اثرات کاربرد هوش مصنوعی در معادن وصنایع معدنی و چالش های پیش رو

مجید وفائی‌فرد؛ مجری طرح ایجاد زیست‌بوم نوآوری و فناوری معادن و صنایع معدنی (ایمینو)
پژمان تیموری؛ واحد تجاری‌سازی و فن‌بازار طرح زیست‌بوم نوآوری و فناوری معادن و صنایع معدنی (ایمینو)

1-مقدمه: بسیاری از مدیران صنایع تصور می‌کنند که برای هوشمندسازی فرآیندها، بایست برای هر فرآیند یا زیرفرآیند، اشیاء یا دستگاه‌های مجهز به هوش مصنوعی را مانند یک کالا یا یک قطعه‌ی یدکی خریداری کنند و با نصب آنها اقدام به هوشمندسازی سیستم‌ها نمایند،درحالیکه هوش مصنوعی نه تنها زیرساخت و برنامه‌ریزی می‌خواهد، بلکه می بایست از درون و بطن خود سازمان‌ها، شرکت‌ها و کارخانجات آغاز گردد. هوش مصنوعی در بستر حرکت و تحول دیجیتال تحقق می‌یابد و قبل از حرکت بسوی هوش مصنوعی، زیرساخت‌های زیادی برای ایجاد تحول دیجیتال در یک سازمان مورد نیاز است. برای ایجاد تحول دیجیتال، ابتدا یک سازمان، شرکت، کارخانه و ...، می بایست فرآیند دیجیتایزکردن یعنی تبدیل داده‌ها و اطلاعات به فایل‌های کامپیوتری را آغاز نماید و سپس قدرت تحلیل داده‌ها را در درون سیستم افزایش دهد تا بتواند داده‌ها و اطلاعات موجود را تبدیل به دانش نماید. با پرورش دانش در یک سازمان یا شرکت و شناسائی چالش‌ها یا نیازها در بطن آنها، حرکت بسوی تولید و ارائه‌ی محصولات دانش‌بنیان جهت ایجاد ارزش افزوده یا فناوری و نوآوری صورت می‌گیرد. بنابراین تحلیل داده‌ها در یک سازمان یا شرکت ختم به ایجاد دانش می‌شود و بلوغ دانش در سازمان سبب ایجاد توانمندی برای حل چالش‌ها و ارائه‌ی محصولاتی می‌شود که به محصولات دانش‌بنیان موسوم هستند و اقتصاد دانش‌بنیان نیز ملهم از همین رویکرد می‌باشد.

برای واردنمودن هوش مصنوعی در مدیریت صنایع و تحقق اتوماسیون پیشرفته‌ی صنعتی و فرآیندی، الزاما نیاز به ارائه‌ی محصولات دانش‌بنیان نمی‌باشد، بلکه برای حرکت به سمت هوش مصنوعی ابتدا بایست یک سازمان از فرآیند دیجیتایزنمودن، به سمت افزایش داده‌ها و سازماندهی آنها و سپس تحلیل داده‌ها حرکت نماید. پس از نیل به بلوغ و پختگی در تحلیل‌ها در یک سیستم، آن سیستم بایست بتواند الگوریتم‌های اجرائی، عملیاتی، مدیریتی یا فرآیندی را برای ایجاد بهره‌وری یعنی افزایش کیفیت و کمیت در یک سیستم، احصاء و ایجاد نماید. ارائه‌ی الگوریتم‌ها می‌توانند قدرت تصمیم‌گیری را افزایش دهند و در نتیجه می‌توان با ارائه‌ی آموزش به یک ماشین، قدرت تصمیم‌گیری را از انسان به همان ماشین منتقل نمود تا منبعد تحلیل‌ها بسرعت توسط هوش مصنوعی یا یک ابزار مجهز به اتوماسیون هوشمند، انجام شود و تصمیم‌گیری نیز بسرعت توسط ابزار مجهز به هوش مصنوعی اتخاذ گردد.

