یادداشت

فناوری های معدنکاری از عصر بیل و کلنگ تا سنسور و رادار

احسان عزیزی
فعال صنعتی

همچنان پس از هزاران سال، هدف اساسی استخراج در معادن "استحصال فلزات و مواد معدنی از زمین و جداسازی آنها از باطله های" ثابت باقی مانده است. یک معدنچی از ۳۰۰۰ سال پیش حقیقت اساسی "حفاری در زمین برای کشف ثروت های زمین" را عمیقا درک است. در بستر زمان، جهان معادن هم در سطح مقیاس و هم از منظر فناوری های به خدمت گرفته شده، به طرز چشمگیری تغییر کرده است. معدن ها از تونل های شدادی کوچک به پیت های عظیم امروزی تغییر سایز داده و ابزار ها از مفتول های فلزی به فناوری های در مرز دانش بشری مسلح گردیده اند. اما در همه اعصار، دو عامل شرایط اقتصادی و ولع های صنعتی همواره شیر ذائقه بشر را در دست داشته و هرزگاهی در جهت تقاضا برای فلزات مختلف به جهتی چرخانده است. لذا درک تأثیر بالقوه فناوری های جدید در حرکت به سمت پارادایم پایدارتری از بهره برداری و جلوگیری از اتلاف منابع، در معادن امری حیاتی به نظر می رسد.

در تاریخ بشریت، گرچه شرکت های معدنی به طور سنتی در به کارگیری فناوری های جدید محافظه کار می باشند، اما فناوری های به خدمت گرفته شده در این بخش بر اساس یک اصل بسیار ساده اما اساسی انتخاب شده اند و آن هم اصل "حداکثر استحصال در برابر حداقل هزینه". تسلط و تسری این اصل در نظام معدنکاری که ریشه در توسعه حاشیه سود و بهبود عملکرد معدن داران دارد توانسته پیوندهای های از جهان فناوری به جهان معدنکاری بزند.

شرکت های معدنی هم برای تولید و هم برای تضمین سلامت و ایمنی کارگران در اتخاذ هر تصمیمی به مطمئن بودن و پیش بینی پذیر بودن آن تصمیم اهمیت بسیار بسزایی می دهند. اما در عین حال، این شرکت ها با فشارهای اجتماعی فزاینده ای برای عملکرد زیست محیطی بهتر و شفاف مواجه شده اند. همچنین این شرکت های شروع به بررسی چگونگی بهبود کارایی و بهره وری خود به موازات کاهش عیار در مواد معدنی با استفاده از فناوری های نوین معدنکاری کرده اند. مهمترین فن آوری هایی که در این چشم انداز و همگام با موج چهارم انقلاب صنعتی بخش معدن را درخواهد نوردید و به احتمال زیاد فعالیت های "با نرخ دو دلار را با یک دلار" به انجام خواهد رساند به اختصار شامل حوزه های زیر خواهد بود:

۱-حوزه اتوماسیون

یکی از مهمترین تمایلات فناورانه در آینده بخش معدن، اتوماسیون است. محرک های این گرایش در درجه اول محیطی نمی باشند، بلکه ریشه در بهره وری، سلامت و ایمنی دارند. استخراج معدن یک تجارت آلاینده و اغلب خطرناک است. استفاده از کامیون‌ها و دکل‌های استخراج خودکار به این معنی است که کارگران کمتری باید مستقیماً در معرض مواد معدنی قرار گیرند. در عین حال، اتوماسیون به معادن اجازه می دهد تا شبانه روز کار کنند و بهره وری را به حداکثر برسانند. به عنوان یک مزیت دیگر، گاهی اوقات اتوماسیون می تواند به جای نیاز به سرمایه گذاری جدید، بر روی بهبود عملکرد تجهیزات موجود متمرکز شود. تا به امروز، شرکت‌های بزرگ معدنی چند ملیتی مانند ریوتینتو از معادن خاصی به عنوان نمونه های آزمایشی برای «معادن آینده» استفاده کرده‌اند. با این حال، هرچه تولیدکنندگان بیشتری وارد این فناوری می شوند، این فناوری، عمومی تر و در دسترس تر می شود.

