

از کانی‌زایی تا برنامه جامع توسعه



امین درویشی
کارشناس معدن

خراسان شمالی معمولاً با کشاورزی، دامداری و ظرفیت‌های صنعتی آن شناخته می‌شود؛ اما این استان، ظرفیت معدنی قابل‌توجهی دارد که هنوز بخش بزرگی از آن به ارزش اقتصادی تبدیل نشده است. یکی از مهم‌ترین این ظرفیت‌ها، کانی‌زایی سرب و روی در منطقه اسفراین است. ظرفیتی که الیابغ شناخته‌شده‌ترین نشانه آن است، اما به آن محدود نمی‌شود.

در پی چند نوبت بازدید میدانی از معادن سرب و روی مهدی‌آباد یزد و انگوران زنجان و برخی معادن اسفراین، آنچه برای من برجسته بود، گستردگی کانی‌زایی سرب و روی در اسفراین است. ظرفیتی که می‌تواند شایسته بررسی و برنامه‌ریزی جدی‌تری در سطح استان و کشور باشد. امروز مساله اصلی استان خراسان شمالی صرفاً شناسایی یک معدن جدید نیست؛ مساله این است که آیا برای شناسایی، ارزیابی، استخراج و فراوری مجموعه ظرفیت‌های سرب و روی، یک برنامه جامع و بلندمدت وجود دارد یا همچنان با پروژه‌های پراکنده و تصمیم‌های موردی پیش خواهیم رفت؟

■ **نشانه‌ای از یک پتانسیل بزرگ‌تر**

الیابغ طی سال‌های گذشته به یکی از شناخته‌شده‌ترین معادن استان تبدیل شده است. این معدن علاوه بر ارزش اقتصادی، به دلیل برداشت‌های غیرمجاز، حوادث و دشواری‌های حفاظت از محدوده نیز بارها مورد توجه قرار گرفته است. اما درباره مجموع ذخایر سرب و روی اسفراین، تصویر جامع، به‌روز و قابل‌انکابی در منابع عمومی وجود ندارد. درباره الیابغ نیز اعداد مختلفی در سال‌های گذشته مطرح شده، اما نمی‌توان آنها را به‌عنوان ذخیره قطعی کل منطقه یا مبنای قطعی برنامه‌ریزی بلندمدت استان تلقی کرد. بنابراین پرسش اصلی فقط این نیست که الیابغ چقدر ذخیره دارد؛ بلکه باید پرسید کل پتانسیل سرب و روی اسفراین و مناطق پیرامونی چقدر است و چه میزان از آن با اکتشاف استاندارد به ذخیره اقتصادی تبدیل شده است؟

در منابع تخصصی، علاوه بر الیابغ، از محدوده‌هایی مانند سست، گراتی، آب‌بخش و چند محدوده دیگر نام برده شده است. همچنین به معادن دارای پروانه در محدوده‌های سنخواست و امین‌آباد اسفراین اشاره شده است. الیابغ نیز مسیر متفاوتی داشته و اکتشاف و توسعه آن با نقش مستقیم ایمیدرو دنبال شده است. در عین حال، تعداد دقیق و به‌روز محدوده‌ها و معادن سرب و روی فعال و غیرفعال و تفکیک‌شده بر اساس مالکیت دولتی و خصوصی، در منابع عمومی به‌صورت شفاف منتشر نشده است. همین خلأ اطلاعاتی، خود یک مساله مهم در حکمرانی معدنی استان است.

