آینده صنعت فولاد
۲. بررسی اقدامات شرکت‌های کلیدی و پیشرو جهانی در صنعت فولاد در حوزه توسعه فناوری و نوآوری

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۷۰۰۵
اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹

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

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. اقدامات شرکت‌های فولادی دنیا در توسعه فناوری و نوآوری ۳
۱-۱. چین ۳
۱-۲. ژاپن ۱۰
۱-۳. کره جنوبی ۱۴
۱-۴. هند ۱۵
۱-۵. اتحادیه اروپا ۱۹
۱-۶. روسیه ۲۴
۱-۷. ترکیه ۲۷
۱-۸. آمریکا ۳۱
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳۵
منابع و مآخذ ۳۷

آینده صنعت فولاد
۲. بررسی اقدامات شرکت‌های کلیدی و پیشرو جهانی در صنعت فولاد در حوزه توسعه فناوری و نوآوری

چکیده

ظهور فناوری‌های نو در قالب انقلاب صنعتی چهارم، رقابت تنگاتنگی را میان بخش‌های مختلف صنعت و معدن برای بهره‌گیری از این فناوری‌ها در راستای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید ایجاد کرده است. کشورهای پیشرو در صنایع فولاد نیز راهبردهای مشخصی برای استفاده از دستاوردهای فناورانه تدوین کرده و برنامه‌هایی را بدین منظور اجرایی کرده‌اند. هدف از این گزارش ترسیم آینده صنعت فولاد از منظر استفاده از فناوری‌های نوین، بررسی اقدامات شرکت‌های پیشروِ جهانی در صنایع فولاد و جایگاه ایران در این حوزه است. کشورهای چین، ژاپن، کره جنوبی، هند، روسیه، اتحادیه اروپا، ترکیه و ایالات متحده آمریکا به‌عنوان تولیدکنندگان بزرگ فولاد در جهان گام‌های مؤثری در راستای بهره‌گیری از دستاوردهای انقلاب صنعتی چهارم برداشته‌اند:

- برنامه «ساخت چین» تأثیر گسترده‌ای روی صنعت فولاد این کشور داشته و شرکت‌های بزرگ فولادی با ابتکارات و طرح‌های جدی، در این مسیر پیشرو بوده‌اند. همچنین نهادها و مراکز جدیدی نیز برای توسعه این اکوسیستم شکل گرفته است و ارتباطات پویا و نظام‌مندی بین غول‌های فناوری و فولادسازی چین ایجاد شده است.
- طرح‌های کشور ژاپن برای انقلاب صنعتی چهارم بسیار جدی بوده و از دولت تا فولادسازانِ عمده این کشور، همه در این مسیر، همگام و منسجم در حرکت هستند.
- شرکت پوسکوی کره جنوبی و سایر فولادسازان بزرگ این کشور در جهت ادغام فناوری‌های نوین و صنعت فولاد برمبنای استانداردهایی که بر پیشبرد مفهوم کارخانه و تولید هوشمند و همچنین آموزش نیروی انسانی ماهر برای دنیای دیجیتال، متمرکز است، تلاش می‌کنند.
- اقدامات حمایتی دولت هند برای دیجیتالی کردن بخش تولید و به‌خصوص پژوهش در صنعت فولاد نیز مثال‌زدنی است. نهادهای دولتی مختلف با اختصاص بودجه‌های قابل توجه به پژوهش‌های نوآورانه در صنعت، عزم راسخ خود را برای تحول دیجیتال نشان داده‌اند.
- طرح‌های دیجیتالی شدن در کشورهای اروپایی نیز مهم و فراگیر هستند و بسیاری از نهادها و تشکل‌ها در اتحادیه اروپا در تلاش برای حمایت از این طرح‌ها هستند. همچنین شرکت‌های فناور با

شتاب خوبی در این راستا در حال حرکت بوده و شواهد نشان می‌دهد که انقلاب صنعتی چهارم در این اتحادیه به‌صورت جدی در حال پیگیری و پیاده‌سازی است.

- کشور روسیه با شکل دادن همکاری‌های گسترده بین شرکت‌های فولادی و شرکت‌های فعال در زمینه فناوری اطلاعات و با مشارکت دادن دانشگاه‌ها و حفظ ارتباطشان با صنعت به‌سمت انقلاب صنعتی چهارم و دیجیتال‌سازی تولید فولاد پیش می‌رود و در تلاش برای پیشبرد اهداف «تولید پیشرفته» است تا بتواند از رقبای خود در این صنعت پیشی بگیرد.
- کشور ترکیه در همسایگی ایران الگوی موفقی از ایجاد ارزش‌افزوده از صنعت فولادسازی بدون اتکا به منابع معدنی و انرژی ارزان ایجاد کرده است و فناوری نقش مهمی در تولید این کشور دارد. در سال‌های اخیر اقدامات سیاستی دولت ترکیه بر توسعه فناوری‌های برافکن در راستای انقلاب صنعتی چهارم متمرکز بوده و این مسیر نیز توسط شرکت‌های بزرگ فولادی ترک دنبال شده است.
- انقلاب صنعتی چهارم در سطح حاکمیتی و سیاستی ایالات متحده آمریکا به‌سرعت پیگیری می‌شود و بازتاب گسترده‌ای در سطح حاکمیتی و نهادهای مربوطه داشته است. لکن به‌طور خاص و در سطح شرکت‌ها، دو شرکت بیگ‌ریوراستیل و نیوکور، اقدامات پُرشتابی را انتخاب کردند و توسعه فناوری در انقلاب صنعتی چهارم را در صدر اولویت‌های توسعه‌ای خود قرار داده‌اند.

ایران به‌عنوان یکی از ۱۰ کشور برتر در حوزه تولید فولاد در دنیا، علی‌رغم حرکت شتابان سایر کشورها برای بهره‌گیری از دستاوردهای فناورانه انقلاب صنعتی چهارم، راهبرد مشخصی برای این مسئله نداشته و زیرساخت‌ها و اکوسیستم‌های فناورانه برای ایجاد و جهت‌دهی به شرکت‌های فناور در حوزه آهن و فولاد شکل نگرفته است. شاید تأمین مواد اولیه و انرژی ارزان و همچنین ساختار مالکیتی و مدیریتی شبه‌دولتی در صنایع عمده فولادی ایران یکی از دلایل عدم حرکت فولادسازان ایرانی برای استفاده از فناوری‌های نوین باشد. پیش‌بینی می‌شود با توجه به رقابت فولادسازان بزرگ دنیا برای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید، عدم حرکت ایران به سمت استفاده از طرح‌های فناورانه می‌تواند زنگ خطری برای آینده صنعت فولاد ایران باشد.

مقدمه

تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم تاکنون آثار عمیقی بر صنایع تولیدی سنگین داشته و برآوردها بر این است که این آثار با شدت بیشتری ادامه خواهد داشت. به‌طور مشخص صنعت فولاد از این امر مستثنا نیست و به‌عنوان یک صنعت مهم و کلیدی از انقلاب صنعتی چهارم تأثیر پذیرفته است.

پیگیری سمت‌وسوی تأثیرات و تحولات در صنعت فولاد، نیازمند دقت در اقدامات سیاستی کشورهای عمده تولیدکننده فولاد و بنگاه‌های پیشروِ آنهاست، چراکه برای پیشروی در دنیای دیجیتال،

سیاستگذاری دولت‌ها نقش بسزایی ایفا می‌کند. به‌طور مشخص این سیاستگذاری‌ها و راهبردها به شکل‌گیری یک اکوسیستم نوآوریِ فعال و پویا در صنعت فولاد کمک خواهد کرد. به‌عنوان نمونه «سیاست‌های کلی پیرامون صنعت ۴/۰»، «تشکیل نهادهای نوآوری» و «ایجاد یک شبکه همکاری بین شرکت‌های فولادی و شرکت‌های نوآور و فناور» می‌تواند قسمتی از این اقدامات باشد.

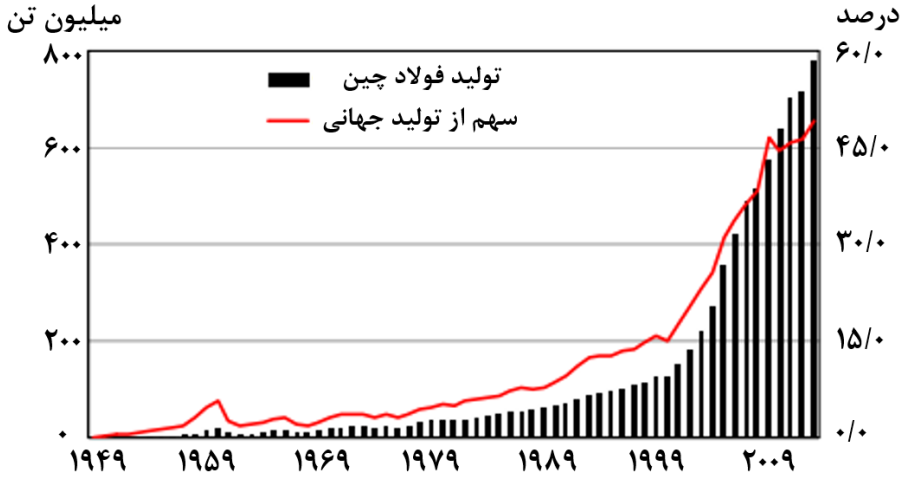
در این گزارش، فعالیت‌های فناورانه و نوآورانه در صنعت فولاد برای کشورهای پیشرو در تولید فولاد بررسی شده است. بررسی اقدامات سیاستی در حوزه انقلاب چهارم به‌طور مشخص در قاره آسیا و کشورهایی مانند چین، هند، کره جنوبی و ژاپن (که از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان فولاد در آسیا و جهان هستند) مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. علاوه‌بر این سیاستگذاری‌های کشورها و فولادسازهای بزرگ اتحادیه اروپا، روسیه، ترکیه و آمریکا به سبب اهمیت آنها در تولید فولاد، توسعه فناوری و موقعیت رقابتی در همسایگی کشور، مدنظر و مورد توجه قرار گرفته‌اند.

۱. اقدامات شرکت‌های فولادی دنیا در توسعه فناوری و نوآوری

۱-۱. چین

در اواخر دهه ۱۹۷۰ میلادی، پس از اینکه دولت چین سیاست اصلاحات اقتصادی را اجرایی کرد، تولید محصولات فولادی این کشور با سرعتی بی‌سابقه افزایش یافت (نمودار ۱). در جهش بعدی و بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۱، تولید فولاد خام و آهن خام تقریباً دو برابر و خروجی محصولات نهایی فولادی با افزایش ۲/۵ برابری مواجه شد. درنهایت در سال ۱۹۹۶ تولید فولاد خام چین از دو کشور آمریکا و ژاپن پیشی گرفت و این کشور به بزرگ‌ترین تولیدکننده فولاد خام در جهان تبدیل شد. چین بعد از این برهه نه‌تنها توانست رتبه اول خود را در تولید حفظ کند، بلکه فاصله خود را با سایر کشورها بیشتر هم کرد. این اختلاف به‌گونه‌ای شد که در سال ۲۰۱۸، تولید فولاد چین نسبت به هند (دومین تولیدکننده بزرگ فولاد در جهان) تقریباً ۹ برابر است و حدوداً نیمی از تولید فولاد خام جهان از طریق چین تأمین می‌شود. در مقوله صادرات نیز در سال ۲۰۱۴، چین از کشور ژاپن به‌عنوان بزرگ‌ترین کشور صادرکننده فولاد پیشی گرفت.

نمودار ۱. روند رشد تولید فولاد چین در سال‌های اخیر



Source: G. Burg, World Steel Association, (2014).

ادامه این روند باعث شده تا میزان تولید سالیانه از میزان تقاضا بیشتر شود. در همین راستا انجمن جهانی فولاد[1] گزارش داده است که در سال ۲۰۱۸، بین میزان تولید و میزان مصرف فولاد، حدوداً ۱۰۰ میلیون تُن فاصله وجود دارد. همچنین طبق ادعای انجمن فولاد اروپا[2] ظرفیت اضافی فولاد در دنیا (اختلاف بین ظرفیت تولید و میزان تولید) در سال ۲۰۱۸ برابر ۵۵۰ میلیون تُن بوده است. این رقم معادل ۲۵ درصد کل تولید گزارش‌شده فولاد است. با وجود این، هیچ نشانی از کم شدن تولید جهانی که چین مسبب اصلی آن بوده است، وجود ندارد. حتی با تنظیم سیاست‌ها و مقررات جهانی برای کاهش ۱۵۰ میلیونی تولید چین نه تنها این کاهش رخ نداده، بلکه علائمی حاکی از افزایش تولید این کشور مشاهده شده است. نتیجه این است که سایر کشورها با دوره‌ای پایدار از قیمت‌ها و سودآوری پایین مواجه شده‌اند.

پیش‌بینی‌های عرضه و تقاضا حاکی از آن است که در صورت ادامه روند افزایشی کنونی تولید، در آینده نه‌چندان دور، فاصله بین عرضه و تقاضا بیشتر هم خواهد شد. البته چشم‌اندازهای کوتاه‌مدت تقاضای فولاد نشان‌دهنده افزایش تقاضا برای این محصول در سال‌های پیش رو است. اما نرخ این افزایش رو به نزول است. همچنین با توجه به پیشرفت‌ها در زمینه مواد پیشرفته[3] و فوق سبک و ترجیح استفاده از سایر مواد در صنایع فعلی در پایین‌دست فولاد (به‌طور مثال تولید خودرو با بدنه آلومینیمی و منیزیمی به‌جای فولاد)، دور از انتظار نیست که در آینده تقاضای جهانی فولاد کاهش یابد. حتی یکی از موارد سیاستی اصلی برنامه «ساخت چین»، توسعه مواد پیشرفته است. با در نظر گرفتن این واقعیت‌ها می‌توان پیش‌بینی کرد که تولید فولاد در دنیای پیش رو با تمرکز بر افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها انجام خواهد شد. ازاین‌رو چین

1. World Steel Association
2. European Steel Association
3. Advanced Materials

و سایر کشورهای آسیای شرقی با شتاب زیادی در حال پذیرش انقلاب صنعتی چهارم هستند. تولید هوشمند فولاد با بهره‌گیری ترکیبی از فناوری‌های اینترنت اشیاء، تحلیل، کلان‌داده، هوش مصنوعی و سایر فناوری‌های دیجیتال، موجب شده تا این کشورها با هدف رهبری نوآوری و تولید متعالی پیشروی کنند. شرکت‌های چینی (و سایر کشورهای آسیای شرقیِ) تولیدکننده فولاد، صنعت ۴/۰ را به‌عنوان بخشی از استراتژی توسعه خود قرار داده‌اند. هم‌اکنون نیز برخی از شرکت‌ها با اجرای پلتفرم‌های تجارت دیجیتال، به دنبال پیشبرد بخشی از تلاش‌های راهبردی خود جهت دیجیتالی‌کردن کسب‌وکار هستند.

علاوه‌بر اینکه چین بزرگ‌ترین تولیدکننده فولاد در جهان است، ۶ شرکت چینی در بین ۱۰ تولیدکننده برتر فولاد در دنیا (از نظر میزان تولید) قرار دارند، اما با وجود این، باز هم دولت چین و شرکت‌های تولیدکننده فولاد به دنبال بهینه‌سازی تولید از طریق افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها به‌واسطه دیجیتالی کردن هستند. تأثیرپذیری دولت چین از این تحولات فناورانه را می‌توان در یک روند تاریخی درک کرد. از این منظر، در سال ۲۰۱۳ دولت آلمان مفهوم «صنعت ۴/۰» را معرفی کرد. در اواخر سال ۲۰۱۴ نخست‌وزیر چین، لی‌که‌چیانگ[1] در سفری به آلمان طرح همکاری تحت عنوان «ساخت نوآوری» را کلید زد و اعلام کرد که دو کشور آلمان و چین در راستای رسیدن به اهداف صنعت ۴/۰ همکاری خواهند داشت. دیجیتالی کردن صنایع تولیدی از سال ۲۰۱۵ در دستور کار دولت چین بوده است و برای پیشبرد اهداف مورد نظر خود طرح‌هایی نیز در این زمینه پیاده‌سازی کرده است.

دولت چین طی سلسله «برنامه‌های پنج‌ساله»[2] به طرح‌ریزی توسعه طرح‌های اقتصادی و اجتماعی می‌پردازد. در حال حاضر این کشور در سیزدهمین دوره این طرح قرار دارد. توسعه با عامل محرک «نوآوری»، یکی از سرفصل‌های اصلی این دوره است. طرح «ساخت چین» که در فصل قبل هم به آن اشاره شد، در این مجموعه قرار می‌گیرد. این طرح بر پنج پایه استوار است: «اتکا بر نوآوری»، «تأکید بر کیفیت به‌جای کمیت»، «توسعه سبز»، «بهینه‌سازی ساختار صنعت چین» و «محوریت نیروی انسانی». شایان ذکر است در این میان، تأکید اصلی بر «نوآوری» است.

به‌طور خاص دولت چین در تلاش است تا با بهره‌گیری از نوآوری، به ایجاد ارزش‌افزوده در صنایع تولیدی شتاب بخشد. هدف اصلی، تبدیل این کشور به مرکز اصلی نوآوری و فناوری در دنیا و بالا بردن بهره‌وری در بلندمدت است. براساس بیانیه منتشر شده در ماه می سال ۲۰۱۶ (اردیبهشت ۱۳۹۵) توسط کمیته مرکزی حزب کمونیست چین[3] و شورای ملی[4] «خط‌مشی‌ها برای مدل توسعه مبتنی‌بر نوآوری چین»[5] تبیین شد. بر این اساس هدف کلی برای اقتصاد چین، دستیابی به مفهوم «ملت نوآور» تا سال

1. Li Keqiang
2. Five Years Plans
3. CCP Central Committee
4. The State Council of the People's Republic of China
5. Guidelines for China’s Innovation-Driven Development Model

۲۰۲۰، «پیشرو جهانی در نوآوری» تا سال ۲۰۳۰ و تبدیل شدن به «قدرت اصلی نوآوری علمی و فناورانه» تا سال ۲۰۵۰ است. در همین راستا صنعت آهن و فولاد چین به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین صنایع این کشور، توسعه خود را در گرو پیروی از این خط‌مشی‌ها می‌داند. دیجیتالی کردن این صنعت با تکیه بر طرح‌های نوآورانه و فناوری‌های نوین، راه رسیدن به این هدف است. به‌عنوان مصداق عینی، در حال حاضر بسیاری از شرکت‌های چینی که در رده‌های نخست میزان تولید فولاد در دنیا قرار دارند، بخشی از تمرکز عملیاتی خود را به دیجیتالی کردن و «صنعت ۴/۰» معطوف کرده‌اند.

