

مقاله

تحلیل وضعیت زیرساخت و فناوری در معادن استان کرمان؛ چالش‌ها، ظرفیت‌ها و الزامات توسعه





استان کرمان با دارا بودن بیش از ۸ میلیارد تن ذخایر قطعی معدنی و بیش از ۴۰ نوع ماده معدنی مختلف، جایگاهی کم‌نظیر در بخش معدن ایران دارد. این استان به خاطر تنوع و غنای ذخایر خود، لقب «بهشت معدن‌کاران» را کسب کرده است. معادن کرمان نقش راهبردی در تأمین مواد اولیه صنایع کشور داشته و سهم قابل توجهی در اقتصاد ملی ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که برآورد می‌شود بیش از ۴۴ درصد از ارزش تولید معادن ایران در استان کرمان تحقق می‌یابد و کرمان در تولید ملی برخی مواد معدنی مانند مس، آهن و کرومیت رتبه نخست را دارد. معادن مس سرچشمه و سنگ آهن گل‌گهر از بزرگ‌ترین معادن کشور در نوع خود هستند و تولیدات آن‌ها علاوه بر مصرف داخلی، سهم مهمی در صادرات غیرنفتی کشور دارند.



دکتر علی رهنما

معاون فنی شرکت کاواک آرای نوین معدن

۱. چکیده و کلیدواژه‌ها

استان کرمان به‌دلیل وفور منابع معدنی و تنوع بالا، یکی از قطب‌های معدنی ایران محسوب می‌شود. این مقاله با رویکردی تحلیلی به بررسی وضعیت زیرساخت و فناوری معادن کرمان می‌پردازد و چالش‌های اساسی، ظرفیت‌های موجود و الزامات توسعه را تبیین می‌کند. ابتدا نقش معادن کرمان در اقتصاد ملی تشریح و سپس زیرساخت‌های حمل‌ونقل، انرژی و فناوری اطلاعات مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکاف فناوری معدنکاری استان در مقایسه با استانداردهای جهانی برجسته شده و مطالعات موردی از معادن بزرگ (مس سرچشمه و گل‌گهر) ارائه می‌شود. در ادامه، نقش شرکت‌های دانش‌بنیان و دانشگاه‌ها (به‌ویژه دانشگاه شهید باهنر کرمان) در ارتقای فناوری معدن بررسی و سه سناریوی توسعه تا افق ۱۴۱۰ ترسیم می‌شود. در پایان، پیشنهادها راهبردی برای بهبود زیرساخت و فناوری معادن استان و ارتقای بهره‌وری آن‌ها ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: معادن کرمان؛ زیرساخت معدن؛ فناوری معدن؛ چالش‌های معدن؛ توسعه معدن؛ دانش‌بنیان.

۲. مقدمه: اهمیت معادن کرمان در اقتصاد ملی

استان کرمان با دارا بودن بیش از ۸ میلیارد تن ذخایر قطعی معدنی و بیش از ۴۰ نوع ماده معدنی مختلف، جایگاهی کم‌نظیر در بخش معدن ایران دارد. این استان به خاطر تنوع و غنای ذخایر خود، لقب «بهشت معدن‌کاران» را کسب کرده است. معادن کرمان نقش راهبردی در تأمین مواد اولیه صنایع کشور داشته و سهم قابل توجهی در اقتصاد ملی ایفا می‌کنند. به‌طوری‌که برآورد می‌شود بیش از ۴۴ درصد از ارزش تولید معادن ایران در استان کرمان تحقق می‌یابد [۱] و کرمان در تولید ملی برخی مواد معدنی مانند مس، آهن و کرومیت رتبه نخست را دارد. معادن مس سرچشمه و سنگ آهن گل‌گهر از بزرگ‌ترین معادن کشور در نوع خود هستند و تولیدات آن‌ها علاوه بر مصرف داخلی، سهم مهمی

در صادرات غیرنفتی کشور دارند. سهم استان کرمان از صادرات غیرنفتی ایران بیش از ۲/۵ درصد گزارش شده که بخش عمده آن حاصل صادرات محصولات معدنی و صنایع وابسته است. به لحاظ اشتغال‌زایی نیز بخش معدن کرمان حائز اهمیت است؛ به‌طوری‌که هزاران نفر به‌طور مستقیم در معادن بزرگ و کوچک استان مشغول به کارند (بیش از ۲۰ هزار نفر براساس آمار رسمی).

از منظر کلان، توسعه معادن کرمان می‌تواند به کاهش وابستگی اقتصاد به نفت و حرکت به سمت اقتصاد معدن‌محور کمک کند. موقعیت جغرافیایی کرمان، زیرساخت گمرکی فعال در سیرجان، رفسنجان، بم و جیرفت و مجاورت این استان با مسیرهای ترانزیتی و بنادر جنوبی نیز پتانسیل تبدیل این استان به هاب صادرات مواد معدنی را افزایش داده است. با این حال، بالفعل کردن این ظرفیت‌ها مستلزم توجه ویژه به رفع تنگنای زیرساختی و فناوریانه در بخش معدن استان است. در بخش‌های بعدی، ضمن مرور وضعیت موجود معادن کرمان، این تنگناها و راهکارهای ممکن برای ارتقای بهره‌وری و ارزش‌افزوده معادن استان بررسی خواهد شد.

۳. مروری بر وضعیت موجود معادن کرمان:

ذخایر، تولید و سهم اقتصادی

استان کرمان به‌تنهایی حدود ۲۰ درصد از استخراج کل معادن ایران را در اختیار دارد و از این حیث رتبه اول را در ایران داراست [۲]. همان‌گونه که اشاره شد، وجود معادن عظیم مس، آهن، زغال‌سنگ و کرومیت باعث شده بخش عمده تولید معدنی استان بر روی این چهار ماده متمرکز باشد؛ به‌طوری‌که براساس آمار، بیش از ۸۳ درصد از استخراج مواد معدنی کرمان مربوط به مس، سنگ آهن، زغال‌سنگ و کرومیت است [۳]. این تمرکز تولید نشان‌دهنده مزیت نسبی استان در فلزات اساسی و کانی‌های فلزی است. در کنار این مواد، کرمان دارای معادن متعددی در حوزه‌هایی نظیر سنگ‌های تزئینی، منگنز، تیتانیوم، طلا و غیره نیز هست که هرچند

در مقیاس کوچک‌تر، به تنوع بخشی بخش معدن استان کمک کرده‌اند [۳].

براساس جدول شماره (۱)، معادن کرمان در سال ۱۳۹۸ حدود ۴۲/۶ میلیون تن سنگ آهن و ۲/۳۹ میلیون تن کان سنگ مس استخراج کرده‌اند که به ترتیب معادل ۵۴ درصد از تولید سنگ آهن کشور و ۶۶ درصد از تولید سنگ مس کشور در آن سال بوده است [۳]. همچنین کرمان با استخراج حدود ۰/۷۳ میلیون تن زغال سنگ (سهم ۱۸ درصد کشور) و ۰/۱۸ میلیون تن کرومیت (سهم ۷۰ درصد کشور) یکی از مهم‌ترین استان‌ها در تأمین این مواد معدنی به‌شمار می‌رود [۳].

این آمار به‌خوبی نشان می‌دهد که کرمان در تولید فلزات اساسی (مس و آهن) و کرومیت نقش پیش‌تاز را در ایران ایفا می‌کند. به‌علاوه، استان کرمان در سال‌های اخیر در زنجیره فرآوری این مواد نیز سرمایه‌گذاری‌های قابل‌توجهی داشته است؛ وجود ۷ واحد تولید کنسانتره مس با ظرفیت مجموع ۹۵۰ هزار تن و کارخانه‌های متعدد گندله‌سازی سنگ آهن در گل‌گهر و توسعه صنایع فولادی، گواهی بر حرکت استان به سمت تکمیل زنجیره ارزش معدن است. از جنبه اقتصادی، ارزش تولیدات معدنی کرمان رقم بالایی را تشکیل می‌دهد. طبق

برخی برآوردها، استان کرمان بیشترین ارزش افزوده بخش معدن کشور را تولید می‌کند. هرچند باید توجه داشت که بخش مهمی از این ارزش افزوده در صنایع پایین‌دستی (نظیر کارخانه‌های کنسانتره، مس کاتد و فولاد) ایجاد می‌شود که در خود استان مستقر هستند. در مجموع، مروری بر وضعیت موجود معادن کرمان بیانگر ظرفیت عظیم و نقش حیاتی این استان در اقتصاد معدن ایران است. این ظرفیت عظیم، ضرورت تقویت زیرساخت‌ها و فناوری‌های پشتیبان را دوچندان می‌کند که در بخش‌های بعدی بررسی می‌شود.

