



بررسی و مقایسه نقشه‌راه‌های مختلف بلندمدت (۲۰۵۰) در
تکنولوژی محصولات جدید، جایگزینی، مصارف انرژی و محیط
زیست در حوزه معدن و صنایع معدنی با هدف ارزیابی
پیشنهادهای اصلاحی در نقشه‌راه معدن و صنایع معدنی کشور

شماره قرارداد: ۲۲۰۰۵

مجری: مرکز هوشمندی و رصدخانه فناوری و نوآوری صنایع معدنی

مهر ۱۴۰۰

شناسنامه پروژه

عنوان پروژه: بررسی و مقایسه نقشه‌راه‌های مختلف بلندمدت (۲۰۵۰) در تکنولوژی محصولات جدید، جایگزینی، مصارف انرژی و محیط زیست در حوزه معدن و صنایع معدنی با هدف ارزیابی پیشنهاد‌های اصلاحی در نقشه‌راه معدن و صنایع معدنی کشور

گزارش ارسالی: گزارش خلاصه مدیریتی

کارفرما: سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)

مجری: مرکز هوشمندی و رصدخانه فناوری و نوآوری صنایع معدنی

مدیر پروژه: دکتر مسعود عسکری

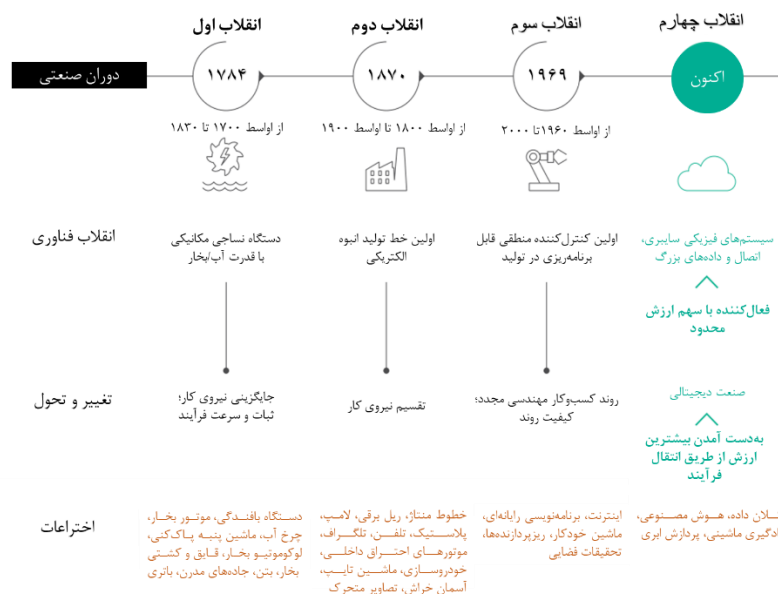
همکاران: هومن فرزنامی، طیبیه صالحی، محمدصادق رضانی، میلاد سلیمانی خلجی، امین خوشنویسان، محمد مکملی، علی ایازی، فریبا واعظ قاسمی، شیما طاهر، چکاد یزدانی بنفشه درق، نفیسه میرزاخانی، مریم متقی، فائزه شجاعی نیا، علیرضا کشتکار باقری، سارینا خیرانی، مجید فرنیاء، احمد زارعی، سارا فیضی، رامین افشار گرجی، حمید اصفهانی.

خلاصه مدیریتی

گزارش پیش‌رو، با هدف نهایی تصمیم‌سازی برای نهاد سیاست‌گذار بخش معدن و صنایع معدنی کشور برای تهیه نقشه‌راه‌های بلندمدت در پنج حوزه تخصصی مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، تهیه و تدوین شده است. گزارش در چهار بخش تنظیم گردیده و از نگاه کلان صنعت در افق ۲۰۵۰ به پیشنهادات سیاستی و خاص هر صنعت برای امروز، عمق‌دهی شده است.

الف) خلاصه نتایج فصل نخست

در فصل نخست گزارش، جهت دستیابی به دیدگاه مشخصی از آینده این بخش‌ها در افق ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ و با توجه به تأثیر متقابل روندهای مختلف نظیر سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و غیره با صنعت (به‌ویژه معدن و صنایع معدنی)، به بررسی روندها و مفاهیم تحولی و آینده‌نگر فناورانه پرداخته شده است. با همین رویکرد گزارش‌های آینده‌نگر که توسط مؤسسات مشاور، وزارتخانه‌ها و سازمان‌های بین‌المللی و حتی پژوهشگران تراز دانشگاهی، محور مطالعات این فصل از گزارش قرار گرفته‌اند. به‌طور خاص مفهوم هوشمندی و هوشمندسازی از یک‌سو و موضوع تأثیر توسعه پایدار و انتشار کربن از سوی دیگر، در مطالعات آینده‌نگر فصل اول برجسته شده است.



شکل ۱: تحولات ناشی از هریک از انقلاب‌های صنعتی

از مهمترین دستاورد انقلاب صنعتی چهارم در صنعت معدن می توان به معدنکاری هوشمند اشاره نمود که منجر به دستیابی به ایمنی بیشتر، کاهش هزینه های عملیاتی و افزایش بهره وری در سایت های معادن می شود. به طور خاص معدن کاری هوشمند شامل مواردی چون مرتب سازی کانه ها، بهینه سازی داده ها و تصویرسازی سه بعدی می شود و فناوری هایی مانند پهپادها، چاپ سه بعدی و یادگیری ماشین در معدن کاری هوشمند نقش دارند. معدن کاری هوشمند و انقلاب صنعتی چهارم، بر تقاضای مواد معدنی نیز موثر خواهد بود. به طور مثال وابستگی برخی از فناوری های صنعت ۴/۰ به منابع اولیه کمیاب مانند لیتیم و عناصر نادر خاکی از یک سو و تولید بیش از ۷۰ درصدی این منابع توسط چین از سوی دیگر موجب افزایش نگرانی از سوی برخی دولت ها از جمله ایالات متحده و کشورهای اروپایی شده است.

برآوردهای اقتصادی نشان می دهد که از هر یک دلار سرمایه گذاری در فناوری «دیجیتال» در سی سال گذشته، ۲۰ دلار به تولید ناخالص جهانی افزوده است (حدوداً ۷ برابر فناوری های غیر دیجیتال) و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۵ حدود یک چهارم تولید ناخالص جهانی از فناوری های دیجیتال به دست آید. به ویژه فناوری زنجیره بلوکی با ایجاد قابلیت هایی از قبیل ردیابی اطلاعات و اطمینان از اجرای صحیح استانداردها و مقررات، ایجاد قراردادهای هوشمند و قابلیت ره گیری مواد معدنی در طول زنجیره ارزش، موجب شفافیت در حوزه معدن و صنایع معدنی می شود. همچنین جایگزینی ربات ها به جای نیروی انسانی در محیط های خطرناک و با شرایط آب و هوایی نامساعد می تواند به افزایش ایمنی و قابلیت اطمینان فعالیت هایی نظیر استخراج، نمونه برداری، حفاری، حمل و نقل، نقشه برداری و کار با مواد منفجره منجر شود. در زمینه فناوری پهپادی نیز، ارزیابی ها نشان می دهد که افزایش محبوبیت پهپادها در فعالیت های معدنی به خصوص در استرالیا و آفریقا چشمگیر بوده است و تخمین زده می شود حدود ۷۰ درصد شرکت های معدنی بزرگ از جمله ریوتینتو، بی اچ پی و انگلوامریکن حداقل در سطح آزمایشی از این فناوری استفاده کرده باشند.

موضوعاتی نظیر کلان‌روندها، اقتصادهای نوین، انقلاب صنعتی چهارم، آرمان‌های توسعه پایدار و انرژی به تفکیک در فصل اول مورد بررسی قرار گرفت و نتایج پژوهش نشان داد که در دنیای امروز هیچ یک از این مباحث مستقل از یکدیگر عمل نمی‌کنند و ارتباط آن‌ها هر روز بیش‌ازپیش می‌گردد: نظیر «تأثیر متقابل انرژی و فناوری»، «فناوری و شرایط زیستی انسان و سایر گونه‌های حیات»، «سیاست حکومت‌ها و شرایط اقتصادی و اجتماعی زندگی بشر» و غیره.

به ویژه بررسی تفکیکی کلان‌روندهایی مانند (ابر) خودکارسازی، افزایش اهمیت داده، رشد نمایی توسعه فناوری، فناوری‌های پاک، گرمایش زمین، افزایش مصرف انرژی و منابع، جنگ فناوری، توازن قدرت بین غرب و شرق (چرخش به شرق)، فردگرایی، نابرابری اجتماعی، افزایش جمعیت، پیری، افزایش مهاجرت و افزایش شهرنشینی، نشان داد که زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی در جهان ۲۰۵۰ با فرصت‌های روبه‌رشد قابل توجهی از لحاظ بازار و سیاست مواجه است و در عین حال به سبب محدودیت منابع و انرژی، با چالش‌هایی برای تولید پاک روبرو خواهد بود.

به‌طور خاص افزایش جمعیت و رشد شهرنشینی موجب تقویت تقاضا برای مواد معدنی و با یک تأخیر زمانی منجر به افزایش تولید قراضه و مواد بازیافتی خواهد شد که فرصتی برای توسعه معدن‌شهرها خواهد بود. هم‌زمان روند سالخوردگی می‌تواند موجب کاهش نیروی متخصص در صنعت معدن شود و مهاجرت نخبگان از کشورهای در حال توسعه به توسعه یافته منجر به نابرابری در دسترسی کشورها به نیروی متخصص خواهد شد. همچنین از منظر ژئوپلیتیک وجود بخش قابل توجهی از منابع معدنی راهبردی جهان در چین (همچون عناصر نادر خاکی) به انتقال قدرت سیاسی و اقتصادی از غرب به شرق کمک می‌کند.

تحولات آینده نیروی کار نیز به شدت بر صنایع و بخش معدن و صنایع معدنی موثر خواهد بود. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که حدود ۵۰ درصد از مشاغل ایالات‌متحده به دلیل افزایش استفاده از رباتیک و هوش مصنوعی تا سال ۲۰۲۴ درجاتی از خودکارسازی را تجربه کنند. همچنین در اثر رشد خودکارسازی در بخش معدن و صنایع معدنی، نیروهای بیشتری با ماشین‌آلات و تجهیزات

خودکار جایگزین خواهند شد و درعین حال نیاز به نیروهای متخصص در حوزه خودکارسازی بیش از پیش خواهد شد. برآوردها نشان می‌دهد که شرکت‌هایی که برای آموزش هر کارمند ۱۵۰۰ دلار سرمایه‌گذاری می‌کنند، به‌طور متوسط ۲۴ درصد سود بیشتری نسبت به شرکت‌هایی با حجم سرمایه‌گذاری کمتر، خواهند داشت.

در حوزه نیروی کار، تحولات راهبردی مهم دیگری نیز رخ خواهد داد. موضوع «درآمد پایه‌ای بی‌قیدوشرط» و عدم نیاز به کار تا سال ۲۰۵۰ یک ایده جدی است که به موجب آن دستمزد کارگران دیگر از جنس «عدد و رقم» نباشد و اغلب مردم با درآمد پایه‌ای حمایت شوند. همچنین با توجه به آنکه تا سال ۲۰۳۰ بخش عمده مشاغل در دست نسل هزاره خواهد بود، خواسته‌های این نسل مبتنی بر افزایش انعطاف‌پذیری و مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها، بر فرهنگ و مناسبات کاری سازمان‌ها مؤثر خواهد بود. پایش وضعیت فعلی نشان می‌دهد که با توجه به تغییر پیوسته مهارت‌های موردنیاز نیروی کار با رشد فناوری، شرکت‌های بزرگ معدنی در حال برنامه‌ریزی برای آموزش نیروی کار آینده معدن با تمرکز بر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و رباتیک هستند.

بررسی تیم پژوهش نشان می‌دهد که فناوری در بسیاری موارد نه تنها جایگزین انسان نمی‌شود، بلکه مکمل قدرت ذهن انسان می‌شود. برای مثال، فناوری‌های پوشیدنی (مجهز به فناوری هوش مصنوعی و اینترنت اشیا) می‌توانند شرایط کارگران و سلامتی آن‌ها را به صورت لحظه‌ای گزارش دهند. همچنین با وجود اینکه عمل به تعهدات معاهده پاریس منجر به از بین رفتن ۶ میلیون شغل موجود در جهان می‌شود، لیکن در مقابل ۲۴ میلیون شغل جدید ایجاد می‌شود. البته بدون بازآموزی نیروی کار فعلی و جذب نیروی کار جدید متناسب با انقلاب صنعتی چهارم در بخش معدن و صنایع معدنی، شکاف عدم مهارت‌ها بیشتر خواهد شد و تبعات آن بیشتر خواهد شد.

تحولات حوزه انرژی در جهان ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ نشان می‌دهد که کربن‌زدایی، دیجیتال‌سازی و تمرکززدایی سه رکن اصلی گذار انرژی در جهان هستند. به‌طور خاص انرژی هسته‌ای علاوه بر اثرگذاری بر تقاضا برای استخراج اورانیوم، به عنوان یک منبع برق یا حرارت پاک بر حوزه معدن و

صنایع معدن اثرگذار است. از برق یا حرارت هسته‌ای می‌توان برای تولید هیدروژن کم‌کربن مورد استفاده در صنایع فولاد، سیمان، آلومینیم و غیره بهره جست.

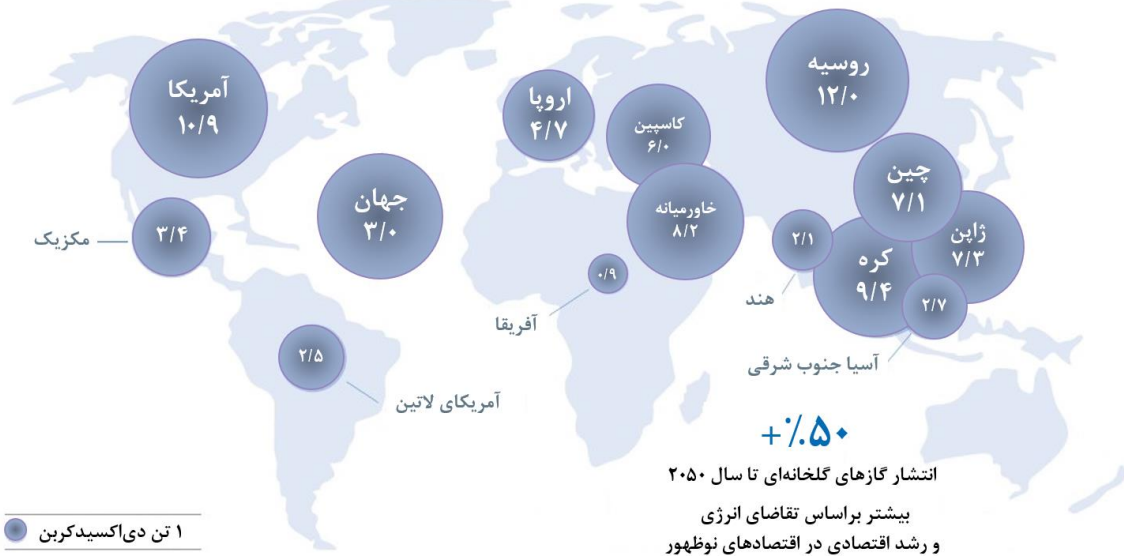
گذار انرژی، از نگاه دیگر نیز بر بخش معدن و صنایع معدنی موثر است. تولید تجهیزات موردنیاز نیروگاه‌های تجدیدپذیر از جمله پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و سازه‌های موردنیاز برای نصب آن‌ها میزان تقاضا برای برخی مواد معدنی و فلزات را به‌طور چشمگیری افزایش خواهد داد. پیش‌بینی می‌شود تقاضا برای مواد و فلزات موردنیاز جهت ساخت سازه نیروگاه‌های خورشیدی و بادی برای تأمین اهداف توسعه انرژی‌های پاک در اتحادیه اروپا از ۲ تا ۱۵ برابر شود.



شکل ۲: فهرست پیشران‌های انرژی بررسی شده در پژوهش

باتوجه به پیمایش‌ها و آینده‌نگری‌های انجام‌شده، انرژی خورشیدی اولین گزینه برای کربن‌زدایی از معادن است. همچنین برقی‌سازی مصارف انرژی اصلی‌ترین راهکار کربن‌زدایی در دنیا محسوب می‌شود که به صنعت معدن نیز نفوذ کرده است. تعدادی از معادن در برزیل و کانادا گام‌های اولیه را برای برقی‌سازی معادن خود برداشته‌اند. به دلیل عدم امکان برقی‌سازی برخی مصارف انرژی در صنایع آهن، فولاد، سیمان، صنایع هوایی و ناوگان‌های حمل‌ونقل برای مسافت‌های طولانی، این صنایع در میان مدت همچنان به سوخت‌های فسیلی وابسته خواهند بود.

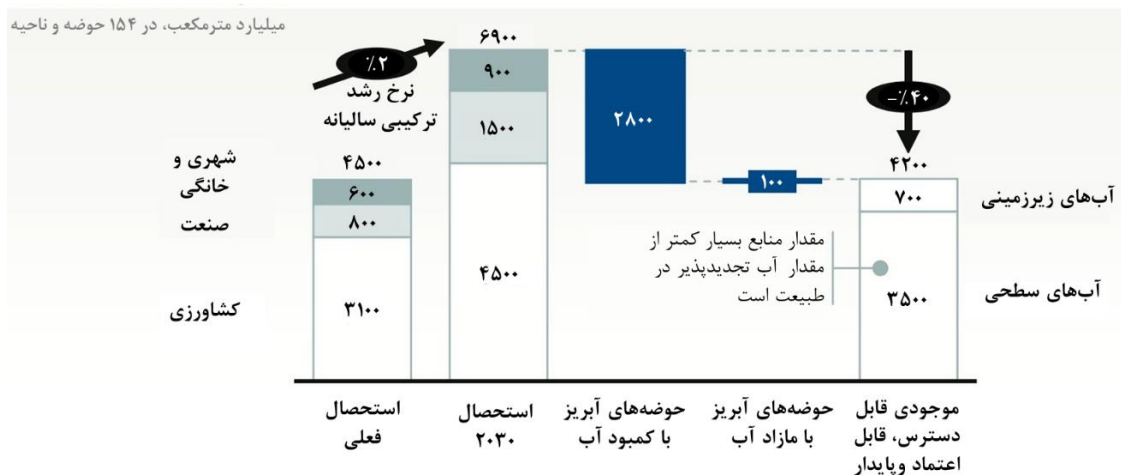
انتشار دی‌اکسیدکربن ۷۵٪ انتشارات گازهای گلخانه‌ای را شامل می‌شود، که بیشتر آن سهم تولید انرژی است



شکل ۳: میزان سرانه انتشار دی‌اکسیدکربن مرتبط با انرژی تخمین زده‌شده برای در سال ۲۰۳۰

بررسی تیم پژوهش نشان می‌دهد که هم‌پا با انرژی، چالش‌های آب نیز در آینده کلیدی خواهند بود. پس از کشاورزی، هیچ صنعت دیگری به اندازه معدن نسبت به مسئله کم‌آبی آسیب‌پذیر نخواهد بود و بالغ بر ۷۰ درصد پروژه‌های معدنی شش شرکت بزرگ دنیا در مناطق تحت تنش آبی قرار دارد و این رقم رو به افزایش است. همچنین افزایش تقاضا برای برخی فلزات مورد نیاز جهت کربن‌زدایی و حرکت شرکت‌های معدنی به سمت استخراج از معادن کم‌عیار، بحران آب در صنعت معدن را تشدید خواهد کرد. به‌طور خاص مدیریت نادرست منابع آب، افزایش جمعیت و تغییرات آب و هوایی موجب شده است تا ایران در سال ۲۰۱۹ به‌عنوان چهارمین کشور جهان با تنش آبی شناخته شود

به طوریکه در صورت عدم تغییر سیاست‌ها، طی ۲۰ تا ۳۰ سال آینده حدود ۷۰ درصد جمعیت ایران برای تأمین آب، مجبور به مهاجرت می‌شوند.



شکل ۴: شکاف جهانی میان میزان آب در دسترس، قابل اطمینان و قابل برداشت در ۲۰۳۰

تحولات سیاسی نیز در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، به شدت صنعت معدن و صنایع معدنی را متاثر خواهند ساخت. به طور مثال پروژه «یک کمر بند، یک راه» چین علاوه بر کمک به پیشرفت روند جهانی‌سازی، موجب نفوذ بیشتر این کشور در میان کشورهای آسیایی، اروپایی و آفریقایی شده است. همچنین پیش‌بینی می‌شود مناطقی همچون شمالگان، فضا، شرق و جنوب دریای چین، استرالیا و کنگو کانون‌های داغ مناقشات بر سر مواد معدنی حیاتی در سال‌های آینده باشند. علاوه بر این، ذوب شدن یخ‌های اقیانوس منجمد شمالی در اثر تغییرات اقلیمی، استخراج مواد معدنی از بستر دریاها را آسان‌تر نموده و مسیرهای حمل‌ونقل جدید ایجاد شده است. از منظر دیگر، اتفاقاتی همچون خروج ترامپ از توافق‌نامه‌های بین‌المللی (و بازگشت بایدن به آن)، خروج انگلیس از اتحادیه اروپا و تلاش چین برای عدم پیروی از قوانین موسسات غربی موجب کند شدن روند جهانی‌سازی شده است. چین نیز با فاصله گرفتن از صادرات عناصر کمیاب خاکی و اختصاص آن‌ها به تولیدات داخلی خود، در جهت حفظ این عناصر به عنوان یک دارایی راهبردی تلاش کرده است.

تحولات اجتماعی نیز، منجر به حساسیت در کل زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی خواهد شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که افزایش آگاهی در خصوص مسائل زیست‌محیطی و حقوق

انسانی موجب تغییر ارزش مصرف‌کنندگان و افزایش تقاضا برای مسئولیت‌پذیری شرکت‌ها شده است. همچنین گسترش فرهنگ سفارشی‌سازی محصولات در میان شرکت‌ها و ظهور فناوری‌هایی همچون چاپ سه‌بعدی موجب کمرنگ شدن مرز میان تولیدکننده و مصرف‌کننده شده است. علاوه بر این برآورد می‌شود تغییر سلیقه شغلی نسل جدید موجب عدم جذابیت مشاغل در حوزه معدن و صنایع معدنی و کمبود نیروی کار ماهر در این حوزه خواهد شد و به کارگیری ماشین‌های تمام خودکار و دیجیتال‌سازی صنعت معدن می‌تواند مسیر را برای ورود زنان به این عرصه هموار سازد.

از جمله موضوعات مهم دیگر به ویژه در چشم‌انداز ۲۰۳۰، ظهور مفاهیم نوین اقتصادی است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های اقتصاد اشتراکی و واسپاری به شرکت‌های معدنی کمک می‌کند تا با سرمایه‌گذاری مشترک با دولت‌ها یا سایر شرکت‌ها و موسسات، در راستای توسعه زیرساخت‌ها، کاهش هزینه‌ها و اشتغالزایی بومی گام بردارند. همچنین اقتصاد دیجیتال به سبب توسعه فناوری‌های برافکنی مانند چاپ سه‌بعدی در صنایع معدنی، نه تنها مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد بلکه امکان خودکارسازی بسیاری از فرآیندهای تولید نیز فراهم می‌شود.

ارزیابی‌های پژوهشی نشان می‌دهد که اقتصاد دیجیتال طی ۱۵ سال گذشته، ۲/۵ برابر سریع‌تر از تولید ناخالص داخلی جهانی بوده است و از سال ۲۰۰۰ تاکنون تقریباً دو برابر شده است. به‌طور خاص مؤسسه مکنزی تأثیر اقتصاد نوآوری‌های دیجیتال در صنعت معدن در سال ۲۰۲۵ را ۳۷۰ میلیارد دلار برآورد کرده است. همچنین در خلال سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۵، حذف واسطه‌گری به سبب پلتفرم‌ها می‌تواند ارزش بخش فلزات را به میزان ۲۲ میلیارد دلار افزایش دهد.

از منظر سایر اقتصادهای نوین، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ در کشور چین ۲۰ درصد از تولید ناخالص داخلی ناشی از اقتصاد اشتراکی باشد و مدل‌های اقتصاد اشتراکی می‌تواند توسعه معادن موجود در مناطق دور دست را اقتصادی نماید. با توجه به تحولات کووید-۱۹ نیز، اقتصاد بدون

تماس دارای ظرفیت خوبی برای شتابدهی به فناوری‌های نظارت از راه دور، خودکارسازی و جایگزینی مشاغل و افزایش بیش از پیش حسگرها در تجهیزات صنعتی و توسعه اینترنت اشیا است. از جمله بررسی‌های آینده‌نگر بخش نخست پژوهش، مدل‌های نوین کسب‌وکار بوده است که ارزیابی‌های پژوهش نشان می‌دهد که با تغییر پارادایم نوآوری در کسب و کارها، وجه تمایز شرکت‌ها بیشتر از نوآوری در محصول، به سمت «نوآوری در خدمات» حرکت خواهد کرد. همچنین نوآوری در مدل‌های کسب‌وکار آینده به سمت «محوریت در هزینه» و «توسعه کسب‌وکارهای پلتفرمی» حرکت خواهد کرد.

به طور کلی، در طی پژوهش‌های فصل اول تلاش شد، ارتباطات و همپوشانی‌ها استخراج شوند و در نهایت نگاهی جامع به همه تحولات آینده ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ ایجاد شود. اما به طور خلاصه می‌توان گفت که اثر دو موضوع «انقلاب صنعتی چهارم» و «توسعه پایدار» در آینده آن چنان برجسته است که همه جنبه‌های زندگی بشر و روند تحول صنعت، از جمله بخش معدن و صنایع معدنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و منجر به تحول در مدل‌های کسب‌وکار خواهند شد. به طور خاص «انقلاب داده» و ظهور فناوری‌های نوینی مانند کلان‌داده، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا، مهم‌ترین تحولاتی هستند که ذیل انقلاب صنعتی چهارم، بخش معدن و صنایع معدنی را متحول خواهند کرد.

تمامی مباحثی نظیر تحولات فناوری، کلان‌روندهای سیاسی اجتماعی، حوزه انرژی، تحقق اهداف سازمان ملل، جنگ فناوری و ارتباطات بین کشورها، کمیابی عناصری نظیر لیتیم و عناصر نادر خاکی و اقتصادی‌های نوین (که در بخش‌های مختلف این گزارش مورد بررسی قرار گرفته‌اند)، همگی به نوعی متأثر از انقلاب صنعتی چهارم هستند، لذا آنچه به آینده بخش معدن و صنایع معدنی در زمان ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ شکل خواهد داد، تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم است.

به عنوان یک نمونه بسیار مهم، انتظار می‌رود در افق ۲۰۵۰ مباحثی مانند معدن‌کاری فضایی بیش از روش‌های معدن‌کاری فعلی دارای ارزش شوند. علاوه بر این اهمیت عناصری مانند لیتیم، عناصر نادر خاکی و مواردی که به نام عناصر حیاتی می‌شناسیم، به دلیل ارتباط و کاربرد این عناصر

در فناوری‌های پیشرفته، بیش از پیش خواهد شد. این بدان معناست که تعریف آینده زنجیره معدن و صنایع معدنی بدون توجه به تحولات فناوری، دشوار است. آینده این صنعت، چه از لحاظ افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، چه از لحاظ مدل‌های نوین کسب‌وکار و منطق ارزش‌آفرینی، در گرو انقلاب صنعتی چهارم است.

در کنار انقلاب صنعتی چهارم، طبق نتایج فصل اول این پژوهش، «توسعه پایدار و تولید با انتشار کربن صفر» دومین موضوعی است که به آینده بخش معدن و صنایع معدنی شکل خواهد داد. اهداف سازمان ملل متحد، ذیل آرمان‌های توسعه پایدار (بسیار فراتر از مسائل محیط زیستی) نسبتاً جامع است و محور تصمیم‌گیری کشورها، جوامع، شرکت‌ها و افراد قرار گرفته است. یکی از اهداف این گزارش نیز برجسته‌نمودن این اهداف و بررسی اثرات آن‌ها نظیر خاک، آب، غذا و غیره بر زیست بشر و برابری انسان‌ها بوده است.



شکل ۵: راهکارهای پیاده‌سازی آرمان‌های توسعه پایدار در سطح کلان و سطح معادن و صنایع معدنی

مسائلی ناشی از توسعه پایدار، پایه و اساس جامعه ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ را می‌سازند. در آینده پایدار، تنظیم درست رابطه معدن و صنایع معدنی با اجتماع، کسب‌وکارها، شیوه‌های خلق ثروت و بخش سیاست و حاکمیت، دارای اهمیت است. آرمان‌های توسعه پایدار به اندازه‌ای زیرساختی است که عملاً تمام تحولات موردنظر بشر در دوران جدید را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر آینده بخش معدن و صنایع معدنی نیز تأثیرگذارند. توسعه پایدار به‌طور خاص با موضوعاتی مانند

فقرزدایی، کاهش ردپای کربن، اثرات محیط زیستی و غیره بر بخش معدن و صنایع معدنی مؤثر خواهد بود.

ب) خلاصه نتایج فصل دوم

بررسی فصل دوم پژوهش نشان می‌دهد که چپستی «آینده معدن و صنایع معدنی در جهان ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰»، سوالی است که تمامی صنایع باید در پی پاسخ به آن باشند. یک نشانه اینکه، مهم‌ترین مسئله صنایع پیشرفته آینده در گرو دستیابی به تعداد محدودی منابع حیاتی است. صنایع الکترونیک، هوافضا، انرژی‌های تجدیدپذیر و ذخیره انرژی، بعضاً در گروه چند منبع حیاتی هستند که حکم ارزشمندی نفت اوپک در هنگامه جنگ شش‌روزه اعراب و اسرائیل را پیدا کرده است. گزارش‌های آینده‌نگر نشان می‌دهند که بلوک‌های قدرتمند غربی، یک دهه است که بر اساس ریسک تأمین یک منبع معدنی و تأثیر اقتصادی آن بر کلیدی‌ترین صنایع‌شان، منابع حیاتی را مستمراً پایش و برای آن سیاست‌گذاری می‌کنند.

اما واکاوی عناصر حیاتی برای صنایع، تنها یکی از وجوه معدن‌کاری در افق ۲۰۵۰ است. با معطوف کردن جهت نگاه را به سمت دیگر زنجیره و منشاء، مسئله مهم عمق اکتشاف در آینده و محل اکتشاف است. به‌عنوان نمونه درحالی‌که از یک‌سو چین ۲۰۵۰ برای کاوش زمین در عمق ۴۰۰۰ متری برنامه‌ریزی کرده است از سوی دیگر احتمال کاویدن سیارک‌ها و عمق دریاها، ممکن است احتمال «کم‌یابی منابع» را برای همیشه بی‌معنی سازد. همچنین احتمال «جهان ضایعات صفر» در آینده کاملاً پایدار و مبتنی بر سناریو «اتحاد تجارت سبز» در جهان ۲۰۵۰ میسر است، اما از سوی دیگر ممکن است به دلیل پیشرفت غیرقابل انتظار در فناوری، مسئله دسترسی به مواد اولیه برای همیشه برطرف شود و بازیابی ضایعات نیاز نباشد.

همان‌طور که پیشتر ذکر شد، شیوه این پژوهش برای رسیدن به چشم‌انداز عناصر منتخب طلا، آلومینیوم، سرب‌وروی، مس و صنعت سیمان، مواجهه گام‌به‌گام و از بالا به پایین بوده است. در فصل اول، گزارش‌های کلان آینده‌نگر در بازه سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ محور تمرکز قرار گرفت تا مشخص

شود که از منظرهای کلان اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، فناورانه و محیط‌زیستی چه تصاویری برای جهان مذکور دیده شده و هریک چه تأثیراتی بر بخش معدن و صنایع معدنی خواهند داشت.

در گامی عمیق‌تر و در این فصل از پژوهش، آینده معدن و صنایع معدنی از چشم‌انداز گزارش‌های آینده‌نگر مورد بررسی قرار گرفت. با این تفاوت که در فصل پیشین، آینده‌نگری‌های جهان به تفکیک انقلاب صنعتی چهارم، توسعه پایدار، آب و انرژی، اقتصادهای نوین، مدل‌های کسب‌وکار، سیاست و اجتماع و آینده مشاغل، بررسی شد، اما در این بخش، «هر گزارش منتخب آینده‌نگر» در بخش معدن و صنایع معدنی به دلیل اهمیت موضوع، «به‌طور مستقل» و طبق یک چارچوب دقیق بررسی گردید. لذا در این فصل بیش از ۳۰ گزارش آینده‌نگر معتبر و جهانی در زمینه معدن و صنایع معدنی به تفکیک معرفی، تحلیل و بررسی شده است.

با این رویه، مخاطب با یک دید همه‌جانبه و آینده‌نگر، به دیدگاه‌های قابل اتکاء در مورد آینده بخش معدن و صنایع معدنی دسترسی دارد. این گزارش‌ها از جنبه‌های مختلفی از جمله آینده مشاغل در بخش معدن، آینده توسعه پایدار، روندهای آینده، ریسک‌های آینده، مواد حیاتی آینده، تحول دیجیتال در این صنعت و مواردی از این دست به آینده صنعت معدن و صنایع معدنی پرداخته‌اند.

بنا به تفکیکی که توسط تیم پژوهش از گزارش‌ها انجام شد، گزارش‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی و ارائه شده‌اند. نخست گزارش‌های آینده‌نگر جهانی و غیردوره‌ای برای بخش معدن و صنایع معدنی. این دسته از گزارش‌ها چشم‌انداز ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ این صنعت را از منظرهایی مانند پایداری، تجهیزات یا تحول دیجیتال بررسی کرده‌اند و به‌صورت موردی و نه طی یک برنامه مستمر، منتشر شده‌اند. مطالعه این دسته از گزارش‌ها نشان داد که دو تحول کلیدی توسعه پایدار و انقلاب صنعتی چهارم (در خلاصه فصل پیشین شناسایی شده بودند)، همچنان در آینده بخش معدن و صنایع معدنی، بیشترین نقش‌آفرینی را دارند. به‌طور خاص بخش معدن می‌بایست به سمت پذیرش تحول

دیجیتال حرکت کند و ملزم است آرمان‌های ۱۷ گانه سازمان ملل متحد برای توسعه پایدار را اجرایی نماید. نسبت به سه دسته دیگر، مجموعه گزارش‌های بیشتری در این بخش شناسایی و تحلیل شدند.

در دسته دوم، به گزارش‌های آینده‌نگر جهانی و دوره‌ای پرداخته شده است. براساس ارزیابی‌های تیم پژوهش، چندین شرکت معتبر بین‌المللی به صورت سالیانه و منظم (به‌ویژه در پنج‌سال اخیر)، «ریسک‌ها»، «روندها» و «تحولات مالی و اقتصادی» (هر گزارش با تاکید بیشتر روی یکی از این موارد) در بخش معدن و صنایع معدنی را پایش می‌کنند. با جستجوهای متعدد، جدیدترین نسخه این گزارش‌ها بررسی شد و البته تفاوت گزارش‌های ۲۰۲۱ با باقی گزارش‌های منتشرشده نیز بررسی گردید. این گزارش‌های سالیانه و آینده‌نگر از دو جهت برای این پژوهش اهمیت داشت. نخست محتوای آن‌ها که نشان می‌داد تحولات این صنعت به کدام سمت و سو است و دوم؛ الهام‌گیری از رصد و پایش دوره‌ای ریسک‌ها، روندها و تحولات مالی و اقتصادی در بخش معدن و صنایع معدنی کشور. شایان ذکر است در توضیح تمامی گزارش‌ها، به شیوه انجام هر گزارش نیز اشاره شده است تا برای الگوگیری و بهره‌برداری‌های آتی قابل استفاده باشد.

به‌طور کلی نتایج گزارش‌های آینده‌نگر سالیانه نشان می‌دهد که مهم‌ترین ریسک بخش معدن و صنایع معدنی همچنان موضوع «مجوزهای عملیات و بهره‌برداری» است. همچنین ارزیابی‌ها حاکی از مدیریت ریسک بالای امنیت سایبری در سال‌های ۲۰۱۹، به دلیل عملکرد مناسب شرکت‌های بزرگ معدنی در سال‌های اخیر است. به عبارتی پایش ریسک‌های سالانه به شرکت‌های معدنی کمک کرده است تا اقدامات آتی خود را بر مبنای رفع ریسک‌های اولویت‌دار متمرکز کنند. به استناد همین شاهد، عدم پایش مدون ریسک‌های اولویت‌دار آتی بخش معدن و صنایع معدنی ایران، فرصت پیش‌کنشی را از تمامی سطوح (از حاکمیت تا شرکت‌های بزرگ و افراد خرد) گرفته‌است.