از جهتی صنعت ۴/۰ در تولید فولاد، نویدِ رسیدن به اهداف توسعه پایدار را نیز می‌دهد. از طرف دیگر، صنعت فولاد یکی از اصلی‌ترین منابع تولید دی‌اکسیدکربن است. در واحدهای تولید فولاد مصرف انرژی بالا و آلایندگی بالا، دو عبارت مترادف هستند. در کشور چین هر زمان که میزان آلودگی هوا بالا می‌رود، انگشت اتهام پیش و بیش از همه به سمت تولیدکنندگان فولاد نشانه می‌رود. سیاست‌های کاهش آلایندگی دولت چین هشداری برای تولیدکنندگان فولاد است. در راستای این سیاست، تولیدکنندگان باید تجهیزات با مصرف انرژی بالا و آلایندگی بالای خود را حذف کرده و اصلاحاتی در فرایند تولید اعمال کنند. با توجه به سیاست‌های اتخاذ شده توسط دولت چین، نیاز به دگرگونی در صنعت فولاد این کشور غیرقابل انکار است. اعمال مفهوم «ساخت چین ۲۰۲۵»، راهکار اصلی برای رسیدن به اهداف سیاستی دولت چین برای رسیدن به تولید نوآورانه و هوشمند، حذف مشکلات همیشگی تولید توسعه پایدار و کاهش ردپای کربن[1] است. به‌طور خاص، برای کاهش این آلاینده‌ها، اقدامات مشخصی در سطح سیاستی، نهادی و شرکتی انجام شده است. برای نمونه «مرکز نوآوری زیست‌محیطی چینهوا»[2] در سال ۲۰۱۵ با همکاری «مؤسسه تحقیقاتی دانشگاه چینهوا»[3] و «پلتفرم زیست‌محیطی ای ۲۰»[4] احداث شد. یکی از اهداف اصلی این مرکز، توسعه سبز شهری با استفاده از ابزار نوآورانه است. استفاده از فناوری کلان‌داده نمونه‌ای این نوآوری‌هاست. این مرکز با استفاده از داده‌های کنترل آلودگیِ مجموعه‌های فولادساز در چین، موفق به ارائه یک سیستم مدیریتی کلان‌داده و ایجاد یک پلتفرم مدیریت زیست‌محیطی هوشمند و پویا در تولید فولاد شده است.

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، در سطح شرکت‌های بزرگ فولادساز چینی هم اقداماتی انجام شده و نمونه‌های نوآوری و استفاده از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در میان شرکت‌های چینی تولیدکننده فولاد زیاد است. در این میان، شرکت بائواستیل[5] بیشترین میزان تولید فولاد این کشور را به‌خود اختصاص داده است. این شرکت بیش از ۷ درصد تولید فولاد کل کشور چین را در اختیار دارد. این میزان حدوداً

1. Carbon Foot-print
2. Tsinghua Strait Research Institute Ecological China Innovation Center
3. Tsinghua Strait Research Institute
4. E20 Environmental Platform
5. Baowu Steel Group

۲/۵ برابر تولید فعلی کشور ایران است. تولید هوشمند یکی از اولویت‌های سیاستی این شرکت بوده و چشم‌انداز بائواستیل تبدیل شدن به شرکتی پیشرو در فناوری آهن و فولاد در جهان است؛ مشخصاً عبارت «بائواستیل دیجیتال»[1] یکی از سرفصل‌های این چشم‌انداز است. نکته حائز اهمیت این است که با وجود اینکه بائواستیل دومین شرکت تولیدکننده فولاد از نظر میزان تولید است، اما آینده خود را در تولید دیجیتال و هوشمند می‌بیند.

به‌عنوان نمونه‌ای دیگر، در سال ۲۰۱۸ شرکت بائواستیل در راستای تحقق پروژه «تولید هوشمند»، جهت افزایش اتوماسیون و کاهش زمان انجام فعالیت‌ها، چهار رُبات به‌کار گرفت. این توسعه آینده‌گونه در یکی از واحدهای شرکت به افزایش دقت، بازده و ایمنی کمک کرده است. هم‌زمان، فشار کار بر نیروی انسانی کاهش یافته و بعد از فقط ۴ ماه استفاده آزمایشی، نتایج رضایت‌بخشی گزارش شده است.

علاوه‌بر موارد فوق، اقدامات و همکاری‌های سازمان‌های دولتی و شرکت‌های خصوصی در اکوسیستم نوآوری منجر به ایجاد نهادهای متعددی در کشور چین شده است. نهادهایی که هریک به دنبال ایفای نقشی مشخص در بخشی از این اکوسیستم هستند. ازجمله این اهداف می‌توان به افزایش ارتباط جوامع آکادمیک با صنعت، آموزش و بازآموزی نیروی انسانی برای مواجهه با دنیای هوشمند تولید و همچنین تحقیق و توسعه پیرامون فناوری‌های برافکن در صنعت فولاد اشاره کرد. برای نمونه طی همکاری مشترک دو نهاد دولتی آکادمی علوم چین[2] و دولت محلی شانگهای، مرکزی تحت عنوان «مؤسسه تحقیقات پیشرفته شانگهای»[3] در «پارک فناوری‌های پیشرفته ژنگ‌جیانگ»[4] در سال ۲۰۱۲ تأسیس شد. هدف اصلی این مرکز افزایش ارتباط بین محیط‌های آکادمیک با صنعت است. یکی از مهم‌ترین حوزه‌های مطالعاتی مرکز، تولید پیشرفته است و با شرکت‌های فولادی نیز همکاری‌هایی داشته است. برای مثال شرکت بائواستیل در زمینه کاهش ردپای کربن در تولید فولاد، همکاری‌های تحقیقاتی با این مؤسسه داشته و انتظار می‌رود در آینده همکاری‌های دیگری از این دست با هم داشته باشند.

بخشی از استراتژی نوآوری در صنعت چین استفاده از ظرفیت مراکز آموزش برای مواجهه با چالش‌های نیروی انسانی در عصر انقلاب صنعتی چهارم است. «بوش رکسروت»[5] اولین مرکز نوآوری صنعت ۴/۰ چین را در سال ۲۰۱۷ با تمرکز بر صنعت دیجیتال در شهر چنگدو[6] افتتاح کرد. در این مجموعه متخصصان چینی نحوه اجرای رویکردهای نوآورانه را می‌آموزند. این مرکز نوآوری دوره‌های مدیریت کیفیت، مدیریت تولید، مدیریت زنجیره تأمین و راهکارهای صنعت ۴/۰ را ارائه می‌دهد. «مرکز

1. Digital Baosteel
2. Chinese Academy of Sciences
3. Shanghai Advanced Research Institute
4. Zhangjiang Hi-tech Park
5. Bosch Rexroth (شرکت فناور، زیرمجموعه شرکت آلمانی معروف بوش)
6. Chengdu

نوآوری بوش رکسروت صنعت ۴/۰»[1] از آموزش‌های عملی پشتیبانی می‌کند و امکان کار با محصولات صنعت ۴/۰، مانند خط تولید هوشمند را فراهم می‌کند. به‌طور خاص و در صنعت فولاد، «مرکز همکاری مشترک نوآوری در فناوری فولاد»[2] مطابق با برنامه «مرکز نوآوری همکارانه ـ ۲۰۱۱»[3] توسط وزارت آموزش دولت چین تأسیس شد. این مرکز در راستای «برنامه تقویت توانایی نوآوری در آموزش عالی»[4] در وزارت مذکور پایه‌گذاری شد. دانشگاه علم و فناوری پکن[5] و دانشگاه شمال شرقی،[6] به‌طور مشترک با دانشگاه شانگهای،[7] دانشگاه علم و فناوری ووهان،[8] مؤسسه تحقیقات آهن و فولاد،[9] مؤسسه تحقیقات فلزی،[10] آکادمی علوم چین[11] و شرکت‌های تولیدی بزرگ آهن و فولاد مانند انشان،[12] بائواستیل، ووهان[13] و شوگانگ[14] از شرکای بنیانگذار این مرکز بوده‌اند. هدف از تأسیس این مرکز، تسریع در اصلاح ساختار نهادی دانشگاه و تحول آن، تقویت مسیرهای نوآورانه دانشکده‌ها و دانشگاه‌ها، جمع‌آوری و پرورش گروهی از استعدادهای نوآور درجه یک و تولید دستاوردهای مهم و برجسته است. همچنین همکاری‌های نوآورانه جهت «حل نیازهای صنعت فولاد و ارتقای فناوری» با در نظر گرفتن فناوری‌های متداول تولید فولاد، از دیگر اهداف این مرکز است.

درخصوص اقدامات شرکت‌های چینی در بهره‌گیری از فناوری‌های برافکن انقلاب صنعتی چهارم می‌توان به تلاش شرکت بائواستیل در سال ۲۰۱۸ برای احداث یک آزمایشگاه هوشمندسازی اشاره کرد. بائو قصد دارد تا با ادغام تولید، هوش مصنوعی و اینترنت در این آزمایشگاه، بازدهی تولید را افزایش دهد. این آزمایشگاه زیر نظر «مؤسسه تحقیقات اداره مرکزی بائو»[15] مدیریت می‌شود و هدف آن توسعه پلتفرم‌های مبتنی‌بر «هوش مصنوعی و نوآوری‌های فناورانه» است. شایان ذکر است مؤسسه تحقیقات اداره مرکزی بائو، توانایی‌های تحقیقاتی و توسعه‌ای خود را با همکاری با دانشگاه‌ها، سایر انستیتوها و شرکت‌ها کسب کرده است. اما کاستی‌ها در حوزه هوش مصنوعی باعث احداث این مرکز شده است. بائو استیل امیدوار است این مرکز شروعی برای ایجاد همکاری‌های بائواستیل با سازمان‌های پژوهشی در

1. Bosch Rexroth i4.0 Innovation Center
2. Collaborative Innovation Center of Steel Technology
3. 2011 Collaborative Innovation Center
4. Innovation Ability Enhancement Plan for Higher Education
5. Beijing University of Science and Technology
6. Northeastern University
7. Shanghai University
8. Wuhan University of Science and Technology
9. Iron and Steel Research Institute
10. Institute of Metal Research
11. Chinese Academy of Sciences
12. Anshan Iron and Steel
13. Wuhan Iron and Steel Corporation
14. Shougang Group
15. Baowu Central Authority Research Institute

حوزه هوش مصنوعی باشد. ژنگ کوانلیانگ،[1] رئیس بخش تولید هوشمند در مؤسسه تحقیقات اداره مرکزی بائو، هدف نهایی بائواستیل را رسیدن به معیارهای نوین به شرکت بیگ‌ریوراستیل می‌بیند. بهره‌وری بالای بیگ‌ریوراستیل، توجه مسئولان بائو را در بازدیدی که از این مجموعه داشتند به‌خود جلب کرده است و تلاش برای رسیدن به شاخص‌های این شرکت کوچک، تبدیل به هدف دومین تولیدکننده بزرگ فولاد در دنیا شده است. در همین راستا، مطالعه اخیر مؤسسه مکنزی در زمینه توسعه هوش مصنوعی در سازمان‌ها نشان می‌دهد که راه‌اندازی مراکزی درونی برای توسعه هوش مصنوعی توسط سازمان‌های بسیاری پیگیری شده و راه‌حلی قابل توصیه است.

علاوه‌بر موارد فوق، ازجمله اقدامات مرکز هوشمندسازی بائو در راستای پیشبرد صنعت ۴/۰، امضای یک توافقنامه همکاری در سال ۲۰۱۶ با شرکت تابعه زیمنس در چین[2] است. فناوری‌های کلیدی تولید هوشمند فولاد و همکاری‌های گسترده در این زمینه موضوع اصلی این تفاهمنامه است. فاز اول این همکاری شامل «سیستم برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید پیشرفته فولاد»،[3] «سیستم تشخیص خطای تجهیزات» و «مدیریت چرخه عمر محصولات»[4] در صنعت فولاد می‌شود. در یک همکاری دیگر بائواستیل، شوگانگ و شرکت بایدو[5] در سال ۲۰۱۸ یک تفاهمنامه همکاری استراتژیک را امضا کردند. این تفاهمنامه برای ایجاد یک اکوسیستم هوشمند در بخش آهن و فولاد، با بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی، کلان‌داده، رایانش ابری و اینترنت اشیا در زنجیره ارزش صنعت فولاد منعقد شده است. از این دست همکاری‌های شرکت‌های فولادی و شرکت‌های حوزه فناوری در چین کم نیست. به‌عنوان نمونه‌ای دیگر در ماه‌های پایانی سال ۲۰۱۷، شرکت فناور هواوی[6] و گروه فولادی جیانگ‌سو یانکنگ[7] توافقنامه همکاری مشترک استراتژیکی را به امضا رساندند. دو طرف در ساخت‌وساز پیشرفته و هوشمند صنعت فولاد همکاری خواهند داشت. گروه علی‌بابا[8] و گروه آهن و فولاد شاندونگ[9] با تولید سالیانه حدود ۲۳ میلیون تُن فولاد خام[10] نیز در توافق همکاری مشترکی دیگر در تلاشند تا به‌طور مشترک، مدل جدید تحول هوشمند تولید فولاد را دنبال کنند. این توافقنامه جنبه‌های بهینه‌سازی فرایند تولید، کاهش مصرف انرژی و نوآوری‌های فناورانه در کاربرد هوش مصنوعی و رایانش ابری در صنعت فولاد را شامل می‌شود. شایان ذکر است که علی‌بابا بزرگ‌ترین شرکت فعال در حوزه تجارت الکترونیک کشور چین است؛ مانند آمازون که در آمریکا بیشترین سهم این بازار را دارد. لذا ارتباط و همکاری غول‌های فناور و

1. Zhang Qunliang
2. Siemens Ltd., China
3. Steel Advanced Production Planning and Scheduling System
4. Product Lifecycle Management
5. Baidu (شرکت فناور چینی متخصص در خدمات و محصولات مرتبط با اینترنت و هوش مصنوعی)
6. Huawei Technologies
7. Jiangsu Yonggang Group (شرکت خصوصی فولادساز با تولید سالیانه ۸ میلیون تن)
8. Alibaba Group
9. Shandong Iron and Steel Group

۱۰. آمار مربوط به تولید سال ۲۰۱۸ است.

تجارت دیجیتال با شرکت‌های فولادسازی در کشور چین قابل توجه است.

درنهایت می‌توان گفت که برنامه «ساخت چین» تأثیر گسترده‌ای روی صنعت فولاد این کشور داشته و شرکت‌های بزرگ فولادی با ابتکارات و طرح‌های جدی، در این مسیر پیشرو بوده‌اند. همچنین نهادها و مراکز جدیدی نیز برای توسعه این اکوسیستم شکل گرفته است و مهم‌تر از همه ارتباطات پویا و نظام‌مندی بین غول‌های فناوری و غول‌های فولادسازی ایجاد شده است.

۲-۱. ژاپن

جنگ جهانی دوم برای ژاپن با خرابی و یأس به پایان رسید. شکستی که می‌توانست به‌معنای پایان ژاپن باشد. اما هیچ چیز در این کشور مطابق پیش‌بینی‌ها پیش نرفت. پس از پایان جنگ جهانی و تا پایان دوره جنگ سرد، اقتصاد ژاپن رشد بی‌نظیری را تجربه کرد. دوره‌ای که با «معجزه اقتصادی ژاپن» همراه بود و تمرکز بر رشد تولید مواد خام، ازجمله فولاد و زغال این امر را ممکن کرد. در دهه شصت میلادی صنعت فولاد ژاپن رشد سالیانه ۲۵ درصدی را تجربه کرد. البته با رسیدن به اواخر قرن بیستم میلادی و کم شدن نیروی کار جوان، نرخ رشد سالیانه کاهش یافت، اما بهره‌وری نیروی کار این کشور هنوز مثال‌زدنی بود. در حال حاضر نیز صنعت فولاد ژاپن با تولید سالیانه بیش از ۱۰۴ میلیون تُن فولاد خام، یکی از بزرگ‌ترین بازیگران این صنعت محسوب می‌شود و بعد از چین و هند، سومین کشور بزرگ دنیا از منظر میزان تولید فولاد است. لکن بیش از فولاد، آنچه همراه با نام کشور ژاپن در ذهن تداعی می‌شود، پیشرو بودن در حوزه فناوری و نوآوری است.

رشد سریع فناوری اطلاعات و ارتباطات، تغییرات گسترده‌ای را برای جامعه و صنعت ژاپن در پی داشته است. در ژاپن نیز مانند دیگر کشورهای پیشرو، «تحول دیجیتال» علاوه‌بر ارزش‌افزوده‌ای که ایجاد می‌کند، به ستون مهمی در سیاستگذاری این کشور تبدیل شده است. مشخصاً در سال ۲۰۱۶، دولت ژاپن مفهوم «جامعه ۵/۰»[1] را به‌عنوان هسته اصلی «پنجمین طرح اساسی فناوری و علم»[2] و «استراتژی سرمایه‌گذاری برای آینده ۲۰۱۷: اصلاحات برای رسیدن به جامعه ۵/۰»[3] معرفی کرد. ادعا شده که کشور ژاپن ازجمله کشورهایی است که برای استفاده از فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم آماده است. به‌ویژه از این منظر که ژاپن در زمینه فناوری‌های تولید و به‌کارگیری فناوری اطلاعات توانمند است.

ژاپن در حوزه فناوری ارتباطات و اطلاعات، فرایندهای تولیدی، اتوماسیون و فناوری رُباتیک کشوری پیشرو است. همچنین شرکت‌هایی مانند فوجیتسو[4] و هیتاچی[5] در این کشور وجود دارند که نقش مهمی

1. Society 5.0
2. 5th Science and Technology Basic Plan
3. The Investment for the Future Strategy 2017: Reform for Achieving Society 5.0
4. Fujitsu
5. Hitachi

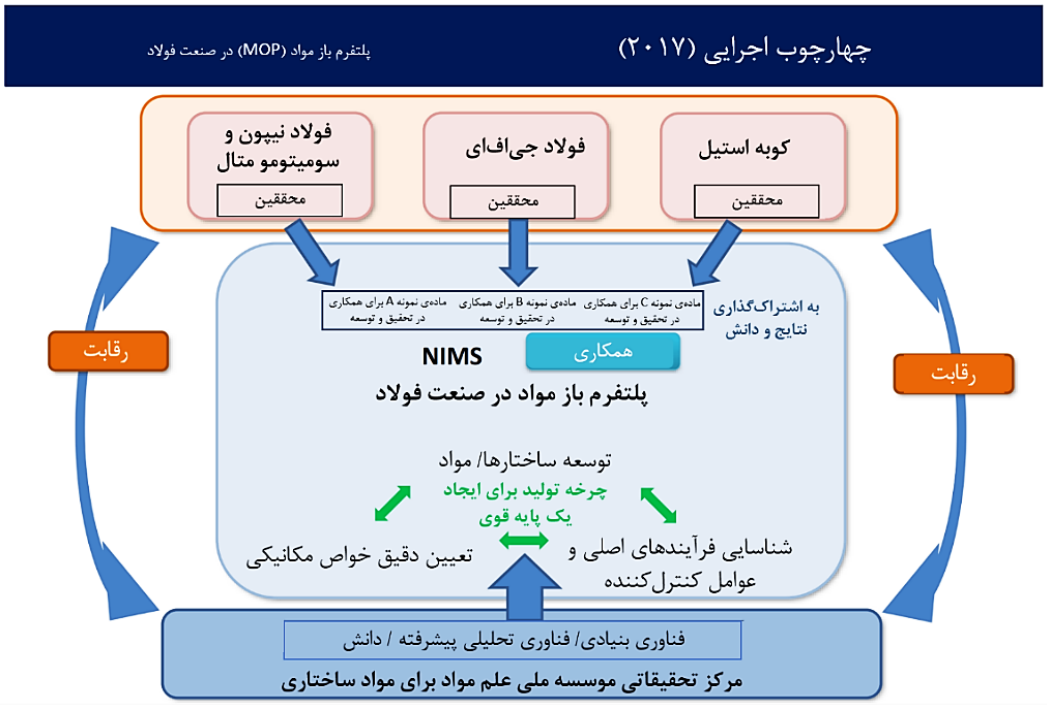
در زمینه کلان‌داده و هوش مصنوعی در دنیای جدید ایفا می‌کنند. به‌عنوان نمونه «طرح زنجیره ارزش صنعتی»[1] در راستای اجرای ساختاری است که با ترکیب بخش تولیدی و فناوری اطلاعات، مفهوم «اتصال» را برای تمام شرکت‌ها (حتی شرکت‌های متوسط و کوچک) به ارمغان آورد. ارزیابی‌های انجام شده از منظر صنعتی نشان می‌دهد تقریباً اغلب شرکت‌های تولیدی در ژاپن، ازجمله شرکت‌های فعال در حوزه آهن و فولاد، به‌صورت گسترده صنعت ۴/۰ و مشخصاً اینترنت اشیا صنعتی را به‌عنوان اولویت راهبردی خود برگزیده‌اند.