ماشین‌آلات خودکار از پروتکل‌های سخت‌گیرانه‌تری نسبت به عملیات انسانی پیروی می‌کنند و استفاده های غیر ضروری را کاهش می‌دهند. از نظر تئوری، این رویکرد عمر ماشین را طولانی تر می کند، انتشار آلاینده ها را کاهش می دهد و از منابع در اختیار به طور موثرتری استفاده می کند.

۲- حوزه برق و انرژی

استفاده از سوخت های فسیلی در سایت های معدنی هزینه عملیاتی قابل توجهی را تحمیل می نماید و منبعی برای آلودگی هوا و همچنین انتشار گازهای گلخانه ای است. در سایت های استخراج خارج از شبکه، معمولاً از دیزل ژنراتورها برای تامین انرژی تجهیزات استفاده می شود. از طرفی حمل و نقل سوخت، گران و آلاینده است. در عملیات معدنکاری غیرمتصل به شبکه‌های برق، کامیون‌های بزرگ و دکل‌های معدنی معمولاً با گازوئیل کار می‌کنند و انتشار قابل‌توجهی از گازهای گلخانه‌ای دارند.

تولید کنندگان تجهیزات معدن و شرکت های معدنی به طور فزاینده ای در حال آزمایش نسخه های هیبریدی دیزل/الکتریکی یا تمام الکتریکی کامیون ها و ماشین آلات معدنی هستند. مزایای برق‌رسانی در معادن زیرزمینی، که در آن دود اگزوز خطری برای سلامتی و ایمنی معدنکاران ایجاد می‌کند و باید دائماً تهویه شود، بیشتر است. اتکا به وسایل نقلیه و ماشین آلات برقی نیاز به تهویه را کاهش می دهد. فراتر از برقی سازی وسایل نقلیه، تجهیزات الکتریکی در معادن زیرزمینی نیز می‌توانند تهویه را کاهش دهند و مزایای قابل توجهی را به همراه داشته باشند. موتورهای الکتریکی به طور قابل توجهی قطعات کمتری نسبت به موتورهای احتراق داخلی دارند، و نیاز به تعمیر و نگهداری کمتری دارند، آلایندگی ایجاد نمی کنند و بسیار کم صداتر هستند .

۳- انرژی تجدید پذیر

انرژی های تجدیدپذیر به طور فزاینده ای یک گزینه قابل دوام و در دسترس برای سایت های خارج از شبکه توزیع برق است. این سیستم‌ها حتی در ترکیب با دیزل، انتشار گازهای گلخانه‌ای و هزینه حمل و نقل سوخت به مکان‌های دورافتاده را به شدت کاهش می‌دهند. سیستم های هیبریدی تجدیدپذیر/دیزل با موفقیت در صنایع معدنی مختلف در کشورهای کانادا و استرالیا تجربه شده اند. با این حال، آنها از حمایت دولت ها برای توسعه خود بهره مند شده اند.

صمت از بحران چندلایه در بخش معدن گزارش می‌دهد:

بازی در زمین ناهموار

بخش معدن در سال‌های اخیر بیش از هر زمان دیگری در معرض توجه قرار گرفته؛ بخشی که از یک‌سو به‌عنوان تأمین‌کننده مواد اولیه صنایع و از سوی دیگر به‌عنوان یکی از ظرفیت‌های مهم ارزآوری شناخته می‌شود. با این حال، میان جایگاهی که برای معدن در اسناد و برنامه‌ها ترسیم شده و آنچه در میدان عمل جریان دارد، فاصله‌ای قابل‌توجه دیده می‌شود. این فاصله، نه ناشی از کمبود منابع، بلکه حاصل مجموعه‌ای از چالش‌های انباشته در حوزه سیاست‌گذاری، تأمین نهاده‌ها و ساختار تولید است. افزایش هزینه‌های تولید، دشواری در تأمین ماشین‌آلات و مواد اولیه، رشد عوارض صادراتی و حقوق دولتی، و در کنار آن، بی‌ثباتی در مقررات، فضایی را ایجاد کرده که فعالیت در این بخش را با عدم قطعیت‌های جدی مواجه ساخته است. چنین شرایطی، در تضاد با ماهیت معدن‌کاری قرار دارد؛ صنعتی که نیازمند برنامه‌ریزی بلندمدت، سرمایه‌گذاری پایدار و افق روشن اقتصادی است.