داده‌هایی که برای تحلیل سیستمی و سپس ایجاد آموزش ماشینی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بایست در آن واحد از کمیت و کیفیت و برخوردار باشند. بنابراین قبل از هر چیز و مقدم بر ارائه‌ی هرگونه تحلیل داده‌ها، خود داده‌ها بایست بدرستی پایش شوند تا تحلیل‌های درست و دقیق‌تری ارائه شوند. این امر به افزایش دقت در آموزش ماشینی کمک شایانی می‌کند.

2-چالشها در معادن وصنایع معدنی: بزرگترین معضل و چالش در شرکت‌ها، سازمان‌ها و کارخانه‌ها بالاخص در بخش معادن و صنایع معدنی ایران این است که اولا بدلیل عدم وجود بسترهای لازم برای سیر در مسیر تحول دیجیتال، امکان گردآوری داده وجود ندارد یا حتی اگر امکان گردآوری داده‌ها و اطلاعات در مورد یک سیستم خاص مقدور باشد، امکان افزایش کمیت داده‌ها و تبدیل آنها به متاداده‌ها یا داده‌های بزرگ وجود ندارد. بشر خودش می‌تواند بسیاری از داده‌ها را تحلیل کند، لیکن با افزایش کمیت

داده‌ها و تبدیل آنها به داده‌های کلان یا اصطلاحا کلان‌داده‌ها، ذهن بشر دیگر یارای تحلیل ندارد و اینجاست که انسان بایست بتواند الگوریتمی طراحی نماید که از پس تحلیل کلان‌داده‌ها بصورت زمان واقعی برآید تا بدینوسیله ماشین، ابزار یا دستگاهی که به این الگوریتم آموزش مجهز گردیده، بتواند بصورت بلادرنگ تصمیم‌گیری نماید.

برای بررسی ارزش و اهمیت کمیت داده‌ها جهت تجزیه و تحلیل، بهتر است سراغ مثال‌های ملموس برویم. یک دستگاه حفاری را در نظر بگیرید که در حال حفاری گمانه‌های اکتشافی است. اگر این دستگاه‌ها فاقد سیستم‌های اندازه‌گیری دیجیتال برای ثبت داده‌های حاصل از حفاری نظیر تراست پشت سرمته، سرعت چرخش سرمته، افت احتمالی راد (Rod Fall)، گشتاور حفاری (گشتاور گیربکس)، نرخ یا سرعت حفاری (متر در واحد زمان)، نرخ نفوذ (متر به ازای تعداد مشخصی دوران سرمته در واحد زمان) و بسیاری از پارامترهای دیگر باشند، چگونه می‌توان داده‌های زیاد و متنوع برای ارائه‌ی تجزیه و تحلیل بدست آورد؟ بسیاری از دستگاه‌های حفاری فعال در سطح معادن کشور، آنقدر قدیمی هستند که بعضا فقط می‌توان فشار پمپ‌ها و گیربکس‌های هیدرولیکی را آنهم از طریق گیج‌های آنالوگ که دقت آنها به مراتب از گیج‌های دیجیتال پائین‌تر است، قرائت نمود و اساسا چنین پارامترهایی صرفا برای کنترل سلامت دستگاه و عدم تخطی از پارامترهای آستانه‌ی دستگاه‌ها اهمیت دارند نه حتی برای برنامه‌ریزی جهت اهداف تعمیر و نگهداری و بالاتر از آن برای اهداف مدیریت خودکار در عملیات حفاری.

دومین معضل در صنایع ایران، اساسا کیفیت خود داده‌ها است چه رسد به کیفیت کلان‌داده‌ها. بسیاری از داده‌هایی که ما در صنایع معدنی بدست می‌آوریم، فاقد کیفیت لازم برای بهره‌برداری و تجزیه و تحلیل جهت نیل به دانش در نزد یک سیستم هستند. آنچه که سبب کاهش کیفیت داده‌ها می‌شود، بروز خطا حین قرائت داده‌ها می‌باشد. آنچه که سبب بروز خطا و کاهش کیفیت داده‌ها می‌شود، ضعف در پایش دقیق داده‌ها و نظارت بر آنها است. برای پایش داده‌ها در معادن و صنایع معدنی، بایست بجای استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری آنالوگ نظیر همان گیج‌های متداول آنالوگ، به سمت استفاده از گیج‌های اندازه‌گیری دیجیتال و ابزارهای دقیق برویم تا دقت اندازه‌گیری‌هایمان را افزایش دهیم. ما هنوز در سیستم‌های اندازه‌گیری آنالوگ جا مانده‌ایم و اقبال زیادی در استفاده از سیستم‌های اندازه‌گیری دیجیتال و ابزارهای دقیق نداشته‌ایم.

