

اهمیت شناخت و آموزش فلزات استراتژیک در مهندسی مواد*

ناصر توحیدی و آرمان ربیعی فر

دانشکده مهندسی متالورژی و مواد، پردیس

دانشکده های فنی، دانشگاه تهران

چکیده: فلزات استراتژیک به فلزاتی اطلاق می‌شود که در صنایع نوین و پیشرفته کشورها به کار می‌روند، ولی مواد اولیه، فناوری یا تجهیزات لازم برای تولید آنها در کشورها محدود یا به کشورهای خارجی وابسته است. با توجه به نیاز صنایع نوین و پیشرفته به فلزات استراتژیک و محدودیت مواد اولیه برای تولید آنها و تأمین کانه (سنگ) فلزات استراتژیک، دسترسی به فناوری و تجهیزات لازم برای تولید آنها برای کشورها در دراز مدت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و کمبود آنها می‌تواند شرایط بحرانی یا آسیب‌پذیری ایجاد کند. اطلاع از تأثیر عوامل مختلف بر روند تولید این فلزات مهم است. اکثر فلزات استراتژیک همراه کانه فلزات مس، سرب، روی و قلع در ایران موجود هستند و در محصولات میانی فرایند تولید فلزات خام، غبار، سرباره و لجن توزیع می‌شوند. این فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک به شمار می‌روند. عرضه، تقاضا، کارایی و کاربرد فلزات استراتژیک به تنهایی و نیز میزان تولید فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک و به تبع آنها درجه استراتژیک بودن فلزات استراتژیک یکسان نیست. شناخت اثر عوامل بحرانی و آسیب‌پذیر بر قیمت این فلزات برای شناخت درجه استراتژیک بودن آنها الزامی است. چون تولید و مصرف فلزات استراتژیک و کاربرد آنها برای تولید مصالح پیشرفته بیشتر در چند کشور صنعتی متمرکز است، با توجه به محدودیت عرضه کانه فلزات سرچشمه استراتژیک در ایران و جهان علی‌رغم جایگزینی تعدادی از آنها، درجه بحرانی بودن، آسیب‌پذیری و بالاخره، استراتژیک بودن آنها به مرور زمان برای ایران و اغلب کشورهای بیشتر خواهد شد. با احتساب این واقعیت، ضرورت آینده‌نگری و برنامه‌ریزی کلان برای شناخت و آموزش فلزات استراتژیک در گرایشهای مهندسی متالورژی و مواد الزامی به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: الگوهای پیش‌بینی فلزات، عرضه، تقاضا، تولید، مصرف، کارایی و کاربرد و قیمت فلزات استراتژیک و عوامل مؤثر بر تولید کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک مس، سرب، روی و قلع.

* این پژوهش با حمایت مالی فرهنگستان علوم ج. ا. ا. انجام شده است.

۱. مقدمه

هدف از تدوین این مقاله شناخت ویژگی و کاربرد فلزات استراتژیک و قیمت آنها به منظور امکان سنجی تولید آنها در ایران است. بنابراین، پیش‌بینی عرضه و تقاضای فلزات استراتژیک کشور مهم است. برای پیش‌بینی عرضه و تقاضا و قیمت فلزات استراتژیک روش‌های متفاوتی وجود دارد [۱، ۲ و ۳]. در این تحقیق روش برون‌یابی^۱ برای پیش‌بینی انتخاب شده است. اشاره می‌شود که انتخاب روش برون‌یابی برای پیش‌بینی عرضه، تقاضا و قیمت فلزات استراتژیک دلیل خاصی نداشته است و برای بررسی این مسئله شیوه دیگری نیز می‌توانست انتخاب شود.

در کشورهای صنعتی پیشرفته جهان فلزات مختلف تولید می‌شوند و در صنایع سنتی و پیشرفته اعم از نظامی و دفاعی، پزشکی و داروسازی، شیشه و سرامیک، هسته‌ای، الکتریکی و الکترونیکی، هوا- فضا، خودروسازی، نفت و گاز، ساختمان سازی، جواهرسازی و تزئینات و ... به کار می‌روند. کاربرد فلزات به خواص فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و حرارتی آنها بستگی دارد. فناوری تولید برخی از فلزات بسیار پیشرفته و در انحصار معدود کشورها و شرکت‌های خاص است. درجه استراتژیک بودن فلزات در کشورهای مختلف متفاوت و به عوامل متعددی مانند عرضه و تقاضای مواد اولیه، فناوری و تجهیزات ضروری برای تولید آنها بستگی دارد. برخی از فلزات استراتژیک از کانه‌های خود، ولی اکثر آنها همراه کانه‌های فلزات مس، سرب، روی و قلع هستند و در فرایند تولید به نحوی در فلزات خام، غبار، سرباره و لجن توزیع می‌شوند. لذا، کانه فلزات خام، غبار، سرباره و لجن فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک ارزش بسیاری دارند.

برخی از فلزات شناخته شده به عنوان استراتژیک در کشور های مختلف عبارت اند از: آنتیموان، آلومینیم، برلیم، کادمیم، کلسیم، کروم، کبالت، نیوبیم

(کلو مییم)، ژرمانیم، ایندیم، لیتیم، منگنز، مولیبدن، نیکل، پلاتین، پالادیم، اسمیم، رودیم، روتنیم، ایریدیم، رنیم، سلنیم، تانتالیم، تلوریم، تیتانیم، تنگستن، وانادیم، زیرکنیم، اورانیم، گالیم، نقره و طلا.

میزان تولید، مصرف، کاربرد و قیمت فلزات استراتژیک یا فلزات سرچشمه (منشأ) فلزات استراتژیک به طور مستقیم بر قیمت کانه فلزات استراتژیک تأثیر می‌گذارد و به عکس، قیمت فلزات استراتژیک یا کانه آنها می‌تواند بر موارد کاربرد آنها تأثیر داشته باشد. علی‌رغم محدودیت منابع و اطلاعات، در این مقاله میزان تولید و قیمت فلزات مس، سرب، روی و قلع که سرچشمه تولید اغلب فلزات استراتژیک هستند و نیز پیش‌بینی میزان عرضه و تقاضای آنها در آینده بررسی شده است. با آگاهی از کارایی و کاربرد فلزات استراتژیک می‌توان به ارزش واقعی آنها پی برد و برای تولید آنها که نقش عمده‌ای در صنایع نوین و پیشرفته ایران ایفا می‌کنند، برنامه‌ریزی کرد.

