



IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT
AND RENOVATION ORGANIZATION

سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

طراحی مدل و رتبه‌بندی مواد معدنی (40 ماده‌ی معدنی) با هدف ارزیابی اولویت آنها در سیاست‌گذاری‌های توسعه‌ای، تحقیقاتی و تولیدی آتی بخش معدن

خلاصه مدیریتی

شماره قرارداد 18567

دانشگاه شهید چمران اهواز - دانشگاه تربیت مدرس

مجری: دکتر احمد کاظمی فرد

سال 1401

مواد معدنی واجد جایگاهی بی‌مانند در دنیای مدرن بوده و تقریباً بخشی از هر محصولی هستند که استفاده می‌کنیم زیرا خواص منحصر به فرد آنها به عرصه‌های متنوع حیات انسانی مانند تأمین غذا، سرپناه، زیرساخت‌ها، حمل و نقل، ارتباطات، مراقبت‌های بهداشتی و دفاع مرتبط هستند. با این حال، تأمین برخی از آنها دارای محدودیت‌هایی بوده و تکنیک‌های استخراج اغلب آنها هزینه‌های زیست‌محیطی و مالی بالایی را تحمیل می‌نماید. با توجه به ضرورت این مواد در انبوهی از کاربردهای حیاتی روزمره‌ی انسانی و نیازهای فناورانه، این نگرانی وجود دارد که آیا سطح عرضه و میزان ذخایر مربوط به این مواد می‌تواند نیازهای دنیای آینده را برآورده کند یا خیر؟ لذا دستیابی به این مواد، ریسک تأمین آنها، امکان یافتن جایگزین‌هایی مناسب برای آنها، میزان آسیب‌پذیری در برابر محدودیت‌های عرضه، هزینه‌های مادی و پیامدهای زیست‌محیطی استخراج یا فراوری آنها و... دغدغه‌هایی آشنا و جاری در حال و آینده‌ی کشورهای مختلف دنیا هستند.

از این میان، مواد معدنی بحرانی که در مواردی از آن‌ها تحت عناوینی چون مواد معدنی پرریسک، مواد معدنی پرخطر، مواد معدنی استراتژیک و نظایر آن نیز یاد می‌شود، بطور کلی و در نگاهی عام، به فلزات و غیرفلزاتی اطلاق می‌شوند که در اقتصادهای بزرگ و یا نوظهور جهان و به خصوص در صنایع نوین و پیشرفته، حیاتی تلقی می‌شوند (و از این رو آنها را مواد معدنی حیاتی نیز می‌نامند)؛ اما عرضه‌ی آنها ممکن است به واسطه‌ی عواملی مانند کمبودهای زمین‌شناختی، مسائل ژئوپولیتیکی، سیاسی، تجاری، محدودیت‌های زیست‌محیطی یا عوامل دیگر در معرض خطر جدی تری بوده و یا فناوری یا تجهیزات لازم برای تولید آنها در کشورها محدود و یا به کشورهای خارجی وابسته باشد.

این مواد معدنی مهم که بسیاری از آن‌ها فاقد جایگزین مناسبی نیز هستند نقشی کلیدی، محوری و بی‌بدیل در گستره‌ی وسیعی از نیازهای مهم انسانی در حال و آینده‌ی جهان دارند که از این میان میتوان به حوزه‌هایی همچون انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، تجهیزات پزشکی پیشرفته، داروسازی، تجهیزات نظامی و تسلیحاتی پیشرفته، حوزه انرژی هسته‌ای، روبات‌ها، مانیتورهای صفحه‌تخت، پنل‌های خورشیدی، ساخت تلفن‌های همراه، توربین‌ها، باتری‌ها، خودروهای برقی، تجهیزات الکترونیکی پیشرفته، کودهای شیمیایی و بسیاری دیگر از حوزه‌های کاربردی پیشرفته اشاره کرد. لذا بطور خلاصه چنین موادی را میتوان محل تلاقی سه ویژگی مهم دانست. نخست، اهمیت اقتصادی بالا، دیگری ریسک تأمین بالا و نهایتاً ارزش‌های بالای زیست‌محیطی.

از طرفی با بررسی مطالعات و پژوهش‌های بین‌المللی در حوزه‌ی مواد معدنی و مواد معدنی بحرانی میتوان این مطالعات را به دو دسته‌ی کلی تقسیم کرد. نخست، مطالعات آینده‌نگر و گزارش‌های دوره‌ای از طرف دولت‌ها یا شرکت‌های معتبر و دیگری مطالعات انجام شده توسط پژوهشگران دانشگاهی. بویژه نمونه‌هایی از دسته‌ی نخست، عبارتست از چشم‌اندازها و نقشه‌راه‌های بلندمدت صنایع معدنی، گزارش‌های سالیانه‌ی سازمان زمین‌شناسی آمریکا، گزارش‌های سالیانه‌ی استرالیا، گزارش‌های سالیانه‌ی کانادا و گزارش‌های مربوط به دوره‌های سه‌ساله در اتحادیه اروپا در رابطه با مواد معدنی بحرانی.

برای دریافت اهمیت فزاینده و ابعاد مطالعات پژوهشی بین‌المللی بویژه در ارتباط با مواد معدنی بحرانی (که عمدتاً در هفت دسته‌ی گسترده‌ی فهرست مواد معدنی بحرانی، شاخص‌های بحرانی بودن، تجزیه و تحلیل سناریوهای مربوط به مواد معدنی بحرانی، اکتشافات، استخراج، فراوری و نهایتاً کارکردهای این مواد قرار می‌گیرند) کافی است توجه شود که مبتنی بر پایگاه‌های بروندادهای معتبر علمی مانند Google Scholar، Springer و Elsevier، تا سال 2023 میلادی از قریب به شش میلیون پژوهش انجام گرفته در حوزه‌ی مواد معدنی، حدود هشتاد درصد از آنها، در ارتباط با مواد معدنی بحرانی/استراتژیک انجام شده‌اند. این پژوهش‌ها بطور مطلق نیز بویژه در سال‌های اخیر واجد رشد چشمگیری بوده و تعداد آنها با افزایش معناداری نسبت به گذشته روبروست. این در حالیست که متأسفانه در کشور ما تا کنون برنامه‌ای روشن و نظام‌مند مشابه با آنچه سالهاست در دنیای پر تلاطم مواد معدنی و مواد معدنی بحرانی صورت می‌گیرد، در راستای انجام مطالعات مربوط به این حوزه صورت نگرفته و در واقع آنچه که موجود است تعداد بسیار اندکی مطالعات دانشگاهی با محدودیت‌های متنوع در سطح دقت است که اغلب در دهه‌ی 80 شمسی صورت گرفته‌اند و نیز برخی پروژه‌های مطالعاتی موردی که ارتباط چندانی قابل توجهی با دغدغه‌ی پژوهش حاضر ندارند.

لذا انتظار آنست که هم‌نوا با اقدامات پژوهشی حساب شده و برنامه‌ریزی شده‌ی تمامی بازیگران بین‌المللی مطرح در حوزه‌ی مواد معدنی که نه تنها به شکلی روشمند به ارزیابی منظم وضعیت خود در این حوزه می‌پردازند، بلکه حتی رصد پیوسته‌ی وضعیت سایر مناطق و کشورهای جهان را نیز از نظر دور نمی‌دارند، در کشور ما نیز این تلاش‌ها عقیم نمانده و در چارچوبی حساب شده و همگرا پیگیری و هدایت شوند تا از این رهگذر و با طراحی استراتژی‌های معقول و مقبول، مسیر بهره‌برداری علمی کشور عزیزمان از مزیت‌های نسبی موجود یا ممکن در این حوزه هموارتر گردد.

