



بررسی نقش صنعت معدنکاری و منابع معدنی در توسعه پایدار کشور

■ راشد پورمیرزائی

استادیار، گروه مهندسی معدن و مواد، دانشگاه صنعتی ارومیه

• چکیده

معدنکاری و صنایع وابسته به آن، اگرچه نقش ارزشمند و مثبتی در مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار با ایجاد اشتغال و تولید ثروت دارد اما از جهت نقش آن در مؤلفه سوم توسعه پایدار، یعنی محیط‌زیست با انتقادهایی روبه‌رو است. همچنین با توجه به نیاز روزافزون جامعه جهانی به مواد معدنی، صنعت معدنکاری برای ادامه فعالیت‌های خود با چالش‌هایی روبه‌رو است که از جمله آن‌ها می‌توان به بازیابی کانی‌ها و فلزات، حفظ محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی آن اشاره کرد. در کشورهای در حال توسعه به‌ویژه ایران که دارای منابع غنی معدنی است، در صورتی که به مؤلفه‌های توسعه پایدار در صنعت معدنکاری توجه نشود، نه تنها سبب پیشرفت نمی‌شود بلکه باعث عقب‌ماندگی اجتماعی و اقتصادی می‌شود. در این مطالعه به مفهوم و اهمیت توسعه پایدار در زمینه معدنکاری و منابع معدنی پرداخته می‌شود. در ابتدا چالش‌های این صنعت برای دستیابی به توسعه مبتنی بر مؤلفه‌های توسعه پایدار و در ادامه وضعیت موجود صنعت معدنکاری کشور در راستای مؤلفه‌های توسعه پایدار بررسی می‌شود. در پایان با مطالعه موردی چند معدن که با مؤلفه‌های توسعه پایدار با چالش‌هایی مواجهه بوده‌اند، چارچوب کلی برای شرکت‌های معدنی که در جستجو فعالیت‌های پایدار خود هستند، ارائه می‌شود. صنعت معدنکاری در ایران برای تداوم نقش خود نیازمند طراحی ابزارهای مدیریتی صحیح در زمینه محیط‌زیست، استفاده از فن‌آوری‌های پاک و آموزش نیروی کار است.

کلمات کلیدی: صنعت معدنکاری، منابع معدنی، توسعه پایدار، اقتصاد، اجتماع، محیط‌زیست.

۱- مقدمه

محیط‌زیست سازمان ملل^۲ (UN) در سال ۱۹۸۰ میلادی بیان شد که این مفهوم اصلاح شده بر این مساله تاکید دارد که:

”زمین یکی است ولی جهان یکی نیست. همه کشورها برای بقا و کسب موفقیت بدون توجه به اثرات آن بر سایرین تلاش می‌کنند. در این شرایط تنها عده کمی از مصرف‌کنندگان با تولیدات آینده باقی خواهند ماند و بیشتر مصرف‌کنندگان به‌سختی و با کمترین میزان امکانات و با گرسنگی، بیماری و مرگ زودرس و بدبختی دست‌وپنجه نرم خواهند کرد.“

برای اینکه توسعه، پایدار باشد باید عوامل اجتماعی و اکولوژی و اقتصادی را در منابع زنده و غیرزنده و فعالیت‌های مختلف (چه استفاده کوتاه‌مدت یا بلندمدت و یا عدم استفاده) را در نظر داشت. مفهوم توسعه پایدار بعد از کنفرانس جهانی محیط‌زیست و توسعه^۳ (WCED) در سال ۱۹۸۳ مقبولیت بیشتری یافت. در گزارشی که از این کنفرانس در سال ۱۹۸۷ با عنوان ”آینده مشترک ما“، منتشر شد، ماموریت اصلی WCED سوق دادن کشورها به سمت توسعه پایدار عنوان شد. در حقیقت گزارش WCED یک نقطه مبنا و شروع را برای همه مباحث آینده در رابطه با توسعه پایدار ایجاد کرد. در واقع آنچه سبب ظهور مفهوم توسعه پایدار شد، تجربه بشر بود که با گذشت زمان به این نتیجه رسید که زندگی همراه با امنیت، آرامش و رفاه درگرو ایجاد تعادل و توسعه در ابعاد مختلف زندگی و تداوم در آن است. باتوجه به مطالب فوق تعاریف گوناگونی از SD ارائه شد که در کل دارای یک مفهوم مشترک‌اند. این مفهوم مشترک همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ایجاد تعادل بین سه مولفه اصلی توسعه

2 United nations (UN)

3 The world commission on environment and development (WCED)

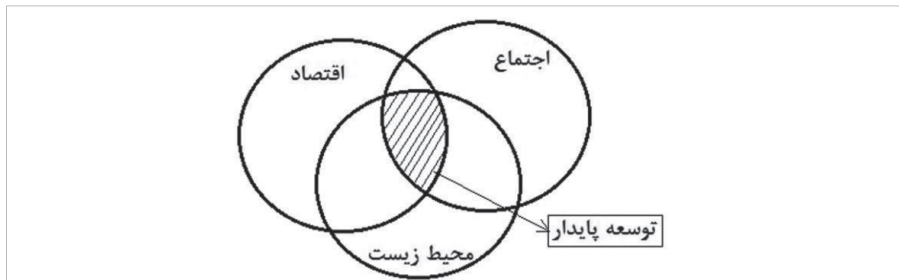
4 'Our common future' or 'Brundtland report'

در آغاز قرن ۲۱، جهان شاهد علایمی از نگرانی‌های شدید در رابطه با مجموعه سیستم‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بود. در این رابطه گزارش برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد، ۲۰۰۲- GEO، مثال‌های ویژه‌ای را در این ارتباط بیان کرد که از آن جمله می‌توان به ۵ مورد مهم زیر اشاره کرد [۱]:

۱. جمعیت جهان در سال ۲۰۰۰ به ۶ میلیارد نفر رسیده است. درحالی‌که این میزان در سال ۱۹۸۰، ۴/۴ میلیارد نفر بوده است و انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۵، جمعیت جهان به ۸ میلیارد نفر برسد.
۲. نزدیک به ۲۰۰۰ میلیون هکتار خاک، معادل ۱۵ درصد از زمین‌های جهان یا بیش از مجموع کل زمین‌های کشورهای آمریکا و مکزیک در اثر فعالیت‌های انسانی از بین رفته است. تخریب شدید خاک، می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری به بار آورد به‌طوری‌که قدرت بازیابی آن وجود ندارد.
۳. نزدیک به نیمی از رودخانه‌های جهان به‌طور شدید و جدی آلوده شده و از میان رفته‌اند.
۴. تخریب لایه ازن (که زمین را از اثرات نامطلوب اشعه‌های مخرب محافظت می‌کند) اکنون به مرحله رسیده که در سپتامبر ۲۰۰۰، حفره ایجاد شده در آن به بیش از مساحت اقیانوس منجمد شمالی افزایش یافته است (بیش از ۲۸ میلیون کیلومتر مربع).
۵. ۴۰ درصد جمعیت جهان که شامل حدود ۸۰ کشور است از کمبود آب رنج می‌برند.