در دسته سوم، باتوجه به اهمیت فراوان تأثیرات همه‌گیری کووید-۱۹ بر تمامی صنایع از جمله بخش معدن و صنایع معدنی، گزارش‌های بررسی گردیده است که به‌طور خاص به بررسی این بحران

جهانی پرداخته باشند. البته در دو دسته قبلی نیز به همه‌گیری کووید-۱۹ و تأثیر آن بر بخش معدن و صنایع معدنی اشاره شده بود. لیکن تیم پژوهش به دلیل اهمیت استقلال و نگاه جامع هر گزارش آینده‌نگر، در این دسته نیز چندین گزارش را شناسایی و تحلیل نمود. برآوردها نشان می‌دهد که همه‌گیری کووید-۱۹ از لحاظ «اقتصادی» تأثیری «نسبتاً موقت» بر زنجیره ارزش و اقتصاد بخش معدن و صنایع معدنی داشته و به‌خصوص با بازگشت سریع تقاضای چین، چالش‌های عرضه و تقاضای این صنعت کوتاه‌مدت بوده‌اند. اما در عین حال پیش‌بینی شده که تحولات ناشی از دورکاری و استفاده از ابزارهای دیجیتال، منجر به توسعه بیش‌ازپیش فناوری‌های نوین، دیجیتالی‌سازی، عملیات یکپارچه و نفوذدهی فناوری‌های کلان‌داده و هوش مصنوعی به این صنعت خواهد شد.

در دسته چهارم، به بررسی گزارش‌های آینده‌نگر به تفکیک اتحادیه اروپا، چین، آمریکا و ترکیه پرداخته شده و برای هر کدام از مناطق و کشورها حداقل دو گزارش مدنظر قرار گرفته است. اگرچه در مورد برنامه «ساخت چین ۲۰۲۵» در اغلب گزارش‌ها و رسانه‌ها صحبت شده است، ولی با توجه به اهمیت این برنامه نیاز بود تا به‌طور جامع مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین با توجه به اهمیت زیاد ترکیه برای مطالعات در ایران (از الگوگیری تا رقابت)، برنامه توسعه این کشور در ۲۰۲۳ برای بخش معدن از زبان اصلی (ترکی استانبولی)، تحلیل و بررسی گردید. این برنامه راهبردی نیز به‌طور دقیق و کامل، مورد توجه قرار گرفت.

نتایج تحلیل دسته چهارم از گزارش‌ها نشان داد که مسئله آمریکا و اروپا، تأمین منابع حیاتی با دو معیار اصلی «ریسک تأمین» و «اهمیت اقتصادی» است. این مطالعات به صورت دوره‌ای (در اروپا ۳ ساله) انجام شده‌اند و در این پژوهش به نتایج تمامی دوره‌ها اشاره شده است. کبالت، لیتیم، عناصر نادر خاکی و موادی از این دست به شدت مورد نیاز فناوری‌های پیشرفته هستند و از آنجایی که این مواد عمدتاً توسط چین، کنگو و یا کشورهای بی‌ثبات و متخاصم تأمین می‌شوند، برای بلوک غربی عناصری پرریسک به‌شمار می‌آیند.

برنامه ساخت چین ۲۰۲۵ و برنامه آکادمی علوم این کشور برای ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ نیز سرشار از جاه‌طلبی‌ها برای «توسعه فناوری‌های اکتشاف و معدن‌کاری» از یک سو و «پایداری کامل معدن‌کاری» از سوی دیگر است. در کشور همسایه؛ ترکیه، برای توسعه داخلی فناوری‌ها و رفع نیاز به عناصر کلیدی نیز برنامه‌ریزی شده است. طرح ۲۰۲۳ این کشور نشان می‌دهد که ترکیه بعد از حوادث ناگوار ایمنی در معادن، گام‌های سازمان‌دهی شده مناسبی برای حل این مشکل برداشته و از لحاظ اقتصادی نیز با جذب سرمایه‌گذاری خارجی و مشوق‌های داخلی، بخش سیمان و فلزات را در برنامه توسعه گذاشته است.

بخش دیگر این پژوهش به بررسی اسناد بالادستی اختصاص دارد که در مجموع بیش از ۲۰ سند بررسی شده‌اند. این سندها هم به‌صورت جامع و با کدگذاری و استخراج مقوله‌ها و فرامقوله‌ها و هم به تفکیک و در قیاس با مطالعات این فصل و فصل پیشین تحلیل شده‌اند. در رویکرد نخست، نشان داده شد که اسناد بالادستی از اقتصاد دانش‌بنیان در بخش معدن و صنایع معدنی، توسعه پایدار، بین‌المللی‌سازی و بهبود فضای کسب‌وکار در این صنعت پشتیبانی می‌کنند. در رویکرد دوم نشان داده شد که اسناد بالادستی کشور، نیاز به افق‌های تازه‌تری دارند و به‌نسبت تحولات ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، افق بسیار محدودی دارند. همچنین بعضاً متأخرترین این اسناد در واکنش و سیاست‌گذاری نسبت به مهم‌ترین تحولات جهانی و فناورانه، موفق نبوده‌اند. لیکن با استناد به مهم‌ترین سند بالادستی کشور؛ چشم‌انداز ۱۴۰۴، می‌توان پشتیبانی اسناد بالادستی از تحول در اقتصاد دانش‌بنیان در بخش معدن و صنایع معدنی کشور و توسعه پایدار در این بخش را مستند نمود.

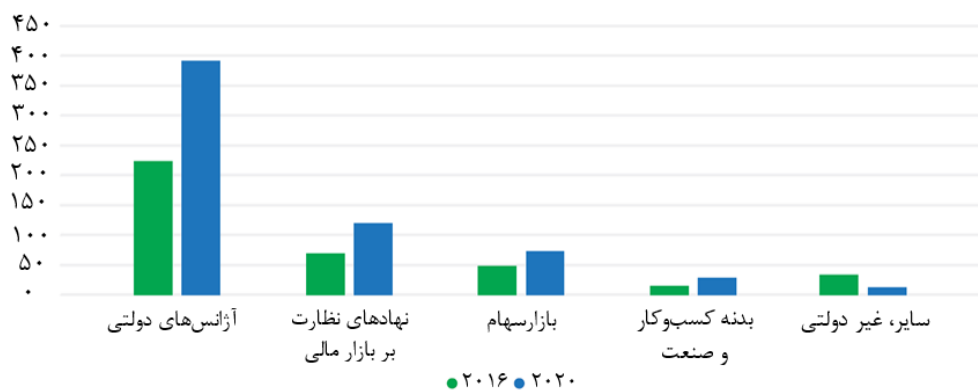
به‌طور خاص، باید بخش معدن و صنایع معدنی کشور، در تدوین نقشه‌راه‌ها چند محور مغفول را مدنظر قرار دهد. نخست توجه به فناوری‌های مبتنی بر هیدروژن، باید در این نقشه‌راه‌ها و اسناد مربوطه لحاظ شود. به‌ویژه در صنایع فلزی از یک سو و در کل زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی (از منظر کربن‌زدایی از زنجیره) از سوی دیگر، این فناوری‌ها تحول‌آفرین خواهند بود. دوم؛

توجه به اکتشاف عمیق، از جمله موضوعات مهمی است که در پرتو ضعف اکتشافات فعلی، مورد غفلت قرار گرفته است. با توجه به مستندات مفصلی که از کشورهایی مانند چین در دسترس است، این موضوع نیز باید در اسناد بالادستی و نقشه‌راه‌های بخش معدن لحاظ شود. سوم؛ توجه به موضوع «ضایعات صفر» که عملاً منتج از اقتصاد چرخه‌ای و فراتر از آن متأثر از موضوع تغییرات اقلیمی و صفرشدن کربن صنایع در ۲۰۵۰ است. با توجه به اینکه به اقتصاد چرخه‌ای در بخش معدن و صنایع معدنی کشور، به شدت کم‌توجهی شده، لازم است این موضوع در دو افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰، هدفگذاری شود.

در ادامه، مهم‌ترین گزاره‌های قابل بهره‌برداری از گزارش‌های آینده‌نگر فصل دوم به تفکیک توسعه پایدار، چشم‌انداز عرضه و تقاضا، مواد حیاتی، فناوری‌های نوین، تحول در مشاغل و تاثیرات همه‌گیری کووید-۱۹، تشریح و متناسب با آن پیشنهادات مربوطه ارائه شده است.

ب-۱) توسعه پایدار

همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود مجموعه متعددی از گزاره‌ها در گزارش‌های آینده‌نگر، در مورد توسعه پایدار بخش معدن و صنایع معدنی وجود دارد. برخی از این موارد از جنس پیش‌بینی هستند، برخی به برنامه کشورهایی مانند چین برای سال ۲۰۵۰ اشاره دارند برخی دیگر نیز به چالش‌های آتی بخش معدن و صنایع معدنی جهان در زمینه توسعه پایدار اشاره دارند. گزارش‌های آینده‌نگر به چشم‌انداز، اهداف جهان و کشورها و راهبردهای عملیاتی برای پیاده‌سازی توسعه پایدار در بخش معدن و صنایع معدنی نیز اشاره کرده‌اند. همان‌طور که در شکل زیر ملاحظه می‌شود، نهادها، شرکت‌ها و ناظران بر بازارها، به سمت الزامی کردن گزارش‌های پایداری برای شرکت‌های در حال حرکت هستند.



شکل ۶: تعداد قوانین وضع شده در زمینه گزارش نویسی پایداری به تفکیک وضع کنندگان

مبتنی بر این گزاره‌ها، پیشنهادهای در ستون آخر جدول برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور ارائه شده است. به طور خلاصه پیشنهاد می‌شود سازمان ایמידرو برای توسعه فناوری‌های هیدروژن، فناوری‌های ضایعات صفر، فناوری‌های اکتشاف عمیق، هدف‌گذاری و نقشه‌راه توسعه فناوری در افق ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ را ترسیم نماید. همچنین ایמידرو می‌بایست به انتشار صفر تا افق ۲۰۵۰ و جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های پاک متعهد شود و قوانین و الزامات را به خصوص برای واحدهای تازه تأسیس برقرار سازد.

تا افق ۲۰۳۰ حداقل بیش از نیمی از شرکت‌های معدن و صنایع معدنی کشور، به ایמידرو و نهادهای جامعه مدنی و جوامع محلی، گزارش کامل پایداری بدهند و تا افق ۲۰۵۰ این گزارش باید تمام شرکت‌های معدن و صنایع معدنی کشور را در برگیرد. همچنین تا افق ۲۰۳۰، ایמידرو باید برنامه ردیابی از منشاء را با کمک فناوری بلاکچین و افزایش بهره‌وری در این بخش را با کمک فناوری‌های کلان داده و هوش مصنوعی محقق سازد.

جدول ۱: جمع‌بندی اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «توسعه پایدار» و تأثیرات آن بر نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	چالش‌های آتی	* صنعت فولاد به دلیل حجم بالای انتشار دی‌اکسید کربن و مشکلات زیرساختی در کاهش انتشار، در آینده با چالش مواجه خواهد شد (گزارش ۱).	* معادن، صنایع فلزی و سیمان به دلیل نقش خود در ایجاد چالش برای توسعه پایدار از جمله آب و محیط‌زیست، تا افق ۲۰۵۰ تحت نظارت و سخت‌گیری‌های بیشتری خواهند بود.

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	موضوعات فرعی	ردیف
<p>* در صورت تغییر راهبرد کشور به جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های نو به ویژه در فلزات و سیمان، امکان تحقق جهان و ایران پایدار در ۲۰۵۰ فراهم می‌شود.</p> <p>* در صورت بلوک‌بندی جهان براساس پایدار و غیرپایدار، نبود ایران در بلوک پایدار منجر به بسته‌شدن درهای صادراتی کشور در بخش معدن و فلزات خواهد شد و جذب سرمایه خارجی و انتقال فناوری نیز با بحران مواجه خواهد شد.</p> <p>* در صورت عدم تحقق پایداری در بخش معدن و صنایع معدنی کشور، این صنعت در جذب سرمایه داخلی و خارجی با چالش مواجه خواهد شد.</p>	<p>* ۹ درصد از انتشار کل گازهای گلخانه‌ای به سیمان و ۷ درصد مجموعاً به آهن، آلومینیم، مس، روی، سرب، نیکل و منگنز مرتبط است. در افق ۲۰۶۰، تأثیر محیط‌زیستی این فلزات به ۲ تا چهار برابر خواهد رسید (گزارش ۶).</p> <p>* صنعت معدن به دلیل مخاطرات محیط‌زیستی، افزایش نابرابری اقتصادی و اجتماعی و موارد نقض حقوق بشر، می‌تواند برای تحقق آرمان‌های توسعه پایدار چالش‌زا باشد (گزارش ۱۳).</p> <p>* در آینده تنش‌های آبی افزایش خواهد یافت و احتمال درگیری با جوامع محلی بیشتر خواهد شد (گزارش ۱۶).</p> <p>* در سال ۲۰۳۰ تقاضای آب ۴۰ درصد بیشتر از میزان عرضه آن است و در صورت عدم تغییر روند و یا کشف منابع جدید تا سال ۲۰۵۰، سه‌چهارم جمعیت جهان با کمبود حاد آب شیرین مواجه خواهند شد (گزارش ۱۶).</p> <p>* کاهش عیار سنگ‌های معدنی، استخراج فلزات روی، سرب، طلا، پلاتین و بخصوص مس و نیکل را به دلیل نیاز فرآوری به آب و انرژی، در آینده تحت تأثیر قرار خواهد داد (گزارش ۱۶).</p> <p>* در صورتی که دوسوم انرژی جهان تا سال ۲۰۶۰ از منابع غیرفسیلی تأمین شود، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای نسبت به سال ۲۰۱۷، ۷۵ درصد کاهش می‌یابد (گزارش ۷).</p> <p>* اگر روند فعلی تولید و مصرف انرژی به همین شکل ادامه یابد، از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۵۰، به میزان ۶۰ درصدی تولید دی‌اکسیدکربن و به میزان ۵/۵ درجه‌ای دمای زمین افزایش می‌یابد (گزارش ۱۱).</p> <p>* احتمال دارد در آینده کشورها به دو گروه پیشرو در پایداری و وابسته به مواد معدنی تقسیم شوند. در نتیجه کشورهای پیشرو، مواد معدنی را از کشورهای وابسته نخواهند پذیرفت و مبادلات درون‌گروهی انجام خواهد شد (گزارش ۱۴).</p> <p>* در سناریو بدبینانه و ضدپایداری، منابع معدنی در جهان ۲۰۳۰، امنیتی خواهند شد و کشورها به دنبال اتحادی‌های ایدئولوژیک و منطقه‌ای و بی‌توجه به تغییرات اقلیمی، پیش خواهند رفت (گزارش ۱۷).</p> <p>* با وجود درآمد روبه‌رشد شرکت‌های معدنی در سال‌های اخیر، سرمایه‌گذاران نسبت به مسائل ایمنی و محیط‌زیستی معادن نگرانی دارند (گزارش ۲۱).</p>		

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	موضوعات فرعی	ردیف
<p>* در چشم‌انداز بخش معدن و صنایع معدنی ایران تا سال ۲۰۵۰ باید «ضایعات صفر» به صورت پلکانی هدف‌گذاری شود.</p> <p>* نقشه‌راه فناوری برای بخش ضایعات و بازیافت و استفاده مجدد در بخش معدن و صنایع معدنی باید طراحی شود.</p> <p>* سهم صنایع انرژی بر فلزی از کاهش انتشار کربن باید مطابق با اهداف سازمان ملل متحد در افق‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ و در قیاس با چین، به انتشار صفر تا سال ۲۰۵۰ برسد.</p> <p>* «اقتصاد چرخه‌ای» هدف اصلی بخش تولید معدن و صنایع معدنی ایران در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ باید باشد.</p> <p>* در افق ۲۰۵۰، تولید در بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید در عمق و با بیشینه انرژی‌های غیرفسیلی باشد.</p> <p>* فناوری‌های کلیدی برای معدن و صنایع معدنی ایران در راستای توسعه پایدار، کلان‌داده، فناوری‌های پاک و مواردی از این دست خواهند بود.</p>	<p>* «ضایعات صفر» هدف‌گذاری شرکت‌ها، جوامع و دولت‌ها در آینده است (گزارش ۴).</p> <p>اروپا نرخ بازیافت ضایعات ساختمانی خود را تا سال ۲۰۳۰ تا ۷۰ درصد افزایش می‌دهد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰ فناوری‌های نوآورانه برای فرآوری منابع ثانویه (تبدیل ضایعات به ماده کارآمد) ایجاد خواهد شد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* برای رسیدن به اهداف پایداری سازمان ملل، بخش فولادسازی باید انتشار کربن خود را تا ۲۰۵۰ به میزان ۵۰ درصد کاهش دهد (گزارش ۱).</p> <p>* اگر سناریوی کاهش ۷۵ درصدی گازهای گلخانه‌ای تا ۲۰۶۰ رخ دهد، تقاضای فولاد ۲۴ درصد، سیمان ۱۵ درصد و آلومینیم ۱۷ درصد نسبت به میزان پیش‌بینی شده کاهش خواهد یافت (گزارش ۷).</p> <p>* تا سال ۲۰۵۰ عملیات استخراج معادن در عمق بیشتر، بدون سوخت‌های فسیلی و با انتشارات کم انجام می‌شود (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* تولید در قالب اقتصاد چرخه‌ای، به کمک تصمیمات ناشی از کلان‌داده‌ها، تا سال ۲۰۵۰ مشتری محور و کاملاً بهینه گردد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* توسعه سلسله‌هایی از فناوری‌های اصلی برای استفاده پاک و کارآمد از منابع معدنی در اهداف چین برای سال ۲۰۵۰ قرار دارد (گزارش چین-۱).</p> <p>* اطمینان از توسعه هماهنگ بین اکتشاف و بهره‌برداری از منابع معدنی بدون آسیب‌رساندن به محیط بوم محل اکتشاف در اهداف چین برای سال ۲۰۵۰ قرار دارد (گزارش چین-۱).</p>	<p>اهداف و چشم‌انداز</p>	<p>۲</p>
<p>* توسعه فناوری‌های «انتشار صفر» در صنایع فلزی باید در اهداف ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ بخش معدن و فلزی کشور لحاظ شود.</p> <p>* برای توسعه فناوری‌های مبتنی بر هیدروژن می‌بایست با هدایت ایمیدرو، شرکت‌ها و دانشگاه‌ها، فعالیت‌های گسترده تحقیقاتی انجام شود و نقشه‌راه توسعه فناوری ترسیم شود.</p>	<p>* روش‌های نوین «استفاده از هیدروژن»، «جذب، استفاده و ذخیره کربن»، «انرژی‌های زیستی» و «برق‌دهی مستقیم» در کاهش آلایندگی کربنی فولادسازی، مؤثر خواهند بود (گزارش ۱).</p> <p>* زنجیره‌های تأمین بخش معدن و صنایع معدنی باید منعطف‌تر، پایدارتر و مبتنی بر اقتصاد چرخه‌ای شوند.</p>	<p>راهکارها</p>	<p>۳</p>

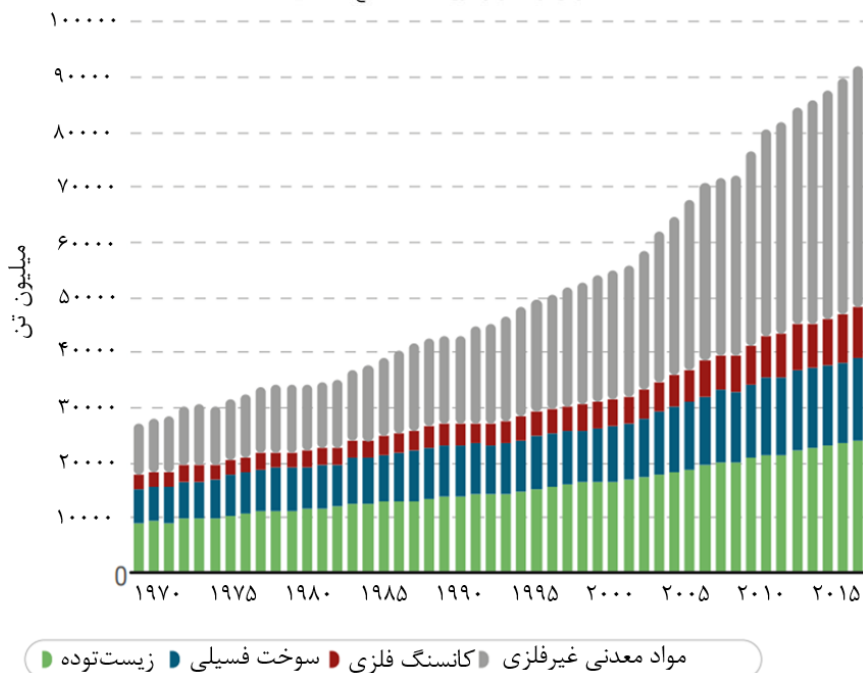
گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	موضوعات فرعی	ردیف
<p>* بخش معدن و صنایع معدنی کشور طی پیمایش سالیانه باید مبتنی بر آرمان‌های ۱۷ گانه توسعه پایدار و شاخص‌های مربوطه باید پایش و برای سال ۲۰۳۰ هدف‌گذاری شوند.</p> <p>* شرکت‌های معدن و فلزات داخلی باید ملزم به ارائه گزارش پایداری و راهکارهای بهبود در تمامی مراحل طراحی و توسعه محصول شوند.</p> <p>* توسعه واحدهای جدید در بخش معدن و صنایع معدنی باید مبتنی بر انرژی‌های پاک باشد و شرکت‌های فعال باید برنامه جایگزینی منابع انرژی با منابع پاک تا افق ۲۰۳۰ الی ۲۰۵۰ را ارائه دهند.</p>	<p>* اقتصاد چرخه‌ای و فرآیندهای چرخه‌ای برای آینده معدنکاری «الزامی» است (گزارش ۴).</p> <p>* چهار راهبرد برای کاهش انتشار کربن در صنایع موجود است؛ نخست؛ کاهش مصرف انرژی از طریق به‌کارگیری فناوری‌های پربازده انرژی، دوم؛ تغییر منابع انرژی، سوم؛ استفاده از فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن و چهارم؛ کاهش مصرف مواد با ردپای کربن زیاد از طریق بهینه‌سازی مواد (گزارش ۷).</p> <p>* برای جلوگیری از افزایش مصرف مواد هم‌زمان با افزایش تقاضا، باید در مرحله طراحی، تولید، مصرف و پایان عمر محصولات، نوآوری و بهینه‌سازی شود (گزارش ۷).</p> <p>* به ازای هر آرمان توسعه پایدار سازمان ملل، مجموعه‌ای از راهکارها برای بخش معدن قابل تصور است. از جمله راهکارهای فقرزدایی، اختصاص بورس تحصیلی برای زنان، حمایت از برنامه‌های تصفیه آب، حمایت از نوآوری‌های بومی انرژی و همکاری برای ریشه‌کن کردن کار کودکان (گزارش ۱۳).</p> <p>* حدود ۶۰ راهکار عملیاتی که به‌طور یکپارچه پوشش‌دهنده آرمان‌های توسعه پایدار باشد، در این گزارش ارائه شده و اجرای آن‌ها برای شرکت‌های معدنی عملیاتی است (گزارش ۱۳).</p> <p>* برای رسیدن به پایداری در بخش معدن و فلزات باید چهار اصل بنیادین «محیط‌زیست و حفاظت‌های اقلیمی»، «توسعه مسئولانه معدن»، «شفافیت و حقوق انسانی» و «سلامت» مدنظر قرار گیرد (گزارش ۱۴).</p> <p>* اگر سناریوی جهان پایدار رخ دهد، رشد تولید ناخالص داخلی بر پایه شاخص‌های محیط‌زیستی و پایداری خواهد بود و تجارت منجر به کمبود منابع نمی‌شود (گزارش ۱۷).</p>		
<p>* ایمیدرو برای آلایندگی صفر تا افق ۲۰۵۰ متعهد شود و اعلام برنامه کند. در اولین گام، تأسیس واحدهای جدید منوط به ارائه برنامه آلایندگی صفر باید باشد.</p> <p>* منشاء‌یابی تمام مواد معدنی و فلزی با استفاده از فناوری بلاکچین تا افق ۲۰۳۰ عملیاتی شود.</p> <p>* نظام مشابه تجارت کربن برای تشویق واحدهای پاک و واحدهای آلاینده در ایمیدرو برای نظارت بیشتر بر بخش معدن و صنایع معدنی کشور اعمال شود.</p>	<p>* دولت‌ها باید برای آلایندگی صفر در صنایع فلزی، متعهد شوند و برنامه ارائه کنند (گزارش ۱).</p> <p>* در آینده، شرکت‌های معدنی به تفکیک هر ۱۷ آرمان توسعه پایدار، باید گزارش پایداری ارائه کنند (گزارش ۲).</p> <p>* فشارهای اجتماعی، به سمت مجبور کردن هرچه بیشتر شرکت‌های معدنی برای گزارش‌دهی پایداری است.</p> <p>* شفاف کردن منشاء مواد معدنی به خواسته اجتماعی و حاکمیتی تبدیل خواهد شد (گزارش ۲).</p>	تعهدات و الزامات	۴

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	موضوعات فرعی	ردیف
<p>* برنامه‌ریزی برای کاهش مصرف انرژی ۵۰ درصدی بخش معادن و صنایع معدنی کشور، تا سال ۲۰۵۰ هدف‌گذاری پلکانی شود.</p> <p>* تا سال ۲۰۵۰ هیچ آلاینده (اعم از آب، صوت، هوا و غیره) نباید در بخش معدن و صنایع معدنی ایران وجود داشته باشد. تا افق این سال به صورت ۵ ساله باید هدف‌گذاری و پایش صورت گیرد.</p> <p>* شناسایی مواد حیاتی برای کشور و تحقیق و توسعه برای جایگزینی مواد حیاتی با مواد در دسترس کشور، باید در برنامه بخش آموزش، پژوهش و فناوری ایمیدرو و تحقیق و توسعه شرکت‌های اصلی قرار گیرد.</p>	<p>* نیمی از آلودگی‌ها توسط انرژی تجدیدپذیر و افزایش بهره‌وری، کاهش خواهد یافت و نیمه دیگر باید توسط اقتصاد چرخه‌ای کاهش یابد (گزارش ۴).</p> <p>* جریمه‌های ناشی از انتشار کربن و به‌طور کلی فشارها و نظارت‌های بیشتر بر اقدامات محیط‌زیستی معادن، افزایش خواهد یافت (گزارش ۱۶).</p> <p>* در برنامه دهم توسعه ترکیه برای اطمینان از استخراج و مدیریت پایدار منابع طبیعی قوانین جدیدی را برای استقرار ایمنی و حفظ پایداری در معادن گنجانده شد (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* ترکیه قصد دارد تا سال ۲۰۲۳ تغییراتی در قوانین مربوط به کسب مجوز برای استخراج سنگ‌دانه ایجاد کند و برنامه‌ریزی بر اساس آرمان‌های توسعه پایدار را نهادینه سازد (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* شرکت برتر معدنی بایستی همچنان به کلان‌روندهای پیش از کووید-۱۹ به‌ویژه گزارش محیط‌زیستی، اجتماعی و حاکمیت شرکتی (اس‌ای‌جی) خود توجه داشته باشند (گزارش ۲۱).</p> <p>* مصرف انرژی در بخش منابع معدنی تا سال ۲۰۵۰ باید ۵۰ درصد کاهش یابد (گزارش چین-۱).</p> <p>* تخلیه پسماندهای گازی، پساب‌ها و پسماندهای صنعتی تا سال ۲۰۵۰ باید ۸۰ درصد کاهش یابد (گزارش چین-۱).</p> <p>* آلودگی‌های ایجادشده از فرآوری مواد معدنی و ذوب و سایر فرآیندهای معدنی در چین تا سال ۲۰۵۰ باید به‌طور کامل کنترل شوند (گزارش چین-۱).</p> <p>* بهره‌برداری چرخه‌ای و جایگزینی منابع معدنی حیاتی در چین تا سال ۲۰۵۰ به ۴۰ تا ۶۰ درصد باید رسیده باشد (گزارش چین-۱).</p>		
<p>* به‌صورت پایلوت یکی از شرکت‌های بزرگ معدن و یک شرکت صنایع معدنی را می‌بایست موظف به گزارش کامل پایداری نمود. تا افق ۲۰۳۰ نیمی از شرکت‌ها و تا افق ۲۰۵۰ تمام شرکت‌ها باید گزارش پایداری بدهند.</p> <p>* نقشه‌راه فناوری «کربن‌زدایی» در بخش معدن و صنایع معدنی کشور در دو افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ باید ترسیم شود.</p> <p>* برنامه ایمیدرو از لحاظ عمق اکتشاف تا افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ باید در مأموریت این شرکت ذکر و برنامه‌ریزی شود.</p>	<p>* ۹۳ درصد از ۲۵۰ شرکت بزرگ در ۴۹ کشور مختلف جهان عملکرد اجتماعی و زیست‌محیطی خود را در چهارچوب طرح گزارش‌دهی جهانی شفاف می‌کنند (گزارش ۲).</p> <p>* سطح آگاهی خریداران ماده معدنی به دلیل تحولات فناورانه ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹ به‌شدت در حال افزایش است و این آگاهی مطالبات اجتماعی و پایداری را شدت می‌بخشد (گزارش ۲).</p>	وضعیت موجود	۵

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع توسعه پایدار	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>* در دو گزارش اخیر ارنست‌اندیانتگ، ریسک «کربن‌زدایی» تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، به ریسک شرکت‌های معدنی و فلزی اضافه شده است (گزارش ۱۸).</p> <p>* از جمله روندهای سال ۲۰۲۱ می‌توان به مدیریت پویای مخاطرات، حرکت به سمت کربن‌زدایی، بهینه‌سازی معدن‌کاری هوشمند، مدرن کردن فناوری‌های محوری، رهبری در انقلاب صنعتی چهارم و پاسخگویی به تقاضا برای مواد معدنی سبز و حیاتی اشاره کرد (گزارش ۱۹).</p> <p>* برخی از ریسک‌های سال ۲۰۲۱ عبارت‌اند از «زیست‌محیطی»، «اخلال در زنجیره تأمین به علت شیوع کرونا»، «تنش‌های تجاری»، «ملی‌گرایی نسبت به منابع»، «عدم ثبات بازارهای نوظهور» و «قدرت دلار آمریکا» (گزارش ۲۰).</p> <p>* بیشترین ریسک سال ۲۰۲۱ به مسائل ناشی از محیط‌زیست، اجتماعی و حاکمیت شرکتی مربوط بوده است (گزارش ۲۰).</p> <p>* برنامه چین، پیشرفت در سه جهت مهم فنی «اکتشاف منابع معدنی پنهان در مناطق عمیق»، «بهره‌برداری کارآمد و پاک از منابع معدنی» و «بهره‌برداری از منابع معدنی جایگزین و بازیافت آن» است (گزارش چین-۱).</p>		

ب-۲) چشم‌انداز عرضه و تقاضا

در جدول ۲ به اهم مطالب گزارش آینده‌نگر ذیل موضوع چشم‌انداز عرضه و تقاضا و گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور پرداخته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود حوزه فلزات، مواد، بازیافت، محدودیت‌ها و فرصت‌ها، مهم‌ترین موارد قابل استخراج از این گزارش‌ها است. همان‌طور که در شکل ذیل ملاحظه می‌شود، استخراج مواد در دهه‌ها گذشته به شدت افزایشی بوده است و تا سال ۲۰۶۰، مصرف جهانی مواد دوبرابر می‌شود.



شکل ۷: میزان استخراج شده بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷



شکل ۸: پیش‌بینی دو برابر شدن مصرف جهانی مواد تا سال ۲۰۶۰

برای تدوین نقشه راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید برای توسعه پایدار صنایع فلزی و هدف‌گذاری صادراتی کشورهای با بیشترین نرخ رشد جمعیتی و شهری شدن برنامه‌ریزی شود. به ویژه با توجه به تقاضای پرشتاب چین، برای پیوستن به زنجیره ارزش این کشور در حوزه فلزات و مواد معدنی باید برنامه‌ریزی شود. انتظار می‌رود سازمان ایמידرو برای توسعه فرصت‌های صادراتی در موضوع حمل‌ونقل دریایی، سرمایه‌گذاری نماید و به‌ویژه فرصت‌های ناشی از راه‌های دریایی شمالگان را بررسی و هدف‌گذاری کند.

پیشهاد می‌گردد برای خودکفایی در مواد حیاتی تا افق ۲۰۳۰ توسط ایمیدرو برنامه‌ریزی شود. همچنین برای بهره‌برداری جامع از مواد معدنی تا افق ۲۰۵۰، باید با الگوگیری از چین (میزان ۸۰ درصد) هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی صورت گیرد. ایمیدرو باید به صورت سالانه ریسک‌های ناشی از مواد جایگزین (به خصوص در صنایع فلزی و صنایع آلاینده)، ریسک‌های محیط‌زیستی و ریسک انحصار مواد و اختلال در زنجیره ارزش توسط بلوک‌های غربی، شرقی و کشورهای بی‌ثبات یا متخاصم را برآورد و برای رفع آن‌ها برنامه‌ریزی کند. سایر مواد و گزاره‌های پشتیبان آن در گزارش‌های جهانی در جدول ذیل قابل مشاهده است.

