی‌سیم و رباتیک برای بهبود راندمان تولید، کیفیت و بهره‌وری) در زمینه‌هایی مانند یادگیری ماشین، با تمرکز بر کیفیت است به‌گونه‌ای که کپی و تکرار آن از طریق مهندسی معکوس به‌سادگی میسر نباشد. پیش‌بینی شده است که در صورت موفقیت این برنامه، چین «زنجیره ارزش افزوده» خود را بهبود خواهد بخشید و از یک تولیدکننده ارزان‌قیمت به یک رقیب مستقیم برای کشورهایی مانند کره جنوبی، ژاپن و آلمان تبدیل خواهد شد.

شکل ۴. بخش‌های منتخب برنامه انقلاب صنعتی چهارم تحت عنوان «ساخت چین»



Source: ISDP (2018).

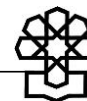
هـ) کره جنوبی: به‌طور رسمی در ژوئن سال ۲۰۱۴، استراتژی «نوآوری در صنعت تولید ۳/۰»^۱ در کره جنوبی اجرایی شد. این برنامه بخشی از سیاست‌های دولت کره جنوبی، در زمینه «اقتصاد خلاق» است که با هدف معرفی نوآوری در فرایند تولید، از جمله گسترش استفاده از کارخانه‌های هوشمند و توسعه فناوری‌های اصلی مرتبط با انقلاب صنعتی چهارم مانند اینترنت اشیا، چاپ ۳-بعدی و کلان‌ارائه شده است. بایستی توجه داشت در استراتژی کره جنوبی برای انقلاب صنعتی چهارم، منظور از کارخانه‌های هوشمند فقط اتوماسیون فرایند تولید نیست، بلکه کارخانه هوشمند به کارخانه‌ای اطلاق می‌شود که همه مؤلفه‌ها به‌طور آبی با یک سیستم عامل هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا به یکدیگر متصل می‌شوند. مفهوم یک کارخانه هوشمند اساساً به مدل آینده کارخانه‌ها اشاره دارد که انتظار می‌رود تا سال‌های آینده با ۳۰ درصد بهره‌وری بیشتر از کارخانه‌های فعلی وارد مدار تولید شوند.

در همین راستا در سال ۲۰۱۷، بخش‌های خصوصی و دولتی کره جنوبی توافق کردند که تا سال ۲۰۲۵ تعداد کارخانه‌های هوشمند داخلی را به بیش از ۳۰,۰۰۰ واحد دارای جدیدترین فناوری‌های دیجیتال و تحلیلی، افزایش دهند. به منظور تقویت و پیشبرد این هدف‌گذاری، وزارت تجارت، صنعت و انرژی کره جنوبی^۲ برنامه‌های دولت را در حمایت از بنگاه‌های کوچک و متوسط^۳ به منظور گسترش فناوری‌های کارخانه هوشمند قرار داده است. اهمیت این موضوع بدین دلیل است که بیش از ۹۹ درصد شرکت‌ها را در کره مشاغل کوچک و متوسط تشکیل می‌دهند و آمار و اطلاعات دولتی نشان می‌دهد که صادرات از بنگاه‌های کوچک و متوسط در حال افزایش است.

برای موفقیت در این استراتژی، از منظر نیروی انسانی نیز برنامه‌هایی مدنظر قرار گرفته است. دولت برای کمک به آموزش ۴۰,۰۰۰ کارگر ماهر برای کار در سایت‌های تولیدی کاملاً خودکار، برنامه‌ریزی‌های متنوع آموزشی در نظر گرفته است. نکته مهم اینکه هدف‌گذاری دولت کره جنوبی برای کارخانه‌های هوشمند تغییرات پر اهمیتی را نیز تجربه کرده است. درحالی‌که قبلاً برای ۱۰,۰۰۰ کارخانه هوشمند تا سال ۲۰۲۰ برنامه‌ریزی شده بود، این رقم در حال حاضر به ۳۰,۰۰۰ کارخانه هوشمند تا سال ۲۰۲۵ افزایش یافته است. این افزایش چشمگیر در هدف‌گذاری نشان می‌دهد که کره جنوبی تصمیم به پیروی از پیشرفت سریع دیجیتالی کردن کامل و اتوماسیون در عصر انقلاب چهارم صنعتی گرفته است.

در این بخش، برنامه‌های سیاستی دولت‌های پیشرو برای نقش‌آفرینی و آینده‌سازی در انقلاب صنعتی چهارم، مورد بررسی قرار گرفت، اما برای درک بهتر این «عصر جدید» (با هر نامی که بدان اطلاق شده باشد) لازم است مفاهیم با عمق بیشتری بررسی شوند که با درک فناوری‌های کلیدی در انقلاب صنعتی چهارم سهل‌تر می‌شود. در ادامه به بررسی فناوری‌های کلیدی این عصر، به جهت درک هرچه بهتر آن پرداخته شده است.

-
1. Manufacturing Industry Innovation 3.0
 2. Korea's Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE)
 3. Small and Medium-sized Enterprises (SME)



۱-۲. فناوری‌های کلیدی عصر انقلاب صنعتی چهارم

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، همه انقلاب‌های صنعتی پیشین مبتنی بر ظهور برخی فناوری‌های نو و برافکن^۱ در زمان خود بوده‌اند. انقلاب صنعتی چهارم نیز از این امر مستثنی نیست. گزارش‌های مؤسسات سرآمد جهان، به فناوری‌های مختلفی به‌عنوان فناوری‌های برافکن در انقلاب صنعتی چهارم اشاره کرده‌اند. گزارش‌های شرکت‌های مکینزی^۲، ارنست‌یانگ^۳، گارتنر^۴ و بوستون^۵ از این جمله هستند. فناوری‌های برافکنی همچون فناوری‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، همزاد دیجیتال^۶، چاپ ۳-بعدی، واقعیت مجازی و افزوده، بلاکچین^۷، رایانش ابری^۸ و رباتیک پیشرفته در این گزارش‌ها مورد اشاره و بررسی قرار گرفته و به سبب تأثیرات شگرف آنها، مشخصاً به آثار و کاربردهای آنها در صنایع تولیدی بزرگ مانند نفت و گاز، خودرو، معدن‌کاری و فولاد اشاره شده است. شناخت این فناوری‌ها پیش‌نیاز و تسهیلگر مهمی در شناخت انقلاب صنعتی چهارم و ابعاد تحولی آن خواهد بود که در ادامه به معرفی برخی از فناوری‌های برگزیده پرداخته شده است.

الف) هوش مصنوعی و یادگیری ماشین فناوری‌هایی است که پیشران دگرگونی دیجیتال و تولید هوشمند است. نتایج پژوهشی در وبگاه نوردکلود در سال ۲۰۱۸ نشان می‌دهد که ۵۸ درصد تولیدکنندگان به‌صورت پویا، مشتاق این فناوری هستند، اما فقط ۱۲ درصد از این بین برای استقرار آن تلاش می‌کنند. هوش مصنوعی در بسیاری از موارد می‌تواند به کمک صنایع مختلف از جمله صنعت آهن و فولاد بیاید. کنترل کیفیت، نگهداری و تعمیرات، طراحی مطمئن‌تر و سریع‌تر، کاهش آثار زیست‌محیطی، ارتباطات زنجیره تأمین، حذف ضایعات، یکپارچگی، بهبود خدمات به مشتریان و پشتیبانی پساتولید از جمله این موارد است. مؤسسه مکینزی پیش‌بینی کرده است که تا سال ۲۰۲۵ «کارخانه‌های هوشمند» ۳۷ تریلیون دلار ارزش جدید ایجاد می‌کنند.

ب) فناوری همزاد دیجیتال یکی از مهم‌ترین ابزار انقلاب صنعتی چهارم است. به بیان ساده در این فناوری با استفاده از داده‌ها، یک نسخه دیگر یا دوقلو از یک موجودیت ساخته می‌شود. این نسخه مجازی، بدل نسخه واقعی است و می‌توان با کاهش شدید هزینه‌ها، هر تغییری را در نسخه بدل آزمایش کرد و نتایج آن را شبیه‌سازی کرد. به‌عبارت‌دیگر در فناوری همزاد دیجیتال، ترکیب دو فناوری اطلاعات و عملیات باعث شکل‌گیری و کاربردپذیری این همزاد می‌شود. اصل ماهیت این فناوری مبتنی بر ترکیب اطلاعات فرایندی با فرایندهای فیزیکی و ایجاد یک پروفایل مجازی از رفتارهای گذشته و کنونی یک

1. Disruptive
2. McKinsey Global Institute
3. Ernst and Young
4. Gartner
5. Boston Consulting Group
6. Digital Twin
7. Blockchain
8. Cloud Computing

دستگاه یا یک فرایند است. به‌طور ویژه، ساخت این پروفایل مجازی به عملکرد بهینه تجهیزات یا فرایندها کمک می‌کند. مشخصاً در صنعت فولاد، یک همزاد دیجیتال در حوزه ذوب و ریخته‌گری، از ترکیب جریان تولید و محدودیت‌های آن با داده‌های فرایند تولید ایجاد می‌شود و اطلاعات کلیدی مانند وضعیت و مشخصه‌های پاتیل را در خود نشان می‌دهد. نتیجتاً این همزاد مجازی، یک سیستم سایبری از تجهیز یا فرایند فیزیکی موجود در کارخانه ایجاد می‌کند.

ج) فناوری اینترنت اشیا: صحبت از صنعت ۴/۰ بدون مطرح کردن فناوری اینترنت اشیا ممکن

نیست. اینترنت اشیا امکان یکپارچه‌سازی کل فرایند تولید را فراهم می‌سازد. ماشین‌های هوشمند، روبات‌ها، سیستم‌های انبارداری، تجهیزات پوشیدنی کارکنان و مواردی از این دست، در شبکه‌ای یکپارچه می‌توانند به هم متصل شوند و نهایتاً از تجهیزات فیزیکی یک جهان مجازی ایجاد شود. شایان ذکر است، جمع‌آوری داده‌های این حسگرها، فرصت و امکان بی‌نظیری برای تحلیل‌های پیشرفته و بهبود وضعیت موجود را فراهم می‌کند. برای تحقق بهبودهای قابل انتظار از این فناوری و بهره‌گیری کامل از آن، تفکیک دو موضوع ضروری است:

- نخست اتصال و جمع‌آوری آنی داده‌ها،
- دوم تحلیل این داده‌ها براساس شرایط مشخص.

به‌عنوان نمونه در صنعت فولاد و در فرایند نورد گرم، با استفاده از فناوری اینترنت اشیا امکان بهبود کیفیت به‌طور کامل در دسترس است. با توجه به داده‌هایی که در فرایند نورد گرم توسط صدها حسگر جمع‌آوری می‌شود، پلتفرم‌های اینترنت اشیا می‌توانند دسترسی آنی به این اطلاعات جمع‌آوری شده در همه سطوح را فراهم کنند. همچنین سیستم‌های فیزیکی -سایبری^۱ می‌توانند فرصت لازم برای تصحیح خودکار کیفیت را ایجاد کنند. این فرصت اصلاح علاوه بر فرایند اصلی، در فرایندهای قبلی و بعدی زنجیره ارزش فولادسازی، قابل تسری است.

د) فناوری‌های واقعیت مجازی و واقعیت افزوده: به‌طور معمول فناوری‌های واقعیت مجازی و

واقعیت افزوده ذهن خواننده را به سمت بازی‌های ویدئویی می‌برد، اما کاملاً خطاست که ابعاد و اهمیت کاربرد این فناوری به همین حوزه‌ها محدود شود. پیش از ذکر اهمیت این فناوری برای درک ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم باید تفاوت واقعیت افزوده با واقعیت مجازی، ذکر شود. واقعیت مجازی در عمل وجود ندارد و کامپیوتر تولید می‌کند و ارتباطی با دنیای واقعی اطراف کاربر ندارد. در مقابل، در واقعیت افزوده، دنیای واقعی کاربر از طریق ابزارهای خاصی (مانند عینک مخصوص، تلفن‌های هوشمند و تبلت‌ها) گسترده و غنی‌تر می‌شود که به بیان دیگر، به دنیای واقعی اطلاعاتی افزوده می‌شود. این دنیای نو می‌تواند در صنایع تولیدی مختلف از جمله صنعت فولاد به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال شرکت

1. Cyber-Physical Systems (CPS)



الکتريکي ميتزوبيشي^۱، با استفاده از فناوري واقعيته افزوده، يک فناوري براي تعمير و نگهداري تجهيزات کارخانه‌اي توسعه داده است. اين فناوري، در لحظه به تعمير کار فرمان‌هاي صوتي و تصويري مي‌دهد که باعث دقت و سهولت در فرايند تعمير مي‌شود. به عبارتي تصوير يا اطلاعات به‌صورت مجازي کنار تجهيز ظاهر و به آن افزوده مي‌شود که راهنماي تعمير کار يا کاربر براي تعمير يا استفاده از تجهيز است.