مفهوم توسعه پایدار^۱ (SD) که در سال ۱۹۸۰ میلادی مطرح شد، در واقع پاسخی به تاثیرات مخرب زیست‌محیطی و اجتماعی و در کل به مفهوم رشد اقتصادی بوده است. این عقیده در حقیقت از جریان‌های زیست‌محیطی نشأت گرفته است. اولین مفهوم اصلاح شده توسعه پایدار در دنیا در گزارش

1 Sustainable development (SD)



▲ شکل ۱: مفهوم توسعه پایدار با توجه به سه حوزه اصلی آن (اقتصاد، اجتماع و محیط‌زیست). [۲]

اهمیت فراوانی است و از لحاظ اجتماعی بر ایجاد اشتغال و تولید سرمایه نقش بسزایی دارد. همچنین در بخش فرآوری، بحث پساب‌های سمی حاصل از فرآیند تغلیظ کارخانه‌های فرآوری و اثرات مخرب زیست‌محیطی آن‌ها نگرانی‌های بسیاری را ایجاد کرده است. حال باید بررسی کرد که برای داشتن یک معدن پاک، سبز و پایدار چه عواملی موثراند تا بتوان برای آن برنامه‌ریزی کرد.

نقش توسعه پایدار و مفهوم آن در زمینه توسعه مواد معدنی و مدیریت معدنکاری آن است که مدیران معدنی و شرکت‌های معدنکاری با تداوم همکاری با جوامع محلی و دولت، موضوعات محیط‌زیستی و اجتماعی را در کنار تصمیمات فنی و بازرگانی خود، با هم به کار ببرند [۲]. مهم‌ترین و تاثیرگذارترین اقدام را در این راستا می‌توان اقداماتی در جهت ایجاد تعادل بین جامعه و محیط‌زیست و نظام اقتصادی دانست. همچنین شناخت بهتر از سهامداران و بنگاه‌ها، برنامه‌ریزی منسجم و صحیح در سطح کلان برای سازمان‌های ذی‌ربط، برای دستیابی به توسعه پایدار از نکات کلیدی است [۳]. در این مطالعه ابتدا به جایگاه صنعت معدنکاری در توسعه پایدار پرداخته می‌شود و به این سوال پاسخ داده می‌شود که اصولاً یک صنعت پایدار چه خصوصیت‌هایی باید داشته باشد و معیارهای لازم چیست؟ و سپس به چالش‌های صنعت معدنکاری پرداخته می‌شود. در

پایدار یعنی اقتصاد، اجتماع و محیط‌زیست است. به عبارتی توسعه‌ای ماندگار است که از برآیند این سه حوزه اصلی برخوردار باشد.

پر واضح است که وجود معدن به‌عنوان یک صنعت مادر به لحاظ تولید کانی‌ها و سایر مواد معدنی برای زندگی روزمره یک امر ضروری است، زیرا بسیاری از اسباب و لوازم زندگی به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم از کانی‌ها و مواد معدنی تامین می‌شوند. در حال حاضر این تولید در ارتباط با توسعه پایدار و مؤلفه‌های آن دچار چالش شده که برای ادامه کار خود نیازمند رعایت قوانین توسعه پایدار و پاسخگویی به چالش‌های مطرح شده است. البته اقدامات بسیار خوبی در این زمینه از سوی جامعه بین‌المللی معدنکاری انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به تشکیل پروژه معدنکاری، مواد معدنی و توسعه پایدار^۵ (MMSD) در سال ۲۰۰۲ اشاره کرد. از جمله چالش‌هایی که صنعت معدنکاری با آن مواجهه است می‌توان به بخش فرآوری و یا استخراج اشاره کرد که در مقابل سه مؤلفه اصلی توسعه پایدار (اقتصاد، اجتماع و محیط‌زیست) یکسری امتیازات مثبت و منفی را دارد. به‌طور مثال در بخش استخراج با تخریب زمین‌ها، محیط‌زیست و مهم‌تر از همه نابودی منابع تجدید نشدنی با چالش‌هایی روبه‌رو است، اما در سمت دیگر به‌عنوان صنعت مادر حائز

5 Mining, minerals and sustainable development (MMSD)

بنابراین توسعه صنایع در هر جامعه امری اجتناب‌ناپذیر است. به‌طور کلی صنایع با در نظر گرفتن چرخه کامل آن یعنی اکتشاف و استخراج مواد طبیعی، تبدیل این مواد به تولیدات صنعتی، مصرف انرژی، تولید مواد پسماند و در دسترس قرار دادن محصولات برای افراد جامعه (مصرف‌کنندگان) بر منابع طبیعی و زندگی بشر اثر گذارند. این اثر می‌تواند مثبت یا منفی باشد. در حقیقت، صنایع هم تولیدات با ارزش خود را وارد جامعه می‌کنند و از سمت دیگر سبب آلودگی‌ها زیست‌محیطی بسیاری می‌شوند. صنایع مختلف می‌توانند موجب آلودگی، زمین، هوا و آب شوند. از سوی دیگر صنایع مختلف از حجم بسیار زیادی انرژی برای تولیدات متنوع خود استفاده می‌کنند. حتی استخراج منابع طبیعی نیز نیازمند مصرف بسیار بالایی از انرژی است. بیشتر این صنایع نیازمند به انرژی گرمایی و نیروی مکانیکی اند که بیشتر این انرژی از گاز طبیعی، نفت و جریان الکتریسیته به دست می‌آیند. مسلماً صنعتی که بخواهد به پایداری دست یابد، باید هزینه‌های تولید را تا جایی که می‌تواند پایین آورد. به‌طور مثال زمانی که کارخانه‌ای برق تولید می‌کند، گرمای تولیدی در کنار

ادامه به وضعیت موجود معدنکاری در ایران پرداخته شده و در راستای مؤلفه‌های توسعه پایدار بررسی می‌شود. سرانجام به صورت موردی به معادنی که در نقاط مختلف دنیا با چالش‌های توسعه پایدار روبه‌رو بوده‌اند، اشاره خواهد شد. در پایان چارچوب کلی برای شرکت‌های معدنی که در جستجوی فعالیت‌های پایدار خود هستند، ارائه می‌شود. هدف از این مطالعه آشنایی هرچه بهتر جامعه مهندسين معدن با مفاهيم توسعه پایدار و اهميت آن است تا با آگاهی از نقش صنعت معدنکاری در توسعه پایدار، از مهارت‌ها و دانش خود در جایگاه فعالیت خویش، در جهت توسعه پایدار کشور و نیز پایداری صنعت معدنکاری بهره‌گیرند. در این مطالعه منظور از صنعت معدنکاری تمام فعالیت‌های مرتبط با اکتشاف منابع معدنی، استخراج و فراوری این مواد است.

۲- جایگاه صنایع در توسعه پایدار

صنایع هسته اصلی اقتصاد در جوامع پیشرفته و موتور محرک پیشرفت در کشورهای در حال توسعه‌اند. بسیاری از خدمات و نیازهای اساسی انسان‌ها را صنایع تامین می‌کنند.