در این راستا قابل توجه است که اگرچه مرور فعالیت‌های پژوهشی کشورهای پیشرو در حوزه مواد معدنی از تمرکز بالا، حساسیت فراوان، هزینه‌کرد قابل توجه آنها در راستای ارزیابی وضعیت مواد معدنی و برنامه‌ریزی مستمر آنها برای مدیریت ریسک‌های موجود در ارتباط با تامین پایدار مواد معدنی مورد نیاز حکایت دارد، اما متأسفانه در کشور ما، توجه شایسته و بایسته‌ای به چنین مواردی نشده است؛ چنانکه:

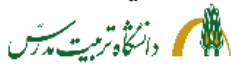
1. ارزیابی دقیق و درستی از وضعیت ذخایر مواد معدنی موجود در کشور و جایگاه آنها در جهان در دست نداریم؛
2. نقدهای قابل تاملی به سیاست‌های کلان اکتشافی کشور در حوزه‌ی مسوولیت سازمان‌ها و رویکردها و روش‌های اکتشافی مورد استفاده وارد است؛
3. ذخایر کشف شده به ادبیات بین‌المللی ترجمه نشده و راستی‌آزمایی آنها به راحتی قابل انجام نیست؛
4. برنامه‌های اکتشافی فعلی، بسیاری از مواد معدنی مهم و کلیدی را پوشش نمی‌دهد.

از طرفی تاریخچه‌ی رویکرد کشورهای مطرح دارنده‌ی ذخایر معدنی و یا کشورهای توسعه‌یافته‌ای که تقاضای قابل توجهی از مواد معدنی دارند نشان می‌دهد که این کشورها استراتژی مواد معدنی را بصورت ناگهانی و خلق‌الساعه بوجود نمی‌آورند؛ بلکه بر اساس دیدگاه خود از منافع ملی، نحوه‌ی اختصاص منابع و تجربه‌ی تاریخی خود در مقابله با ریسک تأمین و بالاخره بر اساس ساختار ملی نهادی، استراتژی‌های خود در زمینه‌ی مواد معدنی را با حساسیت بسیار بالا، مطالعات متعدد و پیوسته، تمرکز ویژه و با صرف هزینه‌های بسیار سنگین و بصورت مدون شکل می‌دهند.

لذا در این راستا و به موازات اقدامات تئوریک و عملی سایر کشورها به طور طبیعی در ایران نیز با توجه به جایگاه معدنی کشور، صنایع موجود، مخاطرات و تهدیدات مختلف بین‌المللی و برنامه‌های توسعه‌ای که در چشم‌اندازها و اسناد بالادستی حوزه‌ی صنعت موجود است، ضرورت پرداختن به پژوهش‌های لازم در حوزه‌ی صنایع معدنی با تمرکز بر پتانسیل‌های معدنی و همین‌طور فرصت‌های موجود در بازار محصولات معدنی به ویژه با رویکرد مواد معدنی بحرانی در سایه‌ی بررسی وضعیت جهانی در این حوزه، اجتناب ناپذیر است؛ زیرا واضح است که برنامه‌ریزی آگاهانه برای حفظ و تقویت رشد اقتصادی داخلی مستلزم آگاهی از مزیت‌های نسبی در حوزه‌ی مواد معدنی در مقایسه با سایر کشورها، آگاهی از ریسک‌ها و محدودیت‌های موجود یا بالقوه در تأمین مواد معدنی و همچنین تدوین استراتژی‌هایی برای کاهش اثرات این ریسک‌ها و محدودیت‌هاست. به همین دلیل، نیاز است بر اساس



دانشگاه شهید چمران اهواز



طراحی مدل رتبه‌بندی مواد معدنی (40 ماده‌ی معدنی) با هدف ارزیابی اولویت آنها در سیاست‌گذاری‌های توسعه‌ای، تحقیقاتی و تولیدی آتی بخش معدن



IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT AND RENOVATION ORGANIZATION
سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

متدولوژی‌های مناسب و استاندارد، اولویت‌بندی مواد معدنی مهم در کشور و به ویژه مواد معدنی بحرانی با در نظر گرفتن شاخص‌های تاثیرگذار به هدف ایجاد شفافیت‌های لازم و اولویت‌بندی‌های کارشناسی در سیاست‌گذاری‌های حاکمیتی در حوزه‌ی معدن و صنایع معدنی کشور محقق و بصورت دوره‌ای پایش شود.

این پژوهش که با هدف اولویت‌بندی 40 ماده معدنی مهم در کشور (با تاکید بر مواد معدنی بحرانی) انجام شده و در انجام آن، روندهای نظری و عملی مرتبط موجود در دنیا و جوانب مختلف تاثیرگذار بر این اولویت‌بندی نظیر اقتضائات خاص ایران مدنظر بوده است، به سیاست‌گذاران این حوزه به ویژه ایمیدرو و در سطح کلان‌تر وزارت صمت، کمک خواهد نمود تا بر اساس اولویت‌بندی کارشناسی شده‌ای نسبت به سیاست‌گذاری در فعالیتهای تحقیقاتی، توسعه‌ای و سرمایه‌گذاری در این حوزه اقدام نموده و منابع و پتانسیل‌های مالی و غیرمالی در دسترس را در مناسب‌ترین حوزه‌ها سرمایه‌گذاری نمایند.

چنین رویکرد کارشناسی دقیق و هدفمندی، یقیناً منجر به افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری، افزایش بازدهی، ارزش آفرینی در بخش معدن و صنایع معدنی کشور و همین‌طور تامین ملزومات استراتژیک صنایع پایین دست مصرف‌کننده‌ی محصولات معدنی و جلوگیری از هدر رفت منابع و فرصت‌های کشور در این حوزه خواهد شد. در حقیقت با توجه به آنکه ارزش تولیدات بخش معدن و صنایع معدنی کشور به هزاران میلیارد تومان در سال می‌رسد، حتی بهبود جزئی در شاخص‌های عملکردی با سیاست‌گذاری‌های صحیح فعالیتهای تحقیقاتی، توسعه‌ای و سرمایه‌گذاری، تاثیر اقتصادی قابل توجهی در بهره‌وری این بخش خواهد گذاشت. بعلاوه، فرصت‌های صادراتی جدید کشور در حوزه‌ی مواد معدنی و به ویژه مواد معدنی بحرانی را تبیین کرده و از این رهگذر، مجاری اتصال هر چه وسیع‌تر زنجیره‌ی ارزش معادن کشور با صنایع پیشرفته را در سطح بین‌المللی مشخص می‌نماید. روی دیگر این سکه آن است که هرگونه ساده‌انگاری در ارزیابی اولویت‌های سرمایه‌گذاری در حوزه مواد معدنی، منجر به طراحی استراتژی‌های اشتباه و به تبع آن تحمیل خسارت‌های بسیار سنگین بر پیکره‌ی اقتصاد کشور خواهد شد.

لذا انتظار می‌رود که نتایج این پژوهش، منشا اصلاحاتی در اسناد بالادستی حوزه‌ی صنایع معدنی شده و سیاست‌گذاران را در جهت تقویت صحیح و هدفمند زمینه‌های بروز مزیت‌های نسبی کشور در این حوزه یاری نماید.

علاوه بر این، تعیین و تبیین اولویت‌های کارشناسی در این حوزه باعث می‌شود که بخش خصوصی نیز با شناخت مناسب‌تری نسبت به اولویت‌های حاکمیتی سازمان‌های دولتی نظیر ایمیدرو، در میان مدت و بلندمدت نسبت به افزایش سرمایه‌گذاری و فعالیت در حوزه‌ی معدن و صنایع معدنی کشور اقدام نماید که ضمن تقویت فعالیت‌های انجام شده در این بخش، به قوی‌تر شدن بخش خصوصی، افزایش پایدار ارزش افزوده بخش معدن و صنایع معدنی، افزایش اشتغال در بخش خصوصی و امکان جذب بیشتر سرمایه از منابع داخلی و حتی خارجی منجر خواهد شد و سرمایه‌گذاران را در جهت سرمایه‌گذاری در حوزه‌هایی با ارزش افزوده‌ی بالا ترغیب خواهد نمود.