■ **برای توسعه یک صنعت پایدار، چه چیزهایی باید مشخص شود؟**

پیش از تصمیم‌گیری برای ساخت کارخانه یا توسعه استخراج، باید یک تصویر دقیق از منابع منطقه داشته باشیم. از جمله: تعداد و پراکندگی محدوده‌های امیدبخش و وضعیت اکتشاف آنها. حجم منابع و ذخایر و میزان ذخیره قطعی و اقتصادی، عیار سرب و روی و تغییرات آن در کانسار، نسبت باطله‌برداری و قابلیت استخراج اقتصادی، نوع کانی‌های سرب و روی و ویژگی‌های کانی‌شناسی، بازایی قابل‌دستیابی در فراوری و کیفیت کانسارته، عناصر همراه اقتصادی مانند نقره و سایر فلزات، عناصر مزاحم و اثر آنها بر فراوری و بازار محصول، هزینه دسترسی، راه‌سازی و حمل‌ماده معدنی، نیاز و محدودیت‌های آب، برق و سایر زیرساخت‌ها، محدودیت‌های زیست‌محیطی، منابع طبیعی و حفاظتی، امکان مدیریت، پایدارسازی و دفع یا فراوری باطله‌های معدنی و فراوری، سرمایه‌گذاری و هزینه‌های عملیاتی و در نهایت، ظرفیت استخراج پایدار منطقه در افق ۱۰ تا ۲۰ ساله. این اطلاعات باید در قالب یک مدل یکپارچه زمین‌شناسی، معدنی، فراوری و اقتصادی گردآوری شود. بدون چنین مدلی، تعیین ظرفیت کارخانه، میزان سرمایه‌گذاری و اشتغال پایدار بیشتر فرآوردی خواهد بود تا برنامه‌ریزی‌شده.

■ **از «معدن» تا «زنجیره ارزش»**

یکی از خطاهای رایج در توسعه معدنی، مساوی دانستن معدن با توسعه است. استخراج سنگ معدن به تنهایی ارزش افزوده محدودی ایجاد می‌کند. توسعه واقعی زمانی شکل می‌گیرد که ماده معدنی در یک زنجیره اقتصادی به کانسارته، فلز و محصولات پایین‌دستی تبدیل شود. در سرب و روی، این زنجیره می‌تواند از اکتشاف، استخراج، خردایش و فراوری، کانسارته، تولید فلز، صنایع پایین‌دستی شکل بگیرد. پروژه فراوری روی الیابغ و واگذاری عملیات اکتشاف، استخراج و احداث کارخانه تولید شمش روی می‌تواند بخشی از این مسیر باشد؛ اما چنین پروژه‌هایی زمانی پایدار خواهند بود که درون یک برنامه بهینه‌تر قرار گیرند و مشخص باشد خوراک کارخانه‌ها از کجا تامین می‌شود و ذخایر منطقه برای چه مدت توان تغذیه آنها را دارند.

■ **نیاز خراسان شمالی به یک برنامه جامع سرب و روی**
خراسان شمالی با یک برنامه جامع سرب و روی نیاز دارد. این برنامه باید با اکتشاف منطقه‌ای آغاز شود؛ یعنی پهنه‌های مستعد سرب و روی اسفراین و مناطق پیرامونی با مطالعات زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، حفاری و مدل‌سازی سه‌بعدی بررسی شوند. سپس باید یک بانک اطلاعاتی واحد ایجاد شود که وضعیت حقوقی، مالکیت، ذخیره، عیار، کانی‌شناسی و مرحله اکتشاف یا بهره‌برداری هر محدوده را مشخص کند. پس از آن، ظرفیت استخراج و فراوری باید بر اساس ذخیره واقعی و قابل‌انکا طراحی شود، نه بر اساس برآوردهای پراکنده. در این برنامه، زیرساخت، آب، برق، حمل‌ونقل، محیط‌زیست، مدیریت باطله و سرمایه‌گذاری نیز به‌دقت در ابتدا دیده شوند. هدف نباید صرفاً افزایش تناژ استخراج باشد؛ بلکه باید استخراج اقتصادی و ایمن، فراوری با بازایی مناسب، ایجاد ارزش افزوده، مدیریت مسوولانه باطله، اشتغال پایدار و توسعه صنایع پایین‌دستی باشد.

پرسش امروز این نیست که آیا در اسفراین سرب و روی وجود دارد. وجود آن را الیابغ و دیگر نشانه‌های کانی‌زایی منطقه نشان داده‌اند. پرسش اصلی این است: اسفراین و خراسان شمالی در مجموع چه میزان پتانسیل سرب و روی دارند، چه مقدار از آن به‌صورت استاندارد اکتشاف و اثبات شده و برای تبدیل این ثروت زیرزمینی به ثروت پایدار برای مردم استان چه برنامه‌ای داریم؟ پاسخ دقیق به این سوال می‌تواند نقطه شروع یک برنامه جامع و بلندمدت برای توسعه سرب و روی خراسان شمالی باشد.