سال	تعداد معادن دارای R&D	تعداد معادن فعال	تعداد شاغلان (نفر)	مالکیت بخش خصوصی (%)	تعداد معادن دارای سرمایه‌گذاری در زمینه محیط زیست (درصد این معادن)
۱۳۹۲	۱۳۵	۵,۴۴۵	۹۴,۶۴۰	۹۶,۸۷	۶۱۴ (۱۱٪)
۱۳۹۳	۱۲۴	۵,۳۵۵	۹۱,۸۶۹	۹۷,۰۸	۶۴۳ (۱۲٪)
۱۳۹۴	۹۵	۵,۲۱۴	۹۱,۲۱۱	۹۶,۹۶	۵۸۲ (۱۱,۲٪)

▲ جدول ۱: آمار معادن فعال در کشور در طی سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۹۲ [۹]

کشور	پتانسیل معدنی			پتانسیل نفتی	حمایت‌ها در حوزه زمین‌شناسی		ریسک		
	منابع معدنی شناخته شده	صنایع معدنی موجود	پتانسیل‌های زمین‌شناسی برای منابع معدنی		حمایت بانک جهانی	پروژه‌های مشترک بین المللی	ریسک عملیاتی	ریسک امنیتی	ریسک تورسیسم
افغانستان	کم	کوچک	متوسط	دارد	زیاد	زیاد	بسیار بالا	بسیار بالا	بالا
ترکیه	متوسط	بزرگ	بسیار زیاد	دارد	زیاد	قابل توجه	متوسط	پایین	پایین
ایران	متوسط	بزرگ	بسیار زیاد	دارد	وجود ندارد	تاحدی	بالا	پایین	پایین
آذربایجان	متوسط	متوسط	متوسط	دارد	زیاد	تاحدی	متوسط	متوسط	پایین

▲ جدول ۲: مقایسه کشورهای منطقه در زمینه پتانسیل‌های کانی زایی، زمین‌شناسی، ریسک سرمایه‌گذاری و همکاری‌های بین‌المللی [۱۰]

کاهش یافته و یا مشکل داشته است، بلکه در طی دهه فوق تولیدات صنعتی رشد داشته اما هم‌زمان با آن نرخ بهره‌وری از منابع خام بسیار بهبود یافته است. شاید بتوان افزایش ناگهانی قیمت نفت را در سال ۱۹۷۰ میلادی و غافلگیری کشورهای صنعتی را نقطه عطفی در توجه به منابع تجدید پذیر و بهبود بهره‌وری از منابع موجود دانست، اما صنایع در اکثر کشورهای جهان، در زمینه توجه به مسایل زیست‌محیطی موفق نبودند و طی سال‌ها سبب گسترش آلودگی‌ها در رودخانه‌ها و دریاها و در نتیجه آلودگی آبزیان، محصولات کشاورزی و آب آشامیدنی جوامع شدند. در زمان حال، نمونه بارز این آلودگی‌ها (به‌ویژه آلودگی هوا) را می‌توان در شهرهای بزرگ کشورهای جهان سوم مشاهده کرد که ذرات معلق و ترکیبات سولفور و اکسید نیتروژن به یک تهدید جدی برای سلامت افراد جامعه و محیط‌زیست تبدیل شده است (مشابه با وضعیت کشورهای صنعتی در دهه ۶۰ میلادی).

موضوع کنترل و کاهش آلودگی‌ها ناشی از صنایع^۷ مختلف به جهت ایجاد هزینه‌های سنگین برای آن‌ها، سبب شده که در این بخش یک رقابت بین کشورهای مختلف ایجاد شود تا با راهکارهای جدید و استفاده از علم روز، تجهیزات ارزان‌قیمتی را ارائه نمایند. صنایع فولاد، صنایع خودروسازی، کارخانه‌های شیمیایی و نیروگاه‌های تولید برق از عمده آلوده‌کنندگان محیط‌زیست‌اند. البته در کنار پیشرفت تجهیزات کنترل آلودگی، بازیافت و استفاده مجدد از باطله یک راهکار عملی و به مراتب کم‌هزینه‌تر برای صنایع مختلف است که از سال‌ها پیش مورد توجه قرار گرفته است. به‌طورکلی صنایع و فعالیت‌های صنعتی باید در سمت و سویی قرار بگیرند که بهره‌وری زیادی در خصوص استفاده از منابع داشته باشند و مواد باطله و آلودگی کمتری را

آن می‌تواند برای استفاده‌های بعدی مورد توجه قرار گیرد. در گزارش سازمان انرژی آمریکا^۸ آمده است که ۴۵ درصد سوخت مصرفی در کارخانه‌های این کشور برای تولید بخار مصرف می‌شود که به‌راحتی ۲۰ درصد از این سوخت مصرفی را می‌توان به‌وسیله عایق‌کاری‌های لازم برای بخار و جلوگیری از نشت آن و حفظ بهتر بخار تولیدشده، صرفه‌جویی کرد. در بسیاری از این صنایع می‌توان از کوره‌ها و دیگ‌های بخار پیشرفته استفاده کرد که با مصرف سوخت کمتری به دمای بسیار بالایی برسند. همچنین در این گزارش آمده است با استفاده از موتورهای الکتریکی هوشمند با قابلیت تنظیم سرعت آن‌ها می‌توان ۳ تا ۶۰ درصد در مصرف انرژی الکتریسیته صرفه‌جویی کرد [۴].

از سوی دیگر با توجه به محدود بودن منابع تجدید ناپذیر، همواره در جامعه این نگرانی وجود دارد که چگونه می‌توان همراه با رشد اقتصادی، در مصرف منابع طبیعی محدودیت ایجاد کرد. این نگرانی زمانی بیشتر می‌شود که بدانیم، طبق مطالعات انجام‌گرفته [۵]، در آینده‌ای نزدیک تعدادی از کانی‌ها به اتمام می‌رسند. بخش صنعت در پاسخ به این چالش‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های جدید و فرایندهای مناسب، سعی کرده است مصرف انرژی، تولید آلودگی‌ها و سایر مضرات بر سلامتی جامعه را تا حد امکان کاهش دهد. در این زمینه کشورها قوانین و سیاست‌هایی را وضع کردند، اما تنها تعداد کمی از کشورهای صنعتی در این زمینه، در کنترل آلودگی‌ها (رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و حذف برخی ترکیبات شیمیایی) موفق عمل کردند. طبق اسناد منتشرشده از سوی سازمان ملل، کشور ژاپن در سال ۱۹۸۴ میلادی فقط ۶۰ درصد مواد خام برای هر واحد تولید صنعتی، در مقایسه با ۱۹۷۳ مصرف کرده است. این به آن معنی نیست که تولیدات صنعتی

7 Pollution abatement

6 US department of energy

خواهد رسید [۸ و ۷]، بنابراین وابستگی شدید به نفت یک تهدید اساسی برای کشورهای تولیدکننده است. در وضعیت کنونی ایران، توجه به سایر پتانسیل‌های تولیدی در کشور، همانند مواد معدنی از اهمیت ویژه‌ای دارد که علاوه بر تامین مواد اولیه صنایع، در ایجاد اشتغال و توسعه مناطق محروم می‌تواند بسیار تاثیرگذار باشد.

طبق گزارش سازمان آمار ایران در سال ۹۴، حدود ۹۱۲۱۱ نفر به‌طور مستقیم در معادن در حال بهره‌برداری، مشغول به کار بوده‌اند (جدول ۱) [۹].