بعنوان مثال درموضوع نقش بروز خطا در کاهش کیفیت داده‌ها فرض کنیم که در یک تونل معدنی ، ابزارهای دقیق مختلف نظیر پین‌های همگرائی نصب کرده‌ایم. تغییر دمای محیط تونل یا استفاده از مترهای اندازه‌گیری غیردیجیتالی و ... می‌توانند بر روی داده‌های قرائت‌شده از پین‌های همگرائی تاثیر بگذارند و کیفیت داده‌ها را کاهش دهند. در همان مثال قبل در مورد دستگاه حفاری، مشکلات مکانیکی دستگاه یا استفاده از گیج‌های آنالوگ نامناسب (گیج‌های با دامنه‌ی اندازه‌گیری فشرده) سبب بروز نوسان در عقربه‌ی دستگاه و کاهش دقت اندازه‌گیری‌ها و در نتیجه افت کیفیت داده‌های بدست‌آمده می‌شوند.

بسیاری از دستگاه‌های حفاری پیشرفته دارای سیستم‌های ثبات دیجیتال با قابلیت اندازه‌گیری پارامترهای مختلف هستند. در یک کلام بایست گفت که برای افزایش کیفیت داده‌ها و نیز کمیت آنها، بایست اندازه‌گیری‌ها را سنسوری نمود. یکی از بهترین راه‌های سنسوری کردن، استفاده از مدول‌های اندازه‌گیری دقیق نظیر ابزارهای دقیق است. ابزارهای دقیق به مدد استفاده از سنسورهای با دقت بالا و کاملا حساس، می‌توانند داده‌های بسیار زیاد و دقیقی را ثبت نموده و برای تحلیل در اختیار ما قرار دهند.

استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری غیردقیق نظیر گیج‌های آنالوگ، به دلیل بروز خطاهای زیاد، سبب ایجاد تشتت در نتایج و در نتیجه ایجاد صعوبت در تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌شوند.
سومین معضل در معادن و صنایع معدنی ایران، ضعف در تجزیه و تحلیل داده‌ها است. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیاز به افراد باتجربه، متخصص و دارای دانش مکفی داریم. بطور کلی در صنایع با کمبود نیروهای فرآیندی و عملیاتی که قابلیت و توانمندی تجزیه و تحلیل داشته باشند، روبرو هستیم. قدرت تجزیه و تحلیل نه تنها به سواد آکادمیک بستگی دارد، بلکه به میزان درگیری با فرآیندهای عملیاتی و تجارب اجرائی و عملیاتی افراد بستگی دارد. آنچه که سبب ایجاد پیوند بین دانش آکادمیک و دانش تجربی افراد و در نتیجه افزایش قدرت تجزیه و تحلیل می‌شود، آموزش‌های مهم فرآیندی و عملیاتی است. آموزش سبب می‌شود تا یک فرد دارای تجربه‌ی اجرائی بتواند به صرافت احصاء چالش‌ها، نیازها، کمبودها و مشکلات فنی موجود در خطوط تولید، ساخت و ... و ارائه‌ی راهکار برای حل آنها بیفتد و مسیر تحول دیجیتال شامل دیجیتایزکردن، دیجیتالی‌کردن دستگاه‌ها، تجهیزات و خدمات، پایش داده‌ها، کنترل دیجیتالی عملیات و ... را تا سطح رسیدن به اتوماسیون دیجیتال پیشرفته و در نهایت بکارگیری هوش مصنوعی در فرآیندها و کنترل عملیات، بخوبی طی نماید.
3-چالشهای زیست محیطی: ما در دنیای امروز به دلیل بروز تغییرات اقلیمی و به بیان بهتر افزایش شدت و نوع رخدادهای ناشی از تغییرات اقلیمی (نظیر سیل و خشکسالی)، با سطح بی‌سابقه‌ایی از تهدیدات مواجه هستیم. تغییرات اقلیمی بشر را ناچار به سناریوسازی برای تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی دقیق‌تر در زمینه‌ی تاثیر تغییرات اقلیمی بر فعالیت‌های صنعتی، محیطزیست، میزان تولید گازهای گلخانه‌ایی و ... نموده است. این شرایط، نیاز به افزایش عمق تحلیل‌ها و گستردگی تحلیل‌ها را بیشتر نموده و در نتیجه نیاز به استفاده از قدرت هوش مصنوعی جهت تجزیه و تحلیل و همچنین تصمیم‌گیری را نیز بیشتر نموده است. اگر به اندازه‌ی کافی افراد زبده و تحلیل‌گر نداشته باشیم تا بتوانند با تکیه بر تجارب ارزنده نسبت به ارائه‌ی تحلیل و تبدیل تحلیل‌ها به الگوریتم‌های تشخیصی هوش مصنوعی، اقدام نمایند، طبیعتا استفاده از هوش مصنوعی نمی‌تواند مثمرثمر باشد و بلکه ممکن است مخرب نیز باشد.
برای شناسائی نیازهای آینده و بطور کلی ارتقای نوآوری و فناوری در معادن و صنایع معدنی، سوای تحلیل‌های فنی و اقتصادی، تغییرات اقلیمی بایست مدنظر قرار گیرند. بعنوان مثال در 20 سال گذشته، نرخ تبخیر- تعریق و شوری آب‌های زیرزمینی در کشورمان بیش از 30 درصد افزایش یافته است. طبیعتا تغییر شوری، یک محرک دینامیکی بسیار قوی و تاثیرگذار بر روی فرآیندهای فلوتاسیون و بطور کلی فرآوری مواد معدنی خواهد بود. لذا شاید لازم باشد قبل از احداث یا توسعه‌ی هر کارخانه‌ی فرآوری در آینده، ابتدا به فکر شیرین‌سازی منابع آب مصرفی کارخانه‌ها باشیم.
نیاز ما به انسان‌های تحلیل‌گر، روز بروز افزایش می‌یابد. این انسان‌های تحلیل‌گر هستند که می‌توانند با شناسائی مخاطرات، چالش‌ها و نیازهای حال و آینده آنهم با نگرش به سناریوها و الزامات ناشی از تغییرات اقلیمی، ضمن ارزیابی دقیق و واقع‌گرایانه‌ی ریسک‌ها، ما را بسوی استفاده از هوش مصنوعی در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌های مبتنی بر کلان‌داده‌ها سوق دهند.
4-راهبرد هوش مصنوعی و تحول دیجیتال: هوش مصنوعی در انتهای تحول دیجیتال قرار دارد، لیکن نکته‌ی مهم این است که تحول دیجیتال بایست بصورت تدریجی انجام شود. این بدان معناست که نمی‌توان کل یک سیستم بزرگ مانند یک معدن یا یک کارخانه‌ی فرآوری را در مقیاس کامل توسط هوش مصنوعی هدایت نمود و هوش مصنوعی بایست ابتدا در زیرفرآیندها ساری و جاری شود و سپس مدیریت فرآیندهای اصلی و در نهایت مدیریت کل یک سیستم به هوش مصنوعی سپرده شود. هوش