معدن

در گفت‌وگوی **معدن** با کارشناس معدن مطرح شد؛

بودجه ۱۴۰۶ معدن؛ از «تناژ» به «ارزش»



نوسازی ناوگان مشروط به شاخص‌های عملکرد می‌شود. نسبت‌های دقیق باید با داده همان معدن محاسبه شود و قابل تعمیم نیست.

■ **آیا تخصیص بودجه برای احیای معادن را کذب‌دون ارزیابی**

مجددزمین‌شناسی و اقتصادی آنها تصمیم‌درستی است؟ چگونه باید میان معدن واقعاً قابل احیا و معدنی که به دلیل عیار پایین، شرایط زمین‌شناسی

یا هزینه بالای استخراج توجیه اقتصادی ندارد، تفاوت گذاشت؟
اختصاص بودجه به معدن را کذب‌دون ارزیابی مجدد، شبیه تزیق سرمایه به کسب‌وکاری است که نمی‌دانیم چرا تعطیل شده. معدن ممکن است به دلیل مدیریت، قیمت، مجوز یا تامین نشدن انرژی را کد مانده باشد؛ ولی ممکن است ذخیره اقتصادی نداشته باشد. راه منطقی این است که همه معادن را کدابتدا وارد یک دروازه ارزیابی ارزان شوند و بعد تمام هزینه‌های بازسازی برای آن‌هایی که از دروازه گذشته‌اند.

دروازه ارزیابی به بعد دارد:

۱. **زمین‌شناسی:** ممیزی مجدد ذخیره (گمانه‌های تاییدی، کنترل کیفیت نمونه‌ها، مدل سه‌بعدی) با طبقه‌بندی استاندارد. اگر ذخیره نمی‌تواند با نرخ فعلی حداقل ده سال عمر معدن را تضمین کند، نباید ادامه استخراج را تامین مالی کرد.
۲. **اقتصادی:** محاسبه عیار حد برش، نسبت باطله به سنگ، بازایی، هزینه سرمایه و جاری و ارزش حال خالص (NPV) با نرخ و نرخ تنزیل فعلی، همراه تحلیل حساسیت (مثلاً کاهش ۲۰ درصدی قیمت).

۳. **زیرساختی و حقوقی:** تامین آب، انرژی، حمل‌ونقل، مجوز و مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی.

بر این اساس معدن را کد را اسه‌رده می‌کنیم: الف) قابل احیا با شرایط فعلی؛ (ب) قابل احیا مشروط (مثلاً منوط به فناوری یا نرخ بالاتر)؛ ج) ناموجه از نظر اقتصادی یا فنی، که باید بسته یامحدوده آن دوباره واگذار شود. مهم‌ترین نکته: همان‌طور که باید برای ادامه کارهای موجه بودجه گذاشت، باید معیار «توقف» را هم مشخص کرد.

■ **اگر بودجه ۱۴۰۶ یا هدف افزایش تولید معدنی تدوین شود، اما برای آب، انرژی، حمل‌ونقل و فناوری منابع کافی پیش‌بینی نشود، آیا این بودجه عملاً به افزایش ظرفیت اسمی منجر نمی‌شود، نه رشد واقعی؟** از نظر فنی، چه شاخص‌هایی باید برای سنجش اثربخشی بودجه معدن در پایان سال منتشر شود؟

ظرفیت اسمی را می‌توان بالا برد، اما بدون آب، برق، حمل‌ونقل و فناوری، تولید واقعی به همان اندازه بالا نمی‌رود. نشانه‌های این وضعیت را می‌شناسیم: قطعی برق آب، کمبود سوخت، نبود راه و ریل، و تجهیزاتی که به‌دلیل قطعه‌پدکی منظر می‌ماند در چنین شرایطی بودجه‌ای که فقط در بخش معدن خرج شود بازدهی را در گزارش نشان می‌دهد نه در معدن.

برای اینکه اثر بودجه قابل سنجش باشد، باید در پایان سال این شاخص‌ها منتشر شود:

به ۸۰ درصد کاهش باید، برای حفظ همان تولید فلز باید تناژ سنگ حدود ۱۸ درصد بیشتر استخراج و فراوری شود. این افزایش، انرژی، آب، مواد انفجاری، حمل‌ونقل و باطله را هم تقریباً به همان نسبت بالا می‌برد. یعنی افزایش تناژ در شرایطی که عیار می‌افتد، گاه محصول را ثابت نگه می‌دارد نه اینکه رشد بسازد.