به‌طور کلي، فناوري واقعيته افزوده در ساير فرايندهاي توليد مانند کنترل کيفيت و اتوماسيون فرايند توليد به کمک صنعت آمده است. علاوه بر اين، واقعيته افزوده کاربردهاي بسيار جدي و تأثيرگذاري در حوزه آموزش دارد. همچنين در حوزه برندينگ نيز سبب ظهور ايده‌هاي نوآورانه، براي نمايش کالا به مشتري و طراحي کاتالوگ‌ها شده است. البته حوزه‌ها و کاربردهاي جذاب‌تر نيز براي اين فناوري قابل تجسم است. براي نمونه ترکيب فناوري واقعيته افزوده و مجازي با فناوري اينترنت اشيا، موجب ظهور سطحي از نمايش اطلاعات، کنترل و مديريت کارخانه‌ها و تجهيزات مي‌شود که از منظر هزينه و بهره‌وري، تمايز جدي با شيوه سنتي مديريت و عمليات دارد. در ترکيب اين دو فناوري، کاربر با حضور در کنار تجهيز (و استفاده از تلفن همراه يا عينک مخصوص) مي‌تواند اطلاعات ويژه‌اي را در سطح فضايي فراخواني کند يا اتفاقات درون تجهيز را رصد کند و به‌صورت هوشمند يا با استفاده از ابزارهاي پوشيدني هوشمند، فرمان‌هاي عملياتي را صادر کند.

گفتني است فناوري‌هاي مذکور تنها بخش کوچک و همچنين مهمي از طيف وسيع فناوري‌هاي نوين هستند که موج انقلاب صنعتي چهارم به ارمغان آورده است. به بيان ديگر، زاپندگي در انقلاب صنعتي چهارم و شتابناکي تحولات و ارائه مفاهيم نو و فناوري‌هاي نوين به قدرتي شگرف است که بازديگران هوشمند در حوزه کسب‌وکار، عملاً مي‌بايست دو فعاليت را توأمان در دستور کار قرار دهند. ۱. رصد ظهور مفاهيم و فناوري‌هاي نو، ۲. يافتن و به کار بستن هم‌زمان تأثيرات و کاربردهاي شناخته شده فناوري‌هاي نو در صنعت خود. در اين ميان، براي صنايع کليدي همچون فولاد، مسئله تأثير اين انقلاب صنعتي و تحولات حاصله از فناوري‌هاي مربوط به آن، بسيار کليدي است و لذا در ادامه و در بخش بعدي، موضوع «تأثيرات انقلاب صنعتي چهارم بر صنايع» محور تمرکز و مطالعه قرار گرفته است.

۳-۱. تأثيرات انقلاب صنعتي چهارم بر صنايع

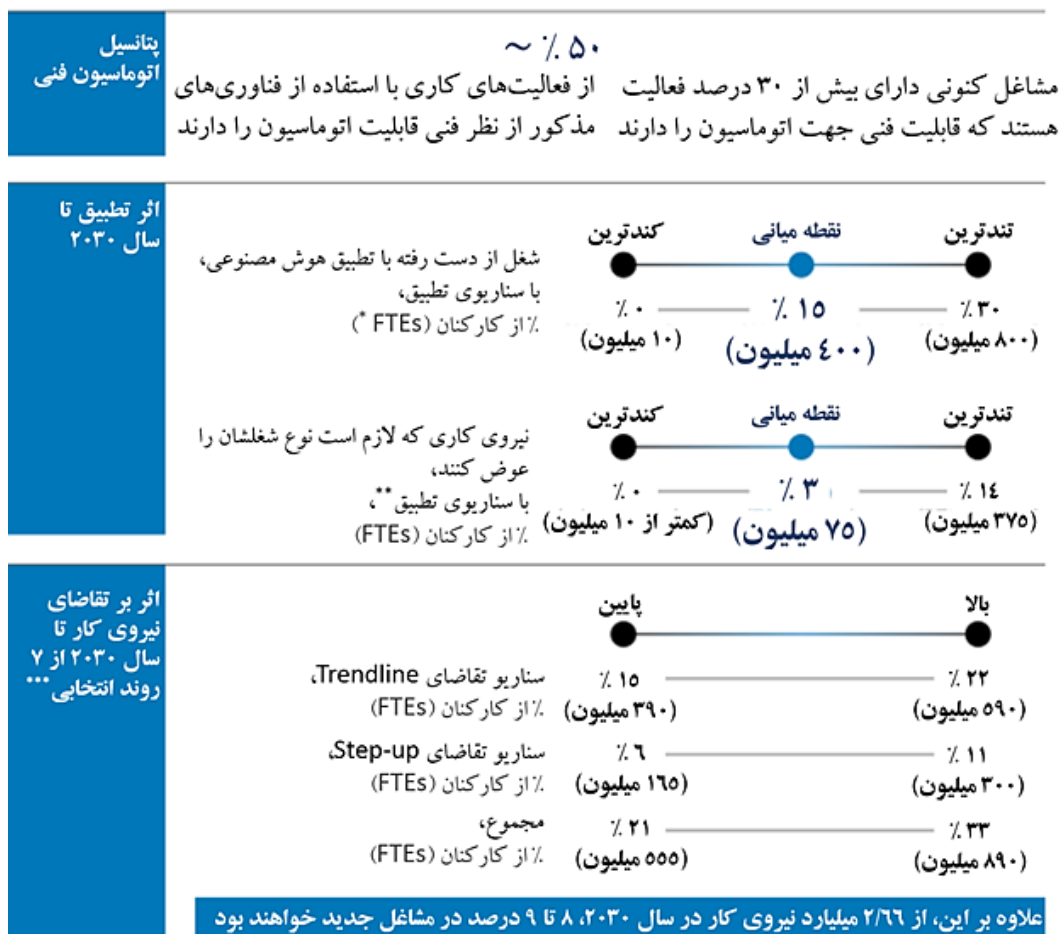
همان‌طور که پيش‌تر اشاره شد، انقلاب صنعتي چهارم در واقع تحولي است که جمع‌آوري و تجزيه و تحليل داده‌ها مابين دستگاه‌ها (و همچنين انسان‌ها) را ممکن مي‌سازد. به‌واسطه اين تحول، فرايندهاي سريع‌تر، انعطاف‌پذيرتر و کارآمدتر براي توليد کالاهاي باکيفيت بالاتر و هزينه کمتر، ايجاد مي‌شود. انتظار مي‌رود انقلاب صنعتي باعث افزايش بهره‌وري، تغيير اقتصاد، تقويت رشد صنعتي، تغيير مشخصات نيروي کار و در نهايت تغيير مدل رقابت شرکت‌ها شود. صنعت ۴/۰، شيوه توليد را متحول خواهد کرد و

به کارایی بیشتر و تغییر روابط سنتی تولید بین تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان و همچنین بین انسان و ماشین منجر خواهد شد. به‌طور مشخص در اثر انقلاب صنعتی چهارم، نحوه عملکرد مشاغل تغییر خواهد کرد و در نتیجه، سطح رقابت در حوزه اشتغال تغییر می‌کند. لذا با این تحولات، بسیار مهم است که سازمان‌ها تصمیم بگیرند که کی، کجا و چگونه در این فناوری‌های جدید سرمایه‌گذاری کنند. همچنین سازمان‌ها بایستی مشخص کنند کدام‌یک از فناوری‌های نوین به بهترین وجه نیازهای آنها را برآورده می‌سازد. در این میان نکته راهبردی اینکه؛ بدون درک کامل از تغییرات و فرصتهایی که صنعت ۴/۰ به ارمغان می‌آورد و بهره‌گیری از این فرصت‌ها، شرکت‌ها خطر از دست دادن بازار و حرکت به سوی نابودی را در پیش دارند.

از جمله تأثیرات مهمی که بدان اشاره شد، تحول ماهیت شغل در اثر انقلاب صنعتی چهارم است. به‌عنوان یک مثال ملموس، افزایش اثربخشی فناوری هوش مصنوعی، مشاغلی مانند روزنامه‌نگاری (تهیه گزارش‌های تکراری با الگوریتم‌های هوشمند) و سمت‌های مرتبط با امور مالی را تهدید می‌کند. هر ساله با ظهور مدل‌های جدید کسب‌وکار (به‌ویژه در اثر گسترش مرزهای دیجیتالی کردن به همه حوزه‌های کسب‌وکار)، مشاغل بسیاری از میان می‌روند. توسعه رباتیک و هوش مصنوعی، دغدغه بزرگی را برای دولت‌ها در زمینه اشتغال و کاهش بازار کار ایجاد کرده است. حتی در سال‌های اخیر، موضوع مالیات دستگاه‌ها و روبات‌ها به‌عنوان مفهومی نوین در دستور کار بعضی دولت‌ها و سیاستگذاران قرار گرفته است. شکل ۵ اثر اتوماسیون بر مشاغل از دست‌رفته، مشاغل تغییر یافته و تقاضای نیروی کار مطابق با سه سناریو را نشان می‌دهد. مطابق این تخمین، در بدترین حالت امکان از دست رفتن ۸۰۰ میلیون شغل تا سال ۲۰۳۰ وجود دارد.



شکل ۵. اثر اتوماسیون بر نیروی کار



* معادل تمام وقت.

** در سناریو تقاضا-عرضه Trendline

*** درآمدهای رو به افزایش؛ مراقبت‌های سلامتی ناشی از کهنسالی؛ سرمایه‌گذاری در فناوری، زیرساخت و ساخت و ساز؛ انتقال انرژی؛ بازارگذاری کار بدون دستمزد، جامع نمی‌باشد.

Source: Manyika and Lund (2017).S

اما شاید بزرگ‌ترین تغییر ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، «تغییر مبنای ارزش» باشد. بدین معنا که بسیاری از منابع سنتی و مرسوم ایجادکننده ارزش، از بین خواهند رفت و با ارزش‌های «مبتنی بر داده» جایگزین می‌شوند. به‌عنوان مثال، در صنعت خودرو، داده‌های مربوط به نحوه رانندگی، همانند از کجا به کجا رفتن، زمان و چگونگی رفتن و غیره، می‌تواند از ارزش ذاتی خودروها فراتر رود. به‌ویژه اگر این داده‌ها با اطلاعات دیگری مانند چیستی سبد کالاهای مصرفی ماهیانه، نوع مواد غذایی و برندهای مصرفی، ترکیب شود، می‌تواند امکان پیش‌بینی یا جهت‌دهی میزان مصرف و یا عادات مصرف‌کننده را فراهم سازد که به ایجاد مزیت برای بنگاه‌های اقتصادی منجر می‌شود. به‌طور خلاصه، در دنیای جدید ماهیت «اقتصاد مبتنی بر ارزش کالاها» در حال تغییر است و مواردی مانند «داده‌ها و ارزش نامشهود در آن» در حال تبدیل شدن به اولویت اصلی ارزش‌آفرینی اقتصادی می‌باشند. به‌عنوان نمونه، رشد غول‌های

حوزه دیجیتال مثل شرکت‌های گوگل^۱، آمازون^۲، فیسبوک^۳ و مایکروسافت که اساساً بر مبنای داده ساخته شده‌اند، نشانه روشنی از آثار انقلاب صنعتی چهارم در دنیای کنونی است. مسئله بسیار مهم و امری که شاید در حال حاضر تا حدودی غیرقابل باور باشد این است که این غول‌های داده‌محور، می‌توانند با ورود به صنایع تولیدی که در ظاهر هیچ ارتباطی با عملیات کنونی آنها ندارد، به‌عنوان یک بازیگر نوظهور جدی مطرح شوند. همکاری شرکت آراچ‌آی مگنزیتا^۴ (شرکت تولیدکننده مواد دیرگذار) و مایکروسافت نمونه‌ای از این مبحث است. با استفاده از فناوری هوش مصنوعی مایکروسافت، شرکت آراچ‌آی مگنزیتا قادر خواهد بود تا با نظارت، تفسیر و پیش‌بینی طول عمر محصولات خود، بهره‌وری را بهبود بخشد. به بیان دیگر، ورود شرکت‌های بزرگ داده‌محور که توان بالایی در هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی دارند، عملاً فرایند کلاسیک یا فناوری‌های معمول در هر صنعتی را به چنان مزیتی اقتصادی و رقابتی‌ای مجهز خواهند کرد که فرصت همپایی دیگر بازیگران سنتی با این رقبای پیشرو، به‌شدت سخت خواهد شد.

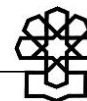
در بندهای پیشین، با نگاهی کل‌نگر آثار انقلاب صنعتی چهارم واکاوی شد. اما از منظر دیگر، می‌توان آثار این انقلاب را در سه سطح تقسیم‌بندی کرد: ۱. در کل اکوسیستم یک صنعت، ۲. در سطح شرکت و ۳. در سطح کارمندان و مشتریان.

سطوح سه‌گانه مذکور، به آثاری اشاره دارد که از کاربست فناوری‌های نوین در اکوسیستم‌های صنعتی ناشی می‌شوند که این آثار به‌طور مشخص روی زنجیره تأمین و ساختار آنها، چشمگیر خواهد بود. همچنین در سطح سازمان این فناوری‌ها باعث افزایش بهره‌وری، کاهش ریسک، و رشد درآمد می‌شود. از طرفی ظهور این فناوری‌ها نیاز به کارکنانی با مهارت‌های جدید و پیشرفته دارد که چالشی جدی در منابع انسانی ایجاد خواهد کرد. لذا نظر به اهمیت این سه سطح، در ادامه به بررسی دقیق‌تر هر کدام از این تأثیرات پرداخته شده است.

۱-۳-۱. اتصال اجزای اکوسیستم صنعت به یکدیگر: هدایت بهتر تصمیم‌گیری

انقلاب صنعتی چهارم در گسترده‌ترین سطح خود، نه‌تنها در نحوه عملکرد شرکت‌ها و نحوه تولید کالاها، بلکه بر چگونگی روابط بین اجزای اکوسیستم (تأمین‌کنندگان، مشتریان، ملاحظات نظارتی، سرمایه‌گذاران و سایر ذی‌نفعان) نیز تأثیرگذار خواهد بود. فناوری‌های صنعت ۴/۰، پتانسیل ایجاد تعامل بین هر نقطه از شبکه با نقطه‌ای دیگر را امکان‌پذیر می‌کنند. بنابراین ذی‌نفعان می‌توانند با استفاده از یک جریان ثابت از داده، سیستم‌های متصل به یادگیری و انطباق با شرایط جدید، به‌طور مؤثرتری با یکدیگر همکاری کنند.