جدول شماره (۱) میزان استخراج سالانه برخی مواد معدنی استان کرمان در سال ۱۳۹۸ و سهم آن‌ها از تولید کل کشور [۳]

عنوان ماده معدنی	مقدار استخراج استان در سال ۹۸ (هزار تن)	ارزش استخراج در سال ۹۸ استان (میلیون ریال)	سهم از مقدار استخراج کشور (درصد)
استخراج زغال سنگ	۷۲۹	۳۰۷۳۲۸۹	۱۸
استخراج سنگ آهن	۴۲۵۹۹	۲۴۳۷۷۸۰۳۸	۵۴
استخراج سنگ مس	۲۳۹۳	۱۳۵۸۳۹۹۸۵	۶۶
استخراج کرومیت	۱۸۳	۱۵۵۶۶۱۳	۷۰
استخراج منگنز	۵	۱۹۳۴۳	۴
استخراج شن و ماسه	۴۰۲۳	۳۵۴۹۴۸	۷
استخراج سنگ‌های تزئینی	۱۵۸	۱۰۱۷۶۳	۲
استخراج سنگ لاشه	۱۷	۴۸۰۵	۱
استخراج سنگ آهک	۲۳۵۱	۱۵۵۵۷۵	۲
استخراج سنگ گچ	۱۰۳	۱۶۹۰۹	۱
استخراج کائولن، خاک نسوز	۲۰۵	۴۱۰۵۹	۳
استخراج دولومیت	۸۲	۲۱۰۳۵	۱۰
استخراج بنتونیت و گل سرشوی	۴۹	۱۰۹۶۸	۷
استخراج سولفات سدیم	۲	۸۷۴	۱
استخراج نمک	۶۷	۱۶۹۴۶	۲
استخراج سیلیس	۷۸	۲۰۹۶۶	۲
استخراج پوکه معدنی	۸۵	۲۹۷۲۰	۵
استخراج فلدسپات	۹۲	۱۹۵۷۷	۴

۴. ارزیابی زیرساخت‌های معادن کرمان:

جاده، ریل، انرژی و IT

یکی از چالش‌های اساسی پیش‌روی توسعه معادن کرمان، کاستی‌های زیرساختی است. معادن استان عمدتاً در پهنه‌های کوهستانی و فواصل دور از مراکز شهری قرار دارند و شبکه حمل‌ونقل موجود پاسخ‌گوی کامل نیازهای حمل مواد معدنی نیست. بخش عمده حمل سنگ آهن و مس در کرمان از طریق جاده انجام می‌شود که این امر علاوه بر هزینه بالا، استهلاک زیرساخت‌های جاده‌ای و افزایش خطر تصادفات را به دنبال داشته است. در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای توسعه حمل‌ونقل ریلی انجام شده که نمونه بارز آن پروژه خط آهن کرمان - سیرجان است [۴]. این خط آهن به طول ۱۶۹ کیلومتر با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در دست اجراست و پیش‌بینی می‌شود با تکمیل آن، سالانه حدود ۹/۵ میلیون تن بار معدنی از جاده به ریل منتقل شود. پروژه مذکور تاکنون بیش از ۷۰ درصد پیشرفت داشته و انتظار می‌رود با بهره‌برداری از آن، مسیر حمل مواد معدنی به بنادر جنوب کشور بیش از ۳۲۰ کیلومتر کوتاه‌تر گردد [۴]. علاوه بر این، طرح‌های دیگری برای اتصال معادن بزرگ

به شبکه ریلی ملی در دست مطالعه است که اجرای آن‌ها می‌تواند گلوگاه حمل‌ونقل را تا حد زیادی برطرف کند. با این وجود تا تکمیل این طرح‌ها، بهسازی شبکه جاده‌ای موجود (مانند تعریض جاده‌های دسترسی به معادن و احداث کنارگذرهای معدنی در مناطق پرتردد) یک ضرورت فوری محسوب می‌شود. در حوزه انرژی نیز معادن کرمان با چالش‌هایی روبه‌رو هستند. فعالیت معدنکاری و صنایع معدنی وابسته، نیازمند تأمین پایدار برق و خصوصاً آب است؛ دو کالایی که در اقلیم خشک کرمان به‌سختی به‌دست می‌آیند. مصرف آب صنایع معدنی (به‌ویژه صنایع فولادی و فرآوری مس) رقم قابل‌توجهی است، اما در مقایسه با کل مصارف استان همچنان سهم محدودی دارد. بنا بر اظهارات مسئولان، کل صنایع فولاد کرمان سالانه حدود ۲۴۰ میلیون مترمکعب آب مصرف می‌کنند که در برابر مصرف بیش از ۶ میلیارد مترمکعبی کل استان رقم کوچکی است [۵]. با این حال، توزیع جغرافیایی نامتوازن منابع آب موجب شده برخی معادن استان (خصوصاً معادن مس در مناطق کم‌آب) با محدودیت تأمین آب مواجه شوند. برای رفع این مشکل، اقدامات مهمی صورت گرفته که از آن جمله

انتقال آب از خلیج فارس به استان کرمان است. خط لوله‌ای که آب شیرین‌شده را از سواحل خلیج فارس به صنایع گل‌گهر، مس سرچشمه و چادملو می‌رساند، نمونه‌ای از پروژه‌های زیرساختی بزرگ در این زمینه است. همچنین بازیافت پساب شهری کرمان، سیرجان و زرنده برای استفاده صنعتی از دیگر طرح‌هایی است که توسط شرکت‌های معدنی اجرا شده است [۶]. در حوزه برق، با توجه به کمبود تولید و ناترازی شبکه برق کشور، صنایع معدنی کرمان اقدام به سرمایه‌گذاری برای احداث نیروگاه‌های اختصاصی و استفاده از ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر کرده‌اند. این رویکرد علاوه بر تأمین پایدار انرژی، به کاهش بار شبکه سراسری نیز کمک می‌کند.

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) از زیرساخت‌های نوظهور ولی ضروری برای معادن مدرن است. بهره‌برداری بهینه از معادن بزرگ مستلزم دسترسی به ارتباطات پرسرعت دیتا در سایت‌های معدنی، سیستم‌های موقعیت‌یابی دقیق و شبکه‌های کنترلی بی‌سیم (IoT) برای رصد لحظه‌ای ماشین‌آلات و ایمنی کارکنان است. در استان کرمان، هرچند شهرهای بزرگ و مناطق صنعتی از پوشش مناسب اینترنت برخوردارند، اما بسیاری از معادن واقع در مناطق کوهستانی پوشش مخابراتی ضعیفی دارند. نبود شبکه پایدار ICT در معادن، پیاده‌سازی فناوری‌هایی نظیر معدن‌کاری هوشمند (Smart Mining) و کنترل از راه دور تجهیزات را با مشکل مواجه کرده است. برای رفع این نقیصه، شرکت‌های بزرگ معدنی استان در همکاری با اپراتورهای مخابراتی کشور در تلاشند تا از طریق احداث دکل‌های مخابراتی اختصاصی و توسعه فیبر نوری تا عمق معادن، ارتباطات پرفریت را فراهم کنند [۷]. با بهبود این زیرساخت‌های نرم، زمینه برای استفاده از سیستم‌های اتوماسیون و نظارت دیجیتال در معادن کرمان مهیاتر خواهد شد که اثر مستقیمی بر افزایش بهره‌وری و ایمنی عملیات معدنکاری دارد.





بنا بر اظهارات مسئولان، کل صنایع فولاد کرمان سالانه حدود ۲۴۰ میلیون مترمکعب آب مصرف می‌کنند که در برابر مصرف بیش از ۶ میلیارد مترمکعبی کل استان رقم کوچکی است. با این حال، توزیع جغرافیایی نامتوازن منابع آب موجب شده برخی معادن استان (خصوصاً معادن مس در مناطق کم‌آب) با محدودیت تأمین آب مواجه شوند. برای رفع این مشکل، اقدامات مهمی صورت گرفته که از آن جمله انتقال آب از خلیج فارس به استان کرمان است.

۵. فناوری‌های معدنی در کرمان: وضعیت

فعلی و شکاف با استانداردهای جهانی

فناوری معدنکاری به‌کار گرفته‌شده در بسیاری از معادن کرمان با استانداردهای روز جهان فاصله محسوسی دارد. اگرچه در برخی واحدهای صنایع معدنی (مانند کارخانه‌های فرآوری مس و آهن) ماشین‌آلات مدرن به‌کار رفته، اما در بخش استخراج و بهره‌برداری از معادن، همچنان تجهیزات قدیمی و سنتی غالب هستند. به گفته متخصصان، ماشین‌آلات مورد استفاده در معادن کرمان عمدتاً از نسل یک و دو بوده و فناوری‌های نسل سه و چهار هنوز وارد بخش معدن استان نشده‌اند. این امر بدان معناست که بسیاری از معادن استان از حیث مکانیزاسیون و خودکارسازی، در سطوح پایه باقی مانده‌اند و از فناوری‌هایی نظیر کامیون‌های خودران، دستگاه‌های حفاری رباتیک، سیستم‌های کنترل از راه دور و سنسورهای هوشمند بهره‌چندانی نبرده‌اند [۸]. در مقابل، معادن پیشرو جهان (مثلاً معادن مس شیلی یا معادن آهن استرالیا) با تکیه بر نسل جدید فناوری‌ها توانسته‌اند ایمنی و بهره‌وری را ارتقا داده و هزینه‌ها را کاهش دهند [۹]، [۱۰]. شکاف فناوری بین معادن کرمان و معادن کلاس جهانی را می‌توان در شاخص بهره‌وری نیروی کار نیز مشاهده کرد؛ به‌طوری‌که طبق یک مطالعه، متوسط تولید معدن به ازای هر شاغل در کرمان حدود ۱۶۷۹ تن در سال بوده که هرچند بالاتر از میانگین کشور است، اما در مقایسه با معادن پیشرفته جهانی عددی نسبتاً پایین به‌شمار می‌رود [۱۱].

