



کاربردهای فناوری‌های برافکن در صنعت فولاد با تمرکز بر سه فناوری هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و چاپ سه‌بعدی

گزارش خلاصه مدیریتی

شماره قرارداد: ۳۷۴۱۱

مجری: مرکز هوشمندی و رصدخانه فناوری و نوآوری صنایع معدنی

اسفند ۱۳۹۹

شناسنامه پروژه

عنوان پروژه: کاربردهای فناوری‌های برافکن در صنعت فولاد با تمرکز بر سه فناوری هوش مصنوعی،

اینترنت اشیاء و چاپ ۳-بعدی

گزارش ارسالی: خلاصه مدیریتی

کارفرما: سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)

مجری: مرکز هوشمندی و رصدخانه فناوری و نوآوری صنایع معدنی (دکتر مسعود عسکری)

مدیر پروژه: هومن فرزنامی

همکاران: طیبه صالحی، میلاد سلیمانی خلجی، محمد صادق رضانی، فریبا واعظ قاسمی، شیما

طاهر، مریم متقی.

خلاصه مدیریتی

در عصر انقلاب صنعتی چهارم، رصد وضعیت برافکن بودن و تحول آفرینی فناوری‌های نوین، در صنایع مختلف اهمیت بسزایی دارد. از یک منظر فناوری‌های نوین می‌توانند منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه در صنایع شوند و از جهت دیگر می‌توانند منتج به خلق مدل‌های کسب‌وکار جدید یا حتی برافکندن روش‌ها و شیوه‌های مرسوم تولید شوند. به عنوان نمونه بازاریابی، افزایش کیفیت و پیش‌بینی با استفاده هوش مصنوعی، مدیریت ایمنی و ماشین‌آلات با استفاده از اینترنت اشیا و موارد متعدد دیگر، می‌تواند در صنعت فولاد منجر به افزایش بهره‌وری و درعین حال کاهش هزینه‌ها شود. همچنین چاپ سه‌بعدی می‌تواند کسب‌وکارهای پررونقی را در حوزه پودرهای فلزی برای این صنعت به ارمغان آورد. اما همین فناوری‌ها می‌توانند برافکن شیوه‌های تولید قدیمی باشند. به عنوان نمونه، چاپ سه‌بعدی می‌تواند در پایین دست صنعت فولاد انقلابی ایجاد کند و منجر به تضعیف بازار نورد گرم، سرد، خمش و صنعت قطعه‌سازی شود.

به‌طور کلی گزارش‌های رصد فناوری با اهداف متعددی تهیه می‌شوند. در واقع این گزارش‌ها، حلقه اول نفوذدهی فناوری در صنعت محسوب می‌شوند. بدین معنا که در مراحل بعدی و به استناد این گزارش‌ها برنامه‌ریزی برای توسعه محصول متناسب با سطح آمادگی فناورانه، انجام می‌شود. مهم‌ترین قابلیت گزارش‌های هوشمندی و رصد فناوری، کاهش هزینه تصمیم‌گیری در سطح مدیریت و کارشناسی صنعت است. بدین معنا که در صنعت فولاد، با استناد به مصادیق، اقتصاد و کاربردهای احصاء شده این فناوری‌ها، شرکت‌ها با هزینه تصمیم‌گیری کمتری می‌توانند به این فناوری‌ها ورود پیدا کنند. همچنین این گزارش‌ها، پایه‌ای برای دیده‌بانی مستمر هستند، بدین معنا که بدنه کارشناسی صنعت فولاد، با استفاده از این گزارش‌ها (به‌ویژه بخش منبع‌شناسی) می‌توانند پایش‌های بعدی را با توان داخلی شرکت انجام دهند. علاوه‌براین، گزارش‌های هوشمندی فناوری، دانش و آگاهی بینارشته‌ای برای صنعت فولاد فراهم می‌کند و تضمین می‌کند که نگاه همه‌جانبه‌ای به فناوری نوین صورت پذیرد.

الف) هوش مصنوعی

سرعت به کارگیری و نفوذ هوش مصنوعی در صنایع مختلف و همچنین چشم‌انداز اقتصادی آن بسیار چشمگیر است به گونه‌ای که طبق برآوردها ۷۰ درصد شرکت‌ها تا سال ۲۰۳۰ می‌توانند با فناوری هوش مصنوعی انطباق پیدا کنند که ۳۳ درصد بیشتر از سال ۲۰۱۷ است و تا سال ۲۰۳۰ نیز، ۳۵ درصد از شرکت‌ها به‌طور کامل از این فناوری بهره خواهند برد. پیشران‌هایی چون پیشرفت الگوریتم‌های هوش مصنوعی، افزایش توان رایانش ماشین‌ها، افزایش تولید داده و رایانش ابری به این روند، شتاب می‌بخشد. بنابراین، فناوری هوش مصنوعی که قرار است به خوبی احساس کند، با الگوهایش بفهمد، واکنش نشان بدهد و از نتایج نسبت به واکنش یاد بگیرد، در چشم‌انداز کوتاه‌مدت می‌تواند به تواتمندی و یا حتی بهتر از یک انسان یک فعالیت خاص را انجام دهد (داده‌های تجهیزات یا فرآیند را دقیق‌تر و بهینه‌تر تنظیم کند) و در چشم‌انداز میان‌مدت؛ کل وظایف یک انسان را بهتر از او انجام دهد (در ترکیب با رباتیک؛ یک انسان برتر باشد) و در چشم‌انداز بلندمدت و در یک تجسم جاه‌طلبانه، از جمع تلاش کل انسان‌ها بهتر عمل کند.

اگر صرفاً نتایج کنونی فناوری هوش مصنوعی در نظر گرفته شود، طبق گزارش مؤسسه پی‌دبلیوسی در سال ۲۰۱۸، هوش مصنوعی ۲ تریلیون دلار به تولید ناخالص داخلی جهانی اضافه کرده است که این مقدار تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۱۵/۷ تریلیون دلار خواهد رسید. در همین راستا، ادعا شده که این فناوری به بزرگ‌ترین فرصت تجاری در اقتصاد پرتلاطم امروز تبدیل شده است. همچنین افزایش بهره‌وری نیروی کار، بالا رفتن میزان کیفیت، شخصی‌سازی و کاهش زمان چهار عامل مؤثر در این ارزش‌افزایی است. در این میان نقش «بهره‌وری نیروی کار» برجسته‌تر بوده و بهبود این شاخص در بازه زمانی سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ سبب افزایش ۵۵ درصدی تولید ناخالص داخلی ناشی از هوش مصنوعی خواهد شد.

در صنعت فولاد انتظار می‌رود بعد تکاملی فرآیند هوش مصنوعی در کوتاه و میان‌مدت چشم‌گیرتر باشد و این فناوری در کل زنجیره ارزش صنعت فولاد نقش آفرینی کند. ارزیابی‌های این گزارش نشان می‌دهد که به‌طور کلی فناوری هوش مصنوعی می‌تواند در حوزه تحلیل حجم عظیم داده، پیش‌بینی،

تعامل انسان- ماشین، تشخیص گفتار و تصویر، کاربردی باشد. به‌طورخاص در صنعت فولاد، کاربرهایی چون «بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک»، «نظارت هوشمند بر عملیات»، «بهبود فرآیندهای تولید»، «بهبود کیفیت محصول نهایی»، «نگهداری و تعمیرات پیشگویانه»، «بهبود شاخص‌های ایمنی»، «صرفه‌جویی در انرژی» و «توسعه مواد و محصولات جدید» برجسته است. عطف به بررسی‌های این گزارش و مصادیق متعدد ذکر شده در آن، شرکت‌های متعدد و برتر فولادساز جهان نظیر آرسلورمیتال، بائواستیل، پوسکو و نیپون استیل این کاربردها را در بنگاه‌های خود به‌کار گرفته و نتایج حاصل را نیز بازتاب داده‌اند. اکوسیستم استارت‌آپی نیز، در همکاری با این شرکت‌های بزرگ، راهکارهای مبتنی بر هوش مصنوعی را در بخش‌های مختلف صنعت فولاد (اعم از فرآیند یا غیر آن) توسعه داده‌اند. در جدول ذیل، مصادیق کاربری هوش مصنوعی در شرکت‌های تراز فولادساز و شرکای همکار آن‌ها ذکر شده است.

جدول ۱: مصادیق کاربری هوش مصنوعی در شرکت‌های تراز فولادساز

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱	آرسلورمیتال	-	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: این شرکت از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی زمان بهینه جهت سرویس تجهیزات، از کلان‌داده و تحلیل پیشرفته برای درک بهتر بازار فولاد و کمک به روند مذاکره قیمت مواد اولیه و از الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی برای بهینه‌کردن خرید قراضه در سرتاسر زنجیره تأمین استفاده می‌کند
		-	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی زمان بهینه جهت سرویس تجهیزات.
		+ آلگوما	بهبود فرآیندهای تولید + توسعه مواد و محصولات جدید	شرح: تلاش برای همکاری با پژوهشگران دانشگاهی و استارت‌آپ‌های مبتکر جهت خودکارسازی با استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین. دستاورد: بهینه‌سازی فرآیند متالورژی پاتیل (متالورژی ثانویه) توسط آرسلورمیتال و خودکارسازی توسعه محصول توسط آلگوما؛ به‌منظور خودکارسازی فرآیندهای متالورژی ثانویه می‌توان با استفاده از حسگرهای دیجیتال به‌طور پیوسته دمای دقیق و ترکیب صحیح را برای افزودن ماده مذکور مشخص کرد. در صورت توفیق این پروژه، دیگر تکنسین‌های آرسلورمیتال در معرض سطح خطرناک فولاد مذاب جهت برداشتن ناخالصی‌ها و اضافه‌کردن مواد شیمیایی و آلیاژی نخواهند بود. همچنین شرکت آلگوما استیل در نظر دارد تا در آینده نزدیک از مدل‌های الگوریتمی

