یادداشت

کنترل فرآوری مواد معدنی و بازتعریف ژئوپلیتیک قدرت



فرشته بهرامی پور
کارشناس مسائل بین الملل

در برداشت سنتی از قدرت، میزان قدرت هر کشور بر اساس برخورداری از منابع طبیعی مانند نفت، گاز و مواد معدنی و همچنین توانایی کنترل مسیرهای انتقال این منابع سنجیده می‌شد. به عبارتی، هر کشوری که دارای ذخایر طبیعی بود یا شبکه‌های انتقال را کنترل می‌کرد، در عرصه بین‌الملل نیز از نفوذ و قدرت بیشتری برخوردار بود. اما با گسترش فناوری‌های جدید و پیشرفته و تغییر الگوی مصرف انرژی، علاوه بر کنترل منابع و کریدورها، مؤلفه دیگری نیز وارد معادلات ژئوپلیتیکی شد و آن، کنترل ظرفیت‌های فرآوری، پالایش و تبدیل مواد خام به نهاده‌های راهبردی صنعتی بود. از این رو، تغییری در ماهیت قدرت ایجاد شد که بر اساس آن، کشوری که بتواند منابع اولیه و خام را با خلوص مناسب و کیفیت صنعتی بالا فرآوری کند و در واقع، حلقه‌های مختلف زنجیره ارزش جهانی را تحت کنترل خود درآورد، قدرت و نفوذ بیشتری در نظام بین‌الملل پیدا می‌کند. این به معنای آن است که بخشی از رقابت ژئوپلیتیکی کشورها در حال انتقال به جغرافیای صنعتی است.

اگر بخواهیم اهمیت این انتقال را روشن‌تر توضیح دهیم، باید بگوییم که در سال‌های اخیر، عناصر معدنی مانند لیتیوم، کبالت، نیکل، گرافیت، آهنرباهای دائمی و عناصر کمیاب خاکی در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، خودروهای برقی، ساخت ریزتراشه‌ها، توسعه هوش مصنوعی و صنایع دفاعی و نظامی اهمیت فزاینده‌ای پیدا کرده‌اند. برخی از کشورها این منابع را در اختیار دارند، اما توانایی استخراج آن‌ها را ندارند؛ برخی دیگر از فناوری‌های لازم و زیرساخت کافی برای جداسازی این عناصر برخوردار نیستند و برخی نیز نمی‌توانند آن‌ها را به‌عنوان محصول نهایی تولید و صادر کنند. در این زنجیره تأمین، سرمایه، فناوری، انرژی، دانش فنی، نیروی متخصص، زیرساخت و بازار اهمیت دارند. بنابراین، حتی اگر کشوری از ذخایر معدنی کافی برخوردار باشد، ممکن است امکان فرآوری آن‌ها را در کوتاه‌مدت نداشته باشد. این وضعیت به شکل‌گیری نوعی وابستگی ساختاری میان کشورهایی که توانایی فرآوری این منابع را دارند و سایر کشورهایی که فاقد چنین قابلیتی هستند، منجر می‌شود؛ وابستگی‌ای که ارتباط مستقیمی با امنیت ملی کشورها پیدا کرده است.

چین مهم‌ترین بازیگر این عرصه است که توانسته از طریق سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در این حوزه، نفوذ ژئوپلیتیکی قابل‌توجهی به دست آورد. این کشور هم به منابع مذکور دسترسی دارد، هم فناوری و زیرساخت فرآوری آن‌ها را در اختیار دارد و هم به بازارهای جهانی دسترسی پیدا کرده است. این عوامل باعث شده‌اند چین به گره‌ای ژئوپلیتیکی و بسیار مهم در چرخه تأمین و فرآوری منابع معدنی تبدیل شود. به‌عنوان مثال، در حوزه عناصر کمیاب خاکی، این کشور نه‌تنها از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان جهان است، بلکه در مراحل جداسازی، پالایش و تولید آهنرباهای دائمی نیز موقعیت ویژه‌ای به دست آورده است؛ موقعیتی که حتی می‌توان آن را تا حدی انحصاری دانست و سایر کشورها و شرکت‌ها به آن وابستگی دارند. این جایگاه به تقویت قدرت ساختاری چین منجر شده است؛ به این معنا که چین می‌تواند بر تصمیم‌گیری و جهت‌گیری سیاست خارجی، سیاست‌های اقتصادی و تجاری و همچنین سیاست صنعتی سایر کشورها تأثیر مستقیم بگذارد.