جدول ۲: جمع‌بندی اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «چشم‌انداز عرضه و تقاضا» و تأثیرات آن بر نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع چشم‌انداز عرضه و تقاضا	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	فلزات	<p>* تا ۲۰۵۰، تولید فولاد در جهان به بیش از یک‌سوم میزان فعلی افزایش می‌یابد (گزارش ۱).</p> <p>* فلزات سریع‌ترین افزایش مصرف را خواهند داشت و از ۷ گیگاتن در سال ۲۰۱۱ به ۱۹ گیگاتن در سال ۲۰۶۰ می‌رسد. مصرف مواد معدنی غیرفلزی نیز در همین بازه از ۳۵ گیگاتن به ۸۲ گیگاتن می‌رسد (گزارش ۶).</p> <p>* افزایش تقاضای فلزات از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۳۰ به اندازه ۲۵۰ درصد (۵/۱ درصد در سال) رشد خواهد داشت (گزارش ۱۶).</p> <p>* با افزایش بهره‌وری منابع تا سال ۲۰۳۰ می‌توان تقاضا را به اندازه ۱۳ الی ۲۹ درصد کاهش داد و ۲/۹ تریلیون دلار در سال برای کل جهان ذخیره کرد (گزارش ۱۶).</p> <p>* صنعت فولاد با افزایش بهره‌وری می‌تواند تا سال ۲۰۳۰ بیش از ۱۰۰ میلیارد دلار در هزینه‌ها صرفه‌جویی کند (گزارش ۱۶).</p> <p>* تقاضا برای مواد فلزی با کاربردهای نهایی صنعتی (مانند آلومینیم، نیکل و روی) هم‌گام با کاهش تولید ناخالص داخلی کاهش می‌یابد (گزارش ۲۲).</p> <p>* رشد میانگین سالانه تقاضا برای مس تا سال ۲۰۳۵ برابر با ۲/۵ درصد خواهد بود (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>* انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ بین تقاضای پیش‌بینی شده و محصولات معدن مس (چه معادن در حال تولید و چه معادن</p>	<p>* برای افزایش سهم تولید فلزات در کشور، متناسب با افزایش تقاضای جهانی (حداقل یک‌سوم میزان فعلی) باید در کشور هدف‌گذاری شود.</p> <p>* سهم صنایع فلزی از کاهش هزینه‌ها (ناشی از افزایش بهره‌وری) باید در افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰، هدف‌گذاری شود.</p> <p>* برای توسعه تجارت و حمل‌ونقل دریایی مواد معدنی و فلزی با استفاده از ظرفیت دریاهای جنوبی، به‌ویژه بندر چابهار باید برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری شود.</p>

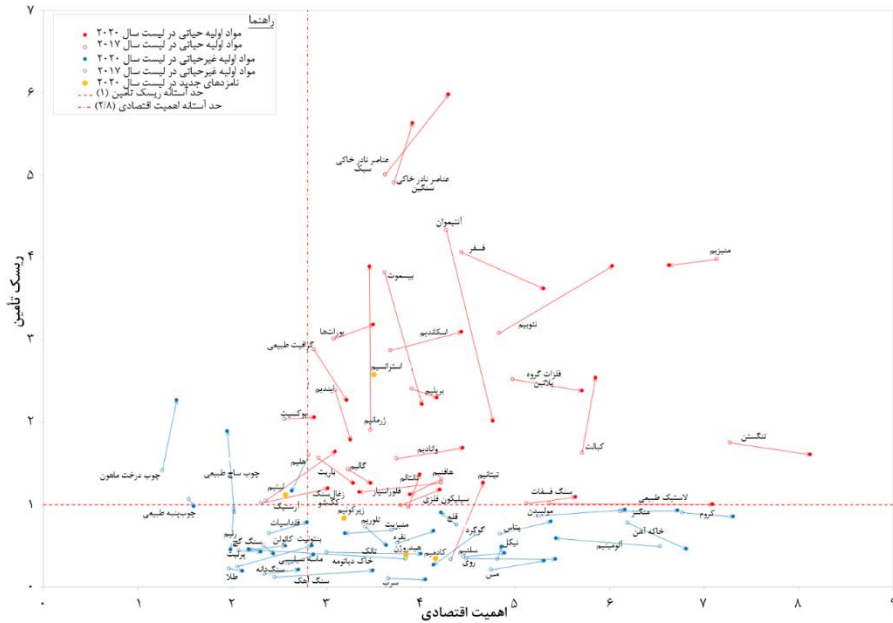
گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع چشم‌انداز عرضه و تقاضا	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>در دست ساخت) شکاف ۵۰ درصدی ایجاد شود (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>※ تا سال ۲۰۲۵ سه تولیدکننده اصلی سنگ معدن آهن (واله، ریوتینتو و بی‌اچ‌پی بیلیتون) ۶۵ درصد بازار دریابرد را به خود اختصاص خواهند داد و با ادامه این روند می‌توانند تا بیش از ۸۰ درصد بنادر و ظرفیت ریلی مرتبط با این حوزه را کنترل نمایند (گزارش آمریکا-۲).</p>		
<p>※ متناسب با افزایش میزان مصرف مواد در جهان به‌ویژه برای کشورهای صادراتی هدف با بیشترین نرخ افزایش جمعیت و شهری‌شدن، باید برای استخراج و صادرات مواد معدنی برنامه‌ریزی شود.</p> <p>※ مبتنی بر نیاز وارداتی چین از مواد و تقاضای مواد حیاتی این کشور در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، باید برای استخراج و استحصال این مواد (به‌ویژه فلزات) برنامه‌ریزی شود.</p> <p>※ برای بهره‌برداری جامع از منابع معدنی کشور در افق ۲۰۵۰، ایمیدرو باید هدف‌گذاری کند. با توجه به هدف‌گذاری ۸۰ درصدی چین از این منابع، این میزان می‌تواند برای کشور الگو باشد.</p> <p>※ تا سال ۲۰۵۰، باید کشور از لحاظ استخراج مواد معدنی و فلزی خودکفا باشد.</p> <p>※ تا سال ۲۰۳۰، کشور باید در زمینه استخراج مواد حیاتی و مواد مورد نیاز صنایع آینده، خودکفا باشد.</p>	<p>※ میزان مواد استخراجی از ۷۹ گیگاتن در سال ۲۰۱۱ به ۱۶۷ گیگاتن در سال ۲۰۶۰ خواهد رسید (گزارش ۲).</p> <p>※ با بهره‌گیری از اقتصاد خطی، تا سال ۲۰۵۰ میزان استفاده از منابع جهانی، دو برابر می‌شود (گزارش ۴).</p> <p>※ رشد اقتصادهای نوظهور منجر به شدت تقاضای مواد در آینده خواهد شد (گزارش ۶).</p> <p>※ تولید ناخالص داخلی جهان، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۶۰، چهار برابر خواهد شد و به شدت روی تقاضای جهانی کالا و خدمات مؤثر خواهد بود (گزارش ۶).</p> <p>※ سرعت افزایش بهره‌برداری از منابع مواد معدنی غیرسوختی در دهه‌های اخیر بیش از مواد معدنی سوختی بوده است (گزارش ۱۵).</p> <p>※ در افق ۲۰۳۰، آسیا و اقیانوسیه، بیشترین میزان مصرف زغال‌سنگ (حدود ۷۰ درصد) را به خود اختصاص خواهد داد (گزارش ۱۶).</p> <p>※ روند توسعه زیرساخت در کشورهایمانند چین، کره و ژاپن، بیشتر متأثر از روندهایی مانند درآمد سرانه و افزایش جمعیت، روی افزایش مصرف مواد معدنی است (گزارش ۱۶).</p> <p>※ پیشران افزایش تقاضای مواد معدنی تا افق ۲۰۳۰ «رشد جمعیت»، «افزایش شهرنشینی» و «صنعتی‌سازی» خواهند بود (گزارش ۱۷).</p> <p>※ انتظار می‌رود چین در سال‌های آینده همچنان به عنوان مهم‌ترین عامل شکل‌دهنده تقاضای جهانی فلزات باقی بماند و بیشترین وابستگی را به استرالیا، برزیل، اندونزی و پرو داشته باشد (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>※ نرخ ذخایر اثبات‌شده از منابع معدنی عمده در چین در سال ۲۰۵۰ قرار است در عمق ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متری در چین به ۷۰ درصد رسیده باشد (گزارش چین-۱).</p> <p>※ بهره‌برداری جامع از منابع معدنی تا سال ۲۰۵۰ در چین باید به ۸۰ درصد برسد (گزارش چین-۱).</p>	<p>مواد</p>	<p>۲</p>

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع چشم‌انداز عرضه و تقاضا	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>* شواهد نشان می‌دهد تا سال ۲۰۵۰ چین به یکی از سه قدرت برتر در جهان از لحاظ اجتماعی و اقتصادی مبدل خواهد شد و سرانه تولید ناخالص داخلی کشور جزو ۳۰ سرانه برتر خواهد بود و فقر نیز در سراسر چین ریشه‌کن خواهد شد (گزارش چین-۲).</p> <p>* تا سال ۲۰۵۰ خودکفایی اروپا در بحث استخراج مواد معدنی و فلزی افزایش خواهد یافت (گزارش اروپا-۲).</p>		
<p>* توسعه واحدهای جدید در بخش معدن و صنایع معدنی باید با قوانین سختگیرانه‌تر محیط‌زیستی و نظارت دائم (با کمک فناوری‌های نوین) همراه باشد.</p> <p>* در پیش‌بینی تقاضاهای آینده مواد معدنی در جهان و کشور، باید سناریو اقتصاد چرخه‌ای، مدنظر برآوردکنندگان قرار گیرد.</p> <p>* ایمیدرو برای مدیریت عدم قطعیت‌های ناشی از اعمال قدرت بلوک‌های غربی و شرقی و تهدید زنجیره ارزش مواد معدنی در ایران برنامه‌ریزی کند.</p> <p>* کالاهای جایگزین مواد معدنی و فلزی باید به‌صورت سالانه به‌عنوان فرصت و هم‌زمان تهدید توسط ایمیدرو رصد شوند.</p>	<p>* به دلیل اثرات مخرب محیط‌زیستی استخراج مواد، در آینده بخش معدن و صنایع معدنی بیشتر تحت فشار قرار خواهد گرفت (گزارش ۶).</p> <p>* رابطه رشد اقتصادی و استفاده از مواد، خطی نخواهد بود زیرا به دلیل تغییرات فناوری، میزان استفاده از مواد، بهینه خواهد شد (گزارش ۶).</p> <p>* مصرف زغال‌سنگ چین و هند با وجود داشتن ذخایر بسیار، از تولیدشان بالاتر شده است و به واردکننده این مواد تبدیل شده‌اند (گزارش ۱۶).</p> <p>* مسائل اقتصاد آزاد یا تحت کنترل، محیط زیست و قدرت‌گرفتن چین، عدم قطعیت‌های آینده فلزات در افق ۲۰۳۰ خواهند بود (گزارش ۱۷).</p> <p>* صدور مجوز عملیات از سال ۲۰۱۹ تاکنون، مهم‌ترین ریسک بخش معدن و صنایع معدنی در جهان بوده است. جامعه محلی، ملی و جهانی، در حادث‌شدن این ریسک مؤثر خواهند بود (گزارش ۱۸).</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰ کمپوزیت‌ها به‌طور گسترده در مصالح ساختمانی و کالاهای مصرفی استفاده می‌شوند و انقلابی در طراحی محصول ایجاد می‌کنند (گزارش اروپا-۲).</p>	محدودیت‌ها	۳
<p>* ایمیدرو باید هم‌زمان با برنامه‌ریزی برای افزایش استخراج، برای توسعه فناوری‌های بازیافت و اقتصاد چرخه‌ای هدف‌گذاری کند.</p>	<p>* در افق ۲۰۶۰، به تدریج رشد بازیافت از رشد استخراج مواد پیشی می‌گیرد (گزارش ۶).</p> <p>* در جهان ۲۰۵۰، استخراج متوقف نمی‌شود ولی سرعت آن کم می‌شود. بازیافت رشد می‌کند ولی حمایت زیادی لازم دارد. نقش فناوری کلیدی خواهد بود و ترجیحات مصرف‌کننده اهمیت زیادی خواهد یافت (گزارش ۱۴).</p>	بازیافت	۴
<p>* توسعه حمل‌ونقل بین‌المللی دریایی و دسترسی به بازارهای جدید از طریق شمالگان، باید به‌عنوان فرصت مدنظر بخش معدن و صنایع معدنی کشور قرار گیرد.</p> <p>* توسعه فناوری چاپ سه‌بعدی باید به‌عنوان اولویت ایمیدرو و شرکت‌های بزرگ فلزی قرار گیرد.</p>	<p>* ذوب‌شدن یخ‌های شمالگان، مسیرهای جدید برای حمل‌ونقل و توسعه معدن‌کاری ایجاد خواهد کرد (گزارش ۱۶).</p> <p>* بسیاری از معادن، علی‌رغم حضور افراد کمتر و افزایش هزینه‌های ناشی از همه‌گیری کووید-۱۹، به‌صورت «کارآمد و عملیاتی» در طول این همه‌گیری باقی مانده‌اند (گزارش ۱۸).</p>	فرصت‌ها	۵

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع چشم‌انداز عرضه و تقاضا	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>* تا سال ۲۰۵۰ فناوری‌هایی مانند تولید افزایشی (چاپ سه‌بعدی) و مواد خود ترمیم، جایگزین بسیاری از راه‌حل‌های اقتصادی خطی خواهند شد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>در بین سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۸ در ترکیه سرمایه‌گذاری‌های بخش خصوصی در صنعت معدن افزایش یافت و به حدود ۵ برابر سرمایه‌های بخش دولتی رسید (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* حدود ۸۰۰ صندوق دولتی به ارزش ۲/۲ تریلیون یوان برای حمایت از صنایع و طرح‌های مختلف ایجاد شده است که بخش عمده آن‌ها در راستای اهداف برنامه چین ۲۰۲۵ هستند (گزارش چین-۳).</p>		

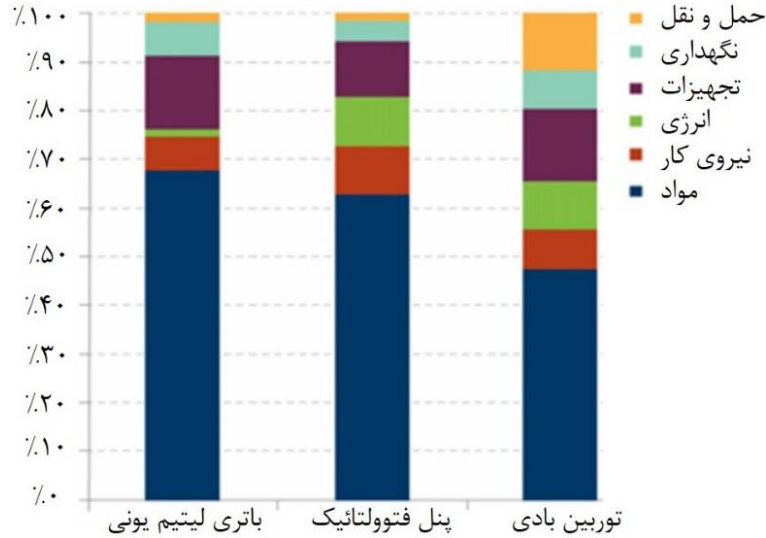
ب-۳) مواد حیاتی

در جدول ۳ به موارد کلیدی مرتبط با مواد حیاتی در گزارش‌های آینده‌نگر و پیشنهادات مرتبط با بخش معدن و صنایع معدنی کشور پرداخته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود اتحادیه اروپا و آمریکا بر اساس ریسک تأمین و اهمیت اقتصادی، به‌صورت دوره‌ای عناصر حیاتی را پایش و برای آن برنامه‌ریزی می‌کنند. همچنین این کشورها برای جایگزین‌یابی این عناصر یا توسعه فرآیند اکتشاف و استخراج داخلی، هدف‌گذاری کرده‌اند. باتوجه به اینکه این دو معیار از هر کشور به کشوری دیگر متفاوت است و به‌ویژه متأثر از مسائل سیاسی است، لذا این فعالیت باید به‌صورت داخلی و توسط سازمان ایمیدرو انجام شود.



شکل ۹: مقایسه نتایج ارزیابی حیاتی بودن سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ در گزارش اتحادیه اروپا

نیاز به یک گزارش منسجم و دوره‌ای برای شناسایی عناصر حیاتی در کشور ضروری است. در این گزارش باید براساس مسائل سیاسی و ژئوپلیتیک از یک سو و بر مبنای نیاز فعلی (واردات) و آتی کشور از سوی دیگر، برنامه‌ریزی شود. نیاز آتی کشور باید براساس صنایع پیشرفته، نیاز بخش دفاعی، نیاز صنعت خودروهای برقی و به‌خصوص ذخیره انرژی و موضوع انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر برآورد شود. همچنین با توجه به عناصر حیاتی کشورهای دیگر، می‌بایست برای صادرات مواد ارزشمند و مورد تقاضا به این کشورها، برنامه‌ریزی نمود. در جدول ۳ به گزاره‌های دیگر از گزارش‌های آینده و پیشنهادات برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور، اشاره شده است. همان‌طور که در شکل ذیل ملاحظه می‌شود، مواد بخش عمده تشکیل‌دهنده ساختار فعلی هزینه تولید باتری‌های لیتیومی، پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی را تشکیل می‌دهند.



شکل ۱۰: ساختار هزینه فعلی تولید باتری‌های لیتیومی، پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی

جدول ۳: جمع‌بندی اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «مواد حیاتی» و

تأثیرات آن بر نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع مواد حیاتی	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
	مواد حیاتی	<p>* مواد معدنی حیاتی برای کشورهای سازمان همکاری و توسعه اقتصادی شامل ۲۱ مورد و عبارت‌اند از: آنتیموان، باریت، برلیوم، بورات، کروم، کبالت، فلورسپار، گالیم، ژرمانیم، ایندیم، مگنیزیت، منیزیم، گرافیت طبیعی، نیوبیم، گروه‌های فلزی پلاتین، سنگ فسفات، عناصر نادر خاکی سنگین و سبک، سیلیکون فلزی، تنگستن و وانادیم (گزارش ۱۵).</p> <p>* ریسک تأمین باریت، بورات، مولیبدن و سنگ فسفات تا سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد (گزارش ۱۵).</p> <p>* در هر چهار گزارش سالانه وایت‌اندکیس، لیتیوم و مس، فلزات با بیشترین تقاضا بوده‌اند. فلزات دیگر شامل گرافیت، پالادیم، طلا و نیکل بوده‌اند (گزارش ۲۰).</p> <p>* مواد معدنی حیاتی آمریکا عبارتند از: آلومینیم، آنتیموان، آرسنیک، باریت، برلیوم، بیسموت، سزیم و روبیدیم، کروم، کبالت، فلورسپار، گالیم، ژرمانیم، گرافیت طبیعی، هلیوم، ایندیم، لیتیوم، منیزیم، منگنز، نیوبیم، گروه فلزات پلاتین، پتاس، عناصر نادر خاکی، رنیم، اسکاندیم، استرانسیم، تانتالم، تلوریم، قلع، تیتانیوم، تنگستن، اورانیوم، وانادیم، زیرکونیم و هافنیم (گزارش آمریکا-۱).</p> <p>* ماده حیاتی در گزارش سال ۲۰۲۱ اتحادیه اروپا عبارتند از: آنتیموان، فلوراسپار، منیزیم، سیلیکون فلزی،</p>	<p>* فهرست مواد حیاتی اروپا و آمریکا، نمایان‌گر فرصت سرمایه‌گذاری برای استخراج این مواد و صادرات آن است.</p> <p>* مواد حیاتی آمریکا و اروپا، احتمال نیاز آینده صنایع حیاتی کشور به این مواد را نیز نشان می‌دهد و نیازمند برنامه‌ریزی برای تأمین داخلی مبتنی بر برآورد نیاز آتی صنایع است.</p> <p>* تا زمان انجام یک برنامه جامع برای شناسایی عناصر حیاتی، لیتیوم، گرافیت، کبالت، نیکل و عناصر نادرخاکی، به‌عنوان کاندید، باید در برنامه سریع توسعه سازمان ایمیدرو برای افق ۲۰۳۰ قرار گیرند.</p>

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع مواد حیاتی	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>باریت، گالیم، گرافیت طبیعی، تانتالم، بوکسیت، ژرمانیم، لاستیک طبیعی، تیتانیم، بریلیم، هافنیم، نیوبیم، تنگستن، بیسموت، عناصر نادر خاکی سنگین، فلزات گروه پلاتین، وانادیم، بورات‌ها، ایندیم، سنگ فسفات، استرانسیم، کبالت، لیتیم، فسفر، زغال سنگ کک‌شو، عناصر نادر خاکی سبک، اسکاندیم (گزارش اروپا-۱).</p> <p>* لیتیم و تیتانیم جز موادی هستند که جز مواد حیاتی سال ۲۰۱۷ نبوده‌اند، اما در فهرست مواد حیاتی سال ۲۰۲۰ اروپا قرار گرفته‌اند (گزارش اروپا-۱).</p> <p>* مواردی که از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰ حیاتی بوده‌اند، عبارت‌اند از ۱۴ ماده آنتیموان، ژرمانیم، گرافیت طبیعی، بریلیم، عناصر نادر خاکی سنگین، نیوبیم، کبالت، ایندیم، فلزات گروه پلاتین، فلوراسپار، عناصر نادر خاکی سبک، تنگستن، گالیم و منیزیم (گزارش اروپا-۱).</p>		
<p>* حوزه‌هایی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل‌ونقل پاک، خودروهای برقی، اقتصاد کم‌کربن، صنایع الکترونیک، باتری‌ها و مواردی از این دست، به کم‌یابی مواد حیاتی آینده شکل می‌دهند.</p> <p>* لیتیم، نئودیمیم، کبالت، منگنز، نیکل، روی، نقره، سرب، پلاتین، عناصر نادر خاکی، تیتانیم، ژرمانیوم، مس، آلومینیوم و فولاد (مستحکم) با توجه به نیاز آتی صنایع آینده، کلیدی خواهند شد.</p> <p>* میزان نیاز کشور به مواد برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، خودروهای برقی، صنایع الکترونیک و باتری‌ها باید تا افق ۲۰۳۰ برآورد و برای تأمین مواد حیاتی آن برنامه‌ریزی شود.</p> <p>* اولویت‌های صادراتی کشور باید بر مبنای تأمین مواد حیاتی به کشورهای هدف تنظیم شود.</p> <p>* کارگروه مشترک بین ایمیدرو و صنایع خودروسازی، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت دفاع و سازمان انرژی‌های نو، برای تأمین نیازهای حیاتی و آتی این صنایع باید شکل داده شود.</p>	<p>* برای تحقق اقتصاد کم‌کربن، نیاز به مواد فلزی برای فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر افزایش می‌یابد (گزارش ۲).</p> <p>* حوزه‌های کلیدی در آینده مانند انرژی، حمل‌ونقل پایدار و پاک، برای مواد معدنی تقاضاهای راهبردی ایجاد خواهند کرد (گزارش ۵).</p> <p>* به‌طور متوسط بیش از ۵۰ درصد هزینه فناوری‌های مختلف انرژی و حمل‌ونقل پاک وابسته به مواد سازنده آن‌ها است. در باتری‌های لیتیم‌یون این میزان به ۷۰ درصد می‌رسد (گزارش ۵).</p> <p>* مواد پیشرفته می‌توانند هزینه مواد مصرفی، کارایی و طول عمر فناوری‌های حوزه انرژی را بهبود دهند، به همین دلیل با توسعه پیش‌ازپیش مواجه خواهند شد (گزارش ۵).</p> <p>* در آینده به باتری‌های لیتیم‌یون، سدیم‌یون، لیتیم‌هوا، مواد پیشرفته (برای باتری، پیل سوختی، تولید سیار هیدروژن، پنل‌های شفاف، کاهش وزن توربین، ذخیره‌سازی انرژی و مواردی از این دست) نیاز خواهد بود (گزارش ۵).</p> <p>* حجم تقاضای توربین‌های بادی، پنل‌های خورشیدی و باتری‌ها برای تقاضای فلزات، راهبردی و تعیین‌کننده خواهد بود (گزارش ۱۱).</p> <p>* افزایش تولید توربین‌های بادی گیربکس‌دار منجر به افزایش تقاضای نئودیمیم بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ درصد تا افق ۲۰۵۰ خواهد شد (گزارش ۱۱).</p> <p>* خودروهای برقی، تقاضای لیتیم، کبالت، منگنز و نیکل را افزایش خواهند داد. خودروهای هیبریدی تقاضای سرب و</p>	<p>ناشی از صنایع آینده</p>	

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>خودروهای پیل سوختی، تقاضای پلاتین را افزایش می‌دهند (گزارش ۱۱).</p> <p>* سبد انرژی تجدیدپذیر در آینده متغیر است و تغییر در این سبد بر افزایش تقاضای مواد معدنی مؤثر خواهد بود. برای برآورد میزان تقاضا باید سناریوهای مختلف سبد انرژی در نظر گرفته شود (گزارش ۱۱).</p> <p>* افزایش تقاضای محصولات ثانویه به دلیل توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، بر افزایش تقاضای محصولات وابسته مؤثر خواهد بود. به‌طور نمونه افزایش تقاضا ژرمانیم بر تقاضای روی مؤثر خواهد بود (گزارش ۱۱).</p> <p>* به دلیل «عدم اکتشاف کافی ذخایر در کشورهای در حال توسعه» و «راندمان نامناسب تولید در این کشورها»، برای تقاضای آتی مواد مورد استفاده در انرژی‌های تجدیدپذیر، چالش به‌وجود خواهد آمد (گزارش ۱۱).</p> <p>* در آسیا بیشترین مزیت ناشی از عناصر مورد نیاز برای انرژی‌های تجدیدپذیر برای چین (به واسطه عناصر پایه و نادر خاکی)، هند (به واسطه آهن و تیتانیوم)، اندونزی (به واسطه بوکسیت و نیکل) و مالزی و فیلیپین (به واسطه کبالت) خواهد بود (گزارش ۱۱).</p> <p>* تغییر دولت در آمریکا، نویدبخش افزایش تقاضا برای برقی‌سازی حمل‌ونقل و کربن‌زدایی از بخش انرژی و توسعه بازار فلزات ضروری برای باتری‌هاست (مانند مس، نیکل، کبالت و لیتیم) خواهد بود (گزارش ۲۰).</p> <p>* حرکت جهان به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر، مس و سایر فلزات مورد استفاده در باتری‌ها، موجب درآمدزایی بیشتری برای شرکت‌ها خواهد گردید (گزارش ۲۱).</p> <p>* صنایع الکترونیک و ارتباطات از راه دور تقریباً از تمامی مواد حیاتی ایالات متحده، استفاده می‌کنند. در رتبه‌های بعدی صنایع هوافضا، ساخت موتورهای جت و ساخت ابرآلیاژها قرار دارند (گزارش آمریکا-۱).</p> <p>* آلومینیم، آهن، مولیبدن، کروم، لیتیم، نقره، مس، سرب، فولاد، ایندیوم، منگنز و روی، فلزات مهم مصرفی در فناوری‌های غالب خورشیدی، بادی و باتری‌ها خواهند بود (گزارش ۱۱).</p> <p>* دستیابی به فناوری در زمینه جایگزینی مواد فلزی رایج با فیبر سیلیکا در اهداف چین برای سال ۲۰۵۰ قرار دارد (گزارش چین-۱).</p> <p>* تا سال ۲۰۲۵ باید ۴۰ درصد از تراشه‌های تلفن همراه، ۷۰ درصد از ربات‌های صنعتی و ۸۰ درصد از تجهیزات انرژی</p>	

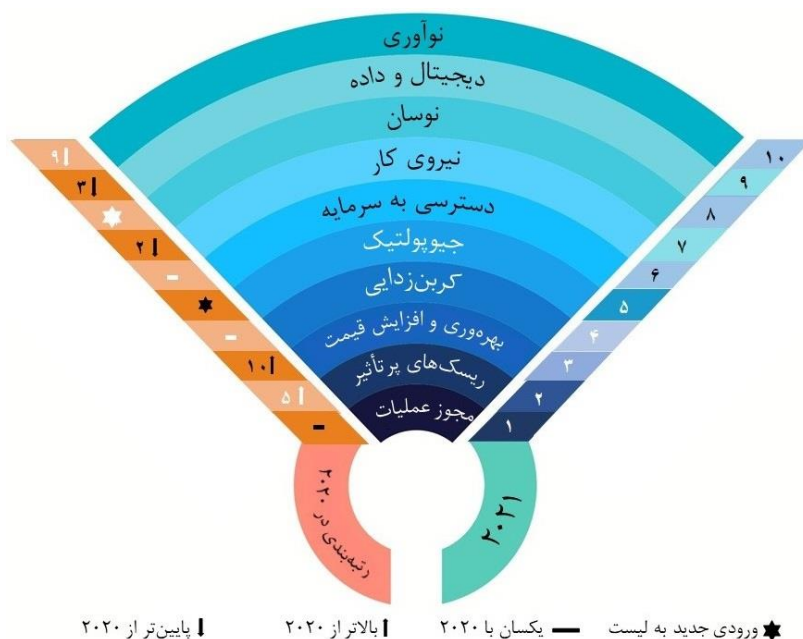
گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع مواد حیاتی	موضوعات فرعی	ردیف
	تجدیدپذیر مورد مصرف در بازار داخلی چین تولید شوند (گزارش چین-۳).		
<p>* با الهام از گزارش‌های جهانی، باید به‌صورت سه‌ساله، عناصر حیاتی کشور پایش شود.</p> <p>* به‌عنوان معیارهای اولیه، ریسک تأمین و ارزش اقتصادی برای شناسایی عناصر حیاتی داخلی باید مدنظر قرار گیرند.</p> <p>* براساس بلایای طبیعی، منازعات کارگری، تخصص و اتحاد با دولت‌ها، تغییرات اقلیمی، مخاطرات حمل‌ونقل و سایر عدم قطعیت‌ها باید در پایش‌های دوره‌ای عناصر حیاتی کشور مدنظر قرار گیرند.</p> <p>* برای تهیه گزارش عناصر حیاتی کشور باید پایگاه داده کامل طراحی و اطلاعات مربوطه از سازمان‌های مختلف مانند گمرک، وزارت صنعت، معدن و تجارت، وزارت فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت دفاع و نیروهای مسلح و سایر نهادهای متقاضی عناصر حیاتی جمع‌آوری گردد.</p> <p>* پروژه شناسایی عناصر حیاتی باید به‌صورت متمرکز در یک مجموعه دانش‌محور صورت گیرد تا اطلاعات به‌صورت جامع پایش و گزارش‌های میان‌دوره‌ای منتشر شود.</p>	<p>* تعریف حیاتی در این گزارش عبارت است از «ماده‌ای که اختلال در تأمین آن بالا باشد و در صورت اختلال تأثیر اقتصادی آن زیاد باشد» (گزارش ۱۵).</p> <p>* حیاتی‌بودن یک ماده معدنی با توجه به مجموعه‌ای از زیرمعیارها، ذیل دو معیار اساسی «ریسک تأمین» و «اهمیت اقتصادی» سنجیده می‌شود (گزارش ۱۵).</p> <p>* «تغییر نقش آمریکا در سیستم بین‌المللی»، «پایداری اتحادیه اروپا» و «روابط آمریکا و چین» ریسک‌های ژئوپلیتیک صنعت معدن و صنایع معدنی جهان را شکل می‌دهند (گزارش ۱۸).</p> <p>* عناصر حیاتی آمریکا بر مبنای دو معیار آسیب‌پذیری تأمین و اهمیت اقتصادی شناسایی شده‌اند (گزارش آمریکا-۱).</p> <p>* آسیب‌هایی چون بلایای طبیعی، منازعات کارگری، منازعات تجاری و انحصار ملی منابع، می‌توانند به حیاتی‌شدن ماده معدنی منجر شوند (گزارش آمریکا-۱).</p> <p>* منابع طبیعی تأثیرگذار بر منافع ملی آمریکا تحت تأثیر تغییرات اقلیمی نوظهور، الگوهای جمعیتی در حال تکامل، افزایش توسعه اقتصادی و تخریب‌های محیط‌زیستی خواهند بود (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>* حیاتی‌بودن مواد بر اساس گزارش اروپا و میزان ریسک تأمین و اهمیت اقتصادی مواد بوده است (گزارش اروپا-۱).</p> <p>* در شناسایی مواد حیاتی اروپا، گلوگاه‌های تأمین برای دو مرحله «معدن‌کاری و استخراج» و «فرآوری و تصفیه» محاسبه شده‌اند (گزارش اروپا-۱).</p> <p>* همچنان در ترکیه دستیابی به مواد حیاتی در اکثر موارد صرفاً وابسته به واردات است (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>نوسانات قیمت، نوآوری‌های فناورانه، کمبود آب، تغییرات اقلیمی و مخاطرات حمل‌ونقل از عدم قطعیت‌های آینده برای دسترسی به منابع هستند (گزارش ۱۶).</p> <p>* اهداف چین در ۲۰۲۵ ذیل سرفصل‌های نوآوری (بودجه تحقیق و توسعه و ثبت اختراع)، کیفیت (رقابت‌پذیری، ارزش‌افزوده و بهره‌وری)، دیجیتال‌سازی صنایع (پهنای باند، استفاده از ابزارهای دیجیتال و ماشین‌های کنترل عددی) و حفاظت از محیط زیست (کاهش شدت انرژی، دی‌اکسید</p>	<p>روش پایش</p>	

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع مواد حیاتی	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>کربن، مصرف آب و استفاده مجدد از ضایعات) پایش می‌شوند (گزارش چین-۳).</p>		
<p>* در گزارش آینده‌نگر باید سناریوهای جنگ بر سر منابع برای آینده ایران ترسیم شود و مبتنی بر این سناریوها مواد حیاتی برای کشور شناسایی شود.</p> <p>* با توجه به تخصص ایران و بلوک غربی و اتحاد با بلوک شرقی، باید برای شناسایی منابع حیاتی و تأمین آن برنامه‌ریزی شود. حتی باید برای سناریو معکوس نیز برنامه‌ریزی شود.</p> <p>* سطح آسیب‌پذیری بخش معدن و صنایع معدنی کشور از برنامه توسعه چین، اتحادیه اروپا، آمریکا و کشورهای همسایه باید به صورت دوره‌ای و همزمان با انتشار گزارش این کشورها، به سرعت پایش شود.</p> <p>* در بررسی مواد حیاتی برای کشور، باید هم‌زمان با توجه به کاربرد این مواد حیاتی، وضعیت مواد جایگزین و احتمال توسعه آن‌ها نیز مدنظر قرار گیرد.</p>	<p>* در صورتی که منابع هم‌زمان با افزایش جمعیت، یافت نشوند، رقابت بر سر منابع در می‌گیرد و کشورها بسته به مسائل داخلی و سیاسی، صادرات مواد حیاتی را متوقف می‌کنند و احتمال جنگ نیز در این حالت دور از ذهن نیست (گزارش ۱۴).</p> <p>* کشورهای صادرکننده فلزات به چین، روزبه‌روز بیشتر به این کشور وابسته می‌شوند و از جهت دیگر مواد معدنی به منبعی برای اختلافات سیاسی و تنش‌ها بین چین و باقی کشورها تبدیل شده است (گزارش ۱۶).</p> <p>* در آینده خطر درگیری بر سر منابعی که با سرعت در حال از بین رفتن هستند بیشتر می‌شود و در نتیجه جوامع آسیب‌پذیرتر می‌شوند (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>* ادغام شرکت‌ها موجب شده است که تعداد محدودی از شرکت‌ها کنترل قابل توجهی بر بازارهای جهانی فلزات داشته باشند (گزارش آمریکا-۲).</p> <p>* سهم بازار داخلی شرکت‌های چینی در تأمین قطعات اصلی و مواد پایه مهم تا سال ۲۰۲۵ باید به ۷۰ درصد برسد (گزارش چین-۳).</p> <p>* کره جنوبی، جمهوری چک، آلمان، ایرلند، ژاپن، سوئد، آمریکا و ایتالیا بیشترین آسیب‌پذیری را در اثر اجرای برنامه ساخت چین ۲۰۵۰ خواهند داشت (گزارش چین-۳).</p> <p>* ریسک تأمین مواد با ریسک سیاسی رابطه متقابل دارد (گزارش ۱۵).</p>	<p>چالش‌های سیاسی</p>	

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع مواد حیاتی	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
		* تا سال ۲۰۵۰ پروژه‌های جایگزینی مواد اولیه حیاتی با مواد جدید با موفقیت انجام شوند (گزارش اروپا-۲).	

ب-۴) فناوری‌های نوین

اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر بخش معدن و صنایع معدنی در موضوع «فناوری‌های نوین» در جدول ۴ ارائه شده و هم‌زمان در ستون سوم جدول پیشنهاداتی برای بهره‌برداری در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور نیز طرح شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، عطف به مطالعات آینده‌نگر باید برای تحول دیجیتال شرکت‌های پیش‌رو تا افق ۲۰۳۰ و تحول کل بخش معدن و صنایع معدنی تا سال ۲۰۵۰، برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری شود. همان‌طور که در شکل زیر ملاحظه می‌شود، حوزه دیجیتال، جزء ۱۰ ریسک برتر بخش معدن و صنایع معدنی در سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ بوده است.