این درحالی است که طبق مطالعات انجام شده در مورد نقش معدن در اقتصاد کشورها، بیان شده که به ازای هر استخدام در یک شرکت معدنی، ۳ تا ۴ استخدام در سایر بخش‌های اقتصاد، به‌طور غیرمستقیم ایجاد می‌شود [۱۰]. ایران از لحاظ پتانسیل‌های زمین‌شناسی و دارا بودن کانی‌های فلزی و کانی‌های صنعتی از جایگاه مناسب در منطقه خاورمیانه و جهان برخوردار است (جدول ۲ و ۳). بخش معدن در ایران نیازمند توجه ویژه به سرمایه‌گذاری، به‌ویژه در بخش کانی‌های صنعتی است تا قابلیت‌های آن در توسعه اقتصاد ملی آشکار شود. یک راهکار موثر و مطمئن برای رونق بخش معدن تشویق سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی برای ورود به این صنعت است. طبق گزارش سازمان آمار کشور [۹] در سال ۹۴، ۵۲۱۴ معدن فعال در کشور وجود داشته که از این تعداد ۳/۰۴ درصد در اختیار بخش دولتی و مابقی در اختیار بخش خصوصی بوده است، اما با این وجود بسیاری از معادن بزرگ و مهم کشور همچنان در دست دولت است.

۲-۲- نقش معدن در توسعه پایدار

هر صنعت با توجه به شرایط حاکم بر آن ناچار به ارائه راهکارهایی برای پاسخگویی به چالش‌های پیشرو در زمینه توسعه پایدار است. صنعت معدنکاری

تولید کنند که لازمه آن استفاده از منابع تجدیدپذیر است، بنابراین برای داشتن صنایع پایدار، باید به نقش صنایع در کاهش و کنترل آلودگی بسیار توجه کرد تا مضرات آن بر سلامت محیط‌زیست به حداقل برسد. نکته مهم دیگر آن است که حصول توسعه صنعتی پایدار به تنهایی و به‌وسیله خود صنایع به دست نخواهد آمد بلکه با همکاری توأم دولت‌ها و بخش صنعت در تصمیم‌گیری‌ها و در یک برنامه‌ریزی درازمدت حاصل خواهد شد. تنها در این صورت است که اهدافی چون کاهش آلودگی‌ها و استفاده بیشتر از منابع تجدیدپذیر، افزایش کیفیت محصولات تولیدی صنایع و در نهایت سلامت جامعه تامین می‌شود و یک جامعه توسعه‌یافته در تمام مؤلفه‌های آن خواهیم داشت.

۱-۲- صنعت معدنکاری ایران

با نگاهی به دهه‌های گذشته دیده می‌شود که در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۰۰ تا ۱۳۴۰ شمسی، بیشتر فعالیت‌های اکتشافی و زمین‌شناسی به وسیله بیگانگان انجام می‌شد و ایرانیان به سبب نداشتن دانش فنی روز، نقش چندانی در این سال‌ها نداشتند [۶] اما با ورود فارغ‌التحصیلان معدن از دانشگاه‌های کشور به این صنعت و هم‌زمان با تاسیس سازمان زمین‌شناسی کشور، بخش معدن کشور در دست متخصصان داخلی قرار گرفت، باوجود این پتانسیل‌های ارزشمند، آنچه که سبب عدم دستیابی به جایگاه اصلی بخش معدن در کشور نشده است، وجود نفت در ایران است. وابستگی به نفت و گاز در طول سالیان همواره دولت‌ها را علاقه‌مند به سرمایه‌گذاری بیشتر در این زمینه کرده و از توجه به بخش معدن بازداشته است، اما باید به این نکته توجه داشت که ذخایر نفتی جهان به‌سرعت در حال مصرف شدن است و بر طبق تخمین‌های انجام‌گرفته ذخایر نفتی اکثر کشورها تا ۴۰ سال دیگر به پایان

ردیف	نوع کانی/تولیدات معدنی	مقدار تولید/ذخیره معدنی(هزار تن)	رتبه در منطقه	رتبه در جهان
۱	باریت	۲۷۰	۱	۵
۲	سیمان	۷۵,۰۰۰	۱	۴
۳	مس	۲۶۵	-	-
۴	فلدسپار	۶۰۰	۲	۷
۵	ژئیس	۱۳,۰۰۰	۱	۳
۶	سرب	۳۵	-	-
۷	آهن	۴۵,۰۰۰	۱	۹
۸	آهک	۳,۰۰۰	۲	۱۲
۹	روی	۶۵	-	-
۱۰	مولیبدن	۶۳	۱	۸
۱۱	طلا	۰,۳۴۱*	-	-

* مقدار طلا برحسب تن است.

▲ جدول ۳: میزان تولید برخی کانی‌ها و تولیدات معدنی ایران و مقایسه آن با سایر کشورها در منطقه و جهان [۱۱]

مناسب را ارائه نماید. از دیگر چالش‌هایی که صنعت معدنکاری با آن روبرو است، بحث ریسک‌های تکنولوژیکی و سرمایه‌گذاری در این صنعت است (جدول ۲). این مساله را می‌توان با توجه بیشتر و بهره‌گیری از مطالعات دقیق پیش امکان‌سنجی و امکان‌سنجی مورد ارزیابی قرار داد. این مطالعات در حکم گام نخست در فرآیند تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران بشمار می‌رود. با توجه به ماهیت پروژه‌های معدنی، هزینه‌بر و زمان‌بر بودن آن‌ها، مطالعات امکان‌سنجی برای معادن بزرگ در کاهش ریسک‌ها، جایگاه ویژه‌ای دارد. نکته دیگر که در بخش معدنکاری باید به آن توجه کرد، بهداشت، امنیت و سلامت افراد درگیر در این صنعت است. با توجه به پیشرفت‌های اخیر، باید تصویر ذهنی جامعه را از این صنعت (به‌ویژه در حوزه استخراج زیرزمینی) روشن کرد و امنیت افراد درگیر در این صنعت را افزایش داد و حوادث را به کمترین میزان ممکن رساند. در کشور ما صنعت معدنکاری یکی از صنایع پرخطر است. به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ در ۱۶۸۰ حادثه پیش آمده در معادن، ۵۹ نفر جان خود را از دست داده‌اند [۱۲] که علاوه بر تبعات غم‌انگیز خانوادگی، طبق برآورد سازمان بین‌المللی کار از دست رفتن هر نیروی کار به‌طور مستقیم یک میلیارد تومان به اقتصاد کشور آسیب وارد می‌کند. از سوی دیگر با توجه به آمار سایر کشورها، سطح ایمنی و

با توجه به وسعت فعالیت‌های خود دارای ارتباط تنگاتنگی با مسایل محیط‌زیستی و اجتماعی است. در بسیاری از موارد بی‌توجهی به استانداردهای لازم در این صنعت، سبب شده که همواره مورد انتقاد فعالان محیط‌زیستی باشد و در مواردی نیز این موضوع موجب تعطیلی معدن و یا فعالیت‌های معدنی شده است.

