

معدن آینده؛ جایی فراتر از محصول اصلی



سعيد صمدی
دبير انجمن زغال سنگ ايران

در نگاه سنتی به معدن، ارزش یک ذخیره معدنی عمدتاً به میزان استخراج و مقدار محصول اصلی سنجیده می‌شود. معدن کار استخراج می‌کند، ماده معدنی را به صنعت تحویل می‌دهد و فرایند ارزش‌آفرینی در همان نقطه‌ای تعریف می‌شود که محصول اصلی تولید شده است. اما اقتصاد چرخشی، این معادله را تغییر می‌دهد؛ زیرا در این نگاه، هیچ ماده‌ای پیش از آنکه تمام ظرفیت‌های ارزش‌آفرینی‌اش شناخته شود، صرفاً باطله نیست.

در فرایند تبدیل زغال‌سنگ به کک، ارزش‌آفرینی به محصول اصلی ختم نمی‌شود. گاز، قطران، بنزن، سولفات آمونیوم و ترکیبات گوگردی، هر کدام می‌توانند مسیر مستقلی برای تولید محصول ایجاد کنند. به این ترتیب، یک تن ماده معدنی می‌تواند مجموعه‌ای از فرصت‌های اقتصادی را در خود جای داده باشد.

این نگاه در مورد باطله‌ها اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. ماده‌ای که در یک فرآیند، ارزش اقتصادی کافی برای استفاده مستقیم ندارد، ممکن است در فرآیندی دیگر حاوی عناصر قابل توجهی باشد. برای نمونه، باطله کارخانه‌های زغال‌سنگ ممکن است در ابتدا به‌عنوان زغال‌سنگ کم‌عیار خریداری شود، اما بررسی‌های اقتصادی نشان دهد که هزینه حمل و انتقال آن، ارزش اقتصادی ماده را زیر سؤال می‌برد. با این حال، همین تجربه می‌تواند یک پرسش مهم را مطرح کند: آیا باطله باید صرفاً بر اساس کاربرد اولیه‌اش سنجیده شود یا باید به دنبال عناصر و ترکیبات دیگری در آن بود؟

پاسخ این پرسش، آینده اقتصاد چرخشی در معدن را تعیین می‌کند. ممکن است در کنار یک ماده معدنی، عناصر دیگری مانند مس، طلا، نقره یا عناصر نادر خاکی وجود داشته باشد؛ عناصری که پیش‌تر یا شناسایی نشده‌اند یا به دلیل نبود فناوری و دانش فنی، مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

در چنین شرایطی، رقابت آینده در صنعت معدن صرفاً بر سر استخراج بیشتر نخواهد بود. شرکتی که بتواند از یک تن ماده معدنی، محصولات بیشتری با ارزش‌های متفاوت تولید کند، عملاً ارزش اقتصادی بیشتری از ذخیره خود به دست می‌آورد. این همان نقطه‌ای است که مفهوم بازبایی حداکثری ارزش اهمیت پیدا می‌کند.

البته این مسیر بدون تغییر در نگاه حقوقی و مدیریتی نیز ممکن نیست. اگر یک معدن با هدف استخراج یک ماده مشخص فعالیت می‌کند، اما در باطله آن عناصر دیگری وجود دارد، باید مشخص باشد که امکان شناسایی و استحصال این عناصر چگونه فراهم می‌شود. در غیر این صورت، بخشی از ارزش واقعی ذخیره معدنی همچنان بلااستفاده باقی می‌ماند.

از سوی دیگر، اقتصاد چرخشی معدن با یک مانع اساسی مواجه است: بسیاری از ظرفیت‌ها هنوز شناخته نشده‌اند. نخستین گام، شناخت دقیق ماده معدنی است. پیش از آنکه سرمایه‌گذاری، فناوری یا توسعه صنعتی مطرح شود، باید مشخص شود که در ماده معدنی چه عناصری وجود دارد و هر کدام چه میزان قابلیت استحصال دارند. این موضوع، نشان می‌دهد نقش آزمایشگاه و زیرساخت‌های شناسایی به اندازه معدن و کارخانه فرآوری مهم است. در شرایطی که بسیاری از عناصر نادر خاکی موجود در کشور هنوز به‌طور کامل شناخته نشده‌اند و برخی آزمایش‌های تخصصی نیز با محدودیت مواجه است، نمی‌توان از توسعه اقتصاد چرخشی سخن گفت اما زیرساخت شناخت را نادیده گرفت.