شکل ۱۱: ده ریسک و فرصت اصلی کسب‌وکار در سال ۲۰۲۱ طبق برآورد مؤسسه ارنست‌اندینگ

باتوجه به بحث نیاز فناورانه آینده و مسائل کشور با دولت‌های متخاصم، باید برای انتقال فناوری و در صورت نیاز بومی‌سازی فناوری‌های نوین برای آینده بخش معدن و صنایع معدنی کشور برنامه‌ریزی شود. به‌طور خاص سه موضوع «فناوری‌های نوین مورد نیاز برای توسعه پایدار»، «فناوری‌های مرتبط با اکتشاف عمیق» و «فناوری‌های مورد نیاز برای تحول دیجیتال» باید در اولویت قرار گیرد. سایر موارد قابل بهره‌برداری و اهم نکات در گزارش‌های آینده‌نگر، در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۴: جمع‌بندی اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «فناوری‌های نوین» و تأثیرات آن بر نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع فناوری‌های نوین	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	تحولات	<p>* همه‌گیری کووید-۱۹ به شرکت‌های معدنی نشان داده است که یکپارچگی در عملیات و پذیرش فناوری‌های دیجیتال، الزامی است (گزارش ۳).</p> <p>* اولویت فناورانه اتحادیه اروپا، کربن‌زدایی از زنجیره مصرف انرژی است (گزارش ۵).</p> <p>* فرصت‌های دیجیتال، در حوزه «انرژی»، «توان عملیاتی تولید»، «بازدهی»، «زنجیره تأمین تعمیرات و نگهداری»، «تهیه و تدارکات»، ظرفیت بالایی برای صنایع فلزی خواهند داشت (گزارش ۸).</p> <p>* در حال حاضر فناوری‌هایی چون کلان‌داده و بلاکچین، در حوزه اکتشاف تا بازاریابی استفاده می‌شوند (گزارش ۹).</p> <p>* فناوری‌هایی مانند هوشمندی بازار، محاسبات کوانتومی، تجزیه و تحلیل پیشرفته و حسگرهای بهم‌متصل، در حال تجاری شدن در صنعت معدن هستند (گزارش ۹).</p> <p>* کاهش ریسک اثربخشی دیجیتال از سال ۲۰۲۰ به ۲۰۲۱، به سبب مدیریت بهتر این ریسک در سال ۲۰۲۰ از سوی شرکت‌های معدنی و فلزی بوده است (گزارش ۱۸).</p> <p>* در راستای تحقق معدن‌کاری پایدار کشور ترکیه به تشویق و حمایت از مطالعه فرآیندها و فناوری‌های نوین مکلف شده تا روند فرآوری محصولات نیمه آماده و آماده در داخل کشور بهبود یابد (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* ترکیه در تلاش است تا شرکت‌های فعال در حوزه سنگ مرمر و سنگ‌های طبیعی را به استفاده از ماشین‌آلات پیشرفته و فناوری‌های نوین تشویق کرده و آن‌ها را ملزم به دریافت گواهینامه‌های بین‌المللی برای مصارف داخلی و</p>	<p>* دیجیتالی شدن به عنوان یک هدف میان‌مدت و الزامی تا افاق ۲۰۳۰ باید در نقشه‌راه شرکت‌های معدنی و صنایع معدنی قرار گیرد.</p> <p>* به‌عنوان اولویت، استفاده از فناوری کلان‌داده در بخش‌های اکتشاف تا بازاریابی شرکت‌های معدن و صنایع معدنی کشور ضرورت دارد.</p> <p>* نقشه‌راه توسعه فناوری‌های نوین؛ شاخه فناوری اطلاعات و ارتباطات در بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید ترسیم و اجرایی شود.</p> <p>* ظرفیت‌های فناوری‌های نوین در توسعه پایدار، بهبود بهره‌وری و کاهش انرژی می‌بایست به‌صورت سالانه پایش و شرکت‌های بزرگ بخش معدن و صنایع معدنی ملزم به پیاده‌سازی آن‌ها شوند.</p> <p>* برنامه توسعه فناوری‌های نوین برای اکتشاف عمیق باید در دستور کار نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی و ایمیدرو در افاق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ قرار گیرد.</p> <p>* برای کاهش ریسک وابستگی به فناوری‌های نوین خارجی در بخش معدن و صنایع معدنی و انتقال یا بومی‌سازی آن‌ها در کشور، باید توسط ایمیدرو برنامه‌ریزی صورت گیرد.</p>

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع فناوری‌های نوین	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>صادرات سنگ به جهان و اتحادیه اروپا کند (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* طی برنامه یازدهم، دولت ترکیه از فعالیت‌های تحقیق و توسعه برای ساخت و مونتاژ ماشین‌آلات و دستگاه‌های ژئوفیزیکی داخلی با ارائه کمک‌های مالی، بیمه و آموزش حمایت به عمل آورد (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* عمق حفاری‌های صورت گرفته در ترکیه تا به امروز ۲۵۰ متر بوده است که در برنامه یازدهم توسعه به افزایش عمق اکتشاف تا ۱۰۰۰ متر در زیر زمین در معادن جدید و قدیمی تأکید شده است (گزارش ترکیه-۱).</p> <p>* در برنامه ساخت چین ۲۰۲۵ برای کاهش وابستگی به فناوری‌های خارجی از طریق انتقال فناوری یا توسعه درون‌زا و جایگزینی تدریجی محصولات وارداتی با تولیدات داخلی هدف‌گذاری شده است (گزارش چین-۳).</p> <p>* در برنامه ساخت چین ۲۰۲۵ برای تصاحب بازار جهانی پس از تولید فناوری‌ها و برندهای بومی هدف‌گذاری شده است (گزارش چین-۳).</p>		
<p>* باتوجه به درس‌آموزه‌های کووید-۱۹ باید زیرساخت مرکز عملیاتی یکپارچه و مبتنی بر فناوری‌های دیجیتال و به‌ویژه کلان‌داده در بخش معدن و صنایع معدنی کشور فراهم شود.</p> <p>* یک شرکت بزرگ معدنی و یک شرکت بزرگ صنایع معدنی باید برای پایلوت دیجیتال‌سازی، ملزم شوند.</p> <p>* تا افق ۲۰۳۰ تمام شرکت‌های معدن و صنایع معدنی باید اقدامات کلیدی مبتنی بر پلتفرم‌های دیجیتال امن و هوشمند صورت داده باشند.</p> <p>* تا افق ۲۰۵۰ باید کل شیوه تولید و خلق ارزش در بخش معدن و صنایع معدنی کشور، ممزوج با فناوری‌های نوین، به‌ویژه فناوری‌های دیجیتال باشد.</p>	<p>* شرکت‌های معدنی برای بقا در آینده به توسعه «مدیریت منابع از راه دور» و «دسترسی به داده‌ها در زمان آنی و در یک مرکز عملیاتی یکپارچه» نیاز خواهند داشت (گزارش ۳).</p> <p>* برای نفوذ و مقیاس‌دهی تحول دیجیتال در صنایع فلزی، باید پایلوت‌سازی، توانمندسازی و جذب نیروی متخصص، فراهم‌کردن زیرساخت‌ها و مدیریت تغییر، اجرایی شود (گزارش ۸).</p> <p>* برای تحول دیجیتال در صنایع فلزی، نیاز به نیروی انسانی مسلط به جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها خواهد بود (گزارش ۸).</p> <p>* فرآیند دستیابی به یک پلتفرم کامل و پویا از داده، ۱۲ تا ۱۸ ماه به‌طول می‌انجامد (گزارش ۸).</p> <p>* برای تحول دیجیتال در صنایع فلزی، ابتدا باید در سطح مدیریت سازمان الگوسازی و درک، صورت بگیرد (گزارش ۸).</p> <p>* برای توسعه فناوری‌های نوظهور باید آن‌ها را پایلوت کرد و به تدریج این پایلوت را به کل مجموعه عملیات معدن و صنایع معدنی گسترش داد (گزارش ۹).</p> <p>* برای قبول شکست‌ها و جبران سریع، باید در شرکت‌های معدن و صنایع معدنی فرهنگ‌سازی شود تا فناوری‌های نوظهور پایلوت شده و توسعه یابند (گزارش ۹).</p>	راهکارها	۲

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع فناوری‌های نوین	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>* ایجاد بستر دیجیتال در شرکت‌های معدنی با «عملیات از راه دور»، «بهینه‌سازی بر اساس دانش داده»، «خودکارسازی» و «رباتیک» قابل تحقق است (گزارش ۲۳).</p>		
<p>* زیرساخت‌های نرم‌افزاری، سخت‌افزاری، مغزافزاری و نظام‌افزاری برای توسعه فرآیندهای دیجیتال در بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید فراهم شود. برای این زیرساخت‌ها باید شاخص‌گذاری و تا افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ هدف‌گذاری صورت گیرد.</p> <p>* در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی برای افق ۲۰۳۰، «تولید هوشمند» مبتنی بر فناوری‌های کلان‌داده، هوش مصنوعی، رباتیک، اینترنت اشیا و بلاکچین باید مأموریت بخش معدن و صنایع معدنی کشور باشد.</p>	<p>* افزایش داده‌ها، افزایش توان محاسباتی، ظهور فناوری‌های همراه و خودکارسازی، پیشران اصلی شتاب صنایع فلزی در استفاده از فناوری‌های دیجیتال خواهند بود (گزارش ۸).</p> <p>* صنعت تجهیزات و خدمات تحت تأثیر کلان‌روندهایی مانند ضرورت نوآوری، کاهش عیار معادن، اقتصاد دانش‌محور، پیشرفت فناوری و عرضه و تقاضای جدید و الزام بیشتر به مسئولیت‌پذیری هستند (گزارش ۱۰).</p> <p>* فناوری هوش مصنوعی و تحلیل پیشرفته، مهم‌ترین اهرم تولید دیجیتال در صنایع فلزی خواهد بود. در مراتب بعدی خودکارسازی قرار دارد (گزارش ۸).</p>	پیشران‌ها	۳
<p>* متناسب با بخش‌های مختلف زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی (از اکتشاف تا صنایع پایین‌دست) باید فناوری‌های کلیدی به‌صورت مستمر پایش و برای نفوذدهی آن‌ها در بازه‌های سه‌ساله هدف‌گذاری شود.</p> <p>* توسعه نسل جدید فناوری‌های حفاری و اکتشاف در کشور در افق ۲۰۳۰ باید در مأموریت‌های ایמידرو لحاظ شود.</p> <p>* برنامه‌ریزی برای شناسایی و استفاده از انرژی‌های بدیل و نو، مانند زمین‌گرایی و انرژی‌های برقی برای تجهیزات و فرآیندهای معدن‌کاری، باید در مأموریت تحقیق و توسعه ایמידرو تا افق ۲۰۳۰ و اجرا تا افق ۲۰۵۰ قرار گیرد.</p> <p>* برنامه پژوهشی بخش معدن و صنایع معدنی کشور برای فناوری‌های کلیدی تا افق ۲۰۵۰ باید تدوین و به صورت مستمر پایش شود. همچنین نیاز است یکی از نهادهای وابسته یا طرف قرارداد با ایמידرو، این مسئولیت را به صورت مستمر بر عهده داشته باشد.</p> <p>* میزان سهم اقتصاد دانش‌بنیان و علم و فناوری در بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید هدف‌گذاری شود. با توجه</p>	<p>* برای «تصمیمات داده‌محور در تجهیزات معدن‌کاری»، فناوری‌هایی مانند حسگرها، اینترنت اشیا، بصری‌سازی و امنیت سایبری توسعه خواهند یافت (گزارش ۱۰).</p> <p>* در حوزه «پایداری و محیط‌زیست»، فناوری‌های امنیتی، نظارتی، پشتیبان تصمیم و طراحی، توسعه خواهند یافت (گزارش ۱۰).</p> <p>* برای «اکتشاف عمیق»، نسل جدید فناوری‌های حفاری و دانش اکتشاف، توسعه خواهند یافت (گزارش ۱۰).</p> <p>* برای «استخراج پیشرفته»، فناوری‌های حفاری و حسگرها، توسعه خواهند یافت (گزارش ۱۰).</p> <p>* در حوزه «خودکارسازی و رباتیک در معدن‌کاری»، فناوری رباتیک، الگوریتم‌های کنترلی و فناوری واقعیت افزوده و مجازی توسعه خواهند یافت (گزارش ۱۰).</p> <p>* در یک سناریو از آینده احتمال دارد که پیشرفت فناوری موجب ازدیاد تولید و رفع دغدغه کمبود مواد (مانند مناطق جدید، عمق دریاها، سیارک‌ها). در این سناریو</p>	پیش‌بینی‌ها	۴

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع فناوری‌های نوین	موضوعات فرعی	ردیف
	<p>بازیافت ضایعات جدی گرفته نخواهد شد و به یک معضل تبدیل می‌شود (گزارش ۱۴).</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰ فناوری‌های اکتشاف جدید و توسعه‌یافته در معادن زمینی و دریایی آزمایش خواهند شد و روش‌های استفاده از انرژی زمین‌گرمایی در معادن عمیق اجرا خواهند شد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰ اروپا دارای پایگاه داده جامع از منابع اولیه و مواد معدنی خود خواهد بود (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* تا سال ۲۰۵۰ استخراج ذخایر معدنی در دریا محقق خواهد شد و استخراج معادن چه در خشکی و چه دریا تأثیر زیست‌محیطی بر روی آب و تغییر اقلیم نخواهد داشت (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰ دیجیتالی‌سازی و فناوری‌های بلاکچین به ما امکان دسترسی به اطلاعات کافی برای ردیابی مواد را می‌دهد (گزارش اروپا-۲).</p> <p>* برنامه‌های پژوهشی چین تا افق ۲۰۳۰ شامل «ایجاد سیستم نظری متالوژی قاره‌ای در چین»، «پیشرفت در فناوری‌های کارآمد و با دقت بالا برای اکتشاف منابع معدنی در عمق ۲۰۰۰ متری غرب چین»، «استفاده کارآمد از سنگ معدن کم‌عیار و باطله‌ها» و «ساخت کود با منابع پتاسیم نامحلول در آب» می‌شود (گزارش چین-۱).</p> <p>* اهداف سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ «پی‌بردن به رابطه سیستم زمین و سیستم متالوژی» را شامل می‌شود تا از طریق آن بتوان به کاوش منابع معدنی در عمق ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متری زمین پرداخت (گزارش چین-۱).</p> <p>* سهم علم و فناوری از کل اقتصاد ملی چین در سال ۲۰۵۰ بیش از ۷۰ درصد خواهد بود (گزارش چین-۲).</p> <p>* چین تا سال ۲۰۵۰، سیستمی کامل در حوزه نوآورانه علم و فناوری مواد پایه‌گذاری خواهد کرد (گزارش چین-۲).</p>		

ب-۵) تحول در مشاغل

نسبت به موضوعاتی چون توسعه پایدار، فناوری‌های نوین و مواد حیاتی، مسئله تحول در مشاغل، کمتر مورد توجه گزارش‌های آینده‌نگر جهانی بوده است. البته عملاً در آینده دو تحول مهم در حوزه مشاغل رخ خواهد داد. نخست اینکه تعداد زیادی از مشاغل به واسطه خودکارسازی منسوخ می‌شوند و دوم (و مهم‌تر) اینکه به واسطه مشاغل حرفه‌ای و مبتنی بر فناوری‌های نوین، چشم‌انداز آینده

بخش معدن و صنایع معدنی محقق می‌شود. به عبارت دیگر تمام مواردی که در گزارش‌های آینده‌نگر به عنوان یک فرصت برای بخش معدن و صنایع معدنی جهان و کشور، مطرح شد، از طریق مشاغل پیشرفته، محقق خواهد شد.

در جدول ۵ به برخی از نکات مهم گزارش‌های جهانی آینده‌نگر در بخش معدن و صنایع معدنی و موارد قابل بهره‌برداری برای آینده این بخش در کشور اشاره شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود مطالعه و برنامه‌ریزی برای رفع چالش‌های آتی در زمینه جایگزینی مشاغل با خودکارسازی از یک سو و تأمین نیروی کار حرفه‌ای و مبتنی بر فناوری‌های نوین در آینده بخش معدن و صنایع معدنی کشور از سوی دیگر، باید در برنامه تدوین نقشه‌راه بخش مذکور در کشور قرار گیرد. به‌طور خاص برای ایمنی مشاغل باید در بازه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ برای «حوادث منجر به فوت صفر» و «کل حوادث صفر» هدف‌گذاری و برنامه‌ریزی شد.

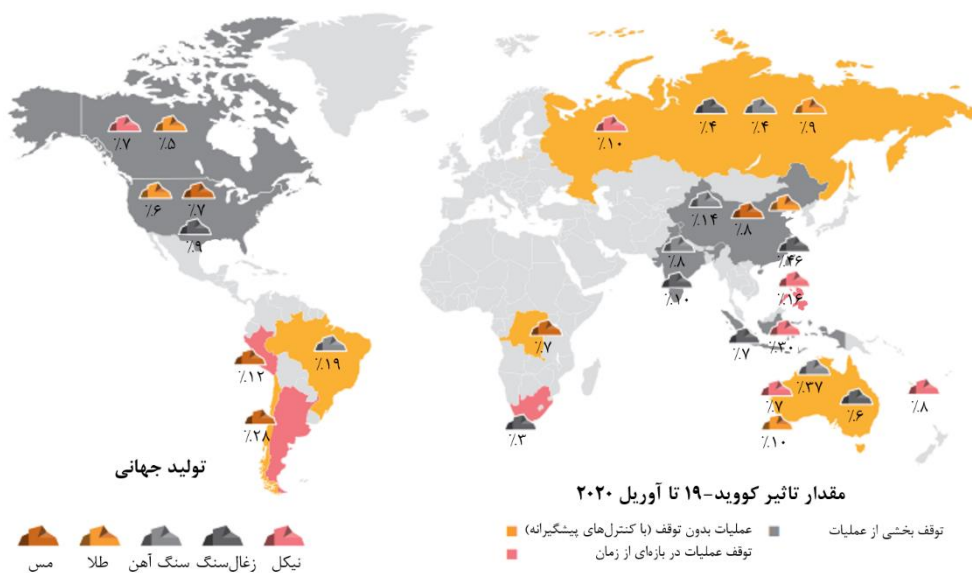
جدول ۵: جمع‌بندی اهم مطالب گزارش‌های آینده‌نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «تحول در مشاغل» و تأثیرات آن بر نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع تحول در مشاغل	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	فرصت‌های آینده	<p>* ۲ میلیون فرصت شغلی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی انرژی در اروپا وجود دارد که در صورت تحقق اهداف توسعه پایدار تا ۲۰۳۰، ۹۰۰ هزار شغل دیگر نیز به آن افزوده خواهد شد (گزارش ۵).</p> <p>* مهم‌ترین مشاغل آینده بخش معدن، شغل‌هایی مانند «همانگ‌کننده مرکز عملیات»، «دانشمند داده مرکز عملیات»، «کارشناس ارشد برنامه‌ریزی» و «متخصص عملکرد تیم» خواهد بود (گزارش ۳).</p> <p>* با تأسیس سازمان بهداشت و ایمنی معادن، ترکیه برای حوادث کاری صفر، برنامه‌ریزی کرده است (گزارش ترکیه-۱).</p>	<p>* بخشی از چالش‌های بیکاری و ناشی از خودکارسازی از طریق اشتغال‌زایی در حوزه انرژی‌های نو و بهینه‌سازی در بخش معدن و صنایع معدنی کشور، قابل رفع است.</p> <p>* مطالعات مستمر برای برآورد نیروی کار آینده بخش معدن و صنایع معدنی کشور و برنامه‌ریزی برای تأمین آن تا افق ۲۰۳۰ باید در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور لحاظ شود.</p> <p>* تا سال ۲۰۳۰، حوادث منجر به فوت در بخش معدن و صنایع معدنی کشور با کمک سیاست‌گذاری، نظارت، آموزش و فناوری‌های نوین باید برای رسیدن به عدد صفر، هدف‌گذاری و پایش شود.</p> <p>* تا سال ۲۰۵۰ باید کلیه حوادث بخش معدن و صنایع معدنی کشور به صفر برسد.</p>
۲	چالش‌ها	<p>* تولیدکنندگان نوظهور مواد معدنی مانند ایران، اوکراین و آفریقای جنوبی، با مشکل نیروی کار کم‌مهارت، کمبود آب و مسائلی از این دست مواجه هستند و برای کسب جایگاه جهانی به سرمایه‌های کلان و پذیرش ریسک‌های سیاسی نیاز دارند (گزارش ۱۶).</p> <p>* حدود ۸۰۰ جایگاه شغلی و ۲۰۰۰ فعالیت کاری در ۱۸ مهارت مختلف در اثر خودکارسازی در ترکیه از بین می‌روند (گزارش ترکیه-۲).</p> <p>* در کشور ترکیه بیش از یک سوم فعالیت‌های مرتبط با ۶۰ درصد از مشاغل قابلیت خودکارسازی را دارند و این کشور در نقطه‌ای بالاتر از حد میانگین برای خودکارسازی و دیجیتال‌سازی در سناریو میانه در نظر گرفته شده تا سال ۲۰۳۰ ایستاده است (گزارش ترکیه-۲).</p>	<p>* مطالعه جامع برای بررسی اثر خودکارسازی در بیکاری و اشتغال‌زایی بخش معدن و صنایع معدنی باید صورت گیرد و برای رفع چالش‌ها و استفاده از فرصت‌ها برنامه‌ریزی شود. این مطالعه باید در سال ۱۴۰۰ صورت گیرد تا برای افق ۲۰۳۰ میلادی و ۲۰۵۰ قابلیت برنامه‌ریزی وجود داشته باشد.</p>

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع تحول در مشاغل	گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
		<p>* بخش ساخت و تولید با ۶۵ درصد، معدن با ۶۱ درصد و کشاورزی با ۵۶ درصد دارای بالاترین ظرفیت خودکارسازی در ترکیه هستند (گزارش ترکیه-۲).</p> <p>* به‌طور میانگین انتظار می‌رود ۱/۸ میلیون جایگاه شغلی جدید در ترکیه تا سال ۲۰۳۰ ایجاد شود. اگرچه ظرفیت این کشور برای خودکارسازی بالا است و می‌توان ایجاد ۳/۱ میلیون جایگاه شغلی جدید را تا سال ۲۰۳۰ برای آن متصور بود (گزارش ترکیه-۲).</p> <p>* حدود ۲۱/۱ میلیون نیروی کار ترکیه‌ای نیازمند افزایش مهارت‌های خود در استفاده از فناوری برای باقی‌ماندن در جایگاه شغلی خود خواهند بود (گزارش ترکیه-۲)</p>	

ب-۶) تأثیرات همه‌گیری کووید-۱۹

همه‌گیری کووید-۱۹، تنها بحران چند دهه اخیر در جهان نبوده، لیکن ابعاد این بحران بسیار وسیع بوده و همچنان نیز هست و مهم‌تر اینکه چشم‌انداز آینده آن همچنان با وجود مسئله واکسیناسیون مؤثر و جهش‌های جدید ویروس، مبهم است. با اینکه بخش معدن و صنایع معدنی به دلیل بازگشت سریع تقاضای چین، ضربه زیادی از کووید-۱۹ دریافت نکرده‌اند، لیکن برآوردها نشان می‌دهد که کووید-۱۹ منجر به کاهش رشد در بخش‌های پایین‌دستی تقاضا مانند صنعت ساخت‌وساز و انرژی شده‌اند و از این لحاظ همچنان می‌توانند بر صنعت معدن و صنایع معدنی مؤثر باشند.



شکل ۱۲: بررسی اجمالی تأثیر کووید-۱۹ بر روی عملیات معدنی

همان طور که در جدول ۶ ملاحظه می شود اپیدمی کووید-۱۹ از منظر گزارش های آینده نگر بر وضعیت فعلی و آتی بخش معدن و صنایع معدنی تأثیرات جدی خواهد داشت. لیکن ادعا بر این است که این همه گیری نیز از یک الگوی شناخته شده مانند بحران های قبلی تبعیت می کند. همچنین راهکارهایی برای ایمن سازی محیط کار، خود کارسازی و به طور خاص بسترسازی برای تحول دیجیتال به شرکت های معدن و صنایع معدنی پیشنهاد شده است. از لحاظ داخلی باید هزینه های این همه گیری برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور برآورد شود و راهکارهای پیش بینی شود تا در بحران های آتی، چالش ها قابل پیش گیری باشند. همچنین لازم است با بررسی آخرین تحولات، نسبت به برنامه ریزی صادرات و واردات اقدام شود زیرا با توجه به ابهاماتی که همچنان پیش روی جهان است، امکان رخداد سناریوهای مختلف مانند قرنطینه جهانی وجود دارد. در جدول ذیل به سایر گزاره های استخراج شده از گزارش های آینده نگر و پیشنهادات برای بخش معدن و صنایع معدنی اشاره شده است.

جدول ۶: جمع بندی اهم مطالب گزارش های آینده نگر معدن و صنایع معدنی در موضوع «تأثیرات همه گیری کووید-۱۹» و تأثیرات آن بر نقشه راه بخش معدن و صنایع معدنی

ردیف	موضوعات فرعی	اهم نکات گزارش های جهانی در موضوع همه گیری کووید-۱۹	گزاره های قابل بهره برداری برای نقشه راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	وضعیت فعلی	* به دلیل بازگشت سریع تقاضای چین، درصد کمی از خبرگان، مختل شدن تقاضا به دلیل شیوع کرونا را ریسک مهم ارزیابی کرده اند (گزارش ۲۰). * صنعت معدن علیرغم پیش بینی قبلی (از دست دادن ۹۰ تا ۲۰۰ میلیارد دلار از درآمد)، به دلیل بحران کووید-۱۹ در معرض از دست دادن ۳۰ تا ۱۲۰ میلیارد دلار درآمد در سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۱۹ است (گزارش ۲۲).	* هزینه ناشی از همه گیری کووید-۱۹ در بخش معدن و صنایع معدنی کشور، برای برنامه ریزی بحران های آتی باید محاسبه و راهکارها برای بحران های بعدی، آماده شوند.
۲	پیش بینی آینده	* با همه گیری کووید-۱۹، روندهای سال ۲۰۲۱ در بخش صنایع معدنی، نسبت به سال های پیشین تفاوت پیدا کرده است (گزارش ۱۹). * هر بحران با یک دوره شوک قیمتی آغاز می شود (۲ هفته تا ۲ ماه) و سپس وارد شوک تقاضا شده (۳ ماه تا ۲ سال) و در ادامه به تعادل بین عرضه و تقاضا رسیده (۱ تا ۳ سال) و در نهایت تقاضا بهبود یافته و وارد وضعیت عادی جدید می شود (۱ تا ۵ سال) (گزارش ۲۲). * مرحله اول بحران کووید-۱۹ سپری شده است و هم اکنون (زمان تهیه گزارش) در حال گذر از مراحل دوم و سوم از این الگو است (گزارش ۲۲). * به دلیل کاهش تقاضا در بخش ساخت و ساز به همراه نیاز به انرژی، سنگ معدن آهن و زغال سنگ های متالورژیکی و گرمایی نیز در راستای فعالیت های اقتصادی کمتر، ضربه سختی از بحران جدید می خورند (گزارش ۲۲).	* وضعیت بخش معدن و صنایع معدنی کشور با توجه به الگو بحران فعلی مشخص شود و با توجه به مرحله بعدی برای عرضه و تقاضا برنامه ریزی شود. به ویژه باید سناریو جهش وپروس و وضعیت کرونرمانل نیز مدنظر قرار گیرد. * در برآوردهای صادراتی در زنجیره ارزش صنعت آهن و فولاد و زغال سنگ باید با توجه به الگوهای شناسایی شده از بحران کووید-۱۹، برنامه ریزی و اقدامات پیشگیرانه انجام شود.

گزاره‌های قابل بهره‌برداری برای نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور	اهم نکات گزارش‌های جهانی در موضوع همه‌گیری کووید-۱۹	موضوعات فرعی	ردیف
<p>* پایش اقدامات و راهکارهای شرکت‌های معدنی برای عبور و مدیریت بحران (باتوجه به احتمال جهش یا ادامه‌دار بودن بحران) باید مدنظر قرار گیرد. مواردی چون توانمندسازی، ارزیابی نقدینگی، خودکارسازی، ایمن‌سازی و بسترسازی برای تحول دیجیتال باید در افق کوتاه‌مدت مدنظر قرار گیرند.</p>	<p>* در شرایط بحران فعلی شش محور اصلی باید مدنظر مدیران بخش معدن و صنایع معدنی قرار گیرد: «توانمندسازی کارکنان»، «ارزیابی نقدینگی»، «اطمینان از تأمین و تحویل کالا»، «ایمن‌سازی تداوم عملیات»، «دستیابی به فرصت‌ها» و «ایجاد بستر جدید برای دنیای دیجیتال» است (گزارش ۲۳).</p> <p>* آمادگی برای بحران بعدی تابع ۴ راهکار «انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین»، «محافظت از ظرفیت تولید»، «به‌کارگیری خودکارسازی به عنوان فرصت کاربردی» و «افزایش اثربخشی کلی تجهیزات» است (گزارش ۲۳).</p>	<p>پیشنهادات</p>	

ج) خلاصه نتایج فصل سوم

در فصل سوم پژوهش، با عمق‌دهی بیشتر به حوزه‌های پنج‌گانه مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان» پرداخته شده است. در این فصل نقشه‌راه‌های آتی این صنایع، روندهای حوزه اکتشاف، عرضه، تقاضا، محیط‌زیست، آب، انرژی، تحولات فناورانه، اکوسیستم استارت‌آپی، اقدامات شرکت‌های تراز و تحول در صنایع پایین‌دستی، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

همانند فازهای پیشین، در این بخش نیز، تأثیر کووید-۱۹ به‌عنوان یک بحران بزرگ، مؤثر بر آینده و درس‌آموز برای بحران‌های بعدی در گزارش‌های آینده‌نگر مورد توجه قرار گرفته است. به‌ویژه تفاوت بین صنایع مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان در مواجهه با این بحران و اهمیت نقش چین در بازگشت تقاضا و برخی عدم قطعیت‌های آتی ناشی از واکنش‌های واکنش‌ناشیون، از جمله مهم‌ترین نکات برآمده از این گزارش‌هاست.

بدیهی است ویژگی‌های هرکدام از این مواد معدنی، منجر به تفاوت‌های جدی در مطالعات آینده‌نگری از یک‌سو و تحلیل روندهای عرضه، تقاضا، آب، محیط‌زیست، انرژی و پایین‌دستی آن‌ها از سوی دیگر می‌شود. در ابتدای مطالعه هر حوزه، کلیدی‌ترین یافته‌های پژوهش آورده شده است. در بخش پایانی فاز نیز، متناسب با تحلیل‌های انجام‌شده از گزارش‌های آینده‌نگر، پیشنهادات برای تدوین نقشه‌راه ۲۰۵۰ بخش معدن و صنایع معدنی کشور، ارائه شده است.

ج-۱) مس

به‌طور خلاصه و به تفکیک عناصر، بررسی مطالعات آینده‌نگر در صنعت مس، نشان داده که کربن‌زدایی از یک منظر برای صنعت مس چالش و از منظر دیگر فرصتی برای توسعه بازار خواهد بود. این صنعت می‌بایست هم‌زمان با کنار آمدن با چالش کاهش عیار (که نیازمند مصرف آب و انرژی بیشتر است) مصرف انرژی خود را بهینه و با انرژی‌های سبز جایگزین کند. از طرفی، مس یک فلز کلیدی برای بهینه‌سازی انرژی، توسعه خودروهای برقی و انرژی‌های تجدیدپذیر است و لذا در آینده با افزایش تقاضای روبه‌رشدی مواجه خواهد شد.

در نیمه دوم قرن جاری، چالش جدی برای استخراج منابع اولیه پیش‌بینی می‌شود و هم‌زمان با رشد بازیافت، اکتشاف و بهره‌برداری از منابع نامتعارف مس مانند بستر دریاها و اقیانوس‌ها توسعه خواهد یافت. همچنین منابع فعلی مس از لحاظ ثبات سیاسی و اجتماعی شرایط مطلوبی ندارند و عمدتاً در مناطق خشک و پرتنش آبی قرار گرفته‌اند که از لحاظ توسعه فناوری دچار چالش‌های جدی است. در سال ۲۰۵۰، سهم بازیافت نه‌تنها در مورد مس، بلکه در اغلب فلزات نقش حداکثری را خواهد داشت و اقتصاد چرخه‌ای و روند کربن‌زدایی ناشی از کاهش عمده انرژی مصرفی در فرآیندهای تولید از مواد بازیافتی (نسبت به منابع اولیه)، به این روند شدت خواهد داد. به‌طور خلاصه مهمترین یافته‌های گزارش‌های آینده‌نگر مس در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۷: نکات کلیدی ارزیابی‌های آینده‌نگر در صنعت مس در یک نگاه

❖ سیاست‌های کربن‌زدایی در جهان شامل توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، بهینه‌سازی مصرف انرژی و رشد خودروهای برقی منجر به افزایش قابل توجه تقاضا برای مس خواهد شد.
❖ کاهش عیار معادن مس در جهان و کاهش سرمایه‌گذاری برای بهره‌برداری از منابع جدید مس در سال‌های اخیر موجب عدم توازن عرضه و تقاضا در بازار مس شده است و انتظار می‌رود در سال‌های آینده این کسری عرضه موجب تداوم روند صعودی قیمت مس باشد.
❖ جایگزینی مس با آلومینیوم و توسعه بازیافت مس (منابع ثانویه) ممکن است کسری عرضه را قدری تعدیل سازد.
❖ میان مصرف سرانه مس و تولید ناخالص داخلی کشورها رابطه مستقیم وجود دارد.
❖ برخی کشورهای صنعتی همچون آلمان و ژاپن با واردات گسترده مس و تبدیل آن به کالاهای با ارزش افزوده بالا توانسته‌اند درآمدی به‌مراتب بیشتر از صادرات مس خام در کشورهای تولیدکننده مس، ایجاد کنند.
❖ از میان ۲۰ معدن بزرگ مس در سطح جهان، تنها چهار معدن در قرن ۲۱ تولید خود را آغاز کرده‌اند. آخرین معادن کشف‌شده نیز در آمریکای لاتین و جنوب صحرای آفریقا قرار دارند که این مناطق از ثبات سیاسی و اجتماعی ضعیفی برخوردار هستند.
❖ بازار جهانی مس علاوه بر وابستگی به شاخص‌های بنیادین همچون ارزش دلار، توازن عرضه و تقاضا، عملکرد شاخص‌های اقتصادی و سیاسی و نرخ بهره، به‌شدت تحت تأثیر هیجانات و انتظارات غیر بنیادین قرار دارد.
❖ مس قابلیت بازیافت ۱۰۰ درصدی به‌صورت نامحدود را دارد. هم‌اکنون یک‌سوم تقاضا برای مس از منابع ثانویه تأمین می‌شود و پیش‌بینی می‌شود بازیافت به منبع مهمی برای عرضه مس در دهه آینده تبدیل شود.

- ❖ تولید مس از منابع ثانویه (بازیافت) موجب کاهش ۸۵ درصدی انرژی مصرفی می‌شود.
- ❖ منابع مس در کف اقیانوس‌ها و سیارک‌ها منبع جدیدی برای استخراج مس در آینده محسوب می‌شوند.
- ❖ از آن رو که اغلب منابع مس جهان در مناطق کم‌آب و خشک قرار دارند، موضوع تأمین آب برای استخراج و فرآوری این منابع یک چالش مهم محسوب می‌شود. در این راستا شرکت‌های تراز جهانی به دنبال سرمایه‌گذاری در تصفیه آب و شیرین‌سازی آب دریا و انتقال آن به معادن هستند.
- ❖ کاهش عیار معادن مس در جهان موجب افزایش شدت مصرف انرژی به ازای هر تن مس تولیدی شده است.
- ❖ روند کربن‌زدایی تولیدکنندگان مس را ملزم به هدف‌گذاری برای کاهش ردپای کربن نموده است. برخی از شرکت‌های تراز جهانی به صفر رساندن ردپای کربن خود تا سال ۲۰۵۰ را هدف قرار داده‌اند. در این راستا شرکت‌ها اقدام به برقی‌سازی بخش‌هایی همچون لجستیک، تأمین انرژی از منابع تجدیدپذیر و بهینه‌سازی انرژی نموده‌اند.
- ❖ خطر جایگزینی آلومینیوم موجب تمرکز تولیدکنندگان مس بر تولید محصولات با ارزش افزوده بیشتر و یافتن کاربردهایی برای مس که قابل جایگزینی با دیگر فلزات نباشد، شده است.
- ❖ فناوری نانو ارتقاء برخی خواص مس همچون رسانایی و استحکام مکانیکی را ممکن ساخته است.
- ❖ نوآوری‌های جدید در روش‌های فرآوری مس موجب کاهش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی و مصرف آب و انرژی خواهد شد.

ج-۲) آلومینیوم

آینده صنعت آلومینیوم در افق ۲۰۵۰، به شدت تحت تأثیر انتشار کربن این صنعت است. با توجه به پیش‌بینی تقاضای بالا برای این صنعت، فشارها بر صنعت آلومینیوم بیش‌ازپیش خواهد شد. به‌طور خاص، صنایع پایین‌دستی صنعت آلومینیوم مانند خودروسازی، که در پی کاهش انتشار کربن از کل زنجیره ارزش خود هستند، این صنعت را مجبور به کاهش و نهایتاً صفر کردن ردپای کربن خود و استفاده از رویکردهایی مانند مالیات کربن خواهند کرد. برآورد می‌شود بازطراحی محصول، اقتصاد چرخه‌ای و بازیافت در صنعت آلومینیوم کلیدی خواهد شد و این صنعت به سمت جایگزینی منابع انرژی با انواع سبز و تجدیدپذیر سوق خواهد یافت. به‌طور کلی گذار انرژی و برقی‌سازی با تمام ابعاد آن، یکی از پیشران‌های اصلی رشد در صنعت آلومینیوم خواهد بود.