تلاش دولت ژاپن نیز در راستای دیجیتالی کردن صنعت فولاد با تخصیص بودجه قابل توجه به «انستیتو ملی علم مواد (ان‌ای‌ام‌اس)»[2] انجام شده است. شایان ذکر است انستیتو ملی علم مواد در سال ۲۰۰۱ با ادغام دو نهاد دولتی تشکیل شد. این نهاد مستقل دولتی، مرکز اصلی پژوهش‌های دولت ژاپن در حوزه علم مواد است. این انستیتو با پذیرش این نکته که «فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی، کلان‌داده و اینترنت اشیا موجب تغییرات گسترده در سطح صنعت شده‌اند و تحقیقات بنیادین برای شرکت‌های فولادساز در دستیابی به این فناوری‌های برافکن دشوار است» بنا شده است. عقیده بر این است که با همکاری میان شرکت‌های تولید فولاد ژاپنی، توسعه این فناوری‌ها منجر به نوآوری می‌شود.

نکته دیگر اینکه درنتیجه این سرمایه‌گذاری‌ها، مؤسسه ملی علم مواد به یکی از جذاب‌ترین مؤسسات تحقیق و توسعه در دنیا برای دانشمندان و مهندسان تبدیل شده است. این مؤسسه و شرکت‌های تولیدکننده فولاد «نیپون استیل و سومیتومو متال»،[3] «جی‌اف‌ای استیل»[4] و «کوبه استیل»[5] در سال ۲۰۱۷ تفاهمنامه‌ای را برای عملیاتی کردن «پلتفرم باز مواد (اماُپی)»[6] امضا کردند. شرکت‌های مذکور از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان فولاد ژاپن هستند. نزدیک به سه‌چهارم تولید فولاد ژاپن سهم نیپون استیل و جی‌اف‌ای استیل است. هدف اصلی طرح، شتاب بخشیدن به پژوهش‌های نوآورانه با استفاده بهینه از بودجه تحقیق و توسعه دولت ژاپن به‌واسطه همکاری انستیتو ملی علم مواد و سه شرکت فولادی بزرگ ژاپن است. انتظار می‌رود طرح اماُپی، راه را برای توسعه «نوآوری باز»[7] در صنعت فولاد هموار کند و هدف این طرح پاسخ‌دهی به مشکلات معمول صنعت فولاد با استفاده از فرایند توسعه فناوری است.

1. Industrial Value Chain Initiative (IVI)
2. National Institute for Materials Science (NIMS)
3. Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (NSSMC)
4. JFE Steel Corporation
5. Kobe Steel
6. Materials Open Platform (MOP)
7. Open innovation

شکل ۱. پلتفرم باز مواد در صنعت فولاد



Source: National Institute for Materials Science (NIMS), (2017).

چارچوب اجرایی پلتفرم امأپی در شکل ۱ قابل ملاحظه است. این شکل بیانگر چگونگی همکاری انستیتو ملی علم مواد و سه شرکت فولادی است. فناوری‌های پیشرفته و دانش موجود در ان‌ای‌ام‌اس جهت مشخص کردن مشکلات مشترک موجود در صنعت به‌کار گرفته می‌شود. سپس انستیتو به‌صورت جداگانه با هر شرکت فولادی جلسه‌ای تشکیل داده و با گردآوری اطلاعات، پروژه‌های همکاری مشترک را انتخاب می‌کند و پروژه‌های انتخاب شده به شرکت‌ها اعلام می‌شوند. بعد از این محققین شرکت‌ها با کمک پژوهشگران و تجهیزات ان‌ای‌ام‌اس، آزمایشات و محاسبات را انجام می‌دهند. به اشتراک گذاشتن اطلاعات و همکاری محققین با بحث و ارائه گزارش پیشرفت کلیدی است. درنهایت محققین شرکت‌های فولادی درگیر در پلتفرم، دانش کسب شده در انستیتو ملی علم مواد را به شرکت‌های خود آورده و با توجه به نیاز مشخص شرکت، آن را کاربردی می‌کنند.

همگام با انقلاب صنعتی چهارم و در سطح شرکت‌های فولادساز ژاپنی نیز اقدامات مشخصی چه در سطح راهبردی و چه عملیاتی صورت گرفته است. ازجمله می‌توان به شرکت نیپون استیل اشاره کرد که با تولید سالیانه ۴۹ میلیون تُن فولاد بزرگ‌ترین تولیدکننده فولاد در کشور ژاپن و سومین فولادساز بزرگ جهان است. در برنامه مدیریتی میان‌مدت ۲۰۲۰[1] این شرکت (تحت عنوان طرح ۲۰۲۰) توسعه

1. 2020 Mid-term Management Plan

فناوری‌های نوین و کاربردی‌سازی فناوری‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و کلان‌داده به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه نیپون استیل انتخاب شده است. شرکت نیپون استیل ادعا کرده که بهترین پروژه‌های تحقیق و توسعه خود را به توسعه فناوری‌های مذکور اختصاص داده است و همین فناوری‌ها را عامل توسعه نوآوری خود می‌داند. همچنین این شرکت در تلاش است تا با به‌کارگیری فناوری، علاوه‌بر دستیابی به پیشرفت در طراحی و فرایند، آثار زیست‌محیطی تولید فولاد را به حداقل برساند.

از نمونه‌های دیگرِ همگامی با فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم می‌توان به اقدامات شرکت جی‌اف‌ای استیل اشاره کرد که با تولید سالیانه ۲۹ میلیون تُن فولاد، دومین فولادساز بزرگ ژاپن است. یکی از بندهای اصول مدیریتی این شرکت به آینده‌پژوهی و کنشگری در مقابل تغییرات فناورانه آینده مربوط می‌شود. تلاش‌های این شرکت برای وارد کردن راهکارهای نوین در صنعت فولاد چشمگیر بوده است. این شرکت در سال ۲۰۱۶ با شرکت آی‌بی‌ام قراردادی ۵ساله امضا کرد. طی این قرارداد سیستم‌های اصلی شرکت به اَبر آی‌بی‌ام[1] منتقل می‌شود. به‌عنوان بخشی از این قرارداد، آی‌بی‌ام در ساخت هسته کسب‌وکار اصلی که شامل سیستم‌های مدیریت تولید آهن فولاد هم می‌شود به جی‌اف‌ای استیل کمک خواهد کرد.

به‌عنوان نمونه آخر می‌توان به شرکت کوبه استیل؛ سومین فولادساز بزرگ ژاپن با تولید سالیانه حدود ۸ میلیون تُن و از مشارکت‌کنندگان اصلی در طرح پلتفرم باز فولاد اشاره کرد. پس از اینکه شرکت کوبه استیل در سال ۲۰۱۷ درگیر یک رسوایی در زمینه داده‌های کیفیتی شد، عزم خود را برای کاربست فناوری‌های نوین در فرایند تولید و حل مشکل داده‌های کیفیتی، جزم کرد. به‌طور مشخص اینترنت اشیا فرصتی تلقی شد که با بالا بردن شفافیت داده، اعتماد خدشه‌دار شده مشتریان را به بخش تولیدی ژاپن برگرداند و با سرمایه‌گذاری در اینترنت اشیا و فناوری‌های مبتنی‌بر ارائه راهکار، دخالت انسان در فرایند بازرسی محصولات حذف شود. در زمینه فناوری رُباتیک نیز در سال ۲۰۱۸ شرکت کوبه استیل با شرکت رُباتیک فنوک[2] در جهت توسعه آزمایشی رُبات جوشکار همکاری کرد. هدف این همکاری توسعه تجاری این رُبات برای ارائه به خودروسازان است.

درنهایت باید گفت که طرح‌های کشور ژاپن برای انقلاب صنعتی چهارم بسیار جدی بوده و از دولت تا فولادسازان عمده این کشور، همه در این مسیر، همگام و منسجم در حرکت هستند. مشخصاً کاربست نوآوری باز در انستیتو ملی علم مواد ژاپن، تأثیر مهمی در هم‌افزایی این کشور با شرکت‌های فولادی در توسعه فناوری‌های برافکن داشته است. علاوه‌بر این اقدامات در سطح خود شرکت‌های فولادی نیز قابل توجه بوده و با توجه به گذشته روشن ژاپن در توسعه فناوری و نوآوری، می‌توان آینده روشنی نیز برای این کشور در راستای جذب فرصت‌های حاصل از تحولات انقلاب صنعتی چهارم متصور بود.

1. IBM Cloud
2. FANUC

۳-۱. کره جنوبی

طی دهه‌های گذشته، کره جنوبی به‌عنوان یک کشور پیشرو در حوزه «اقتصاد مبتنی‌بر تولید» ظهور کرده است. به‌طور خاص در صنعت فولاد، کره جنوبی با تولید سالیانه حدود ۷۵ میلیون تُن فولاد خام، پنجمین کشور بزرگ جهان در زمینه تولید فولاد محسوب می‌شود. پوسکو و هیوندای استیل[1] دو شرکت اصلی فولادی کره جنوبی هستند و نزدیک به ۹۰ درصد فولاد کشور را تولید می‌کنند.

به‌طورکلی کشور کره جنوبی در شرایط مناسبی برای رقابت‌پذیری در عصر انقلاب صنعتی چهارم قرار دارد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، در کره جنوبی سیاست‌های مربوط به همگرایی اتوماسیون و داده برای فناوری تولید، در قالب راهبرد «نوآوری در صنعت تولیدی ۳/۰» ارائه می‌شود. در راستای این سیاستگذاری، پوسکو و هیوندای استیل، دو شرکت بزرگ تولید فولاد کره جنوبی، تولید هوشمند با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین را به‌عنوان یکی از اولویت‌های اصلی تولید خود تعیین کرده‌اند.

مسیر دیجیتالی کردن پوسکو، غول فولادسازی کره جنوبی با تولید سالیانه حدود ۴۳ میلیون تُن فولاد خام، پس از بازدید مدیر عامل وقت این شرکت در سال ۲۰۱۷ از شرکت‌های زیمنس آلمان و جنرال الکتریک آمریکا آغاز شد. وان اوجون،[2] پس از سفر کاری خود در ماه مارس به شرکت‌های مذکور اعلام کرد که همانند این دو شرکت تصمیم بر دیجیتالی کردن فرایندهای تولید در پوسکو دارد. پس از این بازدید به گفته وان، تصمیم بر این شد تا پوسکو اتوماسیون تولیدی خود را با شعار «پوسکوی هوشمند»[3] سرعت بخشد و با ترکیب تخصص خود در تولید با فناوری‌های اینترنت اشیا، کلان‌داده و هوش مصنوعی، کارایی و ارزش‌افزوده صنعت فولاد را به میزان قابل‌توجهی افزایش دهد. همچنین این اقدامات با هدف تبدیل شدن صنعت تولید ملی کره به «صنعت هوشمند» یا «صنعت ۴/۰» صورت گرفت.

شرکت پوسکو پرچم‌دار انقلاب صنعتی چهارم در صنعت فولاد کره جنوبی است. وزارت تجارت، صنعت و انرژی[4] کره جنوبی، سیستم کنترل اتوماتیک وزن پوشش در خط گالوانیزه پیوسته[5] و همچنین کوره بلند هوشمند پوسکو را به‌عنوان اصلی‌ترین قدرت بخش تولید کره جنوبی معرفی کرده است. همچنین شرکت پوسکو در سال ۲۰۱۹ به‌دلیل پیشگام بودن در نوآوریِ تولید، توسط مجمع جهانی اقتصاد[6] عنوان «شبکه لایت‌هاوس جهانی»[7] را کسب کرد. پوسکو اولین شرکت در کره جنوبی است که این عنوان را کسب کرده است. شایان ذکر است عنوان لایت‌هاوس به شرکت‌های پیشرو در نوآوری و اثرگذار در فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم اعطا می‌شود و مجمع جهانی اقتصاد دو بار در سال

1. Hyundai Steel
2. Kwon Oh-joon
3. Smart Posco
4. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE)
5. Continuous Galvanizing Line (CGL)
6. World Economic Forum
7. Global Lighthouse Network

کارخانه‌هایی که در اجرای فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم پیشگام بوده‌اند را برای عضویت در این مجمع انتخاب می‌کند.

در طرح دیگری، شرکت پوسکو در صدد حل یکی از اصلی‌ترین چالش‌های انقلاب صنعتی چهارم، یعنی نبود نیروی انسانی متخصص، با همکاری دانشگاه علم و فناوری پوهانگ[1] برآمده است. جئونگ وو چوی،[2] که در ماه جولای به‌عنوان نهمین مدیر عامل شرکت پوسکو انتخاب شد، در مراسم تحلیف خود چشم‌انداز جدیدی برای ایجاد جامعه‌ای بهتر از طریق مشارکت معرفی کرد. این چشم‌انداز با عنوان «با پوسکو، ساختن آینده‌ای بهتر در کنار هم» است. این برنامه نمایانگر عمده فعالیت‌های اجتماعی پوسکو است که با هدف افزایش فرصت‌های شغلی ضمن غنی‌سازی شایستگی کشور در انقلاب صنعتی چهارم انجام می‌شود. مطابق این طرح، برنامه‌های آموزشی در قالب دوره‌های اصلی آنلاین و دوره‌های پیشرفته آفلاین در زمینه هوش مصنوعی، کلان‌داده‌ها و اینترنت اشیا ایجاد و تدریس می‌شود. این برنامه به‌عنوان بخشی از اقدامات مشارکت اجتماعی شرکت ارائه می‌شود که به‌صورت رایگان برای تشویق این مهارت‌ها و گسترش فرصت‌های شغلی ارائه می‌شود. پوسکو همچنین در نظر دارد تا دوره‌هایی از قبیل بلاکچین، رمزارزها و بینایی رایانه‌ای را برای دانش‌آموزان علاقه‌مند به رشته‌های تخصصی‌تر برگزار کند.

تلاش‌های شرکت پوسکو در جهت ادغام فناوری‌های نوین و صنعت فولاد ادامه دارد. سایر شرکت‌های فولادسازی کره جنوبی نیز در تلاش برای رساندن خود به استانداردهای دیجیتال پوسکو هستند. استانداردهایی که بر پیشبرد مفهوم کارخانه و تولید هوشمند و همچنین آموزش نیروی انسانی ماهر برای دنیای دیجیتال، متمرکز است.

۴-۱. هند

صنعت آهن و فولاد هند از مهم‌ترین صنایع این کشور محسوب می‌شود. طی سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۶، کشور هند سومین تولیدکننده فولاد خام و بزرگ‌ترین تولیدکننده آهن اسفنجی در جهان بود. تولید فولاد خام هند در سال ۲۰۱۷ به ۱۰۱/۴ میلیون تُن رسید و این کشور را در مسیر قرار گرفتن به‌عنوان دومین تولیدکننده بزرگ جهانی به جای ژاپن قرار داد. بالاخره در سال ۲۰۱۸ هند توانست از ژاپن پیشی گرفته و به دومین کشور بزرگ تولیدکننده فولاد بعد از چین بدل شود. علاوه‌بر این، کشور هند همواره در تلاش برای نوسازی مداوم و ارتقای بیشتر کارخانه‌های قدیمی و بالا بردن سطح بهره‌وری انرژی خود در صنعت فولاد بوده است.

اگرچه بخش تولیدی هند طی دهه گذشته رشد شگفت‌انگیزی از خود نشان داده است، اما با این حال، رتبه هند در شاخص جهانی رقابت‌پذیری تولید از رتبه دوم در سال ۲۰۱۰ به رتبه یازدهم در سال

1. Pohang University of Science and Technology (POSTEC)
2. Jeong-woo Choi

۲۰۱۶ نزول کرده است. دلیل اصلی این امر را می‌توان عدم تمرکز در ایجاد نیروی کار ماهر جهت به‌کارگیری فناوری و فرایندهای کسب‌وکار مرتبط در این زمینه عنوان کرد. مشاهده این روند نزولی موجب شد تا طرح «ساخت هند»[۱] در سال ۲۰۱۴ توسط دولت این کشور کلید بخورد. این طرح برای کمک به رشد صنایع تولیدی و رقابت در بازار جهانی به‌وجود آمد. علاوه‌بر این «شورای توسعه صادرات مهندسی (ای‌ای‌پی‌سی)»[۲]در هند با همکاری «وزارت صنایع سنگین»[۳] این کشور، با برنامه‌ریزی طرح‌هایی قصد افزایش سطح آگاهی خود از انقلاب صنعتی چهارم را دارند تا تولید هند را به سمت «تولید هوشمند» پیش ببرند. یکی از این طرح‌ها، تولید پیشرفته هوشمند و مرکز تحول سریع سامارتا[۴] (با نام دیگر یودیوگ باهارات ۴/۰)[۵] است که با هدف تسریع در اتخاذ راه‌حل‌های تولید هوشمند از طریق اشتراک دانش و افزایش آگاهی از فناوری در هند به‌وجود آمده است.

سامارتا یک طرح در قالب صنعت ۴/۰ است که با حمایت وزارت صنایع سنگین دولت هند جهت تقویت رقابت در بخش کالاهای سرمایه‌ای هند شکل گرفت. هدف این طرح افزایش آگاهی در مورد صنعت ۴/۰ در بین صنایع تولیدی هند از طریق «مراکز نمایشگاهی»[۶] است. در حال حاضر چهار مرکز در این زمینه تشکیل شده است که شامل «مرکز آزمایشگاهی صنعت ۰/ ۴ در شهر پونا»،[۷] «بنیاد تولید هوشمند آی‌آی‌تی‌دی-ای‌آی‌ای»،[۸] «صنعت ۴/۰ هند در پلتفرم تحقیق و توسعه کارخانه آی‌آی‌اس‌سی»[۹] و «نمایش ساخت هوشمند و واحد توسعه در سی‌ام‌تی‌آی»[۱۰] است.