یکی از عوامل اصلی عقب‌ماندگی فناوری در معادن استان، محدودیت‌های ناشی از تحریم و مشکلات ارزی طی سال‌های گذشته است.

تجهیزات مدرن معدنکاری عمدتاً وارداتی هستند و تحریم‌ها، ورود ماشین‌آلات به‌روز و همچنین مشارکت شرکت‌های صاحب فناوری را دشوار کرده است. افزون بر این، فرسودگی تجهیزات موجود نیز چالش‌ساز شده است؛ بسیاری از بیل‌ها، دامپتراک‌ها و دستگاه‌های حفاری در معادن کرمان عمر بالایی دارند و بهره‌وری آن‌ها به‌شدت افت کرده است [۸]. استفاده طولانی‌مدت از دستگاه‌های قدیمی نه‌تنها هزینه‌های تعمیر و نگهداری را افزایش داده، بلکه ایمنی عملیات را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

از منظر دانش فنی، یکی دیگر از خلأهای موجود عمق کم اکتشافات معدنی در استان است. درحالی‌که میانگین عمق اکتشافات در معادن جهان حدود ۱۰۰ متر گزارش شده، این عدد در ایران و به تبع آن در کرمان حدود ۲۰ متر است [۱۲]. این بدان معناست که بخش بزرگی از ذخایر عمقی و پنهان استان هنوز شناسایی نشده‌اند. علت این وضعیت را می‌توان کمبود فناوری‌های نوین اکتشاف (مانند ژئوفیزیک هوائرد، سنجش از دور پیشرفته و حفاری‌های عمیق) دانست. افزایش عمق اکتشاف مستلزم سرمایه‌گذاری در فناوری‌های مذکور و همچنین آموزش نیروهای متخصص برای به‌کارگیری آن‌ها است.

باید توجه داشت که به‌رغم همه محدودیت‌ها، در سال‌های اخیر نشانه‌های مثبتی از ورود فناوری‌های جدید به معادن کرمان مشاهده می‌شود. همچنین در مجتمع معدنی گل‌گهر استفاده آزمایشی از پهپادها برای نقشه‌برداری و پایش حجم ذخیره دیوها آغاز شده است. شرکت ملی صنایع مس ایران نیز در معدن سرچشمه طرح‌هایی

را برای بهینه‌سازی عملیات حفاری و انفجار با استفاده از مدل‌سازی‌های کامپیوتری اجرا کرده است. همچنین در معادن گل‌گهر و سرچشمه سیستم رفتارنگاری جابه‌جایی دیواره‌های معدن با رادار تجهیز شده و نیز در معادن سنگ‌آهن گل‌گهر و مس میدوک از سیستم آکوستیک تلویور برای جهت‌یابی سه‌بعدی درزه‌ها در گمانه‌ها استفاده شده است. در سال‌های اخیر برخی روش‌های مدرن در برداشت ساختاری دیواره‌های معدن با استفاده از GPS و گوشی همراه در معادن مس میدوک و سنگ‌آهن گل‌گهر اجرایی شده است. از دیگر اقدامات انجام شده تهیه مدل سه‌بعدی زمین‌شناسی و ساختاری در معادن مس میدوک و سنگ‌آهن گل‌گهر است. هرچند این اقدامات، حرکت در مسیر صحیح را نشان می‌دهد، لیکن سرعت و گستره آن کافی به نظر نمی‌رسد. نیاز به تحول دیجیتال در بخش معدن کرمان بیش‌ازپیش احساس می‌شود و این تحول باید از طریق انتقال فناوری (اعم از واردات ماشین‌آلات نو یا مشارکت با شرکت‌های خارجی) و نیز تقویت شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی محقق گردد. در غیر این‌صورت، معادن کرمان در رقابت با معادن جهانی از نظر بهره‌وری و مزیت هزینه‌ای عقب‌تر خواهند ماند و صرفاً با اتکا به منابع غنی نمی‌توانند ضامن توسعه پایدار باشند.

۶. چالش‌ها و موانع کلیدی: زیست‌محیطی،

تجهیزاتی و زیرساختی

بررسی چالش‌های پیش‌روی معادن کرمان نشان می‌دهد که موانع متعددی در مسیر شکوفایی کامل ظرفیت‌های معدنی استان وجود دارد. این موانع را می‌توان در سه

دسته کلی مسائل زیست محیطی و اجتماعی، مشکلات تجهیزات و فناوری و محدودیت های زیرساختی تقسیم بندی کرد.

*** چالش های زیست محیطی و اجتماعی:**
بهره برداری معدنی گسترده در استان کرمان اثرات محیط زیستی و اجتماعی قابل توجهی به دنبال داشته است. مهم ترین نگرانی زیست محیطی، بحران آب است؛ معادن و صنایع معدنی استان در مناطقی فعالیت می کنند که منابع آب زیرزمینی محدود بوده و خشک سالی های پیاپی سطح آبخوان ها را پایین برده است. برداشت آب برای فرآوری مواد معدنی (خصوصاً در مجتمع های مس و فولاد) فشار مضاعفی بر منابع آبی شکننده منطقه وارد می کند. هرچند پروژه انتقال آب از خلیج فارس بخشی از این مشکل را کاهش داده، لیکن لزوم مدیریت مصرف و بازیافت آب در معادن بیش از پیش احساس می شود. آلودگی های زیست محیطی نیز از دیگر چالش ها هستند؛ از جمله پسماندها و پساب های صنعتی معادن که در صورت دفع غیر اصولی می توانند به آلودگی خاک و منابع آب زیرزمینی منجر شوند؛ برای مثال، سدهای باطله در معادن مس و آهن استان نیازمند پایش دقیق و تقویت سازه های هستند تا از نشت فلزات سنگین به محیط اطراف جلوگیری شود. در حوزه آلودگی هوا، انتشار گردوغبار ناشی از انفجارها و رفت و آمد ماشین آلات سنگین در پیرامون معادن، کیفیت هوا را در برخی نواحی معدنی پایین آورده است. این امر بویژه در معادن روباز بزرگ

(مثل مس سرچشمه) مشهود است که لازم است با اقداماتی نظیر آبیاری مستمر معابر خاکی و ایجاد کمربندهای سبز کاهش یابد. **از منظر اجتماعی،** مطالبه ذی نفعان محلی برای ایفای مسئولیت اجتماعی توسط معادن یک چالش جدی است. انتظار می رود بخشی از درآمد هنگفت معادن صرف توسعه زیرساخت های محلی، بهبود رفاه جوامع پیرامونی و جبران اثرات منفی زیست محیطی شود. قانون نیز در تبصره ۶ ماده ۱۴ قانون معادن بر اختصاص ۱۵ درصد حقوق دولتی معادن به استان محل معدن تأکید کرده است. با این حال، در عمل سهم استان کرمان از این عایدی ناچیز بوده و اجرای قانون با کاستی همراه است. همین امر موجب نارضایتی مردمی شده و بعضاً به شکل گیری تنش های اجتماعی و اعتراض نسبت به فعالیت برخی معادن انجامیده است. علاوه بر آن، تاکنون چارچوب قانونی مشخصی برای مسئولیت اجتماعی شرکت های معدنی تدوین نشده و بیشتر اقدامات در این حوزه به صورت داوطلبانه و پراکنده بوده است. نتیجه آنکه انتظارات استان از سهم معادن در توسعه پایدار منطقه برآورده نشده است. این شکاف میان عملکرد معادن و انتظارات محلی، می تواند در آینده به ریسک هایی چون سخت گیری بیشتر دستگاه های نظارتی یا محدودیت های محلی بر سر راه فعالیت معادن منجر شود. *** مشکلات تجهیزات و فناوری:** همان طور که در بخش قبل اشاره شد، فرسودگی ناوگان ماشین آلات معدنی یک مانع عمده برای بخش