این مزیت زمانی ابعاد ژئوپلیتیکی خود را بیشتر نمایان می‌کند که به‌عنوان ابزاری سیاسی و امنیتی به کار گرفته شود؛ مانند آنچه در فاصله سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ و در دوره تشدید رقابت‌های ایالات متحده و چین اتفاق افتاد. چین با اعمال محدودیت‌های صادراتی، از این موقعیت به‌عنوان اهرم فشاری علیه آمریکا استفاده کرد. در پی این تحولات، ترامپ نیز دستور داد سرمایه‌گذاری‌های لازم در این حوزه انجام شود. در واقع، ایالات متحده می‌داند که سرمایه‌گذاری و تولید در حوزه عناصر کمیاب خاکی بسیار پرهزینه است، اما از آنجا که این موضوع با امنیت ملی و قدرت بین‌المللی این کشور گره خورده است، واشنگتن حاضر است چنین هزینه‌ای را بپردازد. البته استفاده از این مزیت به‌عنوان ابزار فشار، بدون پیامد نیست. اگر چین بخواهد به‌طور مداوم محدودیت‌های صادراتی اعمال کند، سایر کشورها ناچار خواهند شد، علی‌رغم تمام هزینه‌ها، برای توسعه ظرفیت‌های جایگزین، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید، تنوع‌بخشی به منابع تأمین و اقدامات مشابه تلاش کنند. بنابراین، چین باید در استفاده از این اهرم، محتاطانه و هوشمندانه عمل کند.

برای ایالات متحده، تسلط چین بر این حوزه صرفاً یک مساله تجاری و صنعتی نیست، بلکه نوعی آسیب‌پذیری راهبردی محسوب می‌شود که می‌تواند امنیت و قدرت این کشور را تحت تأثیر قرار دهد و در شرایط بحران‌های ژئوپلیتیکی به تهدیدی جدی تبدیل شود؛ زیرا این مواد مستقیماً در ساخت و تولید سامانه‌های راداری، تجهیزات الکترونیکی، هواپیماهای پیشرفته‌ای مانند اف-۳۵، تسلیحات هوشمند و زیرساخت‌های ارتباطی نقش دارند و هرگونه اختلال در تأمین آن‌ها می‌تواند برتری نظامی و فناورانه آمریکا را تحت‌الشعاع قرار دهد. به همین دلیل، آمریکا در تلاش است تا حد امکان این وابستگی را کاهش دهد. این کشور از طریق سرمایه‌گذاری در استخراج منابع داخلی، حمایت مالی از کارخانه‌های فرآوری، توسعه بازیافت و ایجاد همکاری با کشورهایی مانند کانادا و استرالیا، درصدد کاهش وابستگی خود به چین است. با این حال، تحقق این اقدامات چندان ساده نیست؛ چراکه این زنجیره و اکوسیستم صنعتی طی چند دهه شکل گرفته است و آمریکا نیز برای ایجاد و تکمیل آن به زمان قابل‌توجهی نیاز دارد. بنابراین، نباید انتظار داشت که این کشور بتواند در کوتاه‌مدت چنین اکوسیستم صنعتی‌ای را تکمیل کند.