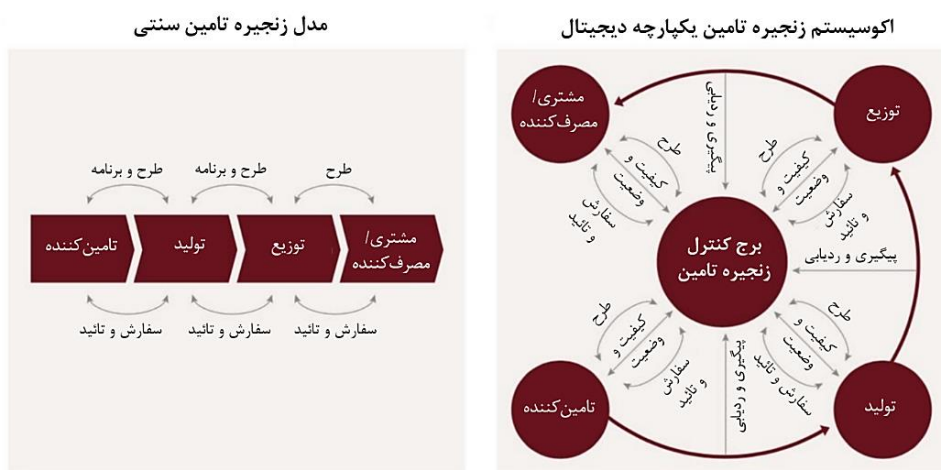
-
1. Google
 2. Amazon
 3. Facebook
 4. RHI Magnesita



در همین راستا، یکی از کاربردهای مهم فناوری‌های صنعت ۴/۰، اتصال اجزای زنجیره تأمین به یکدیگر است. این اتصال ذی‌نفعان را قادر می‌سازد تا اطلاعات را از منابع مختلف، دریافت و یکپارچه کرده و تصمیم‌های جامع‌تری اتخاذ کنند. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، تغییر فعالیت‌های زنجیره تأمین از مدل خطی کسب‌وکار به یک سیستم باز و به هم پیوسته، می‌تواند ارتباط بین اجزای زنجیره تأمین را تسهیل کند و یک پایه و اساس برای چگونگی عملکرد شرکت‌ها، همکاری و یا رقابت در آینده ایجاد کند. به ویژه با ظهور فناوری بلاکچین، زنجیره تأمین نیز تحولات شگرفی را از منظر ثبت و ردیابی اطلاعات، تنظیم قرارداد و تحویل سفارش‌ها تجربه خواهد کرد.

شایان ذکر است در ضرب فناوری‌های نو و حوزه زنجیره تأمین، باید توجه کرد که زنجیره‌های تأمین ارگانیک‌هایی پیچیده‌اند و هنوز هیچ شرکتی نتوانسته یک مدل به واقع دیجیتال از زنجیره تأمین را توسعه دهد. البته بسیاری از کاربردهای حوزه دیجیتال هنوز به‌طور وسیع عملیاتی نشده است، اما این وضعیت می‌تواند به‌راحتی طی ۵ تا ۱۰ سال آینده عوض شود. در این میان شرکت‌هایی که سریع‌تر در پی تحقق این هدف باشند، در مسیر رقابتی صنعت ۴/۰ نسبت به سایر رقبا برتری خواهند داشت و می‌توانند اهرم‌های تعیین‌کننده یا حداقل تأثیرگذارتری بر استانداردهای دیجیتال در صنعت خود باشند. به عبارتی پیشرو بودن در دیجیتالی کردن هر صنعت، گاهی منتج به تحمیل معیارها و استانداردها به باقی رقبا عقب‌مانده می‌شود و عملاً به خلق مزیت رقابتی جدیدی منجر می‌شود.

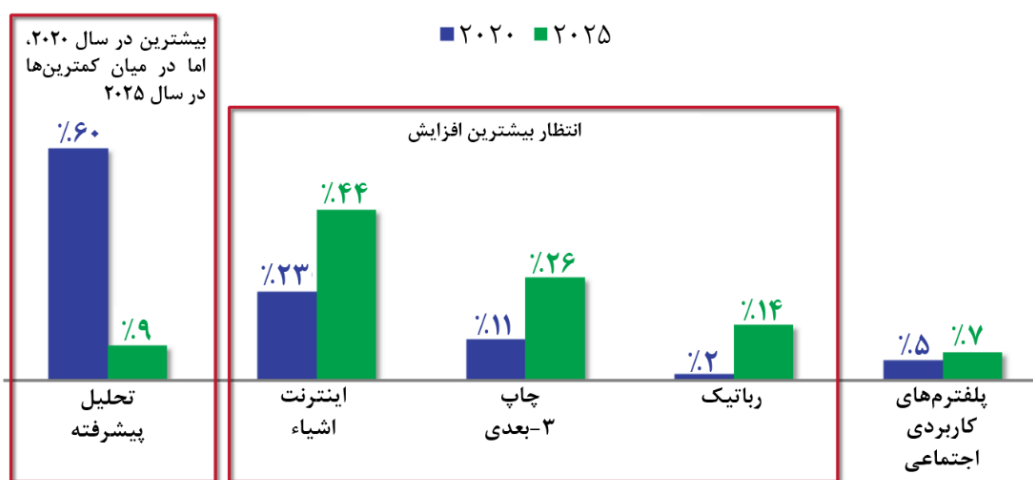
شکل ۶. تغییر از زنجیره تأمین سنتی به شبکه تأمین دیجیتال



Source: Schrauf and Berttram (2016).

در همین زمینه، پیمایشی توسط مؤسسه «بینش‌های زنجیره تأمین»^۱ در سال ۲۰۱۵ تحت عنوان بررسی اثر فناوری‌های نوین بر زنجیره تأمین انجام شده است. نتایج این پیمایش بیانگر این است که فناوری‌های اینترنت اشیا، چاپ ۳-بعدی و رباتیک بیشترین تأثیر را تا سال ۲۰۲۵ بر صنعت خواهند داشت. همچنین پیش‌بینی شده است تا سال ۲۰۲۰ فناوری‌های مربوط به تحلیل پیشرفته، افزایش اثر بیشتری را تجربه کنند (شکل ۷).

شکل ۷. فناوری‌های برافکن با بیشترین اثر بر بازده زنجیره تأمین



Source: Lora Cecere (2016).

۲-۳-۱. سازمان‌های رو به تکامل: سازگاری با فشارها و خواسته‌های جدید

علاوه بر تغییرات اکوسیستمی و تأثیر ناشی از آن، اکثر سازمان‌ها در اثر موج‌های انقلاب صنعتی چهارم با تغییرات جدی سازمانی روبه‌رو خواهند شد و این تغییرات عملکرد سازمان‌ها را تحت تأثیر قرار خواهد داد. موارد متعددی به‌عنوان پیش‌بینی‌های تغییرات سازمانی قابل شناسایی هستند، لیکن به‌طور خاص، موارد پر اهمیت به شرح ذیل هستند:

- توانمندی‌های فناورانه در حال تکامل با سرعت بالا،
- افزایش پیچیدگی زنجیره تأمین و تقسیم جهانی تولید و تقاضا،
- افزایش فشارهای رقابتی از منابع پیش‌بینی نشده،
- تحولات سازمانی ناشی از پیوند فناوری‌های دیجیتال و فیزیکی،
- چالش‌های مداوم نیروی انسانی.



اگر از دیدگاه مسئله‌محور به موارد فوق نگاه شود، صنعت ۴/۰ راهکارهایی دارد که به‌طور بالقوه می‌تواند برخی از این مسائل را حل کند. به‌طور نمونه، توانایی سازگاری و آموختن آنی از داده‌ها می‌تواند سازمان‌ها را پاسخگوتر و فعال‌تر کند و توانمندی‌های سازمان در زمینه پیش‌بینی را بهبود بخشد. این عوامل سازمان‌ها را قادر می‌سازد که با توان بیشتری با خرابی‌های عملیاتی و سایر چالش‌های تولیدی روبه‌رو شوند. همچنین نتایج کسب‌وکار جدید ممکن است از ادغام فناوری‌های دیجیتال و فیزیکی در صنعت ۴/۰ ناشی شود. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، نتایج حاصله را می‌توان به دو بخش اصلی تقسیم کرد: بهبود عملیاتی و رشد درآمد.

شکل ۸. تأثیرات مهم صنعت ۴/۰ در سازمان‌ها

اثر محصول	اهداف کلیدی	اثرات دگرگون‌کننده
	بهبود بهره‌وری	<ul style="list-style-type: none"> • استفاده بیشینه از دارایی‌ها و کاهش زمان از کارافتادگی • بهبود مستقیم و غیرمستقیم بازده نیروی کار • مدیریت و همگام‌سازی هزینه‌های شبکه تامین • حصول اطمینان از دقت و پایداری طرح‌ریزی و زمان‌بندی
عملیات‌های کسب‌وکار	کاهش ریسک	<ul style="list-style-type: none"> • اطمینان از وجود مواد اولیه و محاسبه هزینه‌های آن • مدیریت موثر خدمات پس از فروش • کاهش خطرات وابسته به جغرافیا
	درآمدهای افزایشی	<ul style="list-style-type: none"> • یافتن منابع رشد برای کسب‌وکار اصلی • جریان درآمدی بازار پس از فروش در حال رشد • درک بهتر مشتری و دیدگاه او • تقویت رابطه با مشتری و کانال‌های ارتباطی
رشد کسب‌وکار	درآمدهای جدید	<ul style="list-style-type: none"> • تولید محصولات و خدمات جدید • رشد بین‌المللی و حضور در بازارهای نوظهور • شناسایی موقعیت‌های ادغام و اکتساب شرکت‌ها

Source: Cotteleer and Sniderman (2017).

۳-۱-۳. توانمند کردن افراد: به چالش کشیدن و قدرت بخشیدن به کارکنان و مشتریان

صنعت ۴/۰ به احتمال زیاد معانی متفاوتی برای افراد مختلف دارد. برای کارمندان، می‌تواند به معنای تغییر در انتظارات رؤسا از آنها، وظایفشان و نحوه انجام امور محوله باشد. برای مشتری، می‌تواند به معنای سفارشی‌سازی بیشتر و ارائه محصولات و خدماتی باشد که نیازهای آنها را بهتر برآورده سازد. به‌این‌ترتیب انقلاب صنعتی چهارم اثری چالشی بر صنایع خواهد داشت و به مشتریان و کارکنان قدرت ویژه و توان چانه‌زنی بالاتری خواهد بخشید.

در عصر انقلاب صنعتی چهارم، ظهور اتوماسیون هوشمند و سیستم‌های متصل به هم، پیشران تغییر در خواسته‌های سازمان‌ها از کارمندانشان است. سازمان‌ها از خود می‌پرسند که برای ایجاد یا پاسخ به این تغییرات، چه مهارت‌ها و وظایفی لازم است و حتی به چه نقش‌های جدیدی نیاز است. این تغییرات می‌توانند گیج‌کننده به‌نظر برسند زیرا صنعت ۴/۰ مفهومی نوظهور است و مسیر تأثیرات آن همچنان

در حال تغییر است. نکته مهم این است که، این تغییرات ممکن است لزوماً به معنای از دست دادن شغل‌ها نباشد. برای مثال در انگلستان، با کمک فناوری ۳/۵ میلیون شغل جدید بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ ایجاد شده است، هرچند همزمان باعث از بین رفتن ۸۰۰ هزار شغل در آن سال‌ها شده است. همچنین از دیدگاه آینده‌پژوهان، شاید بتوان پیش‌بینی کرد که در آینده چه مشاغلی از بین خواهند رفت، ولی پیش‌بینی اینکه چه مشاغل ظهور خواهند کرد، کمی دشوار است.

در حال، با توجه به اینکه مسئله کارکنان یک موضوع چالشی و تأثیرگذار بر بقا و اقتصاد صنایع خواهد بود، برای موفقیت در دنیای دیجیتال آینده، سازمان‌ها باید کارکنان را به سمت نوآوری سوق دهند. بازآموزی کارکنان با توجه به تغییرات و آموزش مهارت‌های دیجیتال (مثل چگونگی کار با داده یا همکاری انسان و ماشین) باید در اولویت هر تولیدکننده قرار بگیرد. خبرگان شرکت مشاوره‌ای معتبر کی‌پی‌ام‌جی^۱ پیش‌بینی می‌کنند که شغل‌های جدید ایجاد شده نیازمند کارکنان ماهرتری است، کارکنانی که وظیفه‌شان پرسیدن سؤال‌های درست و تشخیص مشکلات بزرگ است، ضمن اینکه دسترسی به داده بیشتر، نیاز به هوش انسان را برای درک چگونگی استفاده از آن بیشتر می‌کند. به‌طور نمونه شرکت ریوتینتو^۲ در سال ۲۰۱۷ برای ایجاد یک دوره تحصیلی و مهارت‌آموزی با دولت استرالیا و مؤسسه فنی و حرفه‌ای استرالیا به توافق رسیده است. این دوره در راستای هوشمندسازی معادن، اتوماسیون و دانش فناوری است و سرمایه‌گذاری برای دوره مذکور ۱/۵ میلیون دلار است. مفاد درسی شامل رباتیک، تحلیل داده و دیجیتالی کردن است. ریوتینتو اعلام کرده است که می‌خواهد در زمینه آماده‌سازی نیروی کار برای آینده صنعت معدن پیشتاز باشد.