معدن کرمان است. بسیاری از تجهیزات موجود (اعم از ماشین آلات سنگین در معادن روباز و دستگاه های حفاری در معادن زیرزمینی) عمر مفید خود را گذرانده اند و راندمان پایینی دارند [۸]. این امر باعث افزایش هزینه های عملیاتی (به دلیل استهلاک بالا و مصرف سوخت بیشتر) و کاهش رقابت پذیری معادن استان شده است. تلاش برای نوسازی ماشین آلات هم به دلیل مشکلات واردات و افزایش نرخ ارز به کندی پیش می رود [۸]. همچنین کمبود قطعات یدکی برای ماشین آلات خاص، گهگاه معادن را با خواب طولانی مدت تجهیزات مواجه می کند. از منظر فناوری، ضعف در دانش فنی روز نیز چالش ساز است؛ به طور مشخص، کمبود نیروهای متخصص در حوزه هایی مانند اتوماسیون صنعتی، برنامه نویسی سیستم های کنترل معدن و تحلیل داده های زمین شناسی مدرن در استان احساس می شود. این کمبود نیروی انسانی متخصص، بهره گیری از فناوری های نو را محدود ساخته است. مقاومت در برابر تغییر در برخی سازمان ها و معادن نیز از موانع نرم افزاری است؛ بدین معنی که بعضاً مدیران و نیروی کار به روش های سنتی خو گرفته و پذیرای تکنولوژی های جدید نبوده یا ریسک استفاده از آن ها را بالا می دانند. مجموعه این عوامل، پیشرفت فناوریانه معادن کرمان را کند کرده و شکاف فناوری با رقبای جهانی را حفظ نموده است. *** تنگناهای زیرساختی:** زیرساخت ناکافی خود به عنوان یک چالش مستقل، در بخش قبل

جدول شماره (۲) SWOT فرآوری معادن کرمان

نقاط قوت (Strengths)	نقاط ضعف (Weaknesses)	فرصت ها (Opportunities)	تهدیدها
- ذخایر عظیم (۸ میلیارد تن) و تنوع بالای مواد معدنی - وجود معادن بزرگ مقیاس (مس سرچشمه، گل گهر و ...) - رتبه اول کشور در ارزش تولید معدنی - استقرار صنایع فرآوری (فولاد، مس کاتد) در استان	- تجهیزات فرسوده و فناوری استخراج سنتی - کمبود زیرساخت حمل و نقل (ریل و جاده تخصصی) - بحران آب و انرژی در مناطق معدنی - عمق کم اکتشافات و شناسایی ناکافی ذخایر جدید	- تقاضای رو به رشد جهانی برای فلزات اساسی (مس، فولاد و ...) - امکان توسعه صنایع پایین دستی و افزایش ارزش افزوده - حمایت سیاستی از معدن به عنوان پیشران اقتصاد (تنوع بخشی از نفت) - ظرفیت جذب سرمایه گذاری خارجی و فناوری نو با رفع موانع	- تداوم تحریم ها و محدودیت ورود فناوری - نوسان های جهانی قیمت فلزات و ریسک های بازار - تشدید کم آبی و مقررات زیست محیطی سخت گیرانه - نارضایتی جوامع محلی در صورت تداوم بی توجهی به مسئولیت اجتماعی



مجمع مس سرچشمه

نمونه، معدن اسکونديدا (Escondida) شیلی که بزرگترین معدن مس جهان به‌شمار می‌رود، سالانه نزدیک به یک‌میلیون تن مس خالص تولید می‌کند؛ رقمی حدود ۴ تا ۵ برابر سرچشمه [۹] [۱۰]. همچنین معدن بزرگی مانند چوکیکاماتا در شیلی یا گراسبرگ در آندونزی، از نظر تناژ استخراج و فناوری‌های به‌کاررفته، جلوتر از سرچشمه قرار دارند. یکی از تفاوت‌های عمده، سطح مکانیزاسیون است؛ برای مثال در معدن مطرح دنیا استفاده از کامیون‌های عظیم خودران و سیستم‌های کنترل از راه دور بیل‌های مکانیکی رایج شده است، درحالی‌که در سرچشمه هنوز اپراتوری انسانی ماشین‌آلات و روش‌های سنتی بارگیری و حمل غالب است. همچنین معدن جهانی با بهره‌گیری از هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی معدن و بهینه‌سازی الگوی انفجار، بهره‌وری را افزایش داده‌اند، درحالی‌که در سرچشمه چنین سیستم‌های پیشرفته‌ای تاکنون به صورت کامل پیاده‌سازی نشده است. از سوی دیگر، باید به این نکته توجه داشت که سرچشمه در میان معدن ایران از نظر جذب فناوری و بهبود فرآیندها پیشرو بوده است؛ برای مثال، این معدن نخستین جایی در کشور بود که فرآیند استخراج روباز مرحله‌ای را پیاده کرد و همچنین در دهه‌های اخیر با به‌روزرسانی مدارهای تغلیظ خود، راندمان استحصال مس را بالا برده است. با این حال

۷. مطالعات موردی: مس سرچشمه و گل‌گهر در برابر معدن جهانی

برای درک بهتر وضعیت فناوری و بهره‌وری معدن کرمان، نگاهی به دو مطالعه موردی از بزرگترین معدن استان و مقایسه آن‌ها با معدن مشابه در جهان سودمند است. در این بخش، معدن مس سرچشمه به‌عنوان بزرگترین معدن مس ایران و معدن سنگ‌آهن گل‌گهر به‌عنوان یکی از بزرگترین معدن آهن کشور بررسی می‌شوند و عملکرد فناوری آن‌ها با معدن پیشرو جهان سنجیده می‌شود.

مطالعه موردی ۱ - مس سرچشمه: معدن مس سرچشمه واقع در شهرستان رفسنجان، بزرگترین معدن روباز مس در ایران و از شناخته‌شده‌ترین معدن مس دنیا است. ذخیره زمین‌شناسی این معدن بیش از یک میلیارد تن سنگ مس با عیار متوسط حدود ۰/۷ درصد برآورد شده و از دهه ۱۳۵۰ خورشیدی در حال بهره‌برداری است. سرچشمه دارای مجموعه کاملی از واحدهای استخراج، تغلیظ، ذوب و پالایش است و ظرفیت تولید سالانه آن حدود ۲۵۰ هزار تن مس آندی و ۲۰۰ هزار تن مس کاتدی است. این ارقام هرچند سرچشمه را به یکی از تولیدکنندگان عمده مس در آسیا تبدیل کرده، اما در مقایسه با بزرگترین معدن مس دنیا چندان چشمگیر نیست. به‌عنوان

مفصلاً بررسی شد. ضعف حمل‌ونقل ریلی، ظرفیت محدود جاده‌ای، کمبود انرژی و آب و ضعف زیرساخت‌های مخابراتی همگی جزو عوامل محدودکننده تولید در معدن کرمان هستند [۴]، [۵]، [۶]. برای نمونه، در برخی معدن به دلیل نبود شبکه برق سراسری، هنوز از ژنراتورهای دیزلی استفاده می‌شود که هزینه و آلاینده‌گی بیشتری دارند. یا در زمینه حمل‌ونقل تا پیش از بهره‌برداری از راه‌آهن جدید، انتقال حجم عظیمی از کنسانتره آهن گل‌گهر به بندرعباس صرفاً با کامیون انجام می‌شود که یک گلوگاه لجستیکی جدی است. این موارد نشان می‌دهد که ارتقای زیرساخت‌ها پیش‌شرط توسعه فناوری و افزایش تولید معدن استان است.

در مجموع، نقاط ضعف و تهدیدهای فناوری معدن کرمان در برابر نقاط قوت و فرصت‌های آن در جدول SWOT شماره (۲) خلاصه شده است: جدول شماره (۲) نشان می‌دهد که علی‌رغم برخورداری کرمان از پایه‌های قدرتمند در بخش معدن، رفع نقاط ضعف داخلی و مدیریت تهدیدهای بیرونی برای حفظ مزیت رقابتی استان ضروری است. در بخش‌های بعدی، ابتدا تجربه دو معدن شاخص استان در مقایسه با استانداردهای جهانی بررسی می‌شود و سپس نقش نهادهای علمی و دانش‌بنیان در بهبود وضعیت موجود تبیین خواهد شد.

چالش‌هایی مانند مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کارخانجات ذوب (انتشار گاز SO_2) و افت عیار تدریجی کانسنگ، فشار مضاعفی بر مجموعه وارد کرده که تنها با ارتقای فناوری قابل مدیریت است. در معادن مطرح دنیا رویکردهایی مانند بازیابی حرارت و گازهای دودکش برای تولید اسیدسولفوریک (کاهش آلاینده‌گی) و استخراج ذخایر کم‌عیار با بیوهیپ (Bio-heap Leaching) به‌کار گرفته شده که لازم است در سرچشمه نیز مورد توجه قرار گیرد [۱۳]. در مجموع، مس سرچشمه با همه عظمتش، برای باقی ماندن در رقابت جهانی، نیازمند نوسازی ناوگان ماشین‌آلات و بهره‌گیری از تکنولوژی‌های روز معدنکاری است؛ امری که بدون سرمایه‌گذاری کلان و همکاری‌های بین‌المللی میسر نخواهد شد.