به‌طور کلی، باید گفت آنچه در زنجیره تأمین مواد معدنی در حال شکل‌گیری است، به معنای پایان ژئوپلیتیک منابع طبیعی نیست، بلکه نشان‌دهنده ورود به مرحله‌ای پیچیده‌تر است که در آن، مالکیت منابع، توانایی استخراج، ظرفیت فرآوری، کنترل فناوری، دسترسی به بازار و مدیریت زنجیره تأمین، در کنار یکدیگر، قدرت ساختاری کشورها را تعیین می‌کنند. بنابراین، رقابت چین و آمریکا در این عرصه را باید بخشی از تحول ساختار اقتصاد سیاسی بین‌الملل دانست؛ ساختاری جدید که در آن، گلوگاه‌های صنعتی و فناورانه به یکی از منابع اصلی قدرت تبدیل شده‌اند./

در گفت‌وگوی صمت با کارشناس معدن از نقش زمین‌شناسی در پروژه‌های معدنی مطرح شد

زمین‌شناسی؛ نقطه تلاقی ثروت، سرمایه و ریسک

گروه معدن
editor@smtnews.ir



در صنعت معدن، گاهی فاصله میان یک ذخیره معدنی ارزشمند و یک پروژه شکست‌خورده، نه در قیمت جهانی فلزات، نه در کمبود سرمایه و نه حتی در فناوری استخراج، بلکه در شناختی نهفته است که از زمین زیر پای معدنکار وجود دارد. ذخیره‌ای با عیار بالا، تناژ قابل‌توجه و ارزش فلزی چشمگیر، لزوماً به معنای برخورداری از یک معدن اقتصادی نیست.

آنچه در نهایت تعیین می‌کند یک کانسار به فرصت سرمایه‌گذاری تبدیل شود یا به پروژه‌ای پرهزینه و گرفتار بن‌بست‌های فنی، مجموعه‌ای از ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوتکنیکی، هیدروژئولوژیکی و متالورژیکی است که گاهی در ارزیابی‌های اولیه کمتر از آنچه باید مورد توجه قرار می‌گیرد.

در نگاه نخست، محاسبه ارزش یک ذخیره معدنی ممکن است ساده به نظر برسد؛ تناژ، عیار، قیمت جهانی ماده معدنی و هزینه‌های استخراج، متغیرهایی هستند که در مدل‌های اقتصادی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند تا تصویر اولیه‌ای از سودآوری پروژه ترسیم شود. اما واقعیت معدن پیچیده‌تر از این محاسبات است.

عیار اسمی یک کانسار الزاماً بیانگر میزان فلزی نیست که بتوان با هزینه متعارف استخراج و فرآوری به محصول نهایی تبدیل کرد. نحوه توزیع ماده معدنی در سنگ، پیوستگی رگه‌ها، تغییرات عیار در عمق و امتداد، نوع کانی‌های میزبان، اندازه دانه‌ها، درجه آزادی، سختی سنگ، نسبت باطله‌برداری و حتی حضور عناصر مزاحم، می‌توانند اقتصاد یک پروژه را به‌طور بنیادی تغییر دهند.

در چنین شرایطی، زمین‌شناسی دیگر صرفاً ابزاری برای شناسایی ذخیره نیست؛ بلکه یکی از مهم‌ترین متغیرهای تعیین‌کننده هزینه، درآمد، ریسک و عمر اقتصادی معدن محسوب می‌شود. در گفت‌وگوی روزنامه صمت با خلیل رضایی، استاد دانشگاه خوارزمی، ابعاد این رابطه بررسی شده است؛ از تأثیر ویژگی‌های زمین‌شناسی بر اقتصادی بودن ذخایر و امکان استخراج و فرآوری، تا نقش آب‌های زیرزمینی، ضعف مطالعات اکتشافی، فاصله دانشگاه و صنعت و ضرورت تغییر نگاه به زمین‌شناسی در تصمیم‌گیری‌های معدنی. این گفت‌وگو را در ادامه می‌خوانید.