در نهایت باید توجه داشت که تأثیر انقلاب صنعتی چهارم در حوزه مشاغل یک مسئله یک بعدی نیست، بلکه ظهور فناوری‌های نوین موجب ایجاد شغل‌های جدید در کارخانه‌ها می‌شود.

در این بخش آثار انقلاب صنعتی چهارم بر صنایع مورد بحث و بررسی قرار گرفت. آثاری که بعضاً می‌توانند بسیار سودمند باشند یا برخی از آنها برای بقای شرکت‌ها کاملاً تهدیدکننده باشند. اما در حال شرکت‌ها در پذیرش این فناوری‌ها با چالش‌های بزرگی روبه‌رو هستند. به‌نظر می‌رسد که رویارویی با این چالش‌ها آینده محتوم و ناگزیر همه شرکت‌هاست. بنابراین منطقی است که شرکت‌ها و سازمان‌ها برای ایجاد و حفظ جایگاه خود به‌عنوان پیشرو در نوآوری و فناوری‌های نوین، از همه منابع خود بهره‌گیرند. مشخصاً شرکت‌ها می‌بایست دانش عملی خود را پیرامون فناوری‌های دیجیتال عمیق‌تر کرده و سپس استراتژی‌های تولید دیجیتال را تدوین و پیاده‌سازی کنند. این مسئله مهم در بخش بعد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

1. KPMG
2. Rio Tinto



۲. چالش‌ها، فرصت‌ها و ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد

۲-۱. مفهوم انقلاب صنعتی چهارم برای صنعت فولاد

انقلاب صنعتی چهارم برای صنعت فولاد چه تغییراتی را در پی خواهد داشت؟ این تغییرات به چه معنایی خواهد بود؟

از آنجایی که فرایند تولید فولاد، نیازمند عملیات مکرر و متوالی است که در آن فولاد مذاب در دماهای بالا و با سرعت زیاد حرکت می‌کند و در نظر گرفتن این موضوع که معمولاً هزینه تأمین نیروی کار در فرایندهای زنجیره ارزش فولاد، نسبتاً پایین است^۱، به نظر می‌رسد فضایی که اتوماسیون برای صرفه‌جویی در اختیار دارد محدود و کم است. اما درحقیقت، انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد نیز تغییرات بزرگی را به همراه خواهد داشت. فناوری‌های جدید به شرکت‌های فولادسازی این امکان را می‌دهند که زمان نگهداشت موجودی را کاهش داده و نسبت به نیاز مشتری انعطاف‌پذیرتر و پاسخگوتر باشند. به عقیده کارشناس ارشد تحقیقات شرکت پوسکو با انقلاب صنعتی چهارم، این قابلیت وجود دارد که همه اطلاعات مربوط به عرضه و تقاضای فولاد در دسترس همه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان قرار گیرد و به شفافیت و کارایی بی‌سابقه‌ای منجر شود.

از دیدگاهی دیگر، زنجیره‌های ارزش در صنعت فولاد و فلزات بسیار پیچیده هستند. شرکت‌ها باید با تعداد زیادی از دارایی‌های بهم پیوسته با نوسان قیمتی بالا^۲، تعداد واحدهای محصول زیاد، پایگاه‌های مشتری متنوع با نیازهای مختلف در خدمات و کیفیت و کانال‌های توزیع پیچیده دست‌وپنجه نرم کنند. کارخانه‌ها و واحدهای زنجیره ارزش فولاد به‌جای اینکه در جهت رسیدن به یک هدف راهبردی با یکدیگر همکاری و در یک جهت عمل کنند، معمولاً در سوله‌های خود مشغول به فعالیت هستند. مدیران زنجیره تأمین دسترسی کمی به اطلاعات آنی دارند و لذا به پیش‌بینی تغییرات در بازار قادر نیستند. در نتیجه، شرکت‌های فولادی، اغلب بدون توانمندی کافی برای پیش‌بینی و کاهش ریسک یا بدون توجه به استفاده از فرصت‌های کوتاه‌مدت، به‌طور تدافعی عمل می‌کنند. البته از منظر تاریخی شرکت‌های فولادسازی به‌طور مداوم در تلاش بوده‌اند تا این مشکلات را حل کنند، اما روش‌های سنتی برای بهبود عملیات اکثراً محدود بوده است. شاید تنها راه‌حل برای موقعیت فعلی و شکستن محدودیت توانایی انسان‌ها در نظارت بر سیستم‌های پیچیده و انجام محاسبات گسترده آنی، دیجیتالی کردن باشد.

حال با توجه به مسیری که انقلاب صنعتی چهارم در پیش گرفته است و پتانسیل‌های موجود در صنعت فولاد، امکان اتوماسیون کامل فرایند تولید فولاد با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین وجود دارد.

۱. البته مصادیقی در فولادسازی کشور وجود دارد که هزینه نیروی انسانی در آن چشمگیر است. اما موضوع بحث این بخش گزارش، فولادسازی از منظر استانداردهای جهانی است.

بدان معنا که تولیدکنندگان فولاد با استفاده از «فناوری‌های هوشمند» می‌توانند کنترل بسیار دقیق و کاملی بر فرایند تولید داشته باشند. امکان استفاده از داده‌های آنی در فرایند تولید فولاد برای بهینه‌سازی وجوه عملیاتی، صرفه‌جویی در هزینه و زمان تولید و بسیاری موارد دیگر وجود دارد. در همین راستا، برنارد مار^۱ یکی از محققان ارشد شرکت پوسکو می‌گوید برای اینکه یک کارخانه هوشمند و مطابق با ویژگی‌های صنعت ۴/۰ باشد باید موارد زیر را دربرگیرد:

۱. **قابلیت همکاری:** ماشین‌ها، دستگاه‌ها، حسگرها و افرادی که با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند.
۲. **شفافیت اطلاعات:** سیستم‌ها یک کپی مجازی از دنیای فیزیکی را از طریق داده‌های حسگر ایجاد می‌کنند که این امر به منظور روشن کردن و هدف دادن به اطلاعات کمک می‌کند.
۳. **کمک فنی:** توانایی سیستم‌ها در حمایت از انسان در تصمیم‌گیری‌ها و حل مشکلات، همچنین توانایی کمک به انسان‌ها در انجام کارهایی که بسیار دشوار یا ناامن هستند.
۴. **تصمیم‌گیری غیرمتمرکز:** توانایی سیستم‌های فیزیکی - سایبری در تصمیم‌گیری‌های ساده به‌صورت خودکار و تا حد امکان مستقل.

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده در آینده‌ای نه‌چندان دور، زنجیره ارزش فولاد تحت تأثیر تغییراتی در ارائه خدمات پس از فروش قرار خواهد گرفت. تولیدکنندگان می‌توانند از فناوری هوشمند برای ردیابی نحوه تعامل کاربران با محصولات تکمیل شده خود استفاده کنند و در نتیجه خدمات بهتری به مشتری ارائه دهند (در این زمینه فناوری بلاکچین تحولات چشمگیری را ایجاد خواهد کرد). همچنین، اطلاعات آنی به شرکت‌های فولادی این امکان را می‌دهند که در لحظه بر نحوه ایجاد سفارش‌ها، تکمیل و تحویل نظارت دقیق داشته باشند. در نتیجه، نیازهای مشتری با سهولت و سرعت برآورده می‌شود و همه به‌صورت دیجیتال ردیابی و تجزیه و تحلیل می‌شوند.

علاوه بر موارد مطرح شده، رقابت در صنعت فولاد نیز تحت تأثیر این انقلاب قرار خواهد گرفت. رقبا می‌توانند ببینند چگونه سایر شرکت‌ها از داده‌های بزرگ و اتوماسیون برای صرفه‌جویی در هزینه و ارائه تجربه بهتر به مشتری استفاده می‌کنند. پلتفرم‌های معاملاتی آنلاین برای فولاد، شفافیت برای شرکت‌ها و مشتریان را بیشتر می‌کند. البته شرکت‌ها باید به‌دنبال آن دسته از فناوری‌های دیجیتالی باشند که برای کسب‌وکار آنها معقول باشد. لذا باید تلاش شود حوزه‌هایی که امکان برتری رقابتی را فراهم می‌کند، شناسایی شوند. می‌توان انتظار داشت شناسایی این حوزه‌ها و اکتساب فناوری‌های نوین (البته زودتر از رقبا) موضوعی کلیدی در مسیر رشد دیجیتال یک شرکت فولادی باشد.

برای رقابت در انقلاب صنعتی چهارم و بهره‌مندی بیشتر از مزایای آن، شرکت‌های فولادساز باید به درک صحیحی از پیامدهای این انقلاب بر صنعت تولید برسند و برای آینده آن برنامه‌ریزی کنند. فناوری‌های

1. Bernard Marr



جدید هر روز گسترده‌تر، رایج‌تر و پیشرفته‌تر خواهند شد و شرکت‌های فولادی باید آماده هرگونه واکنش مناسب نسبت به این تغییرات باشند. تلفیق فناوری و نرم‌افزارهای هوشمند راهی ایدئال برای شرکت‌های فولادساز و تمامی صنعت برای استفاده از این انقلاب جدید و استفاده از آن برای ایجاد محصولات بهتر و روابط بهتر با مشتری است. در این زمینه بسیاری از شرکت‌های بزرگ تولیدکننده فولاد برنامه‌های مدون و هدفمندی را تدوین کرده و در حال پیگیری و اجرای آن در سازمان خود هستند.

برنامه‌ها و تلاش‌های عملیاتی در راستای استفاده از ظرفیت‌های ایجاد شده ناشی از انقلاب صنعتی چهارم در بین شرکت‌های فولادسازی متعدد و متنوع است. در میان طرح‌های مختلف، می‌توان به پروژه‌های صندوق تحقیقاتی زغال‌سنگ و فولاد^۱ برای دیجیتالی کردن صنعت فولاد اروپا اشاره کرد. این صندوق حدود ۱۴۵ پروژه تحقیق و توسعه را با بودجه متوسط ۱/۷ میلیون یورو تأمین مالی کرده است. همچنین شرکت پوسکو^۲ در حال برنامه‌ریزی برای یکپارچه‌سازی فرایندهای موجود تولید فولاد با فناوری‌های جدید (هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، تجهیزات پوشیدنی و ...) طی پروژه‌ای تحت عنوان «کارخانه فولاد هوشمند پوسکو»^۳ است. شرکت پوسکو در حال آزمودن این پروژه در کارخانه فولاد مستقر در شهر گوانگیانگ^۴ کره جنوبی است. اقدام‌هایی از این نوع که شرکت‌های کلیدی و پیشرو جهانی در صنعت فولاد در حوزه توسعه فناوری و نوآوری در دست انجام دارند، موضوع بخش دوم این گزارش است که به تفصیل مورد بررسی قرار خواهند گرفت. شرکت‌های بزرگی مثل آرسیلورمیتال^۵، تاتااستیل^۶ و شرکت‌های نوآوری مثل بیگریوراستیل^۷ نمونه‌ای از این نوع هستند که استفاده از فناوری‌های برافکن و توسعه همکاری با سازمان‌های دیجیتال را به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی خود اتخاذ کرده‌اند.

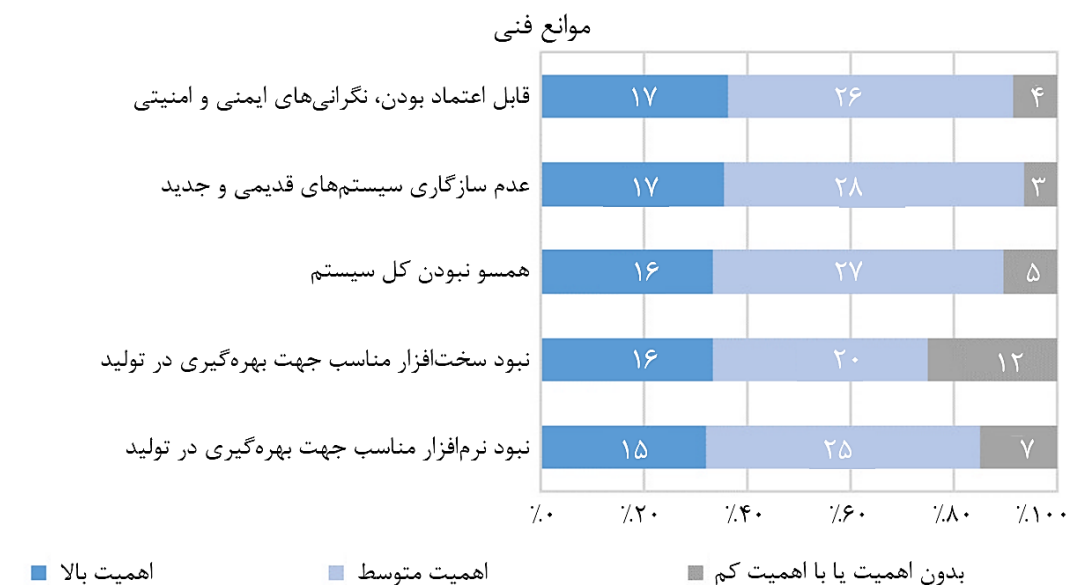
۲-۲. چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم برای صنعت فولاد

استقرار صنعت ۴/۰ با چالش‌های مختلفی همراه خواهد بود. این چالش‌ها جنبه‌های مختلف کسب‌وکار زنجیره ارزش فولاد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در کل می‌توان چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد را به دو بخش چالش‌ها و موانع «فنی» و «سازمانی» تقسیم‌بندی کرد. پیمایشی در سال ۲۰۱۸، مؤسسه فرانهورفر^۸ (بخشی از یک سازمان تحقیقاتی آلمانی، تحت عنوان «جامعه فرانهافر»^۹ که بزرگ‌ترین سازمان تحقیقات کاربردی اروپا به حساب می‌آید) برای بررسی این چالش‌ها در صنعت آهن و فولاد اروپا انجام داد که در این پیمایش از نظرهای ۴۸ نفر از خبرگان حوزه فولاد از سراسر دنیا استفاده شده است.