۲. روش تحقیق

چون هدف از شناخت فلزات استراتژیک ارزیابی درجه بحرانی و آسیب‌پذیری تولید آنهاست، لذا، در این مقاله میزان عرضه، تقاضا، تولید، مصرف و عوامل مؤثر بر قیمت فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک بررسی شده است. همچنین، میزان عرضه کانه‌های فلزات سرچشمه آنها تا سال ۲۰۲۰ میلادی پیش‌بینی شده است. نظر به اینکه اقتصاد تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا، قیمت فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک از آغاز تاکنون و عوامل مؤثر بر افت و خیز قیمت آنها نیز مورد تحلیل قرار گرفته است.

فلزات بحرانی، آسیب‌پذیر و استراتژیک و کاربرد آنها

درجه بحرانی، آسیب‌پذیری و در نتیجه، استراتژیک تولید فلزات نسبت به یکدیگر برای کشورها بر اساس الگوی ریاضی تعیین می‌شود [۴]. هدف از

تدوین این مقاله مشخص کردن روش دسته بندی و ارزیابی فلزات استراتژیک نیست، اما به طور کلی استراتژیک بودن فلزات در کشورها از دو جنبه بحرانی بودن و آسیب پذیری بررسی شده است [۵]. بحرانی بودن به عوامل داخلی کشورها و آسیب پذیری به عوامل خارجی کشورها بستگی دارد که این عوامل به اختصار در جدول ۱ درج شده‌اند.

جدول ۱: عوامل مؤثر در بحرانی بودن و آسیب پذیری تولید فلزات استراتژیک

عوامل مؤثر در بحرانی بودن	عوامل مؤثر در آسیب پذیری
محدودیت ذخایر کانه های فلزات استراتژیک در داخل کشور	محدودیت ذخایر کانه های فلزات استراتژیک در سطح جهانی
محدودیت کانه‌های فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک در داخل کشور	محدودیت کانه های فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک در سطح بین‌جهان
موارد مصرف و کاربرد فلزات استراتژیک در داخل کشور	موارد مصرف و کاربرد فلزات استراتژیک در جهان
تبانی در قیمت فلزات استراتژیک از طرف شرکتهای عرضه کننده داخلی	تبانی در قیمت فلزات استراتژیک توسط کارتلها و شرکتهای بین‌المللی
امکان بازیافت و تامین مواد جایگزینی فلزات استراتژیک در داخل کشور	امکان بازیافت و تامین مواد جایگزینی برای فلزات استراتژیک در سطح بین‌المللی
محدودیت تولید، عرضه، تقاضا و ظرفیت تولید فلزات استراتژیک در داخل کشور	محدودیت تولید و میزان عرضه، تقاضا و ظرفیت تولید جهانی فلزات استراتژیک
اهمیت فلزات استراتژیک از نظر سیاسی، نظامی و اقتصادی در داخل کشور	اهمیت فلزات استراتژیک از نظر سیاسی، نظامی و اقتصادی بین‌المللی
ثبات سیاسی و ایدئولوژی در داخل کشور	ثبات سیاسی و ایدئولوژی کشورهای عرضه کننده کانه فلزات در سطح جهانی
دسترسی به دانش و فناوری تولید فلزات استراتژیک برای کسب اعتبار ملی	دسترسی به دانش و فناوری تولید فلزات استراتژیک برای کسب اعتبار بین‌المللی

عوامل مؤثر در بحرانی بودن و آسیب‌پذیری و بالاخره، استراتژیک بودن فلزات (جدول ۱) در کشورهای مختلف متفاوت است، زیرا مثلاً کانه‌های فلزات استراتژیک در همه کشورها وجود ندارد یا به حد کافی برای تأمین نیازهای صنعتی آنها موجود نیست و برای تولید این فلزات باید مواد اولیه از خارج تأمین شود یا فناوری و تجهیزات لازم برای تولید فلزات ممکن است به کشورهای خارجی وابسته باشد و کشورها با استفاده از واردات مواد اولیه، تجهیزات و فناوری تولید می‌توانند کمبودها را جبران کنند.

درجه تأثیر عوامل ثبت شده در جدول ۱ بر درجه استراتژیک فلزات یکسان نیست و باید میزان تأثیر آنها در برآورد کلی درجه استراتژیک لحاظ شود. برای نمونه، فلزات استراتژیک برای کشورهای آمریکا، انگلستان، آفریقای جنوبی و افغانستان و سرچشمه آنها در فلزات مس، سرب، روی و قلع و پیش‌بینی عرضه و تقاضای آنها در آینده در جدول ۲ درج شده است. موجودیت فلزات استراتژیک در کشورهای آمریکا، انگلستان، آفریقای جنوبی و افغانستان که از نظر دسترسی به مواد اولیه، فناوری تولید و شرایط سیاسی، اقتصادی و جغرافیایی موقعیتهای متفاوتی دارند و به عنوان فلزات استراتژیک آن کشورها انتخاب و ارائه شده‌اند، برای چهار کشور متفاوت و برای همه کشورها از جمله ایران عمومیت ندارد. همان‌گونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، فلزات استراتژیک از دو نوع مواد اولیه تولید می‌شوند: تعدادی از فلزات استراتژیک به طور مستقل از کانه‌های معدنی خود و تعدادی همراه کانه‌های فلزات مس، سرب، روی و قلع هستند و از محصولات فرعی این فلزات استخراج می‌شوند.

صنایع نوین و پیشرفته به طور عمده در اختیار آمریکا و کشورهای پیشرفته صنعتی است و عمده‌ترین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان فلزات استراتژیک نیز این کشورها هستند. علی‌رغم اینکه ممکن است ذخیره

کانه‌های فلزات استراتژیک در آمریکا و کشورهای پیشرفته جهان در ردیف اول نیز قرار داشته باشند، مع هذا از داده‌های جدول ۲ چنین برداشت می‌شود که از بین چهار کشور انتخاب شده، آمریکا با تعداد ۲۹ فلز استراتژیک در مقام اول، انگلستان با ۱۶ فلز در مقام دوم، آفریقای جنوبی با ۱۱ فلز در مقام سوم و افغانستان با ۸ فلز در مقام چهارم قرار دارد. بدیهی است این ارزیابی بر اساس اطلاعات در دسترس و در مقطع زمانی خاص معتبر است و جامعیت ندارد و با توجه به عوامل مؤثر در استراتژیک بودن، فهرست فلزات استراتژیک این کشورها و منابع اصلی سرچشمه تولید آنها از کان‌های خود یا کان‌های فلزات مس، سرب، روی و قلع مشخص شده است [۵]. در ارتباط با داده‌های جدول ۲ لازم است به چند نکته اشاره شود:

جدول ۲- فلزات استراتژیک در کشورهای آمریکا، انگلستان، آفریقای جنوبی و افغانستان و سرچشمه آنها در کان‌های فلزات مس، سرب، روی، قلع [۴ و ۵]

وجود فلزات استراتژیک در کان‌های خود فلزات:	وجود فلزات استراتژیک در کان‌های:				وجود فلزات استراتژیک در:				فلزات استراتژیک
	قلع	روی	سرب	مس	افغانستان	آفریقای جنوبی	انگلستان	آمریکا	
	■	■	■					■	آنتیموان (Sb)
■			■				■		آلومینیم (Al)
			■	■	■		■	■	برلیوم (Be)
		■						■	کادمیم (Cd)
■		■	■					■	کلسیم (Ca)
■		■			■	■	■	■	کروم (Cr)

ادامه جدول ۲

									تانتالیم (Ta)
									تلوریم (Te)
									تیتانیوم (Ti)
									تنگستن (W)
									وانادیم (V)
									زیرکونیم (Zr)
									اورانیم (U)
									گالیم (Ga)
									نقره (Ag)
									طلا (Au)
۶	۳	۲	۲	۵	<	۲	۹	۴	جمع: ۳۳

الف. تعداد فلزات استراتژیک فهرست شده در کشورها عمومیت ندارد و در زمان خاصی معتبر بوده است و حتی برای خود کشورها ثابت نیست. مثلاً تعداد ۲۹ فلز استراتژیک ارائه شده برای آمریکا (جدول ۲) در سال ۱۹۸۲ میلادی ۸ و در سال ۱۹۸۶ میلادی ۱۸ فلز بوده است.

ب. درجه استراتژیک فلزات نسبی است و می‌تواند بین صفر و یک یا درجه کم، درجه متوسط یا درجه زیاد تغییر کند، اما در جدول ۲ درجه استراتژیک برای همه فلزات یکسان در نظر گرفته شده است.

پ. لازم نیست استراتژیک بودن فلزات مربوط به خود فلز باشد و ممکن است به علت کانه سرچشمه فلزات یا مواد جنبی لازم برای تولید، فناوری یا تجهیزات لازم برای تولید آنها و به کشورهای خارجی وابسته باشد. مثلاً استراتژیک بودن آلومینیم برای کشور آمریکا به علت بوکسیت و فلورسپا است که برای تولید آلومینیم لازم هستند و جزء مواد استراتژیک درجه دوم برای این کشور محسوب می شوند، زیرا میزان واردات بوکسیت در آمریکا زیاد و صنایع آلومینیم نیز در آنجا مهم است و بوکسیت و آلومینا در ایالات متحده، مواد استراتژیک درجه اول محسوب نمی شود و این کشور خود با تولید ۲۵ درصد آلومینیم جهان بزرگ ترین تولیدکننده آلومینیم است.

مهم ترین کشورهای تولیدکننده کانه های فلزات و کاربردهای فلزات استراتژیک به ترتیب اهمیت کاربرد در جدول ۳ درج شده است. تولید و کاربرد اغلب فلزات استراتژیک در صنایع پیشرفته در انحصار معدود کشورهای پیشرفته صنعتی و مصارف آنها متنوع، متعدد و کم و بیش منحصر به فرد است و ایران در تولید آنها سهمی نداشته است (جدول ۳).

۳. تولید و مصرف کانه، فلزات استراتژیک و پیش بینی عرضه و تقاضای آنها

میزان تولید کانه و فلزات پالایش شده مس، سرب، روی و قلع که سرچشمه تولید اغلب فلزات استراتژیک هستند، به ترتیب در شکل‌های ۱ تا ۴ نشان داده شده است. علی رغم این واقعیت که اثر عوامل مختلف در تولید و مصرف این چهار فلز متفاوت است، ملاحظه می شود که میزان تولید و مصرف هر چهار فلز، تا اندازه‌ای به صورت خطی، افزایش داشته است. بدیهی است برای هر یک از کانه‌ها و فلزات خام و پالایش شده آنها وابستگی های غیر خطی مناسب تری نیز می توانست انتخاب شود. چون هدف مقایسه کلی بین عرضه و تقاضای کانه‌ها و فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک و

به تبع آن فلزات استراتژیک موجود در آنهاست، این فرض جایز است. در این شکلها همچنین، رشد غیر خطی عرضه کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک مازاد بر عرضه خطی بین ۱/۵ تا ۷/۵ درصد بدون لحاظ کردن عوامل مؤثر در استراتژیک بودن آنها تا سال ۲۰۲۰ میلادی پیش بینی شده است. در این شکلها کشورهای تأمین کننده عمده کانه و تولید کننده و نیز مصرف کننده آنها نشان داده شده است.

جدول ۳: مهم ترین کشورهای تولید کننده و عمده ترین کاربرد فلزات استراتژیک به ترتیب اولویت آنها [۵]