پژوهش‌های جدید نیز نشان می‌دهند که خطا در شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی، می‌تواند به خطا در برآورد منابع و ذخایر، طراحی معدن و تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری منجر شود. مطالعه‌ای که در مه ۲۰۲۶ در نشریه Mineral Economics منتشر شد، با بررسی ارتباط میان عدم قطعیت زمین‌شناسی و ارزیابی مالی پروژه‌های معدنی، نشان داد که ساده‌سازی یا نادیده گرفتن عدم قطعیت‌های زمین‌شناسی و فنی در مدل‌های مالی، می‌تواند ریسک پروژه را به‌طور جدی کمتر از واقع نشان دهد. در این پژوهش، حتی احتمال کم‌برآورد شدن ریسک مالی تا حدود ۵۰ درصد در برخی شرایط مطرح شده است. این مطالعه بر اهمیت داده‌های اکتشافی، حفاری تکمیلی و شناخت پیوستگی مکانی ویژگی‌های کانسار تأکید می‌کند؛ موضوعی که نشان می‌دهد هزینه صرف‌شده برای شناخت دقیق‌تر ذخیره، لزوماً هزینه اضافی نیست، بلکه می‌تواند ابزاری برای جلوگیری از تصمیم‌های اشتباه و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری باشد.

مسئله زمانی پیچیده‌تر می‌شود که میان عیار، نوع سنگ، کانی‌شناسی و رفتار ماده معدنی در کارخانه فرآوری ارتباط برقرار کنیم. دو ذخیره با عیار مشابه ممکن است به دلیل تفاوت در ترکیب کانی‌ها، میزان خردایش موردنیاز، مصرف انرژی، بازیابی فلز، مصرف مواد شیمیایی و تولید باطله، عملکرد اقتصادی کاملاً متفاوتی داشته باشند. مطالعه منتشرشده در سال ۲۰۲۶ در نشریه Minerals درباره تأثیر متغیرهای ژئومتالورژیکی بر یک پروژه مس، طلا و نقره نشان داد که افزایش دقت مدل‌سازی متغیرهای مرتبط با فرآوری، می‌تواند بر ارزش خالص فعلی پروژه (NPV) تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد؛ به‌طوری‌که اختلاف ارزش خالص فعلی میان سناریوهای بررسی‌شده به ۶.۹۲ درصد رسید. این یافته بار دیگر اهمیت شناخت هم‌زمان ویژگی‌های زمین‌شناسی و رفتار متالورژیکی ماده معدنی را در تصمیم‌گیری اقتصادی معدن برجسته می‌کند.

از سوی دیگر، زمین‌شناسی فقط به عیار و قابلیت بازیابی فلز محدود نمی‌شود. ساختارهای تکتونیکی، گسل‌ها، شکستگی‌ها، تنش‌های طبیعی، جنس و مقاومت توده سنگ و وضعیت آب‌های زیرزمینی، می‌توانند هزینه و ایمنی استخراج را تحت تأثیر قرار دهند. ورود کنترل‌نشده آب به عملیات زیرزمینی، ناپایداری دیواره‌های معادن روباز، افزایش هزینه پمپاژ و زهکشی، یا شکل‌گیری زه‌آب اسیدی در اثر واکنش آب با کانی‌های سولفیدی، از جمله مخاطراتی هستند که ریشه در ویژگی‌های زمین‌شناسی محدوده دارند. اهمیت این موضوع در پروژه‌های معدنی جدید نیز دیده می‌شود؛ به‌گونه‌ای که در گزارش‌ها و مطالعات اخیر، آب، شرایط زمین و ریسک‌های محیطی به‌عنوان بخشی از الزامات طراحی، ارزیابی و توسعه پروژه مطرح شده‌اند. در ژوئن ۲۰۲۶ نیز گزارش تحقیقی گاردین درباره پروژه‌های مواد معدنی راهبردی اروپا، نگرانی از توسعه معادن در مناطق خشک و تحت تنش آبی را برجسته کرد؛ موضوعی که نشان می‌دهد ارزیابی یک ذخیره بدون شناخت دقیق شرایط هیدروژئولوژیکی و محدودیت‌های محیطی، می‌تواند تصویری ناقص از قابلیت توسعه آن ارائه دهد.