در کنار این مسائل، نوع نگاه به معدن نیز قابل تأمل است. در بسیاری از موارد، این بخش بیش از آنکه به‌عنوان یک پیشران توسعه صنعتی و حلقه‌ای کلیدی در زنجیره ارزش دیده شود، به منبعی برای جبران کسری‌های کوتاه‌مدت تبدیل شده است. نتیجه چنین رویکردی، کم‌رنگ شدن سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها، عقب‌ماندگی در حوزه فناوری و تداوم خام‌فروشی بوده است.

در چنین فضایی، «صمت» در گفت‌وگو با کارشناسان، به بررسی ابعاد مختلف این چالش‌ها پرداخته و تلاش کرده تصویری واقع‌بینانه از وضعیت امروز بخش معدن و چشم‌انداز پیش‌روی آن ترسیم کند؛ تصویری که نشان می‌دهد ادامه مسیر بدون بازنگری در رویکردها، با ابهام‌های جدی همراه خواهد بود.

گروه معدن
editor@smtnews.ir

افزایش هزینه نهاده‌ها

حسن حسینقلی، عضو کمیسیون معدن اتاق ایران، با اشاره به وضعیت فعلی بخش معدن، شرایط این حوزه را «بحرانی» توصیف کرد و گفت: مجموعه‌ای از فشارهای همزمان باعث شده فعالیت در بخش معدن به‌مراتب دشوارتر از گذشته شود. وی با بیان اینکه این بحران ابعاد مختلفی دارد، اظهار کرد: از کمبود مواد اولیه حیاتی گرفته تا افزایش شدید هزینه‌ها و فشارهای سیاستی، همگی دست به‌دست هم داده‌اند تا تولیدکنندگان در شرایطی شکننده قرار بگیرند.

وی در ادامه یکی از مهم‌ترین چالش‌های این بخش را کمبود مواد ناریه دانست و افزود: این مواد برای استخراج در بسیاری از معادن ضروری هستند و نبود آنها عملاً روند تولید را مختل می‌کند. در کنار این موضوع، دسترسی به ماشین‌آلات معدنی نیز با مشکلات جدی مواجه شده و یا نرخ آنها به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است.

حسینقلی با اشاره به رشد نرخ تجهیزات گفت: درحال‌حاضر، نرخ ماشین‌آلاتی مانند بیل مکانیکی به سطوحی رسیده که برای بسیاری از فعالان این حوزه قابل تأمین نیست. این در حالی است که همین تجهیزات در سال گذشته با قیمت‌های بسیار پایین‌تری در دسترس بودند. وی افزود: افزایش نرخ فولاد و ورق نیز به‌طور مستقیم بر هزینه تولید تجهیزات اثر گذاشته و فشار مضاعفی بر بخش معدن وارد کرده است.

این فعال معدنی با اشاره به رشد نرخ نهاده‌های تولید بیان کرد: مواد مصرفی مورد نیاز در فرآیند استخراج و فرآوری نیز با افزایش شدید نرخ مواجه شده‌اند. به‌عنوان نمونه، نرخ برخی اقلام مانند اسید تقریباً دو برابر شده و این موضوع به‌طور مستقیم هزینه تولید را افزایش داده است. وی ادامه داد: در چنین شرایطی، حاشیه سود واحدهای معدنی به‌شدت کاهش یافته و ادامه فعالیت برای بسیاری از آنها با دشواری همراه شده است.