به‌طور مشخص در حوزه صنعت آهن و فولاد، در سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۷ و به‌منظور تقویت طرح‌های تحقیق و توسعه‌ای و افزایش تمایل به سرمایه‌گذاری‌ها در این صنعت، دولت هند تصمیم به سرمایه‌گذاری سالیانه ۱/۵ میلیارد روپیه‌ای برای پروژه‌های تحقیق و توسعه‌ای گرفت. این بودجه از محل سود «صندوق توسعه فولاد»[۱۱] تأمین می‌شود. کمک‌های مالی صندوق توسعه فولاد به پروژه‌های تحقیق و توسعه در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی معتبر، مؤسسات دانشگاهی و صنایع تعلق می‌گیرد. براساس این طرح، تاکنون ۹۱ پروژه تحقیق و توسعه با هزینه کل ۹/۵ میلیارد روپیه انجام شده است. ۵/۳۶ میلیارد روپیه از این مقدار توسط صندوق توسعه فولاد تأمین شده است. همچنین در حال حاضر یک مرکز تعالی به نام «مرکز فناوری

1. Made in India
2. Engineering Exports Promotion Council) EEPC)
3. Department of Heavy Industries (DHI)
4. Smart Advanced Manufacturing and Rapid Transformation Hub (SAMARTH)
5. Udyog Bharat 4.0
6. Demonstration Centers
7. Center for Industry 4.0 (C4i4) Lab Pune
8. IITD-aIA Foundation for Smart Manufacturing
9. I4.0 India at IISc Factory R & D Platform
10. Smart Manufacturing Demo & Development Cell at CMTI
11. Steel Development Fund (SDF)

فولاد»[1] در «مؤسسه فناوری هندوستان (آی‌آی‌تی)کاراگپور»[2] با کمک مالی ۱۶۲ میلیون روپیه‌ای از صندوق توسعه فولاد عملیاتی شده است. این مرکز، تحقیق در بخش آهن و فولاد را برای دانشجویان تسهیل کرده است و براساس این طرح موفقیت‌آمیز، دو مرکز دیگر با عناوین «مرکز فناوری فولاد بمبئی»[3] و «مرکز فناوری فولاد دانشگاه بنارس هند»[4] تشکیل شده است. همچنین اخیراً تشکیل یک مرکز تعالی دیگر، در «مرکز فناوری فولاد مدرس»[5] با کمک مالی از طرف وزارتخانه فولاد تأیید شده است.

وزارت فولاد هند[6] نیز در همکاری خود با شرکت‌های فولادی بخش دولتی و خصوصی اقدام به راه‌اندازی سازمان «تحقیقات فولاد و مأموریت فناوری هند (اس‌آرتی‌ام‌آی)»[7] تحت هدایت صنعت کرده است. این اقدام برای تکمیل فعالیت‌های تحقیق و توسعه در صنعت آهن و فولاد با بودجه سالیانه ۳۰ میلیون دلار است. شایان ذکر است اس‌آرتی‌ام‌آی یک پلتفرم اختصاصی در صنعت آهن و فولاد هند بوده که برای توسعه فناوری‌های برافکن و پیشرو ایجاد شده است. این پلتفرم، ابتکار صنعت فولاد هند است که با حمایت وزارت فولاد دولت هند تشکیل شده است.

در ادامه اقدامات در مسیر تحقق اهداف صنعت ۴/۰ و براساس گزارش آی‌بی‌ای‌اف[8] در آوریل ۲۰۱۹، دولت هند قصد دارد با کاربست فناوری اینترنت اشیا، تا سال ۲۰۲۵ سهم بخش تولید را در تولید ناخالص داخلی از ۱۶ به ۲۵ درصد افزایش دهد. انتظار می‌رود اینترنت اشیا؛ که یکی از مهم‌ترین جنبه‌های صنعت ۴/۰ برای هند است، نزدیک به ۲۰ درصد سهم در بازار جهانی را در ۵ سال آینده به‌خود اختصاص دهد. علاوه‌بر این پیش‌بینی می‌شود که طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ بازار اینترنت اشیا در هند با نرخ رشد مرکب سالیانه[9] بیش از ۲۸ درصد رشد کند. ایالت‌های بزرگ هند نیز در حال انجام اقداماتی برای انطباق با صنعت ۴/۰ هستند. «ایالت آندرا پرادش»[10] ابتکار عمل را با سرمایه‌گذاری در پتانسیل‌های اینترنت اشیا در این کشور در دست گرفت. دولت ایالتی آندرا، نخستین سیاست اینترنت اشیا را با هدف تبدیل دولت به قطب اینترنت اشیا تا سال ۲۰۲۰ و تصاحب نزدیک به ۱۰ درصد از سهم بازار در کشور تصویب کرده است.

در راستای انقلاب صنعتی چهارم و هوشمندسازی، اولین کارخانه هوشمند هند در شهر «بنگلور»[11]

1. Steel Technology Centre
2. IIT (Indian Institutes of Technology) Kharagpur
3. IIT Bombay
4. IIT BHU
5. IIT Madras
6. Ministry of Steel
7. Steel Research and Technology Mission of India (SRTMI)
8. India Brand Equity Foundation
9. Compound Annual Growth Rate (CAGR)
10. Andhra Pradesh
11. Bengaluru

در حال راه‌اندازی است. این کارخانه در «مؤسسه علوم هند»[1] که یک «مرکز طراحی و ساخت محصول»[2] است، با سرمایه‌گذاری شرکت بوئینگ[3] در حال تکمیل است. نکته قابل تأمل اینکه شرکت‌های مختلف هندی در حال افزایش تمرکز و همکاری با دیگر شرکت‌ها برای توسعه راهکارهای جدید در زمینه فناوری اینترنت اشیا و تعامل ماشین با ماشین[4] هستند و پیش‌بینی می‌شود که طرح دیجیتال دولت هند برای مقابله با چالش‌های داخلی تمرکز خود را بر روی فناوری اینترنت اشیا بیشتر کند.

در سطح نهادهای دولتی نیز چشم‌انداز مقامات هند تحت تأثیر موضوع تقاضای فولاد و تحولات فناوری با شتاب در حال تحول است. به‌عنوان نمونه در آگوست ۲۰۱۹ دارمندرا پرادهان[5] وزیر نفت و گاز و فولاد هند جلسه‌ای با موضوع چشم‌انداز تقاضای فولاد تشکیل داد و مقامات ارشد وزارت فولاد این کشور، کمیته مشترک کارخانجات[6] و شرکت کریسیل[7] در این جلسه حضور داشتند و سناریوی مختلف تقاضای فولاد در کشور مورد بررسی قرار گرفت. در این جلسه ضمن تمرکز بر روش‌های افزایش مصرف فولاد، کاهش واردات و تلاش برای تبدیل هند به یک کشور صادرکننده فولاد، الگویی کاملاً جدید برای صنعت فولاد این کشور ارائه شد. در این الگو به‌دلیل وقوع انقلاب صنعتی چهارم در سطح جهانی، تأکید شده است که هر راهکاری برای رشد بیشتر باید با فناوری‌های جدید و نوآورانه همراه باشد.

علاوه‌بر فعالیت‌های گسترده دولت هند، شرکت‌های بزرگ فولادساز هندی نیز به دنبال تطبیق کسب‌وکار خود با انقلاب صنعتی چهارم هستند. به گزارش مانی کنترل[8] در آگوست ۲۰۱۹، جی‌اس‌دبلیو استیل[9] و تاتا استیل[10] دو سازنده بزرگ فولاد در هند دیجیتالی کردن را در پیش گرفته‌اند. تغییر در نحوه نظارت بر عملکرد کوره بلند یا انتقال مواد اولیه مانند سنگ آهن و زغال سنگ از معادن به کارخانه‌های تولیدی می‌پردازد بخشی از این اقدامات است. به‌طور مشخص تاتا استیل قصد دارد با صرف هزینه ۱۰۰ میلیون دلاری در سه تا چهار سال آینده تحول دیجیتال را در واحدهای خود انجام دهد. واحد موجود در کالینگاناگر[11] نیز اخیراً در لیست شبکه جهانی لایت هاوس در مجمع جهانی اقتصاد قرار گرفت و این واحد تنها کارخانه تولیدی در هند است که در این شبکه قرار دارد. شایان ذکر است گروه تاتا استیل به‌عنوان یکی از شرکت‌های فولادی برتر در جهان، دارای تولید سالیانه ۲۷ میلیون تُن فولاد خام است.

علاوه‌بر تاتا استیل، جی‌اس‌دبلیو نیز که یکی از پرچمداران تولید فولاد در هند محسوب می‌شود (با

---

1. Indian Institute of Science's (IISc)
2. Centre for Product Design and Manufacturing (CPDM)
3. Boeing
4. Machine to Machine (M2M)
5. Dharmendra Pradhan
6. Joint Plant Committee
7. Credit Rating Information Services of India Limited (CRISIL) (رتبه‌بندی اعتباری اطلاعات خدمات از هند)
8. Money Control
9. JSW Steel
10. Tata Steel
11. Kalinganagar

تولید سالیانه ۱۸ میلیون تُن) در دو سال گذشته، بیش از ۱۰۰ پروژه فناوری دیجیتال را پیاده‌سازی کرد. این ابتکارات تاکنون باعث ذخیره ۲۵ میلیون دلاری برای این شرکت شده است. جی‌اس‌دبلیو همچنین قصد ذخیره ۴۰ میلیون دلار از طریق استفاده از ابزارهای دیجیتال را در سال جاری دارد.

به‌طور کلی اقدامات حمایتی دولت هند برای دیجیتالی کردن بخش تولید و به‌خصوص پژوهش در صنعت فولاد مثال‌زدنی است. نهادهای دولتی مختلف با اختصاص بودجه‌های قابل توجه به پژوهش‌های نوآورانه در صنعت، عزم راسخ خود را برای تحول دیجیتال نشان داده‌اند. شرکت‌های بزرگ تولید فولاد هند نیز با صرف هزینه پژوهشی و عملیاتی با جدیت قدم در این مسیر گذاشته‌اند. همچنین ارزیابی‌ها نشان می‌دهد چالش‌ها و مسائل به‌ویژه در حوزه تقاضای فولاد و صادرات، منجر به تمرکز بر راهکارهای فناورانه و نوآورانه شده است.

۵-۱. اتحادیه اروپا

تاریخ معاصر تولید فولاد در اروپا با پایان جنگ جهانی دوم آغاز می‌شود. دولت‌ها توسعه صنایع سنگین زغال و فولاد را برای توسعه اقتصادی چشمگیر دیدند و از آنجایی که سرمایه خصوصی برای مجموعه‌های بزرگ تولید فولاد ناکافی بود، خود را درگیر توسعه صنعت فولاد کردند. درنتیجه رشد اقتصادی بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۷۳ میلادی موجب افزایش چشمگیر خروجی صنعت فولاد شد. رشد اقتصادی و پیشرفت فنی موجب ساخت مجموعه‌های پُربازده‌تر شد. بعد از این دوران پُربازده، عصر انقلاب صنعتی چهارم نیز نویدبخش افزایش مجدد بهره‌وری در صنعت فولاد است و با توجه به توانایی‌های فناورانه، کشورهای اروپایی می‌توانند پیشرو این مسیر باشند.

در حال حاضر صنعت ۴/۰ در سطح اتحادیه اروپا به بحث مهمی در صنایع مختلف تبدیل شده است و از منظر تاریخی، برای اولین بار در سال ۲۰۱۷ اصطلاح «صنعت ۴/۰» در سند «راهبرد ۲۰۲۰ فناوری‌های پیشرفته آلمان»[1] مطرح شد. این بحث، صنعت آهن و فولاد را نیز درگیر خود کرده، اما آثار آن بر این صنعت هنوز به‌طور کامل مشخص نشده است. لکن با بررسی برخی شواهد و اقدامات نهادهای اروپایی و شرکت‌های اصلی در صنعت فولاد این اتحادیه، امکان ارزیابی نتایج فعلی و برآورد برخی تحولات آتی امکان‌پذیر است.

همان‌طور که در بخش‌های پیشین ذکر شد، دیجیتالی شدن ازجمله تحولات فناورانه کلیدی در انقلاب صنعتی چهارم است. در سال‌های اخیر نیز طرح‌های متعددی با موضوع «دیجیتالی کردن صنعت فولاد اروپا» در کشورهای این اتحادیه انجام شده است. ازجمله این طرح‌ها می‌توان به کارگروه‌های «پلتفرم فناوری فولاد اروپا (اِستِپ)»[2] اشاره کرد. پلتفرم فناوری فولاد اروپا یک طرح در «برنامه چارچوبی

1. German High Tech 2020 Strategy
2. European Steel Technology Platform (ESTEP)

هفتم اروپا»[1] است. این طرح برای بالا بردن سطح رقابت کشورهای اتحادیه اروپا در حوزه فناوری فولاد در سال ۲۰۰۴ کلید خورد و در طرح استپ بخش خصوصی و دولتی در کمیسیون اروپا با یکدیگر همکاری می‌کنند. هم‌اکنون ۷ کارگروه این طرح با بیش از ۲۰۰ نیروی کار در حوزه‌های مختلف مانند «تولید پایدار فولاد»، «فناوری‌های ایمن، پُربازده و با نیاز به سرمایه کم»، «جذب نیروی کار شایسته» و «دیجیتالی کردن صنعت فولاد» مشغول به فعالیت هستند. کارگروه‌های «تولید هوشمند یکپارچه»[2] و «صنعت ۴/۰ مؤسسه فولاد وی‌دی‌ای‌اچ»[3] به‌طور خاص بر تولید پیشرفته در صنعت فولاد متمرکز هستند. شایان ذکر است کارگروه «صنعت ۴/۰ مؤسسه فولاد وی‌دی‌ای‌اچ» شامل فولادسازان از کشورهای آلمانی زبان و مؤسسه تحقیقاتی وی‌دی‌ای‌اچ است، اما در کل کارگروه‌های طرح استپ بازه وسیع‌تری از ذی‌نفعان را پوشش می‌دهد و فولادسازان اروپایی و چندملیتی و همچنین سازندگان مجموعه‌های تولیدی و چندین دانشگاه و مؤسسه تحقیق و توسعه اروپایی در طرح استپ مشارکت دارند.

علاوه‌بر موارد یاد شده، طرح‌های متعددی در حوزه دیجیتالی کردن صنعت آهن و فولاد در سطح این اتحادیه انجام شده است که بررسی اطلاعات منابع تأمین مالی این طرح‌ها، داده‌های ارزشمندی از ابعاد دیجیتالی شدن در صنعت فولاد اروپا به‌دست می‌دهد. به‌طور نمونه می‌توان به اطلاعات صندوق پژوهش زغال‌سنگ و فولاد[4] (آراف‌سی‌اس) اشاره کرد که مهم‌ترین منبع طرح‌های سرمایه‌گذاری برای توسعه فناوری در صنعت آهن و فولاد اروپاست. این صندوق از مهم‌ترین ابزار صنعت در دیجیتالی کردن به‌شمار می‌آید و بررسی پروژه‌های حمایت شده از جانب آراف‌سی‌اس در دو سند آمده است. سند اول به اطلاعات بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ مربوط می‌شود و دیگری اطلاعات بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ را پوشش می‌دهد.

جدول ۱. پروژه‌های تأمین مالی‌شده توسط RFCS با موضوع صنعت ۴/۰

ردیف	شاخص	میزان
۱	تعداد پروژه‌ها	۱۴۵
۲	بازه زمانی	۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷
۳	مجموع بودجه پروژه‌ها	۲۵۰/۱ میلیون یورو
۴	میانگین بودجه برای هر پروژه	۱/۷ میلیون یورو

Source: N. Christoph, H. Simon and A. Marlene (2018).

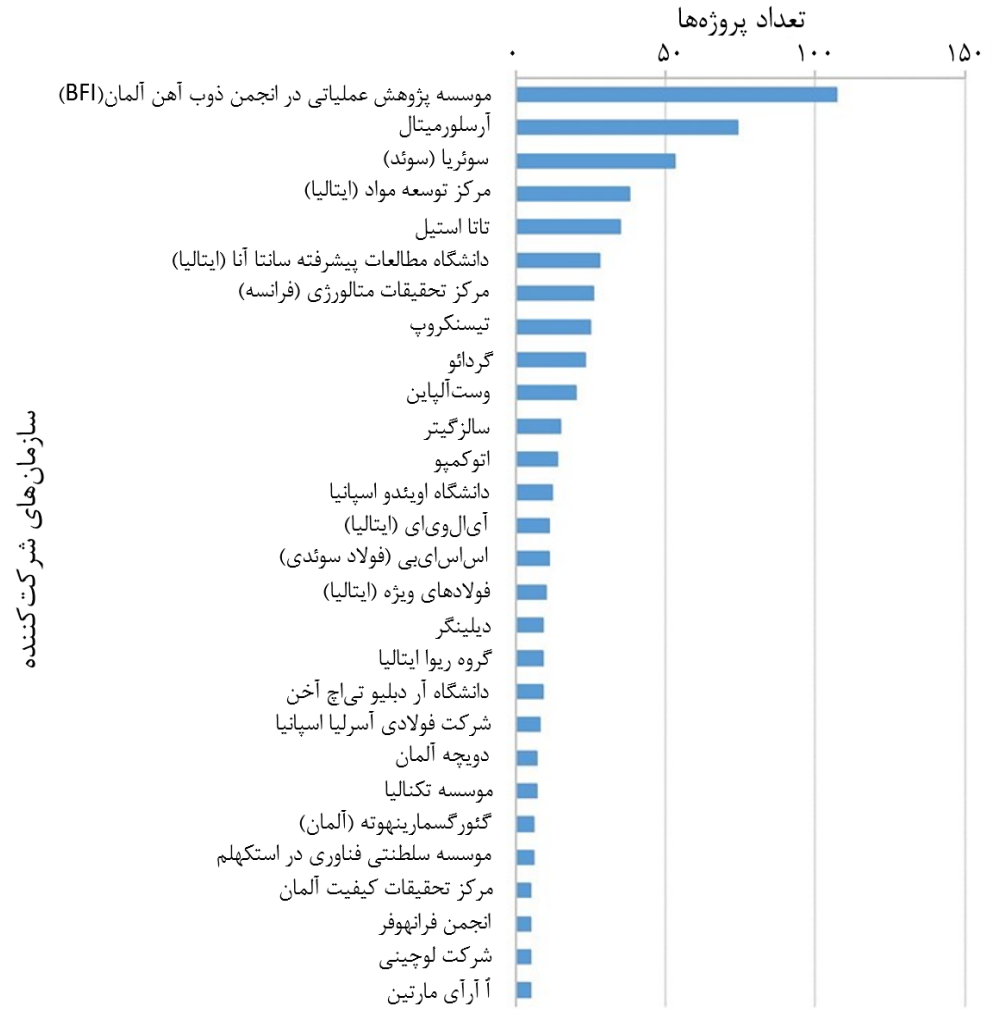
1. European Seventh Framework Programme
2. Integrated Intelligent Manufacturing (I2M)
3. Industrie 4.0 of Steel Institute VDEh (Stahlinstitut VDEh: مؤسسه فنی ـ اقتصادی صنعت فولاد آلمان)
4. Research Fund for Coal and Steel (RFCS)

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در میان این پروژه‌ها مجموعاً ۱۴۵ پروژه ابعاد مختلف دیجیتالی کردن و صنعت ۴/۰ را مورد بررسی قرار دادند و در مجموع ۲۵۰/۱ میلیون یورو صرف این پروژه‌ها شده است. در پروژه‌های مذکور تعداد زیادی مؤسسه تحقیقاتی، شرکت فولادساز و همچنین ارائه‌دهنده خدمات فناوری اطلاعات حضور دارند و در مجموع حدود ۱۷۰ سازمان در پروژه‌های شناسایی شده درگیر هستند. با توجه به نمودار ۲ در این میان بی‌اف‌ای،[1] مؤسسه تحقیقاتی آلمانی نزدیک به مؤسسه فولادی وی‌دی‌ای‌اچ حدوداً در سه‌چهارم پروژه‌ها حضور داشته است. مؤسسه فولادی وی‌دی‌ای‌اچ واقع در دوسلدورف آلمان، از نقطه‌نظر فنی ـ مهندسی درگیر صنعت فولاد و از سال ۱۸۶۰ میلادی مشغول به فعالیت است. شایان ذکر است هدف اصلی وی‌دی‌ای‌اچ ارائه خدمات به طرف‌های درگیر در صنعت فولاد برای توسعه فناوری‌های تولید فولاد و مواد فولادی است. بی‌اف‌ای نیز یک مؤسسه تحقیقاتی غیرانتفاعی است که نزدیک به ۵۰ سال سابقه ارائه راهکار برای چالش‌های صنعت را دارد. به‌موجب رابطه نزدیک این شرکت با مؤسسه وی‌دی‌ای‌اچ، بیشتر تمرکز کاری بی‌اف‌آی در صنعت فولاد است. بعد از این شرکت، شاخه اروپایی غول فولادی دنیا؛ آرسلورمیتال، با حدود ۷۰ پروژه مربوط به صنعت ۴/۰ در رتبه بعدی قرار دارد.