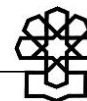
1. Research Fund for Coal and Steel
2. POSCO
3. POSCO's Smart Steel Factory
4. Gwangyang
5. Arcelor Mittal
6. Tata Steel
7. Big River Steel
8. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research
9. Fraunhofer Society

همان‌طور که در شکل ۹ دیده می‌شود، از جمله این چالش‌های فنی احصا شده در گزارش فرانهافر می‌توان به نگرانی‌ها پیرامون «قابل اعتماد بودن، ایمنی، امنیت، پیچیدگی‌های فنی و همسوسازی همه سیستم و در دسترس نبودن نرم‌افزار و سخت‌افزار جهت تولید» اشاره کرد. نکته مهم اینکه همه این پنج چالش فنی تقریباً به یک اندازه مهم تلقی شده‌اند. چالش اعتماد و نگرانی‌های امنیتی به ترس از اختلال در صورت به‌کارگیری فناوری‌ها مربوط می‌شود. ناسازگاری سیستم‌های قدیمی با سیستم‌های کنترل سخت‌افزاری و نرم‌افزاری جدید، چالش دیگری است که مهم‌ترین چالش ارزیابی شده است. نکته دیگر اینکه، نمی‌توان از پروژه‌های صنعت ۴/۰ بهره کافی را برد مگر اینکه کل سیستم در یک جهت و همسو با هم در این زمینه حرکت کنند. این چالش گریبانگیر بسیاری از شرکت‌هاست که می‌خواهند به سمت تولید هوشمند حرکت کنند و از مزایای صنعت ۴/۰ بهره ببرند. فقدان سخت‌افزارهایی که با سیستم‌های تولیدی هم‌خوان باشند یک چالش فنی دیگر است. به‌طور مثال سخت‌افزاری با حسگرهای یکپارچه، سیستم‌های اندازه‌گیری و ذخیره کلان داده برای فرایندهای تولیدی ساخته نشده است. چالش آخری که در این پیمایش مورد بررسی قرار گرفته، فقدان نرم‌افزارهای تولیدی مناسب و در دسترس برای شرکت‌های فولادی است. به‌طور نمونه الگوریتم‌ها، هوش مصنوعی و ابزارهای مناسب با نیازهای این صنعت هنوز به اندازه کافی توسعه داده نشده است.

شکل ۹. موانع فنی کنونی پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ در صنعت آهن و فولاد اروپا



Source: Neef, Hirzel and Arens (2018).



همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد یکی از چالش‌های مهم در به‌کارگیری و استفاده از مزایای فناوری‌های دیجیتال در صنعت فولاد، هم‌سو نبودن کل سیستم با یکدیگر است. برای رسیدن به بالاترین سطح از کیفیت، انعطاف‌پذیری و بهره‌وری، ارتباط و عملیات بین تمام واحدها در سراسر زنجیره تولید (و حتی فراتر) باید با یک هارمونی و نظم همراه باشد. مانند یک ارکستر که در آن نوازندگان هر یک با عمل انفرادی خود، یک محصول گروهی را تولید می‌کنند، در صنعت فولاد نیز واحدهای تولید علاوه بر انجام وظایف خود به‌صورت جداگانه، باید «تعامل با یکدیگر» برای رسیدن به شاخص‌های مدنظر انقلاب صنعتی چهارم را در دستور کار قرار دهند. مفهوم «ارکستر فلزی»^۱ بیانگر نیاز به وجود هماهنگی میان واحدها برای رسیدن به یک مجموعه کاملاً دیجیتال در صنایع فلزی است.

با توجه به مفهوم ارکستر فلزی، در فولادسازی، هر واحد تولیدی باید ضرورت‌های خاصی را تأمین کند تا بتواند در تولید دیجیتال سهیم باشد. تولید فولاد امروزه هم تا حدی اتوماسیون شده است، اما معمولاً کار سیستم‌ها به‌صورت ایزوله انجام می‌گیرد و تعامل با باقی سیستم‌ها بسیار محدود است. به نقل از گزارش «دگرگونی دیجیتال در صنعت فولاد»^۲ اصلی‌ترین چالش دیجیتالی کردن در صنعت فولاد، یکپارچه‌سازی همه سیستم‌ها و واحدهای تولیدی است. یکپارچه‌سازی در سه بعد مختلف صورت می‌گیرد:

۱. یکپارچه‌سازی عمودی: یکپارچه‌سازی سیستم‌ها در سراسر سطوح اتوماسیون کلاسیک؛ از

حسگرها گرفته تا سیستم‌های مدیریت منابع سازمانی.^۳

۲. یکپارچه‌سازی افقی: یکپارچه‌سازی سیستم‌ها در تمام زنجیره تولید.

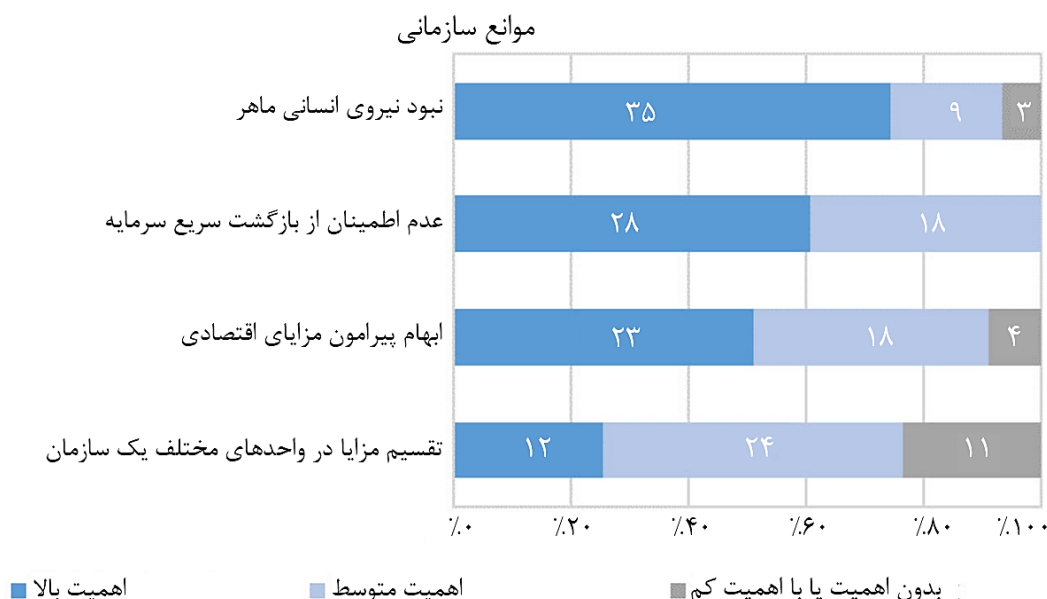
۳. یکپارچه‌سازی چرخه عمر: یکپارچه‌سازی در کل چرخه عمر یک واحد تولیدی از شروع

ساخت واحد تا پایان و تخریب آن.

اگرچه بیشتر موارد مطرح شده تاکنون به‌عنوان چالش، از نوع موانع فنی بودند، اما در مقایسه با موارد فنی، چالش‌های سازمانی از اهمیت بیشتری برخوردارند. همان‌طور که در شکل ۱۰ ملاحظه می‌شود، نبود نیروی انسانی ماهر (۷۴ درصد) مهم‌ترین چالش در رده چالش‌های سازمانی است. نگرانی از عدم بازگشت سرمایه سریع (۶۱ درصد) و نبود اطلاعات کافی پیرامون مزایای اقتصادی صنعت ۴/۰ (۵۱ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. درنهایت مشکلات مربوط به تقسیم هزینه و سود بین بخش‌های مختلف سازمان با اینکه به‌عنوان یک چالش سازمانی مطرح است، اما از اهمیت کمتری نسبت به باقی موارد برخوردار است.

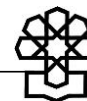
1. Metals Orchestra
2. The Digital Transformation of Steel Production
3. Enterprise Resource Planning

شکل ۱۰. موانع سازمانی کنونی پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ در صنعت آهن و فولاد اروپا

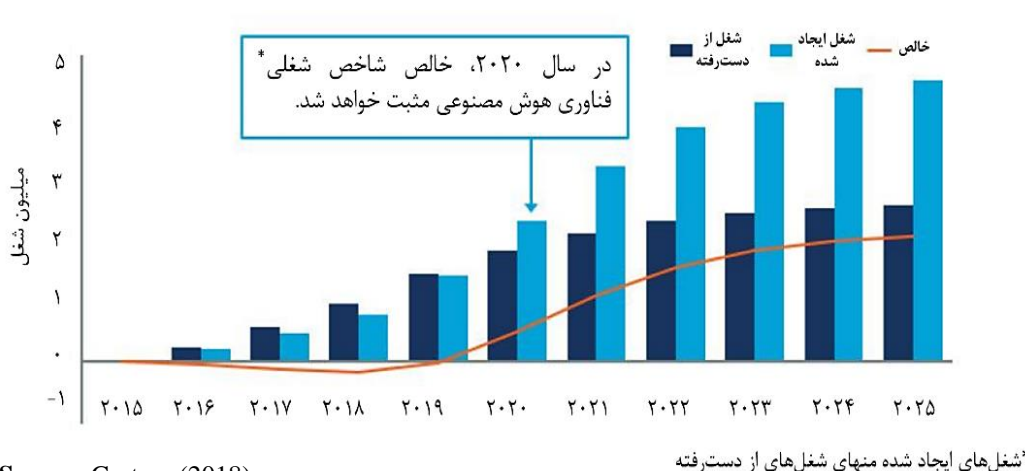


Source: Ibid.

همان‌طور که در نتایج پژوهش مؤسسه فرانهافر اشاره شد، مدیریت منابع انسانی یکی از مهم‌ترین چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم است. همانند همه انقلاب‌های صنعتی قبلی، ورود فناوری‌های جدید و نیازهای مهارتی جدید باعث می‌شود تا عده‌ای خود را در خطر از دست دادن شغل ببینند. برای اداره چالش‌های مرتبط با فناوری و فرایندهای جدید صنعت ۴/۰، همه شرکت‌های تولیدی نیاز به یک رویکرد استراتژیک و جامع دارند. با اتوماسیون بی‌وقفه فرایندهای ساده و تکرارپذیر تولید، فضای کاری برای مشاغل با پیچیدگی دیجیتال بالا زیاد می‌شود. در نتیجه نیاز است کارکنان آموزش ببینند و به سطوح مورد نیاز دست یابند. چالش اصلی شرکت‌ها تغییر مسیر ظرفیت‌ها و توانایی‌های کارکنان به سمت فرایندهای پیچیده‌تر است تا در محیط در حال تغییر تولید، کارکنان نگران از دست دادن شغل خود نباشند. البته گفتنی است بسیاری از توانایی‌هایی که در حال حاضر حیاتی محسوب می‌شوند، در دنیای دیجیتال آینده منسوخ می‌شوند و قطعاً بسیاری از افراد شغل خود را از دست می‌دهند. اما دنیای دیجیتال جدید نیاز به کارکنان جدیدی خواهد داشت و پیش‌بینی می‌شود که در نهایت مشاغل ایجاد شده با دیجیتالی کردن بیشتر از مشاغل از دست‌رفته خواهد بود. برای مثال پیش‌بینی مؤسسه گارتنر از اثر فناوری هوش مصنوعی بر مشاغل تا سال ۲۰۲۰ مطابق شکل ۱۱ از دست رفتن ۱/۸ میلیون شغل و ایجاد ۲/۳ میلیون شغل است. در این پیش‌بینی رقم خالص شغل‌های ایجاد شده تا سال ۲۰۲۵ از این هم فراتر خواهد رفت. بنابراین بازیگران اصلی صنایع مختلف باید با در نظر داشتن موارد ذکر شده خود و کارکنان خود را برای آینده دیجیتال آماده کنند.