شرح و دستاورد	حوزه کاربردی	شرکت یا سازمان همکار	شرکت یا سازمان	ردیف
<p>خودیادگیرنده (فناوری هوش مصنوعی) به منظور ارزیابی چندین متغیر در آن واحد استفاده کند و امید می رود زمان توسعه محصول با استفاده از این فناوری به ۱۵ روز تا ۳ ماه برسد.</p>				
<p>شرح: دو پروژه یادگیری ماشین در خط اسیدشویی و نورد سرد؛ به منظور انجام پیوسته فرآیند اسیدشویی و نورد، ورق های فولاد به هم جوش داده می شوند و جوش کم کیفیت موجب قطع شدن فرآیند شده و از کارافتادگی خط را در پی خواهد داشت. یکی از پروژه های این شرکت در حوزه هوش مصنوعی به بررسی کیفیت جوش اختصاص دارد. بایستی توجه نمود که بازرسی دستی کیفیت جوش بهره وری را کم می کند و به همین جهت در این واحد تلاش برای توسعه عملیاتی با بهره گیری از یادگیری ماشین برای بررسی کیفیت آبی جوش در جریان است. پروژه دیگر هوش مصنوعی شرکت یادشده، مربوط به محاسبه نیروی مورد نیاز برای نورد سرد ورق های فولادی است. با توجه به اینکه محاسبه نیروی مورد نیاز، پیش از ورود ورق به غلتک نورد (برای نورد نوع جدیدی از محصول) دشوار است، لذا تا زمانی که کنترلر نیرو را پایدار کند بخشی از محصول جدید از مشخصات مدنظر فاصله می گیرد و هدر می رود. برای فائق آمدن بر این چالش، الگوریتم یادگیری ماشین در حال توسعه است.</p>	بهبود فرآیندهای تولید	-		
<p>شرح: بهره گیری از هوش مصنوعی و به کارگیری موازی محاسبات رایانه ای در زمان بندی خط تولید، همچنین با استفاده از یادگیری عمیق برای سیستم های بازرسی.</p> <p>دستاورد: دستیابی به «تولید بهینه و با قابلیت تغییر» و همچنین کاهش قابل توجه هزینه ها و نیروی انسانی مورد نیاز برای سیستم های خودکار بازرسی سطح.</p>	بهبود فرآیندهای تولید	-		
<p>شرح: توسعه رویکردی جدید برای تحلیل و حل چالش های مربوط به زمان بندی تولید با کاربست مدل های ریاضی و هوش مصنوعی.</p> <p>دستاورد: کاربست هوش مصنوعی فرآیندها موجب شده تا فعالیت ها دقیق تر انجام شود و چالش های زمان بندی تولید به حداقل برسد.</p>	بهبود فرآیندهای تولید	-		
<p>شرح: استفاده از هوش مصنوعی به منظور کنترل کیفیت محصولات به نام «اسمارت استیل تکنولوژی»؛ از مارس ۲۰۲۰ در واحد برمن در شهر برلین. محققین این واحد در تلاش اند تا سیستم های نرم افزاری مبتنی بر هوش مصنوعی را جهت بهینه کردن فرآیند ریخته گری و بازرسی سطح توسعه دهند.</p> <p>دستاورد: این سیستم ها با هدف کاهش تولیدات غیر قابل استفاده (به جهت نقص های سطحی آن ها) اجرا شده است و برآورد می شود محاسبات مربوط به این بخش را بهینه خواهد کرد.</p>	بهبود کیفیت محصول نهایی	-		

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
		وزارت انرژی آمریکا	توسعه مواد و محصولات جدید	شرح: اعطای دو کمک‌هزینه پژوهشی به میزان ۳/۳ میلیون دلار به بخش تحقیق و توسعه شرکت آرسلورمیتال در شیکاگو توسط وزارت انرژی آمریکا در ماه آگوست سال ۲۰۲۰؛ این کمک فدرالی در قالب طرح «رایانش با عملکرد بالا برای تولید» و برای اجرای ۱۱ پروژه حوزه توسعه مواد به این شرکت اعطاء شده است.
		+ پرایمتالز تکنولوژی	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: همکاری برای دیجیتالی کردن واحد نورد گرم خود در ژانجیانگ. دستاورد: به موجب قراردادی که در مارس ۲۰۱۹ امضاء شده، پرایمتالز وظیفه پیاده‌سازی راهکارهای دیجیتالی انقلاب صنعتی چهارم را در این واحد بر عهده گرفته است. راهکاری نوآورانه‌ای که هوش مصنوعی نیز بخشی از آن است، بهینه‌سازی عملیات، بهبود بهره‌وری و پایداری کیفیت محصول در کل فرآیند نورد را هدف قرار داده‌اند از لحاظ تاریخی، شرکت بائوستیل همواره برای نفوذدهی هوشمندی به چرخه تولید خود تلاش کرده و جایگزینی ۲۵۰۰ کارگر با ۴۷۹ ربات تا انتهای سال ۲۰۱۸، یک نمونه از این اقدامات است.
۲	بائوستیل	-	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: احداث یک آزمایشگاه هوشمند در سال ۲۰۱۸، تا با ادغام تولید، هوش مصنوعی و اینترنت در این آزمایشگاه، بازدهی تولید این شرکت افزایش یابد. این آزمایشگاه زیر نظر «مؤسسه تحقیقات اداره مرکزی بائو» مدیریت می‌شود و هدف آن توسعه پلتفرم‌های مبتنی بر «هوش مصنوعی و نوآوری‌های فناورانه» است. همچنین این آزمایشگاه، به سبب احساس کمبود در حوزه هوش مصنوعی و همکاری بیشتر با سازمان‌های پژوهشی هوش مصنوعی، مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا، رئیس بخش تولید هوشمند در مؤسسه تحقیقات اداره مرکزی بائو، هدف نهایی بائوستیل را رسیدن به معیارهای نوین به شرکت بیگ‌ریور استیل دیده است. بهره‌وری بالای بیگ‌ریور استیل، توجه مسئولان بائو را در بازدید که از این مجموعه داشتند به خود جلب کرده و تلاش برای رسیدن به شاخص‌های این شرکت کوچک، تبدیل به هدف دومین تولیدکننده بزرگ فولاد در دنیا شده است.
		+ زیمنس	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: امضاء یک توافق‌نامه همکاری در سال ۲۰۱۶ با شرکت تابعه زیمنس در چین با موضوع «فناوری‌های کلیدی تولید هوشمند فولاد» است؛ فاز اول این همکاری شامل «سیستم برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تولید پیشرفته فولاد»، «سیستم تشخیص خطای تجهیزات» و «مدیریت چرخه عمر محصولات» در صنعت فولاد می‌شود. به‌طور کلی، تولید هوشمند فولاد با کاربست فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی در راستای طرح «ساخت چین ۲۰۲۵» قرار دارد و هدف نهایی تسهیل تولید محصول با کیفیت و با ارزش افزوده بیشتر است.
		-	بهبود کیفیت محصول نهایی	شرح: توسعه سیستم هوش مصنوعی «بائوویژن» جهت بررسی با سرعت بالا و آنی کیفیت سطوح سیم؛ این سیستم از حسگرهای فوتوالکتریک