در سایر صندوق‌های تأمین مالی، ۱۶ پروژه دیگر مربوط به دیجیتالی کردن صنعت فولاد هستند. برنامه‌هایی ازجمله «برنامه چارچوبی هفتم»،[2] «افق ۲۰۲۰»،[3] «اورکا»[4] و «اسپایر».[5] مورد اول و دوم مربوط به طرح‌های موجود در برنامه‌های هفتم و هشتم اتحادیه اروپا می‌شود که بر تأمین مالی پروژه‌های توسعه فنی و اقتصادی متمرکز است. توضیح آنکه اورکا یک سازمان بین دولتی در اتحادیه اروپاست که در سال ۱۹۸۵ میلادی با هدف ایجاد پلتفرمی باز برای همکاری بین‌المللی در نوآوری ایجاد شده است. همچنین اسپایر نیز یک انجمن اروپایی است که در سال ۲۰۱۲ به‌منظور تسهیل مسیر نوآوری از طریق «بالا بردن بازده انرژی و منابع در صنایع فرایندی» ازجمله صنعت فولاد، تأسیس شده است. مجموع سرمایه‌گذاری این چهار مؤسسه در پروژه‌های مرتبط با فولاد و انقلاب صنعتی چهارم بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ معادل ۸۵/۹ میلیون یورو بوده است.

1. VDEh-betriebsforschungsinstitut BFI
2. FP7
3. Horizon 2020
4. Eureka
5. Spire

نمودار ۲. تعداد پروژه‌های تأمین مالی شده توسط RFCS بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶



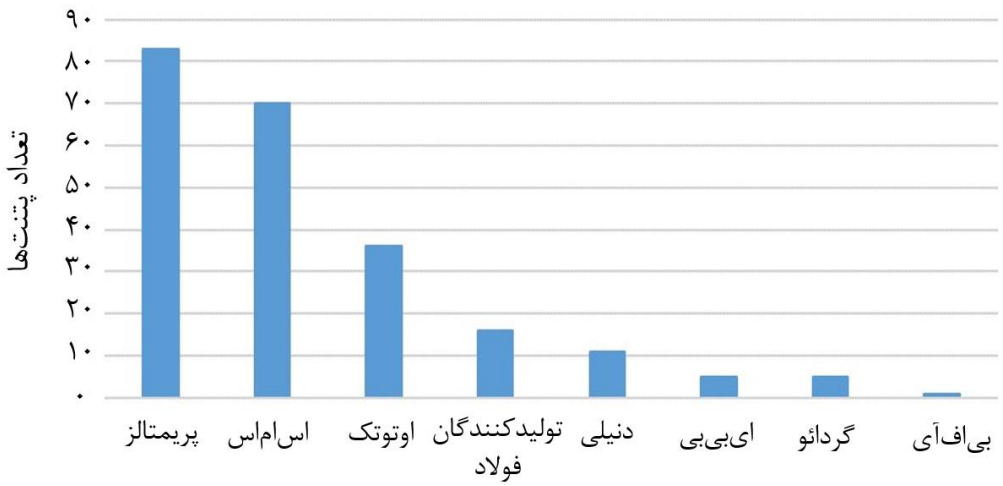
Source: N. Christoph, H. Simon and A. Marlene (2018).

علاوه‌بر میزان سرمایه‌گذاری، تحلیل اختراعات نیز می‌تواند چشم‌انداز فناورانه و اقتصادی صنعت ۴/۰ را در حوزه فولاد روشن‌تر نماید. نکته اینکه در مقایسه با پروژه‌های تحقیق و توسعه، اختراع‌ها، تجاری‌سازی فناوری‌های جدید را یک قدم جلوتر می‌برند. نمودار ۳ نشان‌دهنده تعداد اختراع‌های شرکت‌های تحقیقاتی، فناور و تولیدی فولاد است. در این بین شرکت‌های مهندسی و سازنده کارخانه و فناورِ پرایمتالز تکنولوژی[1] و گروه اس‌ام‌اس[2] بیشترین سهم از اختراع‌های مرتبط با فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم را در اختیار دارند. توضیح آنکه پرایمتالز تکنولوژی یک شرکت مهندسی ساخت مجموعه تولیدی است که در شهر لندن مستقر است. این شرکت خدمات خود را به صنعت فلزات ارائه می‌دهد و

1. Primetals Technologies
2. SMS Group

در سال ۲۰۱۵ از ادغام دو شرکت «زیمنس متالز تکنولوژی»[1] و «ماشین‌آلات فلزی میتسوبیشی ـ هیتاچی»[2] ایجاد شد. همچنین رتبه دوم؛ گروه اس‌اماس، در آلمان واقع شده و «مدرن‌سازی»، «دیجیتالی کردن»، «راهکارهای سفارشی» و «خدمات چرخه عمر» ازجمله خدمات این گروه برای صنعت فلزات است.

نمودار ۳. تعداد اختراع‌های ثبت‌شده مرتبط با صنعت ۴/۰ از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸



Source: N. Christoph, H. Simon and A. Marlene (2018).

در مقایسه با شرکت‌های فوق‌الذکر، تنها ۵ درصد از اختراع‌های ثبت‌شده مربوط به شرکت‌های تولیدکننده فولاد است که بیشترین سهم از این میزان، مربوط به بخش اروپایی شرکت آلمانی تیسن‌کروپ[3] می‌شود. نکته مهم اینکه بیشترین حوزه ثبت اختراع شرکت‌های تولید فولاد اروپا مربوط به «تعامل بین انسان و ماشین» و «ردیابی محصولات در کارخانه» می‌شود. سهم بالای اختراع‌های شرکت‌های مهندسی و سازنده مجموعه‌های تولیدی و فناور نشان می‌دهد که نقش شرکای فناور شرکت‌های تولیدکننده، در توسعه راهکارهای صنعت ۴/۰ بسیار چشمگیر است. لکن باید توجه داشت که شرکت‌های تولیدکننده به‌عنوان متقاضی استفاده از فناوری و نتایج آن (اعم از افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها) عامل کلیدی در جهت‌دهی به برنامه‌های شرکت‌های فناور هستند.

ارزیابی‌های در سطح اتحادیه اروپا و با موضوع انقلاب صنعتی چهارم و صنعت فولاد نشان می‌دهد که طرح‌های دیجیتالی شدن در اروپا مهم و فراگیر هستند و بسیاری از نهادها و تشکل‌های بین دولتی در اتحادیه اروپا در تلاش برای حمایت از این طرح‌ها هستند. همچنین شرکت‌های فناور با شتاب خوبی در این راستا در حال حرکت هستند و شواهد نشان می‌دهد که انقلاب صنعتی چهارم در این اتحادیه

1. Siemens VAI Metals Technologies
2. Mitsubishi-Hitachi Metals Machinery
3. Thyssenkrupp

به‌صورت جدی در حال پیگیری و پیاده‌سازی است.

۶-۱. روسیه

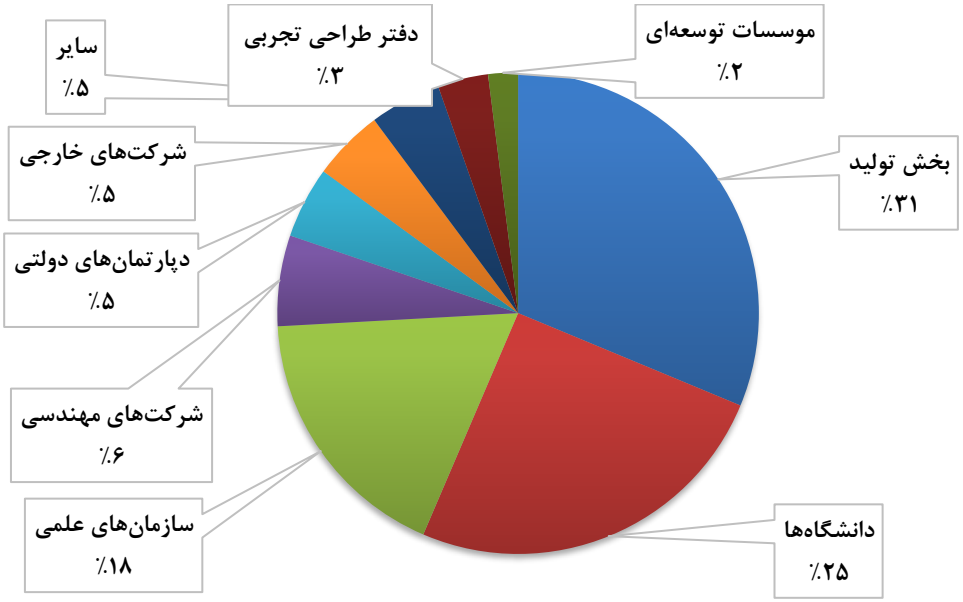
صنعت فولاد کشور روسیه بعد از سال ۲۰۱۴ با کاهش تدریجی تولید مواجه شد و در سال ۲۰۱۶ میزان تولید به ۶۸/۶ میلیون تُن رسید. با این حال، این کشور توانست در سال ۲۰۱۷ روند تولید خود را افزایش دهد و به ۷۰/۸ میلیون تُن برسد و تا سال ۲۰۱۸ تولید خود را به ۷۱/۷ میلیون تُن فولاد خام برساند و به‌عنوان ششمین تولیدکننده فولاد در جهان شناخته شود.

در کشور روسیه تلاش‌هایی در سطح ملی و به‌منظور پیشبرد اهداف «تولید پیشرفته» در حال انجام است. بر این اساس در فوریه سال ۲۰۱۷، دولت فدرال روسیه، اولین نقشه راه توسعه ملی طرح فناوری به نام «فناوری‌های تولید پیشرفته»[1] را تصویب کرد. به‌موجب تصویب این طرح نخستین «کارخانه هوشمند» در روسیه تأسیس شد. در این کارخانه نمونه‌های اولیه به‌وسیله راهکارهای مبتنی‌بر فناوری‌های پیشرفته برای تولید انبوه توسعه پیدا می‌کنند و ایده‌های داخلی و تحولات در قالب صنعت ۴/۰ در شرایط تولید واقعی آزمایش می‌شوند.

همچنین پلتفرم «مواد و فناوری‌های متالورژی»[2] از طرف دولت روسیه برای انجام تحقیقات و طراحی آزمایش در زمینه فناوری و صنعت تشکیل شده است. هدف تشکیل این پلتفرم دستیابی به انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در صنعت متالورژی و سازوکار آن ادغام مؤثر منافع صنعتی و ملی روسیه است. این پلتفرم برای تعیین اولویت‌های تحقیق و توسعه فناوری به‌وجود آمده و براساس اصول مشارکت دولتی و خصوصی، با مشارکت گسترده نهادهای دولتی و تجاری فعال است. اثربخشی پلتفرم مواد و فناوری‌های انرژی روسیه مبتنی‌بر اجرای برنامه‌های نویدبخش علمی و فناورانه در بخش‌های مختلف اقتصادی این کشور بوده و با توجه به اهداف اولویت‌دار ملی و اجتماعی برنامه‌ریزی می‌شود. نکته آنکه از لحاظ مشارکت ذی‌نفعان، این پلتفرم نسبتاً گسترده عمل کرده و درصد مشارکت بخش‌های مختلف در پلتفرم مواد و فناوری‌های متالورژی در نمودار ۴ دیده می‌شود.

1. Advanced Manufacturing Technologies
2. Materials and Technologies of Metallurgy

نمودار ۴. درصد مشارکت بخش‌های مختلف در پلتفرم مواد و فناوری‌های متالورژی



Source: http://mtmtp.ru

در راستای اهداف دولت روسیه برای دیجیتال‌سازی، همکاری‌های مشترک زیادی در این کشور بین شرکت‌های مختلف فولادی و فناور شکل گرفته است. در ماه مارس سال ۲۰۱۷ «نوولیپتسک استیل (ان‌ال‌ام‌کی)»[1] روسیه و شرکت اس.آ.پ؛[2] بزرگ‌ترین تولیدکننده نرم‌افزارهای سازمانی، تفاهمنامه همکاری در حوزه نوآوری به امضا رساندند. هدف این همکاری ایجاد اولین «آزمایشگاه نوآوری اشتراکی»[3] در صنعت فولاد روسیه است. تمرکز فعالیت‌های این مرکز تحقیق، ایده‌پردازی و نمونه‌سازی با تکیه بر راهکارهای نوآورانه در صنعت معدن و صنایع معدنی است. این دو شرکت برای ارائه راهکارهای جدید در زمینه تجزیه‌وتحلیل فرایند، رابط کاربری، اینترنت اشیا، یادگیری ماشین، تحلیل پیشگویانه[4] و سیستم‌های برنامه‌ریزی تولید همکاری خواهند کرد. شایان ذکر است نوولیپتسک استیل بزرگ‌ترین تولیدکننده فولاد روسیه با تولید سالیانه بیش از ۱۷ میلیون تُن فولاد خام است.

علاوه‌بر تفاهمنامه فوق، در ژانویه سال ۲۰۱۸ نیز، گروه نوولیپتسک استیل با معرفی نسل جدیدی از نرم‌افزار اس.آ.پ اعلام کرد که این پلتفرم نه تنها فرایندهای تجاری فعلی را ساده‌سازی خواهد کرد، بلکه امکان استفاده از فناوری‌های ابری، اینترنت اشیا و فناوری‌های یادگیری ماشین را در مقیاس صنعتی فراهم می‌کند. بیش از ۲۰ سیستم اطلاعاتی و تولیدی زیرمجموعه‌های روسی و اروپایی گروه ان‌ال‌ام‌کی

1. Novolipetsk Steel (NLMK)
2. Systems, Applications & Products in Data Processing (SAP)
3. Co-Innovation Lab
4. Predictive Analytics

با این مجموعه یکپارچه شده‌اند. «آزمایشگاه نوآوری ان‌ال‌ام‌کی ـ اس.آ.پ»[1] در حال حاضر از این سیستم برای پروژه‌های خود استفاده می‌کند.

در صنعت فولاد روسیه، شواهد دیگری نیز برای اقدامات شرکتی در راستای انقلاب صنعتی چهارم وجود دارد. ازجمله «شرکت آهن و فولاد ماگنیتوگورسک (ام‌ام‌کی)»[2] روسیه در جولای ۲۰۱۸ اعلام کرد که برای پیاده‌سازی صنعت ۴/۰، همکاری خود را با شرکت نرم‌افزاری اوراکل[3] برای ۵ سال آینده تمدید خواهد کرد. شرکت مذکور یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان فولاد در روسیه است که در سال ۲۰۱۸ با تولید ۱۲/۶۶ میلیون تُن فولاد خام در رتبه ۳۱ام جهانی قرار گرفت. مدیران ارشد ام‌ام‌کی اذعان می‌دارند که بهینه‌سازی و اتحاد در فرایندهای کسب‌وکار شرکت براساس یک سیستم یکپارچه اطلاعاتی، کارایی تجاری شرکت را تسهیل می‌کند. مدیران شرکت ام‌ام‌کی معتقدند که برنامه مدرن‌سازی در مقیاس بزرگ از طریق یکپارچه‌سازی و ادغام همه جریان‌های اطلاعاتی شرکت، پیاده‌سازی صنعت ۴/۰ را امکان‌پذیر خواهد کرد.

علاوه‌بر مورد فوق، ام‌ام‌کی در سپتامبر ۲۰۱۹ با شرکت نرم‌افزاری «یوآی‌پث»[4] وارد همکاری مشترک شد. این شرکت در حوزه توسعه پلتفرم‌های نرم‌افزاری برای اتوماسیون فرایند رُباتیک (آرپی‌ای)[5] فعالیت می‌کند. درنتیجه این همکاری، مواردی چون کاهش هزینه‌های نرم‌افزاری، بازده پروژه بزرگ «اتوماسیون فرایندهای کسب‌وکار ام‌ام‌کی» بهبود می‌یابد. مقامات این شرکت ادعا کرده‌اند که تجربه جهانی اتوماسیون از طریق فناوری آرپی‌ای، راندمان بالای این ابزار را در مسیر تحول دیجیتال کسب‌وکار نشان می‌دهد و این روند در قلب طرح‌های راهبردی صنعت ۴/۰ این شرکت قرار دارد.

شرکت سوراستال[6] نیز که بزرگ‌ترین شرکت تولیدکننده فولاد در روسیه و یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان فولاد در جهان است، بزرگ‌ترین مخزن داده[7] را در روسیه به‌وجود آورد. هدف سوراستال باقی‌ماندن در رقابت با سایر تولیدکنندگان فولاد جهان در رسیدن به صنعت ۴/۰ است. با استفاده از این مخزن بزرگ می‌توان داده‌هایی با حجم ۱۰۰۰ ترابایت را (که هنگام تولید هزاران تُن فولاد در سال ایجاد می‌شوند) برای تجزیه‌وتحلیل در آینده ذخیره کرد. هم‌اکنون شرکت سوراستال به‌جای ذخیره فقط ۵ درصد از داده‌های تولید، می‌تواند بیش از ۵۰ درصد از داده‌های خود را ذخیره کند. علاوه‌بر این سوراستال و ان‌ال‌ام‌کی؛ دو شرکت بزرگ تولیدکننده فولاد روسیه، برای بهینه‌سازی کارخانه‌های فولادی خود،

1. NLMK-SAP Innovations Lab
2. Magnitogorsk Iron and Steel Works (MMK)
3. Oracle (یک شرکت نرم‌افزاری آمریکایی)
4. UiPath
5. Robotic Process Automation (RPA)
6. Severstal
7. Data Lake

استفاده از مدل یکپارچه فنی و اقتصادی اِن‌ساید[1] را آغاز کرده‌اند. توضیح آنکه اِن‌ساید یک شرکت نرم‌افزاری با راه‌حل‌های نوآورانه است که با استفاده با فناوری‌های پیشرفته تحلیلی، پیچیده‌ترین چالش‌های صنعت را به فرصت تبدیل می‌کند. اِن‌ساید با بهینه‌سازی متغیرهای مختلفی که در فرایند تولید فولاد اتفاق می‌افتد، می‌تواند سوددهی را افزایش و هزینه‌های تولید را کاهش دهد.