پس از شناخت، نوبت به اقتصاد می‌رسد. هر ماده‌ای که در باطله یافت می‌شود، الزاماً ارزش اقتصادی ندارد. باید میزان عنصر، هزینه استحصال، فناوری مورد نیاز، قیمت محصول و دوره بازگشت سرمایه مشخص شود. در این مرحله، دانش فنی و سرمایه‌گذاری به یکدیگر پیوند می‌خورند.

بنابراین، مسئله اصلی اقتصاد چرخشی در معدن، صرفاً تبدیل باطله به محصول نیست؛ بلکه تغییر نگاه به خود ماده معدنی است. معدنی که امروز تنها به دلیل محصول اصلی‌اش ارزش‌گذاری می‌شود، ممکن است فردا به‌دلیل مجموعه‌ای از محصولات جانبی و عناصر همراه، ارزش بسیار بیشتری داشته باشد.

آینده صنعت معدن متعلق به مجموعه‌هایی است که این ظرفیت را زودتر بشناسند؛ مجموعه‌هایی که به جای نگاه خطی استخراج، تولید و دورریز، زنجیره‌ای از شناسایی، فرآوری، بازبایی و تولید چند محصول را طراحی کنند. در این مسیر، هر تن ماده معدنی می‌تواند بیش از یک فرصت اقتصادی باشد.

در دو دهه اخیر، نوسانات مستمر قیمت مسکن به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های اقتصادی کشور تبدیل شده است. اگرچه عوامل مختلفی مانند تورم، نرخ ارز، قیمت زمین و سیاست‌های مالی در این روند نقش دارند، اما یکی از حلقه‌های کمتر دیده‌شده این زنجیره، بخش معدن و صنایع معدنی است؛ بخشی که تأمین‌کننده اصلی مواد اولیه صنعت ساختمان به شمار می‌رود و هرگونه تغییر در هزینه‌های آن، به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر قیمت تمام‌شده ساخت‌وساز اثر می‌گذارد.

صنایع معدنی از نخستین حلقه زنجیره تولید مصالح ساختمانی هستند. استخراج سنگ‌آهن، تولید فولاد، سیمان، سنگ‌های ساختمانی، گچ، آهک و سایر مواد معدنی، پایه اصلی صنعت ساختمان را تشکیل می‌دهد. در یک دهه گذشته، افزایش هزینه‌های

مسعود زارع، کارشناس حوزه معدن و صنایع معدنی، در گفت‌وگو با **معدن** معتقد است افزایش قیمت در صنایع معدنی را نباید صرفاً از زاویه بازار مواد اولیه تحلیل کرد؛ زیرا آنچه امروز در اقتصاد کشور مشاهده می‌شود، حاصل برهم خوردن تعادل در کل زنجیره تولید است. به گفته او، معدن نه فقط تأمین‌کننده مواد اولیه، بلکه نقطه آغاز حرکت بسیاری از صنایع مادر است و هر تغییری در این بخش، دیر یا زود خود را در قیمت محصولات صنعتی و حتی بازار ساخت‌وساز نشان می‌دهد. زارع با اشاره به نقش راهبردی معادن اظهار کرد: بسیاری از مردم زمانی متوجه افزایش هزینه‌های می‌شوند که قیمت فولاد، سیمان یا مسکن بالا می‌رود، اما کمتر کسی به این موضوع توجه می‌کند که نخستین حلقه این تغییرات در معدن شکل گرفته است. معدن مانند موتور اولیه یک زنجیره صنعتی عمل می‌کند؛ اگر هزینه این موتور افزایش یابد، تمام واگن‌های بعدی نیز ناچار به حرکت با هزینه بالاتر خواهند بود. اقتصاد معدن را نباید به استخراج سنگ محدود کرد. این بخش، ستون اصلی صنایع پایه کشور است و کوچک‌ترین اختلال در آن می‌تواند ده‌ها صنعت وابسته را تحت تأثیر قرار دهد. این کارشناس حوزه معدن با بیان اینکه بخشی از تورم صنعتی ریشه تولیدی دارد، گفت: وقتی هزینه استخراج افزایش پیدا می‌کند، کارخانه‌های فرآوری مواد معدنی نیز با رشد هزینه مواجه می‌شوند. سپس صنایع فولاد، سیمان، ریخته‌گری، تولید مصالح ساختمانی و بسیاری از صنایع وابسته ناچار به اصلاح قیمت محصولات خود خواهند شد. این فرآیند با تورم ناشی از واسطه‌گری تفاوت دارد. در اینجا افزایش قیمت از دل هزینه واقعی تولید شکل می‌گیرد و حذف آن بدون اصلاح ساختار تولید امکان‌پذیر نیست؛ زارع تأکید کرد: تا زمانی که هزینه تولید در بخش معدن کنترل نشود، انتظار کاهش قیمت در حلقه‌های بعدی چندان واقع‌بینانه نخواهد بود.