چنین رویکردی به‌ویژه در کانسارهای پیچیده، جایی که تغییرات لیتولوژی و عیار در مرزهای واحدهای زمین‌شناسی به‌صورت تدریجی اتفاق می‌افتد، اهمیت بیشتری دارد.

در واقع، مسئله اصلی این است که آیا در ارزیابی پروژه‌های معدنی، زمین‌شناسی هنوز یک مرحله مقدماتی برای رسیدن به استخراج تلقی می‌شود یا به‌عنوان بنیان اصلی تصمیم‌گیری اقتصادی، طراحی معدن و تضمین پایداری آن شناخته شده است؟ پاسخ به این پرسش، می‌تواند بخشی از چرایی موفقیت برخی پروژه‌ها و ناکامی برخی دیگر را روشن کند؛ زیرا معدن پیش از آنکه محل استخراج یک ماده معدنی باشد، یک سیستم زمین‌شناسی پیچیده است و سودآوری آن، تا حد زیادی به میزان شناخت این سیستم وابسته است.

> معدن‌کاری بدون شناخت عمیق زمین‌شناسی ممکن است در کوتاه‌مدت و در شرایط استثنایی (مانند برخورد ناگهانی با یک رگه سطحی بسیار غنی یا بالا رفتن شدید و موقتی قیمت‌های جهانی) سودآور به نظر برسد، اما در بلندمدت قطعاً به بن‌بست اقتصادی، فنی و زیست‌محیطی خواهد رسید و هرگز پایدار نخواهد بود

◉ چقدر ویژگی‌های زمین‌شناسی یک ذخیره می‌تواند روی اقتصادی بودن یا نبودن یک معدن تأثیر بگذارد؟

بنظر من یکی از اصلی ترین و مهمترین فاکتورهای تعیین کننده اقتصادی بودن معدن ویژگی های زمین شناسی آن است. چرا که هزینه های اکتشاف و استخراج و فراوری را مشخص می کند. این امر تعیین کننده ارزش ماده معدنی در آن معدن در مقایسه با قیمت جهامی و منطقه ای آن می باشد. به عبارتی، زمین‌شناسی پایه‌ای است که تمام محاسبات مالی و مهندسی معدن روی آن بنا می‌شود. در واقع عیار و کیفیت ماده معدنی و نحوه توزیع آن، شکل هندسی و عمق کانسار، نسبت باطله برداری، کانی شناسی و ترکیب شیمیایی و میزان سهولت فراوری، وجود یا عدم عناصر مزاحم و میزان آنها، حجم ذخیره و تاثیر آن در اقتصاد معدن و کارخانه فراوری، تکتونیک و گسل خوردگی ها و شکستگی و پایداری سنگها و آبهای زیرزمینی همه در این دخیل هستند. هم هزینه ها و هم درآمدهای یک پروژه معدنی به زمین شناسی آن بستگی دارند.

◉ آیا ممکن است یک ذخیره از نظر زمین‌شناسی غنی باشد اما به دلیل ویژگی‌های سنگ و کانی‌شناسی، از نظر اقتصادی قابل بهره‌برداری نباشد؟

اتفاقا این حالت خیلی رایج است. ما اصطلاحی در برخی پروژه ها داریم بنام ذخیره مرده که بدلیل ویژگیهای کانی شناسی و سنگ شناسی و ژئوتکنیکی اصلا نمی توان روی آنها سرمایه گذاری کرد، در حالیکه ذخیره و عیار بالایی دارند. در واقع همیشه از تمام منبع معدنی موجود نمی توان انتظار داشت همه آن ذخیره معدنی قابل استخراج باشد و زمین شناسی مهمترین عامل این تبدیل است. مثل گیر افتادن طلا در پیریت یا آرسنوپیریت که برای آزاد کردن آن روشهای بسیار گران قیمتی لازم است و شاید معدن را غیر اقتصادی کند. یا مثل همراه بودن با عناصر سمی نظیر آرسنیک در برخی کانسارهای مس.