مطالعه موردی ۲ - گل‌گهر سیرجان: معدن گل‌گهر در شهرستان سیرجان، بزرگ‌ترین معدن سنگ‌آهن ایران از نظر ذخیره و تولید است. این معدن حاوی بیش از یک میلیارد تن ذخیره سنگ‌آهن مگنتیتی با عیار متوسط ۵۰-۵۵ درصد است و حدود سه دهه

است که مورد بهره‌برداری قرار دارد. گل‌گهر به صورت روباز استخراج می‌شود و سالانه ده‌ها میلیون تن سنگ‌آهن از آن برداشت می‌گردد. در سال‌های اخیر، با احداث واحدهای کنسانتره‌سازی و گندله‌سازی، بخش عمده محصول معدن (سنگ‌آهن استخراج‌شده) در همان منطقه به کنسانتره گندله تبدیل می‌شود. ظرفیت تولید کنسانتره آهن در مجموعه گل‌گهر بالغ بر ۱۱ میلیون تن در سال و ظرفیت تولید گندله آن بیش از ۱۲ میلیون تن در سال ۱۴۰۲ بوده است [۱۴]. این ارقام، گل‌گهر را به یکی از قطب‌های صنعت فولاد کشور بدل کرده است. با این حال در مقیاس جهانی، تولید سنگ‌آهن گل‌گهر نسبتاً محدودتر از غول‌های این صنعت است. برای قیاس، معدن کاراجاس (Carajas) برزیل که از بزرگ‌ترین معادن سنگ‌آهن دنیاست، بیش از ۱۷۷ میلیون تن سنگ‌آهن در سال ۲۰۲۴ تولید کرده است که چند برابر حجم استخراج گل‌گهر است [۱۵]. معدن بزرگ استرالیا نیز خروجی‌هایی در همین سطح دارند و برخی به شبکه ریلی

اختصاصی و بندر صادراتی متصل هستند. لذا مقیاس عملیاتی گل‌گهر هنوز به‌اندازه معادن ممتاز دنیا نیست، اگرچه در منطقه خاورمیانه یک بازیگر اصلی محسوب می‌شود. از منظر فناوری، در گل‌گهر برخی جنبه‌ها قابل‌مقایسه با استانداردهای جهانی است. به‌عنوان نمونه، کارخانه‌های فرآوری گل‌گهر از تکنولوژی روز بهره می‌برند و محصولاتی با خلوص بالا (کنسانتره ۶۷ درصد Fe و گندله مرغوب) تولید می‌کنند. همچنین در بخش حمل‌ونقل، اخیراً ناوگان کامیون‌های ۱۲۰ تنی کاترپیلار در این معدن به‌کار گرفته شده که ظرفیت و مقیاس آن‌ها در کشور کم‌نظیر است. با این وجود، در زمینه اتوماسیون استخراج، گل‌گهر فاصله زیادی با معادن پیشرفته دارد. در استرالیا و برزیل، برخی معادن از سیستم‌های کنترل از راه دور برای حفاری و حتی حمل مواد استفاده می‌کنند و قطارهای بدون راننده سنگ‌آهن را به بندر می‌رسانند. در گل‌گهر چنین سطحی از اتوماسیون هنوز محقق نشده و عملیات معدنکاری عمدتاً به‌صورت متکی بر نیروی انسانی مدیریت می‌شود. یکی از اقدامات مثبت مجموعه گل‌گهر برای کاهش این فاصله، سرمایه‌گذاری در بومی‌سازی تجهیزات کلیدی بوده است. طبق گزارش‌ها، این شرکت طی سال‌های اخیر موفق شده بخشی از خطوط تولید و تجهیزات موردنیاز خود را با همکاری شرکت‌های داخلی طراحی و بسازد؛ برای مثال، راه‌اندازی یک خط تولید کنسانتره با اتکا به مهندسی داخلی، نشان‌دهنده تلاش گل‌گهر در بهره‌گیری از توان دانش‌بنیان داخلی است. در مجموع، هرچند گل‌گهر از منظر فناوری استخراج و تجهیزات معدنی هنوز به سطح معادن طراز اول دنیا نرسیده، اما در زمینه فرآوری و رویکردهای مدیریتی، گام‌های مثبتی برداشته است. با ادامه این مسیر - چه از طریق همکاری با شرکت‌های خارجی و چه تکیه بر شرکت‌های دانش‌بنیان داخلی - می‌توان انتظار داشت که گل‌گهر در سال‌های آینده به یک الگوی منطقه‌ای در بهره‌وری معدنکاری تبدیل شود.



|| شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر ||

استارت‌آپ‌هایی در حوزه نرم‌افزارهای معدن فعال شده‌اند؛ از جمله توسعه سامانه‌های هوشمند برای مدیریت ناوگان حمل‌ونقل معدنی یا نرم‌افزارهای شبیه‌سازی سه‌بعدی برای برنامه‌ریزی استخراج. حمایت از این کسب‌وکارهای نوآور، نه تنها می‌تواند وابستگی معادن کرمان به شرکت‌های خارجی را کاهش دهد، بلکه زمینه‌ساز اشتغال دانش‌آموختگان دانشگاهی در استان نیز خواهد بود.



۸. نقش شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز علمی: تأکید بر دانشگاه شهید باهنر و مراکز نوآوری

تجربه کشورهای معدنی موفق جهان نشان می‌دهد که پیوند بین نهادهای علمی و صنعت معدن نقشی تعیین‌کننده در ارتقای فناوری و نوآوری این بخش دارد [۱۳]. در استان کرمان نیز با وجود ظرفیت دانشگاهی و پژوهشی قابل‌توجه تا همین اواخر ارتباط دانشگاه و صنعت معدن چندان مستحکم نبوده است. خوشبختانه در سال‌های اخیر گام‌های مهمی برای تقویت این ارتباط برداشته شده است. در این میان، دانشگاه شهید باهنر کرمان به‌عنوان قطب علمی جنوب شرق کشور و نیز مراکز نوآوری و شرکت‌های دانش‌بنیان نوظهور می‌توانند نقش کلیدی در حل چالش‌های فناورانه و توسعه معادن استان ایفا کنند.

دانشگاه شهید باهنر کرمان از دیرباز در تربیت نیروی متخصص در حوزه معدن و زمین‌شناسی فعال بوده و دانشکده مهندسی معدن این دانشگاه یکی از قدیمی‌ترین‌ها در کشور است. هر ساله ده‌ها فارغ‌التحصیل در رشته‌های مهندسی معدن، متالورژی استخراجی و زمین‌شناسی اقتصادی از این دانشگاه وارد بازار کار می‌شوند و بخش قابل‌توجهی از آنان جذب معادن استان می‌گردند. این امر خود نقشی اساسی در تأمین نیروی انسانی متخصص برای معادن کرمان داشته است. علاوه بر آن، دانشگاه شهید باهنر دارای مراکز پژوهشی مرتبط با معدن نظیر مرکز پژوهش‌های معدنی و صنایع معدنی و آزمایشگاه‌های پیشرفته فرآوری مواد معدنی است. با این وجود تا چندی پیش تعامل صنعت با این ظرفیت

علمی محدود بود. در سال ۱۴۰۳ گام مهمی برداشته شد و تفاهم‌نامه‌ای بین دانشگاه شهید باهنر و شرکت ملی صنایع مس ایران (مس سرچشمه) منعقد گردید که هدف آن انجام پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، حمایت از پایان‌نامه‌های کاربردی در حوزه مس و ایجاد مرکز نوآوری مس در دانشگاه است. این همکاری نشان‌دهنده اراده طرفین برای نزدیک‌تر کردن دنیای علم و عمل در بخش معدن است. انتظار می‌رود نتایج این نوع همکاری‌ها در میان‌مدت به شکل حل مسائل فنی (مثلاً بهینه‌سازی فرآیندهای تغلیظ یا مدیریت باطله‌ها) و تربیت نیروی کار ماهرتر متبلور شود.

در کنار دانشگاه، پارک علم و فناوری استان کرمان و مراکز رشد تخصصی معدن بستر رشد شرکت‌های دانش‌بنیان را فراهم کرده‌اند. طی چند سال گذشته چندین شرکت دانش‌بنیان در کرمان تأسیس شده‌اند که فعالیت آن‌ها به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با بخش معدن مرتبط است. برای مثال، شرکت‌هایی در زمینه طراحی و ساخت قطعات یدکی و تجهیزات معدنی شکل گرفته‌اند که توانسته‌اند برخی نیازهای معادن استان (مانند قطعات سنگ‌شکن‌ها، پمپ‌ها و سیستم‌های کنترل) را با محصولات ساخت داخل تأمین کنند. همچنین استارت‌آپ‌هایی در حوزه نرم‌افزارهای معدن فعال شده‌اند؛ از جمله توسعه سامانه‌های هوشمند برای مدیریت ناوگان حمل‌ونقل معدنی یا نرم‌افزارهای شبیه‌سازی سه‌بعدی برای برنامه‌ریزی استخراج. حمایت از این کسب‌وکارهای نوآور، نه تنها می‌تواند وابستگی معادن کرمان به شرکت‌های خارجی را کاهش دهد، بلکه

زمینه‌ساز اشتغال دانش‌آموختگان دانشگاهی در استان نیز خواهد بود.

