



سامانه‌های بینایی مبتنی بر هوش مصنوعی، ایمنی محیط کار را متحول می‌کنند^۱

ترجمه: مینو همراهی^۲

مدیران ایمنی با یک چالش همیشگی دست به گریباند: با وجود تمام تلاش‌ها و تعهدی که برای حفظ جان کارکنان دارند، کماکان آسیب‌های قابل پیشگیری به‌وقوع می‌پیوندد. اما مشکل از بی‌توجهی نیست، بلکه در کاستی‌های ذاتی رویکردهای سنتی ایمنی نشأت دارد: اولویت‌های متعارض، محدودیت منابع و به‌ویژه، کمبود شدید داده‌های شاخص پیش‌نگر. این عوامل، پیشگیری از ریسک را به امری بسیار دشوار تبدیل کرده است.

در سال ۲۰۲۳، بنگاه‌های اقتصادی آمریکا بیش از ۱۷۶ میلیارد دلار هزینه مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث شغلی را متحمل شدند که ۵۳ میلیارد دلار آن، زیان ناشی از کاهش بهره‌وری و ۳۶ میلیارد دلار بابت هزینه‌های درمانی بود [۱]. چه بسا درناتر اینکه تنها در همین سال، بیش از ۵۰۰۰ نیروی کار در ایالات متحده جان خود را در محیط کار از دست دادند. این تراژدی‌ها، رویدادهایی اتفاقی نیستند، بلکه حاصل ریسک‌های کوچک و به ظاهر ناچیزی هستند که دیده نشده و بنابراین کنترل نمی‌شوند: گذرگاه‌های شلوغ؛ روش‌های خطرناک کار با لیفتراک؛ عوامل ارگونومیک آسیب‌زا؛ و حوادثی که در نهایت تأثیر مستقیم و بسزایی بر عملکرد مالی و سودآوری سازمان بر جای می‌گذارند.

تأثیر اقتصادی این حوادث به‌سرعت تشدید می‌شود: از توقف کاری کارکنان و اخلاف در نوبت‌های کاری گرفته تا جابجایی نیروی کار، افزایش هزینه‌های بیمه و در صورت بروز آسیب‌های شدید، خدشه‌دار شدن اعتبار بنگاه. از سوی دیگر، به‌دلیل ماهیت دستی بودن گردآوری داده‌های ایمنی، این اطلاعات غالباً با سوگیری، پراکندگی، تأخیر و نقص همراه هستند که این

۱. این متن، ترجمه‌ای از مقاله زیر است:

Skipper C. AI-Powered Vision Systems Are Redefining Workplace Safety [Internet]. OH&S. 2025. Available from: <https://ohsonline.com/Articles/2025/10/21/AI-Powered-Vision-Systems-Are-Redefining-Workplace-Safety.aspx?Page=1>

۲. پژوهشگر، مؤسسه کار و تأمین اجتماعی

شاخص واپس‌نگر^۲ دارند تا پیش‌نگر^۳. هرچند بررسی حوادث از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، اما این بررسی‌ها پس از آنکه فردی آسیب دید، انجام می‌شود و در آن زمان، بهترین کاری که متخصصان ایمنی می‌توانند انجام دهند، پیشگیری از حادثه بعدی است.

متأسفانه، شناسایی ریسک‌ها به‌معنای حل کردن آنها نیست. موارد اقدام، اغلب بین نوبت‌های کاری، بخش‌ها و سایت‌های مختلف گم می‌شوند. اگرچه روش‌های نظام‌مند برای پیگیری مداخلات و سنجش اثربخشی آنها وجود دارد، اما این روش‌ها غالباً بسیار ناکارآمد بوده و به تلاش دستی قابل‌توجهی نیاز دارند که با سایر الزامات عملیاتی در رقابت است. داده‌های دیر هنگام، سوگیرانه و ناقص شاخص‌های پیش‌نگر، تهیه و ارائه توجیه اقتصادی برای اقدامات ایمنی را در بهترین حالت، دشوار می‌سازد. این امر، اجرای اقدامات پیشگیرانه را متوقف کرده و مسئول ایمنی را مجبور می‌کند تا برای اجرای یک کنترل، منتظر وقوع حادثه بماند.