در راستای انقلاب صنعتی چهارم، همکاری‌های صنعت فولاد و دانشگاه‌های روسیه نیز تحولاتی را تجربه کرده است. ازجمله کارخانه آهن و فولاد مگنیتوگورسک و دانشگاه ایالتی اورال جنوبی نیز از سال ۲۰۱۸، به‌طور مشترک تعدادی پروژه به انجام رساندند که به‌طور مستقیم با پیاده‌سازی «فناوری‌های هوشمند» به تولید و آنچه به توسعه صنعت ۴/۰ مربوط می‌شود، ارتباط دارد. در این همکاری تلاش برای پیاده‌سازی فناوری‌های اینترنت اشیا، همزاد دیجیتال و بینایی رایانه‌ای در صنعت، با هدف فائق آمدن بر چالش‌های تولید انجام می‌شود. همچنین این دانشگاه در اکتبر ۲۰۱۹ در اولین انجمن صنعتی با نام «فناوری اطلاعات در متالورژی و فلزکاری»[2] شرکت کرد و انجمن مذکور به یک پلتفرم بزرگ برای بحث و گفت‌وگوی حرفه‌ای در زمینه دیجیتالی کردن در صنعت فلزات تبدیل شده است. ازجمله موارد مورد بحث در این رویداد می‌توان به «روند توسعه فناوری اطلاعات در متالورژی و فراوری فلز در روسیه و خارج از روسیه»، «استفاده از فناوری‌های کلان‌داده و همزاد دیجیتال» و «زمینه‌های اصلی استفاده از تحلیل‌های پیشگویانه در صنایع فلزی» اشاره کرد.

می‌توان گفت کشور روسیه با شکل‌دادن همکاری‌های گسترده بین شرکت‌های فولادی و شرکت‌های فعال در زمینه فناوری اطلاعات و با مشارکت دادن دانشگاه‌ها و حفظ ارتباطشان با صنعت به سمت انقلاب صنعتی چهارم و دیجیتال‌سازی تولید فولاد پیش می‌رود و در تلاش برای پیشبرد اهداف «تولید پیشرفته» است تا بتواند از رقبای خود در این صنعت پیشی بگیرد.

۷-۱. ترکیه

صنعت آهن و فولاد ترکیه به یکی از توسعه‌یافته‌ترین بخش‌های این کشور تبدیل شده است. این صنعت در سال ۲۰۱۸ با تولید ۳۷/۳ میلیون تُن فولاد خام به هشتمین تولیدکننده بزرگ فولاد در جهان تبدیل شد. ترکیه دارای سابقه اثبات‌شده‌ای در تولید محصولات باکیفیت برای تأمین نیازهای بازار، سرمایه‌گذاری، گسترش ظرفیت تولید محصولات و توسعه فناوری‌های جدید بوده و نقش مهمی در تولید و صادرات فولاد در سطح جهانی دارد. علاوه‌بر این صنعت فولاد ترکیه، چهارمین عامل تأثیرگذار در اقتصاد این کشور محسوب می‌شود و ادعا شده است که امروزه فولادسازان ترکیه همچنان به دنبال پیشرفت‌های فناوری در جهت افزایش دوام این صنعت در بازارهای جهانی هستند.

1. N-SIDE
2. Information Technologies in Metallurgy and Metalworking

نکته قابل ذکر اینکه بیشتر صنایع تولیدی کشور ترکیه، کسب‌وکارهای کوچک و متوسط هستند. بنابر داده‌های مؤسسه آمار ترکیه[1] در سال ۲۰۱۵، تنها ۱۲ درصد کسب‌وکارهای کوچک و متوسط این کشور، محصولات و خدمات خود را از طریق شبکه‌های رایانه‌ای ارائه می‌دهند و در سال ۲۰۱۴ صنایع تولیدی معادل ۱۹۰ هزار یورو ارزش‌افزوده ایجاد کردند. این رقم یک‌چهارم متوسط کشورهای اتحادیه اروپا و یک‌دهم کشور آلمان است. در بررسی بازدهی نیروی کار نیز این اختلاف‌ها مشاهده می‌شود. بنابه عقیده کارشناسان، انقلاب صنعتی چهارم نه‌تنها امکان جبران این فاصله را فراهم نمی‌کند، بلکه در صورت عدم واکنش به آن، موجب اختلاف بیشتر هم می‌شود.

از منظر حاکمیتی، تبدیل شدن به یکی از ۱۰ اقتصاد برتر دنیا، چشم‌انداز اصلی سیاستگذاران ترک است. در این راستا برنامه تحول دیجیتال یکی از مهم‌ترین ابزارهای کشور ترکیه در رسیدن به این چشم‌انداز است. هدف دولت ترکیه به‌واسطه دیجیتالی کردن «توسعه سیاست‌های مؤثر»، «تولید فناوری» و «رقابت در این عرصه» است. به‌نظر می‌رسد که ترکیه برای رسیدن به کشورهای پیشرو، در فناوری راه درازی را در پیش رو دارد. اما دولت ترکیه و به‌طور خاص وزارت صنعت و فناوری این کشور، پلتفرم‌ها و کارگروه‌هایی را جهت تبیین سیاستگذاری برای تحول دیجیتال ترکیه تشکیل داده است. به‌طور خاص در گزارشی که توسط وزارت صنعت و فناوری ترکیه چاپ شده، نقشه‌راه و حوزه‌های فعالیت در قالب طرح تحول دیجیتال به ۶ بخش تقسیم شده است. (جدول ۲)

جدول ۲. حوزه‌های عملی تحول دیجیتال در نقشه راه وزارت صنعت و فناوری دولت ترکیه

ردیف	اجزا	حوزه‌های عملی
۱	نیروی انسانی ـ توسعه زیرساخت آموزشی و تعلیم نیروی کار شایسته	● نیروی کار شایسته ● آموزش کاربران فناوری‌های دیجیتال ● آموزش سازندگان فناوری‌های دیجیتال ● کمک به آموزش‌دهندگان برای رسیدن به شایستگی‌های دیجیتال ● رساندن نیروی کار با شایستگی دیجیتال به آگاهی صنعتی ● افزایش و گسترش آگاهی تحول دیجیتال ● ایجاد همکاری بین شرکای دنیای دیجیتال
۲	فناوری ـ توسعه فناوری و ظرفیت نوآوری	● توسعه زیرساخت‌های R&D برای فناوری‌های دیجیتال ● توسعه کاربردهای فناوری‌های دیجیتال
۳	زیرساخت ـ استحکام زیرساخت ارتباطات و داده	● افزایش سرعت تبادل داده ● توسعه استانداردهای تبادل داده ● حصول اطمینان از امنیت سایبری صنعت و امنیت داده ● افزایش تقاضای صنعت برای مراکز داده

1. Turkish Statistical Institute

ردیف	اجزا	حوزه‌های عملی
۴	تأمین‌کنندگان ـ حمایت از تأمین‌کنندگان فناوری ملی	● تهیه لیستی از مؤسسات فناور محلی ● تقویت اکتساب فناوری و فرصت‌های توسعه ● حمایت از دسترسی تأمین‌کنندگان ملی به محصولات و خدمات خود ● اطمینان دادن به دسترسی به سرمایه‌گذاری بلندمدت
۵	کاربران ـ حمایت از دیجیتالی شدن کاربران	● حمایت از سرمایه‌گذاری‌ها در تحول دیجیتال
۶	اداره کردن ـ تقویت اداره شرکت‌ها	● نهادینه‌سازی پلتفرم تحول دیجیتال در صنعت

Source: https://www.ey.com

اقدامات عملیاتی کشور ترکیه در راستای توسعه فناوری‌های نوین و برافکن و حرکت در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم، محدود به سیاستگذاری نمانده و پروژه‌های متعددی در این حوزه انجام شده است. به‌عنوان نمونه در جدول ۳ فهرستی از تعداد پروژه‌های در دست اقدام در حوزه فناوری‌های برافکن در کشور ترکیه آمده است. این حجم از پروژه‌ها نشان‌دهنده عزم راسخ دولت ترکیه برای رقابت در انقلاب صنعتی چهارم است. همان‌طور که مشاهده می‌شود فناوری‌های تولید هوشمند با سرعت بالایی در سراسر ترکیه در حال پیاده‌سازی هستند. صنعت خودرو و هوایی این کشور پیشروهای اولیه این امر هستند. علاوه‌بر این دو صنعت، گزارش شده است که صنایع دیگری مانند معدن، فولاد و انرژی این کشور نیز بر پیاده‌سازی فناوری‌های تولید پیشرفته تمرکز کرده‌اند.

جدول ۳. تعداد پروژه‌ها در زمینه فناوری‌های برافکن در مناطق صنعتی فناور و مراکز تحقیق و توسعه ترکیه

ردیف	فناوری	مناطق صنعتی فناور	مراکز R&D
۱	هوش مصنوعی	۹۴	۲۲
۲	کلان‌داده و تحلیل پیشرفته	۷۰	۳۲
۳	مجازی‌سازی (واقعیت مجازی و افزوده)	۶۲	۱۵
۴	رایانش ابری	۴۶	۸
۵	اینترنت اشیا	۲۷	۱۵
۶	امنیت سایبری	۲۲	۴
۷	اتوماسیون صنعتی و فناوری‌های رُباتیک	۱۳	۷
۸	فناوری‌های مرتبط با حسگرهای هوشمند	۱۳	۸
۹	چاپ ۳ بُعدی	۷	۱۴

Source: https://www.ey.com

با توجه به حجم اقتصاد ترکیه، انتظار می‌رود در دهه پیش رو سالیانه ۲ تا ۳ میلیارد یورو برای پیاده‌سازی راهکارهای صنعت ۴/۰ در فرایندهای تولیدی سرمایه‌گذاری شود. البته در این میان موانعی

نیز وجود دارد. ازجمله اینکه دیجیتالی کردن مستلزم به‌روز کردن زیرساخت‌های فناوری این کشور است. علاوه‌بر این تحول آموزش کشور نیازمند تمرکز دولت بر مهارت‌های علم، فناوری، مهندسی و ریاضی است. لکن به‌طور کلی پیش‌بینی می‌شود در صورت انطباق صنعت ۴/۰ در صنایع تولیدی، ترکیه می‌تواند سالیانه ۱۰ میلیارد یورو از هزینه‌های تولید خود کم کند.

برای تحقق اهداف سیاستی ترکیه در حوزه انقلاب صنعتی چهارم و توسعه پروژه‌های مربوطه در صنایع مختلف این کشور، همکاری‌های فناورانه در دستور کار نهادهای حکمرانی این کشور قرار گرفته است. به‌طور نمونه در سال ۲۰۱۷ وزارت علوم، صنعت و فناوری دولت ترکیه طرح «پلتفرم تحول دیجیتال در صنعت» را کلید زد. هدف از این طرح ایجاد یک شبکه همکاری بین نهادهای دولتی و خصوصی، با تمرکز بر افزایش پشتیبانی فناورانه برای صنایع است. همچنین دولت ترکیه در ماه مارس سال ۲۰۱۹ اولین طرح حمایتی برای به کارگیری فناوری‌های تولید پیشرفته را اعلام کرد. درنتیجه این طرح، از کسب‌وکارهای کوچک و متوسط برای پیاده‌سازی پروژه‌های مرتبط با کلان‌داده، هوش مصنوعی، اینترنت اشیای صنعتی، فناوری‌های حسگر هوشمند، فناوری‌های رُبات‌های خودران و امنیت سایبری صنعتی تا ۲۰۰ هزار دلار حمایت مالی انجام خواهد داد.

علاوه‌بر موارد فوق، دولت ترکیه در راستای کمک به ارتقای وضعیت فناوری و نوآوری در چارچوب انقلاب صنعتی چهارم در نظر دارد تا نهادهایی تحت عنوان «مراکز تحول دیجیتال» افتتاح کند. در این مراکز، صنعتگران از تجارب آموزشی و خدمات مشاوره‌ای بهره خواهند برد. وارانک،[1] وزیر صنعت و فناوری دولت ترکیه ادعا کرده است که این کشور در مسیر تحول دیجیتال، از نقشه راه سایر کشورها (مثل «صنعت ۴/۰» آلمان و یا «جامعه ۵/۰» ژاپن) کپی‌برداری نخواهد کرد و ترکیه مسیر مختص و منطبق بر استراتژی‌های خود را دنبال خواهد کرد.

علاوه‌بر اقدامات در سطوح سیاستگذاری کشور ترکیه، شرکت‌های فولادی این کشور نیز واکنشی پویا به انقلاب صنعتی ۴/۰ انجام داده‌اند. برای نمونه می‌توان به شرکت تولید فولاد اردمیر[2] اشاره کرد. اردمیر با تولید ۹ میلیون تُن فولاد در سال، بزرگ‌ترین تولیدکننده فولاد در کشور ترکیه است. این شرکت در زیرمجموعه گروه متالورژی معدن ایاک[3] قرار دارد. گروه ایاک در سال ۲۰۱۹ تصمیم به سرمایه‌گذاری یک میلیارد دلاری در مجموعه تولید فولاد اردمیر گرفت. بخشی از این سرمایه‌گذاری به کاربردی‌سازی منابع محلی در تولید و همچنین افزایش ظرفیت و بازدهی تولید به‌واسطه فناوری‌های پیشرفته اختصاص یافته است. مدیران ارشد ایاک، هدف از این سرمایه‌گذاری را حرکت در راستای چشم‌انداز دولت و گروه در توسعه دیجیتال صنعت فولاد عنوان کرده‌اند.

1. Varank
2. Erdemir Gorup
3. OYAK Mining Metallurgy Group

در اقدامی دیگر تات‌متال؛[1] شرکت تولیدکننده صفحات فولادی، به‌منظور اجرای سیاست‌های دولت در راستای تحول دیجیتال، برنامه آی‌اف‌اس[2] را از شرکت بین‌المللی ارائه راهکارهای نرم‌افزاری سازمان‌ها «آی‌اف‌اس»[3] انتخاب کرده است. راهکار آی‌اف‌اس تمام فرایندهای اصلی کسب‌وکار را در بر می‌گیرد. این موارد شامل مدیریت داده محصول، تولید، طرح‌ریزی، فروش، خرید، توزیع، مدیریت کیفیت، مدیریت اسناد، منابع انسانی و مدیریت منابع مالی می‌شود. برآورد شده است سرمایه‌گذاری در برنامه آی‌اف‌اس، تات‌متال را به یک جریان جامع از داده در سطح کل شرکت می‌رساند و این جریان داده می‌تواند موجب شتاب بخشیدن به توسعه راهبردی تات‌متال شود.

کشور ترکیه در همسایگی ایران الگوی موفقی از ایجاد ارزش‌افزوده از صنعت فولادسازی بدون اتکا به منابع معدنی و انرژی ارزان ایجاد کرده است و فناوری نقش مهمی در تولید این کشور دارد. در سال‌های اخیر اقدامات سیاستی دولت ترکیه بر توسعه فناوری‌های برافکن در راستای انقلاب صنعتی چهارم متمرکز بوده و این مسیر نیز توسط شرکت‌های بزرگ فولادی ترک دنبال شده است. صنعت فولاد ترکیه اگرچه دیرتر از سایر کشورهای توسعه‌یافته، ابعاد تحولی انقلاب صنعتی چهارم را درک کرده، اما شتابان در تلاش برای پیشرفت در این حوزه است.

۸-۱. آمریکا

در بین سال‌های ۱۸۸۰ و آغاز قرن بیستم، تولید فولاد آمریکا از ۱/۲۵ میلیون تُن در سال به بیش از ۱۰ میلیون تُن و تا سال ۱۹۱۰، این رقم به ۲۴ میلیون تُن و بیش از هر کشور دیگری در جهان رسید. با افزایش رقابت در بازار تولید فولاد، کشورهای چین، هند و ژاپن از آمریکا پیشی گرفتند، به‌طوری که این کشور در سال ۲۰۱۸ با ۸۸ میلیون تُن تولید در رده چهارم برترین کشورهای تولیدکننده فولاد قرار گرفت. در میان فولادسازان آمریکایی، شرکت نیوکور[4] با تولید سالیانه ۲۶ میلیون تُن فولاد خام بزرگ‌ترین شرکت فولادی آمریکا به‌حساب می‌آید. اما آنچه امروزه مسئله را متفاوت کرده است، تمرکز بر نوآوری و فناوری برای رسیدن به توانایی رقابتی بیشتر در صنعت فولاد آمریکاست. آنچه ارزیابی‌ها و گزارش‌های جهانی نشان می‌دهد، در گستره جهانی، تولیدکنندگان آمریکایی سابقه روشنی از پذیرش نوآوری در صنعت فولاد دارند. مقایسه بین دو فولادساز معروف آمریکایی، یو.اس.استیل[5] و نیوکور، به‌خوبی نشان می‌دهد که «تولید فولاد در دنیای غرب نیازمند اتکا به نوآوری مداوم به‌عنوان یک ضرورت برای بقاست».

هنگامی که یو.اس.استیل در قرن گذشته صرفاً بر روی کاهش هزینه‌ها متمرکز شده بود، نیوکور نه تنها بر روی نوآوری و سرمایه‌گذاری بر کوره‌های قوس الکتریکی متمرکز بود، بلکه در راستای توسعه

1. Tatmetal
2. IFS Application (با ادغام فناوری‌های نوین به صنایع در روندهایی مثل اینترنت اشیا، دگرگونی دیجیتال و شخصی‌سازی کمک می‌کند)
3. IFS
4. Nucor Corporation
5. United States Steel Corporation (U.S. Steel)

نوآوری در حوزه ریخته‌گری مستقیم و سایر فناوری‌های پایین‌دستی نیز اقداماتی صورت داد. درنتیجه، به عقیده بسیاری از خبرگان این صنعت، نیوکور اکنون موفق‌ترین شرکت فولاد آمریکای شمالی است. داستان رویکرد این شرکت در پذیرش و پیاده‌سازی کوره قوس الکتریکی برای تولید فولاد گواه این ادعاست. زمانی که شرکت نیوکور در دهه ۱۹۶۰ میلادی در شرف ورشکستگی قرار داشت، بسیاری از تجارت‌های فرعی خود را رها کرد و تمرکز خود را بر روی تجارت سودآور فولاد قرار داد. در سال ۱۹۶۸، کن ایورسن[1] که به‌تازگی به‌عنوان مدیرعامل شرکت منصوب شده بود، تصمیم جدی برای سرمایه‌گذاری بر روی یک فناوری اروپایی گرفت و تولید فولاد شرکت را به سمت استفاده کوره قوس الکتریکی برد. رقبایی مانند یو.اس.استیل در ابتدا این شرکت جوان و تازه‌کار را به تمسخر گرفتند. شرکتی که موفق شده بود به‌وسیله یک فناوری تأیید نشده، مقادیر قابل توجهی از فولاد تولید کند. نکته قابل توجه اینکه علاوه‌بر رشد تولید، نیوکور تا دهه ۱۹۸۰ میلادی توانست موقعیت خود را به‌عنوان کم‌هزینه‌ترین شرکت تولید فولاد در داخل آمریکا تثبیت کند.

مثال نیوکور از طرفی تمایل صنعت فولاد آمریکا را در پذیرش نوآوری نشان می‌دهد، اما از جهتی دیگر نشانگر مقاومت برخی از فعالان صنعت در مقابل فناوری‌های جدید است. نتیجه اینکه حتی در کشورهای توسعه‌یافته و پیشرو نوآوری نیز همیشه مقاومت‌هایی در مقابل روش‌ها و فناوری‌های جدید وجود دارد. اما دولت آمریکا همواره تلاش داشته با اجرای طرح‌های حمایتی، به صنایع تولیدی در مسیر نوآوری کمک کند. در مقوله انقلاب صنعتی چهارم، دولت ایالات متحده قصد دارد با کمک گرفتن از فناوری‌های «صنعت ۴/۰» به بزرگ‌ترین تولیدکننده در جهان تبدیل شود و جای چین را در این صنعت بگیرد و انتظار می‌رود که دولت ترامپ سیاست صنعت ۴/۰ اوباما را دنبال کند. این سیاست، مبتنی‌بر شکل‌گیری «شبکه همکاری در تولید پیشرفته»[2] بوده و برنامه‌ای برای افزایش تعامل صنعت و دولت فدرال جهت سرمایه‌گذاری در فناوری‌های صنعت ۴/۰ است. شایان ذکر است هدف این سرمایه‌گذاری‌ها بالا بردن جایگاه صنعت آمریکا و پیشی گرفتن از کشورهای با نیروی کار ارزان مثل چین است.