نقش دیگر دانشگاه‌ها، فرهنگ‌سازی و تغییر نگرش مدیریتی در بخش معدن است. اتاق بازرگانی کرمان در سالیان اخیر با همکاری دانشگاهیان سلسله نشست‌هایی را برگزار کرده تا ضرورت تحول دانش‌بنیان در صنایع استان - بویژه معدن - تبیین شود. رییس اتاق کرمان تصریح کرده که اندیشه دانش‌بنیان در استان باید تقویت شود و گرنه خام‌فروشی منابع معدنی ادامه خواهد داشت. این رویکرد بیانگر اهمیت شکل‌گیری گفتمان مشترک میان سیاست‌گذاران، صنعت‌گران و دانشگاهیان پیرامون توسعه مبتنی بر دانش است. خوشبختانه شعار سال‌های اخیر (تولید؛ دانش‌بنیان و ...)، فضای مساعدی برای طرح مباحث نوآوری در معدن ایجاد کرده است.

البته چالش‌هایی نیز در مسیر نقش‌آفرینی دانش‌بنیان‌ها وجود دارد. از جمله اینکه سطح سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه (R&D) در شرکت‌های بزرگ معدنی هنوز پایین است و باید درصد معینی از درآمد شرکت‌ها به امر پژوهش اختصاص یابد. همچنین انتظار می‌رود صندوق پژوهش و فناوری استان کرمان حمایت مالی بیشتری از طرح‌های نوآورانه مرتبط با معدن به‌عمل آورد. در مجموع، آینده بخش معدن کرمان تا حد زیادی به موفقیت در پیوند حوزه دانش با صنعت وابسته است. هرچه شرکت‌های معدنی بیشتری به استقبال فناوری‌های نو و ایده‌های فناورانه بیایند، سهم اقتصاد دانش‌بنیان در این بخش افزایش یافته و اهداف توسعه پایدار معادن استان دستیافتنی‌تر خواهد بود.

۹. سناریوهای توسعه معادن کرمان تا افق ۱۴۱۰

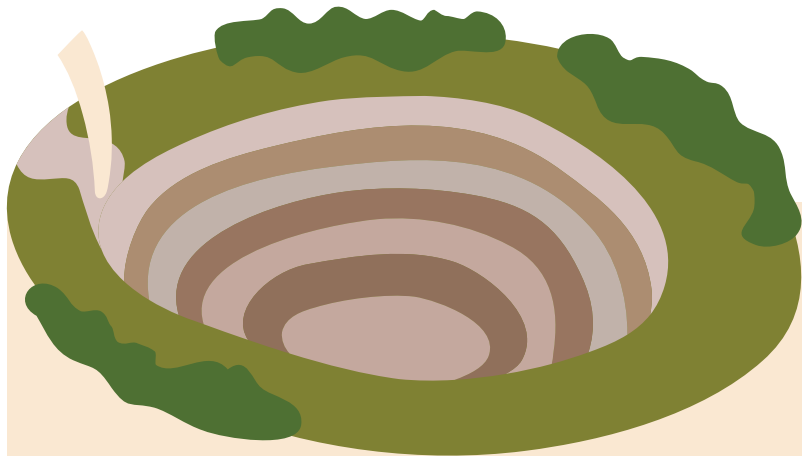
با توجه به شرایط کنونی و روندهای پیش روی بخش معدن، می توان مسیر توسعه معادن کرمان تا سال ۱۴۱۰ را در قالب سه سناریوی محتمل ترسیم کرد. این سناریوها عبارتند از: سناریوی خوش بینانه (توسعه جهشی)، سناریوی میانه (توسعه تدریجی طبق روال فعلی) و سناریوی بدبینانه (رکود و افت نسبی). در ادامه، ویژگی های هر سناریو و پیامدهای آن برای شاخص های کلیدی بخش معدن استان تشریح می شود.



سناریوی دوم -

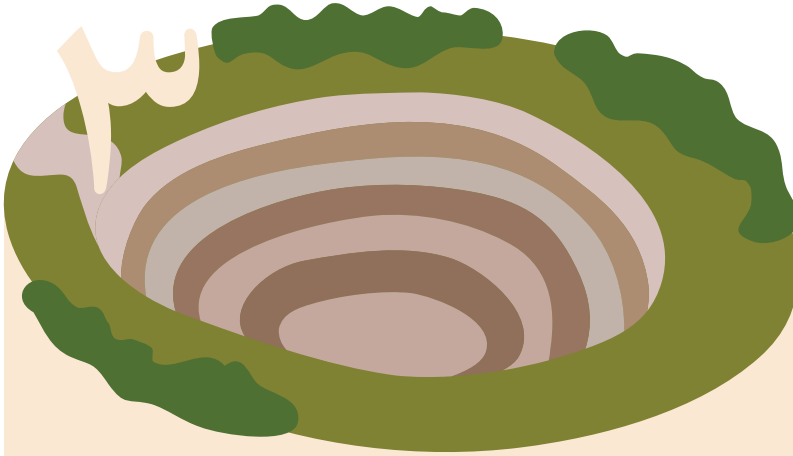
توسعه میانه (ادامه روند فعلی)

این سناریو براساس تداوم وضع موجود با نرخ تغییرات تدریجی ترسیم می شود. در این حالت، برخی پروژه های زیرساختی تکمیل می شوند (مثلاً راه آهن کرمان- سیرجان تا چند سال آینده افتتاح خواهد شد و بخشی از آب مورد نیاز صنایع تأمین می گردد)، نوسازی تجهیزات با سرعت متوسطی پیش می رود (هر سال چند دستگاه جدید جایگزین ماشین آلات قدیمی می شود) و رشد تولید معادن مطابق برنامه های فعلی شرکت ها تحقق می یابد. به بیان دیگر، تحول اساسی یا شوک آور رخ نمی دهد، بلکه پیشرفت ها گام به گام حاصل می شود. در سناریوی میانه، احتمالاً رشد سالانه بخش معدن استان در حد ۴-۶ درصد باقی می ماند و تولید محصولات کلیدی تا



سناریوی اول - توسعه جهشی (خوش بینانه)

در این سناریو، فرض بر این است که تصمیم سازان و بازیگران کلیدی اقدامات جسورانه ای برای رفع موانع موجود انجام می دهند و بخش معدن استان وارد فاز جهش توسعه می شود. مؤلفه های این سناریو عبارتند از: افزایش چشمگیر سرمایه گذاری (اعم از داخلی و خارجی) در زیرساخت ها و نوسازی تجهیزات، ورود فناوری های روز دنیا به معادن کرمان از طریق تعاملات بین المللی یا توسعه دانش بنیان داخلی، اجرای کامل سیاست های حمایتی نظیر تخصیص ۱۵ درصد حقوق دولتی معادن به استان و اصلاح ساختارهای مدیریتی برای چابک سازی و بهبود بهره وری. در صورت تحقق چنین شرایطی، انتظار می رود تا سال ۱۴۱۰ ظرفیت تولید معادن کرمان افزایش قابل توجهی یابد؛ به طور مثال تولید سالانه مس کاند در استان می تواند به مرز ۳۵۰ هزار تن برسد و تولید سنگ آهن نیز با بهره برداری از ذخایر جدید رشد کند. همچنین ارزش افزوده بخش معدن در استان رشد سالانه بالایی (شاید در حدود ۱۰ درصد یا بیشتر) را تجربه خواهد کرد. در سناریوی خوش بینانه، کرمان تا افق ۱۴۱۰ نه تنها جایگاه خود را به عنوان قطب معدنی ایران تحکیم می کند، بلکه می تواند در برخی محصولات (مثل مس و فولاد) به هاب منطقه ای بدل شود. تحقق این سناریو نیازمند ثبات اقتصاد کلان، بهبود روابط خارجی و اراده قوی سیاسی است.



سناریوی سوم - رکود و افت (بدبینانه)

این سناریو شرایطی را ترسیم می‌کند که در آن چالش‌های کنونی تشدید شده و اقدامات اصلاحی مؤثری صورت نگیرد. عواملی مانند تداوم تحریم‌ها و انزوای بین‌المللی، بحران شدیدتر آب به‌علت تغییرات اقلیمی، کاهش قیمت جهانی مواد معدنی یا سوءمدیریت داخلی می‌توانند زمینه‌ساز این وضعیت باشند. در سناریوی بدبینانه، سرمایه‌گذاری‌های جدید متوقف می‌شوند و حتی نگهداشت تولید فعلی نیز دشوار می‌گردد. استخراج از معادن بزرگ به‌تدریج به سمت ذخایر کم‌عیارتر می‌رود که هزینه تولید را بالا می‌برد و بدون فناوری‌های نو، بهره‌وری به‌شدت افت می‌کند. ممکن است برخی معادن کوچک‌تر استان به‌دلیل غیراقتصادی شدن تعطیل شوند و معادن بزرگ نیز طرح‌های توسعه‌ای خود را به تعویق بیندازند. نرخ رشد تولید معدن استان در این حالت ممکن است به نزدیک صفر برسد یا حتی منفی شود؛ برای مثال، تولید سالانه مس کاتد احتمالاً در سطح حدود ۲۰۰ هزار تن متوقف مانده یا کاهش یابد و چه بسا بخشی از ظرفیت فولادسازی استان نیز به علت کمبود برق یا آب با خاموشی همراه شود. در این سناریو، سهم کرمان از تولید معدنی کشور افت جزئی خواهد کرد (چون سایر مناطق هم مشکل دارند، شاید سهم درصدی تغییر زیادی نکند، ولی حجم مطلق کم می‌شود). پیامدهای اجتماعی این وضعیت می‌تواند شامل بیکاری نیروی کار متخصص و مهاجرت آن‌ها و نیز نارضایتی گسترده محلی باشد؛ چرا که مردم اثرات تخریبی معادن را تحمل کرده‌اند، ولی عواید آن در منطقه کاهش یافته است. سناریوی رکود قطعاً سناریوی مطلوبی نیست و تمام ذی‌نفعان بخش معدن استان باید برای جلوگیری از تحقق آن تلاش کنند.