شکل ۱۱. اثر فناوری هوش مصنوعی بر شغل‌ها

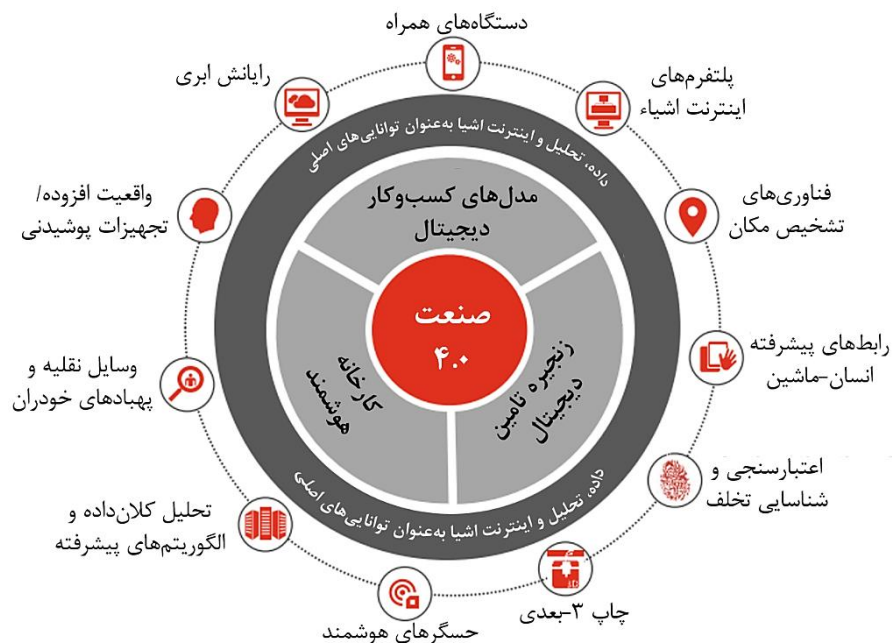


Source: Gartner (2018)

۲-۳. فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم برای زنجیره ارزش فولاد

به‌طور کلی انقلاب صنعتی چهارم فرصت‌های بسیاری را برای اتصال، هوشمندسازی و دیجیتالی کردن در پیش روی صنعت آهن و فولاد قرار داده است. اغلب فناوری‌هایی که امکان استقرار و استفاده از آن در صنایع تولیدی دیگر وجود دارد در صنعت فولادسازی نیز کاربردی هستند. حتی برخی از این فناوری‌ها در حال حاضر نیز در تعدادی از شرکت‌های فولادی مطرح دنیا کاربردی شده‌اند و آثار مثبتی از خود نشان داده‌اند. از میان فناوری‌های برافکن، شرکت مشاوره پرایس‌واترهاوس کوپرز^۱ (پی‌دبیلوسی)، فناوری‌های نشان داده شده در شکل ۱۲ را به‌عنوان توانمندسازهای صنعت فولاد معرفی کرده است. این دسته از فناوری‌ها می‌توانند به رفع چالش‌های نوآوری شرکت‌های فولادی کمک کند. همچنین «بهبود بهره‌وری و بالا رفتن بازده تولید»، «افزایش اثربخشی و کارایی در نگهداری و تعمیرات با هوش مصنوعی و تحلیل پیشرفته»، «افزایش شفافیت در مجموعه از طریق فناوری پهبادی»، «پیش‌بینی قیمت و میزان تولید با الگوریتم‌های پیشرفته» و «استفاده از چاپ ۳-بعدی برای تولید قطعات یدکی» تنها بخشی از دستاوردهایی است که می‌توان از انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد انتظار داشت که در ادامه این بخش و به‌طور خلاصه و به‌طور مشخص به برخی از فناوری‌های نوین که امکان تحول صنعت فولاد را دارند، پرداخته شده است.

شکل ۱۲. توانمندسازهای دیجیتال در صنعت فولاد



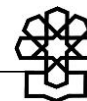
Source: Naujok and Stamm (2017).

دیجیتالی کردن زنجیره تأمین و مدل کسب‌وکار و ایجاد کارخانه هوشمند با استفاده از علم داده و به‌کارگیری فناوری‌های برافکن، راه ورود انقلاب صنعتی چهارم به دنیای صنعت فولاد است. شکل ۱۳ نمایانگر این است که چگونه استفاده از داده‌های تاریخیچه‌ای و آبی کسب‌وکار فلزات و همچنین یکپارچگی عمودی و افقی می‌تواند به کمک صنعت فولاد آید.

شکل ۱۳. تحول صنعت فولاد با دیجیتالی کردن



Source: Ibid.



آثار صنعت ۴/۰ در صنعت فولاد به زنجیره تأمین خلاصه نمی‌شود. از جمله فرصت‌های ارائه شده در انقلاب صنعتی چهارم در کارخانه‌های زنجیره فولادسازی، می‌توان به بهبود وضعیت کارکنان و بهره‌وری با استفاده از ردیابی کارکنان اشاره کرد. با استفاده از فناوری‌های مربوط به مکان‌یابی در فضاهای بسته، تشخیص نقشه کارگاه یا مجموعه و مناطق مربوط به هر فرایند یا تجهیز ساده‌تر می‌شود. با استفاده از نتایج ردیابی مسیرهای حرکتی به رویه روزانه تبدیل می‌شود، مسیریابی تجهیزات، ابزار و قطعات یدکی راحت‌تر انجام می‌شود، هدررفت زمان کاهش می‌یابد و زمان تعمیر تسریع می‌شود. استفاده از داده‌های حسگرها، فرایند و کیفیت در کوره‌های تولید آهن و فولاد (کوره بلند،^۱ کوره قوس الکتریکی^۲ و ...) می‌تواند امکان بهبود بازده فرایند و کاهش هزینه‌ها و همچنین افزایش کیفیت محصول و کاهش زمان از کارافتادگی را فراهم آورد (شکل ۱۴). علاوه بر این با بالاتر رفتن شفافیت اتفاقات، امکان نظارت آنی بر وضعیت محصول تولیدی نیز به‌وجود می‌آید.

شکل ۱۴. ابزار کلان داده و تحلیل در کوره قوس الکتریکی تولید فولاد

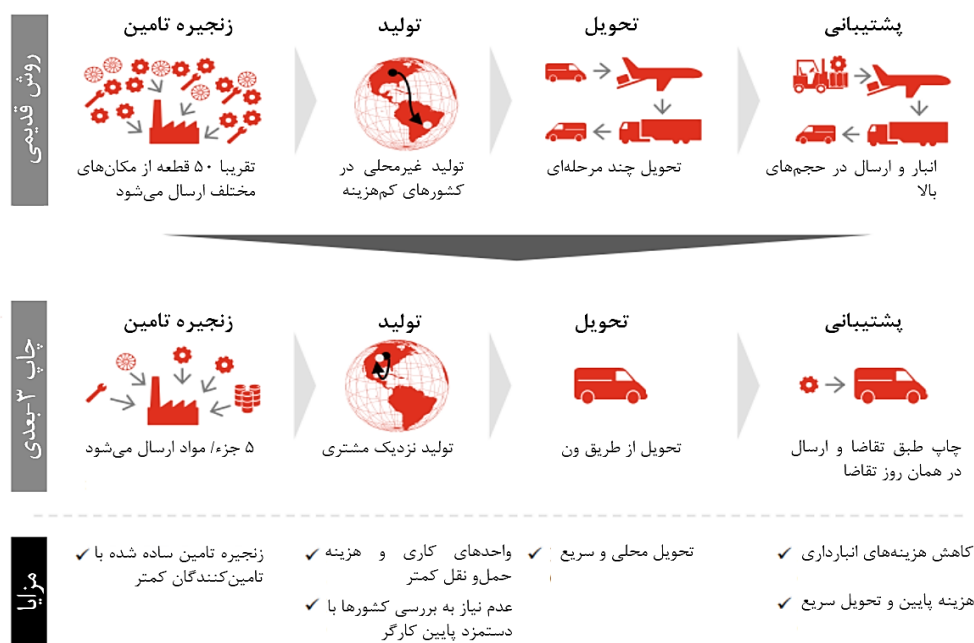


Source: Ibid.

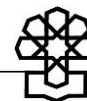
1. Blast Furnace
2. Electric arc Furnace

بازیگران اصلی صنعت فولاد از فناوری‌های صنعت ۴/۰ برای تحلیل و یکپارچه‌سازی داده‌های در دسترس به منظور تحلیل پیش‌گویانه و پشتیبانی از راه دور بهره می‌گیرند. تحلیل پیش‌گویانه به بهبود پیش‌بینی قیمت و میزان نیاز بازار کمک می‌کند. همچنین از داده و تحلیل آن برای پیش‌بینی وضعیت نگهداری و تعمیرات و وضعیت‌های خرابی استفاده می‌شود که به بهینه‌سازی دوره‌های تعمیر و نگهداری منجر می‌شود و با هشدارهای آنی، زمان از کارافتادگی را به حداقل می‌رساند. علاوه بر این حضور حسگرها به نظارت پویا بر وضعیت تجهیزات و ماشین‌ها کمک می‌کند و فناوری پهبادی شفافیت و بازده مجموعه فولادی را بالا می‌برد. استفاده از پهباد بسیاری از جنبه‌های مهندسی یک مجموعه فولادی را تسهیل می‌کند. یک پهباد می‌تواند اندازه‌گیری اشیایی که در مکان دشوار و پرخطر قرار دارند را انجام دهد، زمان و هزینه لازم برای رویه‌های بازرسی را کاهش دهد، با شناسایی آنی نقص‌های ساختمانی وقفه‌های فرایند را حذف کند، اندازه‌گیری بارهای فله^۱ را سرعت بخشد و بازرسی حجمی و کیفیت و سرعت کالا را بهبود بخشد. علاوه بر تأثیرات فناوری‌های فوق‌الذکر، نوآوری‌های حوزه فناوری چاپ ۳- بعدی می‌تواند انقلابی در قطعات یدکی ایجاد کند. تولید قطعات مستحکم و سبک با هزینه و زمان کمتر از دیگر دستاوردهای این فناوری است. همچنین مطابق شکل ۱۵ تولید برمبنای تقاضا، تحویل کوتاه‌مدت و کاهش هزینه‌های انبارداری نیز از دیگر مزایای این فناوری است.

شکل ۱۵. ساده‌سازی از طریق چاپ ۳-بعدی



Source: Ibid.



۳. چشم‌اندازهای فناوریانه پیش روی شرکت‌های فولادی در انقلاب صنعتی چهارم

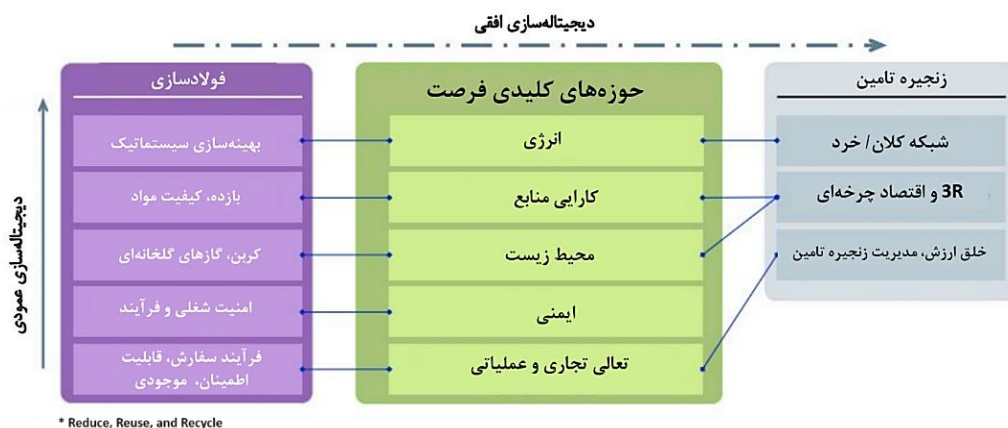
با توجه به رشد اقتصاد جهانی، افزایش تقاضای فولاد و ظهور فناوری‌های نوین می‌توان چشم‌اندازی روشن برای آینده صنعت فولاد به‌ویژه در عصر انقلاب صنعتی چهارم متصور بود. اما باید قبل از قرار گرفتن در مسیر دیجیتال شدن، یک ارزیابی آگاهانه از مسیر پیش رو و نیازهای آن صورت گیرد. پرسیدن برخی سؤال‌ها قبل از قدم گذاشتن در این مسیر ضروری است. آیا یک شرکت فولادی همسویی بین «بینش دیجیتال» و «استراتژی کسب‌وکار» دارد؟ زمان رسیدن به اهداف چقدر خواهد بود و چقدر در این مسیر باید هزینه کرد؟ آیا نمونه‌ای روشن از یک کسب‌وکار موفق همراه با این تغییرات وجود دارد؟ چه توانایی‌هایی مورد نیاز است و در مقایسه با منابع فعلی چه تغییراتی الزامی است؟ آیا شرکت درک درستی از مدل‌های عملیاتی دیجیتالی جدید دارد؟ سؤال‌های این‌گونه و پاسخ به آنها مسیر را برای هر کسب‌وکار روشن می‌کند و با غلبه بر موانع، صنعت فولاد و صنایع فلزی می‌توانند به یک بهبودی پایدار در بهره‌وری دست یابند.

گروه مشاوره اکسنچر^۱ در گزارشی در سال ۲۰۱۵ با عنوان «فولاد ضدزنگ: آینده چه خواهد بود؟»^۲، فناوری‌های دیجیتال را به همراه اقتصاد چرخه‌ای^۳ از جمله موارد روشن و آینده‌دار در صنعت فولاد معرفی کرده است. در گزارشی دیگر که شرکت مشاوره‌ای دلویت^۴ در سال ۲۰۱۹ با عنوان «چشم‌انداز صنعتی صنایع تولیدی ۲۰۱۹»^۵ تهیه کرده است، حرکت به سمت دیجیتالی کردن و فناوری‌های پیشرفته به‌عنوان عامل اصلی تحول عملیاتی کسب‌وکارها و اکوسیستم همکاری و حتی مدل‌های کسب‌وکار شرکت‌های تولیدی معرفی شده است.