برای رسیدن به توسعه پایدار باید سعی شود که به یک پایداری و ثبات بین اقتصاد، اجتماع و محیط‌زیست دست یافت و هیچ‌یک از سه مولفه توسعه پایدار را فدای دیگری نکرد. صنعت معدنکاری برای پایداری خود و نقش آفرینی در توسعه کشور باید فعالیت‌های بخش‌های مختلف خود را هماهنگ با مؤلفه‌های توسعه پایدار برنامه‌ریزی کند و در جهت رسیدن به نقطه تعادل سوق دهد. به‌طوری‌که با بهره‌مندی این صنعت از تکنولوژی‌های به‌روز، می‌توان امید داشت که مصرف انرژی و آلودگی محیط‌زیست تا حد ممکن کاهش داده شود. همچنین با توجه به روند رو به افزایش تقاضا برای کانی‌ها و فلزات، توجه ویژه به توسعه اکتشافات عمیق برای پویایی صنعت معدنکاری امری ضروری است. نکته مهم دیگر، فعال‌تر شدن صنعت معدنکاری در زمینه تحقیق و توسعه^۸ (R&D) است تا بتواند با چالش‌های موجود به شکل صحیح روبرو شود و راهکارهای

^۸ Research and Development

ایران از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی در کشور هستند (جدول ۵). در حال حاضر حدود یک سوم از برق تولیدی کشور در بخش صنعت مصرف می شود که حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد صرفه جویی در این بخش امکان پذیر است. با توجه به گزارش منتشر شده توسط سازمان بهره‌وری انرژی ایران [۱۳] صنایع فولاد و آهن با مصرف یک سوم انرژی الکتریکی و صنعت سیمان با ۱۰ درصد بیشترین میزان مصرف برق کشور را به خود اختصاص داده‌اند و صنایع آلومینیوم و کانی‌های غیرفلزی مانند گچ و آهک در رده‌های بعدی قرار دارند. برای دستیابی به اهداف توسعه‌ای بخش‌های فولاد، مس، طلا، روی و نظایر آن در سال‌های پیشرو تقاضا برای مصرف انرژی (گاز طبیعی، آب و برق) به شکل چشمگیری افزایش خواهد یافت. این در حالی است که کشور ما در سال‌های اخیر با بحران آب روبه‌رو است و در صورت نبود برنامه‌ریزی و افزایش بهره‌وری در مصرف انرژی در معدن و صنایع معدنی، این صنعت با چالش اساسی در خصوص تامین انرژی خود مواجه خواهد بود. همچنین توجه به این نکته بسیار مهم است که در حال حاضر تقریباً بیشتر معادن بزرگ و مهم ایران از نوع معادن روباز هستند، در حالی که در آینده با تمرکز بر اکتشاف کانسارهای عمیق و استخراج این ذخایر نیاز به مصرف انرژی (برای تهویه، پمپ‌ها و نظایر

بهداشت در صنعت معدنکاری ایران فاصله زیادی با نقطه مطلوب دارد. به‌طور مثال شاخص فوت به تولید در کشور آمریکا در سال ۲۰۰۲ میلادی یک نفر به ازای ۲۵ میلیون تن تولید بوده در حالی که این شاخص در ایران در سال ۱۳۸۰ برابر با یک نفر به ازای ۲/۵ میلیون تن و در سال ۱۳۸۱ برابر با یک نفر به ازای ۳/۳ میلیون تن بوده است [۱۲]. هر چند این شاخص در سال‌های متمادی در حال بهبود بوده (به‌طوری‌که این شاخص در سال ۱۳۹۴ به یک نفر به ازای ۱۴ میلیون تن رسیده است) اما همچنان نیازمند توجه بیشتر است (جدول ۴).

با توجه به گزارش‌های حوادث مختلف در معادن کشور، عدم آشنایی افراد با اصول ایمنی و ناکافی بودن سطح آموزش‌های افراد شاغل در معادن را می‌توان از علل اصلی رخداد این حوادث دانست. از سوی دیگر با نگاهی به جدول ۴ دیده می‌شود که کمتر از ۱۵ درصد معادن ایران، واحد ایمنی و بهداشت دارند که این خود عاملی مهم در بالا بودن حوادث در معادن کشور است. البته در خصوص معادن زیرزمینی نبود امکانات و تجهیزات استاندارد، از دیگر علل اصلی حوادث در ایران بشمار می‌رود. بحث مصرف بهینه انرژی در حوزه معدن و صنایع معدنی از دیگر پارامترهای مهم در حوزه پایدار بودن این صنعت است. در حال حاضر معادن در

سال	تعداد معادن دارای واحد ایمنی و بهداشت	تعداد حادثه	تعداد حادثه منجر به فوت
۹۲	۷۳۹	۱۷۷۹	۵۹
۹۳	۶۷۰	۱۵۷۷	۳۳
۹۴	۵۷۷	۱۵۱۰	۲۸

▲ جدول ۴: تعداد حوادث در معادن ایران و تعداد معادن دارای واحد ایمنی و بهداشت [۹]

سال	گازوئیل (هزار لیتر)	آب (مترمکعب)	برق (هزار کیلو وات ساعت)
۹۲	۸۴۴۷۷۲	۱۳۴۷۶۰۳۱۸	۲۰۳۸۶۴۱
۹۳	۸۴۷۸۴۶	۱۴۵۱۶۳۰۹۷	۲۵۷۰۱۹۲
۹۴	۶۱۹۰۹۹	۱۲۱۶۶۴۸۲۰	۳۱۰۰۵۱۵

▲ جدول ۵: مقدار گازوئیل، آب و برق مصرفی در معادن در حال بهره‌برداری ایران [۹]

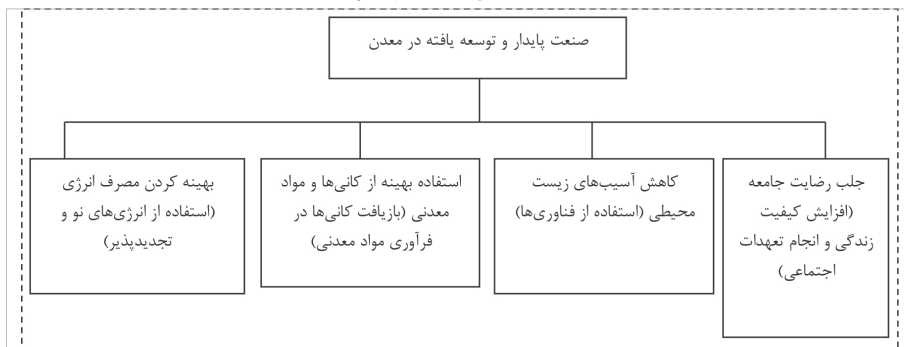
علاقه‌مند نخواهند شد. یکی از موانع توسعه‌یافتگی در معادن ایران، باوجود قرار داشتن در فهرست ۱۰ کشور معدنی برتر دنیا نبود سرمایه‌گذاری است. با نگاهی به برخی کشورهای توسعه‌یافته، مانند کانادا و استرالیا، دیده می‌شود این کشورها با سرمایه‌گذاری هدفمند روی بخش معدن توانسته‌اند اقتصاد متزلزل خود را در طول چند دهه به اقتصادی پایدار تبدیل کنند و به سطح ایده‌آل از رفاه برای جامعه خود برسند، اما با نگاهی به وضعیت شهرهایی (مانند کرمان و اهر) که معادن بزرگی در سطح کشور (و حتی در سطح جهانی) دارند، دیده می‌شود که این معادن نتوانسته‌اند نقش قابل توجهی را در وضعیت اقتصادی منطقه ایفا نمایند و بسیاری از این شهرها جزء مناطق کمتر توسعه‌یافته و یا محروم کشور محسوب می‌شوند و فاقد امکانات و ساختارهای زیربنایی‌اند (چنان‌که این وضعیت در خصوص

آن) بسیار افزایش خواهد یافت. در سال‌های اخیر شرکت‌های بزرگ معدنی در حال سرمایه‌گذاری و مطالعه در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیراند. طبق برآوردها در سال ۲۰۲۲ میلادی، ۵ تا ۸ درصد از انرژی‌های مصرفی در صنایع معدنی دنیا از نوع تجدیدپذیر خواهد بود (در حال حاضر این مقدار برابر ۰/۱ درصد است) [۱۴]. در این مطالعات دو نوع انرژی بادی و خورشیدی اهمیت بیشتری در تامین انرژی برای معادن دارند. کشور ایران با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در سال، پتانسیل بسیار خوبی در استفاده از انرژی خورشیدی دارد.