با ترسیم این سه سناریو، روشن می‌شود که آینده معادن کرمان تا حد زیادی در گرو تصمیماتی است که امروز گرفته می‌شود. سناریوی خوش‌بینانه دست‌یافتنی است، به شرط آنکه مجموعه‌ای از اصلاحات زیرساختی، فناوری و حکمرانی عملی شود؛ سناریوی میانه محتمل‌ترین مسیر است اگر روند فعلی ادامه یابد و سناریوی بدبینانه هشدار است از آنچه در صورت انفعال ممکن است رخ دهد. بنابراین، سیاست‌گذاران استانی و ملی باید با درایت مسیر حرکت را به سمت سناریوی مطلوب هدایت کنند. در بخش بعد، راهبردها و پیشنهادهایی ارائه خواهد شد که می‌تواند تحقق سناریوی توسعه‌جهشی را تقویت کرده و از لغزش به سمت رکود پیشگیری نماید.



۱۴۱۰ شاید در حدود ۳۰ درصد بیشتر از سطوح فعلی شود؛ برای مثال، تولید مس کاتد ممکن است از حدود ۲۰۰ هزار تن فعلی به حدود ۲۵۰-۲۷۰ هزار تن در سال ۱۴۱۰ برسد و تولید فولاد خام در استان (که اکنون حدود ۶/۶ میلیون تن است) ممکن است به حدود ۱۰ میلیون تن افزایش یابد. در این سناریو، کرمان جایگاه نخست معدنی خود در کشور را حفظ می‌کند اما شکاف فناوری با استاندارد جهانی همچنان محسوس خواهد بود. نقاط ضعف ساختاری مانند کمبود آب احتمالاً به قوت خود باقی می‌مانند، ولی با مدیریت بهتر، مانع افزایش تولید نخواهند شد. در واقع سناریوی میانه تصویری از رشد مستمر اما نه‌چندان چشمگیر را ارائه می‌دهد که شاید واقع‌بینانه‌ترین مسیر در صورت عدم وقوع تحولات عمده باشد.

۱۰. پیشنهاد‌های سیاستی و راهبردی برای ارتقای زیرساخت و فناوری معدن کرمان

با توجه به مباحث مطرح‌شده، مجموعه‌ای از اقدامات سیاستی و راهبردی به‌منظور توسعه زیرساخت و فناوری معادن استان کرمان پیشنهاد می‌گردد. این پیشنهادها می‌تواند مورد توجه اتاق بازرگانی کرمان به‌عنوان نماینده بخش خصوصی و همچنین نهادهای تصمیم‌ساز دولتی در سطح استان و کشور قرار گیرد:



نوسازی تکنولوژی و ماشین‌آلات معدنی

دولت باید ورود ماشین‌آلات و فناوری‌های نوین معدن را تسهیل کند. پیشنهاد مشخص آن است که حقوق ورودی و عوارض گمرکی برای واردات ماشین‌آلات معدنی پیشرفته (مثلاً دامپتراک‌های برقی، حفارهای تمام‌هیدرولیک، تجهیزات اتوماسیون) کاهش یابد یا موقتاً لغو شود. همچنین می‌توان از محل تهاتر با صادرات محصولات معدنی، تجهیزات موردنیاز معادن را وارد کرد تا فشار ارزی کمتری به کشور وارد شود. در کنار واردات، حمایت از تولید داخل ماشین‌آلات باید ادامه یابد. شرکت‌های دانش‌بنیان توانمند داخلی که در ساخت پیل‌های مکانیکی، نوارنقاله‌های صنعتی، سیستم‌های کنترل و نظایر آن فعال‌اند شناسایی و به آن‌ها از طریق صندوق نوآوری و شکوفایی یا وام‌های کم‌بهره کمک شود تا محصولاتشان تجاری‌سازی شود. اتاق بازرگانی می‌تواند نقش واسطه را ایفا کرده و نیازهای صنایع معدنی را به جامعه مهندسی و شرکت‌های سازنده داخلی منتقل کند. برگزاری نمایشگاه‌های تخصصی معدن و صنایع معدنی در کرمان و دعوت از شرکت‌های سازنده بین‌المللی نیز زمینه آشنایی نزدیک فعالان استان با فناوری‌های روز را فراهم می‌کند.



تقویت زیرساخت‌های حمل‌ونقل و انرژی با مشارکت صنایع معدنی

دولت و بخش خصوصی باید در تکمیل پروژه‌های زیرساختی همسو عمل کنند. پروژه راه‌آهن کرمان-سیرجان که با سرمایه‌گذاری معدن‌کاران در حال انجام است، الگویی موفق بوده؛ از این تجربه می‌توان برای سایر طرح‌ها (مثلاً اتصال ریلی مجتمع مس سرچشمه به شبکه سراسری، دوخطه کردن راه‌آهن معدن گل‌گهر تا بندرعباس و بهسازی جاده‌های اختصاصی معادن زغال‌سنگ زرنند) بهره‌گرفت. اتاق کرمان می‌تواند با تشکیل کنسرسیوم شرکت‌های معدنی و مذاکره با دولت، مدل‌های مشارکت عمومی-خصوصی (PPP) را در توسعه زیرساخت اجرا کند. در حوزه انرژی، پیشنهاد می‌شود احداث نیروگاه‌های اختصاصی توسط صنایع معدنی با تسهیلات ویژه حمایت شود؛ به‌عنوان مثال، کنسرسیومی از صنایع فولاد و مس کرمان می‌تواند یک نیروگاه سیکل ترکیبی احداث کند و برق پایدار برای معادن فراهم آورد. استفاده از انرژی خورشیدی در مناطق کویری استان نیز پتانسیل بالایی دارد و نیازمند سیاست‌های تشویقی (معافیت‌های مالیاتی، خرید تضمینی برق) است.



اجرای کامل قوانین حمایت از توسعه محلی معادن

همان‌طور که اشاره شد، بازگشت ۱۵ درصد درآمد حقوق دولتی معادن به استان باید به‌طور شفاف و کامل عملیاتی شود. این منبع مالی می‌تواند برای سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های حیاتی مناطق معدنی (از قبیل جاده، آبرسانی، برق و بهداشت) به‌کار رود. اتاق بازرگانی و نمایندگان استان لازم است اجرای این قانون را به‌جدا پیگیری کرده و گزارش شفاف مصارف آن را مطالبه کنند. افزون بر این، تدوین آیین‌نامه‌های مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها (CSR) در بخش معدن ضروری است تا نقش شرکت‌های معدنی در توسعه پایدار جوامع محلی نهادینه شود. تعیین پروژه‌های اولویت‌دار (مانند ساخت مدرسه، درمانگاه، راه روستایی در مناطق معدن‌خیز) و مشارکت دادن شرکت‌ها در تأمین مالی آن‌ها یک راهکار برد-برد خواهد بود.

می‌توان منطقه ویژه اقتصادی صنایع معدنی در کرمان ایجاد کرد تا سرمایه‌گذاران از معافیت‌های مالیاتی و گمرکی برخوردار شوند. همچنین بهره‌گیری از ابزارهای نوین تأمین مالی مانند انتشار اوراق مشارکت پروژه‌ای یا صندوق‌های سرمایه‌گذاری خصوصی (PE) برای طرح‌های معدنی می‌تواند منابع مالی را به سمت این بخش هدایت کند. اتاق بازرگانی کرمان می‌تواند با تشکیل کارگروه مشترک با بانک‌ها و بازار سرمایه، مدل‌های تأمین مالی مناسب برای طرح‌های زیرساختی و فناوریانه بخش معدن را تدوین و معرفی نماید.



ارتقای حکمرانی و نظارت در بخش معدن

یکی از الزامات توسعه پایدار، بهبود حکمرانی بخش معدن در استان است. پیشنهاد می‌شود شورای معادن استان (که طبق قانون معادن تشکیل شده) با حضور پررنگ‌تر بخش خصوصی و دانشگاهیان فعال‌تر گردد و جلسات آن به‌طور منظم برای پایش اجرای مصوبات و حل مشکلات معادن برگزار شود. شفافیت در آمار تولید، صادرات و پرداخت‌های مالی (حقوق دولتی، مالیات و...) نیز زمینه نظارت مردمی را تقویت می‌کند. همچنین دستگاه‌های نظارتی باید بر اجرای استانداردهای زیست‌محیطی و ایمنی در معادن استان سخت‌گیری منطقی داشته باشند تا بهره‌برداران را مسئولانه و پایدار انجام شود. این نظارت از بروز هزینه‌های اجتماعی در آینده جلوگیری کرده و اعتماد عمومی به بخش معدن را افزایش می‌دهد. پیشنهادهاى فوق به اختصار مسیرهایی را ترسیم می‌کنند که می‌تواند معادن کرمان را از وضعیت فعلی به وضعیت مطلوب‌تر در افق ۱۴۱۰ منتقل کند. نقش اتاق بازرگانی کرمان در این میان به‌عنوان حلقه اتصال بخش خصوصی، دانشگاه و دولت بسیار مهم است. اتاق می‌تواند با ارائه مشاوره‌های سیاستی، بسیج امکانات بخش خصوصی و مطالبه‌گری از دولت، اجرای این راهبردها را تسریع نماید.