در راستای سیاست‌های یادشده و همچنین مواردی چون «طرح تولید آمریکا» و «لایحه احیای تولید و نوآوری آمریکایی»، دفتر «تولید پیشرفته»[3] در وزارت انرژی آمریکا، برنامه‌ای برای حمایت از طرح‌های نوآورانه در صنایع تولیدی در دست اجرا دارد. در این برنامه تمرکز بر نوآوری‌هایی است که از طریق فناوری، تحقیق و توسعه و مشارکت بین انواع تولیدکنندگان حاصل می‌شود. از استارت‌آپ‌های فناورانه کوچک گرفته تا شرکت‌های بزرگ تولیدی تحت پوشش این حمایت قرار می‌گیرند. درنتیجه، بهبود مستمر فرایندها به تولیدکنندگان آمریکایی کمک می‌کند تا در رقابت باقی بمانند و شغل‌های

1. Ken Iverson
2. Advanced Manufacturing Partnership (AMP)
3. Advanced Manufacturing Office (AMO)

بیشتر و با درآمد بهتر در آمریکا ایجاد کنند.

در این میان همکاری دفتر تولید پیشرفته با فولادسازان آمریکا، متمرکز بر پروژه‌های تحقیق و توسعه نوآورانه و پیاده‌سازی طرح‌های برتر در ساخت فولاد است. همچنین فناوری‌های نوین مرتبط با کاهش مصرف انرژی در صنعت فولاد آمریکا، مورد توجه این وزارتخانه قرار گرفته است. نمونه‌ای از فعالیت‌های این دفتر، در دانشگاه پوردو[1] در ایالت ایندیانای[2] آمریکا قابل مشاهده است. این دانشگاه از طریق برنامه «رایانش با عملکرد بالا برای تولید»[3] یک کنسرسیوم از فولادسازان را رهبری می‌کند. نکته آنکه استفاده از رایانش عملکرد بالا برای تحقیق در بهینه‌سازی فرایندهای کوره بلند، نتیجه این طرح است. محققان از طریق این برنامه که در آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور[4] طرح‌ریزی شده است، می‌توانند به منابع ابررایانه‌ای در کلاس جهانی دسترسی پیدا کنند تا کوره بلند[5] مورد استفاده در زنجیره تولید فولاد را مدل‌سازی و شبیه‌سازی کنند. لذا با بهینه‌سازی در تولید فولاد با استفاده از این فناوری، فرصت کاهش هزینه‌ها و میزان کربن تولیدشده ایجاد می‌شود و آثار مثبتی بر رقابت‌پذیری و توسعه پایدار خواهد گذاشت.

در کنار اقدامات سیاستی دولت آمریکا، شرکت‌های بزرگ تولید فولاد در این کشور نیز در پی ایجاد شبکه‌های همکاری با شرکای فناور هستند. به‌عنوان نمونه گروه ای‌بی‌بی[6] شریک فناور شرکت فولادساز نیوکور است. ای‌بی‌بی شرکت فناور و پیشرو در ارائه راهکارهای دیجیتال به صنایع در سال ۱۹۸۸ میلادی با ادغام دو شرکت صنعتی سوئدی و سوئیسی ایجاد شد. بیشتر فعالیت این شرکت در حوزه رُباتیک، تجهیزات الکتریکی سنگین و فناوری‌های اتوماسیون است. ادعا شده همکاری این دو شرکت در راستای وارد کردن طرح‌های نوآورانه انقلاب صنعتی چهارم به فرایندهای تولید فولاد (به‌طور خاص کوره قوس الکتریکی) است.

شرکت نیوکور اقدامات دیگری را نیز در راستای انقلاب صنعتی چهارم انجام داده است. ازجمله این شرکت با همکاری شرکت دنیلی[7] که یک شرکت کارخانه‌ساز ایتالیایی است، در حال ایجاد معیار جدیدی در زمینه فناوری ریخته‌گری و نورد هستند و قصد تبدیل کارخانه سابق شرکت فولاد گالاتین[8] واقع در شهر گنت[9] در ایالت کنتاکی را به یک کارخانه تولید نوار فولادی با کیفیت فوق مدرن دارند. یک چالش اساسی در این زمینه، بهینه‌سازی عملکرد بین سیستم موجود و سیستم جدید همراه با کنترل کیفیت آن است. این امر با استفاده از سیستم اتوماسیون جدید ارائه شده توسط دنیلی با در نظر گرفتن یکپارچه‌سازی صنعت ۴/۰ طراحی خواهد شد.

---

1. Purdue University Northwest
2. Indiana
3. HPC4Mfg (The High Performance Computing for Manufacturing)
4. Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)
5. Blast Furnace (کوره مورد استفاده در تولید آهن خام)
6. ABB Group
7. Danieli Group
8. Gallatin Steel Company
9. Ghent

به‌طور کلی فولادسازان تثبیت‌شده آمریکا مانند نیوکور در حال پذیرش صنعت ۴/۰ هستند و به دیجیتالی کردن ساخت برای کاهش هزینه‌ها و ساده‌سازی رویه‌ها روی آورده‌اند. اما این شرکت در مسیر جستجوی فناوری برای رونق آینده تنها نیست و شرکت بیگ‌ریوراستیل مستقر در ایالت آرکانزاس[1] که کار خود را در سال ۲۰۱۴ آغاز کرد، نیز موردی مثال‌زدنی از ترکیب فناوری‌های نوین و صنعت فولاد است. شعار «ما اساساً شرکتی فناور هستیم که فولاد می‌سازد» به‌طور واضح و شفاف بیانگر مأموریت و چشم‌انداز این شرکت است. در مجموعه تولیدی این شرکت دو مورد از محبوب‌ترین فناوری‌های برافکن در صنعت، یعنی هوش مصنوعی و اینترنت اشیا (که از اجزای اصلی یک کارخانه هوشمند محسوب می‌شوند) کاربردی شده است. مجموعه تولید هوشمند فولاد بیگ‌ریوراستیل، توجه شرکت‌های بزرگ فعال در صنایع معدنی را به‌خود معطوف کرده است. پیش‌تر اشاره شد که مسئولان شرکت بائواستیل چین در بازدید از این مجموعه تحت تأثیر سطح فناوری اعمال‌شده در فرایند تولید قرار گرفتند و رسیدن به استانداردهای این مجموعه را در اولویت‌های راهبردی خود در مسیر دگرگونی دیجیتال قرار دادند. گروه اس‌ام‌اس[2] و یو.اس.استیل، فولادساز بزرگ آمریکایی نیز از این جمله شرکت‌ها هستند. نکته قابل ذکر و مهم دیگر آنکه در ماه اکتبر سال ۲۰۱۹ بیگ‌ریوراستیل توانست ۷۰۰ میلیون دلار از یو.اس.استیل جذب سرمایه کند.

به‌عنوان نمونه دیگر «کارخانه فولاد یادگیرنده»[3] بیگ‌ریوراستیل که نتیجه همکاری این شرکت با شرکت نودل[4] است، اهمیت بسیاری در زمینه انقلاب صنعتی چهارم و صنعت فولاد دارد. این کارخانه عنوان نخستین مرکز تولید هوشمند فولاد را در جهان به‌خود اختصاص داده است. اظهارات مدیران ارشد این دو شرکت نشان می‌دهد که پیوند فناوری هوش مصنوعی به صنعت فولاد، ابعاد فناورانه و اقتصادی گسترده‌ای در صنعت فولاد خواهد داشت. به گفته دیو استیکلر؛[5] مدیرعامل بیگ‌ریوراستیل، الگوریتم‌های هوش مصنوعی به کارخانه این امکان را می‌دهد که به‌طور خودکار در برابر چالش‌های تولید واکنش نشان دهد. وی معتقد است که کاربست این فناوری یک حرکت بزرگ برای تولید در آمریکاست و قدرت واقعی فناوری دیجیتال و تولید با هدایت صنعت ۴/۰ و اینترنت اشیا را در شکل‌دادن به این صنعت نشان می‌دهد. ازسوی دیگر به عقیده استفان پرات؛[6] مدیرعامل شرکت نودل، این کارخانه دارای داده‌های حسگری زیادی است که می‌توانند به پیشرفت‌های موفقیت‌آمیز در زمینه‌هایی مانند برنامه‌ریزی برای نگهداری و تعمیرات، برنامه‌ریزی خط تولید، عملیات لجستیکی و حفاظت از محیط زیست کمک کند.

1. Arkansas
2. SMS Group
3. Learning Steel Mill
4. Noodle. ai.
5. Dave Stickler
6. Stephen Pratt

توضیح آنکه شرکت نودل در زمینه هوش مصنوعی فعال بوده و در سانفرانسیسکو مستقر است.

آنچه مشخص است انقلاب صنعتی چهارم در سطح حاکمیتی و سیاستی آمریکا به‌شدت پیگیری می‌شود و بازتاب گسترده‌ای در سطح حاکمیتی و نهادهای مربوطه دارد. لکن به‌طور خاص و در سطح شرکت‌ها، دو شرکت بیگ‌ریوراستیل و نیوکور، اقدامات پُرشتابی را انتخاب کردند و مشخصاً توسعه فناوری در انقلاب صنعتی چهارم را در صدر اولویت‌های توسعه‌ای خود قرار داده‌اند و همان‌طور که در بخش‌های دیگر این فصل ذکر شد برای صنایع فولادی کشورهای دیگر تبدیل به یک الگوی موفق شده‌اند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این گزارش با شناسایی و بررسی اقدامات کشورهای توسعه‌یافته و شرکت‌های پیشروی فولادی در زمینه انقلاب صنعتی چهارم و تحولات آن، تصویر به‌نسبت روشنی از آینده این صنعت به سیاستگذاران و مدیران ارشد شرکت‌های این عرصه ارائه شده است. کشورها و شرکت‌های مورد بررسی، غالباً از سرآمدان فناوری در جهان و تولیدکنندگان بزرگ صنعت فولاد بوده‌اند. ازجمله کشورهای واجد این شرایط می‌توان به آمریکا، ژاپن، کره جنوبی، اتحادیه اروپا و چین اشاره کرد که در این گزارش اقدامات نهادها و شرکت‌های فولادی آن مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. علاوه‌بر این، کشورهای دیگری نیز به‌سبب اهمیت میزان تولید فولاد در جهان و موقعیت خاص آنها در قیاس با ایران، مورد توجه قرار گرفتند. ازجمله این کشورها می‌توان به هند، ترکیه و روسیه اشاره کرد.

به‌طور خلاصه برآورد و ارزیابی اقدامات نهادی و شرکتی در صنعت فولاد کشورهای مذکور نشان می‌دهد که تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم تا حدود بسیار زیادی درک شده و انعکاس جدی در راهبردها، برنامه‌ها و فعالیت‌های این کشورها و شرکت‌ها دارد. آنچه بیش از پیش مشهود است، انقلاب صنعتی چهارم (بدون در نظر گرفتن عناوینی که در هر کشور به‌خود گرفته) به‌صورت کاملاً فراگیر در سطح نهادهای سیاستگذار پذیرش و تبدیل به اقدامات اجرایی شده و مولد طرح‌های ملی مانند ساخت چین یا هند و تولید پیشرفته و هوشمند شده‌اند. آنچه این نتیجه را با تحولات ایران قابل قیاس می‌کند این است که همچنان انقلاب صنعتی چهارم مفهومی مهجور در سطح نهادهای حاکمیتی و مدیران صنعتی است و اقدامات پراکنده‌ای که گاهاً صورت گرفته، ارتباط معنادار و هدفمند با یک طرح کلان و ملی ندارند، زیرا اساساً چنین طرح و عزمی وجود خارجی و فراگیری در سطح کشور ندارد. از این لحاظ، جدای از فرصت‌سوزی بزرگی که برای توسعه فناوری فولاد در کشور (با اتکا بر فناوری‌های نوین وجود دارد) پیش آمده است، بی‌توجهی به آثار و تبعات این انقلاب صنعتی و اقدامات رقبای کلیدی، چشم‌انداز تهدیدگونه‌ای نیز برای صنعت فولاد کشور در برخواهد داشت.

ازجمله نکات دیگر این گزارش، اهمیت تعاملات بین‌المللی و همکاری با شرکای فناور برای فهم انقلاب

صنعتی چهارم و استفاده از فرصت‌های تحولی آن است. به‌عنوان نمونه می‌توان به اقدامات نهادهای دولتی و شرکت‌های فولادساز در چین و کره و الگوگیری آنها از صنایع فولاد در کشورهای پیشرفته اشاره کرد. تعاملات بین‌المللی با شرکت‌های فناوری و الگوگیری از شرکت‌های پیشرفته، به دلایل متعدد در ایران و صنعت فولاد آن مغفول بوده و عملاً مدیران صنعت را از فرصت بهره‌گیری و الگوبرداری از اقدامات رقبا و کشورهای پیشرو محروم کرده است. ارزیابی‌های دقیقی باید انجام شود تا مشخص گردد که آیا همچنان مدیران ارشد صنعت فولاد و نهادهای حاکمیتی عقیده استواری بر انقلاب صنعتی چهارم و تحولات ناشی از آن دارند یا خیر؟ به‌ویژه از این منظر که شرکت‌های مذکور کارنامه قابل دفاعی از همکاری با شرکت‌های پیشرو و فناور داخلی ندارند.

در موضوع انقلاب صنعتی چهارم، علاوه‌بر اقدامات در سطح شرکت‌های فولادساز دنیا، اقدامات نهادهای حاکمیتی و سیاستگذار نیز چشمگیر و مؤثر است و نوعی شبکه‌سازی، هم‌افزایی و حمایت ملی از این دست فعالیت‌ها مشاهده شده است. نقش دانشگاه‌ها و شرکت‌های فناور در این تعاملات بسیار قابل توجه است. به‌طور خاص ارزیابی وضعیت کشور نشان می‌دهد که تعامل صنعت فولاد و دانشگاه در موضوع مرتبط با انقلاب صنعتی چهارم، به دلایلی که خارج از موضوع این گزارش است، نامناسب و بسیار ناچیز است و عملاً برای استفاده از فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم نه مطالبه‌ای از سمت صنعت فولاد ایران شکل گرفته و نه راهبردی برای همسوسازی نهاد علم و صنعت فولاد در این راستا وجود دارد. در حال حاضر با توجه به ارزان بودن مواد اولیه و انرژی در صنایع فولادی ایران و اداره شدن اکثر بنگاه‌های بزرگ به‌صورت شبه‌دولتی، تمایل و مطالبه‌ای جدی ازسوی فعالان زنجیره فولاد کشور برای ارتقای فناوری به‌منظور افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های تولید ایجاد نشده است.

به‌طور خلاصه آنچه مشخص است بسیاری از کشورهای پیشرو در صنعت فولاد و شرکت‌های بزرگ به دنبال استفاده از فرصت‌های تحولی انقلاب صنعتی چهارم و مشخصاً ابزارهای دیجیتال در تولید فولاد هستند و حتی برخی شرکت‌ها پیاده‌سازی این ابزار را شروع کرده‌اند. غفلت از این فناوری‌ها می‌تواند عواقب نگران‌کننده‌ای برای صنعت فولاد کشور در پی داشته باشد و علاوه‌بر یک فرصت‌سوزی تاریخی، نقطه آغازی برای شروع یک تهدید مستمر و فزاینده باشد.

منابع و مآخذ

1. The Fourth Industrial Revolution: The Winds of Change Are Blowing in the Steel Industry. *posco.com.* [Online] POSCO, 2016. (https://newsroom.posco.com/en/fourth-industrial-revolution-winds-change-blowing-steel-industry/).
2. Tidhar, Eli, Siegman, Jeremy and Paikowsky, Dan. Toward the next horizon of Industry 4.0. *Deloitte.* [Online] 2018. (https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0/building-capabilities-through-collaborations-startups.html).
3. Cotteleer, Mark and Sniderman, Brenna. *Forces of change: Industry 4.0.* s.l.: Deloitte, 2017.
4. Cho, Yong-doo. *The 4th Industrial Revolution and Its Impact on the Future Steel Industry and Steel Demand.* s.l.: POSCO, 2017.
5. *The digital transformation of steel production.* Herzog, Kurt, et al. s.l.: Primetals Technologies, 2018.
6. Levin, Saul, *World Economic Forum and the Fourth Industrial Revolution in South Africa.* s.l.: Trade & Industrial Policy Strategies, 2018.
7. *Germany: Industrie 4.0.* Digital Transformation Monitor, European Commission. s.l.: European Commission Digital Transformation Monitor, 2017.
8. *Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing.* s.l.: National Science and Technology Council, 2018.
9. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Revisiting the Manufacturing USA Institutes: Proceedings of a Workshop. Washington, DC: The National Academies, 2019.
10. *New Robot Strategy.* s.l.: The Headquarters for Japan's Economic Revitalization, 2015.
11. *Made in China 2025.* s.l.: Institute for Security & Development Policy (ISDP), 2018.
12. Suk-yee, Jung. Innovation in Manufacturing 3.0 Strategy Needs Better Focus with Clearer Direction. .*businesskorea.* [Online] 2015. http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=13060.
13. Son, Jessica. Korea - Manufacturing Technology - Smart Factory. *https://www.export.gov.* [Online] 2019. https://www.export.gov/article?id=Korea-Manufacturing-Technology-Smart-Factory.
14. Puittinen, Mikael. 10 Examples Of Ai In Manufacturing To Inspire Your Smart FactorY. *Nordcloud.* [Online] 2018. https://nordcloud.com/10-examples-of-ai-in-manufacturing-to-inspire-your-smart-factory/.
15. Parrot, A. and Warshaw, L. *Industry 4.0 and the digital twin manufacturing meets its match.* s.l.: Deloitte, 2017.
16. Kaul, Abhishek. Internet of Things Application for Metals, Mining and Industrial Product Industries. *IBM.* [Online] 2015. https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/manufacturing/internet-of things/.
17. *Virtual and Augmented Reality in Engineering.* SMSGroup. s.l.: SMS Group, 2018.
18. *What Can Augmented Reality Do for Manufacturing?* Wright, Ian. s.l.: engineering.com, 2017.