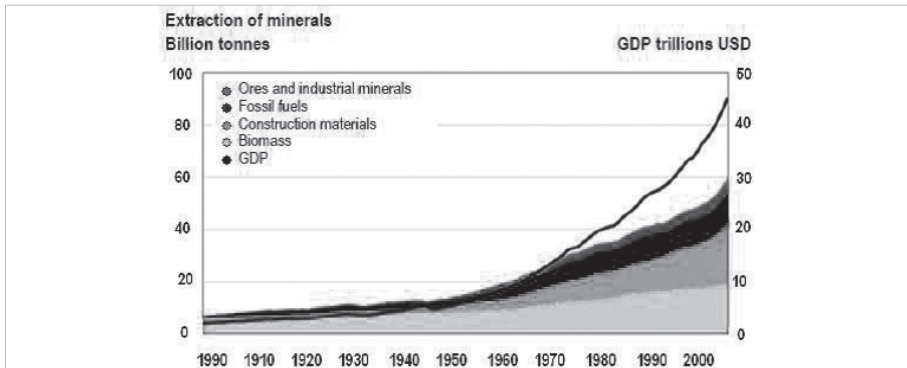
نکته دیگری که در توسعه صنعت معدنکاری لازم است به آن توجه شود، شفاف‌سازی قوانین و اهمیت گردش اطلاعات است. چرا که با نبود یک چارچوب سازمان‌یافته و با ثبات، سرمایه‌گذاران بخش خصوصی و خارجی برای توسعه این صنعت

ردیف	عناوین	توضیحات
۱	ایجاد سرمایه و دارایی	معادن با ایجاد اشتغال در مناطق محروم نقش اساسی در حذف فقر و همچنین ایجاد سود برای بنگاه‌های اقتصادی در کشور دارند. همچنین تولیدات معادن در حکم یک ثروت برای جامعه محسوب می‌شود.
۲	تولید کانی‌ها	تولیدات کانی‌ها به عنوان محصول معادن نقش ارزشمندی در تامین انرژی، سلامت و سایر نیازمندی‌های جامعه دارد. وجود کانی‌ها برای زندگی مدرن یک ضرورت است.
۳	توسعه مدنیت (تمدن)	با نگاهی به جوامع پیشرفته، دیده می‌شود این جوامع به توسعه بخش معدن و متالورژی و پیشرفت علوم وابسته به آن‌ها بسیار اهمیت می‌دهند. در واقع رفاه اجتماعی در یک کشور نیازمند توجه ویژه به معدن و صنایع وابسته به آن است.
۴	تعدیل اثرات مخرب بر محیط زیست	تولیدات معادن امکان توسعه تکنولوژیکی برای حفاظت از محیط زیست را ممکن می‌سازد. همچنین معادن مدرن به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که پس از خاتمه معدن کمترین تاثیر منفی را روی زمین و شکل آن داشته باشند.

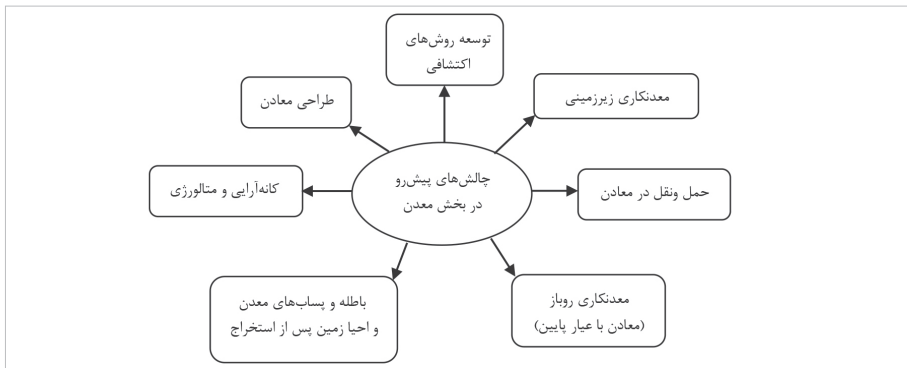
▲ جدول ۶- نقش معدن در توسعه پایدار



▲ شکل ۲- عوامل موثر دستیابی به صنعتی پایدار و توسعه یافته در بخش معدن



▲ شکل ۳: روند افزایشی تقاضا برای منابع معدنی در اقتصاد جهان [۱۷]



▲ شکل ۴: چالش‌های پیش‌رو در بخش معدن در رابطه با توسعه پایدار

تاثیرگذار در فرآیند صنعتی شدن کشور، صنعت معدن و صنایع وابسته به آن است که می‌توان با مدیریت و استفاده از منابع باارزش معدنی در کنار نیروی کار جوان و متخصص سرعت توسعه پایدار در کشور را افزایش داد. نقش معدن در توسعه پایدار یک نقش زیربنایی است که اهمیت آن در جدول ۶ بیان شده است.

۳-۲- چالش‌های پیش‌رو در بخش معدنکاری و صنایع وابسته

صنعت معدنکاری با گذشت زمان و افزایش رفاه جامعه، با افزایش تقاضا برای مواد معدنی روبه‌رو است. می‌توان انتظار داشت که این تقاضا در سال‌های آینده شدت بیشتری نیز داشته باشد (شکل ۳).

مناطق نفت‌خیز نیز قابل مشاهده است). این کشورها در عین توجه به توسعه معادن با تصویب قوانین هماهنگ و باثبات، توانسته‌اند محیط‌زیست کشور خود را نیز در سطحی قابل قبول از تخریب حفظ کنند. برای دستیابی به صنعتی پایدار و توسعه‌یافته در بخش معدن، با توجه به مطالب بیان‌شده و تحقیقات انجام‌گرفته در کشورهای مختلف در زمینه توسعه پایدار و معدنکاری [۱۵ و ۲]، عوامل موثر را می‌توان در ۴ فاکتور که در شکل ۲ نشان داده شده است، خلاصه کرد.