بطور طبیعی اقتضائات کشورهای مختلف و استعدادهای گوناگون آنها در ارتباط با مواد معدنی، تفاوت‌هایی را در میزان نیاز به این مواد و استراتژی‌های تولید یا تامین برای آنها رقم می‌زند؛ لذا در این پژوهش برخی متدولوژی‌های الگو برای ارزیابی مواد معدنی بحرانی، از جمله رویکردهای شورای ملی پژوهش وابسته به آکادمی ملی علوم آمریکا، سازمان زمین‌شناسی آمریکا، وزارت دفاع آمریکا، وزارت انرژی آمریکا، اتحادیه اروپا و نیز استرالیا به هدف ارائه نمونه‌هایی از روش‌شناسی‌های مربوط به این مقوله و نیز تفسیر نقاط اشتراک و افتراق رهیافت این کشورها در ارزیابی مواد معدنی بحرانی به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت تا تفسیری از تفاوت‌ها و شباهت‌های فهرست‌های مواد معدنی بحرانی آنها را ایجاد نماید. بررسی‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سطح تکنیک‌های ارزیابی و مقایسه جایگاه مواد معدنی در کشورهای مختلف بطور مداوم در حال افزایش و ارتقا بوده و بر ظرفیت‌ها و تعدد پارامترهای محاسباتی مربوط به آنها مرتباً افزوده می‌شود.

در کشور ما نیز یک ارزیابی معقول و مقبول از فرصت‌ها و تهدیدات حوزه معادن و صنایع معدنی، بویژه از منظر مواد معدنی بحرانی، در حال یا آینده، بدون شناخت کافی و وافی از شرایط کنونی و آتی بین‌المللی مربوط به این حوزه، امکان‌ناپذیر و ناقص بوده و مستلزم دانشی جامع نسبت به اتفاقات حال و بینشی ژرف نسبت به اقتضائات آینده جهان است. از طرفی در هم‌تنیدگی بسیار پیچیده و روزافزون حوزه صنایع معدنی با وجوه و جنبه‌های متنوع اقتصادی، فنی، سیاسی، اجتماعی، امنیتی، زیست‌محیطی و ... لزوم اتخاذ رهیافت‌های هوشمندانه، مناسب، متناسب و جامع بمنظور طراحی استراتژی‌های مرتبط با این حوزه را بیش از پیش منعکس می‌نماید.

شایان توجه است که بررسی‌های گسترده تیم پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که علیرغم توجه کافی و حساسیت نسبت به مناسب بودن و به‌روز بودن داده‌ها در پژوهش‌ها و پروژه‌های مختلف، توجه و حساسیت چندانی در ارتباط با مناسب بودن و به‌روز بودن مدل‌های ریاضی و آماری و چارچوب‌های تحلیلی مورد استفاده در آنها وجود

ندارد. در حالی که نقش مدل‌های ریاضی و آماری برای حصول به نتایج قابل اطمینان بویژه در مطالعات حوزه صنعت که عموماً داده محور هستند، بسیار بالا بوده و اگر اهمیت آن بالاتر از اهمیت مناسب بودن و به‌روز بودن داده‌ها نباشد، یقیناً کمتر از آن نیست زیرا حتی اگر بهترین داده‌ها را نیز در اختیار داشته باشیم اما آنها را در قالب مدل‌های نامناسب به کار بگیریم، در حقیقت آنها را هدر داده ایم. بمنظور احتراز از چنین نقیصه مهمی، طراحی و اجرای مدل رتبه بندی مواد معدنی در شش گام صورت پذیرفت که در آن‌ها روش‌ها و مدل‌های آماری و ریاضی بکار رفته، واجد دو ویژگی مهم هستند؛ نخست آنکه عموماً مبتنی بر مقالاتی بسیار جدید و از سال 2020 به این سو می باشند که در مجموعه‌ای از معتبرترین نشریات علمی داخلی و خارجی انتشار یافته‌اند و دیگری آنکه همگی توسط مجری پژوهش حاضر، انجام شده و برخی از آنها مورد استناد پژوهشگرانی از بهترین دانشگاه‌های جهان از جمله دانشگاه‌های MIT، هاروارد و پرینستون قرار گرفته‌اند. خلاصه ای از اطلاعات مربوط به این مقالات که منعکس کننده اعتبار آنهاست به همراه کاربری آنها در پژوهش حاضر، در جدول ذیل قابل ملاحظه است.

عنوان مقاله	نام مجله	نوع مجله	سال انتشار	حوزه بهره‌برداری
On maximal curves related to Chebyshev polynomials	Finite Fields and Their Applications	Q1 IF= 1.655	2018	مدل سازی
MADM approach to analyse the performance of fuzzy regression models	Ambient Intelligence and Humanized Computing	Q1 IF= 7.02	2021	تحلیل آماری
A multi-attribute assessment of fuzzy regression models	Journal of Fuzzy Systems	Q1 IF= 2.1	2021	پیش‌بینی
A comparative study of fuzzy linear regression and multiple linear regression	Journal of Agriculture and Forestry	Q2 IF= 2.669	2018	برآورد
Multi-Criteria Decision Making based on an extension of the OWA operators	IEEE	Q1 IF= 12.256	2022	ارزیابی اوزان
تحلیل ریسک و تنوع صادرات غیرنفتی ایران: کاربرد روش ناپارامتری و نیمه‌پارامتری	فصلنامه اقتصاد و الگوسازی	علمی و پژوهشی	2021	طراحی شاخص‌ها

عنوان مقاله	نام مجله	نوع مجله	سال انتشار	حوزه بهره‌برداری
تعمیمی از مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS مبتنی بر یکنواخت‌سازی مطلوبیت شاخص‌ها	مجله مدل‌سازی پیشرفته ریاضی	علمی و پژوهشی	2021	مدل‌سازی
رهیافت تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره در ارزیابی نیکویی برازش مدل‌های آماری	مجله سیستم‌های فازی و کاربردها	علمی و پژوهشی	2021	تحلیل آماری

فرایند انجام این پژوهش و عمده نتایج آن بطور خلاصه در شش گام ذیل انعکاس یافته است:

گام اول: بررسی گسترده مطالعات مرتبط پیشین داخلی و خارجی، اعم از حدود 350 گزارش شامل گزارش‌های دوره ای، گزارش‌های موردی، نقشه راه‌ها، چشم اندازه‌ها، طرح‌های جامع، فهرست‌های مواد معدنی بحرانی، مطالعات آینده نگر، مقالات پژوهشی و نیز تحلیل و ارزیابی رویکردها و متدولوژی‌های دیگر کشورهای جهان در حوزه مواد معدنی و به‌ویژه مواد معدنی بحرانی

گام دوم: شناسایی، بررسی و تنظیم فهرست هفتاد و دو ماده معدنی مهم برای ایران و سپس فیلترینگ آنها برای حصول به 44 ماده معدنی منتخب و مهم‌تر که در قالب سه دسته کلی، قابل طبقه‌بندی بوده و به ترتیب عبارتند از:

1. **تهدیدات:** دسته‌ای از مواد معدنی که مورد نیاز فعلی یا آتی کشور بوده و برای تامین آنها نیازمند واردات هستیم و آنها را می‌توان مواد معدنی بحرانی برای ایران نامید.
2. **فرصت‌ها:** دسته‌ای از مواد معدنی که اگر چه برای سایر کشورها بحرانی قلمداد نمی‌شوند، اما ذخایر آنها در کشور وجود داشته و تولید آنها ارزش افزوده اقتصادی مناسبی به همراه دارد.
3. **فرصت‌های ویژه:** دسته‌ای از مواد معدنی که برای سایر کشورها بحرانی محسوب می‌شوند و کشور ما نیز می‌تواند یک تامین کننده آنها در حال یا آینده باشد.