چگونه بینایی ماشین این معادله را دگرگون می‌کند

فناوری بینایی ماشین با بهره‌گیری از دوربین‌های نظارتی موجود، به پایش مستمر محیط کار می‌پردازد و با اعمال الگوریتم‌های از پیش آموخته یادگیری ماشین، رفتارهای ناایمن، مخاطرات محیطی و رویدادهای حادثه را به‌صورت بلادرنگ شناسایی می‌کند. این فناوری با تحلیل ویدئویی، عوامل ریسک خاص، از مسائل ارگونومی گرفته تا نگرانی‌های مربوط به فاصله ایمن با تجهیزات را شناسایی کرده و جریانی پیوسته از داده‌های شاخص پیش‌نگر را ایجاد می‌کند که پیش‌ازاین در دسترس نبودند.

این سامانه‌ها در بسیاری از موارد می‌توانند با زیرساخت

امر، شناسایی الگوها، تعیین اولویت‌های اقدام و پیشگیری از رویدادهای آتی را دشوار می‌سازد.

فناوری بینایی ماشین^۱ این امکان را برای متصدیان فراهم ساخته تا ریسک‌ها را بلادرنگ شناسایی کنند؛ پیش از وقوع آسیب مداخله نمایند؛ و ایمنی را به یک مزیت عملیاتی راهبردی تبدیل کنند. ایمنی مبتنی بر هوش مصنوعی دیگر وعده‌ای برای آینده نیست - این فناوری هم‌اکنون وجود دارد و در حال دگرگون ساختن شیوه‌های پیشگیری از حوادث، حفاظت از کارگران و تحکیم عملیات است.

معضل ندیدن: آنچه برنامه‌های سنتی ایمنی از قلم می‌اندازند

حتی قوی‌ترین برنامه‌های ایمنی نیز با کسری‌های اساسی در مشاهده دست‌وپنجه نرم می‌کنند که پیشگیری را دشوار می‌سازد.

تأسیسات صنعتی صدها هزار مترمربع وسعت دارند. غالباً یک سرپرست به‌تنهایی مسئولیت ده‌ها کارگر را در چندین مکان برعهده دارد. فعالیت‌های پُرخطر در طی نوبت‌های کاری غیرعادی یا آخر هفته‌ها و در زمانی که دامنه مشاهده در محدودترین حالت خود است، رخ می‌دهند. یک سرپرست، هرچقدر هم که هوشیار باشد، نمی‌تواند همه‌جا به‌طور هم‌زمان حاضر باشد.

در بیشتر سازمان‌های امروزی، داده‌های ایمنی غالباً پراکنده و سوگیرانه بوده و بیش از اندازه دیر ارائه می‌شوند که این امر، مانع پیشگیری از حادثه بعدی می‌شود؛ صدمات واقعی کمتر از حد واقعی گزارش می‌شوند و تیم‌های ایمنی بدون اطلاعات مهم و به‌موقع درباره مخاطرات رها می‌شوند. بازرسی‌ها و مشاهدات دستی، صرفاً داده‌های مقطعی را ثبت می‌کنند، نه الگوها را. زمانی که داده‌ها جمع‌آوری و خلاصه می‌شوند، این اطلاعات بیشتر حالت

1. Computer Vision

2. Lagging

3. Leading

تأثیر عملیاتی: ایمنی به عنوان یک سامانه عملکردی

گزارش شرکت‌های پیشگام در به کارگیری این فناوری، حاکی از کاهش قابل توجه رفتارهای پُرخطر در طی تنها چند ماه پس از استقرار است. این تغییرات رفتاری مستقیماً تبدیل به تأثیر مالی می‌شوند: کاهش ادعاهای غرامت کارگری؛ پایین آمدن هزینه‌های پزشکی؛ و کاهش مواجهه قانونی. صرفه‌های غیرمستقیم نیز به همان اندازه قابل توجه هستند: بهبود در نرخ نگهداشت نیروی کار و فرهنگ سازمانی؛ حفظ بهره‌وری؛ کاهش جابجایی پرسنل؛ و پرهیز از هزینه‌های متعاقب حوادث شدید.