راهکار اصلی توسعه پایدار در کشور، توسعه صنعتی است. هر صنعت نقش خاص خود را در زمینه اقتصاد یک کشور ایفا می‌کند. از جمله صنایع

ردیف	تعامل صنعت معدنکاری با مولفه‌های توسعه پایدار، در جوامع درحال توسعه و توسعه‌یافته	
۱	نام معدن/کشور/ نوع کانه/سال آغاز فعالیت	اوک تدی/پاپواگینه نو/ مس (طلا)/۱۹۸۸میلادی
	چالش‌های اساسی ایجاد شده	- ایجاد آلودگی در رودخانه‌های اطراف و از بین رفتن آبزیان آن - ایجاد اختلال در زندگی (سلامت) ساکنین، در پایین دست رودخانه - تخریب جنگل - افزایش غلظت عناصری چون مس تا ۳۰ برابر حد مجاز، در آب رودخانه‌های منطقه
	راه کارهای ارائه شده	
این معدن در طی فعالیت کمتر از ۱۶ سال خود، بیش از ۸۰ هزار تن باطله در رودخانه‌های اطراف وارد کرد. به دلیل عدم توجه به اصول محیط زیستی با اعتراض مردم و سازمان‌های مردم نهاد روبه‌رو شد. اما دلیل اهمیت در ایجاد اشتغال، خدمات ارزشمند در حوزه سلامت و آموزش در منطقه تعطیل نشد. طی این فشارها شرکت متولی آن (BHP) خارج شد و اداره آن را دولت، طبق برنامه توسعه پایدار منطقه برعهده گرفت. برای کاهش اثرات مخرب، سد باطله بازطراحی شد و لایروبی از رودخانه‌ها انجام گرفت. طبق برآوردها، برای از بین رفتن آلودگی‌ها در همین سطح حداقل ۳ قرن زمان لازم است [۱۵،۱۶].		
۲	نام معدن/کشور/ نوع کانه/سال آغاز فعالیت	منطقه کاکوبیرا/برزیل/ طلا/۲۰۰۰میلادی
	چالش‌های اساسی ایجاد شده	عدم درک صحیح از فعالیت شرکت‌های معدنکاری توسط جامعه راه کارهای ارائه شده
	روستای کاکوبیرا (با ۱۰۰۰۰۰ هزار نفر جمعیت) از قدیم محل فعالیت معدنکاری محلی و سنتی برای استخراج طلا بوده است. اما با اتمام رخنمون‌های سطحی این فعالیت‌ها کاهش یافت. یکی از شرکت‌های تازه تاسیس برزیلی تصمیم به مطالعه اکتشافی این منطقه گرفت اما با توجه به اینکه قسمتی از کانسار احتمالاً در مجاورت روستا و با زیر آن قرار می‌گرفت، با ریزنی با شهردار منطقه و مردم روستا قرار شد ساخت و سازهای از پیش تعیین شده برای توسعه روستا متوقف شود تا شرکت بتواند مخاری‌های احتمالی را انجام دهد. شرکت در قبال این همکاری متعهد شد که در آینده در ایجاد زیرساخت‌های روستا کمک کند. برای ارتباط با مردم محلی شرکت تعدادی از کارگران را با حقوق خوب جهت نمونه‌برداری استخدام کرد. با پایان کار مطالعات صحرایی و شروع مطالعات دفتری، هم‌زمان با اخراج کارگران، مردم منطقه از آغاز فعالیت معدنی در کوتاه مدت ناامید شدند و شروع به ساخت و سازهای جدید نمودند و توجهی به فعالیت‌های شرکت نکرده و تقاضای ایجاد زیرساخت‌های وعده داده شده توسط شرکت را داشتند. در حقیقت آن‌ها از ماهیت فعالیت‌های شرکت‌های معدنی بی‌اطلاع بودند و ریسک رونق اقتصادی در درازمدت را، به کار در زمین‌های کشاورزی و دامداری خود قبول نمی‌کردند (البته این یک واکنش معمول در جوامع دور افتاده و محروم، در مقابل فعالیت شرکت‌های معدنی است) [۱۵].	
نام معدن/کشور/ نوع کانه/سال آغاز فعالیت	معدان مانتیوبا/کانادا/سرب- روی (نیکل - طلا)/۱۹۵۸	
۳	چالش‌های اساسی ایجاد شده	خاتمه کار برخی معدان منطقه مانتیوبا
	راه کارهای ارائه شده	
	در منطقه مانتیوبا شغل اصلی بسیاری از مردم معدنکاری بود اما با اتمام ذخیره برخی معدان، بسیاری از آن‌ها در خطر از دست دادن فعالیت‌های اقتصادی خود بودند. با پیشنهاد انجمن معدنکاری کانادا و موافقت دولت مرکزی، تصمیم گرفته شد که در تصمیم‌گیری‌های این صنعت پنج گروه (وزارت معدن، مقامات دولت‌های محلی، اتحادیه‌های کارگری، مردمان بومی و انجمن‌های محیط زیستی) شرکت داشته باشند تا یک صنعت معدنکاری پایدار حاصل شود. در نتیجه این مشارکت، در بخش‌هایی از منطقه مانتیوبا گروهی از صاحبان معدان بسته شده، تصمیم گرفتند با توجه به فضای ایجاد شده، برای اکتشافات جدید از جذب سرمایه و حمایت سرمایه‌گذاران استفاده کنند. همچنین تصمیم گرفته شد منطقه یاد شده به دلیل وجود فعالیت‌های قدیمی و سنتی معدنکاری در آن به عنوان یک منطقه گردشگری معرفی شود و با فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم، برخی از این معدان به عنوان مکان‌های تفریحی مانند شکار و ماهیگیری، اسکی و ورزش‌های زمستانی تبلیغ شدند. علاوه بر این زیر نظر دولت بخش‌هایی از معدان بسته شده، برای تولید داروهای خاص گیاهی و برخی محصولات کشاورزی کشت شدند. درحقیقت با احیا زمین در بخشی از معدان قدیمی ایجاد اشتغال انجام گرفت و در نتیجه توسعه اقتصادی و اجتماعی در کنار حفظ تنوع اکوسیستم حاصل شد [۱۵].	

▲ جدول ۷: مطالعه موردی، معدان و نقش آن‌ها در توسعه پایدار

این فلزات بسیار ارزشمند خواهد بود. در حقیقت توسعه روش‌های ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی برای اکتشاف ذخایر عمیق، به جهت ایفای نقش بخش معدن در توسعه پایدار از اولویت‌های این صنعت است. از سوی دیگر در بخش استخراج معدن،

به طوری که در برخی فلزات همچون مس و آلومینیم که از فلزات استراتژیک در صنعت‌اند، نیاز به شناسایی ذخایر جدید یک ضرورت است [۱۷ و ۱۶]. در این راستا توجه به اکتشاف ذخایر عمیق‌تر و نیز یافتن روش‌های جدید برای افزایش بازیابی و فرآوری

داشته و معادن بزرگ نیز از این امر مستثنی نبوده‌اند. با مروری بر معدنی که با چنین چالش‌هایی روبه‌رو بوده‌اند، دیده می‌شود تنها راهکار پایدار بودن آن‌ها توجه و رعایت مولفه‌های توسعه پایدار، به‌ویژه رابطه آن با جامعه و محیط‌زیست پیرامونی آن‌ها بوده است. در این رابطه به چند نمونه در جدول ۷ اشاره می‌شود که تمام این معادن در ادامه کار خود با مشکل روبه‌رو بوده‌اند.