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				استفاده می‌کند و با استفاده از الگوریتم پردازش تصاویر و فناوری تشخیص هوش مصنوعی، کیفیت محصولات را بررسی می‌نماید.
		+ هانی‌ول	بهبود کیفیت محصول نهایی	شرح: استفاده از هوش مصنوعی و تحلیل ۶۰۰۰ عملیات جوشکاری، منجر به توسعه اولین «سیستم مدیریت دستگاه جوش کاری ذوبی هوشمند با عملکرد بالا» شده است. دستاورد: با استفاده از این سیستم سلامت و کارایی دستگاه‌های جوش نظارت می‌شود. همچنین این سیستم و به ارزیابی راحت‌تر و حفظ کیفیت جوش کمک و نهایتاً نحوه تنظیم دستگاه جوش را برای عملکرد بعدی پیش‌بینی می‌کند.
		+ بایدو	بهبود کیفیت محصول نهایی	شرح: همکاری در زمینه فناوری تشخیص بصری و به‌کارگیری هوش مصنوعی و کلان‌داده. دستاورد: همکاری روی تولید بستر کلان‌داده و کاربردهای بینایی ماشین در بازرسی کیفیت محصولات، تولید ایمن و استفاده از یادگیری ماشین به‌منظور بهینه‌سازی فرآیند و برنامه‌ریزی تولید.
		مایکروسافت + بایدو + سیناپسیس + زیمنس	برگزاری کارگاه تخصصی پیرامون کاربست هوش مصنوعی در صنعت فولاد	شرح: این کارگاه به امید ایجاد بستر همکاری در زمینه هوش مصنوعی و سکوی تبادل دانش، برای ارتقاء یکپارچه صنعت هوش مصنوعی و فناوری‌های نوآور شکل داده شد. دستاورد: برآورد شده است که با استفاده از فناوری هوش مصنوعی می‌توان پیرامون «استفاده از تجهیزات، نگهداری و کیفیت و تحلیل کارایی تجهیزات» یادگیری داشت و از فرصت‌های متعاقب آن استفاده کرد.
		-	بهبود شاخص‌های ایمنی در صنعت فولاد	شرح: استفاده از کلان‌داده، هوش مصنوعی در فوریه ۲۰۲۰ و در دوره شیوع بیماری کرونا برای کنترل از راه دور مجموعه. دستاورد: کنترل یکی از کارگاه‌ها در شانگهای بدون نیاز به حضور تعداد زیادی از پرسنل.
		+ اوربرایت	بهبود شاخص‌های ایمنی در صنعت فولاد	شرح: امضای تفاهم‌نامه همکاری جهت کاربست فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا برای توانمندسازی بائوستیل در امنیت و آتش‌نشانی هوشمند. دستاورد: در نتیجه این همکاری، پارک‌های هوشمند و اتصالات دیجیتال در بائوستیل به سایر رهبران جهانی صنعت فولاد کمک می‌کند تا فناوری‌های جدید خود را تکمیل کرده و آن را برای جایگزینی با صنایع سنتی خود آماده کنند.
		اشنایدر الکتریک	صرفه‌جویی در انرژی	شرح: بائوستیل امیدوار است طی این همکاری بتواند با استفاده از فناوری‌های نوین بهره‌وری انرژی مجموعه‌های خود را بهبود بخشد و موجبات صرفه‌جویی در مصرف انرژی را فراهم کند.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمانِ همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۳	نیپون استیل	ان اس سولوشن + نوبو	نظارت هوشمند بر عملیات تولید	شرح: همکاری به منظور تسریع در تحویل و استقرار راهکارهای اینترنت اشیا صنعتی.
		-	نظارت هوشمند بر عملیات	شرح: بستری برای توسعه و به کارگیری هوش مصنوعی فراهم کرده است که از طریق آن محاسبات با کارایی بالا، مانند تحلیل پیشرفته تصاویر و یادگیری عمیق برای تحلیل داده‌های مختلف انجام می‌شود.
		-	نظارت هوشمند بر عملیات	شرح: استفاده از نرم‌افزار تشخیص تصویر چهره هوش مصنوعی در کارخانه‌های تولید فولاد. در این راهکار، تصاویر متعددی از صفحات فولادی با شکل‌ها و اندازه‌ها و شرایط مختلف در حافظه سیستم هوش مصنوعی قرار دارد.
		پریدیکترونیک +	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	دستاورد: تشخیص هوشمند صفحات فولادی غیراستاندارد و تنظیم خودکار برای رفع مشکل.
		-	بهبود شاخص‌های ایمنی در صنعت فولاد	شرح: تجهیز کلاه‌های ایمنی مهندسی و کارکنان به سیستم هوشمند بوده و مجهز به دوربین، حسگرهای گازهای خطرناک، شتاب‌سنج و فناوری ژئو-فنسینگ برای موقعیت‌یابی در فضای بسته کارخانه.
۴	پوسکو	-	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: ایجاد «پلتفرم هوشمند جهانی پوسکو» با کاربست هوش مصنوعی، کلان‌داده و رباتیک.
		-	فرآیندهای تولید	دستاورد: این پلتفرم با هدف یکپارچه‌سازی عملکردهای لجستیک پوسکو ایجاد شده است و در نتیجه آن زمان انتظار کشتی‌ها در بنادر به حداقل می‌رسد و در هزینه‌ها صرفه‌جویی خواهد شد.
		-	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: جمع‌آوری حجم عظیمی از داده با حسگرها و تحلیل داده‌ها با سیستم هوش مصنوعی پلتفرم «پوس فریم» در کوره بلند شماره ۲ پوهانگ.
-	نظارت هوشمند بر عملیات	شرح: سیستم هوشمند دوربین‌های مدار بسته.	دستاورد: این سیستم برخلاف دوربین‌های مدار بسته معمول، به‌طور خودکار و با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مواردی مانند	

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				ناهنجاری‌های ایمنی، اطلاعات مربوط به کیفیت محصولات را به مدیران مربوطه ارسال می‌کند.
		-	بهبود کیفیت محصول نهایی	شرح: استفاده هوش مصنوعی در فرآیند گالوانیزه گرم؛ بعد از غوطه‌ور کردن فولاد، یک تیغ براساس اندازه‌گیری‌های لحظه‌ای برش را انجام می‌دهد و این عمل باعث کنترل دقیق بر وزن و ضخامت پوشش فولاد می‌شود. دستاورد: در نتیجه استفاده پوسکو از فناوری هوش مصنوعی، میزان کنترل بر انحراف کیفیتی پوشش از ۸۴ به ۹۹ درصد افزایش یافته است.
		-	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: استفاده از هوش مصنوعی برای نگهداری و تعمیرات زمان‌بندی شده و پیشگویانه در کارخانه‌های هوشمند. دستاورد: امکان کم کردن زمان از کارافتادگی تجهیزات، علاوه بر کاهش هزینه‌ها.
		-	بهبود شاخص‌های ایمنی در صنعت فولاد	شرح: استقرار کامل یک مجموعه حسگر هوشمند با هدف بهبود ایمنی کارخانه‌های هوشمند. دستاورد: فعالیت در فاصله‌ای ایمن از تجهیزات، اطلاع از حضور در محیط‌های خطرناک، قابلیت هشدار خودکار حسگرها در شرایط متحمل حادثه و شرایط حاد مثل نشت گاز و آتش‌سوزی.
۵	تاتا استیل	-	بهبود فرآیندهای کسب‌وکاری	شرح: افزایش تولید داده، زمینه را برای رسیدن به تصمیم‌گیری کامل در طول فرآیند تولید فولاد با داده و هوش مصنوعی ممکن کرده است. دستاورد: این شرکت در سال مالی ۲۰۱۹-۲۰۲۰، ماهانه ۲۰ ترابایت داده بیشتر از نسبت به سال‌های قبل تولید کرده است.
۶	کارگروه پلتفرم فناوری فولاد اروپا	-	برگزاری کارگاه هوش مصنوعی	شرح: برنامه این کارگاه شامل سخنرانی با عناوین «محرک‌ها و موانع هوش مصنوعی در صنعت فولاد»، «نیازمندی‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در صنعت فولاد»، «پایاده‌سازی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در صنعت فولاد» و «هوش مصنوعی در عملیات‌های فولادسازی» می‌شود.
۷	سیورستال	-	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: استفاده از دو سیستم یادگیری ماشین با نام‌های «آدلینا» و «روبان» برای کنترل سرعت بهینه‌سازی در خط اسیدشویی پیوسته یکی از واحدهای تولید فولاد خود در شهر چرپوتس. در خط اسیدشویی، آدلینا سرعت واحد را کنترل می‌کند و روبان با تنظیم سرعت، نتیجه بهینه را به دست می‌آورد. دستاورد: نتایج استفاده از این دو سیستم نشان می‌دهد که آدلینا ۵ درصد بهره‌وری را بهبود بخشیده و اضافه‌شدن روبان به سیستم، ۱/۵ درصد دیگر نیز به بهبود بهره‌وری منجر شده است.
		+ کگل	طرح مسابقه چالشی برای بهبود کیفیت محصول نهایی	شرح: چالش ارائه‌شده در این رقابت، توسعه الگوریتمی برای دسته‌بندی و تشخیص نوع عیوب محصولات در تمام فرآیندهای تولید فولاد این شرکت است. تصاویر محصولات در خطوط مختلف تولید، با دوربین‌های فرکانس بالا تهیه شده‌اند و در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفته است.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				شرکت کنندگان می‌بایست الگوریتم‌های خود را برای تشخیص و دسته‌بندی عیوب در سایت کگل بارگذاری کنند. مجموع جوایز در نظر گرفته شده برای این رقابت ۱۲۰ هزار دلار است.
		+ اس.آ.پ	صرفه‌جویی در انرژی	شرح: ایجاد یک سیستم نظارت لحظه‌ای بر مصرف انرژی و تحلیل عدم انطباق اطلاعات مصرف و شناسایی کلاه‌برداری‌های مرتبط با برق با کاربست هوش مصنوعی و یادگیری ماشین و مطلع کردن مسئولان امنیتی شرکت برای بررسی شرایط. دستاورد: یافتن منشأ اصلی مشکل و صرفه‌جویی حدود ۲ میلیون دلاری در هزینه برق.
		نودل.ای‌آی	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: ایجاد یک شاخص تحت عنوان «شاخص قراضه» با استفاده از ابزار یادگیری ماشین. دستاورد: خرید قراضه به بهترین قیمت.
۸	استارت‌آپ بیگر ریور استیل	نودل.ای‌آی	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: استفاده از حسگر و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای جهت‌یابی از شبکه لجستیک. دستاورد: بهینه‌سازی زمان تحویل کالا و هزینه حمل‌ونقل.
		نودل.ای‌آی	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: استفاده از راهکار هوش مصنوعی با نام «آرام‌ای‌اس» دستاورد: شناسایی عیوب محصولات و یافتن منشأ اصلی عیب در فرآیند یا تجهیز با تحلیل وقایع گذشته و ارائه بهترین راه‌حل برای حل مشکل.
		-	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: کاربست فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در عملیات‌های زنجیره تأمین واحد نورد گرم. دستاورد: چابکی فرآیند سفارش‌دهی با ارتباط مستقیم مشتری با واحد پشتیبانی و امکان تغییر ویژگی‌های محصول سفارش‌شده تا حتی چند ساعت قبل از نورد نهایی.
۹	تیسن کروب	-	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: ایجاد یک آزمایشگاه دیجیتال به منظور کاربست فناوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی. دستاورد: در کوره بلند واحد دوپسبورگ، داده‌های مربوط به واکنش‌های مواد اولیه که به کوره شارژ می‌شوند، با استفاده از «ان‌اف‌سی» اسکن می‌شوند و داده‌های هر بار، سریعاً به سیستم‌های مربوطه ارسال می‌شوند؛ داده‌هایی که در گذشته به صورت دستی به ثبت می‌رسید.
		-	بهبود فرآیندهای تولید	شرح: کاربست مدل‌های ریاضی و هوش مصنوعی در خط گالوانیزه گرم شماره ۸ در شهر درتموند؛ از این مدل برای کنترل سختی سطحی نهایی در فرآیند نورد استفاده می‌شود. دستاورد: نتیجه یک سال اعمال این مدل، افزایش دقت برای رسیدن به سختی مورد نظر است. همچنین سیستم‌های کنترل دیجیتالی شده در