بنابراین تخصیص بودجه باید به نتیجه وابسته شود نه به سلباقه تخصیص و

درخواست مجریان. شاخص‌هایی که باید در تخصیص نقش داشته باشند:

• بازایی معدنی و فراوری: هر نقطه درصد بازایی بیشتر، بدون حفاری یک متر اضافه، فلز قابل استحصال را بیشتر می‌کند.

• واقع‌شدگی: هر درصد رقیق‌شدگی یعنی ورود باطله به خوراک کارخانه و هزینه فراوری برای سنگی که ارزشی ندارد.

• بهره‌وری: تولید بر هر نفر-ساعت، در دستگاه و هر کیلووات‌ساعت.

• ارزش افزوده هر تن: صادرات ماده خام یا تولید محصول با ارزش بیشتر متفاوت است.

• هزینه به ازای هر واحد فلز محتوا: معیاری واقعی‌تر از هزینه بر تن سنگ. عیار حد برش (cut-off) هم باید مورد بررسی قرار گیرد. اگر به منظور افزایش سود کوتا‌مدت فقط بخش بر عیار ذخیره برداشت شود (high-grading)، بخش کم‌عیار برای همیشه از دسترس خارج می‌شود. این همان «اتلاف ذخایر» است که باید در بودجه در برابر آن ایستاد.

■ **اگر قرار باشد بودجه ۱۴۰۶ به توسعه واقعی معدن کمک کند، اولویت باید با اکتشاف، نوسازی تجهیزات استخراج یا توسعه فناوری فراوری باشد؟ کدام‌یک در شرایط فعلی، بیشترین اثر را بر افزایش تولید اقتصادی و کاهش اتلاف ذخایر دارد؟**

پرسیدن «کدام‌یک» شاید نادرست باشد؛ اما «کدام در اول» پرسش درستی است، برای محاسبه باید از این معیار استفاده کرد: «ارزش اقتصادی اضافه‌شده به ازای هر ریال بودجه» و «میزان ذخیره‌ای که از اتلاف نجات می‌یابد». با این معیار‌ها:

• اثر کوتا‌مدت (۱ تا ۲ سال): بهینه‌سازی فرآیند و حفظ بازایی بیشتری‌ن اثر را دارد؛ چون روی سنگی که همین الان استخراج می‌شود اثر می‌گذارد. کنترل عیار (گمانه‌های کنترل عیار، بهینه‌سازی انفجار و تفکیک سنگ معدن از باطله) همین مسیر را می‌رود و با هزینه کم.

• اثر میان‌مدت (۲ تا ۵ سال): اکتشاف در اطراف معدن موجود (near-mine) از پر بازده‌ترین سرمایه‌گذاری‌هاست؛ چون زیرساخت، قانون و مجوز و نیروی انسانی موجود است.

• نوسازی تجهیزات: باید با شرط مشخص شود؛ مثلاً نشان دادن که ماشین قدیمی چه مدت از سال را متوقف می‌ماند و چه تولیدی از دست می‌دهد. خرید ماشین بیشتر وقتی موجه است که معدن ذخیره و آب و انرژی کافی داشته باشد.

• اکتشاف منطقه‌ای و تازه: برای آینده بلندمدت اهمیت زیاد دارد ولی اثر آن ۵ تا ۱۵ سال بعد دیده می‌شود. باید با تامین مالی پایدار متمایز از بودجه سالانه پشتیبانی شود.