مزایای استفاده از فناوری بینایی ماشین فراتر از معیارهای آسیب‌شناسی است. از آنجا که سازمان با اختلالات، بررسی‌ها و توقف‌های کاری کمتری مواجه می‌شود، تداوم عملیاتی آن بهبود می‌یابد. داده‌های بلادرنگ، اهرمی راهبردی در مذاکرات با شرکت‌های بیمه فراهم می‌کنند. تعهد مشهود به ایمنی، اعتماد نیروی کار را تقویت کرده و نرخ نگهداشت کارکنان را - که مزیتی حیاتی در بازارهای کار رقابتی است - بهبود می‌بخشد. داده‌های ایمنی امروزه نقش بسیار گسترده‌تری ایفا می‌کنند و پایه تصمیم‌گیری‌هایی فراتر از واحد HSE قرار می‌گیرند. مدیران عملیات از این اطلاعات برای بهینه‌سازی طراحی فرایندهای کاری، تنظیم برنامه‌ریزی نوبت‌های کاری و بهبود کارایی جریان کار استفاده می‌کنند. مشاهدات ایمنی که توسط هوش مصنوعی پشتیبانی می‌شوند، در مقایسه با روش‌های کاملاً دستی، کارآمدتر و مؤثرتر بوده و زمان کاری ارزشمند را به متصدیان بازمی‌گردانند و امکان تمرکز متخصصان ایمنی بر تحلیل و اجرای راه‌حل‌ها را فراهم می‌کنند.

ملاحظات اجرایی: آنچه مسئول ایمنی باید بداند

به کارگیری موفقیت‌آمیز این فناوری‌ها نیازمند برنامه‌ریزی

فعالی دوربین‌های موجود در کارگاه یکپارچه شوند - هرچند نیازمندی‌های سخت‌افزاری بسته به راهکار و الزامات هر واحد صنعتی متفاوت است. سامانه‌های بینایی ماشین از طریق نظارت مستمر در سرتاسر عملیات، رفتارهای ناایمن را در لحظه وقوع شناسایی می‌کنند: ریسک‌های ارگونومیکی، عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی، مشکلات مربوط به فاصله ایمن لیفتراک و سایر مخاطرات. شاید ارزشمندترین قابلیت، توانایی CV در شناسایی احتمال وقوع حوادثی باشد که برای شاهدان انسانی غیرقابل تشخیص هستند. همان موقعیت‌های بحرانی که هرگز به گزارش‌های حادثه راه نمی‌یابند، اما درواقع، نشانه‌های هشداردهنده بسیار مهمی به‌شمار می‌روند.

قدرت واقعی در «تشخیص الگو» نهفته است. سامانه‌های هوش مصنوعی با پردازش حجم انبوهی از داده‌های تصویری، قادر به شناسایی الگوهای نظام‌مندی هستند که همبستگی‌های بین نوبت‌های کاری، مکان‌ها و انواع تجهیزات را آشکار می‌سازند. تشخیص دستی این الگوها غیرممکن است. این قابلیت تحلیلی، داده‌های ایمنی را از شاخص‌های واپس‌نگر به شاخص‌های پیش‌نگر تبدیل می‌کند که می‌توانند به پیش‌بینی و پیشگیری از رویدادهای آتی کمک کنند.

راه‌حل‌های مختلف، رویکردهای متنوعی برای اعلان به سرپرست و مداخلات کاری ارائه می‌دهند. گذار از بررسی پس از حادثه به پیشگیری پیش از حادثه، نشان‌دهنده تغییری بنیادین در نحوه عملکرد تیم‌های ایمنی است. در ارزیابی راه‌حل‌ها، مسئولین ایمنی باید درک روشنی از رویکرد فناوری نسبت به حریم خصوصی کارکنان داشته باشند. رویکردهای پیشرو به جای ردیابی فردی، تمرکز بر الگوهای رفتاری و شرایط محیطی دارند. همچنین، به جای آنکه سنجه‌های عملکردی کارکنان را تحلیل کنند، به تحلیل روندهای کلی ایمنی در محیط کار می‌پردازند.

سرپرستی و روندهای رفتاری توجه کنید. برای نشان دادن بازده سرمایه‌گذاری، همبستگی بین بهبود ایمنی با دستاوردهای عملیاتی و مالی را به تصویر بکشید.