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				همین یک سال توانسته‌اند نوسانات در دستگاه‌های نورد را کاهش دهند و به‌صورت هوشمند و آنلاین، مبنایی برای تنظیم فاکتورهای عملیاتی شده‌اند.
۱۰	بلواسکوپ استیل	-	بهبود فرآیندهای زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: با ورود به کنسرسیوم «ساخت استرالیا ۴/۰ سی آر سی»، تلاش‌هایی در زمینه کاربرد فناوری هوش مصنوعی در بهبود ساختار زنجیره تأمین و بهبود بهره‌وری و عملکرد نیروی کار انجام شده است. دستاورد: متناسب‌سازی هرچه بیشتر محصول فولاد نهایی با خواسته مشتری و افزایش ایمنی عملیات از طریق کاربرد هوش مصنوعی.
۱۱	انجمن فلزات چین	-	برگزاری رویداد پیرامون کرونا و فناوری‌های نوین	شرح: یکی از عناوین اصلی در این رویداد پیاده‌سازی ابزار فناوری‌های نوین از جمله هوش مصنوعی، کلان‌داده و نسل پنجم شبکه ارتباطی برای فائق آمدن برای چالش‌های همه‌گیری کرونا بود.
۱۲	جی اف ای استیل	-	نظارت هوشمند بر عملیات	شرح: استفاده از سیستم پاسخگویی هوش مصنوعی در تمام شش کارخانه خود در ژاپن کرد. این سیستم با نظارت بر عملیات و با استفاده از داده نقص‌های گذشته، هرگونه خطای الکتریکی و ایراد تجهیزات را شناسایی می‌کند.
۱۳	ولکان استیل	+ دیتاکام + مایکروسافت	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: استفاده از سرویس شناختی، برپایه ابزار بصری مایکروسافت و از طریق ارزیابی تصاویر دوربین‌های کامیون‌های شرکت، شناسایی رفتارهای خطرناک و مستعد ایجاد حادثه. دستاورد: انجام وظایفی که انسان قادر به انجام آن نیست و نتیجه این عملکرد هوش مصنوعی، کارکنان فقط تعداد محدودی از کل تصاویر را (که توسط هوش مصنوعی به‌عنوان ریسک بالقوه علامت زده شده‌اند) مورد بررسی قرار دهند و با آزاد شدن وقت کارکنان (با توجه به کاهش حجم کاری) امکان صرف زمان بیشتر برای آموزش‌های ایمنی فراهم می‌شود و تمرکز آموزش‌ها بر موارد و سناریوهای محتمل‌تر حادثه می‌رود.
۱۴	مهندسی های مت		توسعه مواد و محصولات جدید	شرح: توسعه پلتفرم دیجیتال تحت عنوان «چای دی‌دی‌ای» برای توسعه مواد جدید، بر مبنای داده‌ها و با کاربرد یادگیری ماشین دستاورد: کاهش هزینه، زمان و اثرات زیست‌محیطی در توسعه محصول جدید؛ های مت در حال حاضر به دنبال ثبت اختراع اولین ماده توسعه داده شده با پلتفرم مذکور است. این محصول، یک فولاد زنگ‌نزن با طول عمر دوبرابر نسبت به موارد مشابه بوده که زمان توسعه آن در مقایسه با روش‌های پیشین بسیار کم‌تر است.

با وجود تمام این مزایا، فناوری هوش مصنوعی با چالش‌های متعدد صنعتی، اجتماعی و اقتصادی

نیز همراه است. موضوع از دست رفتن مشاغل، دشواری برای جذب یا آموزش نیروهایی برای آینده،

شکاف اقتصادی، مسئله حریم خصوصی و چالش‌هایی از این دست، برای توسعه این فناوری مشکل‌زا خواهند بود. برای فولادسازان داخل کشور، عقب‌ماندگی از تحولات جهانی، عدم کاربست فناوری هوش مصنوعی و مواجهه بدون برنامه با مسائل ناشی از آن، بحران‌های مضاعفی ایجاد خواهد کرد. علی‌الخصوص با توجه به اینکه از لحاظ اقتصادی و اشتغال، این صنعت اهمیت بسزایی برای کشور دارد، در صورتی که اقدامات به‌موقع برای نفوذدهی فناوری هوش مصنوعی در این صنعت رخ ندهد، تولید رقابتی و ارزش‌آفرین نسبت به رقبای جهانی، با مخاطرات جدی مواجه خواهد شد. به‌ویژه تعدد فولادسازان جهانی (از منظر نفوذدهی فناوری هوش مصنوعی) و گستردگی موارد کاربردی‌شده در این صنعت، نشان از بی‌توجهی فولادسازان داخلی به این فناوری فرصت‌ساز و (هم‌زمان) تهدیدساز است. البته بخشی از توسعه فناوری هوش مصنوعی در صنعت فولاد، در مشارکت با شرکت‌های فناوری و استارت‌آپی در خارج از صنعت قابل انجام بوده که از این لحاظ نیز صنعت فولاد کشور اقدام قابل توجهی صورت نداده است.

به‌طور کلی هوش مصنوعی برای صنعت فولاد ایران نیز در کوتاه و میان‌مدت، تکاملی خواهد بود. اما نکته مهم اینکه که فناوری‌های برافکن، حتی در ذات تکاملی خود، به سمت جایگزین کردن فرآیندها، تجهیزات، نفرات و کلیه منابع هزینه‌بر حرکت می‌کنند تا جایی که با یک جهش (یک تخریب نوآورانه) کل منطق ارزش‌آفرینی یک بنگاه را تحت تأثیر قرار دهند. به‌بیان دیگر، هوش مصنوعی که در کلیه فرآیندهای تولید صنعت فولاد، با یادگیری عمیق از داده‌ها، فرآیندها را بهینه‌تر کرده، در نهایت ممکن است در صنایع جایگزین و رقیب صنعت فولاد با کمک به کشف مواد پیشرفته، ماده‌ای جایگزین با خصائص بهتر و هزینه اقتصادی‌تر ارائه کند.

ب) اینترنت اشیا

«اینترنت» همچون موجودی زنده، همواره در حال تغییر و تحول است و پیشرفت‌های حاصل از آن در حوزه فناوری، کاربردها و کسب‌وکارهای جدیدی ایجاد و دریچه‌های نوینی برای تسهیل زندگی بشر گشوده شده است. اتصال پهن‌بند روزبه‌روز ارزان‌تر و فراگیرتر شده و دستگاه‌های متصل به اینترنت نیز گسترده‌تر، بیشتر و کارآمدتر شده‌اند. برآیند این روندها منجر به ظهور و گسترش مفهوم

جدیدی به نام «اینترنت اشیاء» شده است. فناوری مذکور شامل مجموعه‌ای از حسگرها، ربات‌ها، ماشین‌آلات، لوازم‌خانگی، فرآیندهای کسب‌وکاری و نیروی کار متصل می‌شود. به‌طور خاص، کاربرد این فناوری تنها مشمول زندگی روزمره انسان‌ها (خانه‌های هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند و ...) نبوده، بلکه تحت عنوان «اینترنت اشیاء صنعتی» در صنایعی همچون تولید فلزات، معدن‌کاری، لجستیک، انرژی و نفت و گاز نیز مورد اقبال واقع شده است.

برآوردهای این گزارش نشان می‌دهد مهیا ساختن زیرساخت‌های لازم برای دیجیتال‌سازی و استفاده از فناوری‌های نوینی همچون اینترنت اشیاء، برای رشد و ارتقاء این صنعت ضروری بوده و مستلزم فعالیت‌های تحقیقاتی، توسعه‌ای، مشارکت بخش صنعتی، پشتیبانی دولت و اینترنت امن و پرسرعت است. آنچه از وضعیت کشور در سال‌های اخیر برمی‌آید، در زمینه زیرساخت‌های اینترنت باوجود توسعه‌های متعدد، موانع و عدم قطعیت‌های چالش‌برانگیزی ایجاد شده است که برای توسعه فناوری اینترنت اشیاء نیز مشکل‌ساز خواهد بود. از منظر صنعتی و به‌ویژه صنعت فولاد نیز، مسیری طولانی برای پیاده‌سازی کاربردها و نهادینه‌سازی بهره‌گیری از این فناوری‌ها پیش‌بینی می‌شود.

اثرات اینترنت اشیاء بر صنعت فولاد در دو قالب «تحویلی» و «تکاملی» قابل بررسی است. می‌توان پیش‌بینی کرد که اثرات این فناوری در صنعت فولاد در کوتاه‌مدت و میان‌مدت تکاملی بوده و به‌عبارتی بر کاهش هزینه‌های تولید، افزایش بهره‌وری، ارتقاء ایمنی و بهبود فرآیند نگهداری و تعمیرات مؤثر خواهد بود. لیکن در بلندمدت با ادغام شدن شیوه‌های تولید با اینترنت اشیاء، نسل جدیدی از فناوری تولید و فعالیت‌های پشتیبان آن به وجود خواهد آمد که می‌تواند برافکن شیوه‌های مرسوم فعلی باشد. علاوه‌براین، خط کسب‌وکارهای مبتنی بر اینترنت اشیاء در صنعت فولاد، به حوزه جذاب و سودآورتری (نسبت به ارزش حاصل از فرآیند فولادسازی) تبدیل خواهد شد. احتمالاً و در صورت عدم توجه به این تحولات بنیادین، در صنعت فولاد ایران این تحولات با تأخیر اتفاق خواهد افتاد و به تدریج محصول تولیدی در ایران، غیراقتصادی‌تر شده و در میان‌مدت (با اثرپذیری از دیگر فناوری‌های نوین) کاملاً از دور رقابت خارج خواهد شد.

کاربردهای عمومی اینترنت اشیا برای صنعت فولاد در این پژوهش تشریح شده و دستاوردها و اقدامات مبتنی بر اینترنت اشیا شرکت‌های فولادسازی بزرگی همچون آرسلورمیتال، پوسکو، تاتا استیل و چندین شرکت فولادی معتبر دیگر در حوزه‌های «نظارت هوشمند بر عملیات و بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی فولاد»، «نگهداری و تعمیرات پیشگویانه در صنعت فولاد»، «بهبود شاخص‌های ایمنی، زنجیره تأمین و لجستیک فولادسازی» مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ذیل، مصادیق کاربرست اینترنت اشیا در شرکت‌های تراز فولادساز و شرکای همکار آن‌ها ذکر شده است.