این ترتیب نظر است نه قانون؛ اما تحلیل من این است که در شرایط فعلی «بازایی و کنترل عیار» و «اکتشاف اطراف معدن» بیشترین نسبت‌اثر به هزینه را دارند، و

طبق روال قانونی، لایحه بودجه ۱۴۰۶ تا میانه آذر به مجلس می‌رسد و بخش معدن باز همان پرسش قدیمی را مطرح خواهد کرد: اگر به همان شیوه سال‌های قبل منابع تقسیم شود، ۱۴۱۰ چه معدنی خواهیم داشت؟ معدن در ایران همچنان حامی اصلی صادرات غیرنفتی، اشتغال ناحیه‌های کم‌برخوردار و تامین‌کننده ماده اولیه صنایع فولاد و مس و آلومینیوم است. اما اگر بودجه فقط برای «تولید بیشتر» مصرف شود، بخشی از آن صرف تولیدی می‌شود که سرمایه جایگزین نمی‌سازد و ذخیره‌ای را می‌سوزاند که برنمی‌گردد.. این نوشته با همین نگاه به پنج پرسش محوری پاسخ می‌دهد. در همین راستا **معدن** در گفت‌وگو با محمد مسن آبادی، کارشناس معدن، به بررسی الزامات بودجه ۱۴۰۶ و ضرورت تغییر رویکرد از افزایش تناژ استخراج به خلق ارزش بیشتر از هر تن ماده معدنی پرداخته است.

■ **آیا بودجه‌ریزی بخش معدن در ایران بیش از اندازه به استخراج از ذخایر موجود متمرکز است و سهم اکتشافات جدید و تبدیل منابع زمین‌شناسی به ذخایر اقتصادی همچنان نا کافی مانده است؟** در بودجه ۱۴۰۶ چه تغییری باید ایجاد شود تا اکتشاف از یک فعالیت پرریسک و کم‌سرمایه به اولویت توسعه معدنی تبدیل شود؟

اکتشاف در معدن خصوصیتی اقتصادی دارد که در بیشتر بخش‌ها دیده نمی‌شود: بازگشت آن دیر هنگام، نامطمئن و مر‌حله‌ای است. همان‌ریالی که به اکتشاف می‌رود، یاد در مرحله شناسایی متوقف می‌شود یا به گمانه‌ای می‌رسد که هیچ ذخیره قابل استنادی نمی‌سازد. نقد رایج این است که بخش بزرگی از فعالیت اکتشافی کشور در نقشه و نمونه‌برداری سطحی می‌ماند و به مرحله تفصیلی و برآورد ذخیره نمی‌رسد. نتیجه این است که «منابع زمین‌شناسی» زیاد داریم ولی «ذخیره اقتصادی» کم. برای اینکه اکتشاف از «فعالیت پرریسک» به «اولویت توسعه» تبدیل شود، ۱۴۰۶ باید چهار کار را هم‌زمان انجام دهد:

• تامین مالی پایدار: بخشی مشخص از حقوق دولتی و درآمد معدنی به مصرف مفید اکتشاف تبدیل شود. بر طبق گزارش‌های منتشرشده، تناژ انیابغ ۱۰ درصد درآمد بخش معدن را برای اکتشاف پیشرفته کنار گذاشته است. نسبت دقیق برای ایران باید با محاسبات اقتصادی تعیین شود؛ نه عددی که از جای دیگر کپی شده باشد.

• تسهیم ریسک: سرمایه‌گذار خصوصی فقط وقتی وارد اکتشاف می‌شود که بخشی از شکست محتمل را نپذیرد. ابزارهای احتمالی: کمک هم‌سهم برای هزینه گمانه‌ها، افزایش سرمایه صندوق بیمه سرمایه‌گذاری فعالیت‌های معدنی که پوشش بیمه‌ای هزینه اکتشاف را ارائه دهد، و حذف مالیاتی هزینه‌های اکتشاف.

• کاهش ابهام در مسیر: بودجه مر‌حله‌ای (stage-gate) که هر محدوده از شناسایی تا اکتشاف تفصیلی و برآورد ذخیره با معیار روشن دنبال شود. هر محدوده‌ای که با معیار مر‌حله بعد تطابق نکرد، به‌موقع بسته شود و اعتبار آن به محدوده‌های بهتر منتقل شود. از سرمایه‌گذاری پراکنده کم‌اثر، باید به سرمایه‌گذاری متمرکز رسید. • کالای عمومی از نوع داده: داده‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمی عمومی باید در قالب بانک داده استاندارد و قابل دسترسی منتشر شود؛ گزارش ذخیره هم با یک استاندارد بین‌المللی مانند PERC یا JORC تهیه شود تا قابل اتکا باشد.