■ **ماشین آلات؛ گلوگاه خاموش تولید**

وی یکی از مهم‌ترین چالش‌های امروز معادن را فرسودگی ماشین آلات دانست و اظهار کرد: بخش قابل توجهی از ناوگان معدنی کشور عمر بالای دارد و هزینه نگهداری آن هر سال افزایش پیدا می‌کند. تجهیزات فرسوده مصرف سوخت بیشتری دارند، استهلاک بالاتری ایجاد می‌کنند، راندمان استخراج را کاهش می‌دهند و زمان توقف عملیات را افزایش می‌دهند. تمام این عوامل در نهایت به افزایش قیمت تمام‌شده ماده معدنی منجر می‌شود. زارع گفت: در بسیاری از کشورهای معدنی، نوسازی ماشین آلات یک

استخراج، رشد قیمت انرژی، نوسانات نرخ ارز، محدودیت‌های تأمین برق و گاز و احداث‌های معدنی و فولادی، افزایش هزینه حمل‌ونقل و تغییرات مداوم قیمت مواد اولیه، باعث شده است هزینه تولید در زنجیره معدن به‌طور پیوسته افزایش یابد؛ افزایشی که در نهایت خود را در قیمت میلگرد، تیر آهن، ورق فولادی، سیمان و سایر مصالح ساختمانی نشان داده و هزینه ساخت مسکن را بالا برده است.

از سوی دیگر، بخش معدن تنها تأمین‌کننده مواد اولیه نیست، بلکه نقش تعیین‌کننده‌ای در امنیت عرضه این محصولات نیز دارد. هرگونه اختلال در استخراج، فرآوری یا تولید مصالح معدنی، می‌تواند تعادل بازار مصالح ساختمانی را بر هم بزند و زمینه افزایش قیمت‌ها را فراهم کند. به همین دلیل، بسیاری از کارشناسان معتقدند که ثبات بازار مسکن، بدون پایداری در زنجیره معدن و صنایع معدنی قابل