جدول ۲: مصادیق کاربرست اینترنت اشیا در شرکت‌های تراز فولادساز

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱	آرسلورمیتال	+ جنرال الکتریک	زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: همکاری بخش ساخت‌وساز شرکت فولادی آرسلورمیتال با «جنرال الکتریک دیجیتال» به منظور تحول دیجیتالی فعالیت‌های تولیدی این شرکت در ۲۶ واحد تولیدی در سراسر جهان با به‌کارگیری راهکارهای اینترنت اشیا. دستاورد: هدف نهایی همکاری، کاهش زمان تحویل کالاها و افزایش توان عملیاتی است.
				نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی
۲	باثواستیل	+ چاینا یونیکام	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: پروژه اینترنت اشیا صنعتی در بخش متالورژی و مبتنی بر نسل پنجم تلفن همراه، طی همکاری بین دو شرکت. دستاورد: از جمله اهداف این پروژه، ارتقاء تولید چین و انتقال آن به سمت اقتصاد هوشمند، از طریق بهبود مؤثر خطوط تولید، کوتاه کردن چرخه تحقیق و توسعه و کاهش مصرف منابع است.
۳	نیپون استیل	+ نوکیا	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: آغاز همکاری به‌منظور نظارت بر سلامت کارکنان کارخانه فولادسازی در سال ۲۰۲۰ شروع شد. همکاری برای ردیابی نشت گاز، صدا و دما با حسگرهای متصل شده بر روی لباس‌های کارکنان انجام شد. در این راهکار،

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				دوربین نصب شده روی کلاه ایمنی کارکنان نیز علاوه بر ضبط تصاویر، دارای اتصال شبکه‌ای است که در صورت نیاز به راهنمایی برای انجام تعمیرات، کارکنان را به مرکز پشتیبانی از راه دور متصل می‌کنند. دستاورد: این همکاری علاوه بر بهبود ایمنی، سبب کاهش زمان خرابی تجهیزات در کارخانه‌ها نیز می‌شود.
۴	اچ‌بی‌آی‌اس	+ زمینس	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: آغاز همکاری در سال ۲۰۱۹، به منظور تعمیق همکاری در تحقیق و توسعه و عملی‌ساختن دیجیتالی‌سازی با کاربری‌های اینترنت اشیا و ابری.
		+ چاینا موبایل + هوای	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: ایجاد سازمان تحقیق و توسعه توسط سه شرکت برای بهره‌برداری حداکثری از کاربردهای نسل پنجم تلفن همراه برای تولید هوشمند فولاد و استفاده از سایر فناوری‌های نوین همچون اینترنت اشیا و هوش مصنوعی.
۵	پوسکو	-	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: افزایش میزان هوشمندی شبکه‌های ایمنی با اتصال حسگرها به ساعت هوشمند کارکنان؛ افزایش ایمنی در برابر خطرات، به خصوص هنگامی که به تنهایی مشغول به کار هستند. در کلاه ایمنی، شتاب‌سنج و سایر حسگرها به منظور نظارت بر هر شخص و حفاظت در برابر سقوط، گازهای سمی و سایر خطرات اضافه شده است. داخل جلیقه‌های ایمنی نیز، حسگرهای زیستی برای نظارت بر ضربان قلب، دمای بدن و سایر وضعیت‌ها اضافه شد. همچنین با اضافه کردن حسگر جی‌پی‌اس به کلاه ایمنی، مکان کارکنان برای تأمین ایمنی آنان در صورت بروز هرگونه موقعیت اورژانسی مشخص می‌شود. دستاورد: افزایش آگاهی کارکنان نسبت به مخاطرات احتمالی.
		-	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: کاربری فناوری اینترنت اشیا به منظور کنترل وزن پوشش. دستاورد: با پایش مداوم خط گالوانیزه، کیفیت فولاد پوشش‌دار افزایش و در عین حال، هزینه تولید کاهش می‌یابد.
۶	تاتا استیل	-	نظارت هوشمند بر عملیات،	شرح: با استفاده از کارخانه دوقلوی دیجیتال که نسخه دقیقی از کارخانه فیزیکی بوده، به بهینه‌سازی فرآیند و ترکیب پیشرفته محصول خود

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
			بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	پرداخته است. کارخانه‌های دوقلوی دیجیتال، اطلاعات مربوط به تجهیزات ساخت و تولید مانند فشار، سرعت کار، ساییدگی و پارگی، دما و موجودی را با استفاده از شبکه‌ای متصل از حسگرها دریافت می‌کند و در اختیار اپراتور قرار می‌دهند. دستاورد: بهبود فرآیند تولید، نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات و کیفیت محصول نهایی.
		-	زنجیره تأمین و لجستیک در فولادسازی	تاتا استیل نیز از دستگاه‌های متصل اینترنت اشیا برای مکان‌یابی سیستم حمل و نقل مرتبط با این شرکت نظیر، لوکوموتیوها، کامیون‌ها و ماشین‌های حمل بار و لجستیک استفاده می‌کند. همچنین در کارخانه کویل فولادی تاتا استیل اینترنت اشیا برای ردیابی کویل‌ها در سراسر جهان، دستیابی به داده‌های مربوط به ابعاد، خواص مکانیکی و اطلاعات مرتبط با کیفیت (عیب‌یابی) به کار می‌رود.
		+ تاتا کامیونیکیشن	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: توسعه ساعت ایمنی که به کارکنان کارخانه در ردیابی موقعیت و نظارت بر سلامت کمک می‌کند. با استفاده از این ساعت، داده‌های آنی از موقعیت دقیق کارکنان در مکان‌های دور از دسترس به دست می‌آید و همچنین دمای بدن، ضربان قلب، ضربان نبض و تشخیص سقوط و شناسایی خطرات محیط کار نیز بررسی و اخطار داده می‌شود. دستاورد: تضمین ایمنی کارکنان.
		جی‌اس‌دبلیو استیل	زنجیره تأمین و لجستیک در فولادسازی	شرح: همکاری در حوزه دیجیتال و فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا در نحوه انتقال مواد اولیه مانند سنگ آهن و زغال سنگ از معادن به کارخانه‌های تولیدی.
۷	گردائو	+ جنرال الکتریک	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: نظارت مستمر بر روی دارایی‌ها و تجهیزات اختصاصی، با به‌کارگیری فناوری اینترنت اشیا در فرآیند تولید فولاد. دستاورد: جلوگیری از کارافتادگی‌های بدون برنامه‌ریزی جلوگیری و کاهش هزینه‌ها.
۸	استارت‌آپ بیگرور استیل	نودل‌ای‌آی	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: کاربست فناوری اینترنت اشیا دریافت داده از حسگرها در کارخانه. دستاورد: پیشرفت‌های فراوان در زمینه برنامه‌ریزی نگهداری و تعمیرات، زمان‌بندی خط تولید، لجستیک و حفاظت از محیط‌زیست.
۹	بلواسکوپ استیل	-	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: استفاده از فناوری پوشیدنی در کلاه ایمنی و مچ‌بند کارکنان کارخانه برای تشخیص سناریوهای خطرناک قبل از آسیب‌دیدگی؛ این پوشیدنی‌ها همچنین قادر به اندازه‌گیری معیارهای سلامتی مانند دمای بدن، نبض و سطح فعالیت بوده و به سرپرستان این امکان را می‌دهند تا در صورت لزوم به کارگران در حال انجام وظیفه استراحت دهند. همچنین، این شرکت از حسگرهای متصل برای نظارت بر دمای محیطی و همچنین وجود تشعشع و گازهای سمی استفاده می‌کند.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱۰	جی اف ای استیل	-	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: ایجاد یک پایگاه داده متصل با کاربست فناوری اینترنت اشیا. برنامه برای صرف هزینه ۶۵۲ میلیون دلاری تا سال ۲۰۲۲ برای ادغام سیستم‌های رایانه‌ای. دستاورد: کاهش زمان تولید، کاهش زمان انتظار برای تحویل سفارش، تشخیص سریع خرابی تجهیزات و در نهایت بهبود فرآیند تولید.
۱۱	جیندال استیل	-	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: به نظارت بر سلامت و وضعیت دستگاه‌های موجود در کارخانه تولید فولاد در شهر آنگل با استفاده از سیستم اینترنت اشیا. دستاورد: تسهیل نظارت هوشمند بر روی کارخانه تولید فولاد.
۱۲	ریو تینتو	-	نظارت هوشمند بر عملیات، بهبود فرآیندهای تولید و کیفیت محصول نهایی	شرح: نظارت بر زنجیره ارزش به واسطه فناوری اینترنت اشیا در سایت معدن کاری پیلبارا از طریق مرکز کنترل خود در شهر پرث.
۱۳	آن استیل	-	نظارت از طریق اینترنت اشیا بر کامیون‌ها و قطارهای بدون سرنشین که سنگ معدن را از سایت‌های معدن کاری دور می‌کنند با استفاده از فناوری اینترنت اشیا	شرح: نظارت از طریق اینترنت اشیا بر کامیون‌ها و قطارهای بدون سرنشین که سنگ معدن را از سایت‌های معدن کاری دور می‌کنند با استفاده از فناوری اینترنت اشیا
۱۴	سیورستال	-	نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	شرح: استفاده از فناوری اینترنت اشیا و مبتنی بر فناوری نسل پنجم تلفن همراه، برای تشخیص و پیش‌بینی خرابی‌های تجهیزات در فرآیند تولید فولاد را بهبود می‌بخشد. دستاورد: این بستر به پیش‌بینی خرابی‌ها و مدیریت سلامت سیستم‌های مهندسی کمک کرده و به‌طور مؤثری کارایی عملکرد تجهیزات در تولید فولاد را بهبود می‌بخشد.
۱۵	اوام کی	اس.آ.پ	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: استفاده از «پلتفرم هم ریز» و حسگرهای اینترنت اشیا برای جمع‌آوری اطلاعات از سایت‌های تولید و استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی مشکلات پیش از حادثه. دستاورد: ساده‌سازی و خودکارسازی فرآیند شناسایی و کاهش تخلفات ایمنی با استفاده از راهکار ایمنی و سلامت اس.آ.پ. دستاورد: در صورت قرارگیری کارکنان در محیط خطرناک، بخش ایمنی و سلامت شرکت اوام کی قادر به شناسایی سریع‌تر نقاط پرخطر و اقدامات لازم پیش‌بینانه است.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱۶	نوولپسک استیل	اس.آپ + مرکز ملی اینترنت اشیا در روسیه	بهبود شاخص‌های ایمنی	شرح: توسعه سیستم موقعیت‌یاب سه‌بعدی پایلوت با همکاری «آزمایشگاه نوآوری نوولپسک‌استیل و اس.آپ» و «مرکز ملی اینترنت اشیا» در روسیه، برای خط تولید گالوانیزه گرم. دستاورد: این سیستم امکان ردیابی و تحلیل آنی تغییرات تجهیزات عملیاتی و موقعیت کارکنان را فراهم می‌کند. این سیستم توانایی تحلیل حجم بالایی از داده را داشته و از حوادث در محل کار جلوگیری می‌کند، باعث کاهش خطرات شده و بهره‌وری عملیاتی را بهبود می‌بخشد.
۱۷	آلبریچ	-	زنجیره تأمین و لجستیک	شرح: استفاده از نوآوری‌های فناوری اینترنت اشیا با استفاده از نرم‌افزار «تحلیل آماری ساس». دستاورد: جمع‌آوری داده‌های دستگاه‌ها و حسگرها از کارخانه‌ها و ادغام آن با داده‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی به درک روابط پیچیده بین دستگاه‌ها، تأمین‌کنندگان و مشتریان کمک می‌کند.