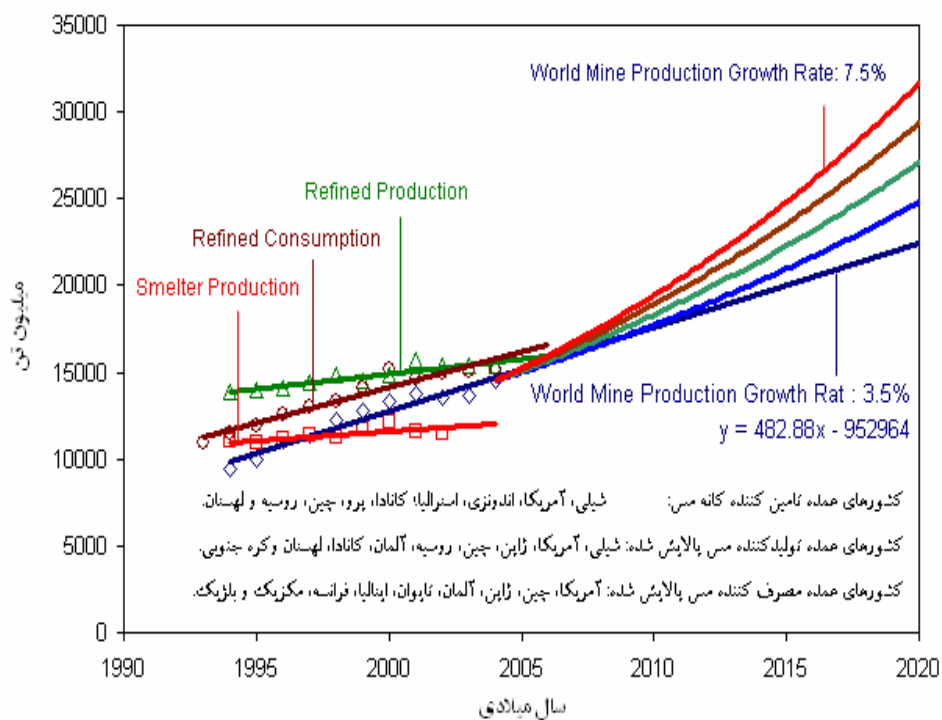
کاربرد فلزات استراتژیک:			مهم ترین کشورهای تولید کننده	فلزات استراتژیک
اولویت سوم	اولویت دوم	اولویت اول		
صنایع سرامیک و شیشه	باتریهای خشک	محافظهای حرارتی و شعله ای	بولیووی، آفریقای جنوبی، روسیه	آنتیموان
اجزای الکترونیکی	تجهیزات الکتریکی به عنوان آلیاژ	راکتورهای هسته‌ای، کاربردهای فضایی	روسیه، آمریکا، هند	برلیوم
محصولات پلاستیکی و مصنوعی	صنایع رنگی و رنگ دانه ها	آبکاری فلزات	استرالیا، کانادا، آلمان	کادمیم
مواد دیرگداز	ماشین آلات و تجهیزات صنعتی	سازه و ساختمان	آفریقای جنوبی، روسیه، زیمبابوه	کروم
مواد مغناطیسی	کاتالیزور ها و خشک کننده ها	سوپر آلیاژها	کوبا، اندونزی، جمهوری کنگو	کبالت
حمل و نقل	صنایع نفت و گاز	سازه و ساختمان	کانادا، برزیل، کنیا	نیوبیم (کلومبیم)
کاربردهای الکترونیکی	کاربردهای الکتریکی	صنایع نورسنجی	بلژیک، آمریکا، آلمان	ژرمانیم
لحیم کاری	آلیاژها و پوشش دهی	اجزای الکتریکی و الکترونیکی	ژاپن، آمریکا	ایندیم
ظروف آلومینیومی	روان کاری	صنایع شیشه و سرامیک	آمریکا، بولیوی، ژاپن	لیتیم

ادامه جدول ۳

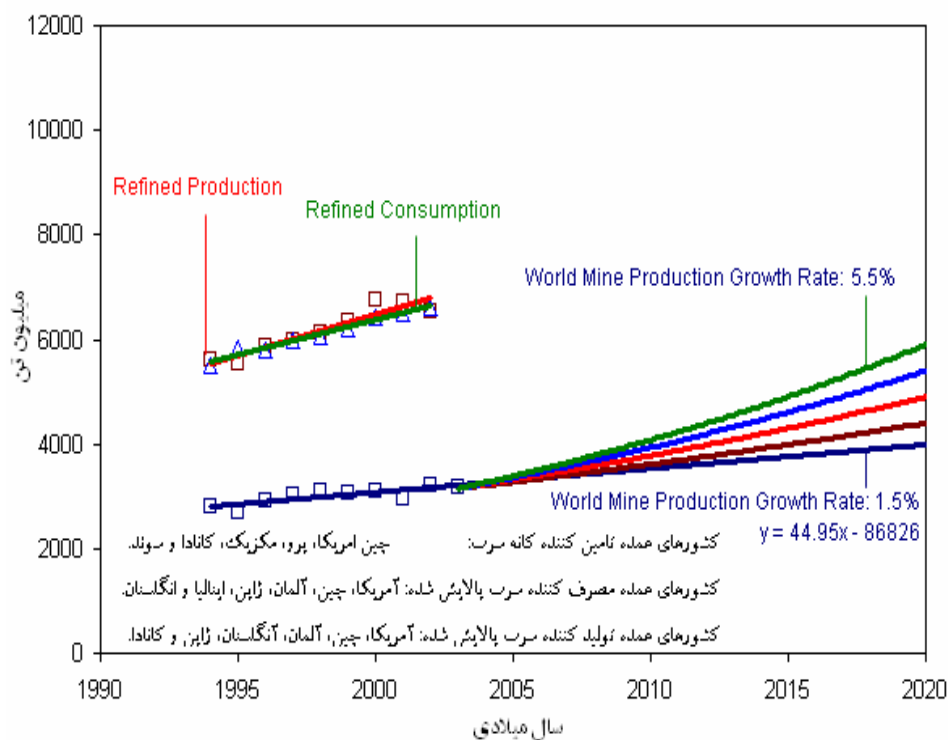
ماشین آلات	سازه و ساختمان	حمل و نقل	گابن، استرالیا، اوکراین	منگنز
تولید کلر و دی کربنات سدیم	تولید رنگهای غلط گیری	دستگاههای کنترل صنعتی	اوکراین، قرقیزستان	جیوه
حمل و نقل	صنایع نفت و گاز	ماشین آلات	کانادا، شیلی، چین	مولیبدن
صنایع شیمیایی و دارویی	تجهیزات الکتریکی و ساختمان	حمل و نقل	کانادا، روسیه، استرالیا	نیکل
دندان پزشکی	صنایع الکتریکی و شیمیایی	کاتالیزورها و کاربردهای دارویی	آفریقای جنوبی، روسیه، کانادا	فلزات گروه پلاتین (PGM*)
المانهای حرارتی	ترموکوپلها	کاتالیزورها، تولید مواد آلی	شیلی، روسیه، چین	رئیم
رنگ دانه ها و صنایع شیمیایی	تولیدات شیشه و اجزای الکتریکی	کپی های تصویری	استرالیا، کانادا، ژاپن	سلنیم
حمل و نقل	ماشین آلات	اجزای الکترونیکی	استرالیا، برزیل، کانادا	تانتالیم
مواد شیمیایی	فلزات غیر آهنی	محصولات فولادی	کانادا، فیجی، هنگ کنگ	تلوریم
پلاستیکها و لاستیکها	رنگها و محصولات کاغذی	فضاپیماها و موتورهای جت	استرالیا، چین، سیرالئون	تیتانیوم
لامپ و روشنائیها	حمل و نقل و صنایع الکتریکی	ماشین آلات و ابزار فلزی	روسیه، استرالیا، کانادا	تنگستن
ماشین آلات	سازه و ساختمان	حمل و نقل	آفریقای جنوبی، استرالیا، روسیه	وانادیم
سرامیک	ریخته گری	صنایع دیرگداز	استرالیا، آمریکا، آفریقای جنوبی	زیرکونیم

* Platinum Group Metals (پلاتین، اسمیم، پالادیم، ایریدیم، روتنیم، ردیم)