علاوه بر این رویکرد، در مراحل مختلفی از جمله ارزیابی فرصت‌ها و تهدیدات کشور در حوزه مواد معدنی، دریافت دیدگاه‌ها و اخذ قضاوت‌های مجموعه وسیعی از پژوهشگران ذیربط و استادان ایرانی در حوزه‌های معدن و متالورژی در دانشگاه‌های داخل و خارج از کشور، مدیران ارشد اکتشافی گذشته و حال و خبرگان و کارشناسان با سابقه وزارت صمت بویژه در حوزه اکتشافات معدنی، کارشناسان خبره سازمان زمین‌شناسی و کارشناسان خبره ذیربط و فعال در بخش خصوصی نیز در دستور کار قرار گرفت. مجموعه مطالعات کتابخانه‌ای و دریافت دیدگاه‌های تخصصی اساتید دانشگاه، بدنه کارشناسی و خبرگان مواد معدنی کشور و رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره تقدّمی، منجر به شناسایی فهرست اولیه زیر از مواد معدنی متشکل از 72 مورد، برای بررسی‌های دقیق‌تر شد:

فهرست مواد معدنی شناسایی شده از بانک‌های اطلاعاتی، مطالعات پیشین و نظرات خبرگان

ردیف	نام ماده معدنی	ردیف	نام ماده معدنی
1	استرانسیم	37	سلنیوم
2	اسکاندیم	38	سولفات سدیم
3	اورانیم	39	سیلمانیت
4	ایتریم	40	سیلیس
5	ایندیم	41	شن و ماسه
6	آرسنیک	42	صدف کوهی
7	آزبست	43	طلا
8	آنتیموان	44	عناصر نادر خاکی سبک
9	آندالوزیت	45	عناصر نادر خاکی سنگین
10	سنگ آهن	46	فسفات
11	باریت	47	فلدسپار
12	بریلیم	48	فلورین
13	بور	49	قلع
14	بوکسیت	50	کادمیم
15	بنتونیت	51	کائولن
16	بیتومین	52	کبالت
17	بیسموت	53	کرومیت

نام ماده معدنی	ردیف	نام ماده معدنی	ردیف
گالیم	54	پتاس	18
گارنت	55	پرلیت	19
گل سفید (هونتیت)	56	تالک	20
گلیسونایت	57	تانتالیم	21
گوگرد	58	تلوریم	22
گوهر سنگ	59	تنگستن	23
لیتیم	60	تیتان	24
مس	61	جیوه	25
منگنز	62	دولومیت	26
منیزیت	63	دیاتومیت	27
مولیبدن	64	رنیوم	28
میکا	65	روی	29
نفلین سینیت	66	زغال	30
نقره	67	زنولیت	31
نمک	68	زیرکن	32
نیکل	69	ژرمانیم	33
نیوبیم	70	سدیم	34
وانادیم	71	سرب	35
ید	72	سلستین	36

شایسته توجه است که اگر چه مطابق شرح خدمات این پژوهش، انتخاب 40 ماده معدنی مهم‌تر از فهرست هفتاد و دو ماده معدنی اولیه، برای تداوم مسیر پژوهش کفایت می‌کرد، اما به صلاحدید تیم پژوهش و به هدف مواجهه مناسب با برخی خطاهای احتمالی در ارزیابی‌ها و نیز پوشش برخی عدم قطعیت‌ها، بجای 40 ماده، ارزیابی 44 ماده معدنی در دستور کار قرار گرفت که در جدول زیر منعکس شده‌اند.

فهرست 44 ماده معدنی مهم منتخب بر حسب حروف الفبا

ردیف	نام ماده معدنی	ردیف	نام ماده معدنی
1	اورانیم	23	سیلیس
2	آنتیموان	24	طلا
3	سنگ آهن	25	نادر سبک
4	باریت	26	نادر سنگین
5	بریلیم	27	فسفات
6	بور	28	فلورین
7	بوکسیت	29	قلع
8	بنتونیت	30	کادمیم
9	بیتومین	31	کائولن
10	بیسموت	32	کبالت
11	پتاس	33	کرومیت
12	تانتالیم	34	گارت
13	تلوریم	35	گوهرسنگ
14	تنگستن	36	لیتیم
15	تیتان	37	مس
16	دولومیت	38	منگنز
17	رنیوم	39	مولیبدن
18	روی	40	نقره
19	زغال	41	نیکل
20	زیرکن	42	نیوبیم
21	ژرمانیم	43	وانادیم
22	سرب	44	ید

گام سوم: بررسی وضعیت 44 ماده معدنی منتخب بر اساس حدود سیصد شاخص و زیرشاخص (با نظر داشت ابعاد اقتصادی، سیاسی، اجتماعی، زیست‌محیطی، فنی و استراتژیک و ناظر به مقولاتی مانند توسعه پایدار، گذار دیجیتال، گذار سبز، انقلاب صنعتی چهارم، انرژی‌های پاک و تجدیدپذیر، اقتصاد چرخه‌ای و...) که بسیاری از آنها برای نخستین بار در این مطالعه پژوهشی است که ظاهر شده‌اند. برای ارزیابی تصویری از این رویکرد و جلوگیری از تطویل کلام، صرفاً فهرست لایه‌های اول و دوم این شاخص‌ها که قریب به صد عنوان را در بر می‌گیرند، ارائه می‌گردد:

جدول 1- لایه‌های اول و دوم شاخص‌های رتبه‌بندی مواد معدنی

شاخص‌های ادبیات تحقیق	تنوع سید	بحرانی بودن از منظر جهانی	بحرانی بودن از منظر ایران
۶۴ رشد ارزش افزوده	۴۶ تنوع مصارف	۲۶ رتبه بحرانی بودن ماده از منظر مندلوژی Yale	۱ بحرانی بودن عمر ذخایر جهانی
۶۵ صریح ارزش افزوده	۴۷ تنوع واردکنندگان عمده	۲۷ میزان بحرانی بودن از منظر اتحادیه اروپا	۲ بحرانی بودن عمر ذخایر کشور
۶۶ بازگشت سرمایه	۴۸ تنوع تولیدکنندگان عمده	۲۸ فراوانی تکرار ماده در مطالعات بین‌المللی پیشین مواد معدنی بحرانی	۳ بحرانی بودن میزان مصرف از دیدگاه تولید
۶۷ ارزش افزوده صادراتی	۴۹ وجود ذخایر در ایران و شاخص حرفه‌انداز	۲۹ فراوانی تکرار ماده در مطالعات بین‌المللی آینده‌نگر مواد معدنی بحرانی	۴ بحرانی بودن وابستگی کشور به واردات
۶۸ سهم در تولید ناخالص		۳۰ نرخ رشد شدت بحرانی بودن ماده از منظر جهانی	۵ بحرانی بودن از منظر کاربرد در صنایع دفاعی کشور
۶۹ ارزآوری صادراتی			۶ بحرانی بودن از منظر کاربرد در صنایع کلیدی غیرنظامی کشور
۷۰ رشد سرمایه گذاری	نزدیکی به مرز کارا	تاکید بر ماده معدنی در مطالعات آینده‌نگر	۷ بحرانی بودن مدت زمان مورد نیاز برای کشف و به بهره‌برداری رسیدن ذخایر
۷۱ بازده سرمایه گذاری	۵۰ نیات تجارت بین‌المللی از حیث تناژ محصول تجارت شده	۳۱ کاربرد در حوزه نیروگاه‌های هسته ای	۸ بحرانی بودن احتمال کشف در افق زمانی مطالعه
۷۲ نسبت سرمایه گذاری	۵۱ میانگین ارزش تجاری	۳۲ کاربرد در حوزه نیروگاه‌های زمین گرمایی	۹ بحرانی بودن امکان دسترسی به معادن در کشور
۷۳ رشد اشتغال	۵۲ نرخ رشد قیمت ماده معدنی از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۱	۳۳ کاربرد در حوزه جذب و ذخیره کربن	۱۰ بحرانی بودن میزان بازیافت
۷۴ بازده تولیدی نیروی کار	۵۳ نرخ رشد تقاضای جهانی	۳۴ کاربرد در حوزه انرژی خورشیدی متمرکز	۱۱ بحرانی بودن امکان جایگزینی
۷۵ بهره وری نیروی کار	۵۴ نرخ رشد تقاضای داخلی	۳۵ کاربرد در حوزه باتری‌های ذخیره‌کننده انرژی	۱۲ بحرانی بودن کشورهای صاحب ذخیره عمده جهان
۷۶ اشتغال زایی	امکان تولید ماده معدنی در کشور	۳۶ کاربرد در حوزه نیروگاه‌های انرژی زیست‌توده	۱۳ بحرانی بودن کشورهای عمده عرضه کننده
۷۷ رشد تولید داخل	۵۵ سطح دسترسی به دانش فنی تولید	۳۷ کاربرد در حوزه نیروگاه‌های بادی	۱۴ بحرانی بودن آسیب پذیری ایدئولوژی کشورهای عرضه کننده
۷۸ رشد صادرات کشور	۵۶ سطح پیچیدگی فنی تولید ماده معدنی	۳۸ کاربرد در حوزه خودروهای برقی	۱۵ بحرانی بودن آسیب‌پذیری نیات سیاسی کشورهای عرضه‌کننده
۷۹ بزرگی بازار داخلی	۵۷ مزیت نسبی اقتصادی ایران در رابطه با تجارت ماده معدنی	۳۹ کاربرد در حوزه سلول‌های خورشیدی	۱۶ بحرانی بودن مسافت ایران تا کشورهای عرضه کننده
۸۰ سهم ایران از تولید جهانی	اهمیت ماده معدنی برای ایران از منظر مقاصد استراتژیک	۴۰ کاربرد در حوزه پیل‌های سوختی	۱۷ بحرانی بودن و آسیب‌پذیری کشور در قبال اختلال تامین
۸۱ سهم ایران از صادرات جهانی	۵۸ وجود ذخایر در ایران و بحرانی بودن برای هند	اهمیت‌های آینده نگرانه ماده معدنی	۱۸ بحرانی بودن هزینه سرمایه‌گذاری
۸۲ میزان کفایت فنی	۵۹ وجود ذخایر در ایران و بحرانی بودن برای اتحادیه اروپا	۴۱ استخراج و فراوری	۱۹ بحرانی بودن اهمیت ماده معدنی از دیدگاه ارزش افزوده
۸۳ شاخص بازدهی انرژی	۶۰ وجود ذخایر در ایران و نیاز وارداتی اتحادیه اروپا	۴۲ تولید محصولات صنعتی	۲۰ بحرانی بودن اهمیت ماده معدنی از دیدگاه اشتغال‌زایی
۸۴ وجود دانش فنی و تکنولوژی	۶۱ وجود ذخایر در ایران و نیاز وارداتی هند	۴۳ بازیافت	۲۱ بحرانی بودن هزینه اکتشاف
۸۵ پشتیبانی از صنایع	۶۲ وجود ذخایر در ایران و نیاز وارداتی ترکیه	۴۴ تجارت	۲۲ بحرانی بودن هزینه استخراج
۸۶ تاثیرات توسعه‌ای	۶۳ وجود ذخایر در ایران و نیاز وارداتی متحده سیاسی راهبردی	۴۵ زیست محیطی	۲۳ بحرانی بودن ارزش اقتصادی صنایع مصرف‌کننده
۸۷ سهولت شرایط کار			۲۴ بحرانی بودن از منظر ایجاد آلاینده‌های زیست محیطی
۸۸ سهولت فراوری			۲۵ بحرانی بودن از منظر استفاده در تکنولوژی‌های پاک و تولید انرژی‌های تجدیدپذیر
۸۹ ایمنی و بهداشت کار			
۹۰ تاثیرات زیست محیطی			
۹۱ آثار اجتماعی و اقتصادی			
۹۲ کمک به توسعه مناطق محروم			

گام چهارم: طراحی و اجرای مدل اولویت بندی تهدیدات و ارزیابی میزان بحرانی بودن مواد معدنی از منظر ایران در افق 1405

در این گام از پژوهش، برای نخستین بار فهرست مواد معدنی بحرانی ایران به انضمام میزان بحرانی بودن آنها ارزیابی و ارائه شده است. این امر با نظر داشت مجموعه‌ای تا حد امکان جامع از شاخص‌ها که در گام قبل تحت

عنوان "بحرانی بودن از منظر ایران" ظاهر شده اند و نیز با طراحی مدلی بدیع بر اساس متدولوژی‌های دو مقاله زیر از مجری این پژوهش، صورت پذیرفته است:

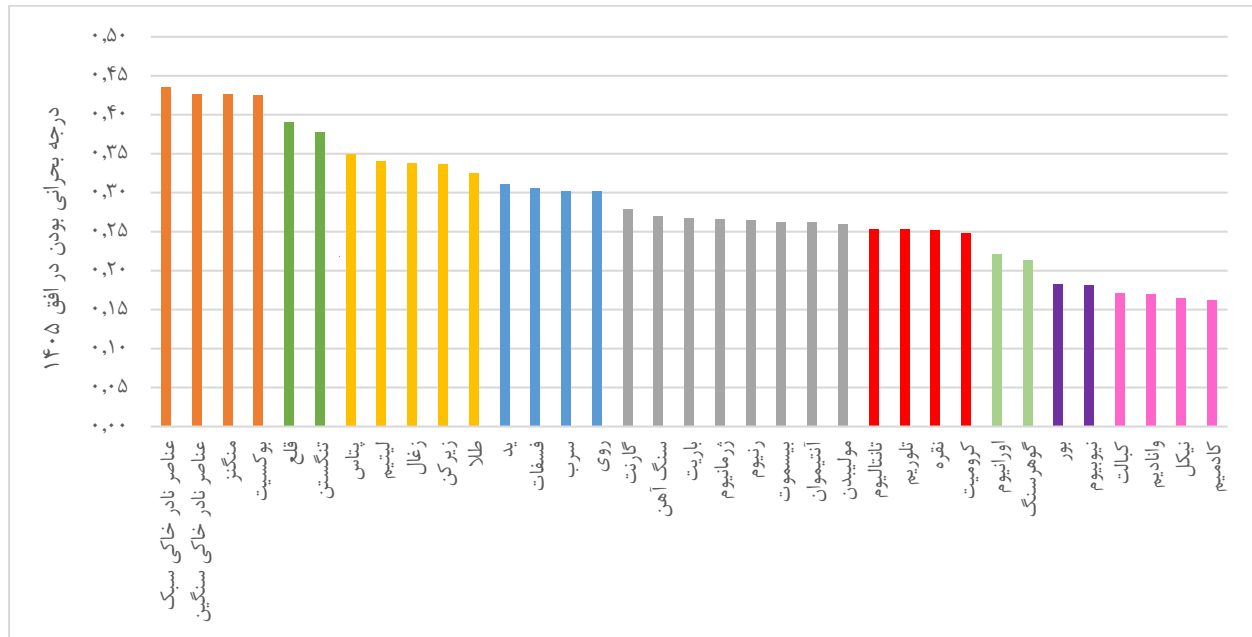
- MADM approach to analyse the performance of fuzzy regression models
- Multi-Criteria Decision Making based on an extension of the OWA operators