۳- نتیجه‌گیری

توسعه پایدار یک چارچوب مطمئن برای دستیابی به یک جامعه سالم، محیط‌زیست پاک و اقتصاد قوی است. با توجه به اهمیت این مفهوم کشورهای توسعه‌یافته و کشورهای نوظهور، بخش قابل توجهی از بودجه آموزشی خود را در دانشگاه‌ها صرف آموزش و نهادینه کردن مفاهیم توسعه پایدار می‌کنند. در کشور ایران منابع معدنی به‌عنوان یک فرصت برای پیشرفت و توسعه کشورند اما وضعیت صنعت معدنکاری ایران در مولفه‌های مختلف توسعه پایدار، در مقایسه با سایر کشورهای معدنی وضعیت مناسبی ندارد. برای آنکه صنعت معدنکاری بتواند یک صنعت پایدار باشد و نقش خود را در توسعه پایدار ایفا کند، تعریف یک چارچوب کلی و جامع برای آن بسیار مهم است. معادن برای ادامه فعالیت خود در ایران با چالش‌های اساسی در حوزه‌های مختلف مانند محیط‌زیست، مصرف انرژی، ایمنی و بهداشت روبه‌رو هستند. در این راستا، مدیریت صحیح پساب‌های کارخانه‌های فرآوری، توجه بیشتر به تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، برگزاری دوره‌های بازآموزی برای نیروی کار از راه‌کارهای مهم برای بهبود وضعیت موجود است. همچنین نظر به افزایش مصرف مواد معدنی و نیاز صنعت کشور به فلزات

توسعه روش‌های استخراج زیرزمینی و تجهیزات مرتبط با آن، برای بهره‌برداری از ذخایر عمیق یک چالش اساسی برای مهندسين معدن است. همچنین به‌کارگیری روش‌های استخراج روباز و طراحی آن به‌گونه‌ای که کمترین مخاطرات و خسارت ممکن را برای محیط‌زیست و کارکنان این بخش داشته باشد، از دیگر موارد مهم در صنعت معدنکاری است. از سوی دیگر در بخش فرآوری مواد معدنی، با اهمیت یافتن ذخایر با عیار پایین، دستیابی به دانش و تکنولوژی‌های جدید برای فرآوری این ذخایر یک چالش اساسی است. عامل دیگری که در آینده نزدیک در حوزه صنعت معدنکاری بیشتر بروز خواهد یافت، بحث مصرف بهینه انرژی (به‌ویژه آب و برق) و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در معدن است. در بحث مصرف بهینه انرژی نکته دیگر، توجه به مصرف انرژی در حمل‌ونقل مواد معدنی و هزینه انتقال آن است که نیازمند یک طراحی بهینه برای معدن از استخراج تا فرآوری کانی‌ها است تا مصرف انرژی و هزینه‌ها به شکل بهینه انجام شود.

آنچه که همواره صنعت معدنکاری را در افکار عمومی تحت تاثیر قرار داده، تخریب محیط‌زیست در اثر فعالیت‌های معدنی است. در این راستا چالش اصلی معدن مواجهه با بحث باطله‌ها، پساب‌ها و تاثیرات منفی معدنکاری روی محیط‌زیست (رودخانه‌ها، جنگل و حیات وحش) است. به نظر می‌رسد در این زمینه استفاده از روش‌های کانه‌آرایی پیشرفته و استفاده از بیوتکنولوژی و نانوتکنولوژی می‌تواند تا حدود زیادی سبب کاهش این اثرات بر روی محیط‌زیست شود. با توجه به مطالب بحث شده، به‌طورکلی چالش‌های پیش‌رو در صنعت معدنکاری را می‌توان در شکل ۴ خلاصه کرد.

بحث چالش‌های معدنی در ارتباط با جامعه و محیط‌زیست همواره در طول چند دهه اخیر وجود

Using new technologies to reduce energy use in industry and manufacturing". Available at: www.issuelab.org.

[5] United Nations. (1987). "Our Common Future: report of the World Commission on Environment and Development". <http://www.un-documents.net>, ISBN: 019282080X.

[۶] قربانی، م.؛ ۱۳۸۱؛ "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران"، سازمان زمین‌شناسی کشور، ص ۰۳-۲۱.

[7] www.nioc.ir، شرکت ملی نفت ایران

[8] Worldometers. (2017). "Energy". www.worldometers.info.

[۹] آمار معادن ایران؛ ۱۳۹۴؛ وبسایت سازمان آمار ایران، www.amar.org.ir

[10] International council on mining and metals. (2012). "The role of mining in national economies". Available at www.icmm.com.

[11] U.S. Geological Survey. (2015). "Mineral commodity summaries". Available at <http://dx.doi.org>.

[۱۲] اطلاعات معادن ایران؛ ۱۳۹۵؛ وبسایت اطلاع‌رسانی معادن ایران، www.iranmining.com

[۱۳] مصرف انرژی در صنعت؛ ۱۳۹۵؛ سازمان بهره‌وری انرژی ایران، www.saba.org.ir

[14] Henry, K. (2015). "Tips for Reducing Energy Consumption in the Mining Industry". Available at www.energymanager-today.com.

[15] Hilson, G., and Murck, B. (2000). "Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective". *Resource Policy*, 26(4): 227-832

[16] Paulina, S. (2008). "From dependency to sustainability: building capacity for economic development: a case study on Ok Tedi". *Asia Development Bank*, 20-40.

[17] Dubinski, J. (2013). "Sustainable development of mining mineral resources". *Journal of Sustainable Mining*, 12(1): 1-6.

و سایر کانی‌ها، توجه ویژه به روش‌های نوین در اکتشاف ذخایر عمیق و نیز استخراج ذخایر کم‌عیار از نکات بسیار مهم در راستای دستیابی به توسعه پایدار است همچنین مسئولیت اجتماعی صنعت معدنکاری یکی از ارکان اصلی در دستیابی به توسعه پایدار است. با توجه به مخاطرات زیاد در این صنعت، باید توجه ویژه به اصول آموزشی نیروی کار آن داشت تا صنعت معدنکاری در جامعه به‌عنوان یک صنعت کم‌خطر و مبتنی بر فن‌آوری‌های پیشرفته شناخته شود. در تمام کشورهای توسعه‌یافته و صاحب‌نام در صنعت معدنکاری، در هنگام تعارض معدنکاری با مولفه‌های توسعه پایدار سعی شده با همکاری تمام دستگاه‌های متولی و نیز معدنکاران به یک راهکار عملی در چارچوب مفاهیم توسعه پایدار دست یابند. به نظر می‌رسد برای نهادینه کردن توسعه پایدار در صنعت معدنکاری کشور تاسیس کارگروه توسعه پایدار برای معادن، در سازمان نظام‌مهندسی معدن کشور به‌منظور ارزیابی عملکرد و برنامه‌ریزی مدون در زمینه آموزش مفاهیم توسعه پایدار اهمیت ویژه‌ای دارد.

۴- مراجع

[1] UNESCO. (2002). "Report of the World Summit on Sustainable Development (WSSD)". Johannesburg, South Africa, from 26 August - 4 September, www.un.org.

[2] Botin, J. A. (2009). "Sustainable Management of Mining Operations". Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, pp. 49, ISBN 13: 978-0-87335-267-3.

[3] Breaking new ground. (2002). "The Report of the Mining, Minerals and Sustainable Development Project". Earthscan, ISBN: 1 85383 907 8.

[4] Environmental and Energy Study Institute. (2006). "Industrial Energy Efficiency: