

ثروتی که هنوز کشف نشده

امین درویشی

کارشناس حوزه معدن

یادداشت

وقتی از ظرفیت‌های معدنی ایران صحبت می‌شود، معمولاً تعداد معدن، میزان استخراج و ارزش تولید را به رخ می‌کشیم؛ اما یک سوال بنیادی کمتر مطرح می‌شود: از آنچه در اختیار داریم، واقعا چقدر را می‌شناسیم؟ بخش قابل‌توجهی از معدن کوچک و متوسط کشور در اختیار بهره‌بردارانی است که توان مالی و فنی محدودی دارند. برای چنین بهره‌برداري، استخراج امروز درآمد ایجاد می‌کند؛ اما اکتشاف، هزینه‌ای است که نتیجه آن ممکن است سال‌ها بعد و حتی هیچ‌گاه مشخص نشود. در چنین شرایطی طبیعی است که اکتشاف سیستماتیک، به‌خصوص اکتشافات عمیق‌تر و پرهزینه‌تر، در اولویت قرار نگیرد. این مساله با ساختار فعلی بخش معدن کشور اهمیت بیشتری پیدا می‌کند.

ایران بیش از ۱۲هزار معدن فعال دارد؛ اما بخش عمده ارزش استخراج معدنی کشور در تعداد محدودی از معدن بزرگ متمرکز است. بر اساس برخی آمارهای منتشرشده، حدود ۷۸درصد ارزش استخراج به حدود ۲۰معدن بزرگ اختصاص دارد. به بیان دیگر، تعداد زیادی معدن کوچک و متوسط در کشور فعالند، اما سهم آنها از ارزش اقتصادی معدن به مراتب کمتر است و همین محدودیت اقتصادی، توان آنها برای ورود به فعالیت‌های پربریسکی مانند اکتشاف را کاهش می‌دهد. بنابراین مساله اکتشاف معدن کوچک را نمی‌توان به «کمبود سرمایه» تقلیل داد. دست‌کم سه مساله همزمان وجود دارد: ضعف توان فنی و مالی بسیاری از بهره‌برداران، ناکافی بودن اثربخشی سازوکارهای تامین مالی و پوشش ریسک اکتشاف و ضعف در نظام اطلاعات و ارزیابی سطح اکتشاف محدوده‌ها.

در ایران، سازوکارهایی برای حمایت از اکتشاف وجود دارد و حتی صندوق بیمه سرمایه‌گذاری فعالیت‌های معدنی با هدف کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در بخش معدن ایجاد شده است. قوانین و مقررات نیز بر تامین اطلاعات پایه، حمایت از اکتشاف و استفاده از ظرفیت بخش خصوصی تاکید دارند. با این حال، وجود یک سازوکار حمایتی الزاما به معنای شکل‌گیری یک نظام کارآمد اکتشاف نیست. آنچه اهمیت دارد، این است که این ابزارها تا چه اندازه توانسته‌اند ریسک واقعی اکتشاف را برای سرمایه‌گذار کاهش دهند و شرکت‌های تخصصی اکتشاف را به ورود گسترده‌تر به این حوزه ترغیب کنند.

از سوی دیگر، مساله فقط انجام یا انجام‌نشدن اکتشاف نیست؛ مساله مهم‌تر این است که سطح شناخت ما از هر محدوده معدنی چقدر است و با چه معیاری می‌توان درباره آن قضاوت کرد. وقتی اطلاعات اکتشافی یک محدوده ناقص، پراکنده یا با روش‌های متفاوت تهیه شده باشد، تشخیص اینکه یک محدوده واقعا فاقد ذخیره اقتصادی است یا صرفا به اندازه کافی اکتشاف نشده، دشوار می‌شود. اینجااست که اهمیت استانداردهای گزارش‌دهی و طبقه‌بندی منابع و ذخایر مشخص می‌شود.

استانداردهایی مانند JORC در استرالیا و ۴۳- NI در کانادا تلاش می‌کنند با تعریف سطوح مشخصی از اطمینان زمین‌شناسی و الزامات گزارش‌دهی، فاصله میان «شکانه معدنی»، «منبع معدنی» و «ذخیره قابل اکتفا» را روشن کنند. چنین رویکردی کمک می‌کند اکتشاف از یک فعالیت مبهم و وابسته به برداشت‌های فردی، به فرآیندی قابل سنجش، قابل مقایسه و قابل ارزیابی برای سرمایه‌گذار تبدیل شود. تجربه کشورهای مدنی نیز نشان می‌دهد که دولت‌ها لزوما اکتشاف را به‌طور مستقیم انجام نمی‌دهند، بلکه تلاش می‌کنند ریسک اولیه را کاهش دهند و زمینه ورود سرمایه و شرکت‌های تخصصی را فراهم کنند.

در کانادا، برای نمونه، سازوکارهایی مانند Flow-Through Shares هزینه اکتشاف را برای سرمایه‌گذار از طریق مشوق‌های مالیاتی جذاب‌تر می‌کند. در استرالیا نیز طرح‌هایی برای تشویق سرمایه‌گذاری در شرکت‌های کوچک اکتشافی طراحی شده است. منطق این سیاست‌ها روشن است: اکتشاف، به‌ویژه در مراحل اولیه، ریسک بالایی دارد و اگر همه این ریسک بر دوش یک بهره‌بردار کوچک گذاشته شود، بسیاری از ذخایر باقی‌ه هیچ‌گاه به مرحله شناخت کافی نمی‌رسند. بوکسیت می‌تواند نمونه قابل‌تأملی برای این مساله باشد. ایران از نظر ذخایر شناخته‌شده بوکسیت، کشور فقیری محسوب می‌شود؛ اما بخشی از این وضعیت می‌تواند ناشی از ناکافی‌بودن اکتشاف و شناخت بسیاری از محدوده‌ها باشد.

در مطالعات انجام‌شده، در ۲۲استان کشور نشانه‌ها و پتانسیل‌های بوکسیتی شناسایی‌شده و ده‌ها اندیس، کانسار و معدن گزارش شده است. حتی در یک کانسار شناخته‌شده مانند جاجر، مطالعات جدید به وجود مقادیر قابل‌توجهی لیتیموم در بوکسیت اشاره کرده‌اند؛ موضوعی که نشان می‌دهد شناخت یک کانسار، لزوماً به معنای پایان اکتشاف و شناخت همه ارزش‌های آن نیست. پس شاید لازم باشد نگاه خود را به اکتشاف معدن کوچک تغییر دهیم. بهره‌بردار کوچک الزاما نباید اکتشاف‌گر کوچک هم باشد.

دولت می‌تواند اطلاعات پایه و پهنه‌های اولویت‌دار را فراهم کند؛ شرکت‌های تخصصی اکتشاف و کنسرسیونم‌ها می‌توانند ریسک فنی عملیات را بر عهده بگیرند و نظام مالی و بیمه‌ای باید بخشی از ریسک سرمایه‌گذاری اولیه را پوشش دهد. در کنار آن، لازم است سطح اکتشاف به محدوده با معیارهای شفاف و قابل مقایسه ثبت و گزارش شود. در نهایت، مساله بخش معدن ایران فقط این نیست که چند معدن داریم، بلکه این است که چند ذخیره را با اطمینان کافی می‌شناسیم. شاید بخشی از ثروت معدنی کشور نه به این دلیل که وجود ندارد، بلکه به این دلیل که هنوز به اندازه کافی جست‌وجو، اندازه‌گیری و شناخته نشده است، در اقتصاد کشور نقشی ایفا نمی‌کند.

معدن

همزمان با روز ملی ایمنی و در گفت‌وگو با کارشناس معدن بررسی شد

ایمنی معادن؛ فاصله میان قانون و مدیریت ریسک



مهم‌ترین ریسک‌هاست، و در کنار آن، وجود یک نظام نظارتی بیرونی بر ایمنی است که این تخصیص منابع را رصد و الزام‌آور کند. پیشگیری، هزینه‌ای برای

جلوگیری از حادثه نیست؛ سرمایه‌گذاری برای حفظ جان، تداوم تولید و کاهش ریسک‌های عملیاتی است.

❖ **روز ملی ایمنی فرصتی برای توجه به آموزش است؛ به نظر شما آموزش نیروی انسانی در معادن تا چه اندازه عملی و مستثمر است؟ آیا کارگر معدن برای مواجهه با شرایط اضطراری واقعا آموزش دیده است؟**

یکی از الزامات ارتقای بلوغ ایمنی در معادن، تغییر رویکرد از آموزش اداری و مبتنی بر حضور در کلاس، به آموزش مبتنی بر ریسک، شایستگی و عملکرد عملیاتی است. آموزش ایمنی زمانی اثربخش است که کارکنان بتوانند آموخته‌های خود را در شرایط واقعی کار و به‌ویژه در شرایط اضطراری به‌درستی اجرا کنند.برنامه آموزشی باید بر اساس ریسک‌های بحرانی، نوع فرآیند، شرایط ژئوتکنیکی و ماهیت شغلی کارکنان طراحی شود. سطح آموزش و سناریوهای تمرینی برای اپراتور دامپتراک، حفار، آتشیبار، اپراتور تجهیزات فرآوری یا نیروی معدن زیرزمینی یکسان نیست و باید متناسب با ماتریس ریسک و وظایف شغلیتعریف شود. در حوزة آمادگی اضطراری نیز باید «سناریوهای مشخص واکنش به حادثه» از قبل تعریف و مسئولیت‌ها شفاف شود؛ از جمله اختیار توقف عملیات، ایمن‌سازی محدوده، اعلام و ارتباطات اضطراری، تخلیه، امداد و نجات و فرماندهی حادثه. اجرای مانورهای سناریومحور و بدون اطلاع قبلی می‌تواند میزان آمادگی واقعی سازمان و اثربخشی برنامه‌های واکنش در شرایط اضطراری را مشخص کند.به اعتقاد من، معیار واقعی اثربخشی آموزش ایمنی،تعداد دوره‌های برگزارشده یا قبولی در آزمون نیست؛ بلکه توانایی کارکنان در تشخیص خطر، اجرای کنترل‌های حیاتی و واکنش صحیح در شرایط واقعی و اضطراری است.معدن ایمن معدنی است که بتواند پیش از وقوع حادثه، آمادگی خود را در میدان عمل آزمایش و نقاط ضعف آن را اصلاح کند.آموزش ایمنی زمانی ارزشمند است که از حافظه کارکنان به رفتار عملیاتی و از رفتار عملیاتی به آمادگی واقعی در بحران تبدیل شود.

❖ **اگر بخواهیم از رویکرد «حادثه‌محور» به «پیشگیری‌محور» در ایمنی معادن برسیم، مهم‌ترین تغییری که باید در سیاست‌گذاری و مدیریت معادن ایران ایجاد شود چیست؟ به اعتقاد من، مهم‌ترین تحول موردنیاز در ایمنی معادن، تغییر از مدیریت حادثه به مدیریت ریسک و کنترل پیشگیرانه است. ایمنی باید از مرحله مطالعات و طراحی معدن وارد فرآیند تصمیم‌گیری مهندسی شود و هم‌زمان با ملاحظات فنی و اقتصادی، مبنای طراحی و اجرای عملیات قرار گیرد.در معادن روباز، مؤلفه‌هایی مانند پایداری شیب و دیواره، هندسه پله‌ها، رمپ‌ها، ترافیک ماشین‌آلات و عملیات انفجار و در معادن زیرزمینی، پایداری حفریات، تهویه، کنترل گاز، نگهداری، انفجار و مسیرهای فرار باید از ابتدا بر اساس ارزیابی ریسک و کنترل‌های حیاتی طراحی شوند. تجربه حوادث بزرگ معدنی، از جمله El Teniente، نشان می‌دهد که وجود مقررات و تجهیزات ایمنی به‌تنهایی کافی نیست؛ اثربخشی کنترل‌ها باید در شرایط واقعی عملیات به‌صورت**

نگران‌کننده‌تر است؛ نظارت سازمان‌های مسئول بر ایمنی این دسته از معادن در عمل بسیار محدود و پراکنده است، و مهم‌تر از آن، عملاً هیچ سامانه‌ی پایش منظم و برخط ایمنی برای رصد وضعیت این معادن در سطح کشور وجود ندارد. نبود چنین سامانه پایش ایمنی‌ای، به معنای این است که بخش بزرگی از صنعت معدن کشور که غالباً همین معدن کوچک و متوسط هستند عملاً بدون چشم‌ناظر مستمر بر ایمنی خود فعالیت می‌کنند و تنها زمانی مورد توجه قرار می‌گیرند که حادثه‌ای رخ داده باشد. این نبود سامانه‌ی پایش ایمنی، به نظر من یکی از بزرگ‌ترین خلأ‌های ساختاری صنعت معدن ایران است.نمونه‌ی تلخ و اخیر همین خلأ را می‌توان در حادثه‌ی انفجار معدن زغال‌سنگ معدنجوی طیس در شهریورماه ۱۴۰۳ دید که در نهایت تعداد زیادی از کارگران و کارکنان معدن را به کام مرگ برد. این حادثه، پس از فاجعه‌ی معدن زغال‌سنگ یورت در سال ۱۳۹۶ که ۴۴ جان‌باخته بر جای گذاشت، یک‌بار دیگر نشان داد که مشکل صرفاً فرسودگی تجهیزات نیست، بلکه به نبود نظارت مستمر بر ایمنی معادن، به‌ویژه در بخش زغال‌سنگ، بازمی‌گردد؛ چنان‌که آمار رسمی مرکز آمار ایران نیز نشان می‌دهد تنها حدود ۲۳ درصد از معادن کشور دارای واحد مستقل ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست هستند. به بیان ساده، نظارت مؤثر زمانی شکل می‌گیرد که بدانیم کدام ریسک‌ها حیاتی‌اند، چه کنترل‌هایی باید آنها را مهار کنند و آیا این کنترل‌ها در میدان واقعا مؤثر هستند یا خیر.

❖ **آیا ایمنی در معادن ایران هنوز یک «هزینه» تلقی می‌شود یا به یک بخش جدایی‌ناپذیر از اقتصاد و بهره‌وری معدن تبدیل شده است؟ به‌ویژه در معادن کوچک و متوسط، این نگاه چقدر جدی است؟**

در بخشی از معادن کشور، به‌خصوص معادن کوچک و متوسط، هنوز نگاه هزینه‌ای به ایمنی وجود دارد؛ اما تجربه‌ی شرکت‌های بزرگ نشان می‌دهد این نگاه باید تغییر کند. ایمنی هزینه نیست بلکه بخشی از تداوم تولید و بهره‌وری است. اگر یک حادثه‌ی ناشی از ضعف ایمنی باعث توقف یک جبهه‌ی کاری، از مدار خارج‌شدن ماشین‌آلات اصلی، آسیب به نیروی متخصص یا محدودیت قانونی برای فعالیت معدن شود، هزینه‌ی آن بسیار بیشتر از هزینه پیشگیری و سرمایه‌گذاری در ایمنی خواهد بود. حادثه‌ی El Teniente نمونه‌ی گویایی از همین موضوع است: پس از آن حادثه، بخشی از ظرفیت تولید این معدن به‌طور محسوس کاهش یافت و شرکت ناچار شد توسعه‌ی بخشی از عملیات را متوقف کند تا ریسک‌های لرزه‌ای جدید بررسی شود؛ یعنی هزینه‌ی واقعی غفلت از ایمنی، نه‌تنها جانی بلکه مستقیماً تولیدی و مالی بود.

حتی شرکت‌های بزرگ دنیا هم ایمنی و ریسک را از تولید جدا نمی‌دانند: Anglo American در گزارش ۲۰۲۵ خود تأکید کرده که ایمنی، علاوه بر حفاظت از کارکنان، با جلوگیری از توقف عملیات، کاهش ریسک‌های حقوقی و افزایش قابلیت اطمینان عملیاتی رابطه‌ی مستقیم دارد. جالب است که همین شرکت‌ها هم وقتی وارد جغرافیاها یا عملیات‌های کوچک‌تر با فرهنگ ایمنی نوپا می‌شوند، همین چالش را تجربه می‌کنند و مجبورند برای ارتقای ایمنی برنامه‌ی مشخص و بودجه‌بندی‌شده تعریف کنند، نه صرفاً شعار بدهند.

در مورد معادن کوچک و متوسط ما هم باید واقع‌بین باشیم؛ نمی‌توان انتظار داشت ساختار سازمانی و بودجه‌ی ایمنی یک شرکت بین‌المللی را داشته باشند. اما بخشی از این ضعف ایمنی صرفاً ناشی از کمبود منابع داخلی این معادن نیست؛ بخش مهمی از آن به نبود نظارت بیرونی کافی بر ایمنی بازمی‌گردد. وقتی نه بازرسی منظمی وجود دارد و نه سامانه‌ای برای پایش مستمر وضعیت ایمنی این معادن، عملاً مسئولیت ایمنی به‌طور کامل بر دوش خود بهره‌بردار رها می‌شود و در نبود الزام و پایش بیرونی، طبیعی است که در بسیاری موارد این اولویت به حاشیه رانده شود. اگر سازمان‌های مسئول بتوانند حتی یک سامانه پایش ایمنی پایه، ولو ساده، برای معادن کوچک و متوسط ایجاد کنند، همین موضوع به‌تنهایی می‌تواند فشار مضاعفی برای جدی‌گرفتن ایمنی در این مقیاس از معادن ایجاد کند. بنابراین بحث اصلی همیشه میزان پول نیست؛ نحوه‌ی تخصیص منابع محدود برای کنترل ریسک و ارتقای ایمنی

❖ **در روز ملی ایمنی، وقتی از ایمنی در بخش معدن صحبت می‌کنیم، مهم‌ترین فاصله میان استانداردهای ایمنی و واقعیت معادن ایران را در کجا می‌بینید؟**

به اعتقاد من، مهم‌ترین فاصله، فاصله میان «الزام قانونی» و «مدیریت واقعی ایمنی و ریسک» است. ما در ایران از نظر مقررات و دستورالعمل‌های ایمنی کمبود جدی نداریم؛ مسئله اصلی این است که در بسیاری از مجموعه‌ها، ایمنی هنوز یک الزام اداری تلقی می‌شود، در حالی که در شرکت‌های بزرگ معدنی دنیا، ایمنی و مدیریت ریسک بخشی از سیستم تصمیم‌گیری و مدیریت عملیات است.

اگر به رویکرد شرکت‌هایی مانند Anglo و Rio Tinto، BHP American نگاه کنیم، می‌بینیم آنها صرفاً نمی‌گویند «مقررات را رعایت کنید»، بلکه ابتدا ریسک‌های ایمنی یا پیامد فاجعه‌بار را شناسایی می‌کنند و برای هر ریسک، کنترل‌های ایمنی مشخص و قابل‌راستی‌آزمایی تعریف می‌کنند. برای نمونه، Rio Tinto در سال ۲۰۲۵ همچنان مدیریت ریسک بحرانی (Critical Risk Management) را ابزار اصلی پیشگیری از مرگ‌ومیر و ارتقای ایمنی قرار داده و بیش از ۲۰۱ میلیون مورد راستی‌آزمایی کنترل‌های ایمنی و بحرانی در عملیات خود انجام داده است. Anglo American نیز رویکردی به نام «Zero Mindset» دارد که بر استانداردهای ایمنی مشترک، یادگیری از حوادث و حضور مؤثر مدیران در محیط عملیاتی تأکید می‌کند.اما نمونه‌ی معدنی شیلی، CODELCO، بزرگ‌ترین تولیدکننده مس دنیا، هشدار مکمل مهمی است که نشان می‌دهد صرف داشتن «دستورالعمل، سرمایه و ساختار سازمانی بزرگ، تضمینی برای ایمنی واقعی نیست.

در ژوئیه ۲۰۲۵ یک روییدار لرزه‌ای در معدن زیرزمینی عظیم El Teniente این شرکت باعث ریزش سنگ و جان‌باختن شش کارگر شد؛ بررسی‌های بعدی نشان داد نشانه‌های هشداردهنده‌ی این ریسک لرزه‌ای از سال ۲۰۲۳ در همان بخش شناسایی شده بود، اما گزارش‌دهی و پیگیری آن به‌درستی به نهاد ناظر معدنی شیلی (Sernageomin) منتقل نشده بود. یعنی حتی در یکی از بزرگ‌ترین و پرسابقه‌ترین شرکت‌های معدنی دنیا، فاصله‌ی میان «داشتن نظام گزارش‌دهی و کنترل ریسک» و «مژوبرودن واقعی آن در عمل» می‌تواند به فاجعه بینجامد. به نظر من ما هم باید از رویکرد «رعایت مقررات» به «اثربخشی واقعی ایمنی و کنترل ریسک» حرکت کنیم؛ و تجربه‌ی CODELCO یادآوری می‌کند که این حرکت یک پروژه‌ی یک‌بارمصرف نیست، بلکه باید هر روز در عمل راستی‌آزمایی شود.

❖ **چرا با وجود تدوین مقررات و دستورالعمل‌های متعدد، همچنان شاهد حوادث در معادن هستیم؟ مشکل بیشتر از جنس ضعف نظارت است یا ضعف فرهنگ ایمنی در مجموعه‌های معدنی؟ من این موضوع را صرفاً «ضعف نظارت» یا «ضعف فرهنگ ایمنی» نمی‌دانم؛ این دو به یکدیگر وابسته‌اند، اما ریشه‌ی اصلی را باید در نحوه‌ی مدیریت ایمنی و ریسک جست‌وجو کرد. در شرکت‌های بزرگ معدنی دنیا، سؤال اصلی این نیست که «آیا دستورالعمل داریم؟»**

بلکه این است که «آیا کنترل‌های ایمنی و بحرانی ما واقعا کار می‌کنند؟»ریوتینتو در گزارش ۲۰۲۵ خود اعلام کرده مهم‌ترین ریسک‌های ایمنی و بالقوه‌ی مرگبارش شامل سقوط اشیاء، سقوط از ارتفاع و حوادث مربوط به وسایل نقلیه بوده و برنامه‌های ایمنی خود را روی تقویت کنترل‌های بحرانی همین ریسک‌ها متمرکز کرده است. آنگلو امریکن هم در برنامه‌ی Fatal Risk Management، تعداد کنترل‌های ایمنی و بحرانی را برای ریسک‌های اصلی محدود و مشخص کرده تا کارگر خط مقدم بتواند آن‌ها را بفهمد و خودش بررسی کند. این درس مهمی برای معادن ماست: اگر صدها دستورالعمل ایمنی داشته باشیم اما کارکنان ندانند سه یا چهار کنترل حیاتی مربوط به کار او چیست، به نتایج مطلوب دست نخواهیم یافت و باید همیشه منتظر حوادث ناگوار باشیم.

نکته مهم دیگری که باید صریح به آن اشاره کنم، کیفیت نامتوازن نظارت ایمنی میان معادن بزرگ و معادن کوچک و متوسط است. در برخی معادن بزرگ کشور، سیستم ایمنی و کنترل‌های ریسک به‌طور نسبتاً منظم پایش می‌شود و ساختار ایمنی فعالی وجود دارد؛ هرچند حتی در همین معادن بزرگ هم، بسیاری از این نظام‌های ایمنی هنوز به سطح بلوغ کنترل‌محور و مستمری که در شرکت‌های پیشرو جهانی می‌بینیم نرسیده‌اند و نیاز به تقویت جدی دارند. اما در معادن کوچک و متوسط، وضعیت ایمنی به‌مراتب



در برخی معادن بزرگ کشور، سیستم ایمنی و کنترل‌های ریسک به‌طور نسبتاً منظم پایش می‌شود و ساختار ایمنی فعالی وجود دارد؛ هرچند حتی در همین معادن بزرگ هم، بسیاری از این نظام‌های ایمنی هنوز به سطح بلوغ کنترل‌محور و مستمری که در شرکت‌های پیشرو جهانی می‌بینیم نرسیده‌اند



یکی از الزامات ارتقای بلوغ ایمنی در معادن، تغییر رویکرد از آموزش اداری و مبتنی بر حضور در کلاس، به آموزش مبتنی بر ریسک، شایستگی و عملکرد عملیاتی است