از لحاظ تقاضا، چین نقش پررنگی در افزایش عرضه و تقاضای جهانی آلومینیوم در دهه اخیر داشته است و انتظار می‌رود همچنان با رشد شاخص‌های اقتصادی این کشور، این نقش تا افق ۲۰۵۰ ادامه یابد. البته

مصرف بالای آب در صنعت آلومینیوم چین، به فشار بر این صنعت آلومینیوم این کشور خواهد افزود. برای رفع نیاز مصرف و جلوگیری از شوک به بازار عرضه و تقاضای آلومینیوم، برآورد می‌شود که حجم اکتشاف بیشتر و متمرکز بر منابع نامتعارف شود. هم‌زمان، با توجه کاهش بسیار کمتر مصرف انرژی تولید از مواد بازیافتی (نسبت به مواد اولیه)، استفاده از این روش برای رفع چالش تقاضای آلومینیوم در آینده توسعه خواهد یافت. در بخش تقاضای پایین‌دستی، آلومینیوم به سبب وزن کم، با موادی مانند فیبر کربن و فولاد مستحکم در رقابت خواهد بود و از لحاظ توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با رشد تقاضا مواجه خواهد شد.

انقلاب صنعتی چهارم، در صنعت آلومینیوم منجر به ظهور مفهوم «صنعت آلومینیوم ۴/۰» شده است. در حال حاضر شواهدی از کاربرد تولید افزایشی، رایانش ابری، حسگرهای مجازی، رباتیک و دوقلوی دیجیتال، در این صنعت وجود دارد. به‌ویژه چاپ سه‌بعدی به‌عنوان یک حوزه جذاب در پایین‌دست صنعت آلومینیوم، رشد خواهند یافت.

جدول ۸: نکات کلیدی ارزیابی‌های آینده‌نگر در صنعت آلومینیوم در یک نگاه

❖ چین نقش پررنگی در افزایش عرضه و تقاضای جهانی آلومینیوم در دهه اخیر داشته است و انتظار می‌رود همچنان با رشد شاخص‌های اقتصادی این کشور نیز افزایش یابد.
❖ تلاش برای کشف ذخایر بیشتر، با توجه به شوک‌های وارد شده به بازار عرضه و پیش‌بینی‌های افزایش تقاضا به دلیل نیاز صنایع سبز به آلومینیوم، ادامه خواهد داشت.
❖ مسئله اقتصاد چرخه‌ای در صنعت آلومینیوم و بازیافت، منجر به حساسیت‌های طراحی محصول در زنجیره ارزش به‌منظور قابلیت جداسازی و بازیافت بهتر خواهد شد.
❖ تحت فشارهای محیط‌زیستی و به دلیل انرژی‌بر بودن صنعت آلومینیوم، اهمیت بازیافت بیشتر خواهد شد. به‌خصوص که برآورد می‌شود میزان انرژی مصرفی فرآیند بازیافت، تنها ۱۰ درصد تولید آلومینیوم از منابع اولیه است.
❖ افزایش تقاضا برای آلومینیوم به‌شدت روی رشد و چشم‌گیر شدن انتشار کربن این صنعت مؤثر است و به همین سبب، در مقایسه با سایر فلزات، فشارها برای کاهش ردپای کربن صنعت آلومینیوم تا ۲۰۵۰، بیش‌ازپیش افزایش می‌یابد.
❖ در حال حاضر کار چندانی جهت جایگزینی منابع انرژی صنعت آلومینیوم با انرژی‌های پاک و انجام نشده است. همچنین اغلب انرژی صنعت آلومینیوم از منابع مبتنی بر زغال‌سنگ تأمین می‌شود که خود به بحران‌های محیط‌زیستی این صنعت دامن می‌زند.
❖ برای دستیابی به انتشار صفر تا افق ۲۰۵۰، صنعت آلومینیوم باید راهکارهایی برای حذف کربن ناشی از انرژی بیابد یا انرژی مصرفی خود را به‌طور کامل با انرژی پاک جایگزین کند.

- ❖ فشار زیادی از سمت صنایع پایین دستی به خصوص خودروسازی به صنعت آلومینیوم وارد خواهد شد که آلومینیوم با میزان انتشار صفر تولید کند. به عبارت دیگر شرکت‌های خودروسازی به تدریج صرفاً مشتری تولیدکنندگانی خواهند شد که «آلومینیوم صفر کربن» تولید کنند و احتمالاً در آینده ممکن است ممنوعیت در برخی از بازارهای سبز مثل اتحادیه اروپا برای خرید آلومینیوم پراشتار وضع شود.
- ❖ عمده آلاینده‌گی در بخش استخراج معدنی آلومینیوم مربوط به حمل و نقل است، برخلاف تولید آلومینیوم که عمدتاً به سبب نوع انرژی مصرفی است.
- ❖ انتشار کربن آلومینیوم در افق ۲۰۵۰ در مقایسه با فلزاتی مانند مس و نیکل، بسیار بالا و بیش از ۸۰۰ میلیون تن برآورد شده است. این موضوع حساسیت‌ها و فشارها بر صنعت آلومینیوم را بیش از پیش می‌سازد. در مقایسه با فولاد نیز، فناوری‌های تولید آلومینیوم، انتشار کربن حدود هفت برابری دارند.
- ❖ در میان صنایع فلزی، پیش‌بینی می‌شود که مالیات بر کربن در صنعت آلومینیوم پیاده شود و با توجه به حوزه رقابتی کشورهای خلیج فارس در زمینه آلومینیوم، احتمالاً موضوع مالیات کربن این صنعت مهم خواهد شد.
- ❖ مصرف آب در صنعت آلومینیوم چین، نزدیک به سه برابر متوسط جهانی^۱ است و با توجه به جایگاه چین در این صنعت، احتمالاً فشار اولیه بر کاهش مصرف آب توسط این کشور خواهد بود و در مراتب بعدی فشار بر کل صنعت برای کاهش مصرف آب وارد خواهد شد.
- ❖ با الهام از انقلاب صنعتی چهارم، مفهومی تحت عنوان «صنعت آلومینیوم ۴/۰» در حال توسعه است که به معنی نفوذ فناوری‌های نوین در کلیه زنجیره ارزش صنعت آلومینیوم است. در حال حاضر شواهدی از کاربست تولید افزایشی، رایانش ابری، حسگرهای مجازی، رباتیک و دوقلوی دیجیتال، در این صنعت وجود دارد.
- ❖ هم‌زمان با فولاد، استفاده از آلومینیوم در صنعت چاپ سه‌بعدی، یک روند مهم در این دو صنعت است.
- ❖ در بازار اروپا، انتظار می‌رود بیشترین رشد مصرف آلومینیوم تا سال ۲۰۵۰ مربوط به محصولات نیمه‌نهایی مانند ورق، پروفیل، لوله باشد و به‌طور کل بیشترین میزان رشد تقاضا در صنعت حمل و نقل و پس از آن در مصارف الکتریکی همچون صنعت انرژی و الکترونیک خواهد بود.
- ❖ گذار انرژی و برقی‌سازی با تمام ابعاد آن، یکی از پیشران‌های اصلی رشد در صنعت آلومینیوم خواهد بود.
- ❖ وزن سبک آلومینیوم نسبت به سایر فلزات همچون فولاد، برنج، مس و غیره موجب ظهور کاربردها و مصارف جدیدی از این فلز در صنایع حمل و نقل شده است. در مقابل فولاد مستحکم، فیبر کربن و منیزیم، رقبای آلومینیوم خواهند بود.
- ❖ با اینکه رقابت بین فولاد مستحکم و آلومینیوم برای استفاده در بدنه خودروهای برقی در جریان است، بازار هر دو فلز با نرخ‌های متفاوت در حال رشد است. پیش‌بینی‌های آینده نیز به نفع استفاده از این دو فلز در خودروهای برقی است.

^۱ میانگین کل جهان بدون در نظر گرفتن کشور چین.

ج-۳) سرب و روی

در صنعت سرب و روی، برآورد شده است که در بازه ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵، تولید سرب و روی از منابع فعلی در کشورهای اصلی تولیدکننده، به شدت کاهش خواهد یافت و در این میان، وضعیت منابع سرب از روی نامناسب تر و اتمام آن زودتر خواهد بود. علاوه بر این کاهش عیار نیز مزید بر علت خواهد بود و همزمان با افزایش تقاضا، چالش های این صنعت را بیش از پیش خواهد کرد. به طور خاص شدت تقاضای این صنعت تحت تأثیر چین، هند و سپس باقی آسیا خواهد بود. عطف به این موارد سرمایه گذاری در اکتشاف منابع جدید، تبدیل منابع ثانویه به منبع اصلی تأمین تا ۲۰۵۰ و اکتشاف و بهره برداری سرب و روی از بستر دریا و کف اقیانوس ها در دستور کار کشورها قرار خواهد گرفت.

آینده صنعت سرب و روی به طرق مختلف تحت تأثیر فناوری و محیط زیست قرار می گیرد. در سمت پایین دست، هر دو فلز در انرژی های تجدیدپذیر نقش خواهند داشت و توسعه صنعت مذکور منتج به افزایش تقاضا برای صنعت سرب و روی خواهد شد. همزمان این صنعت برای دستیابی به آرمان کربن صفر تا افق ۲۰۵۰ باید به جایگزینی انرژی های فسیلی با انرژی های تجدیدپذیر بروی آورد. از منظر ذخیره انرژی، ظهور باتری های لیتیوم-یون، رقیب جدی باتری های اسید-سرب در صنعت خودروسازی خواهد بود ولی رشد عرضه و تقاضای خودروسازی، همچنان موجب رشد تقاضای سرب خواهد شد. در همین زمینه، باتری های روی-هوا نیز در صورت تجاری سازی می توانند ظرفیت جدیدی برای ذخیره سازی انرژی از خود نشان دهند.

جدول ۹: نکات کلیدی ارزیابی های آینده نگر در صنعت سرب و روی در یک نگاه

❖ در بازه ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵، تولید سرب و روی از منابع فعلی در کشورهای اصلی تولیدکننده، به شدت کاهش خواهد یافت و در این میان، وضعیت منابع سرب از روی نامناسب تر و اتمام آن زودتر خواهد بود.
❖ عامل اصلی مؤثر بر تقاضای آینده سرب و روی، تقاضای کشورهای چین و هند و سپس باقی آسیا است.
❖ روندها به سمت صفر کردن انتشار کربن صنعت سرب و روی تا سال ۲۰۵۰ و تبدیل منابع ثانویه به منبع اصلی تأمین این فلزات است.

- ❖ پس از همه‌گیری کووید-۱۹، بازگشت ثبات عرضه و تقاضا و قیمت‌های سرب و روی، تا حدودی وابسته به شرایط آمریکای لاتین و چشم‌انداز واکسیناسیون در این کشورهاست. با این حال بازگشت تقاضای فلزات پایه در چین، تا حدودی بازار را از بحران خارج کرده است.
- ❖ ظهور باتری‌های لیتیوم-یون به رقیب جدی برای تقاضای باتری‌های اسید-سرب در صنعت خودروسازی تبدیل می‌شود ولی با توجه به نیاز وسایل نقلیه سنگین و به‌طور کلی رشد عرضه و تقاضای صنعت خودروسازی، همچنان تقاضای سرب در این بخش رشد خواهد کرد.
- ❖ اکتشاف در منابع جدید سرب و روی مانند بستر دریا و کف اقیانوس‌ها در دستور کار کشورها قرار خواهد گرفت به‌خصوص برآوردها نشان می‌دهد مسئله اتمام ذخایر فعلی جدی است و منابع فعلی تا سال ۲۰۵۰، کفاف تقاضای آتی را نخواهند داد.
- ❖ علاوه بر اکتشافات کم، کاهش عیار منابع فعلی، به چالش جدی صنعت سرب و روی تبدیل خواهد شد.
- ❖ توسعه فناوری بیشترین نقش را در حوزه اکتشاف (شامل اکتشاف منابع غیرمتعارف) و افزایش کارایی انرژی در صنعت سرب و روی، خواهد داشت.
- ❖ تا افق ۲۰۵۰، انرژی‌های تجدیدپذیر جایگزین انرژی‌های فسیلی در کل زنجیره ارزش سرب و روی خواهند شد، حتی در بخش حمل‌ونقل این فلزات نیز، استفاده از سوخت پاک، جایگزین سوخت‌های فسیلی خواهد شد.
- ❖ با توجه به آسیب‌های محیط‌زیستی سرب و سمی بودن آن، تلاش برای جایگزینی این فلز در کاربردهای مختلف آن مانند تأسیسات آبی، از گذشته تاکنون در حال انجام است. با این حال این بخش تقاضا، درصد ناچیزی از تقاضای کل سرب بوده و در چشم‌انداز آتی آن قابل چشم‌پوشی است.
- ❖ کاربرد سرب و روی در انواع انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه در سلول‌های خورشیدی، این دو فلز را برای گذار انرژی، جذاب کرده است.
- ❖ با توجه به اینکه «باتری‌ها، تقاضای اصلی سرب» و «گالوانیزه، تقاضای اصلی روی» را تشکیل می‌دهند، رصد تقاضای آتی این دو فلز، صرفاً درگیر عدم قطعیت‌ها و نوآوری‌های حوزه «پوشش‌ها» و «باتری‌ها» است.

ج- (۴) طلا

چشم‌انداز آینده صنعت بالادستی طلا، گره خورده با عوامل متعددی است که برخی مانند کاهش عیار و صفر کردن انتشار کربن مانند صنایع دیگر فلزی است و برخی دیگر مانند تحول در کاربردهای پایین‌دستی، خاص این صنعت است. از منظر نخست، منابع معدنی طلا در حال پراکنده‌تر، کم‌عیارتر و متنوع‌تر شدن است. همچنین عطف به تقاضا، سرمایه‌گذاری‌های مناسبی در دهه اخیر در این صنعت انجام نشده است. لذا اکتشاف بیشتر در سطح جهانی و اتکاء به منابع نامتعارف مانند منابع زیرزمینی، بستر اقیانوس‌ها و سیارک‌ها

روند مهمی در زمینه عرضه طلا است. همچنین بازیافت یک روند کلیدی و جدی‌تر در صنعت طلا خواهد شد به‌ویژه در حجم انباشته دورریزهای الکترونیک و رشد پرشتاب این محصولات، به رشد بازیافت طلا منجر خواهد شد.

تحول در پایین دست طلا به سبب کاربردهای آن با دیگر فلزات تفاوت دارد. وجه «دارایی» طلا نشان داده است که در طی رکودها، معمولاً این فلز با افزایش تقاضا مواجه شده است و پیش‌بینی می‌شود در چند دهه آتی، بروز یک بحران که کاملاً محتمل است منجر به رشد بیشتر تقاضای طلا شود. این کاربرد طلا، احتمالاً با ظهور مفهوم رمزارزها به‌ویژه بیت‌کوین، در مخاطره قرار خواهد گرفت. البته در حال حاضر گمانه‌زنی‌ها و عدم قطعیت‌های متعددی پیرامون رقابت طلا و رمزارزها وجود دارد و در کوتاه‌مدت همچنان بازار طلا به‌عنوان دارایی رو به رشد خواهد بود. لیکن ترجیحات نسل آتی و توسعه فناوری، ممکن است قاعده بازی را برای صنعت طلا تغییر دهد. در پایین دست طلا، به‌ویژه جواهرات و فناوری، بازار هند، چین و اقیانوسیه، به رشد تقاضا شتاب خواهند داد.

تحول فناورانه در صنعت طلا به سمت حذف سیانید از فرآیند تولید در چشم‌انداز بلندمدت و صفر کردن انتشار در زنجیره ارزش این صنعت تا ۲۰۵۰ است و مجموعه‌ای از فناوری‌های پیش، حذف و جذب کربن، بدین منظور توسعه خواهند یافت. تأمین انرژی، اصلی‌ترین سهم در انتشار کربن در صنعت طلا را دارد و به همین جهت رویکردهای جایگزینی انرژی‌های سبز و افزایش بهره‌وری انرژی، برای دستیابی به هدف صفر مهم خواهد شد. علاوه بر این، مجموعه‌ای از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم مانند پهپادها، هوش مصنوعی، کلان داده، بلاکچین (دفتر کل توزیع شده) و ماشین‌آلات خودکار و وسایل حمل‌ونقل خودران در این صنعت نفوذ کرده‌اند که در این میان فناوری بلاکچین برای شناسایی ردپای طلا و جلوگیری از معدن‌کاری سیاه و غیرقانونی، اهمیت بسزایی خواهد داشت.

جدول ۱۰: نکات کلیدی ارزیابی‌های آینده‌نگر در صنعت طلا در یک نگاه

❖ منابع معدنی طلا در حال پراکنده‌تر، کم‌عیارتر و متنوع‌تر شدن است، لذا اکتشاف بیشتر در سطح جهانی یک روند کلیدی است.

- ❖ بحران‌های جهانی اعم از رکود یا همه‌گیری اخیر، اغلب به سبب اهمیت وجه دارایی طلا، به نفع تقاضای صنعت طلا بوده است.
- ❖ به احتمال بسیار زیاد در ۳۰ سال آینده بحران‌های اقتصادی و غیراقتصادی دیگری رخ خواهد داد که به نفع افزایش تقاضای صنعت طلا خواهد شد.
- ❖ گرایش قابل توجهی به سمت اکتشاف و استخراج منابع زیرزمینی، زیر سطح دریا و اقیانوس‌ها در زمینه طلا وجود دارد.
- ❖ سرمایه‌گذاری نامناسب برای اکتشاف و عدم کشف معادن بزرگ و غنی جدید، برای آینده عرضه طلا بحران‌زا خواهد بود.
- ❖ توسعه معدن کاری عمیق، از لحاظ روش‌های اکتشاف و استخراج، پیشران توسعه فناوری‌های جدید و کاملاً متفاوت با فناوری‌های فعلی خواهد شد.
- ❖ رشد و جذابیت بازار هند و چین و به خصوص اقیانوسیه از منظر جواهرات بیش از پیش خواهد شد.
- ❖ رمزارزها به عنوان یک ایده جذاب برای سرمایه‌گذاری، به احتمال زیاد نخواهند توانست بخش جدی بازار طلا را (از منظر سرمایه‌گذاری) کسب کنند ولی ترجیحات نسل‌های جدید، ممکن است این برآورد را برهم زند.
- ❖ بازیافت یک روند کلیدی و جدی‌تر در صنعت طلا خواهد شد به ویژه در حجم انباشته دورریزهای الکترونیک و رشد پرشتاب این محصولات، به رشد بازیافت بیشتر طلا منجر خواهد شد.
- ❖ با وجود اینکه فرآیند رشد تقاضا در هر سه کاربرد طلا در سرمایه‌گذاری، جواهرات و فناوری، رخ خواهد داد، لیکن در بخش فناوری، به دلیل ویژگی‌های طلا، این رشد پرشتاب خواهد بود و به طور خاص نانوذرات طلا بازار جذاب و با ارزش افزوده بالایی خواهند داشت.
- ❖ از لحاظ فناوری تولید، سیانید (حتی با وجود استانداردهای سخت‌گیرانه) از فرآیند تولید حذف خواهد شد.
- ❖ هدف‌گذاری برای حذف کربن از زنجیره ارزش صنعت طلا و صفر کردن آن در ۲۰۵۰، هدف و مسئله اصلی شرکت‌های طلا خواهد بود.
- ❖ بخش تأمین انرژی، اصلی‌ترین میزان انتشار کربن در صنعت طلا را خواهد داشت و رویکردهای جایگزینی انرژی‌های سبز و افزایش بهره‌وری انرژی، برای دستیابی به هدف صفر مهم خواهد شد.
- ❖ فناوری‌های نوین به خصوص پهپادها، هوش مصنوعی، کلان‌داده، بلاکچین (دفتر کل توزیع‌شده)^۱ و ماشین‌آلات خودکار و وسایل حمل‌ونقل خودران در این صنعت نفوذ کرده‌اند و نمونه‌های متعددی از اقدام شرکت‌های پیشروی طلا در حال استفاده از آن‌ها وجود دارد.

^۱ DLT: Distributed Ledger Technology

ج-۵) سیمان

در آینده صنعت سیمان، با وجود رونق بخش ساخت‌وساز در چشم‌انداز ۲۰۵۰، این صنعت به جای افزایش تولید، درگیر صفرکردن انتشار کربن تا افق مذکور خواهد بود. به‌ویژه صنعت ساخت‌وساز، خود تحت فشار برای کاهش کربن در زنجیره ارزش است و به همین مناسبت صنعت سیمان یا مجبور به کربن‌زدایی از فرآیند می‌شود یا به‌واسطه توسعه شهرها و ساخت‌وساز پایدار، در رقابت بر سر رشد، به مواد سبز خواهد باخت. در حال حاضر صنعت سیمان درگیر مزاد ظرفیت است و اگر سناریوهای پاک رخ دهند، ممکن است با کاهش بیشتر تقاضا نیز مواجه شود. در سناریو، خوش‌بینانه، تولید این صنعت از ۴/۵ میلیارد تن سالانه در سال‌های جاری به ۵ میلیارد تن خواهد رسید که در مقایسه با تقاضای فلزات موردبررسی در این پژوهش، سرعت رشد پایینی دارد. به عبارتی ظرفیت مزاد شرکت‌های سیمانی در سراسر جهان، مسئله اصلی را از توسعه واحدهای بیشتر به سمت دو مقوله «حذف کربن» و «نوآوری در محصول، به‌ویژه سیمان سبز» سوق داده است.

کربن‌زدایی از صنعت سیمان موضوع جدی و چالش اصلی این صنعت خواهد بود. در حال حاضر شرکت‌های بزرگ این صنعت و انجمن‌های صنعتی بین‌المللی، برای صفرکردن کربن نقشه‌راه ترسیم نموده و برای کاهش ۵۰ درصدی کربن تا ۲۰۳۰ و حذف آن تا ۲۰۵۰، هدف‌گذاری کرده‌اند. کاهش یا حذف کلینکر، از مهم‌ترین تحولات پیش‌بینی شده برای آینده صنعت سیمان در راستای حذف کربن از فرآیند تولید است. استفاده از سایر راهکارهای فناورانه مانند فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم برای بهینه‌سازی تولید، افزایش بهره‌وری و کاهش انتشار کربن نیز در آینده صنعت سیمان، روبه‌گسترش خواهد بود.

برقی‌شدن، پاک‌شدن و خودران‌شدن سیستم حمل و نقل از یک‌سو و کاهش حمل‌ونقل جاده‌ای و افزایش ظرفیت کشتی‌ها در حمل‌ونقل جهانی از سوی دیگر منجر به فرصت‌های جدید برای کشورهای صادرات‌محور در صنعت سیمان و کاهش موانع تجارت جهانی خواهد شد. استفاده از هیدروژن و برقی‌شدن در فرآیندهای صنعت سیمان نیز، به‌سبب کربن‌زدایی از این صنعت مطرح و در حال توسعه است. هم‌اکنون نیز صنعت سیمان در حال استفاده از انرژی‌ها و سوخت‌های تجدیدپذیر و پاک است و برآورد می‌شود با سرعت بیشتری

این روند ادامه داشته باشد. متقابلاً، سیمان در پایه بتنی توربین‌های بادی، می‌تواند یک رقیب برای صنعت فولاد باشد.

جدول ۱۱: نکات کلیدی ارزیابی‌های آینده‌نگر در صنعت طلا در یک نگاه

❖ مهم‌ترین متغیر تأثیرگذار در آینده سیمان، حذف ردپای کربن از این صنعت و به صفر رساندن میزان انتشار تمامی فرآیندهای اصلی و پشتیبانی تا افق ۲۰۵۰ است.
❖ ظرفیت مازاد شرکت‌های سیمانی در سراسر جهان، مسئله اصلی را از توسعه واحدهای بیشتر به سمت دو مقوله «حذف کربن» و «نوآوری در محصول» سوق داده است.
❖ کاهش یا حذف کلینکر، از مهم‌ترین تحولات پیش‌بینی‌شده برای آینده صنعت سیمان در راستای حذف کربن از فرآیند تولید است.
❖ علی‌رغم انگاره‌های منفی در مورد چالش‌های حمل‌ونقل در صنعت سیمان، نمونه‌های متعددی وجود دارد که با نوآوری در محصول (مانند ترکیه) و استفاده از ظرفیت‌های خالی حمل‌ونقل (مانند چین)، تنوع و مسافت صادراتی خود را افزایش داده‌اند.
❖ برقی‌شدن، پاک‌شدن و خودران‌شدن حمل‌ونقل از یک‌سو، کاهش حمل‌ونقل جاده‌ای و افزایش ظرفیت کشتی‌ها در حمل‌ونقل جهانی، برای کشورهای صادرات‌محور در صنعت سیمان فرصت جدید ایجاد خواهد کرد.
❖ رهبران صنعت سیمان در سطح جهان، اغلب برای صفرکردن کربن تا افق ۲۰۵۰، نقشه‌راه تدوین کرده‌اند. این کشورها برنامه میانی خود را تا افق ۲۰۳۰ و با کاهش بیش از ۵۰ درصدی ردپای کربن تنظیم کرده‌اند.
❖ روند توسعه شرکت‌های بزرگ سیمانی هم به سمت ادغام عمودی و هم ورود به حوزه پایین‌دست (برای گارانتی بازار) بوده است. از لحاظ نوآوری‌ها و فعالیت‌های استارت‌آپی نیز، عمده فعالیت‌های شرکت‌های سیمانی، در بخش پایین‌دست شکل گرفته است.
❖ آینده صنایع پایین‌دست در صنعت سیمان؛ مانند صنعت ساخت‌وساز، پر رونق و روبه‌رشد خواهد بود، لیکن نخست به دلیل افزایش حساسیت‌ها و استانداردهای محیط‌زیستی در صنعت ساخت‌وساز، دوم مازاد ظرفیت شرکت‌های فعال فعلی و سوم، افزایش نهایتاً ۲۰ درصدی تقاضا برای سیمان تا افق ۲۰۵۰، عمده فعالیت شرکت‌های سیمانی، رقابت برای حذف کربن در صنعت و بالابردن استانداردها برای حذف رقبا خواهد بود.
❖ برقی‌سازی یک کلان‌روند بسیار مهم بوده که در حال نفوذ به تمامی صنایع از جمله سیمان است. با وجود اینکه، نمونه‌های برقی‌سازی در فرآیندهای تولید صنعت سیمان محدود است ولی ظرفیت این کلان‌روند به‌ویژه از لحاظ محیط‌زیستی، برای ایجاد تحول در صنعت سیمان زیاد است.
❖ جایگزینی سوخت‌های فسیلی در فرآیندهای اصلی تولید سیمان و سوخت‌های مورد استفاده برای حمل‌ونقل محصولات سیمانی، روند اصلی صنعت سیمان است. به‌طور خاص استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و خودروهای باری نیمه سنگین و سنگین برقی (در حال ورود به بازار)، روال خواهد شد.

- ❖ استفاده از سوخت‌های هیدروژنی در صنعت سیمان و تحول بر مبنای هیدروژن در این صنعت (مانند تحول آفرینی هیدروژن در صنایع فلزی) از جمله تحولات کلیدی در آینده صنعت سیمان خواهد بود.
- ❖ بحث مصرف انرژی و جایگزینی با سوخت‌های تجدیدپذیر مسئله حائز اهمیتی برای صنایع سیمان است و در حال حاضر نیز بسیاری از واحدهای تولیدی به دنبال بهینه‌سازی انرژی و توسعه انرژی‌های جایگزین (همچون سوخت زیستی و هیدروژن) هستند.
- ❖ فناوری‌های دیجیتال به صورت گسترده در مدیریت فرآیند تولید تا حمل و نقل، فروش و تعمیرات و نگهداری در صنعت سیمان وارد شده‌اند. پیش‌بینی می‌شود کارخانه‌های سیمان آینده، به طور کامل در یک پلتفرم دیجیتال و هوشمند مدیریت شوند.

ج-۶) حوزه‌های مشترک هر ۵ صنعت

در هر پنج حوزه مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، با وجود تنوع اقتضائات هر ماده معدنی، فناوری‌های تولیدی آن‌ها و به طور خاص گوناگونی آینده صنایع پایین‌دستی مربوطه، نقاط اشتراک و عوامل همسوساز وجود دارد. اغلب مطالعات آینده‌نگر، تأکید بر توسعه پایدار و به طور خاص سفر کردن انتشار کربن تا افق ۲۰۵۰ دارند. عامل مشترک دوم، انقلاب فناوری است که برای کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و خلق مدل‌های کسب‌وکار جدید، در خدمت پنج حوزه صنعتی مذکور قرار گرفته است.

در ادامه، به تفکیک مهم‌ترین بخش‌های گزارش‌های آینده‌نگر شامل «عرضه و وضعیت منابع»، «انرژی، آب و محیط‌زیست»، «فناوری نوین» و «تقاضا و صنایع پایین‌دستی»، نقاط اشتراک و افتراق نقشه‌راه‌ها و مطالعات آینده‌نگر در پنج حوزه مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان بررسی شده و در آخر و منتج از تمامی این بخش‌ها رهیافت‌های کلیدی برای چشم‌انداز این بخش‌ها در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ارائه شده است.

ج-۶-۱) بررسی کلان‌نگر و تجمیعی پنج حوزه در زمینه عرضه و وضعیت منابع

در بخش معدن و صنایع معدنی نیز مشابه سایر حوزه‌های اقتصادی، بخش عمده‌ای از پیش‌بینی‌ها و حتی دغدغه‌ها پیرامون «تعادل عرضه و تقاضا» متمرکز شده است. مطالب ارائه شده پیرامون

حوزه‌های طلا، مس، سیمان، آلومینیوم، سرب و روی، در این فاز نیز مملو از پیش‌بینی عرضه و تقاضا است. به‌طور خاص ذخایر و منابع تا افق ۲۰۵۰ یا حتی ۲۱۰۰ و ۲۲۰۰، موضوع مدل‌سازی‌ها و گمانه‌زنی‌ها قرار گرفته‌اند.

واکاوی دقیق‌تر عرضه در نقشه‌راه‌ها و آینده‌نگری‌های مذکور نشان می‌دهد، موضوعاتی چون دسترسی به فناوری مناسب برای استخراج از منابع موجود، کاشه عیار معادن منابع و منابع نامتعارف غنی (مانند اقیانوس‌ها) همچنان مهم‌ترین چالش‌های صنعت هستند. همچنین چگونگی استخراج این منابع متناسب با فشارهای محیط‌زیستی و تأمین منابع از طریق بازیافت، مدیریت منابع آبی و کاهش ردپای کربن از دیگر مسائل هستند که عملاً عرضه منابع معدنی را تحت تأثیر قرار خواهند داد. به عبارتی، در عمق پیش‌بینی‌های عرضه و چالش‌یابی برای آن‌ها، همچنان دو جهت‌گیری توسعه پایدار و انقلاب فناوری، کلیدی است.

به‌طور خلاصه مهم‌ترین رهیافت‌ها از بخش‌های مختلف عرضه و تقاضای حوزه‌های پنج‌گانه مس، طلا، سرب و روی، طلا و سیمان در جدول ۱۲ جمع‌بندی شده‌اند. همچنین متناسب با هر دسته، پیشنهادات تکمیلی برای تدوین نقشه‌راه‌ها و آینده‌نگری مربوطه به سازمان ایمیدرو ارائه شده است. شایان‌ذکر است تحولات عرضه و تقاضای سیمان به دلایلی چون دسترسی وسیع به منابع اولیه، اضافه ظرفیت در سطح جهان و تمرکز چالش‌ها در حوزه انرژی و محیط‌زیست، با چهار حوزه طلا، سرب و روی، آلومینیوم و مس متفاوت است، اگرچه در بخش‌های بعدی اشتراکات بیشتری با این چهار حوزه دارد.

جدول ۱۲: گزاره‌های کلیدی در مطالعات آینده‌نگر و رهیافت‌های آن‌ها برای تدوین نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور در زمینه عرضه

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	کاهش عیار منابع	<p>- رصد وضعیت منابع معدنی مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا، نشان‌دهنده کاهش جدی عیار در معادن مربوطه است.</p> <p>- در صنعت مس، کاهش عیار معادن و کاهش سرمایه‌گذاری برای بهره‌برداری از منابع جدید مس موجب افزایش «شدت مصرف انرژی»، «عدم توازن عرضه و تقاضا» شده و لذا کسری عرضه و رشد قیمت در پیش خواهد بود.</p> <p>- در هر چهار حوزه مس، طلا، آلومینیوم و سرب و روی، منابع معدنی در حال پراکنده‌تر شدن و عدم تمرکز هستند. به‌طور خاص پراکنده‌تر شدن منابع معدنی طلا قابل توجه است.</p>	<p>- وضعیت فعلی عیار منابع مس، بوکسیت، سرب و روی و طلا و وضعیت آتی آن در کشور باید برآورد شده و با نمودارهای ارائه‌شده از وضعیت جهان سنجیده شود.</p> <p>- چالش‌های آتی ناشی از کاهش عیار در معادن کشور، مانند نیاز به فناوری جدید، سرمایه‌گذاری، افزایش مصرف آب و انرژی و مواردی از این دست، باید پیش‌نگری شوند.</p>
۲	منابع نامتعارف	<p>- در گزارش‌های متعدد به منابع غنی مس، طلا، آلومینیوم، سرب و روی در کف اقیانوس‌ها، سیارک‌ها، بستر دریاها، اعماق زمین و شمالگان اشاره شده است.</p> <p>- با کاهش عیار منابع معدنی طلا، آلومینیوم، سرب و روی و مس، اهمیت اکتشاف و استخراج منابع نامتعارف بیش‌ازپیش شده است.</p> <p>- مسئله اتمام ذخایر فعلی (به‌ویژه برای سرب و روی تا افق ۲۰۵۰ تا ۲۰۶۰) عدم کشف منابع بزرگ و غنی جدید (به‌ویژه برای طلا و سرب و روی) پیشران مهمی برای اکتشاف و استخراج منابع نامتعارف از یک‌سو و افزایش بازیافت از سوی دیگر خواهد شد.</p>	<p>- با توجه به دسترسی به دریا‌های آزاد و اقیانوس‌ها در جنوب کشور، هدف‌گذاری برای اکتشاف و استخراج منابع غنی معدنی، باید در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی به‌خصوص برای بهره‌برداری از منابع طلا، آلومینیوم، سرب و روی و مس، لحاظ شود.</p> <p>- سهم اکتشاف و استخراج عمیق از سهم کل اکتشاف و استخراج در سال ۲۰۵۰، باید در هدف‌گذاری‌های ایمن‌درو مشخص شود.</p> <p>- مأموریت‌دهی به سازمان‌های اکتشافی و جلب همکاری شرکت‌های بزرگ صنایع معدنی داخلی و بین‌المللی برای ورود به حوزه اکتشاف‌های نامتعارف می‌بایست در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور و حوزه‌های طلا، آلومینیوم، مس و سرب و روی لحاظ شود.</p>

رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	محور اصلی	ردیف
<p>- توسعه فناوری‌های اکتشاف از یک‌سو و هدف‌گذاری برای شتاب‌بخشی به اکتشاف منابع جدید و غنی از سوی دیگر، می‌بایست در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور و نقشه‌راه طلا، سرب و روی، آلومینیوم و مس، لحاظ شود.</p> <p>- ایجاد زیرساخت‌های اجتماعی مناسب برای کل کشور، به‌ویژه مناطق پرتفره‌ت از لحاظ منابع معدنی، باید در برنامه توسعه و نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های پنج‌گانه لحاظ شود. به‌طور خاص رشد جوامع محلی در شاخص‌های توسعه پایدار باید به‌عنوان یک اصل مدنظر قرار گیرد.</p>	<p>- در سال‌های اخیر حجم سرمایه‌گذاری و اکتشاف در حوزه معادن، مناسب نبوده و به همین سبب منابع غنی کم‌تری نسبت به گذشته یافت شده است.</p> <p>- از میان ۲۰ معدن بزرگ مس در سطح جهان، تنها چهار معدن در قرن ۲۱ تولید خود را آغاز کرده‌اند. در حوزه سرب و روی نیز علاوه بر اکتشاف کم، منابع فعلی کشورهای اصلی، به‌شدت در بازه ۲۰۵۰ تا ۲۰۷۵ کاهش خواهد یافت و به چالش اصلی این صنعت تبدیل می‌شود.</p> <p>- برخی معادن غنی کشف‌شده در حوزه مس و طلا، در مناطقی با ثبات کم سیاسی، اقتصادی و اجتماعی قرار دارند.</p>	اکتشاف کم	۳
<p>- هدف‌گذاری برای بازیافت طلا، سرب و روی، مس و آلومینیوم و تعیین نرخ آن، می‌بایست در دو افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور لحاظ شود.</p> <p>- انتظار می‌رود تا افق ۲۰۳۰ حداقل تأمین بیش از نیمی از تقاضای کشور از فلزات آلومینیوم، سرب و روی، مس و آلومینیوم از طریق بازیافت صورت گیرد.</p> <p>- در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید برای فعالیت آزمایشگاهی گسترده و تجمیع آن‌ها در بانک‌های اطلاعاتی به‌روزشونده، هدف‌گذاری شود. این پایگاه‌ها برای شناسایی فلزات موجود در پساب‌ها و فاضلاب‌های صنعتی و شهری و ارائه فرصت برای سرمایه‌گذاری در اقتصاد چرخه‌ای و توسعه بازیافت، کارآمد خواهند بود.</p>	<p>- بازیافت سرب و روی، طلا، مس و آلومینیوم، با رشد سریع پیگیری خواهد شد تا جایی که در نیمه دوم قرن جاری، در اغلب موارد بازیافت از منابع اولیه پیشی خواهد گرفت.</p> <p>- قابلیت بازیافت مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا، این فلزات را برای توسعه اقتصاد چرخه‌ای جذاب کرده است. در حال حاضر نیز وضعیت بازیافت این فلزات تا حدودی مناسب و به‌شدت روبه افزایش است.</p> <p>- بازیافت مس و آلومینیوم به‌شدت در کاهش مصرف انرژی مؤثر است.</p> <p>- دورریزهای الکترونیک، پساب‌ها، فاضلاب‌های شهری و صنعتی منبع مهمی برای بازیافت فلزات خواهند بود.</p>	منابع ثانویه/ بازیافت	۴

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۵	اثرات کووید-۱۹	- همانند بحران ۲۰۰۸، همه‌گیری کووید-۱۹ به سبب اهمیت وجه دارایی طلا، به نفع این صنعت بوده و با تکرار محتمل بحران‌ها در ۳۰ سال آینده، این شوک‌ها مجدداً به نفع طلا خواهد بود. - میزان فعالیت معادن مس، طلا، سرب و روی و آلومینیوم، در کشورهای مختلف کاملاً متفاوت بوده و بسته به سطح همه‌گیری و مدیریت کشورها داشته است. - واکسیناسیون، عامل مهمی در ثبات عرضه و تقاضای مواد معدنی، به ویژه در کشورهای امریکای جنوبی خواهد بود. - بازگشت تقاضای چین، تأثیر زیادی در کنترل بحران کاهش تقاضای مواد معدنی در حین کووید-۱۹ داشته است.	- با توجه به تکرار بحران‌های جهانی و منطقه‌ای، باید برای مواجهه با چنین بحران‌هایی، در بخش معدن و صنایع معدنی کشور سناریونگاری و برنامه‌ریزی شود. - با تجربه بحران ۲۰۰۸ و بحران کووید-۱۹، انعطاف‌پذیری و سرعت عمل در مقابل تغییرات عرضه و تقاضا و تحولات قیمتی، باید در نقشه‌راه مواد معدنی لحاظ شود. - تأثیر متغیر واکسیناسیون بر ثبات عرضه و تقاضای مواد معدنی داخل کشور، برای محک‌زنی وضعیت بحران‌های آتی می‌تواند مدنظر قرار گیرد. ^۱ - در صورتی که بحران‌های جهانی یا داخلی برای افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ محتمل باشد (بسته به مطالعات اجتماعی/سیاسی)، تمرکز بر استخراج طلا، مهم‌تر خواهد شد.

