



طرح شناسایی عناصر و مواد معدنی مورد نیاز فن آوریهای آینده و روشهای استحصال آنها

خلاصه مدیریتی

سازمان ملل متحد توسعه‌ی پایدار را به عنوان « توسعه‌ای که نیازهای امروز را برآورده می‌سازد بدون آنکه امکان برآوردن نیازهای نسلهای آینده را سلب نماید.»، تعریف می‌نماید. بشر در راستای تکامل فکری، اجتماعی، فرهنگی خود و ظهور توانایی‌ها و خلاقیت‌های خود از طریق توسعه‌ی دستاوردهای فناورانه، همواره بر منابع زیرزمینی، اعم از انرژی و معدنی تکیه کرده است. استفاده بشر از این منابع خیلی زود و در همان عصر اولیه‌ی زندگی بشری آغاز گردید که در روایت تاریخی آن نیز به منابع مصرفی آن دوره همچون عصر آهن، عصر برنز، و ... نامگذاری گردیده است.



توسعه‌ی فناوری در قرن هجدهم شتاب بیشتری گرفت و اگرچه در دوره خلق نخستین موتورهای بخار از چوب، ماده خامی تجدید پذیر، به عنوان منبع سوخت استفاده می‌شد، اما خیلی زود نیازهای بشری و البته خلاقیت آن در تبدیل منابع زیرزمینی به منبع انرژی او را به سمت استفاده از منابع تجدید ناپذیر همچون ذغال سنگ و سایر سوختهای فسیلی سوق داد.

گسترش فوق‌العاده‌ی استفاده از منابع زیرزمینی و طبیعی ناشی از توسعه‌ی فناوریهای بشری علاوه بر به خطر انداختن رویکرد توسعه‌ی پایدار، بر اساس منطق عمومی عرضه و تقاضا، جایگاه اقتصادی و حساسیت عناصر و مواد خام را نیز تغییر داد. این تغییرات به تناسب کارکردها و ظرفیتهای عناصر و مواد خام و همچنین فراوانی و سهولت دسترسی ناشی از حاکمیت منطقه‌ای، فناوریهای استخراج و استحصال و امکان جایگزینی در طول زمان شدت و ضعف متفاوتی داشته‌اند.

از میان بیش از ۹۴ عنصر طبیعی جدول تناوبی که اکثریت آن را فلزات و یا شبه فلزات تشکیل می‌دهند، تنها نیمی از آنها به طور عمده و در مقادیر بالا مصرف می‌شوند. مواد خام مصرفی در جهان عمدتاً سوختهای فسیلی و مواد غیر فلزی شامل مصالح ساختمانی، خاک، نمک و فسفات هستند. حتی بسیاری از عناصر فلزی یا شبه-فلزی جدول تناوبی نیز به صورت ترکیبات غیر فلزی مورد استفاده قرار دارند. نمک، پتاس، آهک، و یا حتی کوارتز که همگی ترکیبات عناصر فلزی جدول مندلیوف هستند، از این جمله مواد خام می‌باشند. در عین حال از میان عناصر فلزی می‌توان نمونه‌هایی را نیز بر شمرد که در مقادیر قابل توجهی و تا بیش از یک میلیون تن در سال مصرف می‌شوند. در میان با فاصله‌ی زیادی از دیگر فلزات آهن بیشترین مصرف را داراست. پس از آن آلومینیوم، مس، منگنز، روی، کروم، سرب، و در دهه‌های اخیر تیتانیوم و نیکل، بیشترین مصرف را به خود اختصاص داده‌اند.



تحلیل دقیق نیاز بشر به عناصر و مواد خام منجر به این نتیجه می‌گردد که این نیاز نه به عنصر یا ماده خام به صورت ذاتی است بلکه به خواص و ویژگیهایی است که خلاقیت‌های فناورانه او را عینیت می‌بخشد. مثلاً در اختراع تلفن، به ماده‌ای نیاز بود که سیگنالها را از مکانی به مکان دیگر منتقل کند. اولین انتخاب بشر جریان الکتریسیته بود و برای انتقال آن بهترین ماده‌ای که در اختیار داشت مس بود. با پیشرفت دانش و تکنولوژی و ظهور فیبرهای نوری انتقال سیگنال از طریق فوتونها و بر بستر فیبرهایی از جنس سیلیکون اتفاق افتاد. فراتر از آن نیز با تغییر تکنولوژی انتقال سیگنال نیازی به بستر خاصی نداشت و به صورت بیسیم صورت پذیرفت.

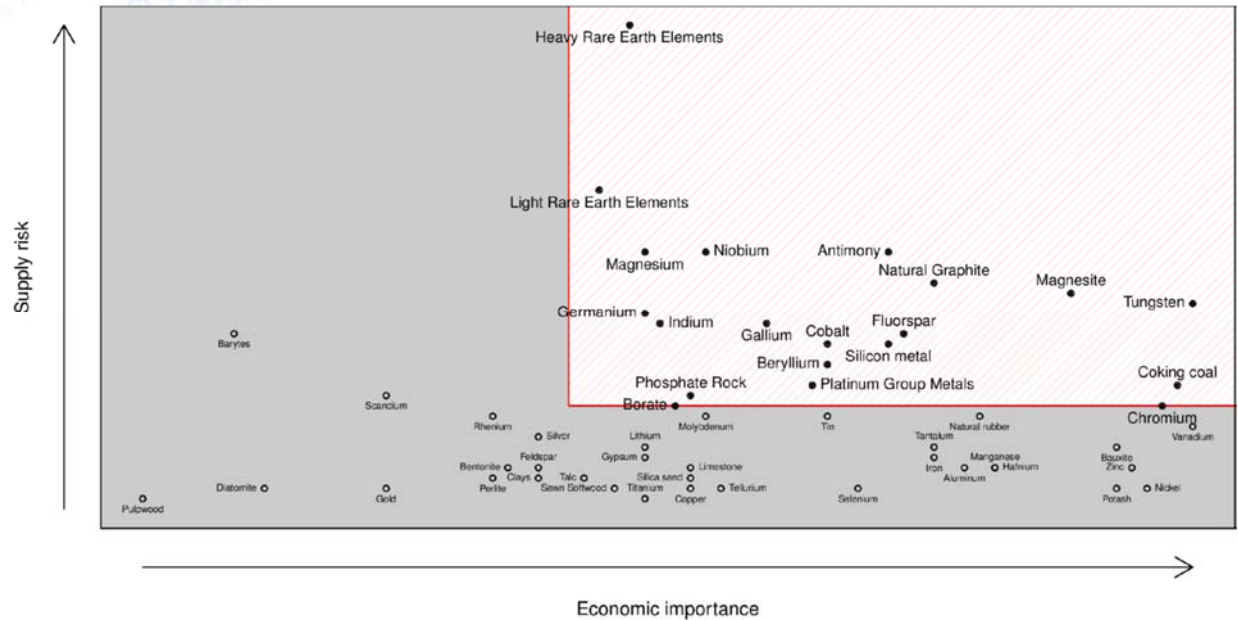
این تغییرات بیانگر این مطلب است که با توسعه تکنولوژی و تغییرات روزافزون آن تنوع مواد خام مورد استفاده تغییر کرده و حتی از تقاضای بازار برخی کاسته و یا بر دیگری افزوده خواهد شد. این مطلب در سوی دیگر نیز صادق است به این معنی که با توسعه فناوریهای استخراج و استحصال و گسترش دانش بشری در خصوص ویژگیها و قابلیت‌های مواد نوظهور، فناوریها و طراحیهای محصولات به سوی استفاده و جایگزینی مواد رایج با مواد جدید سوق داده می‌شود. این موضوع بنیانهای ظهور و توسعه فناوریهای پیشرفته Hi-Tech را تشکیل می‌دهد.

با در نظر گرفتن موارد فوق و بر اساس نقش کشورها و یا نهادهای منطقه‌ای در زنجیره‌ی ارزش و تأمین عناصر و مواد فوق و پارامترهای مختلف تحلیلهای متعددی بر حساسیت این عناصر و اهمیت آنها در تداوم توسعه‌ی فناوریهای پیشرفته در دهه‌های آتی صورت پذیرفته است.

در آخرین تحلیل کمیسیون اروپایی از حساسترین و پر اهمیت‌ترین عناصر مؤثر در زنجیره‌ی ارزشی اعضاء این اتحادیه، نقشه حساسیت و اهمیت عناصر و مواد مختلف را در شکل ۱ ارائه کردند.



شرکت یکان بهین فناور دانشگاه تهران



شکل ۱- نقشه حساسیت و اهمیت عناصر و مواد خام بر اساس تحلیل کمیسیون اروپا.

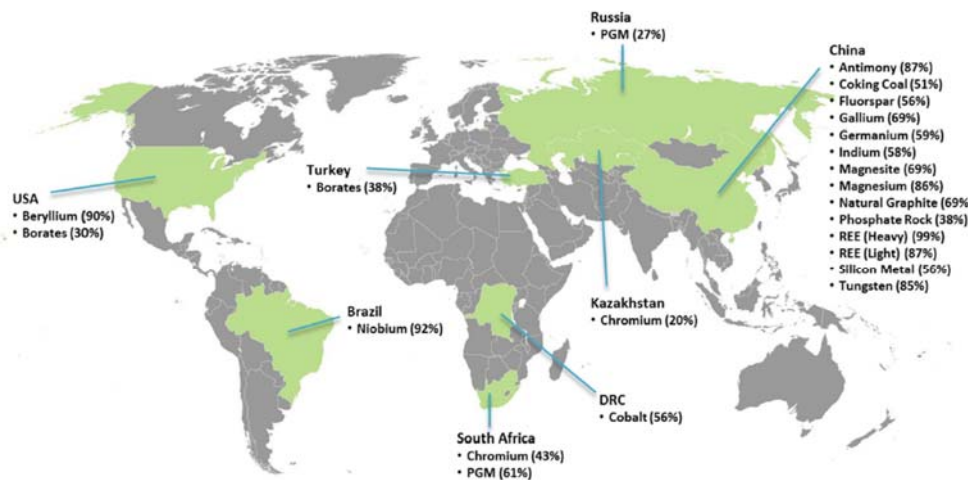
آنچنانکه در نقشه فوق مشاهده می‌شود، ۲۰ عنصر و یا گروه عناصر و ماده خام مختلف در محدوده حساس و پر اهمیت قرار دارند و تثبیت زنجیره‌ی تأمین آنها برای کشورهای صاحب فناوری اروپایی بسیار حائز اهمیت است.

اهمیت کاربردی این مواد را با مشاهده برخی فناوریها و یا محصولات فناورانه‌ای که در آن بکار رفته‌اند، می‌توان تشخیص داد:



| Raw material | Emerging technologies (selected) |
|------------------------|--------------------------------------------|
| Antimony | ATO, micro capacitors |
| Cobalt | Lithium-ion batteries, synthetic fuels |
| Gallium | Thin layer photovoltaics, IC, WLED |
| Germanium | Fibre optic cable, IR optical technologies |
| Indium | Displays, thin layer photovoltaics |
| Platinum (PGM) | Fuel cells, catalysts |
| Palladium (PGM) | Catalysts, seawater desalination |
| Niobium | Micro capacitors, ferroalloys |
| Neodymium (rare earth) | Permanent magnets, laser technology |
| Tantalum | Micro capacitors, medical technology |

بررسی منابع عمده تأمین عناصر و مواد خام فوق‌الذکر بیانگر آن است که تنها کشورهای محدودی و به صورت عمده کشور چین شاهرگ حیاتی استخراج و استحصال مواد خام و عرضه را در دست دارند.



شکل ۲- سهم کشورها از تأمین منابع و مواد خام حساس و پر اهمیت.



تحلیل‌های مشابهی در خصوص حساسیت و اهمیت عناصر و مواد خام توسط نهادها، دانشگاهها و یا مراجع سیاستگذاری در سایر مناطق و کشورها صورت پذیرفته است. حجم قابل توجهی از تحقیقات منتشره در طی سالهای اخیر نشان می‌دهد که اگرچه در ابتدا دسترسی به مواد خام از منظر تحلیل کمی عرضه و تقاضا مورد توجه و بررسی قرار می‌گرفت، و در افق بلند مدت موضوع تخلیه منابع زیرزمین از دغدغه‌های مهم بشمار می‌آمد، اما در سالهای اخیر پارامترهای دیگری در تعیین حساسیت و اهمیت منابع زیرزمینی مورد توجه قرار گرفته است به گونه‌ای که برخی از این پارامترها که دقت و امکان کمی سازی کمتری نیز دارند، مانند ثبات سیاسی کشورهای دارای ذخایر معدنی نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند.

عمده این مطالعات و تحلیلها توجه خود را به دو هدف اساسی معطوف ساخته‌اند: تهیه و اعمال متدولوژی که بتواند شاخص حساسیت و اهمیت را برای عناصر تعیین و در ثانی بتواند از میان گروهی از فلزات عناصر حساس و بحرانی را انتخاب نماید. این شاخصها با توجه به مرجع تحقیق که می‌تواند مؤسسه دولتی، یک شرکت بین‌المللی و یا ارگان نظامی ملی باشد متفاوت بوده و به محدوده و رویکرد هر یک از این مراجع بستگی دارد. برخی از این تحقیقات با توجه به اثر مواد و عناصر اولیه بر اقتصاد ملی به تعیین حساسیت آنها پرداخته‌اند و برخی دیگر از منظر تأثیر آن در توسعه فناوریهای پر اهمیت و پیشرفته به آن پرداخته‌اند. گروه عناصر و مواد اولیه‌ای که در بررسی اولیه از نظر اهمیت و حساسیت مورد توجه و ارزیابی قرار گرفته‌اند در نیمی از آنها شامل بیش از ۳۷ عنصر از جدول تناوبی بوده و تا ۶۹ عنصر را نیز شامل می‌شود. از منظر متدولوژی نیز سه رویکرد مختلف برای ارزیابی وجود دارد: ماتریس حساسیت، اندیسهای حساسیت و تحلیل کمی عرضه و تقاضا در آینده. اکثر مطالعات در ارزیابی ریسک تأمین و آسیب پذیری سیستم به اختلالات تأمین به عنوان شاخص حساسیت مشترک هستند.



شاید از جمله مهمترین آنها برنامه تحلیل حساسیت عناصر و مواد خام دانشگاه ییل در امریکا باشد که با حمایت مراجع سیاستگذار و تصمیم‌ساز این کشور به انجام رسیده است. در نتایج این تحلیلها نیز ضمن مشاهده عناصر و مواد خام کم و بیش مشابه با مواد فوق، عناصر و مواد دیگری نیز مشاهده می‌گردد که با توجه به جایگاه آمریکا در زنجیره‌ی توسعه‌ی فناوری پیشرفته و خلق تکنولوژی از اهمیت و حساسیت بیشتری نسبت به تحلیل نهادهای دیگر برخوردار گردیده‌اند.

با این وجود با در نظر گرفتن کاربردهای عناصر و مواد خام در فناوریهای پیشرفته و استفاده از نتایج عمومی تحلیل‌های فوق می‌توان طیفی از عناصر فلزی را در نظر گرفت که در آینده‌ی فناوریهای پیشرفته مؤثر و نقشی تعیین کننده خواهند داشت. در گزارش حاضر به بررسی ویژگیها، خواص، منابع و کانیها، کاربردها و روشهای استحصال ۱۷ عنصر یا گروه از عناصر پرداخته شده است که از ویژگی مذکور برخوردار بوده‌اند. همچنین بررسی معادن و منابع عناصر مذکور در جهان و ایران صورت پذیرفته و به طور مشروح در ادامه ارائه گردیده است.

کشور ایران با توجه به گستره سرزمینی و موقعیت جغرافیایی خود و همچنین ظرفیت خدادادی منابع زیرزمینی، این موقعیت را دارد که با توسعه فناوریهای اکتشاف، استخراج، و استحصال در زنجیره‌ی تأمین و عرضه‌ی مواد خام حساس و پر اهمیت مؤثر در توسعه‌ی فناوریهای پیشرفته قرار گیرد و از این سو ضمن تعریف نقشی راهبردی در بازار مواد خام، در صورت ورود به حوزه‌ی توسعه‌ی فناوریهای پیشرفته، که چندان دور از انتظار نیست، نسبت به تأمین مواد مورد نیاز خود کمتر دچار چالش شود. این مهم در کشور بی سابقه نبوده و به طور خاص در توسعه صنعت هسته‌ای خود را نشان داده است.

هدف از انجام این بررسی مبسوط در پروژه حاضر شناسایی قابلیت‌ها و ظرفیتهای کشور از جهت منابع کمتر مورد توجه قرار گرفته و یا منابعی که در دایره‌ی حساسیت و اهمیت تحلیل شده از سوی نهادها، مراجع و یا صاحبان فناوریهای پیشرفته قرار می‌گیرند بوده و حاصل این بررسی می‌تواند تمرکز بر یک یا دو عنصر خاص و



مشخص که دارای بیشترین ظرفیت از جهت منابع موجود در کشور، حساسیت جهانی، حساسیت بازار عرضه و کاربردهای آن در فناوریهای پیشرفته و امکان دستیابی بومی به این فناوریها، باشد.

در ادامه این پروژه با تمرکز بر این عناصر مشخص به بررسی حساسیت آنها از منظر نیازها و قابلیت‌های بومی و امکان حضور در بازار عرضه با در نظر گرفتن جنبه رقابتی آن و همچنین مصرف داخلی مواد اولیه تولید شده پرداخته خواهد شد. این بررسی و مطالعات اینچنین تلاشی است در شکل‌گیری درگاه جدیدی برای عبور از جایگاه عرضه‌کننده منابع معدنی خام که ارزش افزوده‌ی بسیار ناچیزی داشته و در عین حال بخش‌های ارزشمندی را نیز به بهای غیر واقعی از کشور خارج می‌نماید، به جایگاه عرضه‌کننده قدرتمند و راهبردی مواد اولیه فراوری شده و عضو زنجیره‌ی تأمین فناوریهای پیشرفته در جهان.