در این راستا بررسی‌های تیم پژوهش نشان میدهد که رویکردهای بین‌المللی بویژه از طرف سازمان زمین‌شناسی آمریکا و اتحادیه اروپا نیز، علیرغم توسعه و تدقیق مداوم، فاقد جامعیت روش‌شناسی بوده و لذا واجد کفایت لازم برای الگوبرداری نیستند. در نتیجه حسب تجربیات تیم پژوهشی و رصد پژوهش‌های معتبر و به روز بین‌المللی، مدلی ترکیبی و تعمیم یافته از تجمیع عملگر ریسکی یاگر و تحلیل شبکه‌ای فازی برای نخستین بار مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور ضمن تنظیم شبکه ارتباطات شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها، تعدیل ارزیابی وضعیت گزینه‌ها در شاخص‌ها انجام و پس از آن میزان نهایی بحرانی بودن هر ماده معدنی بر اساس این ملاک ارزیابی شد که آن ماده در چه تعداد از شاخص‌های 25 گانه و در هر یک به چه میزان، بحرانی است. در حقیقت:

هر چه یک ماده معدنی در تعداد بیشتری از شاخص‌های 25 گانه ارزش نزدیکتر به 1 داشته باشد، بحرانی تر است.

این تلقی، ضمن انطباق با طبیعت مفهوم بحرانی بودن مواد معدنی، نسبت به رویکردهای بین‌المللی در حوزه مصداق‌یابی مواد معدنی بحرانی نیز واجد برتری‌های متعددی است که از جمله آنها یکی گستردگی متغیرها و دیگری نوین بودن بستر تحلیل داده‌هاست. در این بستر تحلیلی که مبتنی بر نظریه‌های فازی و تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است، میزان بحرانی بودن هر ماده معدنی، بین صفر تا یک، ارزیابی می‌شود و شرایط به گونه‌ای است که در دو سوی ماجرا به وضعیت‌های مرزی صفر و یک خواهیم رسید. بدین معنا که مدل مورد نظر به گونه‌ای طراحی شده است که اگر ماده‌ای از منظر همه متغیرها به هیچ عنوان بحرانی نباشد، میزان بحرانی بودن آن صفر و اگر در همه‌ی شاخص‌ها کاملاً بحرانی باشد، میزان بحرانی بودن آن، یک خواهد بود. طبیعتاً در سایر حالات نیز، برای میزان بحرانی بودن، مقداری بین صفر و یک مورد انتظار است.

با چنین رویکردی میزان بحرانی بودن مواد معدنی، محاسبه و در قالب نمودار زیر ارایه شده است:



نمودار 1- درجه بحرانی بودن مواد معدنی برای ایران و خوشه‌بندی آنها؛ منبع: یافته‌های پژوهش

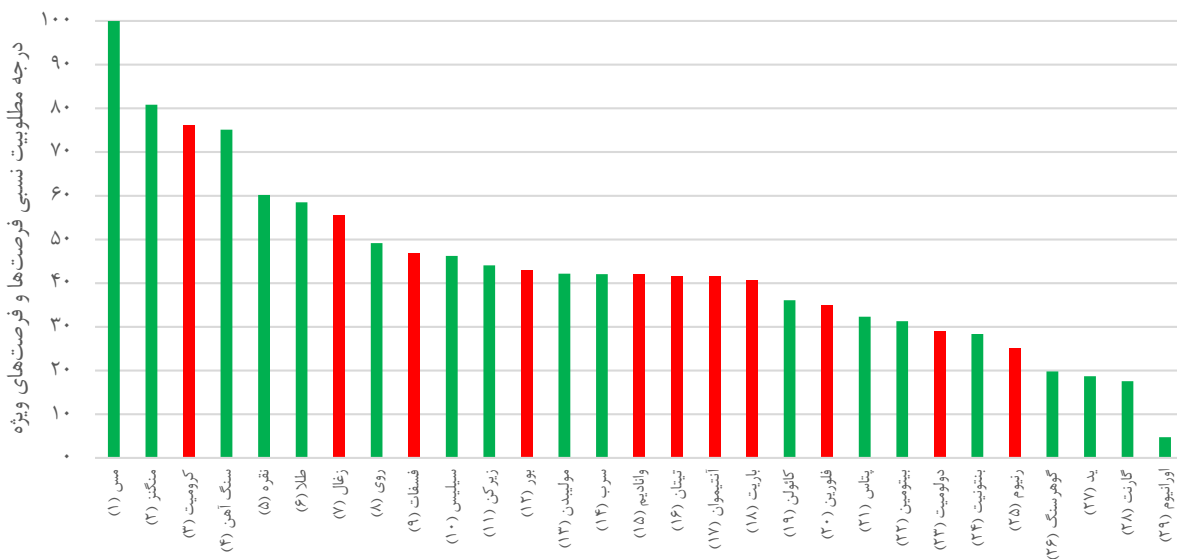
به کمک این ارزیابی‌ها و همانطور که در نمودار 1 نیز نشان داده شده است، می‌توان به خوشه بندی مواد معدنی کشور از منظر سطح بحرانی بودن، با استفاده از کد نویسی در نرم افزار Python به روش C-Means و به صورت زیر دست یافت که بر اساس شدت بحرانی بودن، قید شده‌اند:

- خوشه اول: عناصر نادر خاکی سبک و سنگین، منگنز و بوکسیت
- خوشه دوم: قلع و تنگستن
- خوشه سوم: پتاس، لیتیم، زغال، زیرکن و طلا
- خوشه چهارم: ید، فسفات، سرب و روی
- خوشه پنجم: گارنت، سنگ آهن، باریت، ژرمانیوم، رنیوم، بیسموت، آنتیموان و مولیبدن
- خوشه ششم: تانتالیوم، تلوریم، نقره و کرومیت
- خوشه هفتم: اورانیوم و گوه‌سنگ
- خوشه هشتم: بور و نیوبیوم

• خوشه نهم: کبالت، وانادیم، نیکل و کادمیم

گام پنجم: طراحی و اجرای مدل اولویت بندی فرصت‌ها و فرصت‌های ویژه کشور در حوزه مواد معدنی در افق 1405

نمودار 2 به صورت شماتیک، منعکس کننده رتبه بندی و درجه مطلوبیت نسبی اولویت‌های کشور در تامین مواد معدنی در بازارهای بین‌المللی است. از این میان موادی که با رنگ سبز مشخص شده اند نشان دهنده فرصت‌ها بوده و در حقیقت، موادی تلقی می شوند که اگرچه نیاز بحرانی بازارهای بین‌المللی نیستند اما تامین بخشی از آنها توسط کشور ما می‌تواند ارزش افزوده اقتصادی مناسبی بهمراه داشته باشد. از طرفی موادی که با رنگ قرمز متمایز شده اند، نیاز بحرانی بازارهای بین‌المللی هستند؛ لذا تامین بخشی از این نیازها را می‌توان فرصت‌هایی ویژه برای کشور محسوب کرد.