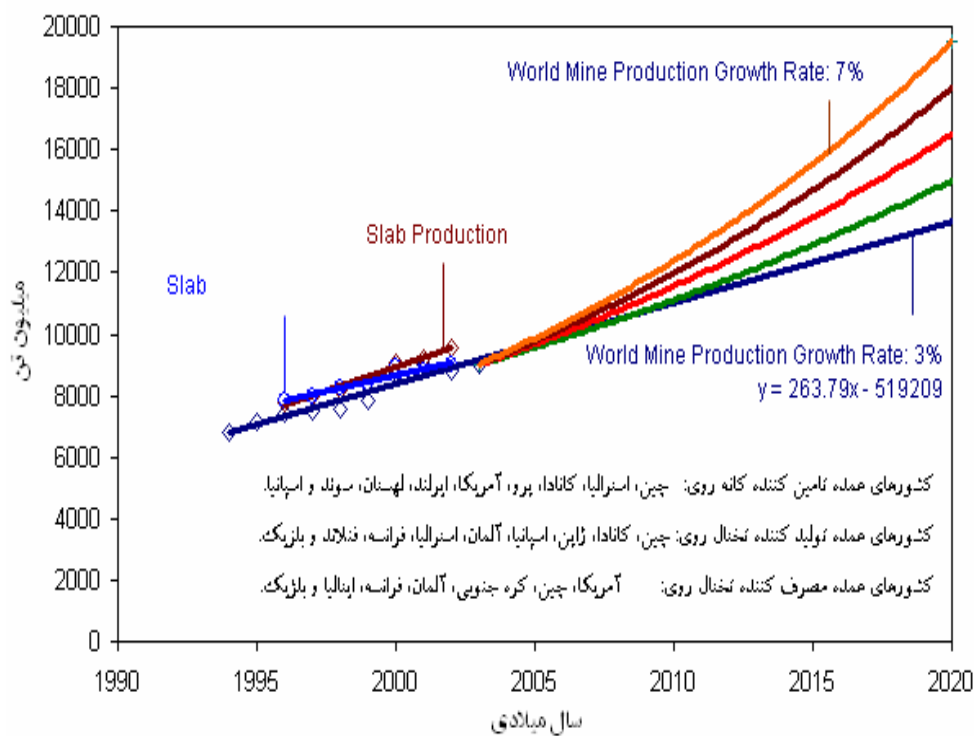
افزایش تولید کانه های مس، سرب، روی و قلع به طور حتم باعث افزایش تولید تعداد زیادی از فلزات استراتژیک محتوی آنها می شود، اما در شرایط معمول و متعارف ملاحظه می شود که روند تولید این فلزات در آینده نیز سیر صعودی خواهند داشت. با توجه به محدودیت ذخایر و وابستگی تولید فلزات به میزان ذخیره واقعی و احتمالی کانه فلزات مربوط، مصرف و کاربرد فلزات و نیز مواد جایگزینی برای مصالح صنعتی و غیره پیش بینی می شود که درجه استراتژیک فلزات در آینده افزایش یابد. از شکل‌های ۱ و ۴ چنین استنباط می شود که مصرف مس از سال ۲۰۰۳ میلادی به بعد و مصرف قلع همواره بیشتر از تولید بوده است. این افزایش مصرف نسبت به تولید می تواند به دلیل گستردگی کاربرد آن فلزات باشد و می تواند تا اندازه‌ای از طریق ذوب قراضه این فلزات تأمین شود. علی رغم این واقعیت می توان نتیجه گرفت که تولید این دو فلز در کشورهای تولید کننده آنها می تواند بحرانی یا آسیب پذیر باشد و در نتیجه، درجه استراتژیک آن فلزات افزایش یابد.



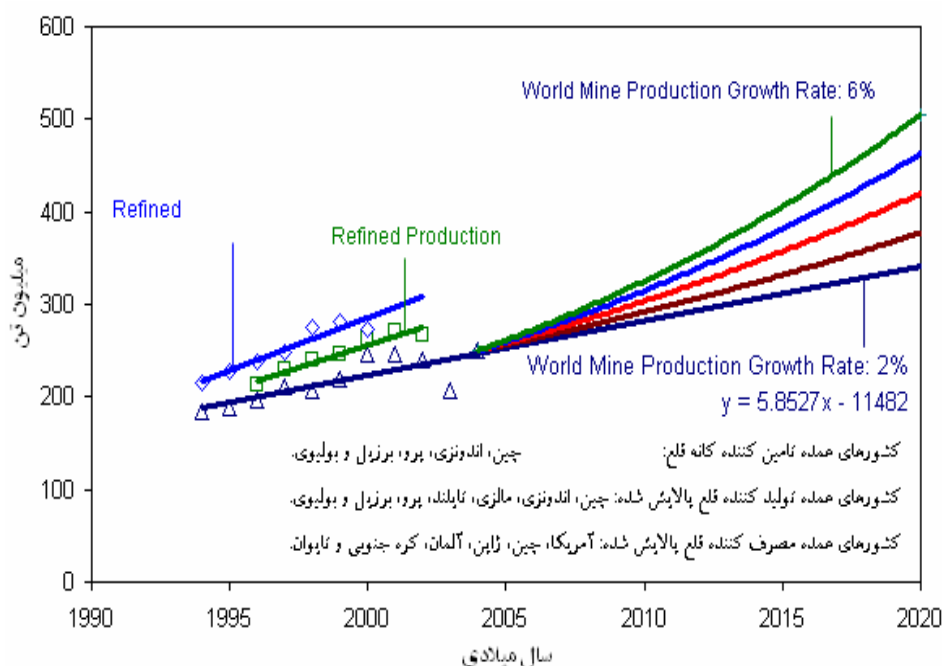
شکل ۱: تولید و مصرف مس، کانه آن در جهان، پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۰ و نیز کشورهای عمده تولید و مصرف کننده مس [۶، ۷ و ۸].



شکل ۲: تولید و مصرف سرب، کانه آن در جهان، پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۰ و کشورهای عمده تولید و مصرف کننده سرب [۶، ۷، و ۸].