تغییر جهت راهبردی

فناوری موجود است. توجیه اقتصادی آن نیز آشکار است. مسئولان پیشرو ایمنی در این رابطه پرسش‌های متفاوتی را مطرح می‌کنند:

- چگونه می‌توانیم از هوش مصنوعی برای زدودن سوگیری و حدسیات در شناسایی ریسک‌ها پیش از آنکه به آسیب بینجامند، بهره ببریم؟
 - چه می‌شد اگر موفقیت در ایمنی، نه با TRIR، بلکه با میزان مشارکت فعال در ایمنی و ریسک‌های خنثی‌شده سنجیده می‌شد؟
 - چگونه می‌توانیم دوراندیشی - و نه بازنگری گذشته - را به راهبرد اساسی ایمنی خود تبدیل کنیم؟
- هوش مصنوعی بینایی ماشین، امروزه تبدیل به یک فناوری بالغ، اثبات‌شده، مقرون‌به‌صرفه و دردسترس شده است. دیگر پرسش این نیست که «آیا هوش مصنوعی، ایمنی و عملیات کاری را متحول خواهد کرد؟» - پرسش اکنون این است: «آیا سازمان‌ها در پذیرش این فناوری پیشرو خواهند بود یا پیرو؟» آنان که قاطعانه اقدام می‌کنند، محیط‌های کاری امن‌تر، فرهنگ ایمنی استوارتر و عملیات مقاوم‌تری را خواهند ساخت. آنان که در انتظار می‌مانند، خود را در موضعی نامساعد خواهند یافت؛ آنگاه نه تنها در عملکرد ایمنی، بلکه در بهره‌وری عملیاتی، نگهداشت نیروی کار و هزینه کلی ریسک نیز در رقابتی سخت قرار خواهند گرفت.

◀ فناوری آماده است. سازمان شما چطور؟

دقیق است. زمان‌بندی و نیازمندی‌های مرتبط با منابع را به‌درستی درک کنید. زیرساخت دوربین‌های موجود را ارزیابی نمایید. اگرچه بسیاری از سامانه‌ها با تجهیزات موجود کار می‌کنند، اما رفع کاستی‌های پوشش‌دهی ممکن است نیاز به سرمایه‌گذاری داشته باشد. الزامات امنیت فناوری اطلاعات را مورد توجه قرار دهید، زیرا این سامانه‌ها ممکن است نیاز به نصب سخت‌افزار یا دسترسی به شبکه شما داشته باشند.

از همان آغاز کار، سیاست‌هایی شفاف در مورد استفاده از داده‌ها و حریم خصوصی کارکنان تعیین و آنها را اعلام کنید. مرزهای مشخص بین پایش ایمنی و نظارت فردی را تعریف نمایید. هدف و مزایای سامانه را به‌صورت شفاف با نیروی کار در میان بگذارید؛ زیرا، شفافیت اعتماد می‌آفریند. از انطباق با مقررات ملی حفاظت از داده‌ها، مقررات محلی و در صورت وجود، توافقی‌های اتحادیه‌ای اطمینان حاصل کنید. پیش از استقرار، از حمایت مدیران ارشد و هم‌سویی عملیات، اطمینان پیدا کنید. سرپرستان را به‌طور کامل برای تفسیر اطلاعات و مداخله مؤثر آموزش دهید. به‌جای ایجاد سامانه‌های موازی، خروجی‌های هوش مصنوعی را با پروتکل‌های ایمنی موجود تلفیق کنید. برنامه‌های آزمایشی می‌توانند اعتماد سازمانی را پیش از استقرار کامل ایجاد کنند. از شاخص‌های واپس‌نگر مانند نرخ کل حوادث ثبت‌پذیر (TRIR)^۱ و نرخ روزهای از دست‌رفته، محدود یا جابجاشده (DART)^۲ به‌عنوان معیارهای اصلی موفقیت، فراتر روید. به شاخص‌های پیش‌نگر مانند نرخ شناسایی حوادث قریب‌الوقوع، زمان پاسخ به مداخلات، سطح مشارکت

1. Total Recordable Incident Rate
2. Days Away, Restricted, or Transferred

منابع

[1] Work Injury Costs. National Safety Council (NSC).

<https://injuryfacts.nsc.org/work/costs/work-injury-costs/>. Accessed [Oct 22, 2025].