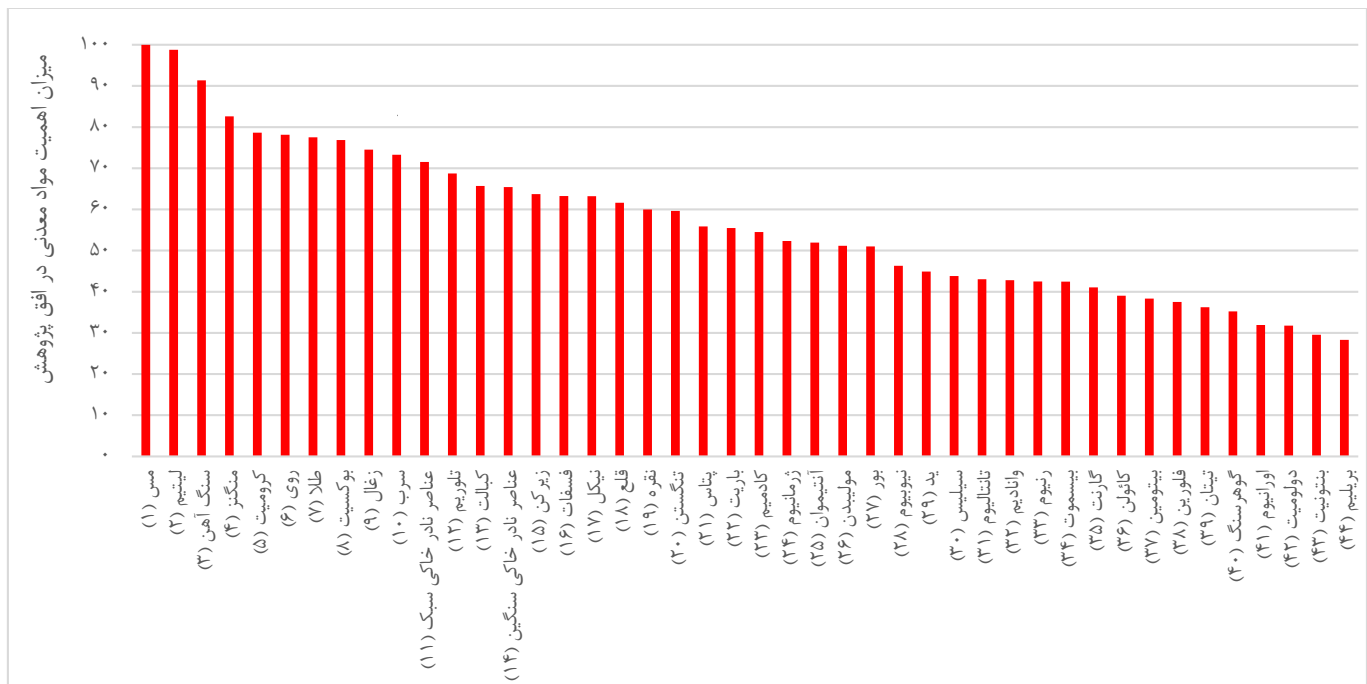


نمودار 2- درجه مطلوبیت نسبی فرصت‌ها و فرصت‌های ویژه معدنی کشور در افق 1405؛ منبع: یافته‌های پژوهش

گام ششم: طراحی و اجرای مدل اولویت بندی اهمیتی نهایی 44 ماده معدنی در افق 1405

در این گام به کمک جمیع شاخص‌هایی که بخشی از آنها در گام سوم منعکس شده اند، رتبه بندی اولویت 44 ماده معدنی بمنظور برنامه ریزی‌های بهینه با نظر داشت افق 1405، برای ایران انجام و در آن از مدل بدیع تصمیم

گیری چندمعیاره TOPSIS تعمیم یافته که در سال 2021 توسط مجری طرح در قالب یک مقاله پژوهشی در مجله مدل‌سازی پیشرفته ریاضی منتشر گردیده، استفاده شده است.
نتیجه این رتبه‌بندی در قالب نمودار 3 منعکس شده است:



نمودار 3- ارزیابی اهمیت نسبی و اولویت نهایی مواد معدنی مختلف برای ایران در افق 1405؛ منبع: یافته‌های پژوهش
نتایج نهایی این پژوهش، می‌طلبد که حسب اولویت‌های ایجاد شده، به مواد معدنی مورد بحث اندیشیده شود؛ یعنی برای آن دسته از اولویت‌هایی که از جنس فرصت یا فرصت‌های ویژه هستند، برنامه‌ریزی‌های بهینه برای دستیابی به بالاترین منافع و برای آن دسته از اولویت‌هایی که از جنس تهدید هستند، برنامه‌ریزی‌های بهینه برای مهار تهدیدات به بهترین شکل، با هم‌افزایی همه نقش‌آفرینان ذیربط، طراحی و منظور گردد.

به عنوان یک نمونه مهم از رویکردهای کلان و با توجه به اهمیت روزافزون سه ضلع مثلث ارزیابی اهمیت مواد معدنی، یعنی اهمیت اقتصادی، ریسک تامین و ارزش‌های زیست محیطی در سیاست‌گذاری‌های حوزه معدن و صنایع معدنی در سطح بین‌الملل، ضرورت رویکردهای مبتنی بر اقتصاد چرخه‌ای برای تثبیت و ارتقای جایگاه

حال و آینده کشور عزیزمان نیز در منظومه مواد و صنایع معدنی جهان اجتناب‌ناپذیر است. لذا بخشی از تمرکز پژوهش، صرف ارزیابی اولویت‌های بهینه برای تقلیل کمبود مواد معدنی در سایه مفهوم اقتصاد چرخه‌ای شد. در این رابطه سوالی که می‌توان مطرح کرد این است که صرفنظر از مقولات اکتشاف، استخراج و فراوری که با آلاینده‌های عمده‌ای در کشورهای میزبان منابع همراه هستند، رویکردهای عمده پنجگانه در چارچوب مفهوم اقتصاد چرخه‌ای یعنی؛

1. بازتولید
2. استفاده مجدد
3. افزایش طول عمر
4. کاهش مصرف
5. بازیافت

در رابطه با تامین بخشی از نیازها به مواد معدنی مختلف، چه اولویتی بر یکدیگر در حال و آینده جهان دارند. در این راستا بررسی‌های تیم پژوهش نشان می‌دهد که در ارتباط با 37 ماده از مجموعه مواد معدنی (با احتساب تمایز بین عناصر نادر خاکی) مورد بحث در این پژوهش، رویکردهای مورد وفاق، آینده نگرانه و تثبیت شده‌ای نزد کشورهای پیشرو و بویژه دغدغه‌مند نسبت به مسایل زیست محیطی وجود دارد که در قالب جدول 2 ارایه شده است. شایان توجه است که این دریافت‌ها محصول بررسی حدود 90 پژوهش آینده نگرانه در این حوزه می‌باشد. توجه به داده‌های این جدول جهت تعیین اولویت‌های مواجهه با کمبود این مواد معدنی جالب و راهگشاست. به عنوان مثال از این داده‌ها می‌توان دریافت که در صورت کمبود لیتیم، در بین پنج استراتژی بالا، اولویت اول و موثرترین رویکرد با تاکید خیلی زیاد، رویکرد "بازیافت" است و اگر امکان آن به هر دلیلی فراهم نباشد یا میزان "بازیافت" کفایت نکند، اولویت دوم با تاکید کم، "کاهش مصرف" خواهد بود و نهایتاً سه استراتژی دیگر همزمان و با تاکید خیلی کمتری در اولویت سوم هستند. این در حالی است که مثلاً در مورد نیکل، اولویت اول با تاکید متوسط، "بازیافت" و اولویت دوم با تاکید کم، "کاهش مصرف" است. به عنوان نمونه‌ای دیگر، در مورد تلوریوم اولویت اول و بیشترین تاکید بر "کاهش مصرف" بوده و پس از آن اولویت دوم و با تاکید کمی کمتر با رویکرد "افزایش طول عمر" است.