ج-۶-۲) بررسی کلان‌نگر و تجمیعی مطالعات پنج حوزه در زمینه انرژی، آب،

محیط‌زیست

بدون شک و مستند به مطالعات ۲ فاز پیشین پژوهش و با توجه به مطالعات آینده‌نگر پنج حوزه مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، موضوع «ردپای کربن و انتشار صفر کربن در افق ۲۰۵۰»، اصلی‌ترین محور آینده‌نگری در صنایع مذکور است. به‌طور خاص با توجه به مزاد ظرفیت صنعت سیمان در جهان و رشد نه‌چندان زیاد آن در افق ۲۰۵۰ (در مقایسه با سرعت رشد چهار حوزه دیگر)، تلاش صنعت سیمان به‌صورت حداکثری بر صفرکردن انتشار کربن این صنعت آلاینده متمرکز شده است.

در صنعت مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا نیز، نقشه‌راه‌های انجمنی، کشوری و شرکتی به سمت انتشار صفر و جایگزین کردن انرژی‌های فسیلی با سبز گرایش داشته‌اند. برنامه‌های کشوری و جهانی (مانند برنامه چین برای ۲۰۵۰ یا توافقنامه‌هایی مانند پاریس) نیز از این اهداف و برنامه‌ها

^۱ توضیح آن‌که در نقشه‌راه مواد معدنی، می‌بایست برای عدم قطعیت‌هایی مانند یک بحران داخلی یا جهانی، با اتکاء به داده‌های تاریخی، اطلاعات جمع شود.

پشتیبانی می‌کنند و بعضاً شرکت‌ها و کشورها را نیز به آن ملزم می‌کنند. به‌طور خاص زمانی که کشورها در چارچوب برنامه پاریس متعهد به کاهش آلاینده‌های کربنی شده‌اند باید معین کنند که چه سهمی از این کاهش انتشار را برعهده خواهند داشت (به ویژه از طریق صنایع آلاینده و انرژی‌بر).^۱ بعد بزرگی از انتشار آلاینده‌ها وابسته به انرژی مصرفی در فرآیند تولید و سوخت مورد نیاز حمل‌ونقل و تجهیزات معدن‌کاری و انتقال مواد معدنی مربوط است. به‌طور خاص در صنعت سیمان، کلینکر نقش زیادی در انتشار کربن دارد. کاهش عیار منابع معدنی در صنعت مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا نیز موجب افزایش مصرف انرژی و بعضاً آب می‌گردد. به همین سبب، عمده آینده‌نگری‌ها و اقدامات شرکت‌ها مبتنی بر بهره‌وری انرژی و کاهش شدت مصرف آن از یک‌سو و جایگزین کردن منابع فسیلی با منابع سبز و تجدیدپذیر از سوی دیگر، متمرکز بوده است. در این میان کلان‌روند برقی‌سازی^۱ هم در زمینه تأمین انرژی فرآیند و هم به‌عنوان جایگزین وسایل نقلیه سبک و سنگین و تجهیزات، مورد توجه شرکت‌ها قرار گرفته است. استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت یا در خلال فرآیند نیز، تحول مهمی است که هم در صنعت سیمان و هم فلزات مشاهده شد. به نظر می‌رسد به پشتوانه تأمین هرچه بیشتر برق پاک و کاهش ردپای کربن حوزه‌های پنج‌گانه، نسل بعدی تحولات به برقی‌سازی و فناوری‌های هیدروژن محور مرتبط باشند.

تحولات مرتبط با آب در حوزه محیط‌زیست نیز نقش مهمی در آینده معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های پنج‌گانه ایفاد خواهد نمود. قراردادن معادن در نقاط پرتنش آبی، آلاینده‌گی آب‌ها در اثر معدن‌کاری، افزایش نیاز به آب با کاهش عیار منابع معدنی و مواردی از این دست، بر شدت بحران آب در آینده بخش‌های طلا، سرب و روی، مس و آلومینیوم خواهد افزود. اگرچه شدت این بحران متأثر از فرآیندهای تولید، محل قرارگیری منابع، وضعیت عیار و شیوه بازچرخانی و تصفیه آب خواهد بود.

^۱ در فاز اول به این کلان‌روند به‌طور مفصل اشاره شد.

عطف به موارد فوق‌الذکر، گزاره‌های کلیدی استخراج‌شده از مطالعات آینده‌نگر در این فاز از پژوهش در زمینه آب، انرژی و محیط‌زیست و رهیافت‌های پیشنهادی برای تدوین نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور در جدول ۱۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۱۳: گزاره‌های کلیدی در مطالعات آینده‌نگر و رهیافت‌های هریک برای تدوین نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور در زمینه محیط‌زیست، آب و انرژی

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	هدف‌گذاری برای کاهش انتشار کربن و افزایش بازیافت	<p>- در حوزه‌های پنج‌گانه و به‌طور خاص در صنعت سیمان، طلا و مس، هم‌به‌واسطه اعلان شرکت‌های بزرگ و هم‌انجمن‌های منطقه‌ای یا صنعتی، برای صفرکردن انتشار کربن تا افق ۲۰۵۰، پیشگامانه برنامه‌ریزی شده است.</p> <p>- در صنایعی مانند سیمان که با ظرفیت مازاد و چشم‌انداز رشد محدود تا ۲۰۵۰ مواجه هستند، مهم‌ترین مزیت و برنامه رقابتی، هدف‌گذاری و اقدام در زمینه صفرکردن انتشار ردپای کربن در تمام فرآیندهای اصلی و پشتیبانی و ارائه محصولات سبز است.</p> <p>- ارائه محصولات سبز، مانند «مس سبز» در شرکت‌های بزرگ اجرایی شده ولی به دلیل هزینه‌ها و نوسان قیمت، این ایده با چالش مواجه شده است. در مقابل چشم‌انداز «سیمان سبز» رشدیابنده و جذاب است.</p>	<p>- با الگوگیری از تحولات جهانی، صفرکردن کربن به عنوان یک هدف جاه‌طلبانه ولی دست‌یافتنی در افق ۲۰۵۰ بخش معدن و صنایع معدنی کشور و حوزه‌های پنج‌گانه، قابل لحاظ است.</p> <p>- ارائه مجوزهای جدید به‌ویژه برای صنعت طلا یا برای بهره‌برداری معادن جدید و راه‌اندازی صنایع معدنی، باید منوط به طرح کاهش ردپای کربن تا افق ۲۰۳۰ و صفرکردن آن تا ۲۰۵۰ باشد.</p>
۲	پیشران‌های کربن‌زدایی	<p>- افزایش تقاضای صنایع انرژی‌بر مانند آلومینیوم، به‌شدت بر افزایش انتشار کربن و هم‌زمان افزایش فشار برای کاهش انتشار کربن آن‌ها تا ۲۰۵۰ مؤثر است.</p> <p>- ظرفیت‌های مازاد در صنعت سیمان، مسئله را از توسعه‌های بیشتر به سمت کربن‌زدایی کامل و ارائه محصولات سبز و بازار صادراتی جذاب آن سوق داده است.</p> <p>- زغال‌سنگ سهم نسبتاً قابل‌توجهی در سبد تأمین انرژی در چین و به‌طور کلی در صنایعی مانند آلومینیوم و سیمان دارد که فشارها برای جایگزینی آن با انرژی‌های پاک در حال انجام است.</p>	<p>- در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور می‌بایست به حذف کربن در صنایع انرژی‌بر بخش معدن و صنایع معدنی برای کاهش کربن و صفرکردن آن تا افق ۲۰۵۰، اولویت داده شود.</p> <p>- در نقشه‌راه صنعت سیمان کشور، تغییر جهت به دو سمت ارائه محصولات سبز و حذف کربن از زنجیره ارزش، باید تا افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ لحاظ شود.</p> <p>- برنامه‌ریزی برای اندازه‌گیری و قیاس انتشار کربن در زیربخش‌های صنعت معدن و صنایع معدنی و الزام هریک به کاهش کربن به تناسب نقش آن‌ها در آلاینده‌گی باید به عنوان ملاحظات زیرساختی در تدوین نقشه‌راه لحاظ شود.</p>

رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	محور اصلی	ردیف
<p>- برنامه‌ریزی برای جایگزینی کامل زغال‌سنگ تا افق ۲۰۵۰، باید در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی لحاظ شود.</p> <p>- راه‌اندازی بازار کربن و لحاظ مالیات کربن در بخش معدن و صنایع معدنی کشور باید در نقشه‌راه تصریح شده و برای آن برنامه‌ریزی شود.</p>	<p>- در مقایسه صنایع با یکدیگر، میزان مصرف انرژی و ردپای کربن، با حجم فشار وارده به آن‌ها برای سبزر کردن زنجیره ارزش، همخوانی دارد. به‌طور خاص انتشار بالای آلومینیوم نسبت به مس، طلا، سرب و روی و نیکل و منجر به فشار بیشتر بر این صنعت خواهد شد.</p> <p>- در دهه پیش‌رو، مالیات بر کربن، پیش‌ران کربن‌زدایی از صنایع فلزی خواهد بود.</p>		
<p>- سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از سبد انرژی‌های بخش معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های پنج‌گانه، باید در افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ کشور، معین شود.</p> <p>- انتخاب سبد مناسب انرژی تجدیدپذیر (به‌طور خاص بادی و خورشیدی)، متناسب با ظرفیت‌های منطقه‌های اصلی استقرار صنایع مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، معین شود.</p> <p>- استفاده از سوخت پاک در حمل‌ونقل مواد معدنی باید متناسب با بیشترین صنایع آلاینده، اولویت‌گذاری شده و سازوکارهای تشویقی و تنبیهی برای افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ مدنظر قرار گیرد.</p> <p>- برنامه‌ریزی پایلوت برای برقی‌سازی و استفاده از فناوری‌های هیدروژن‌محور باید در نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ حوزه‌های پنج‌گانه لحاظ شود.</p>	<p>- جایگزینی انرژی‌های تجدیدپذیر با انرژی‌های فسیلی در تمام حوزه‌های پنج‌گانه مشاهده شده است. برای آینده نیز به‌عنوان یک راهکار محوری برای کاهش ردپای کربن ادرین حوزه‌ها پیشنهاد شده است.</p> <p>- صنایع انرژی‌بر مانند آلومینیوم، برای انتشار صفر کربن، به‌شدت نیازمند جایگزینی انرژی مصرفی با انرژی‌های پاک هستند. در صنعت طلا نیز، بخش تأمین انرژی اصلی‌ترین انتشاردهنده کربن است و بهره‌وری انرژی و جایگزینی با انرژی‌های سبز برنامه اصلی شرکت‌ها برای صفرکردن انتشار در افق ۲۰۵۰ است.</p> <p>- در برخی از حوزه‌های پنج‌گانه، عمده آلایندگی و انتشار کربن به‌ویژه در بخش استخراج، مربوط به حمل‌ونقل مواد معدنی است. لذا جایگزینی سوخت آنها با انرژی‌های پاک (برقی‌سازی) در دستور کار قرار گرفته است. فراتر از استخراج، در بخش توزیع نیز (مانند سیمان)، جهت‌گیری به سمت خودروهای برقی و تأمین انرژی پاک است.</p> <p>- مصرف انرژی بسیار کمتر در فرآیند بازیافت، به رونق بیشتر این روش در مقایسه با استخراج از منابع اولیه خواهد انجامید.</p>	انرژی	۳
<p>- متناسب با نیاز صنعت انرژی سبز و ذخیره انرژی از بخش معدن و صنایع معدنی، باید برای تأمین تقاضای عناصر کلیدی این صنعت در بازه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ برنامه‌ریزی شود.</p>	<p>- کربن‌زدایی و افزایش فشار برای کاهش ردپای کربن، منجر به تقاضای بیشتر برای مس، آلومینیوم و در مواردی برای سیمان (پایه‌های توربین بادی)، سرب و روی (ذخیره انرژی و انرژی تجدیدپذیر) خواهد شد.</p>	فرصت‌های کربن‌زدایی	۴

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
		- به سبب کربن زدایی، اقتصاد چرخه‌ای ارزش بیشتری در صنایع فلزی خواهد یافت و کسب و کارهای پیرامون اقتصاد چرخه‌ای رشد خواهند کرد. - طراحی محصول در صنایع پایین دست تحت تأثیر کاهش ردپای کربن قرار خواهد گرفت. جایگزینی مواد قابل بازیافت (مانند فلزات) و توجه به مواد سبک (مانند آلومینیوم در مقابل فولاد) بر افزایش تقاضا مواد با ردپای کربن کمتر مؤثر خواهد بود.	- تحولات صنایع پایین دست از لحاظ کاهش ردپای کربن و تأثیر آن بر بخش معدن و صنایع معدنی، باید رصد و برنامه‌ریزی شود. ^۱ - در تدوین نقشه راه سیمان، تأثیر توسعه شهرهای پایدار و ساختمان سبز، برای تجارت و صادرات سیمان‌های سبز باید در برنامه تحول و توسعه این صنعت لحاظ شود.
۵	آب	- برخی از منابع معدنی مانند مس، اغلب در مناطق کم‌آب و خشک قرار دارند و تأمین آب برای استخراج و فراوری آن‌ها چالش رو به افزایشی است. کاهش عیار این منابع و نیاز به آب بیشتر، به این چالش دامن خواهد زد. - شکاف سرانه مصرف آب در فرآیند استخراج و استحصال مواد معدنی، منجر به فشارهای بیشتر در آینده بر شرکت و کشورهای پرمصرف خواهد شد. در حال حاضر فاصله مصرف آب صنعت آلومینیوم چین، با باقی جهان، بسیار زیاد است. - آلاینده‌های آب‌ها و پساب‌ها، به خصوص با مواد سمی مانند سرب، منجر به افزایش فشار برای این صنایع برای مدیریت مخاطرات زیست‌محیطی خواهد شد.	- برای طراحی سامانه‌ها و نظام‌های رصد و ارزیابی مصرف آب در بخش معدن و حوزه‌های پنج‌گانه، می‌بایست زیرساخت و فناوری‌های لازم توسعه داده شود تا برای دستیابی به اهداف نقشه راه اطمینان حاصل شود. - تحقیق و توسعه و سرمایه‌گذاری خطرپذیر برای نوآوری در روش‌ها به منظور کاهش مصرف آب به‌ویژه در صنایع فلزی، باید در نقشه راه لحاظ شود.

ج-۶-۳) بررسی کلان‌نگر و تجمیعی مطالعات پنج حوزه در زمینه فناوری

تحولات فناورانه در پنج حوزه مورد بررسی، سوبه‌های مختلفی داشته است. از جهتی، توسعه فناوری موجب افزایش تقاضا برای پایین دست صنایع فلزی به‌طور خاص مس، سرب و روی، طلا و آلومینیوم شده است. اگرچه این افزایش یکسان نبوده و وابسته به حجم کاربرد فلزات مذکور و قابلیت آن‌ها در توسعه فناوری است. به عنوان نمونه توسعه تجهیزات الکترونیک، تقاضای طلا را افزایش خواهد داد، باین حال وجه غالب این فلز، همچنان در خدمت بخش دارایی و جواهرات خواهد بود. یا

^۱ این تأثیر در هر پنج حوزه در این پژوهش بررسی شده است و انتظار می‌رود مشابه این پژوهش برای سایر بخش‌های صنایع معدنی انجام شود.

در صنعت آلومینیوم، توسعه فناوری‌های مربوط به خودروهای برقی از یکسو و توسعه فناوری انرژی‌های نوین و تجدیدپذیر از سوی دیگر، بر تقاضای این صنعت تأثیر زیادی خواهند داشت. بنابراین، یکی از ابعاد تحول فناوری در حوزه‌های پنج‌گانه تأثیر بر افزایش یا کاهش تقاضا است.

در بعد دیگر، توسعه فناوری در خدمت حل چالش‌های سمت عرضه است. در زمینه استخراج منابع اولیه مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا، مسئله کاهش عیار و چالش‌های آب، محیط‌زیست و انرژی، نیازمند توسعه فناوری‌های نوین است. به‌ویژه استخراج منابع کم‌عیار، با راهکارهای نوآورانه و فناوریانه گره‌خورده است و برای رفع چالش مصرف بالای انرژی و آب این دست از منابع، راهکار اصلی مبتنی بر فناوری‌های نوین است. علاوه‌براین اکتشاف منابع در کف اقیانوس‌ها و بستر دریاها، شمالگان، اعماق زمین، سیارک‌ها و مواردی از این دست، نیازمند توسعه فناوری‌های اکتشاف است. بهره‌برداری از منابع مذکور نیز، به‌شدت در گرو توسعه فناوری‌های اقتصادی و پیشرفته است.

از جنبه محیط‌زیستی و به‌ویژه انتشار کربن، فناوری‌های نوین برای پایش، جذب و ذخیره‌سازی کربن در کل فرآیند استخراج و استحصال مواد معدنی، رشد خواهند کرد. همچنین توسعه فناوری برای بهبود روش‌های تولید و کاهش میزان مصرف آب و انرژی، بیشتر مورد توجه قرار خواهد گرفت. به عبارتی پیشران توسعه این دست از فناوری‌ها، مسائل محیط‌زیستی و تغییرات اقلیمی است. در این راستا، توسعه فناوری، بر پرانتشارترین بخش زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی متمرکز خواهد شد. به‌عنوان نمونه، نقاط تمرکز توسعه فناوری برای کاهش ردپای کربن در صنعت طلا، بر بالادست زنجیره ارزش و در صنعت آلومینیوم و سیمان تمرکز بر تأمین انرژی فرآیند خواهد بود. علاوه‌براین، حمل‌ونقل مواد معدنی، یکی دیگر از حوزه مورد تمرکز فناوری برای کاهش انتشار آلاینده‌ها خواهد بود.

همانطور که ملاحظه شد که توسعه فناوری‌های نوین هم بر بخش عرضه و هم تقاضای مواد معدنی به‌شدت مؤثر خواهد بود. لیکن یکی از مهم‌ترین و درعین حال متأخرترین جنبه‌های تحولات فناوریانه، ادغام بخش‌های معدنی مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان با انقلاب صنعتی چهارم

است. مطابق با آنچه در مطالعات آینده‌نگر این پنج حوزه مطرح شده است، اغلب فناوری‌های نوین مانند کلان داده، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاکچین، همزاد دیجیتال، پهپادها، تجزیه و تحلیل پیشرفته، خودروهای خودران و چاپ سه بعدی در حوزه‌های مذکور عملیاتی شده‌اند. به طور خاص برای تحول دیجیتال و هوشمند کردن کل فرآیندهای اصلی و پشتیبانی صنعت و در کل زنجیره ارزش، مدل سازی و اقدام شده است.

شرکت‌های فعال و پیشرو در حوزه‌های پنج‌گانه، اغلب فناوری‌های نوین را برای بهینه‌سازی عملیات، هوشمندسازی فعالیت‌ها، خودکار و خودران کردن تجهیزات، خلق ارزش از داده‌ها و نظارت و بهبود فرآیندها به کار برده‌اند و نتایج آن را گزارش کرده‌اند. مطالعات نشان می‌دهد در سال‌های اخیر، شرکت‌های معدنی فعال در صنعت مس، سرب و روی، سیمان، آلومینیوم و طلا، اغلب با مشارکت شرکت‌های فناوری و استارت‌آپی، فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم را در فرآیندهای خود نفوذ داده‌اند.

در میان فناوری‌های نوین، استفاده از بلاکچین برای شفاف‌سازی منشاء مواد معدنی، پهپاد برای اکتشاف و نظارت بر عملیات، هوش مصنوعی و کلان داده برای تحلیل داده‌های اکتشاف تا فرآیند، همزاد دیجیتال برای شبیه‌سازی فرآیند و بهینه‌سازی آن، حمل و نقل خودران برای بهینه‌سازی و هوشمندسازی حمل و نقل و اینترنت اشیا برای اتصال بیشتر و بهینه‌سازی عملکرد، مدنظر قرار گرفته است. به طور خاص فناوری چاپ سه بعدی در پایین دست صنعت سیمان برای ساخت و ساز نوآورانه و در پایین دست صنایع فلزی (پودرهای فلزی) برای حذف زنجیره بزرگی از فعالیت‌های نورد تا ریخته‌گری، در حال توسعه است.

یکی از جنبه بسیار مهم و تا حدودی مغفول، توجه به فناوری‌های پاک در فرآیند بازیافت و شیوه‌های مسئولانه و منطبق با حقوق انسانی در جمع‌آوری قراضه‌ها و دورریزها است. به ویژه در حوزه بازیافت طلا که معمولاً از روش‌های مضر برای سلامت انسان استفاده می‌شود و در جمع‌آوری آلومینیوم که از کودکان کار استفاده می‌شود، استفاده‌کنندگان از طلای بازیافتی و قراضه‌های

آلومینیومی، در هر بخشی از زنجیره ارزش، مسئول خواهند بود. در این فاز و در فازهای گذشته به دفعات نشان داده شد که خرید یک محصول یا ماده اولیه، از خریداران سلب مسئولیت نمی کند و به طور خاص هر صنعت در پی اثبات این است که از مواد تولید شده از منابع غیر آلاینده، فرآیندهای پاک و به شیوه مسئولانه و متناسب با حقوق انسانی، استفاده می نماید یا خیر. به طور خاص توسعه فناوری بلاکچین برای شناسایی منشاء مواد معدنی، یک فناوری بسیار حیاتی و تأثیرگذار برای پاسخگو کردن کل زنجیره ارزش به این مخاطرات است.

عطف به موارد فوق، به طور خلاصه به مهم ترین گزاره های مرتبط با توسعه فناوری حوزه های پنج گانه و در جدول ۱۴ اشاره شده است. این گزاره ها مستخرج از جمیع گزارش های آینده نگر و مستند به اطلاعات جمع آوری و تحلیل شده در مطالعات آینده نگر مس، آلومینیوم، طلا، سرب و روی و سیمان در این فاز از پژوهش است. توضیح آنکه به موضوعات مرتبط با تقاضای فناوری، در زیربخش بعدی، اشاره شده است.

جدول ۱۴: گزاره های کلیدی در مطالعات آینده نگر و رهیافت های آن ها برای تدوین نقشه راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور در زمینه توسعه فناوری نوین

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه های پنج گانه	رهیافت ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	پیشران های توسعه فناوری	- بهره برداری از منابع جدید و نامتعارف نیازمند سرمایه گذاری بالا و توسعه فناوری است. با این حال کشورهای مختلف مانند چین و روسیه به این حوزه ورود پیدا کرده اند. - کاهش عیار منابع معدنی در حوزه های فلزی چهارگانه، یک روند اصلی بوده و نیاز به توسعه فناوری خاص منابع کم عیار بیش از پیش خواهد شد. - توسعه حمل و نقل پاک و خودران و برقی از یک سو و کاهش حمل و نقل جاده ای و افزایش ظرفیت حمل و نقل دریایی از سوی دیگر، به رونق بیشتر تجارت پاک مواد معدنی خواهد انجامید.	- هدف گذاری برای جایگزینی انرژی های فسیلی در کل زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی به خصوص در صنایع انرژی بر سیمان و آلومینیوم، به صورت پلکانی تا افق ۲۰۵۰، باید در نقشه راه حوزه های پنج گانه لحاظ شود. - توسعه فناوری های لازم برای برقی سازی تجهیزات و پشتیبانی از فرآیندهای زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی، باید در نقشه راه حوزه های پنج گانه انجام شده و برای آن برنامه های تحقیق و توسعه تعریف شود. - در تدوین نقشه راه ها، برنامه ریزی برای تحقیق و توسعه و ایجاد پایلوت در زمینه فناوری های مبتنی بر

^۱ شایان ذکر است که در فاز دوم به نقشه راه چین برای معدن کاری در اعماق زمین اشاره شده است.

رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	محور اصلی	ردیف
<p>هیدروژن در صنایع فلزی و سیمان، می‌بایست لحاظ شود.</p> <p>- برآورد و اعلام ظرفیت مورد نیاز بخش معدن برای حمل‌ونقل پاک برون‌مرزی، به‌ویژه حمل‌ونقل پاک دریایی، برای توسعه تجارت محصولات معدنی کشور، باید در نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ بخش معدن و حوزه‌های پنج‌گانه مورد توجه قرار گیرد.</p> <p>- توسعه فناوری‌ها در بخش معدن و حوزه‌های پنج‌گانه، می‌بایست مبتنی بر نوع کم‌آبر و با تصفیه حداکثری و بازچرخانی آب همراه باشد. همچنین میزان آلاینده‌گی آب‌های سطحی و زیرزمینی باید نهایتاً تا افق ۲۰۵۰ در نقشه‌راه، صفر شود.</p> <p>- صنایع پرمصرف فلزی از لحاظ آب، باید ملزم به تغییر فناوری، استفاده از آب‌شیرین‌کن‌های مبتنی بر انرژی‌های پاک یا مدیریت منابع آبی برای استفاده حداقلی از آب‌های شیرین شوند.</p> <p>- صنعت آلومینیوم، مس، طلا و سرب و روی، باید نسبت به شیوه جمع‌آوری و بازیابی این فلزات از مواد ثانویه، اعلام مسئولیت کند.</p>	<p>- توسعه معدن‌کاری عمیق، از لحاظ روش‌های اکتشاف و استخراج، پیشران توسعه فناوری‌های جدید و کاملاً متفاوت با فناوری‌های فعلی خواهد شد.</p> <p>- فناوری‌های تولید که ضد محیط‌زیست یا با انتشار کربن بالا باشند، حتی با وجود استانداردهای سخت‌گیرانه، منسوخ خواهند شد. به‌عنوان نمونه سیانید در فرآیند تولید طلا و روش‌های غیرپایدارانه و غیرمسئولانه در بازیافت طلا و آلومینیوم، با روش‌های پایدارتر جایگزین خواهند شد.</p> <p>- شواهد برقی‌سازی در فرآیندهای اصلی صنعت مس، سیمان و آلومینیوم، قابل مشاهده است و تبدیل به یکی از راهکارهای آتی برای گذار انرژی خواهد گردید.</p> <p>- فناوری‌های کم‌آبر، فناوری‌های شیرین‌سازی و تصفیه آب و به‌طور کلی مدیریت نوآوری در روش‌های فراوری، تا افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ رشد خواهند کرد و بعضاً موجب کاهش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی و مصرف آب و انرژی خواهند شد.</p> <p>- نقش هیدروژن در تولید انرژی و در فرآیندهای تولید، کلیدی‌تر شده و هیدروژن سبز، جذابیت بیشتری خواهد یافت.</p>		
<p>- در بعد فناوری‌های نوین نقشه‌راه حوزه‌های پنج‌گانه، خلق مفهوم «صنعت ۴/۰» در هر حوزه، می‌بایست محور قرار گیرد. نفوذدهی تا افق ۲۰۳۰ و ممزوج کردن کامل فرآیندها با فناوری‌های این انقلاب تا افق ۲۰۵۰ باید مدنظر قرار گیرد.</p> <p>- توسعه فناوری‌های نوین در صنعت معدن و حوزه‌های پنج‌گانه، نباید منحصر به شاخه فناوری اطلاعات بماند، با توجه به ظرفیت‌های کشور در فناوری نانو و سپس فناوری بایو، باید نقشه‌راه توسعه فناوری این دو فناوری در صنعت معدن ترسیم شود.</p> <p>- توسعه همه‌جانبه فناوری‌هایی شاخه فناوری اطلاعات و ارتباطات و فناوری‌های رباتیک و چاپ سه‌بعدی، به عنوان یک زمینه کلیدی می‌بایست در</p>	<p>- انقلاب صنعتی چهارم، منجر به خلق مفاهیم جدید مانند «صنعت ۴/۰»، «هوشمندسازی صنعت» و «کارخانه دیجیتال» در حوزه‌های پنج‌گانه شده است. به‌عنوان نمونه آلومینیوم ۴/۰ به معنای ادغام کلیه فرآیندهای اصلی و پشتیبان در این صنعت با فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم است. در صنعت سیمان، مس، سرب و روی و طلا نیز، شواهد و مدل‌های کلان برای ادغام فرآیندها با این فناوری‌ها ظهور کرده است.</p> <p>- فناوری نانو و زیستی، در فرآیند استحصال و در افزایش خواص حوزه‌های پنج‌گانه به‌ویژه فلزات، کاربردی شده‌اند.</p>	فناوری نوین	۲

رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	محور اصلی	ردیف
<p>نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های پنج‌گانه لحاظ شود و فرصت پایلوت برای نمونه‌سازی فراهم گردد.</p> <p>- عملیاتی کردن قابلیت‌های فناوری بلاکچین و رمزارزها برای تحول در زنجیره تأمین، فروش، بازرگانی، تأمین سرمایه، ردیابی منشاء و عقد قرارداد هوشمند بخش معدن و صنایع معدنی باید در نقشه‌راه این بخش لحاظ شود.</p> <p>- توسعه فناوری چاپ سه‌بعدی فلزات، و توسعه تجهیزات و مواد اولیه مناسب می‌بایست در نقشه‌راه فلزات مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا از یک سو و در صنعت سیمان و بتن، از سوی دیگر، پیش‌بینی شود.</p> <p>- برآورد و اعلام ظرفیت مورد نیاز بخش معدن برای حمل‌ونقل برقی و خودران قابل پیش‌بینی برای افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ کشور در بخش معدن و صنایع معدنی، باید در نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ بخش معدن و حوزه‌های پنج‌گانه مورد توجه قرار گیرد.</p>	<p>- در کل حوزه‌های پنج‌گانه، شواهد عملیاتی از کاربست تولید افزایشی، رایانش ابری، حسگرهای مجازی، رباتیک و دوقلوی دیجیتال، پهپادها، بلاکچین، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و فناوری‌هایی از این دست وجود دارد که منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و خلق مدل‌های جدید کسب‌وکار شده است. همچنین مواردی مانند چاپ سه‌بعدی، به بازار جذابی برای پودرهای فلزی با ارزش افزوده بالا برای این فناوری انجامیده است.</p> <p>- رمزارزها و توکن‌های مبتنی بر بلاکچین در زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی و برای تبادل، عقد قرارداد و مدیریت مالی این بخش، نقش مهمی خواهند داشت. به عنوان دارایی، همچنان مناقشه‌هایی بر سر آینده رقابت بین طلا و رمزارزهایی مانند بیت‌کوین وجود دارد. رقابت بر سر مصرف بهینه انرژی، ترجیحات نسل جدید و توسعه فناوری‌های جدیدتر می‌تواند به نفع بیشتر رمزارزها باشد.</p> <p>- روند روبه رشد چاپ سه‌بعدی فلزات، در تولید محصولات با ارزش افزوده بالاتر در صنایع فلزی خواهد شد. در صنعت سیمان و بتن نیز، این فناوری نمونه‌های اثبات شده بیشتری ارائه کرده و چشم‌انداز آن روشن‌تر است.</p> <p>- هم‌زمان با تحول در صنعت حمل‌ونقل برای برقی‌شدن و خودران‌شدن، در بخش معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های چهارگانه، جهت‌گیری مشخصی به سمت حمل‌ونقل خودران و برقی وجود دارد و به‌طور خاص برای حذف ردپای کربن و همسویی با تحولات فناورانه، تا افق ۲۰۵۰، بخش عمده‌ای از این تجهیزات تغییر خواهند کرد.</p>		

چ-۶-۴) بررسی کلان‌نگر و تجمیعی مطالعات پنج حوزه در زمینه تقاضا و صنایع

پایین دستی

تقاضای مواد معدنی از یک سو متأثر از رشد صنایع پایین دستی به عنوان متقاضی محصول است و از سوی دیگر مبتنی بر پیش‌بینی‌های کلان اقتصادی مانند نرخ رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی جهان یا کشورها است. به همین سبب کشورهای در حال توسعه و اقتصادهایی مانند چین و آسیا، در آینده عرضه و تقاضای مواد معدنی، نقش کلیدی خواهند داشت.

بین رشد اقتصادی برخی کشورها و میزان مصرف سرانه آن‌ها از برخی مواد فلزی ارتباط وجود دارد. به‌طور خاص تقاضای هند و چین از جواهرات و تقاضای کشورهای در حال توسعه از سیمان و فلزات پایه، بر رشد پیش‌بینی این فلزات مؤثر است. پیش‌بینی‌ها تا افق‌های به نسبت دور ۲۱۰۰، نشان می‌دهد اگر مبنای رشد جمعیت یا نرخ رشد تولید ناخالص داخلی برای فلزی مانند مس مدنظر قرار گیرد، با توجه به تحولات جهانی به‌ویژه شتاب آسیا و خیزش آفریقا، ممکن است تقاضای این فلزات به بیش از ۱۰ برابر برسد.