به نظر می‌آید انقلاب صنعتی چهارم نه تنها فرایندهای تولید فولاد بلکه تمام زنجیره ارزش را تحت تأثیر قرار خواهد داد. حوزه‌هایی که در آن برای شرکت‌های فولاد فرصت‌هایی برای دیجیتالی کردن وجود دارد در شکل ۱۶ آورده شده است. امروزه تولیدکنندگان فولاد و سایر صنایع معدنی با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، فرصت عظیمی برای تغییر مدل‌های عملیاتی خویش دارند. این فرصت‌ها آنها را به بهبود بهره‌وری عملیاتی، خدمات به مشتری، سطح موجودی و حاشیه سود قادر می‌سازد. با توجه به کاهش چشمگیر هزینه‌های اکتساب، ذخیره و تجزیه و تحلیل داده در پنج سال گذشته، به نظر می‌رسد دوران دیجیتالی کردن در صنعت فولاد همچون سایر صنایع فرا رسیده است و آینده متعلق به بازیگرانی است که از امروز به فکر راهبرد دیجیتال هستند.

1. Accenture
2. Stainless Steel: Where do We go from Here?
3. Circular Economy
4. Deloitte
5. 2019 Industrial Manufacturing Industry Outlook

شکل ۱۶. اثرگذاری دیجیتالی کردن در حوزه‌های مختلف صنعت فولاد



Source: Janjua Rizwan (2017).

تأثیرات انقلاب صنعتی چهارم و فناوری‌های دیجیتال بر صنعت فولاد و همچنین چشم‌اندازهایی که می‌توان برای این صنعت متصور بود به دو بخش تقسیم می‌شوند. همان‌طور که در شکل ۱۷ مشاهده می‌شود، بخش نخست، تأثیر مستقیم بر تولیدکنندگان فولاد است. در واقع آثار اشاره شده، چشم‌انداز عملیاتی بسیاری از تولیدکنندگان فولاد است و همه زنجیره تولید فولاد را از تهیه و تأمین مواد اولیه تا لجستیک و خدمات دربرمی‌گیرد. علاوه بر تأثیر مستقیم که به آن اشاره شد، اثر بعدی به‌طور غیرمستقیم بر میزان تقاضای فولاد از طرف صنایع مصرفی فولاد مطابق شکل ۱۸ اثرگذار است. از یک‌طرف شرکت‌های فولادی مفهوم کارخانه‌های هوشمند و مدیریت هوشمند را دنبال خواهند کرد، (برای نمونه می‌توان به پیگیری کارخانه هوشمند توسط پوسکو^۱ اشاره کرد) و از طرف دیگر در سمت تقاضا، مواردی مانند ماشین‌ها، ساختمان و سیستم‌های انرژی هوشمند به‌وجود آمده‌اند که ممکن است بر میزان یا نوع تقاضا از شرکت‌های فولادی تأثیر چشمگیری داشته باشند.

شکل ۱۷. اثر انقلاب صنعتی چهارم بر کل زنجیره ارزش فولاد



Source: Yong-doo Cho (2017).



همان‌طور که اشاره شد در سمت تقاضای فولاد تغییرات انکارناپذیری در حال وقوع است که این امر ممکن است تنوع تقاضا در ویژگی‌های محصول را افزایش دهد. به‌طور مثال ممکن است برقی‌شدن خودروها به افزایش تقاضا برای فولادهای سبک منجر شود، یا توسعه فناوری شرکت بورینگ^۱ (شرکت ساخت تونل و زیرساخت تأسیس شده توسط ایلان ماسک^۲) در توسعه تونل‌های زیرزمینی و فراگیر شدن آن به‌عنوان پلتفرم حمل‌ونقل نوین، می‌تواند بازاری جدید با تقاضاهای متفاوت برای شرکت‌های فولادی ایجاد کند. علاوه‌براین توجه به چشم‌انداز صنایع پایین‌دستی فولاد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این امکان وجود دارد که صنایع پایین‌دستی فولاد با توسعه مواد پیشرفته، کامپوزیت‌ها و مواد سبک، موجبات کاهش تقاضای فولاد را فراهم سازند که این امر یک تهدید جدی برای صنعت فولاد محسوب می‌شود. به‌طور مثال بحث‌های جدی در خصوص جایگزینی بدنه لوازم‌خانگی با مواد سبک‌تر برای راحتی در جابه‌جایی وجود دارد. مثال دیگر درباره خوردن شدن خودروهاست. با توسعه وسایل نقلیه خوردن و حذف عامل انسانی در هدایت خودروها، امکان تصادف کاهش پیدا می‌کند در نتیجه نیاز فعلی به استحکام بالای بدنه خودرو از بین می‌رود و خودروسازان به دنبال آلیاژهای سبک‌تر خواهند رفت. شرکت‌های فولادی باید از این تغییرات آگاه بوده و تغییرات و تنوع تقاضا را پیش‌بینی و با داشتن چشم‌اندازی روشن از آینده، برنامه‌ریزی‌های لازم را برای آن انجام دهند.

شکل ۱۸. صنایع مصرف‌کننده فولاد در حال تغییر الگو

اتومبیل	کشتی‌سازی	ساخت و ساز
<ul style="list-style-type: none"> • برقی‌شدن <ul style="list-style-type: none"> ▪ ماشین‌های هیبریدی، الکتریکی و با سلول‌های سوختی ▪ ۴۱ میلیون دستگاه خودرو (۳۵ درصد تمام خودروها) تا سال ۲۰۴۰ • اتومبیل‌های خودران <ul style="list-style-type: none"> ▪ گوگل، انویدیا وو آنودی، اینتل و بی‌ام‌دبلیو ▪ ۲۱ میلیون دستگاه (۲۱ درصد خودروهای فروخته‌شده در سال ۲۰۳۵) • اقتصاد بر پایه به اشتراک گذاشتن <ul style="list-style-type: none"> ▪ به اشتراک گذاشتن خودرو و تاکسی ▪ جذب ۲۷ درصد از تقاضای انتقال 	<ul style="list-style-type: none"> • جریان‌های جدید حمل‌ونقل <ul style="list-style-type: none"> ▪ انبار و انتقال گاز طبیعی و کربن دی‌اکسید ▪ مسیرهای جدید از قطب شمال • کشتی‌های اقتصادی و به‌صرفه <ul style="list-style-type: none"> ▪ تانکرها و کانتینرهای با بازده انرژی بهتر ▪ گاز طبیعی مایع، سلول‌های سوختی • کشتی‌های هوشمند <ul style="list-style-type: none"> ▪ کشتی‌های متصل ▪ کشتی‌های خودران 	<ul style="list-style-type: none"> • کلان‌شهر <ul style="list-style-type: none"> ▪ شهرهای در حال رشد ▪ آسمان‌خراش‌ها ▪ ابرسازه‌ها مانند پل و... • شهرهای سبز <ul style="list-style-type: none"> ▪ کشاورزی شهری ▪ طراحی‌های سازگار با محیط زیست • شهرهای هوشمند <ul style="list-style-type: none"> ▪ شهرهای دیجیتال، مبتنی بر اطلاعات، هوشمند و فراگیر ▪ زیرساخت IT؛ کابل‌ها، مراکز داده

Source: Yong-doo Cho (2017).

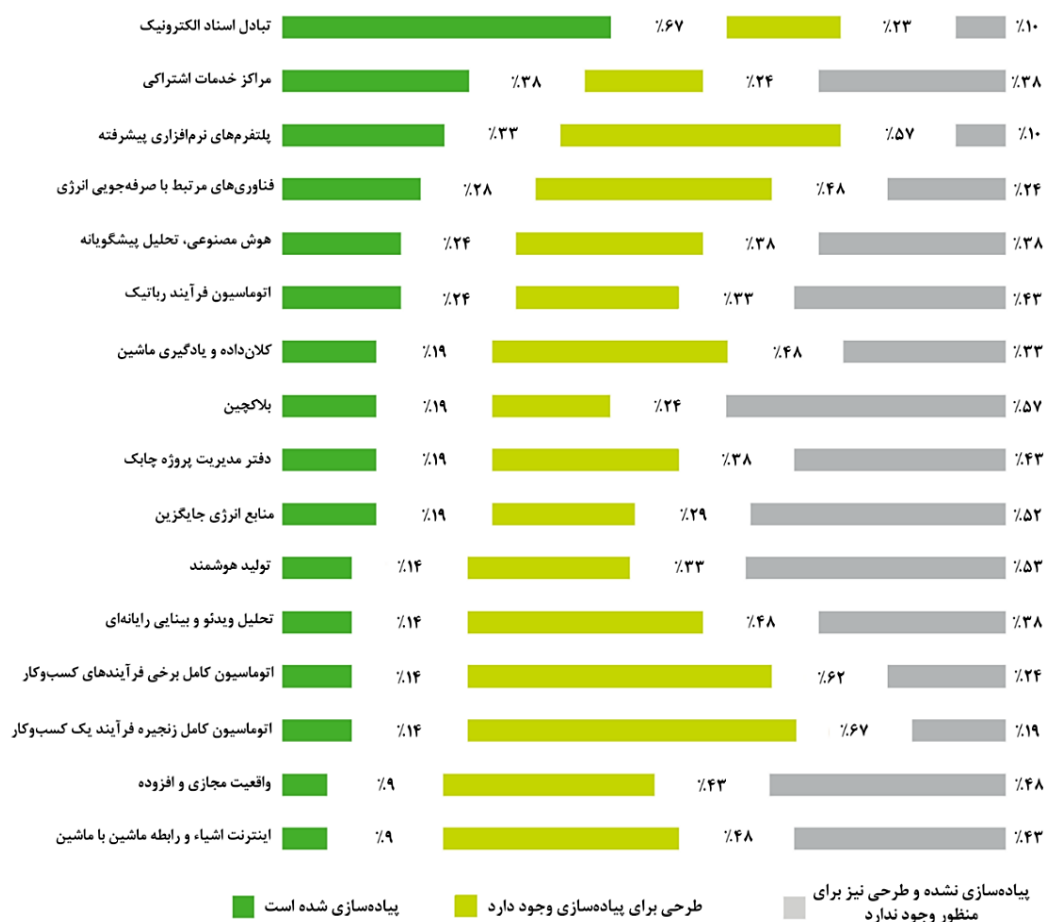
1. Boring
2. Elon Musk

با توجه به تأثیرات اشاره شده انقلاب صنعتی چهارم هم در فرایند تولید فولاد و هم در سمت تقاضای فولاد، شرکت‌های مطرح جهانی برای استفاده هرچه بهتر از این فرصت‌ها پیش‌بینی‌های لازم را از آینده روند فناوری‌ها انجام داده‌اند و با توجه به آن برنامه‌های توسعه‌ای خود را تدوین کرده‌اند. به‌طور مثال، شرکت تولید فولاد پوسکو آینده خود را در تحقیق و پژوهش و عملیاتی کردن مواردی مثل فناوری چاپ ۳-بعدی، کاهش وابستگی به فولاد (با توسعه آلیاژهای سبک‌تر نیاز به حجم کمتری از فولاد خواهد بود)، کانال‌های دیجیتال برافکن (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، رایانش ابری، کلان داده و ...)، روش‌های اقتصاد چرخه‌ای یا سبز و روباتیک و اتوماسیون می‌بیند. همچنین این شرکت هم‌اکنون نیز با بهره‌گیری از فناوری‌هایی مثل اینترنت اشیا و استفاده از تجهیزات پوشیدنی در حال بهره‌مندی از صنعت ۴/۰ است. شرکت آرسلورمیتال دیدگاه خاصی در خصوص روندهای دگرگونی دیجیتال دارد. از مصادیق نقطه‌نظر خاص این شرکت، بهبود و حداکثرسازی ظرفیت و قابلیت رقابت در یکی از مجموعه شرکت‌های آرسلورمیتال در برزیل است. پروژه‌ای که کاربردی‌سازی فناوری‌های دیجیتال و مرتبط با اتوماسیون یکی از ستون‌های آن است.

علاوه بر شرکت‌های بزرگ، موضوع چشم‌انداز انقلاب صنعتی چهارم، در گزارش‌های مختلف مراکز تحقیقاتی معتبر مورد توجه قرار گرفته است. این مؤسسه‌های تحقیقاتی، روندهای فناوری‌هایی با بیشترین تأثیر در آینده و چشم‌انداز صنعت فولاد را مورد بررسی قرار داده‌اند. به‌طور نمونه پیمایشی که شرکت دلوثیت بر دیجیتالی کردن و نوآوری در صنعت فولاد در سال ۲۰۱۸ انجام داد، نتایج ارزشمندی را در سه حوزه در اختیار مدیران این صنعت قرار داده است: ۱. پیاده‌سازی فناوری‌های مختلف، ۲. فعالیت در راستای اهداف نوآورانه و ۳. میزان هزینه شرکت‌های فولادی بر فعالیت‌های نوآورانه. شکل ۱۹، نشان‌دهنده سطح پیاده‌سازی هریک از فناوری‌ها و برنامه آینده شرکت‌های فولادی در خصوص این فناوری‌هاست. قسمت میانی نمودار که بیانگر طرح و برنامه شرکت‌ها برای پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته مختلف است، نشان می‌دهد که بیشتر شرکت‌های فولادی پیمایش شده در این پژوهش، برنامه و طرحی برای پیاده‌سازی مواردی مثل اتوماسیون کامل زنجیره فرایند کسب‌وکار و پلتفرم‌های نرم‌افزاری پیشرفته را دارند. اجرایی کردن اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، کلان داده در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرد.