فناوری اینترنت اشیا نیز همچون تمام فناوری‌های نوپا، با چالش‌هایی در زمینه‌های امنیت، استانداردسازی و غیره همراه است و برای افزودن خصیصه‌هایی همچون شفافیت و جلب اعتماد به این فناوری، شناسایی چالش‌ها و آشنایی با راهکارهای لازم برای فائق آمدن بر آن‌ها از اهمیت بالقوه‌ای برخوردار است؛ لذا، یکی از فصل‌های گزارش پیش رو نیز به «شناسایی چالش‌ها و موانع استفاده از فناوری اینترنت اشیا» اختصاص یافته است. یافته‌های این گزارش نشان می‌دهد که باوجود تأکید بر پذیرش اینترنت اشیا، شرکت‌ها و سازمان‌های صنعتی به تنهایی قادر به ساخت تجهیزات و آماده‌سازی زیرساخت‌های پیاده‌سازی اینترنت اشیا نمی‌باشند و در این زمینه برون‌سپاری و دریافت چنین خدماتی از استارت‌آپ‌های فعال در این زمینه، نه تنها موجب صرفه اقتصادی شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌شود بلکه زمینه پیشرفت و توسعه اکوسیستم استارت‌آپی را نیز پدید می‌آورد.

ج) چاپ سه‌بعدی

یکی از روش‌های نوین تولید، بهره‌گیری از فناوری چاپ سه‌بعدی برای دیجیتالی‌سازی و بهبود فرآیندهای ساخت و تولید است. براساس اطلاعات ارائه‌شده در گزارش پیش رو، فناوری چاپ

سه‌بعدی قادر است با به‌کارگیری مواد اولیه‌ای از جنس‌های پلاستیک، سرامیک، پلیمر، فلز و مخلوط آلیاژها و یا حتی مواد غذایی و استفاده از مدل‌های رایانه‌ای، به تولید قطعات و محصولات نهایی موردنیاز در صنایع معدنکاری و فلزات، انرژی و نفت و گاز، کالاهای مصرفی و غیره بپردازد.

در میان صنایع مختلف، صنعت فلزات و بالأخص فولادسازی نقش حیاتی در پیشرفت بخش‌های خودروسازی، دفاع، کالاهای مصرفی و غیره ایفا می‌کند و در ایران نیز فولادسازی همواره نقطه قوتی در صنعت کشور بوده است. پیشرفت فناوری و تغییر تقاضای بازار، بالا رفتن سطح انتظار از کیفیت و درعین‌حال نیاز به کاهش هزینه‌های عملیاتی، شرکت‌های فولادی را وادار به ارزیابی و بهبود فرآیندهای کسب‌وکاری کرده است. بررسی عملکرد شرکت‌هایی همچون «آرسلورمیتال»، «اچ‌بی‌آی‌اس»، «نیوکور»، «ککل»، «تیسن‌کروپ»، «گروه وست‌آلپاین» و «بائواستیل» بیانگر این است که در صنعت فولاد، از فناوری چاپ سه‌بعدی برای «طراحی، تولید و توسعه محصول» و «تعمیرات و بازسازی قطعات» و «تولید قطعات یدکی» استفاده می‌شود. البته لازم به ذکر است که در مقایسه با فناوری‌های برافکن بررسی‌شده مانند اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، شرکت‌های فولادی در زمینه پذیرش فناوری چاپ سه‌بعدی عقب‌تر هستند و کاربردهای این فناوری در زنجیره فولاد و بازار مصرف به تناسب بسط نیافته است. در جدول ذیل، مصادیق کاربری اینترنت اشیا در شرکت‌های تراز فولادساز و شرکای همکار آن‌ها ذکر شده است.

جدول ۳: مصادیق کاربری چاپ سه‌بعدی در شرکت‌های تراز فولادی

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱	آرسلورمیتال	+ آزمایشگاه جوریس لارمان آراپ	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: همکاری جهت توسعه فناوری چاپ سه‌بعدی. دستاورد: احداث اولین پل فولادی با استفاده از چاپ سه‌بعدی در سال ۲۰۲۰ بر روی کانال اودزیج‌دز آکتربورگوال در آمستردام.
		+ آی‌ام تری‌دی‌هاب	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: «آی‌ام تری‌دی‌هاب» همکاری خود را با آرسلورمیتال در ژوئیه ۲۰۱۹ به‌عنوان عضو جدیدی از اکوسیستم شرکت‌های خود آغاز کرده است؛ مرکز کار اشتراکی آی‌ام تری‌دی‌هاب در حوزه تولید افزایشی در بارسلونا، در تلاش است تا با توسعه فناوری‌های تولید افزایشی و چاپ سه‌بعدی، این فناوری را در بخش‌های مختلف تولید اتحادیه اروپا جلو ببرد. هدف اصلی