◉ ارتباط زمین‌شناسی با مسئله آب در معادن چقدر جدی است؟ آیا می‌توان پیش از شروع معدن‌کاری، رفتار آب‌های زیرزمینی را بر اساس مطالعات زمین‌شناسی پیش‌بینی کرد؟

مسئله آب از دیدگاههای مختلف هم مثبت و هم منفی قابل بحث است. بود و نبودش مهم است. گاهی در استخراج و اغلب در فراوری آب مورد نیاز است. اما در پروژه های بسیاری آب زیرزمینی دردسر است. هزینه های عملیات و مخاطرات آن را افزایش و پایداری معدن را کاهش می دهد. بهمین دلیل باید رفتار آبهای زیرزمینی را در اطراف معدن پیش بینی کرد. معادن متعددی در دنیا داریم که دچار مشکلات پایداری دیواره ها و ریزش، غرق شدگی ناگهانی تونلها، آبهای اسیدی معدنی ناشی از تلفیق آب زیرزمینی و کانیهای سولفیدی هستند. بنظر من باید با رویکرد مسئولانه و بدون تفکر به صرفه جویی در هزینه ها یکسری اقدامات نظیر نقشه برداری زمین شناسی و تکتونیکی، حفاری گمانه های ژئوتکنیکی و تست پمپاژ، مطالعات ژئوفیزیکی، مدلسازی سه بعدی عددی و اجرای زه کشی پیش دستانه انجام داد.

◉ آیا در ایران از ظرفیت دانش زمین‌شناسی در تصمیم‌گیری‌های معدنی به اندازه کافی استفاده می‌شود؟

بنظر من به اندازه کافی خیر. بویژه در تصمیم گیریهای کلان معدنی. این امر هم دلایل حاکمیتی و هم دلایل مالی و فنی دارد. هم قدرت تصمیم سازی مهم و کلان از سازمان زمین شناسی سلب شده و هم اکتشافات سطحی و اولیه هستند. در کنار این مسائل اغلب سرمایه گذاران با نگاهی کوتاه مدت، ریسک نمی کنند و تلاش دارند با حداقل مطالعات اکتشافی بهره برداری را شروع کنند. با این نگاه بسیاری از تستها را حذف یا کاهش می دهند. تنها راه حل اهمیت دادن به مرحله اکتشاف است حتی در حین بهره برداری. این یک تغییر نگاه و فرهنگ کلی لازم دارد.

◉ چرا ارتباط میان دانشگاه‌های علوم زمین و بخش معدن هنوز به اندازه‌ای که باید عمیق و مستمر نیست؟

در واقع این مشکل قدیمی و ساختاری است. دانشگاهها و وزارت علوم دنبال مقاله و طرح های تحقیقاتی دور از واقعیت جامعه هستند. برای فرایند ارتقاء اساتید آنقدر که مقاله خارجی معتبر یا به اصلاح ISI و طرح برون سازمانی برای ارگانهای اغلب دولتی یا نیمه دولتی اهمیت دارد، همکاری و حل مشکل یک واحد بخش خصوصی مهم نیست. معدن و یک واحد اقتصادی بدنبال سود و زیان است، هر روز هم به مشکلات و معضلات آنها اضافه می شود، بنابراین اثبات یک تئوری چه دردی از آنها دوا می کند؟. این امر منجر به ایجاد عدم اعتماد متقابل شده است از نگاه معدن دار تجربه بسیار مهم تر از علم است. راهکارها و ساختارهای سازمانی واسطه دانشگاه و صنعت نیز مشکلات متعددی دارند از جمله بوروکراسی و شتاب دهنده های نه چندان قدرتمند، تجهیزات ضعیف در دانشگاهها، فقدان دستگاههای ژئوفیزیکی و یا آنالیز پیشرفته، نرم افزارهای تخصصی اورجینال و بروز و .... در دو سوی این ساختار. حالا شما عدم تمایل به سرمایه گذاری ریسک پذیر و مبتنی بر تحقیق و توسعه در معدن داران را هم اضافه کنید. در عمل تنها می توان به معادن بزرگ کمی امید داشت.