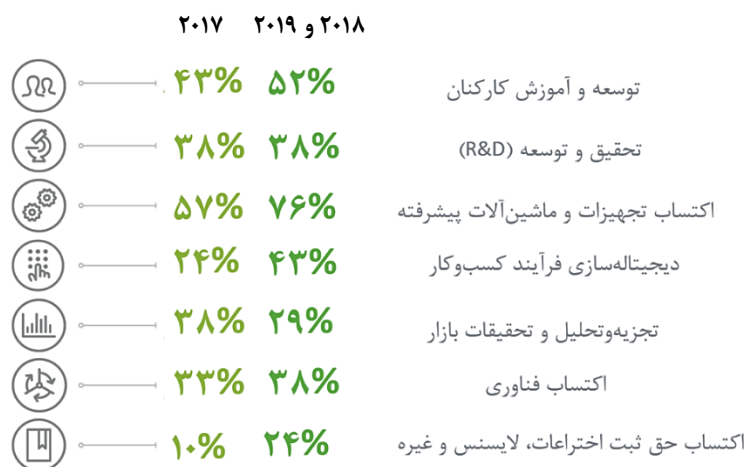
شکل ۱۹. پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته



Source: Sedov (2018).

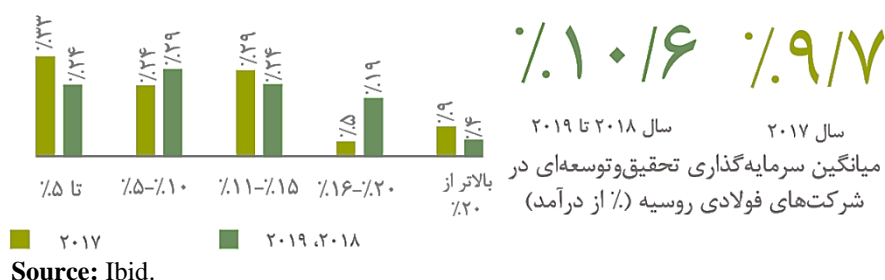
در ادامه این پژوهش با بررسی فعالیت‌ها در راستای اهداف نوآورانه نشان داده شده است که خبرگان و تولیدکنندگان بزرگ صنعت فولاد، اکتساب تجهیزات و ماشین‌آلات پیشرفته را در صدر فعالیت‌ها و آموزش و بازپروری کارکنان را در رده بعدی قرار می‌دهند (شکل ۲۰). در خصوص هزینه‌ها و مطابق شکل ۲۱، تقریباً نیمی از شرکت‌های فولادی پیمایش شده (۵۳ درصد) اذعان دارند که بین ۵ تا ۱۵ درصد از درآمد سالانه خود را به فعالیت‌های نوآورانه اختصاص می‌دهند. همچنین ۱۹ درصد از این شرکت طرحی برای هزینه ۱۵ تا ۲۵ درصدی بر فعالیت‌های نوآورانه در آینده نزدیک دارند.

شکل ۲۰. فعالیت‌ها در راستای اهداف نوآورانه



Source: Ibid.

شکل ۲۱. هزینه‌های پیاده‌سازی نوآوری‌ها



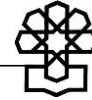
Source: Ibid.

این پیمایش نمایی امیدبخش از چشم‌انداز شرکت‌های فولادی با فناوری‌های پیشرفته و نوین را نشان می‌دهد و مطابق انتظار، این ارقام نمای صنعتی را به تصویر می‌کشد که در آینده نزدیک پا در مسیر تولید هوشمند به واسطه فناوری‌های برافکن خواهد گذاشت. در این میان شرکت‌هایی هستند که هم‌اکنون نیز کار را شروع کرده‌اند و سعی در پیشرو بودن در این مسیر دارند و شرکت‌هایی هم هستند که بدون توجه به واقعیات دنیای دیجیتال پیش رو، در خطر از دست دادن بازار و عقب ماندن از رقابت قرار دارند. سؤالی که در اینجا پیش می‌آید این است که وضعیت شرکت‌های فولادی در ایران چگونه است؟ آیا برای این امر برنامه‌ریزی‌های لازم انجام شده است؟ همان‌طور که اشاره شد تأثیرات انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد امری جدی است و شرکت‌های فولادی در کشور می‌توانند با انجام برنامه‌ریزی‌های لازم از این امر به‌عنوان یک فرصت استفاده کرده و جایگاه خود را در بازار جهانی فولاد تثبیت کنند.



1. Yong-doo Cho .*The 4th Industrial Revolution and Its Impact on the Future Steel Industry and Steel Demand* .POSCO 2017.
2. Saul Levin .World Economic Forum and the Fourth Industrial Revolution in South Africa .Trade & Industrial Policy Strategies, 2018.
3. Germany:Industrie 0/4 .Digital Transformation Monitor ‘European Commission . 2017.
4. Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing .Subcommittee on Advanced Manufacturing Committee on Technology ‘National Science & Technology Council, 2018.
5. Ted Wackl. Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing Subcommittee on Advanced Manufacturing Committee on Technology, 2018.
6. New Robot Strategy. The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization ‘2015.
7. Made in China 2025 .Institute for Security & Development Policy (ISDP 2018).8. Jung Suk-yeel .Innovation in Manufacturing 3.0 Strategy Needs Better Focus with Clearer Direction. .businesskorea .2015. <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=13060>.
9. Jessica Son . Korea - Manufacturing Technology - Smart Factory . <https://www.export.gov> .2019 .<https://www.export.gov/article?id=Korea-Manufacturing-Technology-Smart-Factory>.
10. Mikael Puittinen .10 Examples of Ai in Manufacturing to Inspire Your Smart Factory. Nordcloud .2018 .<https://nordcloud.com/10-examples-of-ai-in-manufacturing-to-inspire-your-smart-factory/>
11. A. Parrot, L. Warshaw .Industry 0/4 and the digital twin manufacturing meets its match. Deloitte, 2017.
12. Abhishek Kaul. Internet of Things Application for Metals, Mining and Industrial Product Industries. IBM .2015 .<https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/manufacturing/internet-of-things/>
13. Virtual and Augmented Reality in Engineering .SMS Group .SMS Group, 2018.
14. What Can Augmented Reality Do for Manufacturing ? Ian Wright .engineering.com, 2017.
15. Mark Cotteleer, Brenna Sniderman .Forces of change: Industry 0/4 .Deloitte, 2017.
16. James Manyika, Susan Lund .Jobs lost, jobs gained: What the Future of Work will Mean for Jobs, Skills, and Wages .McKinsey Global Institute, 2017.
17. The Fourth Industrial Revolution: The Winds of Change are Blowing in the Steel Industry .posco.com, 2016 .<https://newsroom.posco.com/en/fourth-industrial-revolution-winds-changoscoe-blowing-steel-industry>.
18. Hamid Khurram .The New Superpowers of the 4th Industrial Revolution .Medium, 2016. <https://medium.com/@khurramhamid/the-6-horseman-of-the-fourth-industrial-revolution-77ef6ef0c7d>.
19. Esat Dedezade. Europe’s Steel Sector Steals the show with AI. Microsoft News 2019 . <https://news.microsoft.com/europe/features/europes-steel-sector-steals-the-show-with-ai/>
20. Stefan Schrauf, Philipp Bertram. Industry 0/4: How Digitization Makes the Supply Chain More Efficient, Agile, and Customer-focused, PwC, 2016.
21. Lora Cecere. Embracing the Digital Supply Chain .Supply Chain Insights .2016 . <http://www.supplychainshaman.com/demand/demanddriven/embracing-the->

- digital-supply-chain./
22. Rio Tinto, TAFE and the WA State Government join forces for mining jobs of the future .Rio Tinto .http://www.riotinto.com/media/media-releases-237_23413.aspx.
 23. Clementine Roy. Industry 0/4: The Role of Humans in Applying New Technologies .BRIDGR 2018 .[https://insights.bridgr.co/industry-4-0-the-role-of-humans-in-applying-new-technologies./](https://insights.bridgr.co/industry-4-0-the-role-of-humans-in-applying-new-technologies/)
 24. Yvonne Zhou , Lisa Hu .The digital revolution will transform the steel industry Jun, 2019. [https://www.weforum.org/agenda/2019/06/the-digital-revolution-will-transform-steel-and-metals-companies./](https://www.weforum.org/agenda/2019/06/the-digital-revolution-will-transform-steel-and-metals-companies/)
 25. How Smart Factories are Changing the Manufacturing Industry . newsroom.posco.com .posco ،2017 .<https://newsroom.posco.com/en/how-smart-factories-are-redefining-the-manufacturing-industry./>
 26. Iron Age 2.0: The Fourth Industrial Revolution and the Steel Industry . posco.com .POSCO .[https://newsroom.posco.com/en/iron-age-2-0-fourth-industrial-revolution-steel-industry./](https://newsroom.posco.com/en/iron-age-2-0-fourth-industrial-revolution-steel-industry/)
 27. Sonia Diaz, Myra Pinkham . Industry 0/4: The Digitalisation of Manufacturing . Steel Consortium 2017. <https://steelconsortium.org/industry-4-0-the-digitalisation-of-manufacturing./>
 28. Christoph Neef, Simon Hirzel, Marlene Arens. Industry 0/4 in the European Iron and Steel Industry: Towards an Overview of Implementations and Perspective.Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, 2018.
 29. Kurt Herzog. The Digital Transformation of Steel Production. Primetals Technologies, 2018.
 30. Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 0/4, Fabian Hecklauer Procedia CIRP, 2016 .
 31. Gartner, Future-Proof Your Talent Strategy .Gartner, 2018 . https://www.gartner.com/en/human-resources/research/talentneuron/future-proof-your-talent-strategy?utm_source=twitter&utm_medium=social&utm_campaign=RM_NA_2018_CTN_SOC_SOC1_WF-FUTURE-WP&utm_term=special-report&utm_content=twitter&sf201307266=1.
 32. Industry 0/4 in Steel: Status, Strategy, Roadmap and Capabilities, Nils Naujok , Holger Stamm, PWC, 2017.
 33. Cheng Vue, Wireless for High Temperature Electric Arc Furnace Control . Emerson Automation Experts .2016 . <https://www.emersonautomationexperts.com/2016/measurement/temperature/wireless-for-high-temperature-electric-arc-furnace-control./>
 34. ArcelorMittal .Drones are "taking off" at our plants .ArcelorMittal .2019 . <https://usa.arcelormittal.com/news-and-media/our-stories/2019/april/04-12-2019>.
 35. John E. Lichtenstein. Stainless steel: Where do we go from here ?Accenture . 2015 .<https://www.accenture.com/us-en/blogs/blogs-stainless-steel-where-do-we-go-from-here>.
 36. Paul Wellener. Industrial manufacturing industry outlook Deloitte, 2019.
 37. Janjua Rizwan. Digitalization - Steel Industry. OECD Steel Committee, 2017.
 38. Choi Dongyong . Future Megatrends and the Steel Industry .POSCO Research Institute, 2017.



39. Smart Factory Leads Industry in the 21st Century. POSCO reports, POSCO.
40. Daniel Fairclough, Lisa Fortuna .Arcelormittal Outlook 2019 .Global Metals &Mining Conference, 2019.
41. Andrey Sedov. Overview of the Steel and Iron Ore Market .Deloitte, 2018.
42. Daniel Kuepper. Embracing Industry 0/4 and Rediscovering Growth .bcg.com .bcg .<https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-0/4-rediscovering-growth.aspx>.
43. The Digital Transformation of Steel Productio. Kurt Herzog, Primetals Technologies, 2018.
44. Klaus Schwab. The 4th Industrial Revolution: What It Means, How to Respond . General Electric. 2016 .[https://www.ge.com/reports/the-4th-industrial-revolution-what-it-means-how-to-respond./](https://www.ge.com/reports/the-4th-industrial-revolution-what-it-means-how-to-respond/)
45. Eli Tidhar, Jeremy Siegma, Dan Paikowsky .Toward the Next Horizon of Industry 0/4 .Deloitte. 2018 .<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/building-capabilities-through-collaborations-startups.html>.
46. Chiara Cimini, Giuditta Pezzotta, Roberto Pinto .Industry 0/4 Technologies Impacts in the Manufacturing and Supply Chain Landscape: An Overview, 2019.
47. World Steel. Global Crude Steel Output Increases by 4.6% in 2018. World Steel, 2019.
48. How Technology is Disrupting the Metal Fabrication . Born2invest . gust, 2018 .[https://born2invest.com/articles/technology-disrupting-metal-fabrication-industry./](https://born2invest.com/articles/technology-disrupting-metal-fabrication-industry/)
49. Paul Mitchell. How Steelmakers are Responding to Volatile Times. EY, 2019 .https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/how-steelmakers-are-responding-to-volatile-times.
50. James Manyika, Michael Chui, Jacques Bughin. Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy. McKinsey Global Institute, 2013.
51. Shirish Gariba, Radhakrishna Pillai. Deconstructing Disruption: Impact of future Technologies. EY, 2018.
52. Joey Dupont. Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2018 . Gartner, 2018.



مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شماره مسلسل: ۱۶۹۹۲

شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: آینده صنعت فولاد ۱. شناسایی ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد و چشم‌اندازهای فناورانه پیش رو

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه معدن و صنایع معدنی)

مدیر مطالعه: بابک بهادری

تهیه و تدوین: مسعود عسکری

همکاران: هومن فرزاملی، طیبه صالحی، میلاد سلیمانی خلجی، محمدصادق رضانی، فریبا واعظ قاسمی

اظهار نظر کننده: پریسا علیزاده

ناظران علمی: حسین افشین، علی اصغر اژدری

ویراستار تخصصی: _____

ویراستار ادبی: _____

واژه‌های کلیدی:

۱. فولاد

۲. فناوری

۳. انقلاب صنعتی چهارم



تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۲/۱