حسینقلی در بخش دیگری از سخنان خود به فشارهای ناشی از سیاست‌های صادراتی اشاره کرد و گفت: عوارض صادراتی که پیش‌تر بسیار ناچیز بود، به‌تدریج افزایش یافته و اکنون به حدود ۱۵ درصد رسیده است. این موضوع توان رقابتی صادرکنندگان را کاهش داده و انگیزه حضور در بازارهای خارجی را تضعیف کرده است.

وی همچنین با انتقاد از تغییرات قوانین مالیاتی افزود: در حالی که در گذشته معافیت‌هایی برای بخش تولید و معدن در نظر گرفته شده بود، در قوانین جدید بسیاری از این معافیت‌ها حذف شده و بار مالی بیشتری به تولیدکنندگان تحمیل شده است.

حقوق دولتی؛ فشار مضاعف بر تولید

این عضو کمیسیون معدن اتاق ایران با اشاره به افزایش حقوق دولتی معادن گفت: میزان این حقوق در سال‌های اخیر به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته و از ارقام نسبتاً محدود به سطوح بسیار بالاتری رسیده است. این در حالی است که تعیین حقوق دولتی باید بر اساس سودآوری واقعی و شرایط تولید انجام شود.

وی ادامه داد: در عمل، این محاسبات به‌صورت دقیق و مبتنی بر داده‌های واقعی انجام نمی‌شود و حتی ابزارهای موجود برای این کار نیز مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در نتیجه، تصمیم‌گیری‌ها در برخی موارد سلیقه‌ای بوده و فشار مستقیمی بر تولیدکنندگان وارد می‌کند.

حسینقلی با اشاره به پیامدهای این شرایط اظهار کرد: بسیاری از واحدهای معدنی درحال‌حاضر با تکیه بر ذخایر گذشته یا شرایط پیشین به فعالیت ادامه می‌دهند، اما این روند پایدار نیست و در صورت تداوم وضعیت فعلی، احتمال کاهش فعالیت یا حتی تعطیلی برخی واحدها وجود دارد.

وی درباره وضعیت اشتغال نیز گفت: اگرچه تاکنون تلاش شده از تعدیل نیرو جلوگیری شود، اما ادامه این شرایط می‌تواند واحدها را ناگزیر به کاهش نیروی انسانی کند؛ موضوعی که تبعات اجتماعی قابل‌توجهی به‌دنبال خواهد داشت.

چشم‌انداز مبهم رشد بخش معدن

در ادامه این گزارش، بررسی داده‌های آماری نشان می‌دهد که بخش معدن در سال‌های اخیر از نظر شاخص‌های کمّی رشد قابل‌توجهی را تجربه کرده است. افزایش تعداد معادن فعال، رشد اشتغال و بالا رفتن میزان تولید، همگی از تحرک این بخش حکایت دارد.

با این حال، به گفته کارشناسان، این رشد بیش از آنکه ناشی از افزایش بهره‌وری باشد، تا حد زیادی تحت تأثیر افزایش قیمت‌ها و ارزش اسمی تولید بوده است. در واقع، با تشدید فشارهای هزینه‌ای، محدودیت در تأمین نهاده‌ها و تغییرات سیاستی، تداوم این روند با ابهام جدی مواجه شده است.

حسینقلی در این‌باره تأکید کرد: اگر اصلاحات فوری در حوزه سیاست‌گذاری، تأمین تجهیزات، تنظیم عوارض و بازنگری در حقوق دولتی انجام نشود، بخش معدن با چالش‌های عمیق‌تری مواجه خواهد شد. وی تصریح کرد: ادامه این وضعیت نه‌تنها رشد این بخش را متوقف می‌کند، بلکه می‌تواند به تضعیف جایگاه آن در اقتصاد کشور نیز منجر شود.