◉ آیا می‌توان گفت بخشی از مشکلات معادن ایران، نه در مرحله استخراج، بلکه در شناخت ناکافی از ویژگی‌های زمین‌شناسی ذخیره ریشه دارد؟

بله حتما. شناخت ناقص و ناکافی و سطحی از ویژگی‌های زمین شناسی محدوده و ذخیره مسبب مشکلات متعددی شده است. برنامه ریزی و طراحی مهندسان معدن اغلب بر پایه فرضیاتی با درصد ریسک بالا صورت می پذیرد، چون زمین شناسی کانسار کامل نیست. کارخانجات فراوری با تکنولوژی اشتباه نیز داریم چون مطالعات کانی شناسی و درجه آزادی سنگ کامل و دقیق نبوده است. گم شدن رگه و باطله برداری ناخواسته، ریزش دیواره ها و ناپایداری ژئوتکنیکی نیز از دیگر مشکلاتی است که تنها علت آنها عدم اکتشاف کافی و هزینه کرد کامل در فرایند اکتشاف و طراحی است.

◉ آیا معدن‌کاری بدون شناخت عمیق زمین‌شناسی می‌تواند در بلندمدت اقتصادی و پایدار باشد؟

خیر، به هیچ وجه. معدن‌کاری بدون شناخت عمیق زمین‌شناسی ممکن است در کوتاه‌مدت و در شرایط استثنایی (مانند برخورد ناگهانی با یک رگه سطحی بسیار غنی یا بالا رفتن شدید و موقتی قیمت‌های جهانی) سودآور به نظر برسد، اما در بلندمدت قطعاً به بن‌بست اقتصادی، فنی و زیست‌محیطی خواهد رسید و هرگز پایدار نخواهد بود. دلیل این امر ساده است: معدن‌کاری، فرآیند اتمام یک منبع تجدیدناپذیر است. وقتی شناخت عمیقی از ذخیره وجود نداشته باشد، مدیریت معدن عملاً در حال «قمار» روی سرمایه خود است. در بلندمدت، نبود این شناخت عمیق پروژه را با چهار چالش نابودکننده روبه‌رو می‌کند: افت شدید و ناگهانی عیار و حجم، افزایش کمرشکن هزینه‌های استخراج (باطله‌برداری نجومی)، تغییر تکنولوژی فراوری بدون برنامه ریزی قبلی، بحرانهای ژئوتکنیکی و ریزش دیواره ها. بعنوان جمع بندی می توان گفت معدن‌کاری بدون شناخت زمین‌شناسی در واقع معدن‌کاری نیست، بلکه برداشت سطحی و غارت بخش‌های راحت ذخیره است. معدن‌کاری پایدار و مدرن بر اساس استانداردهای بین‌المللی (مانندJORC) شبیه‌سازی آینده است؛ فرآیندی که در آن به لطف داده‌های عمیق و دقیق زمین‌شناسی، سرمایه‌گذار دقیقاً می‌داند که مثلا تا ۲۰ سال آینده، هر روز با چه نوع سنگ، چه عیار، و یا چه چالش ژئوتکنیکی و چه واکنشی در فرایند کارخانه فراوری روبه‌رو خواهد شد.