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				این مرکز استفاده از چاپ سه بعدی به عنوان روشی جایگزین برای طراحی، توسعه و تولید محصولات و خدمات رقابتی جدید است. دستاورد: حضور آرسلورمیتال در این مرکز کار مشترک، با ارائه مواد، فناوری و تخصص خود در زمینه فلزات همراه بوده است و امکان ایجاد فعالیت‌های نوین برای چاپ سه بعدی در صنعت فولاد را فراهم خواهد کرد.
		استارتاپ ادیتو اینداستریز	تولید قطعات یدکی	شرح: آغاز همکاری از آوریل ۲۰۲۰، به منظور استفاده از فناوری چاپ سه بعدی فلزی این استارتاپ برای تولید قطعات یدکی. دستاورد: آرسلورمیتال با چاپ سه بعدی قطعات کوچک پا به عرصه این فناوری گذاشته است و اکنون ادعای توانایی چاپ سه بعدی قطعات بزرگ به صورت متوالی و با کیفیت را دارد. ادیتو اینداستریز نیز با همکاری آرسلورمیتال توانسته تا دیدگاه خود را گسترش داده و در کنار صنایع هوافضا و خودرو، صنعت فولاد را نیز در بازارهای اصلی برنامه‌های کاربردی خود وارد کند.
		+ مؤسسه علم و فناوری لوکزامبورگ	تولید قطعات یدکی	شرح: آغاز همکاری از نوامبر سال ۲۰۱۷ در کنار تعدادی از استارت‌آپ‌های حوزه تولید افزایشی، هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل داده.
		-	تولید قطعات یدکی	شرح: استفاده از فناوری چاپ سه بعدی برای تولید ابزار مقابله با ویروس کرونا. دستاورد: طراحی و توسعه محافظ صورت طی دو روز با کاربست فناوری چاپ سه بعدی.
		-	تعمیرات و بازسازی قطعات فلزی	شرح: در مارس ۲۰۱۷، با دستیابی موفقیت آمیز به چاپ سه بعدی و بازسازی قطعات مختلف متالورژی، با موفقیت یک پوشش تقویت شده را توسط این فناوری روی صفحه مسی قالب چاپ کرد. دستاورد: علاوه بر دو برابر کردن عمر، موجبات ارتقاء کاربرد چاپ سه بعدی لیزری در صنعت فولاد فراهم شد.
۲	بائوستیل	سی اس ام	تولید قطعات یدکی	شرح: امضای توافق نامه همکاری در جهت گسترش و به کارگیری فناوری تولید افزایشی در دسامبر ۲۰۱۹ در افتتاحیه مرکز تحقیق و توسعه اروپای بائوستیل. دستاورد: با توجه به اینکه برخی از تقاضاها در صنایع پایین دستی فولاد، مانند تقاضای قطعات خودرو، فولاد سیلیکونی و محصولات قلع اندود در منطقه در حال افزایش است، اروپا به مکانی راهبردی برای توسعه این کسب و کار در خارج از چین محسوب می شود.
۳	اچ بی آی اس	+ زمینس	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: امضای توافق نامه همکاری راهبردی در مارس ۲۰۱۹ برای ایجاد یک آزمایشگاه تولید افزایشی مشترک.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
				دستاورد: برآورد شده است که همکاری این دو شرکت، نوآوری‌های بسیاری به‌ویژه در صنعت چاپ سه‌بعدی در صنعت فولاد ایجاد خواهند کرد.
۴	ای‌کی‌استیل اینترنشنال	+ برالکو آدونسد متریال	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: آغاز مشارکت در توسعه اجزای فلزی با استفاده از تولید افزایشی برای کاربردهایی چون الکترومغناطیس در تجهیزات صنعتی، هوافضا و صنایع بهداشتی در سال ۲۰۱۸؛ در این همکاری، برالکو وعده استفاده از تخصص خود در تولید عناصر کاربردی با استفاده از فناوری تولید افزایشی فلز را داده است. همچنین ای‌کی‌استیل اینترنشنال به‌نوبه خود، تعهد ارائه دانش و تخصص خود در زمینه کار با آهن و فولادهای خاص را مطرح کرده است.
۵	نیوکور	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: خریداری چاپگرهای سه‌بعدی در سال ۲۰۱۷، با کمک‌های مالی دولت ایالات‌متحده آمریکا و ایجاد یک آزمایشگاه آزمون فولاد در سال ۲۰۱۸، برای بررسی مواد خاص فولادی تولیدشده با چاپ سه‌بعدی. دستاورد: توسعه راه‌حل‌های مقرون‌به‌صرفه و کاهش هزینه‌های فناوری چاپ سه‌بعدی با همکاری سایر فولادسازان؛ نیوکور با به‌کارگیری چاپ سه‌بعدی توانایی ارائه قطعات سبک‌تر، بادوام‌تر و متنوع‌تری از محصولات فولادی را به صنعت خودرو دارد.
۶	اس‌ام‌اس	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: استفاده از فناوری چاپ سه‌بعدی برای تولید سری اسپری جدید برای پرس‌های آهنگری. دستاورد: طبق ادعای این شرکت، چاپ سه‌بعدی امکان تولید سری اسپری سه‌بعدی سبک و متراکم را دارد که متناسب با مدل قالب‌های مختلف تولید می‌شوند.
۷	ککل	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: سرمایه‌گذاری ۱۶۰ میلیون یورویی در سال ۲۰۱۶، برای توسعه تجهیزات تولید افزایشی جهت ریخته‌گری توسط چاپ سه‌بعدی سرمایه‌گذاری کرد. دستاورد: در این پروژه چهار روش ریخته‌گری سنتی مانند «ساخت الگو»، «قالب‌سازی»، «هسته‌سازی» و «قالب‌بسته» را می‌توان تنها با یک روش چاپ سه‌بعدی و قالب‌سازی هوشمند جایگزین کرد.
۸	تیسن کروب	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: احداث مرکز چاپ سه‌بعدی در شهر مولخیم آلمان در سال ۲۰۱۷. دستاورد: هدف اصلی مرکز توسعه بیشتر محصولات با کاربست فناوری چاپ سه‌بعدی است.
۹	جنرال الکترونیک	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: ورود به کسب‌وکار چاپگرهای سه‌بعدی از سال ۲۰۱۶. دستاورد: توسعه جاه‌طلبانه جنرال الکترونیک در تجارت چاپ سه‌بعدی، نشان‌دهنده رشد سریع این فناوری در تولید قطعات فلزی است.

ردیف	شرکت یا سازمان	شرکت یا سازمان همکار	حوزه کاربردی	شرح و دستاورد
۱۰	تاتا استیل	+ دانشکده علوم و فناوری دانشگاه کویمبرا + سازمان تحقیقاتی «سینتف»	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: محققین «دانشکده علوم و فناوری دانشگاه کویمبرا» پرتغال و سازمان تحقیقاتی «سینتف» در نروژ یک ربات چاپگر سه بعدی فلزی بزرگ با ۶ محور حرکت ساخته‌اند. طبق گفته مسئولان دانشکده علوم و فناوری دانشگاه کویمبرا، این چاپگر سه بعدی می‌تواند قطعات فلزی را در زوایای دلخواه تولید کند. همچنین امکان انعطاف‌پذیری بیشتر و عملکرد حدوداً دو برابر نسبت به چاپگرهای سه بعدی سنتی را فراهم می‌کند. این ربات ۶ محوره در مراحل اولیه بازاریابی قرار دارد. دستاورد: اعلام تمایل تاتا استیل برای سرمایه‌گذاری بر فناوری حاصل از این همکاری.
۱۱	ریو تینتو	+ مرکز متالورژی کبک	تولید پودر فلزی	شرح: احداث مرکز تحقیقاتی در آوریل ۲۰۱۹ با هدف توسعه استفاده از آلیاژهای آلومینیم و سایر پودرهای ویژه مانند فولاد برای چاپ سه بعدی شهر کبک. دستاورد: به‌دعای ریو تینتو، حمایت مالی این شرکت از مرکز متالورژی کبک، امکان ساخت یک «سیستم اتمیزه‌سازی پلاسما» را فراهم می‌کند که با کمک آن می‌توان مجموعه‌ای از پودر آلیاژهای آلومینیم و پودرهای فولادی با کیفیت را برای استفاده در چاپ سه بعدی تولید کرد.
۱۲	لیبرتی	-	تولید پودر فلزی	شرح: احداث مرکز توسعه پودر فلزات در انگلستان در اکتبر ۲۰۱۹ با سرمایه‌گذاری اولیه ۱۰ میلیون پوندی. دستاورد: هدف اصلی مرکز، گسترش توانایی گروه لیبرتی در حوزه تولید فلزات ویژه در بازار نوپای مواد مورد استفاده در چاپ سه بعدی است.
۱۳	مؤسسه ماکس پلانک برای تحقیقات آهن	+ مؤسسه فناوری لیزر فراونهور	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: توسعه روشی برای چاپ سه بعدی فولاد لایه‌به‌لایه؛ در ساخت این فولاد، سختی هر لایه قابل کنترل است. دستاورد: می‌توان انتظار داشت که این فناوری در آینده قابلیت از رده خارج کردن برخی روش‌های سنتی در تولید مواد از جمله متحول کردن نحوه تولید فولاد را داشته باشد.
۱۴	آراپ	-	طراحی، تولید و توسعه محصول	شرح: طراحی روشی برای چاپ سه بعدی اتصالات فولادی در سال ۲۰۱۷ که به طرز قابل توجهی زمان و هزینه مورد نیاز برای ایجاد احجام پیچیده در سازه‌های کششی را کاهش می‌دهد. دستاورد: از تحقیقات آن‌ها به‌عنوان جهشی جدید برای استفاده از تولید افزایشی یاد می‌شود که راهی را برای ورود چاپ سه بعدی فولاد به دنیای واقعی ارائه می‌کند.

بر مبنای مطالعات صورت گرفته می‌توان بیان داشت که پیاده‌سازی زیرساخت‌های لازم برای

صنعتی سازی و استفاده از فناوری‌های نوینی همچون چاپ سه بعدی، برای رشد فولادسازی ضروری

است. در این میان استارت‌آپ‌ها و سایر ارکان اکوسیستم نوآوری اعم از شتاب‌دهنده‌ها و سرمایه‌گذاران خطرپذیر به حمایت و به‌کارگیری از راهکارهای مبتنی بر چاپ سه‌بعدی در بخش‌های مختلف صنعت فولاد (مانند تولید پودر فلزی و غیره) روی آورده‌اند.

زمینه‌های لازم برای استفاده از مزایایی همچون سرعت و کیفیت بالای تولید، خواص مکانیکی بالا و غیره در کشور ایران مستلزم جذب پشتیبانی دولت و مشارکت بخش صنعتی برای فراهم‌آوردن تسهیلات مالی موردنیاز برای خرید مواد و تجهیزات جانبی دستگاه‌های چاپ سه‌بعدی، فائق‌آمدن بر چالش‌های زیست‌محیطی و امنیتی با مهیا ساختن بستر فعالیتهای تحقیقاتی و توسعه‌ای است. علی‌الخصوص با توجه به اینکه از لحاظ اقتصادی و اشتغال، این صنعت اهمیت بسزایی برای کشور دارد و در صورتی که اقدامات به‌موقع برای نفوذدهی فناوری چاپ سه‌بعدی در این صنعت رخ ندهد، تولید رقابتی و ارزش‌آفرین نسبت به رقبای جهانی، با مخاطرات جدی مواجه خواهد شد.

به‌طور کلی می‌توان عنوان نمود که چاپ سه‌بعدی باعث تحول و پیشرفت صنعت فولاد ایران خواهد شد؛ زیرا که ماهیت فناوری‌های برافکن به‌گونه‌ای است که موجب جایگزینی فرآیندها و تجهیزات می‌شود. برای نمونه، با بهره‌گیری از چاپ سه‌بعدی تولید فولاد را بی‌نیاز از مراحل نورد گرم، نورد سرد، برش، خمش و غیره می‌کند.

د) پیشنهادات

به وضعیت برافکنی و تکاملی فناوری‌ها در بخش‌های پیشین خلاصه مدیریتی، اشاره شد. از منظر شیوه همکاری و ارزش‌آفرینی، طبق برآوردهای این پژوهش در دو فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، شرکت‌های فولادسازی با شرکت‌های پیشرو نرم‌افزاری و مخابراتی مانند زیمنس، هوآوی، بایدو، نوکیا، اشنایدر الکترونیک و مایکروسافت همکاری کرده‌اند و نوع همکاری آن‌ها «بین‌صنعتی» بوده است. در زمینه چاپ سه‌بعدی، شرکت‌های فولادساز در زمینه توسعه پودرهای فلزی و ساخت دستگاه‌ها با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و فناوری همکاری داشته‌اند و البته بخش تحقیق و توسعه

داخلی خود را نیز در این زمینه فعال کرده‌اند. همچنین شرکت‌های فولادی در زمینه هر سه فناوری، با اکوسیستم استارت‌آپی فعالیت داشته‌اند که در گزارش به مصادیق اشاره شده است.

برای صنعت فولاد ایران، فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیا با توجه به حجم زیاد «داده» تولیدشده در این صنعت می‌تواند فرصت‌ساز باشد. به‌ویژه پیشنهاد می‌شود در چهار حوزه «بهینه‌سازی مصرف آب و انرژی»، «تعمیرات و نگهداری»، «افزایش سطح ایمنی» و «بازاریابی و فروش»، از فرصت‌های حاصل از این دو فناوری در صنعت فولاد، بهره‌برداری شود. در حوزه چاپ سه‌بعدی، ورود به حوزه پودرهای فلزی با توجه به پیش‌بینی‌های امیدبخش از بازار روبه‌توسعه این پودرها، پیشنهاد می‌شود.

در پایان در قالب جدول ذیل، برنامه‌های پیشنهادی این گزارش در سطح ایمیدرو به همراه استنادات و زمان عملیاتی پیشنهادی آن اشاره شده است.

جدول ۴: برنامه‌های پیشنهادی در سطح ایمیدرو

ردیف	عنوان پیشنهاد	دلایل	زمان عملیاتی کردن
۱	ارسال گزارش‌های سه‌گانه به شرکت‌های فولادساز و تأکید بر الزام آن‌ها برای اعلام برنامه‌های توسعه‌ای خود در راستای هر سه فناوری ^۱ (و کسب تأیید شرکت ملی فولاد) و ابلاغ رسمی برنامه‌های توسعه به شرکت‌های فولادساز از سمت ایمیدرو.	براساس تجارب جهانی، بعضاً نهاد حاکمیتی کشورها، صنایع بزرگ را به توسعه فناوری‌های نوین ملزم کرده‌اند (به‌عنوان نمونه چین و کره). همچنین به سبب افزایش تعامل، پیشنهاد شده است که برنامه اولیه توسط خود شرکت‌ها و با توجه به مطالعات این سه گزارش ارائه شود.	در سه‌ماهه اول سال ۱۴۰۰، امکان دریافت برنامه شرکت‌های بزرگ و ابلاغ برنامه تا افق سه‌ساله وجود دارد. انتظار می‌رود موعدهای گزارش‌دهی نیز یک‌ساله باشد.
۲	تمرکز بر بخش داده‌های اکتشاف ^۲ در زنجیره صنعت آهن و فولاد برای توسعه هوش مصنوعی (و فناوری داده کلان).	در زنجیره صنعت آهن و فولاد، بخش‌هایی که بیشتر حجم داده تولیدی را دارند، برای استفاده فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، قابلیت بیشتری دارند.	در برنامه ابلاغی به شرکت‌های آهن و فولاد (عطف به ردیف ۱ این جدول) به شرکت‌هایی مانند گل‌گهر و چادرمو در همان بازه زمانی قابل ابلاغ است.
۳	بررسی امکان‌سنجی طراحی و احداث یک واحد کوچک‌مقیاس	طراحی یک واحد الگو و قابل قیاس از لحاظ متغیرهای سرمایه‌گذاری، بهره‌وری و سوددهی برای کل صنعت فولاد کشور. از لحاظ تجارب جهانی، شرکت بیگ‌ریوراستیل	در قالب یک طرح مطالعاتی امکان‌سنجی با کنسرسیومی از ۳ تا ۵ شرکت فولادساز و نماینده ایمیدرو و شرکت ملی فولاد، برای مشارکت در

^۱ برگرفته از پیشنهاد نماینده محترم شرکت ملی فولاد در جلسه ارائه و خبرگی.

^۲ برگرفته از پیشنهاد نماینده محترم بخش صنایع معدنی در سازمان ایمیدرو در جلسه ارائه و خبرگی.

ردیف	عنوان پیشنهاد	دلایل	زمان عملیاتی کردن
	تمام هوشمند در زمینه تولید فولاد ^۱ .	نمونه مناسبی از این شیوه پایلوت سازی است.	مراحل مطالعه، قابل انجام است. مطالعه مشارکتی و با کمک مجموعه‌ای دانشگاهی در مدت زمان یک‌ساله، پیشنهاد می‌شود.
۴	بازنگری و به‌روزرسانی راهبردها و رویکردهای کنشگری فعلی ایمیدرو به سمت پشتیبانی و تسهیلگری از توسعه فناوری‌های نوین در صنعت فولاد.	باتوجه به مأموریت توسعه‌ای سازمان ایمیدرو و شرکت ملی فولاد و حساسیت فناوری‌های نو برای آینده صنعت فولاد، لازم است مجموعه‌های مذکور در مقابل ورود به بحث‌های تنظیم‌گری بازار فولاد یا برنامه‌های توسعه کمیتی تولید فولاد، به حوزه‌های خطرپذیر و حیاتی ورود پیدا کنند.	باتوجه به افق ۱۴۰۴ و ۱۴۱۰، برای این دو افق، امکان بازنگری در استراتژی‌های فعلی ایمیدرو فراهم است. مطالعات لازم برای این بازنگری در بازه سال آینده و با برگزاری پنل‌های خبرگی، پیشنهاد می‌شود.
۵	تدوین نقشه‌راه، اولویت‌گذاری و تقسیم کار ملی برای توسعه فناوری‌های نوین در صنعت فولاد.	باتوجه به ریسک‌محور بودن و تعدد کاربرد فناوری‌های نوین و تجارب جهانی در «تدوین نقشه‌راه توسعه فناوری»، نیاز به داشتن برنامه در افق ۳ ساله تا ۱۰ ساله برای توسعه این فناوری‌ها در صنعت فولاد و مشخص‌نمودن دقیق نقش‌های هر بخش است.	مشابه با ردیف سوم، در افق ۱۴۰۴ و افق ۱۴۱۰ و با تعریف پروژه کارگاه‌محور نقشه‌راه فناوری و در زمان ۶ ماهه قابل انجام است.
۶	حمایت کامل (مادی، معنوی، پوشش ریسک، خرید محصول و ...) از پایلوت فناوری‌های برافکن در شرکت‌های بزرگ صنعت فولاد توسط بخش تحقیق و توسعه ایمیدرو.	فناوری‌های نو، از نوع خطرپذیر محسوب می‌شوند و به همین سبب مشمول سرمایه‌گذاری خطرپذیر می‌گردند. به همین سبب باید سازمان‌هایی که متولی توسعه هستند، بخشی از ریسک شرکت‌های بزرگ فولادی را متقبل شوند.	تدوین آیین‌نامه حمایتی در بازه ۶ ماهه نخست سال ۱۴۰۰ قابل انجام است. به‌صورت آزمایشی در سال ۱۴۰۱ و با بهبود آن تا سال ۱۴۰۴ قابل تمدید است.
۷	استفاده از حداقل ظرفیت‌های ممکن و در دسترس برای همکاری‌های بین‌المللی (استفاده از ظرفیت ارتباطات بین‌المللی با چین، روسیه و در مراتب بعدی هند و استرالیا).	باتوجه به تجارب کم کشور در زمینه فناوری‌های نو و تجارب شرکت‌های فولادساز جهانی در نفوذدهی این فناوری‌ها، امکان انتقال فناوری و تسریع فرآیند توسعه فناوری‌های نو، الزامی است.	رصد فرصت‌های انتقال فناوری و ارائه برنامه زمان‌بندی، باید در برنامه ابلاغی به شرکت‌های فولادساز طبق زمان‌بندی ردیف ۱ انجام شود.
۸	طراحی دوره‌های آموزشی با مشارکت دانشگاه‌ها و شرکت‌های صنعتی برای آموزش بینارشته‌ای در حوزه هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و چاپ سه‌بعدی.	همکاری شرکت‌های فولادساز با دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی در توسعه فناوری‌های نوین، شواهد متعدد دارد. حرکت دانشگاه‌ها به سمت رشته‌های بین‌رشته‌ای نیز یک روند رصدشده در حوزه آموزش عالی است.	طراحی دوره‌های کوتاه‌مدت با دانشگاه‌ها برای ترم پاییز سال ۱۴۰۰-۱۴۰۱، امکان‌پذیر است. اما برای کسب مجوزها از وزارت علوم و جلب مشارکت دانشگاه‌ها و تدوین سرفصل دوره‌ها، نیاز

^۱ برگرفته از پیشنهاد نماینده محترم بخش صنایع معدنی در سازمان ایمیدرو در جلسه ارائه و خبرگی.

ردیف	عنوان پیشنهاد	دلایل	زمان عملیاتی کردن
		برنامه ریزی برای نیروی کار آینده معادن با مشارکت دانشگاه‌ها نیز در سطح شرکت‌های تراز آهن و فولاد مصداق دارد.	به برنامه فشرده در ۶ ماه نخست سال ۱۴۰۰ است.
۹	منوط کردن برنامه‌ها و مجوزهای توسعه آتی به شرکت‌های فولادساز به ارائه برنامه کامل برای نفوذدهی فناوری‌های نوین (مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، چاپ سه بعدی، کلان داده، بلاکچین و غیره).	یکی از مهم‌ترین ابزارهای حاکمیتی برای کنترل و اعمال فشار بر صنعت، موضوع مجوزها و نظارت‌های بعد از آن است. باتوجه به حساسیت‌های تاریخی در صنعت فولاد ایران نسبت به مجوزهای توسعه، می‌توان دریچه‌ای برای ارائه مجوزها به شرکت‌ها برای نفوذدهی کامل فناوری‌های نوین فراهم کرد.	باتوجه به دوره زمانی دولت فعلی و تغییرات در نظام سیاست‌گذاری در پی تغییر دولت‌ها، انتظار نمی‌رود این پیشنهاد زودتر افاق سال ۱۴۰۱ عملیاتی شود. لیکن می‌شود از ابتدای تغییر دولت جدید، توسط بدنه کارشناسی سازمان ایمیدرو و شرکت ملی فولاد، برای آن رایزنی شود.