مصـنوعی در معادن و صـنایع معدنی در حال حاضـر عمدتا برای اهدافی نظیر افزایش ایمنی و کارائی مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد و اسـتفاده از آن برای ارتقای بهره‌وری سـیسـتمی نظیر کمیت و کیفیت محصـولات و بطوری کلی ایجاد زنجیره‌ی ارزش، بسـیار کم اسـت، زیرا مقوله یا حوزه‌ی اخیر از حساسیت بالاتری برخوردار است و نمی‌توان مدیریت آن را به آسانی به هوش مصنوعی سپرد.
بنابراین در معادن و صنایع معدنی نیز هوش مصنوعی بایست بتدریج در فعالیت‌های اکتشافی، استخراج و فرآوری وارد شـود. شـرکت‌های بزرگ معدنی دنیا نظیر VaLe در برزیل، BHP در اسـترالیا و Rio Tinto در کانادا نیز از چنین سـیاسـتی پیروی می‌کنند و با اسـتفاده از اینترنت اشـیاء، در فاز اول برای افزایش ایمنی و کارائی در معادن برنامه‌ریزی می‌کنند تا بتوانند بمرور مدیریت هوش مصـنوعی را در فرآیندهای عملیاتی ساده‌تر جاری نمایند. برای تحقق فاز اول هوشمندسازی در معادن، ابتدا ارتباطات در معادن از طریق اینترنت اشـیاء متحول و تقویت می‌گردد و در این فاز عموما از هوش مصـنوعی برای کنترل موقعیت‌ها و وضـعیت‌هایی که از نظر کاری یا ماموریتی بسـیار مهم و بحرانی هسـتند، اسـتفاده نمی‌شـود. در مرحله‌ی بعدی از فاز اول، از اینترنت اشـیاء برای کنترل دسـتگاه‌هائی که دارای اسـتهلاک هسـتند یا مصـرف انرژی قابل‌ملاحظه‌ایی دارند (نظیر پایش ارتعاش، غلتک‌ها، نوارهای نقاله، پایش‌های زیسـت‌محیطی، ابزارهـا و تجهیزات ژئوتکنیکی) و نیز نقـاطی کـه نزدیـک بـه مراکز کنترل بوده و تقاضاهای خاص برای مصرف انرژی یا الزام سطح ایمنی حداقلی دارند، استفاده می‌شوند و فعلا حتی در این شـرکت‌ها نیز پلاتفرم مشـخصـی برای اسـتفاده از هوش مصـنوعی در مقیاس وسـیع وجود ندارد. در برخی از سایت‌های مهم در این شرکت‌ها، برای افزایش کارائی عملیاتی و ایمنی در معادن، از حمل‌ونقل هوشمند استفاده می‌شود.
ماشـین‌آلات مهم و حیاتی، به مثابه تکنولوژی عملیاتی (OT یا Operational Technology) هسـتند. تکنولوژی‌های عملیاتی در واقع سیستم‌های قابل برنامه‌ریزی یا دستگاه‌هایی هستند که فرآیندهای فیزیکی و مولفه‌های فیزیکی زیرسـاخت‌ها را کنترل می‌کنند. برای آنکه بتوان این تکنولوژی‌های عملیاتی را از طریق هوش مصـنوعی کنترل نمود، بایسـت اولا دسـترسـی نزدیکی به اجزای فیزیکی آنها وجود داشـته باشـد، ثانیا این اجزای فیزیکی از پیچیدگی خاصـی برخوردار نباشـند و ثالثا، این اجزای فیزیکی زیرمجموعه‌ی تکنولوژی‌های عملیاتی، در تمام جنبه‌های عملیاتی و فرآیندها، دارای وفور باشـند. الزام مهم دیگر برای تکنولوژی‌های عملیاتی این است که بایست امکان جمع‌آوری داده از اجزای فیزیکی آنها بصـورت برخط و در زمان واقعی وجود داشـته باشـد و داده‌ها صـرفا بصـورت Offline تجزیه و تحلیل نشوند.
مشـکل اصـلی کنترل زیرسـاخت‌های فیزیکی در تکنولوژی‌های عملیاتی، دوربودن سـایت‌های عملیاتی از محدوده‌ی دسترسی ارتباطات می‌باشد که ارتباطات ماهواره‌ایی می‌تواند به مرور آنها را حل نماید.
باید توجه داشـت که هوشـمندسـازی به معنی ادغام تکنولوژی عملیاتی با اینترنت اشـیاء (Internet of Things یا IoT) نیست، بلکه بایست تکنولوژی‌های عملیاتی و اینترنت اشیاء بصورت ایزوله در لایه‌های مجزا باقی بمانند. در واقع مرکز ثقل امنیت در معدن‌کاری، همان تکنولوژی عملیاتی است.
برای رسیدن به تکنولوژی عملیاتی در معادن و صـنایع معدنی، هنوز نیاز به جمع‌آوری داده‌های عملیاتی بیشـتری داریم. تکنولوژی عملیاتی در واقع روش اسـتفاده از سـخت افزار و نرم‌افزار برای کنترل تجهیزات معدنی اسـت و قبل از هر چیز با دنیای فیزیکی تعامل دارد و بطور کلی مرتبط با سـیسـتم‌های کنترل و ایمنی، اشیاء و نیز مالکیت فرآیندهای صنعتی می‌باشد.