شکل ۳: تولید و مصرف روی، کانه آن در جهان، پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۰ و کشورهای عمده تولید و مصرف کننده روی [۶، ۷ و ۸]



شکل ۴: تولید و مصرف قلع، کانه آن در جهان، پیش بینی آن تا سال ۲۰۲۰ و کشورهای عمده تولید و مصرف کننده قلع [۶، ۷، ۸]

میزان تولید سرب پالایش شده با میزان مصرف آن تا حدودی یکسان است (شکل ۲)، لذا، در آینده استراتژیک بودن سرب نیز ممکن است. به نظر می رسد که در آینده فقط فلز روی درجه آسیب پذیری و استراتژیک کمتری خواهد داشت، زیرا میزان تولید تختال روی نسبت به مصرف آن افزایش بیشتری داشته است (شکل ۳). به طور کلی، تحت شرایط ثابت اگر میزان مصرف این فلزات از تولید آنها بیشتر باشد، درجه استراتژیک بودن آن فلزات افزایش می یابد و به عکس، اگر تولید فلزات نسبت به مصرف آنها بیشتر باشد، تورم آن فلزات ممکن خواهد بود و درجه استراتژیک بودن آنها کاهش خواهد یافت.

۴. عوامل مؤثر بر قیمت فلزات استراتژیک

یکی از معیارهای ارزیابی فلزات استراتژیک قیمت آنهاست. قیمت فلزات استراتژیک به میزان تولید آنها بستگی دارد. به طور معمول تولید فلزات استراتژیک به طور مستقیم به میزان تولید و مصرف کانه های خود آنها و به طور غیرمستقیم بر میزان تولید کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک وابسته است، اما قیمت کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک به میزان فلزات استراتژیک محتوای آنها بستگی دارد. عوامل متعدد دیگری نیز می توانند بر قیمت فلزات استراتژیک تأثیر داشته باشند. رویدادهای مهم تأثیرگذار بر قیمت کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک در جداول ۴ تا ۷ درج شده است. در شکل‌های ۵ تا ۸ قیمت فلزات مس، سرب، روی و قلع از حدود قرن نوزدهم به بعد نشان داده شده است. از این شکل‌ها فلزات استراتژیک در فلزات مس، سرب، روی و قلع و همچنین، وقایع و رویدادهای مهم آن دوران که می توانند بر قیمت فلزات مؤثر باشند نیز نشان داده شده است.

جدول ۴: رویدادهای مهم تأثیرگذار بر قیمت جهانی مس و برخی از فلزات استراتژیک موجود در کانه مس [۶، ۷، و ۸].

ردیف	سال میلادی	رویدادها	میانگین تغییر در سال	
			قیمت	درصد
۱	۱۹۵۹ تا ۱۹۶۰	اعتصاب ۶ ماهه کارگران در آمریکا به عنوان یکی از کشورهای عمده تولیدکننده، رشد ۱۷ درصدی مصرف مس در جهان	۱/۳۵ سنت به ازای پوند	۴/۳۵
	۱۹۶۴ تا ۱۹۶۶	شروع جنگ ویتنام و افزایش نیاز به مس	۱/۸۲۵ سنت به ازای پوند	۵/۶۴
	۱۹۶۷ تا ۱۹۷۳	وقوع چند اعتصاب در کشورهای عمده تولیدکننده، تشکیل اتحادیه کشورهای صادرکننده مس (CIPEC)، تشکیل اتحادیه کشورهای تولیدکننده نفت و گاز (OPEC)	۳/۵۶۵ سنت به ازای پوند	۹/۳۵
۲	۱۹۷۷ تا ۱۹۸۰	افزایش مصرف مس و کاهش ذخیره آن و تشکیل اتحادیه بازار بورس کالا (COMEX)	۱۱/۵۱ سنت به ازای پوند	۱۷/۲۵
	۱۹۹۰ تا ۱۹۹۲	فروپاشی بلوک شرق، رویکرد کشورهای آفریقایی به تولید نفت	۷/۸۷- سنت به ازای پوند	۶/۳۹-
	۱۹۹۳	تشکیل بازار بورس فلزات لندن (LME)	۱۵/۸۶- سنت به ازای پوند	۱۷/۳۲-
	۱۹۹۸	بحران اقتصادی در کشورهای جنوب شرق آسیا	۲۸/۲۸- سنت به ازای پوند	۳۵/۹۶-
۳	۱۹۷۷	نرخ تورم و افزایش هزینه های انرژی باعث استفاده از برلیم در کاربردهای فضایی شد	۳۶/۵ دلار به ازای پوند	۳۸/۰۲
	۱۹۸۸	استفاده از برلیم در کاربردهای نظامی و دفاعی	۱۵ دلار به ازای پوند	۶/۱۴۷
۴*	۱۹۷۰	استفاده از رنیم در کاتالیستها برای تولید گازوئیل بدون سرب	۰/۷۴ دلار به ازای گرم	۳۳/۶۳

ادامه جدول ۴

سلنیم	۱۹۶۴ تا ۱۹۷۲	شروع جنگ ویتنام و افزایش مصارف غیرنظامی سلنیم در صنعت کپی تصویری و ساخت بطریه‌های یکبار مصرف	۱/۱۲۵ دلار به ازای پوند	۲۵
	۱۹۷۴ تا ۱۹۷۶	کاهش تولید داخلی، اعتصاب، قطع عرضه مس و افزایش استفاده از آن در کپی های تصویری	۰/۷۳ دلار به ازای پوند	۴/۴۱
	۱۹۹۸ تا ۱۹۹۶	کاهش استفاده سلنیم برای جلوگیری از سرطان	-۰/۷۵ دلار به ازای پوند	-۱۸/۷۵
مولیبدن	۱۹۹۰ تا ۱۹۹۱	کساد بازار مولیبدن و جنگ خلیج فارس	-۱/۱ دلار به ازای کیلوگرم پرباره	-۱۹/۲۹
	۱۹۹۲	فروپاشی بلوک شرق	-۰/۹۵ دلار به ازای کیلوگرم پرباره	-۱۹/۳۸

* کانه رنیم وجود ندارد و این فلز از فراوری کانه مس استخراج می شود.

جدول ۵: رویدادهای مهم تأثیرگذار بر قیمت جهانی سرب و برخی از فلزات استراتژیک موجود در کانه سرب [۶، ۷، ۸]

فلز	سال میلادی	رویدادها	میانگین تغییر قیمت در سال	
			دلار	درصد
سرب	۱۹۸۲ تا ۱۹۸۶	کاهش تولید سرب به دلیل ملاحظات زیست محیطی	۰/۸ به ازای پوند	۳۱/۸۷
	۱۹۹۱ تا ۱۹۸۶	افزایش نیاز صنعتی به سرب	۰/۲۲ به ازای پوند	۹۹/۵۴
	۱۹۹۲ تا ۱۹۹۶	تولید باطریهای سربی-اسیدی	۰/۲۴ به ازای پوند	۶۸/۳۷
	۱۹۹۷ تا ۱۹۹۸	کاهش تولید سرب در مناطق پرجمعیت به دلیل آلوده سازی محیط توسط سرب	-۰/۰۲ به ازای پوند	-۴/۳
نیرویوم*	۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰	کشف ذخایر پیروکلر در کشورهای کانادا و برزیل به عنوان دو تولیدکننده بزرگ	-۰/۱ به ازای پوند	-۸/۱۹
	۱۹۸۰ تا ۱۹۸۱	تولید اکسید نیوبیوم از مواد پایه پیروکلر، صادرات ذخایر پیروکلر برزیل	-۰/۳۷ به ازای پوند	-۵/۶۹
	۱۹۹۴	تولید فروکروم در کشور کانادا	-۰/۴ به ازای پوند	-۱۵/۳۸

ادامه جدول ۵

۲۰۸/۳	۲۴ به ازای پوند	قطع صادرات تانتالیم توسط کشورهای عمده تولیدکننده در آغاز جنگ سرد	۱۹۸۸	نفت
۵۵۰	۶ به ازای پوند	استفاده بسیار وسیع از تانتالیم در ذخایر دفاعی ملی کشورها (NDS)	۱۹۹۰	
۵۲/۳۶	۱/۲۲ به ازای پوند	استفاده وسیع از تلوریم در ابزارهای ترموالکتریکی	۱۹۶۲ تا ۱۹۵۹	پوند
۳۲/۳۹	۱/۹۶ به ازای پوند	افزایش مصرف کاتالیزور، کاهش تولید مس و فقدان کانه های غنی	۱۹۸۰ تا ۱۹۷۳	
۶/۲۵	۲ به ازای پوند	افزایش نیاز به فولادهای فاقد ماشینکاری و مصرف بیشتر از تولید آن	۱۹۹۳ تا ۱۹۸۷	
-۸/۸۴	۲/۸۳- به ازای پوند	بازده کم سل های تلورید کادمیم	۱۹۹۳ تا ۱۹۹۸	
۶۶/۶۶	۶ به ازای تن	کاهش ناگهانی عرضه توسط کشورهای چین، کره شمالی و روسیه به عنوان تولیدکنندگان اصلی	۱۹۶۳	تنگستن
-۱۲/۶۹	۱۶/۵- به ازای تن	کساد شدید بازار	۱۹۸۰ تا ۱۹۸۲	
-۱/۷۳	۱/۱۶- به ازای تن	صادرات تنگستن از روسیه و کشورهای شرق اروپا	۱۹۹۲ تا ۱۹۹۸	
۵۹/۷۲	۰/۸۶ به ازای پوند	افزایش نیاز صنعتی و عرضه کم جهانی	۱۹۷۰	آنتیمن
۶۲/۰۸	۱/۱۳ به ازای پوند	افزایش نیاز صنعتی و عرضه کم از سوی کشور چین	۱۹۷۴	
۲۸/۰۸	۰/۵ به ازای پوند	کاهش شدید عرضه از سوی کشور چین	۱۹۹۴ تا ۱۹۹۵	

* کانه نیوبیم (کولمبیم) وجود ندارد و این فلز از فرآوری کانه سرب استخراج می شود.

از اطلاعات شکل‌های ۵ تا ۸ چنین برداشت می شود که وقوع رخداد‌های مهم جهانی مانند جنگ‌های جهانی اول و دوم، بحران‌های نفت، جنگ سرد، واقعه یازدهم سپتامبر و رکود اقتصادی در قیمت برخی از فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک به طور آشکار اثر گذاشته است. احتمالاً بیشترین نوسان قیمت در اثر وقوع جنگ سرد در ۱۹۷۹ سال میلادی و دومین بحران نفت در سال ۱۹۸۳ میلادی بوده است. افزایش قیمت این فلزات می تواند به علت افزایش کاربرد یا کاهش تولید جهانی آنها و به تبع آن کاهش دسترسی به این فلزات نیز باشد.

جدول ۶: رویدادهای مهم تأثیرگذار بر قیمت جهانی فلز روی و برخی از فلزات استراتژیک موجود در کانه روی [۶، ۷ و ۸]

فلز	سال میلادی	رویدادها	میانگین تغییر قیمت در سال	
			دلار به ازای	درصد
روی	۱۹۶۴ تا ۱۹۶۹	جنگ ویتنام و کاهش صادرات روی از جانب کشور عمده تولیدکننده آمریکا	۰/۴ پوند	۲۷۵/۸۶
	۱۹۷۵ تا ۱۹۸۲	قطع همزمان عرضه ذخایر از سوی چند کشور عمده تولیدکننده	۰/۱۵ پوند	۳۸/۴۶
	۱۹۷۷ تا ۱۹۸۲	کساد و رکود بازار فلز روی	-۱/۸ پوند	-۵۲۳/۲۵
	۱۹۸۷ تا ۱۹۸۹	کاهش عرضه فلز روی و افزایش تقاضای جهانی آن	۰/۲ پوند	۲۰۹/۵
کادمیم*	۱۹۶۴ تا ۱۹۷۵	جنگ ویتنام و افزایش نسبی تقاضا برای کادمیم	۰/۱۲ پوند	۷/۱۴
	۱۹۷۳ تا ۱۹۷۴	کنترل صادرات نفت توسط کشورهای صادرکننده نفت و گاز (OPEC)	۰/۴۵ پوند	۱۲/۳۶
	۱۹۸۸	عرضه کم فلز کادمیم	۵/۹۱ پوند	۷۴/۸۱
کبالت	۱۹۷۸	افزایش تقاضا برای کبالت، از بین رفتن معادن غنی مس - کبالت در زئیر، گسترش بازار آزاد	۱۸/۹ پوند	۷۷/۰۷
	۱۹۸۴	اتحاد کشورهای زئیر و زامبیا، تنظیم قیمت توسط کارتل‌ها	۳/۸۸ پوند	۳۷/۱۶
	۱۹۹۰ تا ۱۹۹۱	شورش در کشورهای زئیر، فروپاشی بلوک شرق، صادرات شوروی به کشورهای خاص	۶/۸۳ پوند	۶۷/۶۹
	۱۹۹۴	حذف کارتل و ارائه قیمت تولیدکننده برای فلز خام	-۱/۷۴ پوند	-۷/۰۵
ژرمانیم*	۱۹۷۸ تا ۱۹۸۲	عرضه کم، افزایش تقاضا و ایجاد کارتل از سوی چند کشور	۸۴/۰۵۱ کیلوگرم	۲۶/۳۴
	۱۹۹۶	کمبود تولید و افزایش تقاضا	۲۸/۵ کیلوگرم	۱/۴۲۵
گالیم*	۱۹۶۰ تا ۱۹۶۳	پیشرفت فناوری بازیافت گالیم و روش‌های خالص‌سازی	-۲۱/۷۳ کیلوگرم	-۰/۸۳
	۱۹۶۶ تا ۱۹۷۳	افزایش نیاز به گالیم برای استفاده گسترده آن از دیودهای انتشار نور	۲۹/۱۶ کیلوگرم	۲/۴۳

* کانه فلزات کادمیم، ژرمانیم و گالیم وجود ندارد و این فلزات از فرآوری کانه روی استخراج می‌شوند.