تورم از دل تولید آغاز می‌شود

سرمایه‌گذاری برای کاهش هزینه تولید محسوب می‌شود، اما در ایران محدودیت‌های واردات و تأمین مالی این روند، دانشوار کرده است. این کارشناس حوزه معدن اظهار کرد: همه افزایش قیمت‌ها ناشی از رشد نرخ مواد اولیه نیست. گاهی کاهش بهره‌وری، هزینه‌ای بسیار سنگین‌تر از تورم ایجاد می‌کند. زمانی که یک معدن با فناوری قدیمی فعالیت می‌کند یا برنامه‌ریزی مناسبی برای استخراج ندارد، مقدار بیشتری انرژی، سوخت و نیروی انسانی مصرف می‌شود تا همان میزان تولید حاصل شود. این اتلاف منابع در ظاهر دیده نمی‌شود، اما در قیمت نهایی محصول کاملاً اثر گذار است. وی با اشاره به ساختار هزینه در معدن گفت: تصور عمومی این است که معدن تنها با هزینه استخراج روبه‌روست، در حالی که هزینه‌های جانبی سهم قابل توجهی از قیمت نهایی را تشکیل می‌دهند. هزینه حمل مواد، تأمین قطعات، تعمیرات، حقوق دولتی، مالیات، بیمه، خدمات فنی، ایمنی و الزامات زیست‌محیطی همگی در قیمت تمام‌شده اثر دارند. زارع اظهار کرد: زمانی که هر کدام از این بخش‌ها با افزایش هزینه مواجه شود، تولیدکننده ناچار است بخشی از آن را در قیمت محصول متعکس کند. این کارشناس حوزه معدن با اشاره به صنعت فولاد گفت: فولاد یکی از مهم‌ترین مصرف‌کنندگان مواد معدنی است و تغییرات قیمت آن بیش از سایر محصولات مورد توجه افکار عمومی قرار می‌گیرد. افزایش هزینه تولید کلسناتور، گندله و آهن اسفنجی به تدریج بر قیمت فولاد اثر می‌گذارد. پس از آن صنایع ساختمانی، خودروسازی، لوازم خانگی و صدها واحد صنعتی دیگر نیز با افزایش هزینه مواد اولیه مواجه می‌شوند. او افزود: بنابراین افزایش قیمت فولاد، رانمی‌توان تنها به عملکرد کارخانه‌های فولادی تسبیب داد؛ این موضوع نتیجه عملکرد کل زنجیره معدن تا صنعت است.

■ **مسکن؛ آخرین حلقه زنجیره**

زارع درباره ارتباط معدن و بازار مسکن اظهار کرد: ساختمان مجموعه‌ای از محصولات معدنی است: فولاد، سیمان، سنگ، گچ، شیشه، آلومینیوم، مس، کاشی، سرامیک و حمل‌ونقل. بسیاری از مصالح دیگر منشأ معدنی دارند. طبیعی است که اگر قیمت این مواد افزایش پیدا کند، هزینه ساخت نیز رشد خواهد کرد. البته قیمت مسکن تنها به مصالح وابسته نیست و عواملی مانند زمین، نقدینگی، سیاست‌های مالی و بازار سرمایه نیز بر آن اثر دارند، اما نقش صنایع معدنی رانمی‌توان نادیده گرفت. این کارشناس حوزه معدن

زنجیره گرانی؛ از معدن تا مسکن

خطوط تولید، کاهش ظرفیت کارخانه‌ها و افزایش هزینه‌های جانبی در نهایت بر قیمت محصول نهایی اثر خواهد گذاشت. اگرچه انرژی در ایران با هزینه به‌سبب بسیاری از کشورها ارزان‌تر است، اما محدودیت‌های فصلی و اختلال در تأمین آن، هزینه‌های پنهانی ایجاد می‌کند که کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد. وی با اشاره به نقش لجستیک در قیمت مواد معدنی اظهار کرد: بخش مهمی از هزینه محصولات معدنی مربوط به حمل‌ونقل است. بسیاری از معادن در مناطق دورافتاده قرار دارند و انتقال مواد اولیه به کارخانه‌ها هزینه قابل توجهی ایجاد می‌کند. افزایش نرخ سوخت، کمبود ناوگان حمل، فرسودگی کامیون‌ها و محدودیت خطوط ریلی باعث شده هزینه جابجایی مواد معدنی طی سال‌های اخیر افزایش یابد. زمانی که هزینه حمل سنگ‌آهن یا کلسینر سیمان بالا می‌رود، این افزایش مستقیماً در قیمت محصول نهایی دیده می‌شود. این کارشناس حوزه زیرساخت تأکید کرد: نباید تصور کرد که گرانی مصالح ساختمانی صرفاً ناشی از عملکرد معادن یا کارخانه‌های معدنی است. عوامل متعددی مانند نرخ ارز، تورم عمومی، مالیات، هزینه تأمین مالی، قیمت انرژی، حمل‌ونقل و حتی سیاست‌های تجاری بر قیمت مواد معدنی اثر می‌گذارند. صنایع معدنی تنها بخشی از این زنجیره هستند و بسیاری از هزینه‌هایی که به آنها تحمیل می‌شود، خارج از اختیار تولیدکننده است. محمدی یکی از مهم‌ترین راهکارهای کنترل قیمت را افزایش بهره‌وری دانست و گفت: هرچه استخراج و فرآوری با فناوری‌های جدید انجام شود، هزینه تولید کاهش خواهد یافت. استفاده از ماشین آلات مدرن، هوشمندسازی معادن، کاهش مصرف انرژی، بهبود بازبایی مواد معدنی و مدیریت دقیق عملیات استخراج می‌تواند بخشی از هزینه‌های تولید را کاهش دهد. در بسیاری از کشورهای معدنی، فناوری توانسته‌اند اثر افزایش هزینه‌های تولید را تا حد زیادی جبران کند و همین موضوع رقابت‌پذیری صنایع را افزایش داده است.

■ **سرمایه‌گذاری در معادن؛ سرمایه‌گذاری برای کنترل قیمت‌ها**

این کارشناس معتقد است توسعه معادن تنها به معنای افزایش تولید نیست، وی



معتقد است یکی از عوامل مؤثر بر ثبات قیمت، توسعه اکتشافات معدنی است. اگر ذخایر جدید شناسایی و وارد چرخه تولید شوند، ظرفیت عرضه مواد اولیه افزایش پیدا می‌کند و بازار با کمبود مواجه نخواهد شد. هرچه عرضه پایدارتر باشد، نوسانات قیمت نیز کمتر خواهد شد. به همین دلیل سرمایه‌گذاری در

اکتشاف، تنها یک فعالیت معدنی نیست؛ بلکه اقدامی برای حمایت از کل صنایع کشور محسوب می‌شود. زارع با انتقاد از تصمیم‌های کوتاهمدت گفت: کنترل قیمت از طریق محدودیت‌های مقطعی یا مداخلات دستوری، معمولاً اثر پایداری ندارد. اگر ریشه افزایش هزینه‌ها در بخش تولید باقی بماند، بازار دیر یا زود خود را با واقعیت‌های اقتصادی تطبیق خواهد داد. راهکار اصلی، کاهش هزینه تولید، افزایش بهره‌وری، نوسازی تجهیزات و رفع موانع سرمایه‌گذاری در بخش معدن است. این کارشناس حوزه معدن اظهار کرد: در بسیاری از تحلیل‌ها، معدن تنها به‌عنوان بخشی که مواد اولیه را گران می‌کند معرفی می‌شود، در حالی که اگر این بخش تقویت شود، می‌تواند به کنترل هزینه‌ها نیز کمک کند. افزایش تولید، توسعه فناوری، کاهش هزینه استخراج و بهبود زیرساخت‌های حمل‌ونقل، ظرفیت کاهش قیمت در کل زنجیره را ایجاد می‌کند. هرچه رقابتی‌تر و بهره‌ورتر باشد، صنایع پایین‌دستی نیز با ثبات بیشتری فعالیت خواهند کرد.

■ **آینده صنایع؛ وابسته به اصلاح زنجیره تولید**

زارع در پایان خاطرنشان کرد: اقتصاد معدن را نباید به‌صورت جزیره‌ای مدیریت کرد. هر تصمیمی که درباره استخراج، سرمایه‌گذاری، ماشین‌آلات، انرژی یا حمل‌ونقل گرفته می‌شود، مستقیماً ده‌ها صنعت دیگر اثر می‌گذارد. اگر هدف، کاهش هزینه تولید و ایجاد ثبات در بازارهای صنعتی است، باید اصلاحات از نخستین حلقه زنجیره یعنی معدن آغاز شود. سرمایه‌گذاری در فناوری، توسعه اکتشاف، نوسازی ناوگان معدنی و افزایش بهره‌وری، تنها به نفع معدنکاران نیست؛ بلکه به سود کل اقتصاد کشور خواهد بود. در نهایت، هر اندازه زنجیره تولید از معدن تا صنعت کارآمدتر شود، امکان کنترل هزینه‌ها، افزایش رقابت‌پذیری صنایع و کاهش فشار بر مصرف‌کننده نهایی نیز بیشتر خواهد شد.



اظهار کرد: هرچه سرمایه‌گذاری بیشتری برای توسعه معادن، نوسازی تجهیزات و افزایش ظرفیت فرآوری انجام شود، عرضه مواد اولیه پایدارتر خواهد شد و نوسانات شدید قیمت جلوبگری می‌شود. کمبود عرضه یکی از مهم‌ترین عوامل افزایش قیمت است. اگر ظرفیت تولید متناسب با نیاز صنایع رشد نکند، فشار تقاضا موجب افزایش قیمت خواهد شد. توسعه بخش معدن در واقع به ثبات صنایع پایین‌دستی نیز کمک می‌کند. وی با اشاره به ضرورت هماهنگی میان بخش‌های مختلف گفت: سیاست‌گذاری در حوزه معدن نباید جدا از صنایع فولاد، سیمان، ساختمان و حمل‌ونقل انجام شود. هر تصمیمی که در ابتدای زنجیره گرفته می‌شود، در نهایت بر مصرف‌کننده نهایی اثر خواهد گذاشت. بنابراین لازم است سیاست‌گذاری هنگام تدوین برنامه‌های معدنی، اثرات آن در سایر صنایع نیز در نظر بگیرند. اقتصاد معدن یک شبکه به‌هم پیوسته است و موفقیت آن تنها با نگاه زنجیره‌ای امکان‌پذیر خواهد بود. این کارشناس حوزه زیرساخت در پایان اظهار کرد: اگرچه افزایش هزینه‌های تولید واقعیتی انکارناپذیر است، اما راحل آن محدود کردن تولید یا کنترل دستوری قیمت‌ها نیست. توسعه اکتشاف، افزایش بهره‌وری، نوسازی ماشین‌آلات، کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، تأمین پایدار انرژی و حمایت از سرمایه‌گذاری می‌تواند فشار هزینه‌ها را کاهش دهد و ثبات بیشتری در بازار مواد معدنی ایجاد کند. زمانی که زنجیره معدن با بهره‌وری بالاتر فعالیت کند، صنایع پایین‌دستی نیز با ثبات بیشتری در بازار اولیه خود را تأمین خواهند کرد و در نهایت اثر این ثبات به بازار ساخت‌وساز و مصرف‌کننده نهایی خواهد رسید. به همین دلیل، حل بخشی از چالش‌های بازار مسکن، پیش از هر چیز از معادن و صنایع معدنی آغاز می‌شود؛ جایی که نخستین حلقه زنجیره تولید شکل می‌گیرد.

سخن پایانی

رابطه معدن و مسکن، رابط‌ای مستقیم اما کمتر مورد توجه است. هرگونه افزایش هزینه در حلقه‌های ابتدای زنجیره، از استخراج مواد معدنی تا تولید فولاد، سیمان و سایر مصالح ساختمانی، در نهایت به هزینه ساخت و قیمت نهایی مسکن منتقل می‌شود. از این رو، ثبات در بازار ساختمان تنها با سیاست‌های بخش مسکن محقق نخواهد شد، بلکه نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای تقویت زنجیره معدن و صنایع معدنی نیز هست.

کارشناسان معتقدند توسعه زیرساخت‌های معدنی، افزایش بهره‌وری، کاهش هزینه‌های تولید، تأمین پایدار انرژی و حمایت از سرمایه‌گذاری در صنایع معدنی، می‌تواند علاوه بر تقویت تولید، از شدت نوسانات بازار مصالح ساختمانی بکاهد. در واقع، هرچه زنجیره معدن با ثبات‌تر و کارآمدتر عمل کند، زمینه برای کنترل هزینه‌های ساخت‌وساز و ایجاد تعادل بیشتر در بازار مسکن نیز فراهم خواهد شد. آینده این بخش بیش از آنکه جدا از یکدیگر باشد، به عملکرد هماهنگی پایدار یک زنجیره مشترک وابسته است.