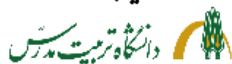
نماد "-" نیز نشان‌دهنده عدم تاکید بر هر مورد است. بعنوان مثال در رابطه با نیکل، تلاش برای رویکرد افزایش طول عمر، هیچ اولیویتی ندارد. دو مطلب دیگر نیز در این راستا قابل توجه است، نخست اینکه در اغلب موارد، اولویت بازیافت بالاتر از سایر رویکردهاست و دیگری آنکه رویکردهای استفاده مجدد و باز تولید جز در موارد خاص یعنی لیتیم و کبالت در مورد دیگری توصیه نمی شوند. دیدگاه کلی ایجاد شده توسط این رویکردها می‌تواند در سیاست‌گذاری‌ها و تدوین برنامه‌های عملیاتی و اولویت‌بندی‌های استراتژیک مربوط به مواد معدنی در افق‌های زمانی مختلف در کشور عزیز ما راهگشا باشد.

جدول 2- اولویت‌های آینده‌نگر در نحوه مدیریت مواد معدنی مختلف در چارچوب استراتژی‌های اقتصاد چرخه‌ای؛ منبع؛ یافته‌های پژوهش

میزان تاکید بر باز تولید	میزان تاکید بر استفاده مجدد	میزان تاکید بر افزایش طول عمر	میزان تاکید بر کاهش مصرف	میزان تاکید بر بازیافت	ماده معدنی
-	-	-	کم	متوسط	مس
خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	کم	خیلی زیاد	لیتیم
-	-	-	خیلی کم	کم	منگنز
-	-	-	خیلی کم	کم	کرومیت
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	طلا
-	-	خیلی کم	زیاد	-	تلوریم
خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	-	-	کبالت
-	-	-	-	خیلی کم	زیرکن
-	-	-	کم	متوسط	نیکل
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	قلع
-	-	-	خیلی کم	کم	روی
-	-	خیلی کم	کم	متوسط	نقره
-	-	-	-	خیلی کم	تنگستن
-	-	-	خیلی کم	کم	سرب
-	-	-	متوسط	متوسط	کادمیم
-	-	-	-	خیلی کم	بور



دانشگاه شهید چمران اهواز



طراحی مدل رتبه‌بندی مواد معدنی (40 ماده‌ی معدنی) با هدف ارزیابی اولویت آنها در سیاست‌گذاری‌های توسعه‌ای، تحقیقاتی و تولیدی آتی بخش معدن



IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT AND RENOVATION ORGANIZATION
سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران

میزان تاکید بر بازتولید	میزان تاکید بر استفاده مجدد	میزان تاکید بر افزایش طول عمر	میزان تاکید بر کاهش مصرف	میزان تاکید بر بازیافت	ماده معدنی	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	آنتیموان	
-	-	-	کم	کم	ژرمانیوم	
-	-	-	-	خیلی کم	مولیبدن	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	نیوبیوم	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	سیلیس	
-	-	-	-	خیلی کم	تانتالیوم	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	وانادیم	
-	-	-	-	خیلی کم	رنیوم	
-	-	-	خیلی کم	کم	تیتان	
-	-	-	خیلی کم	کم	دولومیت	
-	-	خیلی کم	کم	کم	لانتانیوم	عناصر نادر خاکی
-	-	خیلی کم	کم	خیلی کم	سریم	
-	خیلی کم	خیلی کم	متوسط	بسیار زیاد	نئودیمیوم	
-	-	-	خیلی کم	-	ساماریوم	
-	-	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	یوروپیم	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	گادولینیوم	
-	-	خیلی کم	متوسط	متوسط	دیسپروسیوم	
-	-	-	خیلی کم	خیلی کم	اریوم	
-	-	-	خیلی کم	-	اسکاندیوم	
-	-	خیلی کم	خیلی کم	خیلی کم	ایتريوم	
-	-	خیلی کم	کم	کم	پرازئودیمیوم	

در نهایت برخی پیشنهادات مبتنی بر دستاوردهای این پژوهش و تجربیات تیم پژوهشی برای قرار گرفتن در منظومه تصمیمات سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران عبارتند از:

1. پایش فهرست مواد معدنی بحرانی و رتبه‌بندی و ارزیابی میزان بحرانی بودن این مواد برای ایران در دوره‌های دو سالانه
2. پایش رتبه‌بندی اهمیت مواد معدنی برای ایران در دوره‌های دو سالانه
3. انجام پژوهش حاضر برای افق‌های زمانی استاندارد و بلندمدت 2030 و 2050
4. زمینه سازی برای تشکیل اتحادیه تولیدکنندگان مواد معدنی در منطقه
5. انجام پژوهشی برای تعیین سبد صادرات بهینه مواد معدنی ایران
6. اطلاع رسانی به موقع به عموم نقش آفرینان و ذینفعان این حوزه از نتایج این پژوهش به نحوی مقتضی و با هدف ایجاد هماهنگی‌ها، همگرایی‌ها و هم افزایی‌های لازم در دستگاه‌ها و بخش‌های مرتبط از سیاست‌گذاری تا اجرا شامل مواردی مانند مجموعه‌های تحقیق و توسعه، وزارت صمت، وزارت عتف، وزارت اقتصاد و دارایی، وزارت امور خارجه، پارک‌های علم و فناوری، شرکت‌های معدنی، شرکت‌های پایین دستی زنجیره مواد معدنی، شرکت‌های دانش بنیان، شرکت‌های فناور و استارت‌آپی، سازمان‌های دولتی و سیاست‌گذار، معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری، سرمایه‌گذاران خصوصی و هلدینگ‌ها و ...
7. انجام مطالعات فرصت‌یابی به منظور فعالیت‌های سرمایه‌گذاری اکتشافی و تولیدی در رابطه با مواد معدنی مهم/ بحرانی ایران
8. انجام مطالعات امکان‌سنجی در رابطه با طرح‌های منتخب پیشنهادی حاصل از بند 7 در حوزه تولید
9. انجام مطالعات مرتبط با نحوه بهبود فضای کسب و کار به منظور توسعه فعالیت‌ها در زنجیره‌های مواد مهم/ بحرانی (تقنین، اصلاح قوانین، سیاست‌های توسعه‌ای، ارائه تسهیلات، بهبود تعاملات تجارت خارجی، تعرفه‌ها و ...)
10. برنامه‌ریزی و انجام اقدامات لازم به منظور واردات تکنولوژی و دستیابی به دانش فنی در موارد مورد نیاز در زمینه اکتشاف و فرآوری مواد معدنی مهم/ بحرانی ایران
11. توسعه همکاری‌های مشترک بین‌المللی در زمینه سرمایه‌گذاری شرکت‌های خارجی مرتبط با مواد معدنی مهم/ بحرانی کشور یا سرمایه‌گذاری در ذخایر مواد معدنی مهم/ بحرانی برای ایران در سایر کشورها

12. تدوین سیاست‌های متناسب به منظور کاهش ریسک تأمین مواد معدنی بحرانی (بویژه موارد اولویت‌دار) در بازه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت
13. رایزنی با وزارت عتف بمنظور تاسیس گرایش یا تقویت دروس مرتبط به مواد معدنی بحرانی بویژه در دانشکده‌های مهندسی معدن و مواد، مدیریت، اقتصاد و محیط زیست سراسر کشور
14. حمایت از پایان نامه‌ها، رساله‌ها یا پژوهش‌های معتبری که در دانشگاه‌ها و موسسات آموزش عالی کشور در حوزه‌های گوناگون مرتبط با مواد معدنی بحرانی تعریف یا انجام می‌شوند.
15. ایجاد تمهیدات لازم و ساز و کارهای مناسب بمنظور اطمینان از به‌روز بودن، کفایت، تناسب و استاندارد بودن روش‌شناسی‌های مطالعات حوزه معادن و صنایع معدنی به موازات به‌روز بودن، کفایت، تناسب و استاندارد بودن داده‌ها، به‌ویژه از منظر روش‌های آماری و ریاضی که با تار و پود مطالعات حوزه صنعت و از جمله چنین مطالعاتی درآمیخته‌اند و کم توجهی به آنها مسیر چنین پژوهش‌هایی و نتایج آنها را به بیراهه خواهد برد.