تسهیل فضای سرمایه‌گذاری و تأمین مالی پروژه‌ها

بسیاری از پروژه‌های بهبود زیرساخت و فناوری معادن نیازمند سرمایه‌گذاری‌های کلان است. لذا باید فضای کسب‌وکار معدنی استان برای سرمایه‌گذاران (داخلی و خارجی) جذاب شود. کاهش بروکراسی اداری در صدور مجوزهای معدنی و صنعتی، واگذاری زمین و زیرساخت به طرح‌های جدید با شرایط مناسب و ایجاد زون‌های ویژه سرمایه‌گذاری معدنی از اقدامات مؤثر است؛ به‌عنوان مثال، می‌توان منطقه ویژه اقتصادی صنایع معدنی در کرمان ایجاد کرد تا سرمایه‌گذاران از معافیت‌های مالیاتی و گمرکی برخوردار شوند. همچنین بهره‌گیری از ابزارهای نوین تأمین مالی مانند انتشار اوراق مشارکت پروژه‌ای یا صندوق‌های سرمایه‌گذاری خصوصی (PE) برای طرح‌های معدنی می‌تواند منابع مالی را به سمت این بخش هدایت کند. اتاق بازرگانی کرمان می‌تواند با تشکیل کارگروه مشترک با بانک‌ها و بازار سرمایه، مدل‌های تأمین مالی مناسب برای طرح‌های زیرساختی و فناوریانه بخش معدن را تدوین و معرفی نماید.



توسعه آموزش‌های تخصصی و ارتقای سرمایه انسانی

نیروی انسانی ماهر زیربنای بهره‌گیری از فناوری‌های جدید است. لذا پیشنهاد می‌شود یک مرکز تربیت و آموزش تخصصی معدنکاری پیشرفته در کرمان ایجاد شود. این مرکز می‌تواند با همکاری دانشگاه شهید باهنر، سازمان نظام مهندسی معدن و شرکت‌های بزرگ معدنی تأسیس گردد و دوره‌های کوتاه‌مدت عملی در زمینه‌هایی مثل مکانیک تجهیزات معدنی، اتوماسیون معادن، نرم‌افزارهای کاربردی مدل‌سازی زمین‌شناسی، تخمین ذخیره، پایداری شیب و طراحی معادن روباز و زیرزمینی و ایمنی پیشرفته و مدیریت زیست‌محیطی معدن برگزار کند. همچنین کارآموزی‌های صنعت‌محور برای دانشجویان رشته‌های مرتبط در معادن بزرگ استان سامان‌دهی شود تا نسل جدید مهندسان با چالش‌های واقعی معدن آشنا شوند. از سوی دیگر، جذب نخبگان و متخصصان برتر کشور به معادن کرمان باید تبدیل به یک راهبرد شود؛ به‌عنوان نمونه، با اعطای مزایای شغلی ویژه و امکانات رفاهی در مناطق معدنی می‌توان کارشناسان خیره حوزه معدن را به فعالیت در استان ترغیب کرد.



این استان در حال حاضر قلب تپنده بخش معدن کشور است و نقش پررنگی در تولید ملی مس، آهن، کرومیت و سایر مواد معدنی دارد. با این حال، چالش‌های مهمی در زمینه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، تأمین آب و انرژی، فناوری استخراج و مسائل زیست‌محیطی پیش‌روی توسعه معادن کرمان قرار دارد. برای غلبه بر این موانع و حرکت به سمت آینده‌ای روشن‌تر، عزم جمعی همه ذی‌نفعان ضروری است. شرکت‌های معدنی باید سرمایه‌گذاری در نوسازی و نوآوری را در اولویت قرار دهند؛ دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان باید با ارائه دانش و فناوری‌های بومی این بخش را یاری کنند.

۱۱. نتیجه‌گیری: خلاصه و فراخوان عمل برای

ذی‌نفعان

استان کرمان با ذخایر معدنی غنی و تنوع بی‌نظیر مواد معدنی، پتانسیل آن را دارد که به موتور محرک اقتصاد غیرنفتی ایران تبدیل شود. مرور وضعیت موجود نشان داد که این استان در حال حاضر قلب تپنده بخش معدن کشور است و نقش پررنگی در تولید ملی مس، آهن، کرومیت و سایر مواد معدنی دارد. با این حال، چالش‌های مهمی در زمینه زیرساخت‌های حمل‌ونقل، تأمین آب و انرژی، فناوری استخراج و مسائل زیست‌محیطی پیش‌روی توسعه معادن کرمان قرار دارد. برای غلبه بر این موانع و حرکت به سمت آینده‌ای روشن‌تر، عزم جمعی همه ذی‌نفعان ضروری است. شرکت‌های معدنی باید سرمایه‌گذاری در نوسازی و نوآوری را در اولویت قرار دهند؛ دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان باید با ارائه دانش و فناوری‌های بومی این بخش را یاری کنند؛ و دولت و نهادهای محلی باید با اصلاح سیاست‌ها، توسعه زیرساخت‌ها و

منابع

۱. مرکز آمار ایران، سالنامه آماری کشور، ۱۴۰۲
۲. خبرگزاری صداوسیما، «۲۰ درصد استخراج معادن کشور در کرمان»، ۱۴۰۱
۳. فصلنامه سپهر اقتصاد کرمان اتاق بازرگانی کرمان. «نیم‌نگاهی به معادن و صنایع معدنی استان کرمان»، ۱۴۰۰.
۴. وزارت کشور «پیشرفت پروژه خط آهن کرمان-سیرجان»، ۱۴۰۴.
۵. خبرگزاری تسنیم، «وجود بیش از ۸ هزار حلقه چاه غیرمجاز کشاورزی در استان کرمان»، ۱۴۰۳.
۶. خبرگزاری ایسنا، «پروژه فاضلاب کرمان: رکورددار سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در کشور»، ۱۳۹۹.
۷. خبرگزاری ایسنا، «آغاز حفاری پروژه ملی فیبر نوری با هزینه ۳۰۰۰ میلیاردی در کرمان»، ۱۴۰۲.
۸. روزنامه دنیای اقتصاد، «آینده ماشینی معدن»، ۱۴۰۴.
9. S&P Global Market Intelligence. "Major Copper Discoveries", 2023.
10. International Copper Study Group (ICSG). "Sustainable Development", 2022. vol. 5, no. 4, pp. 37-52.
۱۱. لطفعلی عاقلی، «تحلیل بهره‌وری نیروی کار در معادن ایران»، مهندسی منابع معدنی، ۱۳۹۹
۱۲. فصلنامه سپهر اقتصاد کرمان اتاق بازرگانی کرمان. «توسعه بسیار کم‌رنگ بخش معدن»، ۱۴۰۱.
13. World Bank Group. "The Mine of the Future", 2021.
۱۴. شرکت سرمایه‌گذاری سامان ایرانیان، «گزارش تحلیلی شرکت معدنی و صنعتی گل‌گهر»، ۱۴۰۳.
15. Vale S.A., Annual Report (Carajás Mine), 2024.

نظارت اصولی، بستر رشد را فراهم آورند. در افق ۱۴۱۰، چشم‌انداز ما این است که معادن کرمان به الگویی از بهره‌برداری مسئولانه و فناورانه تبدیل شوند؛ به گونه‌ای که ضمن افزایش تولید و اشتغال، کمترین آسیب به محیط‌زیست وارد شود و بیشترین منفعت نصیب مردم استان گردد. تحقق این چشم‌انداز دور از دسترس نیست به شرط آنکه از همین امروز اقدام کنیم. این مقاله با ارائه تصویری جامع از وضعیت و پیشنهادهای مشخص، تلاشی است در جهت ایجاد گفتگو و جلب توجه تصمیم‌سازان به ظرفیت‌ها و چالش‌های بخش معدن کرمان. اکنون نوبت عمل فرا رسیده است: زمان آن است که همه ذی‌نفعان - از مدیران معادن و مسئولان دولتی گرفته تا کارشناسان دانشگاهی و نمایندگان مجلس - دست‌به‌دست هم دهند و مسیر شکوفایی معادن کرمان را هموار سازند. آینده اقتصاد کرمان و به‌طور کل آینده صنعتی ایران می‌تواند با توسعه پایدار معادن این استان رقم بخورد؛ فرصتی که نباید از دست برود. III