مطالعات آینده‌نگر حوزه‌های پنج‌گانه نشان می‌دهد برآورد نیاز صنایع پایین دستی از این حوزه‌ها تابع چند موضوع است. نخست آنکه در صنایع پایین دستی بخش معدن، تلاش‌ها مبنی بر کاهش ردپای کربن و بازطراحی محصولات برمبنای کمینه استفاده از مواد، کاربست مواد بازیافتی و افزایش قابلیت بازیافت‌پذیری قرار گرفته است. این موضوع می‌تواند برای مواد معدنی پراشتار، چالش‌زا باشد. به‌طور مثال صنعت انرژی بر آلومینیوم، هم‌زمان با افزایش تقاضا، تحت فشار بیشتر برای کاهش کربن قرار می‌گیرد و صنعت سیمان با بحران جایگزینی سیمان با مواد دیگر و فشار بر این صنعت برای کربن‌زدایی از فرآیند یا تولید محصولات سبز می‌شود.

از منظر دیگر، بازارهای جدید و بسیار رشديابنده، محل تقاضای جدیدی برای مواد فلزی مانند آلومینیوم و مس و طلا خواهند شد. رشد تجهیزات الکترونیک، رشد انرژی‌های تجدیدپذیر خورشیدی و بادی و به‌طور خاص موضوع ذخیره انرژی، بازارها پررشدی را برای این فلزات به ارمغان خواهد آورد

که در دهه‌های گذشته کمتر مورد توجه بوده است. به‌طور کلی گذار انرژی، بر تقاضای این فلزات مؤثر است. البته در فرآیند گذار انرژی، بسته به اینکه کدام نوع از فناوری‌های تجدیدپذیر دست‌بالا را داشته باشد، یا در بین یک فناوری تجدیدپذیر، کدام گونه برتری یابد، تقاضای این فلزات متغیر خواهد بود. به‌عنوان نمونه، سرعت رشد فناوری بادی در قیاس با خورشیدی در میزان رشد تقاضای فلزات مختلف تاثیرگذار است. همچنین بین گونه‌های مختلف سلول‌های خورشیدی، تفاوت مشخصی از جهت نوع استفاده از مواد معدنی وجود دارد^۱. در توربین‌های بادی نیز، نوع گیربکس دار و غیرگیربکس دار، با یکدیگر تفاوت‌هایی از لحاظ مواد معدنی (حیاتی) دارند.

تقاضای مواد معدنی از جنبه مواد کلیدی مورد نیاز برای «انرژی‌های نو، بهینه‌سازی انرژی، کاهش ردپای کربن در صنایع پایین‌دستی و فناوری‌های نوین» نیز، مورد توجه است. به‌طور خاص مس و آلومینیوم تحت تاثیر رشد آتی انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل‌ونقل برقی و بهینه‌سازی انرژی، افزایش تقاضا خواهند داشت. نیاز به طلا در تجهیزات الکترونیک نیز بر تقاضای این صنعت خواهد افزود. استفاده از سیمان برای پایه توربین‌های بادی به‌جای فولاد، چشم‌انداز جذابی برای افزایش تقاضای این صنعت فراهم کرده است. از لحاظ ذخیره انرژی، همچنان سرب، بازار رو به توسعه‌ای خواهد داشت. صنعت روی، با قابلیت بازیافت‌پذیری مستمر و نقش آن در پوشش‌دهی به فولاد و نوآوری‌های صنعت باتری‌های روی-هوا، افزایش تقاضا خواهد داشت. با وجود اضافه ظرفیت در صنعت سیمان و چالش‌های متعدد حمل‌ونقل آن، بازار سیمان‌های سبز نیز روبه‌رشد و در سطح جهانی پرتقاضا خواهد شد. بنابراین گذار انرژی و سبد انرژی‌های آینده، به تقاضای برخی فلزات و سیمان سبز خواهد افزود ولی کمیت آن در گرو رقابت بین این فناوری‌ها خواهد بود.

جنبه دیگری از عدم قطعیت در تقاضای مواد معدنی از صنایع پایین‌دستی، رقابت مواد برای جایگزینی با یکدیگر در بازارهای قدیمی و نوظهور است. به‌عنوان نمونه می‌توان به «رقابت بین آلومینیوم، فیبر کربن و فولاد مستحکم در بازار رشدیابنده خودروهای برقی»، «رقابت روی با عناصر

^۱ در این زمینه به فاز دوم گزارش مراجعه شود.

سازنده باتری‌های لیتیوم یون به عنوان عنصر سازنده باتری‌های روی‌هوا»، «رقابت باتری‌های اسید-سرب و لیتیوم‌یون با وجود گسترش بازار هر دو نوع باتری با سرعت رشد متفاوت» و «رقابت سیمان و مصالح سبز و کم‌کربن در صنعت ساخت‌وساز» اشاره نمود. انتظار می‌رود در سال‌های آتی نیز، با توسعه فناوری از یک‌سو و ظهور آلیاژها و مواد جدید از سوی دیگر، عدم قطعیت‌ها در زمینه توفیق این مواد معدنی بر یکدیگر بیشتر شود. لذا رصد دوره‌ای صنایع پایین‌دستی، برای برآورد تغییرات تقاضای حوزه‌های پنج‌گانه اهمیت دارد.

در جدول ۱۵ به موضوعات کلیدی مرتبط با تقاضا و پایین‌دست صنایع مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان پرداخته شده است. سپس رهیافت‌های پیشنهادی برای طرح در نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ بخش معدن و حوزه‌های پنج‌گانه مذکور ارائه شده است.

جدول ۱۵: گزاره‌های کلیدی در مطالعات آینده‌نگر و رهیافت‌های آن‌ها برای تدوین نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی کشور در زمینه تقاضا و پایین‌دستی

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
۱	تقاضای انرژی (بهینه‌سازی و انرژی‌های سبز)	- سرعت بهینه‌سازی انرژی منجر به رشد تقاضای مس در تجهیزات حرارتی و برودتی خواهد شد. - توسعه صنایع سبز و انرژی‌های تجدیدپذیر به نفع افزایش تقاضای مس و آلومینیوم خواهد بود. به‌ویژه برای مس با دو رویکرد محاسبه، تقاضا این فلز در محافظه‌کارترین رویکرد تا افق ۲۱۰۰ بین ۳ تا ۴ برابر خواهد شد. - توسعه انرژی‌های بادی، تقاضای جدیدی برای صنعت سیمان به عنوان بدیلی برای فولاد، پدید می‌آورد. - در ذخیره انرژی، باتری‌های لیتیوم یون، به رقیب جدی باتری‌های اسید-سرب تبدیل می‌شوند و باتری‌های جدید روی-هوا نیز قابلیت رقابت در آینده را خواهند داشت. - رشد پرشتاب عرضه و تقاضای صنعت خودروسازی، همچنان تقاضای سرب را به‌ویژه در بخش حمل‌ونقل سنگین رشد خواهد داد. لیکن نوآوری‌های صنعت	- در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی و به‌طور خاص فلزاتی مانند مس و آلومینیوم، باید به برآورد نیاز صنایع پایین‌دستی جذاب مانند انرژی‌های تجدیدپذیر توجه شود و با برآورد این نیاز (در سناریوهای مختلف گذار انرژی) باید برای تأمین آن در نقشه‌راه حوزه‌های پنج‌گانه برنامه‌ریزی شود. - با توجه به وضعیت یارانه‌های انرژی و سناریوهای مختلف آتی آن (ادامه یارانه، حذف آن، وضعیت بینابین یا سایر) می‌بایست عدم قطعیت‌های تقاضای حوزه‌های پنج‌گانه در آینده کشور و نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی مدنظر قرار گیرد. - برای تأمین داخلی بخشی از نیاز صنعت خودروسازی به مواد معدنی باتری‌ها تا افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰، باید به صنعت خودروسازی و تجهیزسازی کشور اعلام نیاز و در صورت لزوم تضمین خرید ارائه شود تا پیشران تحول در این صنایع باشد.

ردیف	محور اصلی	موضوعات مرتبط در حوزه‌های پنج‌گانه	رهیافت‌ها برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
		خودروسازی در بخش موتور، بدنه و باتری‌ها بر تقاضای صنعت آلومینیوم، مس و سرب و روی مؤثر خواهد بود.	
۲	تقاضای کشورهای درحال توسعه	<p>- در تمامی حوزه‌های پنج‌گانه و تا افق ۲۰۵۰، به ترتیب تقاضای چین، هند و کشورهای درحال توسعه، برای افزایش تقاضای مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان تعیین‌کننده خواهد بود.</p> <p>- میان مصرف سرانه فلزاتی مانند مس و تولید ناخالص داخلی کشورها رابطه مستقیم وجود دارد.</p>	<p>- به‌عنوان کشور درحال توسعه، باید افزایش تقاضای صنایع پایین‌دست تا افق ۲۰۵۰ برآورد شده و برای رفع نیاز صنایع پایین‌دست، برنامه‌ریزی شود.</p> <p>- هدف‌گیری بازارهای صادراتی و برآورد صادرات در نقشه‌راه‌های بخش معدن و صنایع معدنی باید برخواسته از برآورد نیاز چین، هند و سایر کشورهای درحال توسعه و اقدامات رقبا برای پاسخگویی به نیاز این کشورها باشد.</p>
۳	فشار صنایع پایین‌دست	<p>- باوجود رونق پایین‌دست صناعی مانند سیمان، به‌دلیل افزایش حساسیت‌ها و استانداردهای محیط‌زیستی در صنعت ساخت‌وساز و دوم‌مازاد ظرفیت شرکت‌های فعال فعلی و سوم، رقابت شرکت‌ها، عمده فعالیت‌ها در آینده، مبتنی بر حذف کربن از فرآیند تولید محصول خواهد بود.</p> <p>- صنعت خودروسازی به صنعت آلومینیوم برای کاهش انتشار کربن فشار وارد خواهد کرد. در مورد سایر فلزات مورد استفاده نیز وضع به همین‌گونه خواهد بود تا جایی که تقاضا از این فلزات منوط به صفر بودن انتشار آن‌ها خواهد شد.</p> <p>- چشم‌انداز صادرات حوزه‌های پنج‌گانه به اتحادیه اروپا، آمریکای شما و حتی چین در افق ۲۰۵۰، تابع قوانین محیط‌زیستی آتی این کشورها و برنامه‌های فعلی آن‌ها برای افق ۲۰۵۰ خواهد بود. به‌عبارتی با توجه به برنامه‌ریزی و اقدام این کشورها برای تولید مواد با انتشار صفر، بدیهی است از واردات مواد پرانتشار جلوگیری می‌شود.</p> <p>استفاده از مواد بازیافتی در حوزه فلزات مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا و همچنین بتن، در صنایع پایین‌دست، یک روند کلیدی و بخشی از دستورالعمل‌ها خواهد شد.</p>	<p>- برنامه‌ریزی برای صادرات مواد معدنی در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ باید منوط به تولید این مواد با انتشار صفر گردد تا برای ورود به بازارهای صادراتی چالش ایجاد نشود.</p> <p>- با پیش‌فرض اینکه در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، استانداردهای محیط‌زیستی و الزام به تولید صفر کربن در داخل کشور نیز جاری شود، الزامی است که مجوزهای جدید و برنامه‌های توسعه، صرفاً مبتنی بر انتشار صفر برنامه‌ریزی شوند.</p> <p>- تدوین استاندارد سخت‌گیرانه و پلکانی برای پرانتشارترین صنایع و استفاده از رویکردهای خلاقانه مانند بازار کربن و مالیات کربن، برای حذف کربن از بخش معدن و صنایع معدنی کشور و حوزه‌های پنج‌گانه باید در دستور کار قرار گیرد.</p> <p>- با برآورد سهم احتمالی بازیافت از تقاضای پایین‌دست، توسعه فناوری‌های مربوطه باید در نقشه‌راه بخش معدن و صنایع معدنی لحاظ شود.</p>

ج) خلاصه نتایج فصل چهارم و پایانی پروژه

در فاز نهایی پژوهش، جمع‌بندی و ارائه پیشنهادات تیم پژوهش با توجه به مسیر طی شده در بخش‌های پیشین ارائه شده است. ارزیابی‌های این فاز نشان می‌دهد برای معادن و صنایع معدنی ایران، در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، فرصت‌هایی مبتنی بر افزایش سهم اقتصاد دانش‌بنیان، همپایی فناورانه در حوزه‌های نوین، افزایش شفافیت و سلامت اقتصادی، اشتغال‌زایی و انتقال هدفمند دانش‌فنی (در راستای کربن صفر و انقلاب صنعتی چهارم)، وجود دارد. در مقابل، موضوعاتی مانند آلاینده‌گی بالای معادن و صنایع معدنی کشور به سبب نوع سوخت مصرفی، احتمال محرومیت از بازارهای صادراتی به دلیل ضعف در شاخص‌های پایداری و چالش‌های ناشی از تنش آبی، بخش معدن و صنایع معدنی را در افق مذکور تهدید می‌کند.

توجه به عدم آسیب به محیط‌زیست و انتشار کم‌تر آلاینده‌ها در معادن و صنایع معدنی در سطح اسناد رسمی کشور از نقاط قوت محسوب می‌شود و می‌تواند برای اقدامات بعدی، محل ارجاع و استناد قرار گیرد. در مقابل در بخش معادن و صنایع معدنی ایران، در افق ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ از منظر آینده، «نقاط ضعفی» مانند بی‌توجهی به هدفگذاری برای مواردی چون کربن صفر، ضایعات صفر، چرخه‌ای کردن اقتصاد و منشأیابی مواد معدنی وجود دارد.

پیرو مطالعات این پژوهش و بالاخص فصل چهارم، مجموعه‌ای از فرصت‌های «تکمیلی» و «تحولی» برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور شناسایی شده است. به‌طور خاص در فرصت‌های تحولی باید چهار موضوع تحولی «صفر کردن کربن بخش معدن و صنایع معدنی در افق ۲۰۵۰ و برنامه پلکانی تا این افق»، «منوط کردن مجوزهای جدید توسعه به برنامه‌ریزی برای تولید پاک و پایدار»، «توسعه فناوری‌های پایش، جذب و ذخیره‌سازی کربن» و «تغییر راهبرد سازمان ایمیدرو از متولی‌گری حوزه‌های مرسوم به سیاست‌گذاری برای تولید پاک، پایدار و تحول کل صنعت به صنعت ۴/۰» مدنظر قرار گیرند. همین چارچوب برای پنج حوزه مواد معدنی نیز مدنظر قرار گرفته که در متن گزارش قابل دسترسی است.

ج-۱) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه کلان معدن و صنایع

معدنی و پنج حوزه

ج-۱-۱) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه کلان معدن و صنایع

فرصت‌های تکمیلی

- هدفگذاری برای کاهش انتشار کربن با توجه به تعهدات ایران در پیمان پاریس
- برنامه‌ریزی برای توسعه فناوری‌های بازیافت و چرخه‌ای کردن اقتصاد مواد معدنی
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنایع کلیدی معدنی و فلزی کشور و ارائه پیشنهادات بهبود
- یکپارچه‌سازی چشم‌انداز با اسناد بالادستی علم و فناوری کشور
- هدفگیری بازارهای صادراتی کم‌کربن با تشویق نوآوری در صنعت

فرصت‌های تحولی

- صفر کردن کربن بخش معدن و صنایع معدنی در افق ۲۰۵۰ و برنامه پلکانی تا این افق
- منوط کردن مجوزهای جدید توسعه به برنامه‌ریزی برای تولید پاک و پایدار
- توسعه فناوری‌های پایش، جذب و ذخیره‌سازی کربن
- تغییر راهبرد سازمان ایمیدرو از متولی‌گری حوزه‌های مرسوم به سیاست‌گذاری برای تولید پاک، پایدار و تحول کل صنعت به صنعت ۴/۰

ج-۱-۲) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه صنعت مس

فرصت‌های تکمیلی

- هدفگیری بازار تقاضای مس در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر با تولید مس کربن‌صفر،
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنعت مس و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات،
- تدوین نقشه‌راه برای توسعه فناوری‌های متناسب با منابع کم‌عیار مس،
- تعیین میزان سهم صنعت مس از انتشار کل صنعت و قابلیت این صنعت برای کاهش کربن،
- سرمایه‌گذاری در توسعه نوآوری‌های صنایع پایین‌دستی مس برای افزایش سهم این فلز از تقاضای فناوری و نوآوری،
- سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر برای استفاده در فرآیند تولید مس برای تولید مس سبز.

فرصت‌های تحولی

- هدف‌گذاری برای صنعت مس با انتشار صفر تا افق ۲۰۵۰ و تدوین نقشه‌راه برای مس کربن صفر،
- منوط‌کردن برنامه‌های توسعه جدید به تولید پاک و پایدار و ایجاد فرصت برای توسعه صنایع سبز و پایدار،
- محوری‌کردن مأموریت صفرکردن انتشار کربن صنعت مس، در مأموریت‌های شرکت ملی مس.

ج-۱-۳) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه صنعت آلومینیوم

فرصت‌های تکمیلی

- تدوین نقشه‌راه برای توسعه صنعت آلومینیوم برمبنای منابع ثانویه و برپایه شاخص‌های توسعه پایدار،
- سرمایه‌گذاری و توسعه نوآوری در کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی پاک در صنعت آلومینیوم،
- برنامه‌ریزی برای تأمین با ثبات مواد اولیه و به‌طورخاص منابع ثانویه و در مرحله بعدی نامتعارف در صنعت آلومینیوم،
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنعت آلومینیوم و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات،
- تعیین میزان سهم انتشار صنعت آلومینیوم از انتشار کل صنعت و قابلیت این صنعت برای کاهش کربن به ویژه نظر به سهم برق مصرفی این صنعت و میزان انتشار کربن برق فسیلی،
- هدف‌گیری بازار صادراتی شرکت‌های خودروسازی متقاضی آلومینیوم کربن‌صفر.

فرصت‌های تحولی

- هدف‌گذاری برای کاهش انتشار کربن صنعت آلومینیوم به صفر تا افق ۲۰۵۰ و برنامه‌ریزی برای تأمین برق پاک و اقتصادی برای این صنعت تا افق مذکور،
- سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های دیجیتال صنعت برای ارتقاء صنعت آلومینیوم به صنعت ۴/۰ تا افق ۲۰۳۰،
- سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جذب و ذخیره‌سازی کربن در مجتمع‌های بزرگ آلومینیوم‌سازی کشور.
- محوری‌کردن مأموریت صفرکردن انتشار کربن صنعت آلومینیوم، در مأموریت شرکت‌های تحت مدیریت دولت.

ج-۱-۴) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه صنعت سرب و روی

فرصت‌های تکمیلی

- تدوین نقشه‌راه برای توسعه مواد معدنی مورد نیاز «ذخیره انرژی» در کشور،
- سرمایه‌گذاری برای توسعه فناوری‌های بازیافت در صنعت سرب و روی،
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنعت سرب و روی و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات،
- تعیین میزان سهم انتشار صنعت سرب و روی از انتشار کل صنعت و قابلیت این صنعت برای کاهش کربن به ویژه با توجه به کاهش انرژی لازم برای بازیافت در این صنعت،
- برنامه‌ریزی بیشتر برای اکتشافات و توسعه منابع اولیه در کوتاه‌مدت و با فناوری‌های پاک برای استفاده حداکثری از ذخایر معدنی موجود و آمادگی برای استفاده از منابع ثانویه.

فرصت‌های تحولی

- هدف‌گذاری برای افزایش سهم منابع ثانویه صنعت برای چرخه‌ای کردن کامل صنعت سرب و روی در افق ۲۰۵۰،
- سرمایه‌گذاری در توسعه نوآوری‌های پایین‌دست صنعت (در حوزه باتری برای سرب و خوردگی برای روی)،

ج-۱-۵) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه صنعت طلا

فرصت‌های تکمیلی

- سرمایه‌گذاری روی توکنی کردن منابع معدنی طلا و استفاده به‌عنوان رمزارز،
- سرمایه‌گذاری برای بازیافت طلا از تجهیزات الکتریک و الکترونیک،
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنعت طلا و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات،
- تعیین میزان سهم انتشار صنعت طلا از انتشار کل صنعت و قابلیت این صنعت برای کاهش کربن و لحاظ سهم انتشار کربن انرژی در فرآیندهای تولیدی این صنعت،
- برنامه‌ریزی برای توسعه اکتشافات منابع اولیه طلا و بهره‌برداری با روش‌های پاک و پایدار،

فرصت‌های تحولی

- تدوین نقشه‌راه توسعه برای اکتشاف و بهره‌برداری از منابع عمیق و نامتعارف طلا،
- هدف‌گذاری برای صفرکردن کربن صنعت طلا در افق ۲۰۵۰ و استفاده از انرژی تجدیدپذیر در فرآیند تولید،

- منوط کردن برنامه‌های اکتشاف و بهره‌برداری جدید در صنعت طلا به رعایت شاخص‌های توسعه پایدار و تولید با انرژی‌های تجدیدپذیر یا انرژی‌های فسیلی همراه با فناوری‌های جذب کربن،

ج-۱-۶) فرصت‌های پیشنهادی تکمیلی و تحولی برای نقشه‌راه صنعت سیمان

فرصت‌های تکمیلی

- تدوین طرح جامع برای صنعت سیمان با محوریت و چشم‌انداز سیمان کربن‌صفر در افق ۲۰۵۰،
- تعیین میزان سهم انتشار صنعت سیمان از انتشار کل صنعت و قابلیت این صنعت برای کاهش کربن و لحاظ سهم انرژی مصرفی در این صنعت به ویژه سوخت‌های با آلایندگی زیاد،
- ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال صنعت سیمان و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات،
- سرمایه‌گذاری در سیمان‌های سبز و توسعه مقاصد صادراتی سیمان سبز،
- سرمایه‌گذاری در رویکردهای نوآورانه برای کاهش انرژی مصرفی در صنعت سیمان به ویژه در حوزه کلینکر،

فرصت‌های تحولی

- آماده‌سازی صنعت سیمان برای یکپارچگی با برنامه توسعه شهرهای پایدار و سبز در افق ۲۰۵۰،
- صفر کردن انتشار کربن صنعت سیمان در افق ۲۰۵۰،
- ارائه مجوزهای جدید توسعه صنعت سیمان به سیمان‌های پاک و کربن‌صفر،
- تدوین نقشه‌راه توسعه برای برقی کردن صنعت سیمان و استفاده از انرژی‌های پاک،
- ارتقاء زیرساخت‌های صنعت سیمان برای یکپارچگی با فناوری‌های صنعت ۴/۰.

ج-۲) پیشنهادات برای شیوه تدوین و بازنگری

از لحاظ شیوه تدوین و بازنگری نیز به تفکیک بخش معدن و صنایع معدنی و حوزه‌های پنجگانه، پیشنهادات مربوط به شیوه تدوین و بازنگری ارائه شده است. به‌عنوان نمونه و در سطح کلان معدن و صنایع معدنی باید بازنگری و بهبود در شرح‌خدمات در محورهای بسترسازی برای کربن صفر، صنعت ۴/۰ و چرخه‌ای شدن شکل گیرد. همچنین برای رسیدن به کربن صفر تا افق ۲۰۵۰ به تفکیک صنعت طلا، آلومینیوم، سرب‌وروی، سیمان و مس، نقشه‌راه تدوین شود. علاوه‌براین باید برای

چرخه‌ای کردن و توسعه پایدار اقتصاد معادن و صنایع معدنی و زنجیره ارزش صنعت طلا، مس و آلومینیوم، مطالعه و نقشه‌راه ترسیم شود.

شایان ذکر است، در قیاس با نقشه‌راه‌ها و مطالعات صورت گرفته، اغلب این موارد به سبب افق نسبتاً کوتاه‌تر (به نسبت تحولات ۲۰۵۰)، نوع بررسی و پیشنهادات متفاوت است و شرح خدمات مربوطه نیز با توجه به این افق تدوین شده است. به عبارتی در چهارچوب افق مذکور، شرح خدمات مناسبی تدوین شده و لازمه هر نوع اقدام بعدی (در راستای نقشه‌راه‌های ۲۰۵۰) انجام طرح‌های جامع فعلی است. لذا بررسی‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سه‌محور یادشده، در نقشه‌راه‌های بلندمدت در قالب یک موضوع راهبردی و اصلی نیست و الزامی است در مطالعات بلندمدت (۲۰۵۰) به این مقولات توجه شود. همان‌طور که ذکر شد، این کم‌توجهی نشانه نقص یا کمبود مطالعات فعلی یا احیاناً خطا در نتایج نهایی نخواهد بود، بلکه صرفاً انتظار می‌رود مطالعات جدیدی برای برنامه‌ریزی بلندمدت ۲۰۵۰ در کشور نیز مدنظر قرار گیرد.

ج-۲-۱) پیشنهاد شیوه «تدوین و بازنگری» در برنامه نقشه‌راه کلان حوزه معدن و

صنایع معدنی

پیرو ارزیابی‌های سه فاز پیشین و مطالب این فاز، برای تدوین و بازنگری نقشه‌راه کلان حوزه معدن و صنایع معدنی، گام‌های زیر پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است، سازمان ایمیدرو به عنوان نهاد متولی و سازمان توسعه‌ای، دارای یک سند استراتژی است که پیشنهاد می‌شود همین سند محور تدوین و بازنگری قرار گیرد. شایان ذکر است که موارد مطروحه در ذیل در پژوهش اصلی، تشریح شده‌اند.

- - بازنگری سند استراتژی ایمیدرو با محوریت کربن صفر و تحول دیجیتال
- - تدوین نقشه‌راه برای کربن صفر تا افق ۲۰۵۰ برای بخش معدن و صنایع معدنی کشور
- - تدوین نقشه‌راه برای چرخه‌ای کردن اقتصاد و زنجیره ارزش بخش معدن و صنایع معدنی کشور تا افق ۲۰۳۰

- - تدوین نقشه‌راه توسعه پایدار (منطق با شاخص‌های سازمان ملل متحد) در افق ۲۰۳۰
- - تدوین نقشه‌راه برای توسعه فناوری‌های نوین در بخش معدن و صنایع معدنی

ج-۲-۲) شناسایی و پیشنهاد شیوه «تدوین و بازنگری» برای نقشه‌راه‌های مس،

آلومینیوم و طلا

در زمان انجام این پژوهش، طرح‌های جامع مس، آلومینیوم و طلا، در مرحله تدوین قرار داشته‌اند. لیکن پیرو شرح خدمات این طرح‌های جامع و مستندات میانی در اختیار، مجموعه‌ای از پیشنهادات برای تدوین نقشه‌راه‌های بلندمدت ۲۰۵۰ در ادامه ارائه شده است. البته مجدداً توجه به این نکته ضرورت دارد که افق بررسی طرح‌های جامع مذکور، کوتاه‌تر از پژوهش فعلی است (افق ۲۰۵۰) و نیاز به چنین مطالعاتی نیز در کشور حیاتی است. لیکن در ادامه انجام این طرح‌های جامع، لازم است سازمان ایمیدرو برای نقشه‌راه‌های بلندمدت ۲۰۵۰، برنامه‌ریزی نماید.

- بازنگری و بهبود در شرح خدمات در محورهای بسترسازی برای کربن صفر، صنعت ۴/۰ و چرخه‌ای شدن.

- تدوین نقشه‌راه برای کربن صفر تا افق ۲۰۵۰ به تفکیک صنعت طلا، آلومینیوم و مس

- تدوین نقشه‌راه برای چرخه‌ای کردن اقتصاد و زنجیره ارزش صنعت طلا، مس و آلومینیوم

- تدوین نقشه‌راه توسعه پایدار برای صنعت مس، طلا و آلومینیوم (منطق با شاخص‌های سازمان ملل

متحد) در افق ۲۰۳۰

- تدوین نقشه‌راه برای توسعه فناوری‌های نوین در صنعت مس، طلا و آلومینیوم

ج-۲-۳) پیشنهادات مربوط شیوه تدوین و بازنگری نقشه‌راه سرب و روی

در صنعت سرب و روی، طرح جامعی با شرح خدمات مشابه طرح جامع طلا، آلومینیوم و مس، تدوین نشده است. با اینحال این صنعت یک طرح جامع نگارش شده و یک وبگاه برای بروزرسانی اطلاعات دارد. برای بازنگری در نقشه‌راه این صنعت، نخست پیشنهاد می‌شود فرآیند تدوین طرح‌های جامع طلا، مس و آلومینیوم پایان یابد و سپس برنامه بازنگری و تدوین نقشه‌راه این صنعت شروع شود. زیرا درس آموزه‌ها و تجارب مفید قابل بهره‌برداری در تدوین طرح جامع سه صنعت مذکور و بهبودهای پیشنهادی توسط این پژوهش، در تدوین نقشه‌راه صنعت سرب و روی قابل بهره‌برداری است.

برای تدوین طرح جامع صنعت سرب و روی، با توجه به اهمیت زنجیره ارزش و تاثیرات و تحولات پرشتاب صنایع پایین دستی، پیشنهاد می شود تدوین طرح جامع صنعت سرب و روی، به صورت هم زمان ولی به تفکیک انجام شود. از لحاظ شیوه تدوین، باید آینده نگری در تحولات صنایع پایین دستی در صنعت سرب و روی به تفکیک صورت پذیرد و در ترسیم نقشه راه مدنظر قرار گیرد.

پیرو بند پیشین (پیشنهادات مربوط به تدوین و بازنگری در نقشه راه طلا، مس و آلومینیوم)، پیشنهادات یاد شده برای صنعت سرب و روی نیز قابل انجام است و امکان ترسیم نقشه راه در موضوعات مرتبط با کربن صفر، چرخه ای شدن، توسعه پایدار و تحول به صنعت ۴/۰ وجود دارد. لیکن پیرو نکات مطرح شده در ابتدای این زیربخش، پیشنهاد می شود تصمیم گیری در رابطه با تدوین و بازنگری در نقشه راه سرب و روی، به پس از پایان طرح های جامع موکول گردد.

ج-۲-۴) پیشنهادات مربوط شیوه تدوین و بازنگری نقشه راه سیمان

در صنعت سیمان، برخلاف صنعت طلا، مس، آلومینیوم و سرب و روی، مطالعاتی مشابه برای نگارش طرح جامع وجود ندارد. مطالعات در دسترس اغلب در واکاوی و تحلیل انتقادی این صنعت و ارائه پیشنهاداتی برای آینده است. تکرر این صنعت از لحاظ مالکیت (اغلب هلدینگ های وابسته به بانک ها یا صندوق های سرمایه گذاری و بخش خصوصی یا شبه خصوصی)، ابتکار عمل نهادهایی مانند ایمیدرو در تدوین نقشه راه یا طرح جامع را برای صنعت سیمان محدود کرده است. با اینحال صنعت سیمان از لحاظ تدوین نقشه راه برای کربن صفر، از جمله صنایعی است که هم در سطح انجمن های بین المللی و منطقه ای و هم در سطح شرکت های بزرگ بین المللی، پیشگام بوده است و از این بابت انتظار می رود سازمان ایمیدرو برای تدوین طرح جامعی در صنعت سیمان با محوریت موضوعات آینده نگر (افق ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰) اقدام نماید.

مشابه پیشنهادات عنوان شده برای صنعت سرب و روی، توصیه این پژوهش بر این است که ابتدا طرح های جامع مس، آلومینیوم و طلا تمکیل و تمام شوند و درس آموزه های و تجارب مفید قابل بهره برداری آن ها مکتوب شود و سپس اقدام به تدوین طرح جامعی برای صنعت سیمان شود. همچنین،

کلیه نقشه‌راه‌های مطرح شده برای صنعت طلا، مس و آلومینیوم در موضوعات توسعه پایدار، چرخه‌ای شدن، کربن صفر و صنعت ۴/۰، برای صنعت سیمان نیز با همان شیوه و ملاحظات قابل پیاده‌سازی است. لذا، در صورت تصمیم مبنی بر تدوین نقشه راه برای صنعت سیمان، پیشنهاد می‌شود مبتنی بر موضوعات ذکر شده در بند مربوط به طلا، مس و آلومینیوم و شیوه‌های مربوطه تنظیم شود.

ج-۳) پیشنهادات نهایی پژوهش به تفکیک نهادها و ذی‌نفعان مختلف

پیشنهادات این بخش، در واقع مهم‌ترین خروجی و یافته‌های تیم پژوهش از انجام این پروژه است. همان‌طور که ملاحظه شد طی ۴ فاز متوالی و با رویکرد از بالا به پایین و شروع از کلان صنعت به عمق مواد معدنی پنجگانه، فرآیند پژوهش به صورت نظام‌مند طی شد. مراحل و محتوای این فرآیند نشان داد که جهت‌گیری سیاست‌ها و اقدامات در میان ذی‌نفعان بخش معادن و صنایع معدنی کشور، باید متحول شود تا در افق ۲۰۵۰ از فرصت‌های قابل پیش‌بینی در این افق نهایت بهره‌برداری شود و از تهدیدهای آن اجتناب گردد.

به همین سبب، در ادامه به تفکیک ذی‌نفعان مختلف و در قالب یک جدول، پیشنهادات اصلی پژوهش ارائه شده است (جدول ۱۶). البته برای سازمان ایمیدرو و برخی از سازمان‌های تابعه و شرکت‌های بزرگ در صنعت مس، آلومینیوم، سرب و روی و طلا، پیشنهاداتی بیشتر ذکر شده بود که برای سهولت و نظام‌مندی بیشتر در ادامه نیز مجدداً عنوان شده‌اند. شایان ذکر است برای ارائه پیشنهادات، یک افق‌زمانی برای اقدام و تسهیلگر اصلی نیز پیشنهاد شده است که در صورت موافقت سازمان ایمیدرو (کارفرمای این پژوهش) به تسریع نتایج منتج می‌شود.

پس از جدول ذیل، سایر پیشنهادات پروژه برای نقشه‌راه‌ها و مطالعات بلندمدت سرب و روی، مس، آلومینیوم، سیمان و طلا، نیز ارائه شده است. شایان ذکر است، به صورت فهرست‌وار و عطف به صورت جلسه تیم پژوهش و دستگاه نظارت کارفرمای محترم، جمع‌بندی پیشنهادات پژوهش به صورت ذیل است:

- در ادامه طرح‌های جامع فعلی، به موضوع کربن صفر، چرخه‌ای شدن و تحول دیجیتال، پیرو مقتضیات هر ماده معدنی پرداخته شود و برنامه زمان‌بندی جزئی در افق ۱۰ ساله ارائه شود.
- موضوع انتشار کم کربن در شرکت‌های تولیدی در طرح‌های جامع تا سقف ۱۰ سال آتی، لحاظ شود. به عبارتی تا سقف ۱۰ سال، واحدهای تولیدی باید میزان انتشار کربن فعلی (مستقیم و غیرمستقیم) و برنامه خود را برای کاهش کربن (۱۰ ساله) به سازمان ایمیدرو اعلام و هر ساله گزارش‌دهی کنند.
- پیشنهاد می‌شود انتشار کربن صفر در ۵ حوزه سیمان، طلا، سرب و روی، مس و آلومینیوم و در سطح مجتمع‌های تولیدی، تا افق نهایتاً ۲۰۶۰، برای صفر یا خالص صفر برنامه‌ریزی شود. همچنین در طرح‌های جامع، میزان درصد کاهش تا افق ۱۰ ساله، عطف به مقتضیات هر صنعت برآورد شود و صنایع به انجام آن متعهد گردند.
- پیشنهاد می‌شود از سال ۱۴۰۵ به بعد، به واحدهای غیرپاک و غیرپایدار، مجوزهای معمول تولید و بهره‌برداری ارائه نشود. همچنین واحدهای فعال در سال ۱۴۰۵ به بعد موظف شوند که پیوست سالانه برای کاهش کربن و تولید مطابق شاخص‌های توسعه پایدار ارائه کنند.
- در کنار موضوع محیط‌زیست به توسعه پایدار و شاخص‌های سازمان ملل متحد به عنوان یک مرجع قابل اتکاء، در نقشه‌راه‌های بلندمدت توجه شود.
- در تدوین فصل هشتم طرح‌های جامع سرب و روی، طلا و آلومینیوم که مربوط به اهداف این طرح‌ها است، خروجی‌های پروژه نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰ ذیل سه موضوع چرخه‌ای شدن، کربن صفر و تحول دیجیتال سرب و روی، طلا و آلومینیوم، لحاظ شود.
- برای کاهش انتشار کربن صنایع، با توجه به مقتضیات هر ماده معدنی، توسط مجریان طرح‌های جامع سرب و روی، طلا و آلومینیوم یک مدل طراحی شود که قابل تبدیل به آیین‌نامه باشد و شرایط تشویق‌ها، جریمه‌ها، پایش و مواردی از این دست در آن مشخص شود.
- پیشنهاد می‌شود یک مدل متناسب با شاخص‌های توسعه پایدار سازمان ملل متحد و متناسب با بخش معدن و صنایع معدنی و بومی شده با اقتضائات کشور، توسط سازمان ایمیدرو ارائه شود.