استفاده از هوش مصنوعی جهت اکتشافات معدنی، روبه گسترش است و استفاده از داده‌های ماهواره‌ایی مبتنی بر هوش مصنوعی، کاربرد گسترده‌تری در اکشتافات معدنی پیدا کرده‌اند.
تلفیق تصاویر ماهواره‌ایی با الگوریتم‌های پیشرفته‌ی آموزش ماشینی مبتنی بر هوش مصنوعی، امکان شناسائی نهشته‌های معدنی از راه دور و نیز تجزیه و تحلیل آنها را فراهم می‌نماید. بطور کلی، اکتشافات معدنی مبتنی بر ماهواره می‌توانند به شرکت‌های معدنی کمک کنند تا تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد کیفیت و کمیت منابع معدنی در یک ناحیه‌ی مشخص بگیرند. بعلاوه، تکنولوژی‌های اکتشافات ماهواره‌ایی سبب افزایش ایمنی و کاهش ریسک ناشی از اکتشافات می‌شوند.
تلفیق تکنولوژی هوش مصنوعی و تکنولوژی ماهواره در حال منجرشدن به استخراج مقرون‌بصرفه‌تر و پربازده‌تر در منابع معدنی می‌باشد. سیستم‌های مبتنی بر ماهواره می‌توانند از هوش مصنوعی برای آنالیز داده‌های فراوان حاصل از تصاویر ماهواره‌ایی جهت شناسائی حوزه‌هایی که دارای بیشترین پتانسیل برای نهشته‌های معدنی هستند، استفاده نمایند. این داده‌ها می‌توانند با سایر تکنیک‌های اکتشافی سنتی از قبیل ژئوفیزیک و داده‌های زمین‌شناسی تلفیق و توام شوند تا بدینوسیله تصویر دقیق‌تری از حوزه یا ناحیه‌ی خاص دارای پتانسیل معدنی در اختیار ما قرار دهند. بعنوان مثال اکنون پهبادها سوای نقشه‌برداری، برای انجام اکتشافات ژئوفیزیکی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند و داده‌های حاصل از برداشت‌های ژئوفیزیکی پهبادها را می‌توان با داده‌های زمین‌شناسی و اطلاعات حاصل از لاگ‌های حفاری گمانه‌ها تلفیق نمود.
پهبادها از تکنولوژی‌های الکترومغناطیسی پیشرفته استفاده می‌نمایند تا بتوانند داده‌های الکترومغناطیسی، مغناطیسی و رادیومتری را از هواپیماهای خودران که برای نقشه‌برداری پهنه‌ها و دشت‌ها استفاده می‌شوند، جمع‌آوری نمایند. با تجزیه و تحلیل این داده‌های جمع‌آوری‌شده می‌توان نواحی مورد نیاز برای حفاری‌های اکتشافی را تعیین و تدقیق نمود و از اتلاف هزینه‌های به واسطه‌ی عملیات اکتشافی گسترده جلوگیری نمود.
برای طبقه‌بندی و مرتب‌سازی داده‌ها بالاخص در عملیات اکتشافی نیز از هوش مصنوعی استفاده می‌شود. سنسورهای مادون قرمز (Infrared)، سنسورهای انتقال اشعه‌ی ایکس (X-Ray Transmissions)، اسکن‌های لیزری و سنجش الکترومغناطیس (Electromagnetic Sensing)، همگی برای کمک به مرتب‌سازی فرآیندها بکار می‌روند. اکنون، آموزش ماشینی نیز به این تکنولوژی‌ها افزوده شده و به ماشین‌های مرتب‌سازی داده‌ها که دارای نرم‌افزارهای آموزشی هستند، امکان می‌دهد تا فرآیندها را بطور پیوسته بهبود بخشیده و آنها را خودبخود بهینه‌سازی نمایند.