از نظر اکتشافی، شاخص اصلی باید «نسبت جایگزینی ذخیره» باشد؛ مقدار ذخیره تازه اثبات‌شده نسبت به مقدار استخراج‌شده در همان سال. اگر این نسبت سال‌ها زیر یک بماند، هر سال تولید بیشتر عملاً تاریخ پایان معدن را نزدیک‌تر می‌کند.

■ **با کاهش عیار برخی ذخایر و پیچیده‌تر شدن شرایط استخراج، آیا اختصاص بودجه به افزایش تناژ تولید به تنهایی می‌تواند رشد معدن را تضمین کند؟** چرا شاخص‌هایی مانند بازایی مواد معدنی، کاهش رقیق‌شدگی، بهره‌وری و ارزش افزوده هر تن ماده معدنی نباید در تخصیص منابع بودجه‌ای نقش تعیین‌کننده داشته باشند؟

استاندارد بین‌المللی مانند PERC یا JORC تهیه شود تا قابل اتکا باشد. از نظر اکتشافی، شاخص اصلی باید «نسبت جایگزینی ذخیره» باشد؛ مقدار ذخیره تازه اثبات‌شده نسبت به مقدار استخراج‌شده در همان سال. اگر این نسبت سال‌ها زیر یک بماند، هر سال تولید بیشتر عملاً تاریخ پایان معدن را نزدیک‌تر می‌کند.

■ **اگر عیار یک معدن از ۱۰۰ به ۰.۹ واحد برسد (۱۰ درصد افت) و بازایی از ۸۵ خطاست.**

مهم‌ترین نسبت در این جدول «ظرفیت عملی به ظرفیت اسمی» است. اگر بودجه ظرفیت اسمی را بالا ببرد ولی این نسبت بالا نرود، تنها عدد روی کاغذ تغییر کرده است.

شاخص	حوزه
متر گمانه حفاری‌شده؛ نسبت جایگزینی ذخیره؛ ذخیره جدید به تفکیک رده استاندارد؛ هزینه کشف به ازای هر تن یا هر واحد فلز؛ مدت زمان از مجوز تا حفاری	اکتشاف
بازایی معدنی؛ رقابت‌شدگی؛ تطابق عیار برآوردشده یا عیار واقعی (reconciliation)؛ نسبت باطله به سنگ؛ درصد استفاده از ظرفیت و دسترسی تجهیزات	استخراج
بازایی فرآیند؛ عیار محصول؛ نسبت ظرفیت عملی به اسمی	فراوری
مصرف انرژی بر تن (kWh/t)؛ مصرف آب بر تن (m³/t)؛ تعداد روزهای توقف به دلیل قطعی برق یا آب	انرژی و آب
هزینه حمل بر تن-کیلو متر؛ سهم حمل ریلی؛ زمان انتظار محصول	حمل‌ونقل
ارزش افزوده هر تن؛ سهم محصول فراوری‌شده از صادرات؛ هزینه هر واحد فلز محتوا	اقتصادی
نسبت عملکرد مالی به پیشرفت فیزیکی؛ نرخ حوادث منجر به از دست رفتن روز کار (LTIFR)	بودجه و ایمنی

جمع‌بندی: هفت توصیه برای لایحه ۱۴۰۶

- مصرف مقید بخشی از درآمد معدنی برای اکتشاف با اعتبار چندساله.
- افزایش سرمایه صندوق بیمه سرمایه‌گذاری فعالیت‌های معدنی و تسهیم هزینه گمانه‌ها با سرمایه‌گذار بخش خصوصی.
- الزام گزارش ذخیره با استاندارد بین‌المللی و انتشار داده عمومی.
- مشروط کردن بخشی از اعتبار توسعه معدن به شاخص‌های بازایی، رقیق‌شدگی و بهره‌وری.
- دروازه ارزیابی اجباری برای معادن را کد قبل هر تخصیص.
- مربوط کردن طرح‌های افزایش تولید به تامین آب، انرژی و حمل‌ونقل در همان محدوده.
- انتشار شاخص‌های فنی پایان سال و مقایسه با هدف.

بودجه معدن نباید برای تن بیشتر مصرف شود؛ باید برای «ارزش بیشتر از هر تن و عمر بیشتر برای هر معدن» خرج شود.