- در طرح‌های جامع سرب و روی، طلا و آلومینیوم لحاظ شود که تا افق ۲۰۳۰، هر ساله بر مبنای شاخص‌های توسعه پایدار بومی شده، گزارش پایداری ارائه شود و این موضوع از زمان تصویب و ابلاغ طرح‌های جامع، اجرایی شود.
- پیشنهاد می‌شود میانگین ۵ ساله مالیات کربن در اتحادیه اروپا، با تاخیر حداکثر ۱۰ ساله، (به‌طور مثال هدف‌گذاری سال ۲۰۳۰ ایران بر اساس میانگین ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ یا ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ اتحادیه اروپا) صورت پذیرد.
- پیشنهاد می‌شود برای مالیات کربن بسترسازی قانونی در برنامه هفتم لحاظ شود و برای برنامه هشتم توسعه، این موضوع الزامی گردد.
- برای تحول دیجیتال و حرکت مبتنی بر فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم، پیشنهاد می‌شود که پس از نهایی‌سازی طرح‌های جامع و تصویب آنها، شرکت‌های معدن و صنایع معدنی بلافاصله موظف به ارائه گزارش سالانه از تحول دیجیتال و اقدامات در راستای انقلاب صنعتی چهارم باشند.
- پیشنهاد می‌شود با توجه به بحران جهانی آب، ضرورت بهینه‌سازی مصرف آب در افق‌های ترسیم‌شده در قالب مفاهیم آب مجازی و ردپای آب مورد تاکید قرار گیرد. در این رابطه استانداردهایی با توجه به شرایط کشور و تجربیات، اقدامات و سیاستگذاری‌های کشورهای پیشرو پیشنهاد گردد.
- پیشنهاد می‌شود در طرح‌های جامع سرب و روی، آلومینیوم و طلا، شرکت‌های مرتبط موظف شوند که هر ساله هدف‌گذاری‌ها و گزارش اقدامات بر اساس تحولات انقلاب صنعتی چهارم را ارائه کنند. از لحاظ زمان، بلافاصله باید بعد از تصویب طرح‌های جامع، این گزارش‌دهی‌ها انجام شود.
- پیشنهاد می‌شود که شرکت‌ها در راستای چرخه‌ای شدن، گزارش جامع، شفاف و مبتنی بر آنالیز دقیق هر نوع باطله و سدهای معدنی تمام‌شده، به صورت سالانه ارائه کنند و تا ۵ سال (۱۴۰۵) فرصت داشته باشند در راستای بهره‌برداری از این موارد اقدام کنند. همچنین پیشنهاد می‌شود

بسترسازی برای اقدامات قانونی توسط ایمیدرو برای سلب اختیار شرکت‌ها بعد از ۵ سال برای بهره‌برداری از این منابع صورت پذیرد.

الف) پیشنهادات برای کلان معدن و صنایع معدنی

پیشنهادات ذیل (جدول ۱۶) به ترتیب زمان مطلوب، مرتب شده‌اند و مواردی که به صورت «سالیانه» و «مستمر» باید انجام شوند در پایان جدول قرار داده شده‌اند. همچنین قلمرو مرتبط با هر پیشنهاد به تفکیک سه گروه ارائه شده است که عبارتند از: **گروه اول**؛ نهادهای سیاست‌گذار و حاکمیتی، **گروه دوم**؛ شرکت‌های بزرگ مقیاس، **گروه سوم**؛ شرکت‌های کوچک مقیاس، **گروه چهارم**؛ شرکت‌های فناور، دانشگاه‌ها، استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های دانش بنیان.

جدول ۱۶: پیشنهادات اصلی پژوهش به تفکیک ذی‌نفعان مختلف

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
۱	ایجاد رشته‌های جدید (بینارشته‌ای)	وزارت عتف	مرکز هوشمندی	در اسرع وقت	گروه چهارم	طراحی رشته‌های جدید (بینارشته‌ای‌ها) برای تحول بخش معدن و صنایع معدنی به وزارت عتف پیشنهاد و ضرورت آن تبیین شود.
۲	تعیین سهم کاهش انتشار کربن بخش معدن و صنایع معدنی از کل صنایع کشور در افق ۲۰۳۰	ایمیدرو	مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست	کوتاه مدت یک سال	گروه اول	برای تعیین سهم، باید میزان انتشار کربن بخش معادن و صنایع معدنی از کل انتشار صنایع کشور و ظرفیت‌های این صنعت برای کاهش، برآورد شود.
۳	برنامه‌ریزی برای راه‌انداز سازوکار مالیات کربن و	ایمیدرو	مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه‌گذاری	کوتاه مدت یک سال	گروه اول	پیش از برنامه‌ریزی برای چنین اقدامی باید مطالعات کارشناسی برای راه‌اندازی بورس کربنی، میزان مالیات، الزامات قانونی و مواردی از

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
	بورس کربن در بخش معادن و صنایع معدنی					این دست صورت پذیرد تا بتوان در نیمه دوم سال ۱۴۰۱، برنامه عملیاتی را پیشنهاد داد.
۴	برآورد نیازهای قانونی برای تحقق اقتصاد کربن صفر، چرخه‌ای شدن و تحول دیجیتال (صنعت ۴/۰) در بخش معدن و صنایع معدنی	ایمیدرو مرکز پژوهش‌های مجلس	۱. مدیریت حقوقی وامور قراردادها ۲. مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه‌گذاری ۳. مدیریت بودجه	کوتاه مدت یک سال	گروه اول	تحقق اقتصاد کربن صفر، چرخه‌ای شدن و تحول دیجیتال نیازمند توسعه تخصیص بودجه برای توسعه زیرساخت‌ها، قانون‌های حمایتی و قانون‌های محدودکننده است. این سه موضوع، نیاز به تصویب و همراهی مجلس شورای اسلامی دارد و باید مطالعات مقدماتی آن تا نیمه اول سال ۱۴۰۱ صورت پذیرد.
۵	تاسیس و تأمین سرمایه خطرپذیر شرکتی با موضوع فناوری‌های پاک و دیجیتال	ایمیدرو	صندوق بیمه سرمایه‌گذاری‌های معدنی	کوتاه مدت نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	پیشنهاد می‌شود به دلیل هم‌افزایی، امکان مقیاس‌گیری برای استارت‌آپ‌ها و کاهش ریسک، با مشارکت شرکت‌های بزرگ فلزی و غیرفلزی، اساسنامه صندوق بیمه سرمایه‌گذاری‌های معدنی تغییر نماید و به صورت موازی صندوق سرمایه‌گذاری برای فناوری‌های پاک و دیجیتال شکل داده شود.
۶	ارزیابی تأثیر مالیات کربن در چشم‌انداز صادراتی	ایمیدرو	مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه‌گذاری	کوتاه مدت نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	شرکت‌های اصلی با مقاصد صادراتی، می‌بایست در سناریوهای مختلف مالیات کربن (طیف اتحادیه اروپا) و چشم‌انداز ۲۰۳۰، هزینه تمام‌شده صادراتی خود را برآورد و برای آن اقدامات جبرانی پیش‌بینی کنند.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
۷	بسترسازی برای مالیات کربن	ایمیدرو	مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری	کوتاه مدت نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول	بسترسازی قانونی برای مالیات کربن در برنامه هفتم لحاظ شود و برای برنامه هشتم توسعه، این موضوع الزامی گردد.
۸	تحول کسب و کار به تولید سبز برای هدف گیری بازارهای صادراتی سبز	-ایمیدرو -معاونت علمی - سازمان محیط زیست	-مدیریت معادن -طرح احیا فعال سازی و توسعه معادن کوچک	کوتاه مدت سال ۱۴۰۱	گروه دوم و سوم	شرکت های کوچک مقیاس در بخش معدنی و فلزی و در حوزه مس، آلومینیوم، طلا، سیمان و سرب و روی، امکان تغییر و تحول فرآیند تولید و جایگزینی انرژی های فسیلی با سبز و تولید محصول پاک و سبز را بیش از شرکت های بزرگ در اختیار دارند و می توانند بازارهای صادراتی محصولات سبز را هدف گیری کنند.
۹	پژوهش و انتخاب مدل مناسب برای اندازه گیری بلوغ دیجیتال شرکت و پیاده سازی آن	-ایمیدرو -شرکتهای تابعه	مدیریت پژوهش و فناوری	کوتاه مدت نیمه دوم سال ۱۴۰۰	گروه اول و دوم	از هر صنعت یک شرکت های بزرگ اصلی بررسی شود، و مدل بلوغ دیجیتال انتخاب و در شرکت اجرایی گردد. انتخاب مدل می تواند بر مبنای تشخیص شرکت ها باشد تا اقتضات هر شرکت و صنعت لحاظ شود.
۱۰	هدف گذاری در اسناد راهبردی معدن و صنایع معدنی برای انتشار کربن صفر در افق ۲۰۵۵،	وزارت صمت ایمیدرو	مدیریت برنامه ریزی و نظارت راهبردی	میان مدت ۲ ساله	گروه اول	برای نیل به این هدف، باید در اسناد راهبردی ایمیدرو بازنگری و بهبود صورت گیرد و به تفکیک برنامه های توسعه (هفتم به بعد)، پیش بینی های لازم، صورت گیرد. موارد مرتبط با برنامه های توسعه می بایست با هماهنگی وزارت صمت صورت پذیرد.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
	چرخه‌ای شدن و تحول دیجیتال (صنعت ۴/۰)					
۱۱	تدوین نقشه‌راه جایگزینی انرژی‌های فسیلی با انرژی‌های تجدیدپذیر	ایمیدرو	-مدیریت پژوهش و فناوری -مدیریت زیر ساخت -شرکت‌های تابعه	میان مدت ۳ سال	گروه اول	برای همسویی با گذار انرژی و رفع وابستگی به انرژی‌های فسیلی، شرکت‌های بزرگ باید طی ترسیم یک نقشه‌راه برای جایگزینی این انرژی‌ها تا افق ۲۰۵۰ برنامه‌ریزی و اقدام کنند.
۱۲	صدور مجوز منوط به تولید مطابق شاخص‌های توسعه پایدار	وزارت صمت	معاونت معدنی	بلند مدت	گروه اول	از سال ۱۴۰۵ به بعد، به واحدهای غیرپاک و غیرپایدار، مجوزهای معمول تولید و بهره‌برداری ارائه نشود. همچنین واحدهای فعال در سال ۱۴۰۵ به بعد باید پیوست سالانه برای کاهش کربن و تولید مطابق شاخص‌های توسعه پایدار ارائه کنند.
۱۳	تدوین استاندارد های آب مجازی و رد پای آب	ایمیدرو سازمان استاندارد	مدیریت زیر ساخت	بلند مدت تا پایان برنامه هفتم	گروه اول	با توجه به بحران جهانی آب، ضرورت بهینه سازی مصرف آب در افق های ترسیم شده در قالب مفاهیم آب مجازی و رد پای آب مورد تاکید قرار گیرد. در این رابطه استانداردهایی با توجه به شرایط کشور و تجربیات، اقدامات و سیاستگذاری های کشورهای پیشرو پیشنهاد گردد.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
۱۴	بهره برداری از باطله ها در راستای چرخه ای شدن اقتصاد	-وزارت صمت -ایمیدرو	-مدیریت برنامه ریزی و نظارت راهبردی -مدیریت معادن -مدیریت صنایع معدنی	میان مدت تا ۵ سال	گروه اول و دوم	شرکت ها در راستای چرخه ای شدن باید گزارش جامع، شفاف و مبتنی بر آنالیز دقیق هر نوع باطله و سدهای معدنی تمام شده، به صورت سالانه ارائه کنند و تا ۵ سال (۱۴۰۵) فرصت داشته باشند در راستای بهره برداری از این موارد اقدام کنند. همچنین پیشنهاد شود بسترسازی برای اقدامات قانونی توسط ایمیدرو برای سلب اختیار شرکت ها بعد از ۵ سال برای بهره برداری از این منابع صورت پذیرد.
۱۵	سوق دهی موضوعات پژوهشی برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی به سمت کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه ای شدن در معادن و صنایع معدنی	وزارت عتف	مدیریت پژوهش و فناوری	مستمر	گروه اول و چهارم	به صورت نظام مند باید اولویت های ایمیدرو در حوزه کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه ای شدن، برای حمایت از پایان نامه های تحصیلات تکمیلی به معاونت پژوهشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری اعلام شود. همچنین این اقدام از طریق تفاهم نامه های بین ایمیدرو و دانشگاه های کشور نیز قابل انجام است.
۱۶	تعریف و پیشنهاد فرصت های توسعه فناوری (پژوهش، فعالیت های آزمایشگاهی و پایلوت)	ایمیدرو	مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران	مستمر	گروه اول و چهارم	در زمینه کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه ای شدن مجموعه ای پیشنهادت پژوهشی، فعالیت های آزمایشگاهی و پایلوت از سمت دانشگاه قابل تعریف است که به ویژه برای بخش آزمایشگاه و پایلوت، مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران می تواند تسهیلگر انجام این پروژه ها باشد.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	ملاحظات
۱۷	جهت‌دهی انتخاب حوزه کسب‌وکار در حوزه‌های آینده‌نگر پژوهش	ایمیدرو	ایمینو	مستمر	گروه اول و چهارم	شرکت‌های استارت‌آپی، فناور و دانش‌بنیان که جهت‌گیری رو به آینده دارند، عطف به این پژوهش باید در حوزه‌های کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه‌ای شدن فعالیت کنند و از طریق سازوکارهای ایمیدرو و معاونت علمی، حمایت شوند.

ب) پیشنهادات برای حوزه‌های پنجگانه

ساختار جدول پیشنهادات ذیل، مانند ساختار پیشنهادات کلان بخش معدن و صنایع معدنی (جدول ۱۶) است و صرفاً یک ستون برای تدقیق حوزه‌های پنجگانه به آن اضافه شده است. توضیح آنکه، با توجه به جاری بودن طرح‌های جامع مس، طلا و سرب‌روی، تسهیل‌گر اصلی اغلب این پیشنهادات ایمیدرو است.

جدول ۱۷: پیشنهادات اصلی پژوهش به تفکیک ذی‌نفعان مختلف (حوزه‌های پنجگانه)

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۱	تدوین نقشه‌راه برای توسعه فناوری‌های متناسب با منابع کم‌عیار مس	- ایمیدرو - شرکت ملی مس	- مدیریت صنایع معدنی - مدیریت معادن	کوتاه‌مدت نیمه اول ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	مس	روندهای جهانی نشان می‌دهد که کاهش عیار در منابع مس جدی بوده و مصرف آب و انرژی برای آن‌ها رو به افزایش است. به همین سبب باید برای توسعه فناوری‌های کم‌آب‌بر، نقشه‌راه تدوین شود.
۲	سرمایه‌گذاری در توسعه نوآوری‌های صنایع پایین‌دستی مس برای افزایش سهم این فلز از تقاضای فناوری و نوآوری	- ایمیدرو - شرکت‌های تابعه در حوزه مس	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه‌گذاری	میان‌مدت ۱۴۰۲	گروه اول و دوم و سوم	مس	نقش مس در نوآوری‌های صنایع پایین‌دستی به ویژه برای چشم‌انداز بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر، ایجاب می‌کند که بازار پایین‌دست توسط شرکت‌های بالادست تحریک شود.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۳	سرمایه گذاری در انرژی های تجدیدپذیر برای استفاده در فرآیند تولید مس برای تولید مس سبز	- ایمیدرو - شرکت های تابعه در حوزه مس	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - ساتبا	میان مدت ۱۴۰۲	گروه اول دوم، سوم و چهارم	مس	تقاضا برای محصولات با ردپای کربن خالص صفر در صنایع پایین دست (مانند انرژی های تجدیدپذیر و خودروها)، منجر به ظهور بازار جذابی برای مس سبز، مس کم کربن و مس کربن صفر خواهد شد.
۴	محوری کردن مأموریت صفر کردن انتشار کربن صنعت مس، در مأموریت های شرکت ملی مس	- ایمیدرو	-مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست - شرکت ملی مس	میان مدت ۵ سال	گروه اول و دوم	مس	بررسی های فصل سوم و چهارم پژوهش نشان می دهد که انجمن های جهانی و منطقه ای در صنایع مختلف، علاوه بر شرکت های بزرگ، مأموریت صنعت را به سمت کربن صفر تغییر جهت داده اند.
۵	تدوین نقشه راه برای توسعه صنعت آلومینیوم بر مبنای منابع ثانویه و برپایه شاخص های توسعه پایدار	- ایمیدرو	-مدیریت معادن -مدیریت صنایع معدنی -شرکت های تابعه آلومینیومی	کوتاه مدت نیمه اول ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	آلومینیوم	باتوجه به دو چالش انرژی بر بودن صنعت آلومینیوم از منابع اولیه و شیوه نامناسب و غیر پایدار در جمع آوری منابع ثانویه، لازم است برای توسعه این صنعت بر مبنای منابع ثانویه و شاخص های توسعه پایدار برنامه ریزی شود.
۶	سرمایه گذاری و توسعه نوآوری در کاهش مصرف انرژی و استفاده از انرژی پاک در صنعت آلومینیوم	- ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - ساتبا	میان مدت ۱۴۰۲	گروه اول و دوم	آلومینیوم	انرژی بر بودن صنعت آلومینیوم و انتشار کربن قابل توجه آن، منجر به افزایش حساسیت های آتی در این صنعت خواهد شد. لذا جایگزینی انرژی های فسیلی (مستقیم یا غیر مستقیم) باید در دستور کار این صنعت قرار گیرد.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۷	سرمایه گذاری در فناوری های جذب و ذخیره سازی کربن در مجتمع های بزرگ آلومینیوم سازی کشور	- ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - مدیریت آموزش و پژوهش - معاونت علمی	میان مدت ۱۴۰۲	گروه دوم و چهارم	آلومینیوم	با توجه به اتکاء کشور به انرژی های فسیلی و انرژی بر بودن صنعت آلومینیوم، استفاده از فناوری های جذب و ذخیره کربن، راهکار عملی و مناسب برای رسیدن به اهداف کم کربن در این صنعت است.
۸	سرمایه گذاری برای بازیافت طلا از تجهیزات الکتریک و الکترونیک	- ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - مدیریت آموزش و پژوهش	کوتاه مدت ۱۴۰۱	گروه دوم و چهارم	طلا	نظر به روند رو به رشد تجهیزات الکترونیک و الکتریک و دوره عمر کوتاه و مستعمل شدن به نسبت سریع این تجهیزات، برنامه ریزی برای بازیافت آن ها و استخراج طلا و سایر عناصر ارزشمند باید در دستور کار قرار گیرد.
۹	سرمایه گذاری بر توکنی کردن منابع معدنی طلا و استفاده به عنوان رمزارز	- ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - مدیریت آموزش و پژوهش	بلند مدت ۵ ساله	گروه اول	طلا	به عنوان یک راهکار براهکن ولی در دست توسعه، توکن کردن معادن طلا (به عنوان پشتوانه دارایی) باید به طور دقیق و تفصیلی بررسی و به عنوان پایلوت بر آن سرمایه گذاری و اقدام صورت گیرد. به طور خلاصه، در توکنی کردن یک معدن طلای خاص، ذخیره برآورد

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
			- وزارت فناوری اطلاعات و ارتباطات				شده و با احتساب هزینه‌ها استخراج و جانبی، به ازای دارایی توکن منتشر می‌شود.
۱۰	برنامه‌ریزی برای توسعه اکتشافات منابع اولیه طلا و بهره‌برداری با روش‌های پاک و پایدار	- وزارت صمت - ایمیدرو	- مدیریت اکتشاف - مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست	بلندمدت ۵ ساله	گروه اول و دوم	طلا	طبق گزارش انجمن جهانی طلا، حساسیت‌ها برای استخراج مسئولانه طلا و مطابق با آرمان‌های توسعه پایدار به شدت رو به افزایش است. به ویژه اکثر انتشار کربن در صنعت طلا، در بالادست اتفاق می‌افتد. به همین سبب باید برنامه‌های آتی اکتشاف و استخراج مبتنی بر روش‌های کاملاً پاک و پایدار، انجام شود.
۱۱	تدوین نقشه‌راه توسعه برای اکتشاف و بهره‌برداری از منابع عمیق و نامتعارف طلا	- وزارت صمت - ایمیدرو	- مدیریت اکتشاف - مدیریت آموزش و پژوهش	بلندمدت ۵ ساله	گروه اول و دوم	طلا	کاهش عیار منابع و فرصت محدود برای بهره‌برداری از منابع عمیق و نامتعارف (باتوجه به فشارهای ناشی از توسعه پایدار)، باید در دستور شرکت‌های اکتشافی و استخراجی طلا قرار گیرد.
۱۲	تدوین نقشه‌راه برای توسعه مواد معدنی مورد نیاز «ذخیره انرژی» در کشور	- وزارت نیرو - ایمیدرو	- مدیریت آموزش و پژوهش - وزارت نیرو	کوتاه‌مدت ۱۴۰۱	گروه اول	سرب و روی	صنعت ذخیره انرژی، به شدت بر تقاضای مواد معدنی مانند سرب، لیتیم و کبالت موثر است. به همین سبب باید با محوریت توسعه مواد معدنی برای آینده ذخیره انرژی کشور برنامه‌ریزی صورت گیرد.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۱۳	سرمایه گذاری برای توسعه فناوری های بازیافت در صنعت سرب و روی	- ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری -مدیریت آموزش و پژوهش	کوتاه مدت ۱۴۰۱	گروه دوم و چهارم	سرب و روی	نتایج فصل سوم نشان می دهد که تا نیمه قرن، همزمان با افزایش قابل توجه عرضه و تقاضای سرب و روی، نسبت منابع ثانویه از اولیه پیشی خواهد گرفت. به همین سبب برای توسعه فناوری های بازیافت در این صنعت باید برنامه ریزی صورت گیرد.
۱۴	سرمایه گذاری در توسعه نوآوری های پایین دست صنعت (در حوزه باتری برای سرب و خوردگی برای روی)،	- ایمیدرو - شرکت های تابعه	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری -مدیریت آموزش و پژوهش	میان مدت ۱۴۰۲	گروه دوم، سوم و چهارم	سرب و روی	تقاضای باتری ها بر صنعت سرب و تقاضای ناشی از جلوگیری از خوردگی در صنعت روی، نقش کلیدی در ساختن بازار آینده این دو فلز دارند. با توجه به اهمیت نوآوری در صنایع پایین دست و تقاضای مواد معدنی در بالادست، نیاز است که این بخش از بازار پایین دست با سرمایه گذاری در نوآوری ها، تحریک شود.
۱۵	به روز رسانی طرح جامع برای صنعت سرب و روی با محوریت کربن صفر، چرخه ای شدن و تحول دیجیتال	ایمیدرو	-مدیریت صنایع معدنی -مدیریت معادن	کوتاه مدت نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	سرب و روی	با بازنگری در مطالعات فعلی انجام شده برای طرح جامع سرب و روی و با توجه به درس آموزه های این پژوهش و ۳ طرح جامع در حال اجراء، باید برای صنعت سرب و روی به صورت هدفمند (سه محور کربن صفر، چرخه ای شدن و تحول دیجیتال) طرح جامع جدید نگارش شود.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۱۶	سرمایه گذاری در رویکردهای نوآورانه برای کاهش انرژی مصرفی در صنعت سیمان به ویژه در حوزه کلینکر	ایمیدرو - شرکت های تابعه	- مدیریت آموزش و پژوهش - مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - انجمن کارفرمایان صنعت سیمان	میان مدت ۳ ساله	گروه دوم، سوم و چهارم	سیمان	باتوجه به ظرفیت مازاد صنعت سیمان، رقابت زیاد در صنایع پایین دست برای استفاده از مواد سبز و حجم بالای آلاینده تولیدی در صنعت سیمان، شرکت های سیمان به طور قابل توجهی برای کاهش انرژی مصرفی و صفر کردن کربن، هدف گذاری و اقدام کرده اند. لذا اتخاذ رویکرد مشابه در داخل کشور برای حفظ بقای صنعت سیمان در آینده، الزامی است.
۱۷	آماده سازی صنعت سیمان برای یکپارچگی با برنامه توسعه شهرهای پایدار و سبز در افق ۲۰۵۰	- ایمیدرو - وزارت کشور	- مدیریت صنایع معدنی - مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست - انجمن کارفرمایان صنعت سیمان	میان مدت ۳ ساله	گروه اول	سیمان	روند روبه رشد ایجاد شهرهای پایدار و تحول شهرهای فعلی به شهرهای پایدار و محدود کردن مواد مصرفی در ساخت این شهرها به مواد سبز و کم کربن، ایجاد می کند که صنعت سیمان برای یکپارچه کردن اهداف خود با توسعه شهرهای پایدار برنامه ریزی کند.
۱۸	تدوین نقشه راه توسعه برای برقی کردن صنعت سیمان و استفاده از انرژی های پاک	ایمیدرو - شرکت های تابعه	- مدیریت آموزش و پژوهش	بلند مدت ۵ ساله	گروه اول، دوم و چهارم	سیمان	از جمله روش های قابل توجه در کاهش آلایندگی صنعت سیمان، برقی سازی است که با کلان روند برقی سازی نیز همسو است. باتوجه به اقتضائات و ابعاد

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
			- مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست -انجمن کارفرمایان صنعت سیمان				فناورانه و اقتصادی برقی سازی، لازم است برای آن یک نقشه راه توسعه تدوین شود.
۱۹	تدوین طرح جامع برای صنعت سیمان با محوریت کربن صفر، چرخه ای شدن و تحول دیجیتال	ایمیدرو	-مدیریت صنایع معدنی انجمن کارفرمایان صنعت سیمان	نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	سیمان	باتوجه به درس آموزه های طرح های جامع مس، طلا و آلومینیوم و پژوهش پیش رو، باید شرح خدمات جدیدی برای طرح جامع سیمان نگارش شود.
۲۰	برنامه زمان بندی جزئی در افق ۱۰ ساله با موضوع کربن صفر، چرخه ای شدن و تحول دیجیتال، در طرح های جامع	ایمیدرو	-مدیریت صنایع معدنی -مدیریت معادن	در اسرع وقت	گروه اول و دوم	مس، طلا، آلومینیوم	در پیوست طرح های جامع فعلی و با عاملیت مجریان فعلی، به موضوع کربن صفر، چرخه ای شدن و تحول دیجیتال، پیرو مقتضیات هر ماده معدنی پرداخته شود و برنامه زمان بندی جزئی در افق ۱۰ ساله طرح جامع مربوطه ارائه شود.
۲۱	موضوع توسعه پایدار به عنوان یک مبحث جامع در طرح های جامع دیده شود	ایمیدرو	-مدیریت صنایع معدنی -مدیریت معادن	در اسرع وقت	گروه اول	مس، طلا، آلومینیوم	فراتر از موضوع محیط زیست لازم است شاخص های توسعه پایدار سند سازمان ملل متحد، در طرح های جامع لحاظ شود.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۲۲	سه موضوع چرخه‌ای شدن، کربن صفر و تحول دیجیتال در طرح های جامع لحاظ شود	ایمیدرو	-مدیریت صنایع معدنی -مدیریت معادن	در اسرع وقت	گروه اول	مس، طلا، آلومینیوم	در تدوین فصل هشتم طرح‌های جامع که مربوط به اهداف است، خروجی‌های پروژه نقشه‌راه ۲۰۳۰ تا ۲۰۴۰ ذیل سه موضوع چرخه‌ای شدن، کربن صفر و تحول دیجیتال، لحاظ شود.
	ارزیابی تأثیر مالیات کربن در چشم‌انداز صادراتی با توجه به مقصد‌های اصلی صادراتی هر ماده معدنی	ایمیدرو	- مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری - شرکت‌های تابعه	کوتاه مدت نیمه اول سال ۱۴۰۱	گروه اول و دوم	مس، طلا، سرب‌وروی، آلومینیوم	برای شرکت‌های اصلی حوزه آلومینیوم، مس، طلا و سرب‌وروی با مقاصد صادراتی، می‌بایست در سناریوهای مختلف مالیات کربن (طیف اتحادیه اروپا) و چشم‌انداز ۲۰۳۰، هزینه تمام‌شده صادراتی برآورد شده و برای آن اقدامات جبرانی پیش‌بینی شود. با توجه به چالش‌های انتشار کربنی سیمن، در افق کوتاه‌مدت نمی‌توان برای بازار صادراتی کم کربن هدف‌گذاری کرد.
۲۳	تعیین سهم کاهش انتشار کربن به تفکیک هر زیربخش (مس، طلا، سرب‌وروی، آلومینیوم، و سیمن)	ایمیدرو	- شرکت‌های ملی -مدیریت صنایع معدنی -مدیریت معادن	کوتاه مدت یک سال	گروه اول و دوم	مس، طلا، سرب‌وروی، آلومینیوم، و سیمن	برای تعیین سهم، باید میزان انتشار کربن در هر کدام از حوزه‌های مس، سیمن، سرب‌وروی و طلا و ظرفیت‌های این حوزه‌ها برای کاهش، برآورد شود.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۲۴	تحول کسب و کار به تولید سبز برای هدف گیری بازارهای صادراتی سبز	-ایمیدرو -معاونت علمی - سازمان محیط زیست	-مدیریت معادن -طرح احیا فعال سازی و توسعه معادن کوچک	کوتاه مدت سال ۱۴۰۱	گروه دوم و سوم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	شرکت های کوچک مقیاس در بخش معدنی و فلزی و در حوزه مس، آلومینیوم، طلا، سیمان و سرب و روی، امکان تغییر و تحول فرآیند تولید و جایگزینی انرژی های فسیلی با سبز و تولید محصول پاک و سبز را بیش از شرکت های بزرگ در اختیار دارند و می توانند بازارهای صادراتی محصولات سبز را هدف گیری کنند.
۲۵	محاسبه ردپای کربن و ردپای آب در محصول تولیدی (با احتساب کربن حمل و نقل)	-ایمیدرو -شرکتهای تابعه	-مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری -مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست -مدیریت زیر ساخت -شرکتهای تابعه	کوتاه مدت نیمه دوم سال ۱۴۰۱	گروه دوم و سوم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	به تفکیک صنایع مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، ردپای کربن و ردپای آب محصولات خود را اندازه بگیرند و نقاط پراشتار و برنامه بهبود را ارائه کنند.
۲۶	پژوهش و انتخاب مدل مناسب برای اندازه گیری بلوغ دیجیتال شرکت و پیاده سازی آن	-ایمیدرو -شرکتهای تابعه	مدیریت پژوهش و فناوری	کوتاه مدت	گروه اول و دوم	مس، طلا، سرب و روی،	از هر صنعت یک شرکت های بزرگ اصلی بررسی شود، و مدل بلوغ دیجیتال انتخاب و در شرکت اجرایی گردد. انتخاب مدل می تواند بر مبنای تشخیص

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
				نیمه دوم سال ۱۴۰۰		آلومینیوم، و سیمان	شرکت‌ها باشد تا اقتضانات هر شرکت و صنعت لحاظ شود.
۲۷	محاسبه ردپای کربن و ردپای آب در محصول تولیدی (با احتساب کربن حمل و نقل)	-ایمیدرو -شرکتهای تابعه	-مدیریت اقتصادی و توسعه سرمایه گذاری -مدیریت ایمنی بهداشت و محیط زیست -مدیریت زیر ساخت -شرکتهای تابعه	کوتاه مدت نیمه دوم سال ۱۴۰۱	گروه دوم و سوم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	به تفکیک صنایع مس، آلومینیوم، سرب و روی، طلا و سیمان، ، ردپای کربن و ردپای آب محصولات خود را اندازه بگیرند و نقاط پراشتار و برنامه بهبود را ارائه کنند.
۲۸	هوشمندسازی و تبدیل به پایلوت برای صنعت ۴/۰ در حوزه‌های ۵ گانه	ایمیدرو	-مدیریت معادن -مدیریت صنایع معدنی -صندوق بیمه فعالیت‌های معدنی	میان مدت ۱۴۰۲	گروه دوم و سوم و چهارم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	شرکت‌های کوچک مقیاس به واسطه چابکی در عملکرد و هزینه‌های متغیر نسبتاً پایین، می‌توانند به پایلوت‌های صنعت ۴/۰ تبدیل شوند و بدین واسطه، امکان مقیاس‌گیری، کسب حمایت‌های مالی و غیرمالی و توسعه برند و محصولات خود را رقم بزنند.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۲۹	ارزیابی باطله‌ها و انواع پسماندهای موجود در مراحل مختلف زنجیره ارزش و بازگرداندن آن‌ها به فرآیند تولید	-ایمیدرو - شرکتهای تابعه	-مدیریت معادن -مدیریت صنایع معدنی -شرکتهای تابعه	میان مدت ۱۴۰۲	گروه دوم و سوم و چهارم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	بازیافت در گرو توسعه فناوری و اقتصادی سازی منابع ثانویه است. شرکت‌های کوچک مقیاس در مقایسه با شرکت‌های بزرگ (که به منابع اصلی اولیه متصل هستند) می‌توانند از این فرصت برای توسعه کسب و کار و چرخه‌ای کردن زنجیره ارزش استفاده کنند.
۳۰	ارائه گزارش انتشار کم کربن توسط شرکتهای تابعه	ایمیدرو	مدیریت برنامه ریزی و نظارت راهبردی	سالانه	گروه دوم و سوم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	موضوع انتشار کم کربن در شرکت‌های تولیدی در طرح‌های جامع تا سقف ۱۰ سال آتی، لحاظ شود. به عبارتی تا سقف ۱۰ سال، واحدهای تولیدی باید میزان انتشار کربن فعلی (مستقیم و غیرمستقیم) و برنامه خود را برای کاهش کربن (۱۰ ساله) به سازمان ایمیدرو اعلام و هر ساله گزارش دهی کنند.
۳۱	برگزاری رویداد های عرضه و تقاضای فناوری با محوریت کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه‌ای شدن	ایمیدرو	-مدیریت پژوهش و فناوری -یونیدرو -مرکز هوشمندی	سالانه	گروه چهارم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	جشنواره‌های معدنی مانند اینوماین (موسسه یونیدرو) یا رویدادهای مختلف دانشگاه‌ها، شتابدهنده‌ها و سایر مراکز نوآوری، باید حداقل از یک رویداد عرضه و تقاضای فناوری حوزه‌های سه گانه این پژوهش، پشتیبانی کنند.

ردیف	پیشنهادات پژوهش	تسهیلگر اصلی	مجری	زمان مطلوب	قلمرو (چهار گروه)	حوزه مربوطه	ملاحظات
۳۲	نیازسنجی از صنعت و ارائه راهکار متناسب با کاهش کربن، صنعت ۴/۰ و چرخه‌ای شدن	ایمیدرو	-مدیریت پژوهش و فناوری -مدیریت معادن -مدیریت صنایع معدنی	سالانه	گروه دوم و سوم و چهارم	مس، طلا، سرب و روی، آلومینیوم، و سیمان	حل تمامی نیازها و چالش‌های فناورانه الزاماً به کاهش کربن و چرخه‌ای شدن منجر نمی‌شود و یا برای حل آن به فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم نیاز نیست، لیکن در صورت نیازسنجی هدفمند، می‌توان اکوسیستم استارت‌آپی را به آن‌دسته از چالش‌ها و نیازهای فناورانه متصل نمود که همزمان با حل، منجر به محورهای سه‌گانه فوق می‌شوند.