سرمایه‌گذاری؛ حلقه مفقوده توسعه

کامران صادقی، پژوهشگر اقتصاد معدن، با نگاهی متفاوت به وضعیت بخش معدن، ریشه اصلی چالش‌های این حوزه را نه‌فقط در فشارهای هزینه‌ای، بلکه در ضعف ساختار حکمرانی و نبود نگاه بلندمدت دانست و گفت: آنچه امروز در معدن دیده می‌شود، صرفاً یک بحران مقطعی نیست، بلکه نتیجه سال‌ها انباشت تصمیم‌های کوتاه‌مدت و نبود استراتژی مشخص برای توسعه این بخش است.

وی با اشاره به اینکه تمرکز سیاست‌گذاری‌ها بیشتر بر درآمدهای کوتاه‌مدت بوده، اظهار کرد: در بسیاری از موارد، معدن به‌عنوان منبعی برای تأمین منابع مالی دولت دیده شده، نه به‌عنوان یک پیشران توسعه صنعتی. همین نگاه باعث شده ابزارهایی مانند افزایش حقوق دولتی یا عوارض صادراتی، بدون توجه به پیامدهای بلندمدت آنها بر تولید، به‌کار گرفته شوند.

صادقی ادامه داد: وقتی سیاست‌ها به‌صورت ناپایدار و متغیر اعمال می‌شوند، فعال اقتصادی نمی‌تواند برای آینده برنامه‌ریزی کند. این بی‌ثباتی، یکی از مهم‌ترین موانع سرمایه‌گذاری در بخش معدن است.

این کارشناس با تأکید بر اهمیت سرمایه‌گذاری در بخش معدن گفت: توسعه این بخش نیازمند سرمایه‌گذاری‌های سنگین و بلندمدت است، اما در شرایط فعلی، نه‌تنها سرمایه‌گذار جدید وارد نمی‌شود، بلکه بخشی از سرمایه‌های موجود نیز در حال خروج از این حوزه هستند.

وی افزود: نبود امنیت سرمایه‌گذاری، تغییرات مکرر در مقررات و بازگشت‌ناپذیر بودن برخی هزینه‌ها، ریسک فعالیت در معدن را افزایش داده است. در چنین فضایی، طبیعی است که سرمایه به سمت بخش‌های کم‌ریسک‌تر حرکت کند.

صادقی در ادامه به مسئله فناوری اشاره کرد و گفت: یکی از ضعف‌های جدی بخش معدن، عقب‌ماندگی در حوزه فناوری و نوآوری است. در حالی که در دنیا بهره‌وری معادن با استفاده از فناوری‌های نوین افزایش یافته، در ایران همچنان بخش زیادی از فعالیت‌ها به‌صورت سنتی انجام می‌شود. این مسئله باعث شده هزینه تولید بالا باشد و در عین حال، میزان برداشت از ذخایر نیز بهینه نباشد.

در واقع، ما نه‌تنها هزینه بیشتری می‌پردازیم، بلکه از منابع خود نیز به‌صورت کارآمد استفاده نمی‌کنیم.

چالش در زنجیره ارزش

این پژوهشگر اقتصاد معدن با اشاره به ساختار زنجیره ارزش در این بخش اظهار کرد: یکی از مشکلات اساسی، تمرکز بیش از حد بر استخراج و کم‌توجهی به فرآوری و ایجاد ارزش افزوده است. این موضوع باعث شده بخش قابل‌توجهی از ظرفیت اقتصادی معدن بالفعل نشود.

وی ادامه داد: در بسیاری از کشورها، معدن به‌عنوان نقطه شروع یک زنجیره صنعتی دیده می‌شود، اما در ایران، این زنجیره به‌طور کامل شکل نگرفته است. نتیجه آن، صادرات مواد خام یا نیمه‌خام و از دست رفتن فرصت‌های اشتغال و ارزش‌آفرینی است.