19. Manyika, James and Lund, Susan. *Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages.* s.l.: McKinsey Global Institute, 2017.
20. Khurram, Hamid. The New Superpowers of the 4th Industrial Revolution. *Medium.* [Online] 2016. https://medium.com/@khurramhamid/the-6-horseman-of-the-fourth-industrial-revolution-77ef6ef0c7d.
21. Dedezade, Esat. Europe's steel sector steals the show with AI. *Microsoft news.* [Online] 2019. https://news.microsoft.com/europe/features/europes-steel-sector-steals-the-show-with-ai/.
22. Schrauf, Stefan and Berttram, Philipp. *Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused.* s.l.: PwC, 2016.
23. Cecere, Lora. Embracing the Digital Supply Chain. *Supply Chain Insights.* [Online] 2016. (http://www.supplychainshaman.com/demand/demanddriven/embracing-the-digital-supply-chain/).
24. Rio Tinto, TAFE and the WA State Government join forces for mining jobs of the future. *Rio Tinto.* [Online] http://www.riotinto.com/media/media-releases-237_23413.aspx.
25. Zhou, Yvonne and Hu, Lisa. The digital revolution will transform the steel industry. [Online] Jun 25, 2019. https://www.weforum.org/agenda/2019/06/the-digital-revolution-will-transform-steel-and-metals-companies/.
26. How Smart Factories are changing the Manufacturing Industry. *newsroom.posco.com.* [Online] posco, 2017. https://newsroom.posco.com/en/how-smart-factories-are-redefining-the-manufacturing-industry/.
27. Iron Age 2.0: The Fourth Industrial Revolution and the Steel Industry. *posco.com.* [Online] POSCO. https://newsroom.posco.com/en/iron-age-2-0-fourth-industrial-revolution-steel-industry/.
28. Diaz, Sonia and Pinkham, Myra. Industry 4.0: The digitalisation of manufacturing. *Steel Consortium.* [Online] 2017. https://steelconsortium.org/industry-4-0-the-digitalisation-of-manufacturing/.
29. Neef, Christoph, Hirzel, Simon and Arens, Marlene. *Industry 4.0 in the European Iron and Steel Industry: Towards an Overview of Implementations and Perspectives.* s.l.: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, 2018.
30. *Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0.* Hecklaua, Fabian, et al. s.l.: Procedia CIRP, 2016, Vol. 54, pp. 1-6.
31. Gartner. Future-Proof Your Talent Strategy. *Gartner.* [Online] 2018. https://www.gartner.com/en/human-resources/research/talentneuron/future-proof-your-talent strategyutm_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 4.0 in Steel: Status, Strategy, Roadmap and Capabilities.* Naujok, Nils and Stamm, Holger. s.l.: PWC, 2017.
33. Vue, Cheng. Wireless for High Temperature Electric Arc Furnace Control. *Emerson Automation Experts.* [Online] 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.* [Online] 2019. https://usa.arcelormittal.com/news-and-media/our-stories/2019/april/04-12-2019.
35. Lichtenstein, John E. Stainless steel: Where do we go from here? *Accenture.* [Online] 2015. https://www.accenture.com/us-en/blogs/blogs-stainless-steel-where-do-we-go-from-here.
36. Wellener, Paul. *2019 industrial manufacturing industry outlook.* s.l.: Deloitte.
37. Rizwan, Janjua. *Digitalization - Steel Industry.* s.l.: OECD Steel Committee, 2017.
38. Dongyong, Choi. *Future Megatrends and the Steel Industry.* s.l.: POSCO Research Institute, 2017.
39. *Smart Factory Leads Industry in the 21st Century.* s.l.: POSCO reports, POSCO.
40. Fairclough, Daniel and Fortuna, Lisa. *Arcelormittal Outlook 2019.* s.l.: 2019 Global Metals & Mining Conference, 2019.
41. Sedov, Andrey. *Overview of the Steel and Iron Ore Market.* s.l.: Deloitte, 2018.
42. Oleksandr, Movshuk. *China's Steel Industry: Recent Reform Initiatives and their Impact on Enterprise Performance.* s.l.: The International Centre for the Study of East Asian Development, 2003.
43. *World Crude Steel Production - Summary.* s.l.: World Steel Association, 2019.
44. *Indirect Trade in Steel.* s.l.: World Steel Association, 2015.
45. Gerard, Burg. *Reorganising China's steel industry faces competing forces – economic and social.* s.l.: World Steel Association, 2014.
46. Global Forum on Steel Excess Capacity must "Finish the job it has started", says EUROFER [Online] 2019.
http://www.eurofer.be/News&Events/Press%20releases/Press%20Release%20%20Global%20Forum%20on%20Steel%20Exc.fhtml.
47. China's 150 Million Tons of Steel Cuts Seen Too Small, Too Slow. *Bloomberg News.* [Online] 2016. https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-02-05/china-s-150-million-tons-of-steel-cuts-seen-too-small-too-slow.
48. Top steel-producing companies 2018. *World Steel Association.* [Online] 2019. https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/top-producers.html.
49. Industry 4.0 hits steel manufacturing to meet upgrade opportunities. *Economic Information Daily.* [Online] 2015. http://www.fdi.gov.cn/1800000121_21_77349_0_7.html.
50. Kwag, Changho. *Industry 4.0 and the Asian Steel Industry.* s.l.: Posco Research Institute, 2016.
51. Koleski, Katherine. *The 13th Five-Year Plan.* s.l.: US-China Economic and Security Review Commission, 2017.
52. Ecological China Innovation Center. [Online] 2018. https://tsinghua-hx.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=31&id=178.
53. In order to reduce labour intensity of casting workers and improve the intrinsic safety level, Baosteel as a global pioneer: four robots are "dancing" on one caster. *Baosteel.* [Online] 2018. http://bg.baosteel.com/en/contents/3671/114824.html.
54. Brief Introduction. [Online] http://english.sari.cas.cn/au/bf/.
55. Baowu Group goes to carbon data center to launch low carbon day activities. *http://www.sari.cas.cn.* [Online] 2017.

http://www.sari.cas.cn/xwzx/ttxw/201706/t20170614_4812568.html.
56. Bosch Rexroth opens China's first Industry 4.0 Innovation Center in Chengdu. *METEC.* [Online] 2017.
https://www.metec tradefair.com/en/News/Archive_Business_News/Bosch_Rexroth_opens_China_s_first_Industry_4.0_Innovation_Center_in_Chengdu.
57. *Baike.* [Online] 5 24, 2016.
https://baike.baidu.com/item/%E9%92%A2%E9%93%81%E5%85%B1%E6%80%A7%E6%8A%80%E6%9C%AF%E5%8D%8F%E5%90%8C%E5%88%9B%E6%96%B0%E4%B8%AD%E5%BF%83.
58. Ying, Wang. Baowu Steel sets up intelligent lab. *China Daily.* [Online] 2018. http://www.chinadaily.com.cn/a/201811/02/WS5bdbb12ca310eff303286211.html.
59. Brown, Solly. *The analytics academy: Bridging the gap between human and artificial intelligence.* s.l.: McKinsey Global Institute, 2019.
60. Steel Synergy Technology Collaborative Innovation Center signed a cooperation agreement with Siemens. *Collaborative innovation center of steel technology.* [Online] 11 2, 2016.
http://cicst.ustb.edu.cn/guanyuwomen/xinwenkuaixun/2016-11-02/177.html.
61. How to make intelligent transformation of the five steel enterprises in the smart manufacturing of steel. *Amdaily.* [Online] 01 03, 2018.
http://www.amdaily.com/Policy/Manufacturing/10871.html.
62. *Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0.* Özgür, Önday. 2019.
63. Junko, Nirmala. Japan Embracing Industry 4.0 And IoT To Leap Into Next Industrial Automation. *Manufacturing Tomorrow.* [Online] 2016. https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2016/02/japan-embracing-industry-40-and-iot-to-leap-into-next-industrial-automation/7581/.
64. *NIMS and Three Steel Companies to Develop a Framework for Open Innovation.* Takahito, Ohmura. s.l.: National Institute for Materials Science (NIMS), 2017.
65. *NSSMC Announces Mid-Term Management Plan.* s.l.: NSSMC, 2018.
66. JFE Steel adopts IBM Cloud to Build an Agile IT Infrastructure. *IBM.* [Online] 2016. https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/50545.wss.
67. Wells, Peter. Industrial IoT providers see opportunity in Japan scandals. *Financial Times.* [Online] 2017. https://www.ft.com/content/da1b0de4-d8b0-11e7-a039-c64b1c09b482.
68. Kobe Steel and FANUC Jointly Develop Robot to Join Dissimilar Metals. *Light Metal Age.* [Online] 2018. https://www.lightmetalage.com/news/industry-news/joining-fabrication/kobe-steel-and-fanuc-jointly-develop-robot-to-join-dissimilar-metals/.
69. Posco ready to lead smart manufacturing drive, says CEO. *Pulse news.* [Online] 3 7, 2017. https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2017&no=156545.
70. POSCO Named ‘Lighthouse Factory’ by World Economic Forum. *Posco.* [Online] 7 4, 2019. https://newsroom.posco.com/en/posco-named-lighthouse-factory-by-world-economic-forum/.
71. POSCO enhances its Free Education on AI, Big Data, and loT in Line with the Vision, “With POSCO”. *Posco.* [Online] 7 9, 2018.
https://newsroom.posco.com/en/posco-enhances-its-free-education-on-ai-big-data-

and-lot-with-posco/.
72. Indian Steel Industry Analysis. *ibef.org.* [Online] 9 2019. https://www.ibef.org/industry/steel-presentation.
73. Time to embrace IIoT for Smart Manufacturing in India. *Express computer.* [Online] 7 25, 2018. https://www.expresscomputer.in/news/time-to-embrace-iiot-for-smart-manufacturing-in-india/24302/.
74. Ghosal, Sutanuka. Industry 4.0: Making India smart and intelligent manufacturing hub. *Economic times.* [Online] 8 8, 2019.
https://economictimes.indiatimes.com/news/economy/policy/industry-4-0-making-india-smart-and-intelligent-manufacturing-hub/articleshow/70585241.cms?from=mdr.
75. Government Initiatives in Steel Sector. *srtmi.com.* [Online] 2018. https://www.srtmi.com/index.php/site/governmentinitiatives.
76. Iron & Steel Industry in India. *ibef.org.* [Online] 2019. https://www.ibef.org/industry/steel.aspx.
77. Smart Manufacturing – India rises to the challenges of the industrial revolution. *Business France.* [Online] 4 28, 2019. https://www.youbuyfrance.com/in/Posts-14965-smart-manufacturing-india-rises-to-the-challenges-of-the-industrial-revolution.
78. Jha, Brajesh. Dharmendra Pradhan Bats for Increasing Steel Consumption, Strategic Roadmap for Industry 4.0. *Ten news.* [Online] 8 21, 2019. https://tennews.in/dharmendra-pradhan-bats-for-increasing-steel-consumption-strategic-roadmap-for-industry-4-0/.
79. Tata Steel & JSW Steel Adopting Industry 4.0. *Steelguru.* [Online] 8 5, 2019. https://steelguru.com/steel/tata-steel-jsw-steel-adopting-industry-4-0/545564.
80. Top 10 largest Steel Producing Countries in the World. *Steel-technology.com.* [Online] 2019. https://www.steel-technology.com/articles/top-largest-steel-producing-countries-in-the-world.
81. Russia plans to get ahead of competitors due to Industry 4.0. *Independent newspaper.* [Online] 3 15, 2018. http://www.ng.ru/economics/2018-03-15/100_industry150318.html.
82. Technology platform Materials and technologies of metallurgy. *Mtmtp.* [Online] http://mtmtp.ru/.
83. NLMK and SAP to develop 'Co-innovation lab'. *Steel times international.* [Online] 3 2, 2017. https://www.steeltimesint.com/news/view/nlmk-and-sap-to-develop-co-innovation-lab.
84. NLMK Group introduces SAP S/4HANA for Industry 4.0 solutions, first in the CIS. *Nlmk.* [Online] 1 11, 2018. https://lipetsk.nlmk.com/en/media-center/press-releases/nlmk-group-introduces-sap-s-4hana-for-industry-4-0-solutions-first-in-the-cis/.
85. Russian steelmaker embraces Industry 4.0. *Steel times international.* [Online] 7 11, 2018. https://www.steeltimesint.com/news/view/russian-steelmaker-embraces-industry-4.0.
86. MMK continues the 'robotisation of business processes'. *Steel times international.* [Online] 9 19, 2019.
https://www.steeltimesint.com/news/view/mmk-continues-the-robotisation-of-business-processes.
87. Severstal: How data is transforming the steel industry. *bernardmarr.com.*

[Online] 9 2017. https://www.bernardmarr.com/default.asp?contentID=1279.
88. Russia Major Steel Producers getting ready to maximize their profit! *n-side.com.* [Online] https://www.n-side.com/operations-scoop-russia-steel-ready-maximize-profit/.
89. Digital Revolution: SUSU and Magnitogorsk Iron & Steel Works Implement "Smart Technologies" into Production. *South Ural State University.* [Online] 10 26, 2019. https://www.susu.ru/en/news/2019/10/26/digital-revolution-and-magnitogorsk-iron-steel-works-implement-smart-technologies.
90. Sharafutdinova, Azaliya. SUSU Presented Its Practices in Staff Training for a Digital Industry to Russian Metallurgical Enterprises. *South Ural State University.* [Online] 10 31, 2019. https://www.susu.ru/en/news/2019/10/31/presented-its-practices-staff-training-digital-industry-russian-metallurgical.
91. Turkey's Steel Export By Region. *cib.org.* [Online] 2018. http://www.cib.org.tr/en/default.html.
92. *The Advent Of Turkey's InduSTRY 4.0.* Özlü, Faruk. 2, s.l.: Turkish Policy Quarterly, 2017, Vol. 16.
93. Ünlü, Ece. Digital Transformation. *EY.* [Online] 2017. https://www.ey.com/tr/tr/services/tax/ey-tesvik-digital-transformation.
94. Turkey - Advanced Manufacturing. *export.gov.* [Online] 2019. https://www.export.gov/article?id=Turkey-Advanced-Manufacturing.
95. Tuba, Sahin. Turkey to establish digital transformation centers. *aa.com.tr.* [Online] 2018.
96. A strategic investment move from OYAK Mining Metallurgy Group. *Erdemir.com.* [Online] 2019. https://www.erdemir.com.tr/corporate/media/press-releases/a-strategic-investment-move-from-oyak-mining-metallurgy-group/.
97. Tekiner Şirin, Öznur. Leading Turkish Steel Producer Selects Ifs Applications To Drive Digital TransformatION. *ifsworld.com.* [Online] 2018.
https://www.ifsworld.com/ca/news-and-events/newsroom/2018/03/13/leading-turkish-steel-producer-selects-ifs-applications-to-drive-digital-transformation/.
98. Made in America: The Past, Present, and Future of the American Steel Industry. *Boyd Metals.* [Online] 10 17, 2018. https://blog.boydmetals.com/made-in-america-the-past-present-and-future-of-the-american-steel-industry.
99. Iron and Steel Statistics and Information. *Science for a changing world.* [Online] https://www.usgs.gov/centers/nmic/iron-and-steel-statistics-and-information?qt science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con.
100. Made in America: U.S. Manufacturing Thrives on Innovation. *Netsuiteblogs.* [Online] 8 4, 2015. https://www.netsuiteblogs.com/made-in-america-us-manufacturing-thrives-on-innovation.
101. Innovation is Alive and Well in the Steel Industry via Continuous Casting. *MetalMiner.* [Online] 3 15, 2017.
https://agmetalminer.com/2017/03/15/innovation-is-alive-and-well-in-the-steel-industry-via-continuous-casting/.
102. Nucor Revolutionizes the Steel Industry. *Digital initiative.* [Online] 12 9,

2015. https://digital.hbs.edu/platform-rctom/submission/nucor-revolutionizes-the-steel-industry/.
103. How the US plans to replace China as the world's largest manufacturer. *Pr newswire.* [Online] 6 12, 2018. https://www.prnewswire.com/news-releases/how-the-us-plans-to-replace-china-as-the-worlds-largest-manufacturer-300664827.html.
104. Innovating in Foundational Industries: Steel. *energy.gov.* [Online] 11 21, 2016. https://www.energy.gov/eere/amo/articles/innovating-foundational-industries-steel.
105. Breaker Boosts Steel-Making Capabilities. *Efficientplant.* [Online] 4 25, 2019. https://www.efficientplantmag.com/2019/04/breaker-boosts-steel-making-capabilities/.
106. Moggridge, Matthew. Nucor and Danieli reconfigure former Gallatin Steel Company rolling mill. *Steel Times International.* [Online] 11 19, 2018. https://www.steeltimesint.com/news/view/nucor-and-danieli-reconfigure-former-gallatin-steel-company-rolling-mill.
107. Noodle.ai and SMS Group Partner to Advance the Learning Mill for Big River Steel. *Aithority.* [Online] 6 19, 2019. https://www.aithority.com/saas/noodle-ai-and-sms-group-partner-to-advance-the-learning-mill-for-big-river-steel/.
108. Big River Steel Attracts $700M Investment from U. S. Steel. *PR Newswire.* [Online] 2019. https://www.prnewswire.com/news-releases/big-river-steel-attracts-700m-investment-from-u-s-steel-300928601.html.
109. U.S. Steel: Arkansas Manufacturer Making First Smart Steel Mill. *Manufacturing Talk Radio.* [Online] 3 21, 2017. https://mfgtalkradio.com/u-s-steel-arkansas-manufacturer-making-first-smart-steel-mill/.
110. Bigriversteel. *AI.* [Online] https://bigriversteel.com/innovation/ai.
111. Kuepper, Daniel. Embracing Industry 4.0 and Rediscovering Growth. *bcg.com.* [Online] BCG. https://www.bcg.com/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx.
112. Schwab, Klaus. The 4th Industrial Revolution: What It Means, How to Respond. *General Electric.* [Online] 2016. https://www.ge.com/reports/the-4th-industrial-revolution-what-it-means-how-to-respond/.
113. Cimini, Chiara, Pezzotta, Giuditta and Pinto, Roberto. Industry 4.0 Technologies Impacts in the Manufacturing and Supply Chain Landscape: An Overview. 2019.
114. Roy, Clementine. Industry 4.0: The Role of Humans in Applying New Technologies. *BRIDGR.* [Online] 2018. https://insights.bridgr.co/industry-4-0-the-role-of-humans-in-applying-new-technologies/.
115. World Steel. *Global crude steel output increases by 4.6% in 2018.* s.l.: World Steel, 2019.
116. How technology is disrupting the metal fabrication. *born2invest.* [Online] Agust 15, 2018. https://born2invest.com/articles/technology-disrupting-metal-fabrication-industry/.
117. Mitchell, Paul. How steelmakers are responding to volatile times. *EY.* [Online] 2019. https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/how-steelmakers-are-responding-to-volatile-times.
118. Manyika, James, Chui, Michael and Bughin, Jacques. *Disruptive technologies:*

Advances that will transform life, business, and the global economy. s.l.: McKinsey Global Institute, 2013.
119. Gariba, Shirish and Pillai, Radhakrishna. *Deconstructing disruption: Impact of future technologies.* s.l.: EY, 2018.
120. Dupont, Joey. *Gartner's Top 10 Strategic Technology Trends for 2018.* s.l.: Gartner, 2018.
121. *Application of Industry 4.0 concepts at steel production from an applied research perspective.* Peters, H. s.l.: 17th IFAC Symposium on Control, Optimization, and Automation in Mining, Mineral and Metal Processing, 2016.

مرکز پژوهش‌ها
مجلس شورای اسلامی

شناسنامه گزارش	شماره مسلسل: ۱۷۰۰۵

عنوان گزارش: آینده صنعت فولاد ۲. بررسی اقدامات شرکت‌های کلیدی و پیشرو جهانی در صنعت فولاد در حوزه توسعه فناوری و نوآوری

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

مدیر مطالعه: بابک بهادری

تهیه و تدوین: مسعود عسکری

همکاران: هومن فرزامی، طیبه صالحی، میلاد سلیمانی خلجی، محمد صادق رمضانی، فریبا واعظ قاسمی

اظهارنظرکنندگان: پریسا علیزاده، حسن پوراسماعیل

ناظران علمی: حسین افشین، علی‌اصغر اژدری

ویراستار تخصصی: ــــــــ

ویراستار ادبی: ــــــــ

واژه‌های کلیدی:

۱. فولاد

۲. فناوری و نوآوری

۳. انقلاب صنعتی چهارم

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۲/۶