صادقی همچنین به ضعف در زیرساخت‌ها اشاره کرد و گفت: توسعه معدن بدون زیرساخت‌های مناسب حمل‌ونقل، انرژی و لجستیک امکان‌پذیر نیست. درحال‌حاضر، در بسیاری از مناطق معدنی، این زیرساخت‌ها یا وجود ندارد یا پاسخگوی نیاز تولید نیست. همین مسئله هزینه تولید را افزایش داده و رقابت‌پذیری محصولات معدنی را در بازارهای داخلی و خارجی کاهش داده است.

ضرورت بازتعریف نقش معدن در اقتصاد

این کارشناس با تأکید بر لزوم تغییر نگاه به بخش معدن گفت: اگر قرار است معدن به یکی از پایه‌های رشد اقتصادی تبدیل شود، باید جایگاه آن در سیاست‌گذاری‌های کلان بازتعریف شود. این بخش نباید صرفاً به‌عنوان منبع درآمد دیده شود، بلکه باید به‌عنوان یک موتور توسعه صنعتی مورد توجه قرار گیرد. این تغییر نگاه باید در عمل و در قالب سیاست‌های پایدار، حمایت از سرمایه‌گذاری، توسعه فناوری و تکمیل زنجیره ارزش نمود پیدا کند.

صادقی در پایان با اشاره به چشم‌انداز این بخش اظهار کرد: با وجود تمام چالش‌ها، معدن همچنان یکی از مزیت‌های مهم اقتصاد ایران است. اما بهره‌برداری از این مزیت، نیازمند اصلاحات جدی در ساختارها و رویکردهاست. در غیر این صورت، این بخش به‌جای آنکه پیشران توسعه باشد، به یکی از گلوگاه‌های آن تبدیل خواهد شد.

سخن پایانی

تصویری که امروز از بخش معدن دیده می‌شود، بیش از آنکه بازتاب ظرفیت‌های آن باشد، نشانه‌ای از فرصت‌هایی است که به‌تدریج از دست رفته‌اند. صنعتی که می‌توانست بر پایه منابع گسترده و مزیت‌های طبیعی، به یکی از موتورهای محرک اقتصاد تبدیل شود، اکنون زیر بار چالش‌هایی قرار گرفته که بخش قابل‌توجهی از آنها ریشه در نحوه مدیریت و سیاست‌گذاری دارد.

فشارهای فزاینده هزینه‌ای، بی‌ثباتی در تصمیم‌گیری‌ها و کم‌رنگ بودن نگاه بلندمدت، شرایطی را رقم زده که نه‌تنها مسیر توسعه را کند کرده، بلکه انگیزه برای ادامه فعالیت را نیز کاهش داده است. در این میان، آنچه بیش از همه جای تأمل دارد، تکرار مسائلی است که بارها مطرح شده‌اند، اما کمتر به اصلاحی جدی انجامیده‌اند.

افسوس در این است که معدن، با وجود تمام ظرفیت‌هایش، هنوز نتوانسته جایگاه واقعی خود را در اقتصاد پیدا کند؛ نه به‌دلیل نبود توان، بلکه به‌سبب فاصله‌ای که میان تصمیم و اجرا شکل گرفته است. اگر این فاصله ترمیم نشود، آنچه باقی می‌ماند، صنعتی خواهد بود که بیش از آنکه نقش‌آفرین باشد، درگیر بقاست.

آینده این بخش، بیش از هر چیز به بازنگری در همین مسیر وابسته است؛ مسیری که اگر اصلاح نشود، نه‌تنها فرصت‌های پیش‌رو را از میان می‌برد، بلکه هزینه‌های جبران را نیز هر روز سنگین‌تر خواهد کرد.

> در حالی‌که در گذشته معافیت‌هایی برای بخش تولید و معدن در نظر گرفته شده بود، در قوانین جدید بسیاری از این معافیت‌ها حذف شده و بار مالی بیشتری به تولیدکنندگان تحمیل شده است

> یکی از مشکلات اساسی، تمرکز بیش از حد بر استخراج و کم‌توجهی به فرآوری و ایجاد ارزش افزوده است. این موضوع باعث شده بخش قابل‌توجهی از ظرفیت اقتصادی معدن بالفعل نشود