متوسط حداقل، متوسط حداکثر و متوسط کل قیمت مس، سرب، روی و قلع از حدود قرن نوزدهم به بعد در شکل‌های ۹ تا ۱۲ نشان داده شده است. قیمت این فلزات تا حدود سال ۱۹۸۵ میلادی نشان می‌دهد که آنها رشدی کم و بیش صعودی نمایی و از آن به بعد در فاصله زمانی کوتاه مدت، افت قیمت داشته‌اند.

۵. تأثیر عوامل اقتصادی بر قیمت فلزات استراتژیک

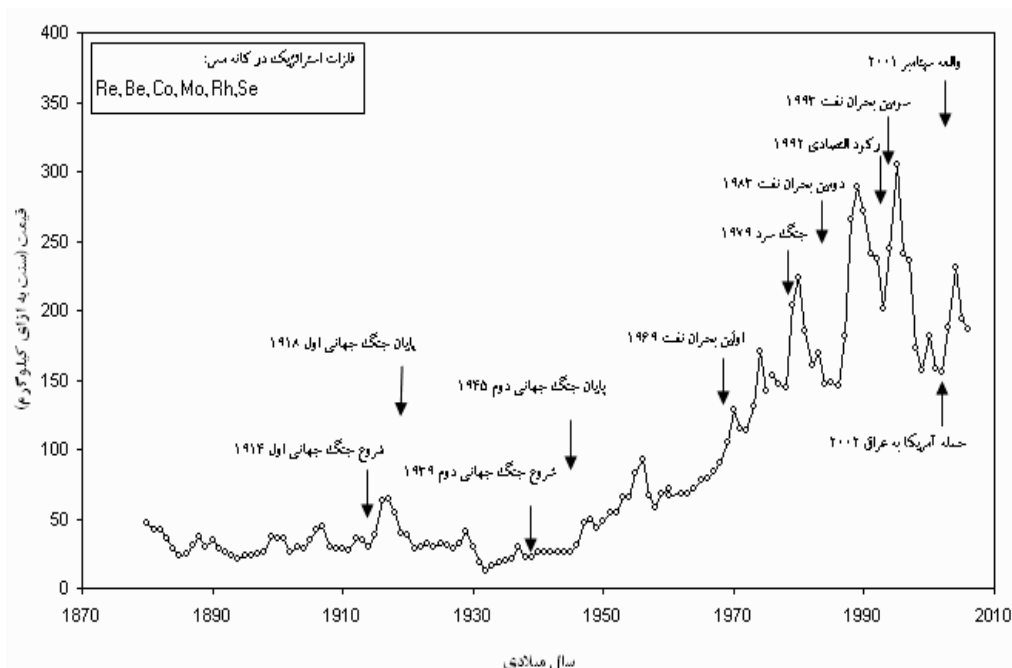
از عوامل بسیار مؤثر بر میزان تولید فلزات استراتژیک، ذخیره مالی کشورها^۱ و ذخیره مالی با میزان رشد تولید ملی، هماهنگ است [۵]. رشد تولید ملی نیز از طریق افزایش کاربرد و تقاضا برای فلزات استراتژیک در صنعت تحقق می‌یابد. زمانی که عرضه فلزات سرچشمه و در نتیجه، عرضه فلزات استراتژیک کم باشد، قیمت آنها به صورت نمایی افزایش می‌یابد. افزایش قیمت می‌تواند بر مصرف برخی از فلزات حتی اثر منفی داشته باشد و باعث افت قیمت آنها نیز بشود. عرضه کم یا کاربرد زیاد فلزات استراتژیک می‌تواند افزایش مصرف و کاهش رشد تولید را به همراه داشته باشد. کاربرد فلزات، آلیاژها و مواد جایگزینی راه حل دیگری برای ایجاد توازن در تولید و مصرف است.

1 . Money Supply, CMS, Country

جدول ۷: رویدادهای مهم تأثیرگذار بر قیمت جهانی قلع و برخی از فلزات استراتژیک موجود در کانه قلع [۶، ۷ و ۸]

سال میلادی	رویدادها	میانگین تغییر قیمت در سال	
		دلار به ازای	درصد
۱۹۸۵ تا ۱۹۸۶	توافقنامه بین المللی قلع در قالب پیمانهای ۴ ساله (ITA)	۰/۱۷ پوند	۷۶/۷۶
	تورم شدید	۰/۸۸۳ پوند	۳۸/۷۹
	کساد زیاد بازار قلع	۰/۷۹۲ پوند	-۱۰/۸
۱۹۸۵ تا ۱۹۹۳	دوره افزایش تقاضا برای ایندیم و استفاده از آن برای میله های کنترل راکتورهای هسته ای	۲/۱۷۵ انس	۱۲۰/۸۳
	ایجاد فناوری تولید نیمه هادی های فسفید ایندیم و ورقه های لایه نازک اکسید قلع - ایندیم	۰/۳۷ انس	۱۴/۰۴
	عرضه و بازیافت بیشتر ایندیم	۰/۲ انس	-۱/۶۸
	کاهش تقاضا برای ایندیم به دلیل کاهش تولید صفحات کریستال مایع (LCD) و جایگزینی لایه های نازک	۰/۴۱ انس	-۴/۱۲
	افزایش تقاضای بیسموت به عنوان یک افزودنی متالورژیکی به آلومینیم، آهن و فولاد	۰/۸۱۲ پوند	۱۳/۵۸
	تولید مازاد بر مصرف	۰/۹۵۵ پوند	-۱۱/۵۷
	افزایش مصرف جهانی بیسموت به خصوص در کشور های آمریکا و ژاپن	۲/۵۵ پوند	۵۹/۷۱
۱۹۸۰ تا ۱۹۹۰	کاهش استفاده از بیسموت به عنوان افزودنی متالورژیکی و شیمیایی و توسعه ذخایر جهانی	-۲/۲ پوند	-۲۶۱/۸۱
	افزایش مصرف آرسنیک در باتریهای اسیدی-سربی	۰/۵۸ پوند	۱۲۹/۳۱
	کاهش تولید به دلیل ملاحظات زیست محیطی	-۱۲/۵ پوند	-۴۱۶/۶۶

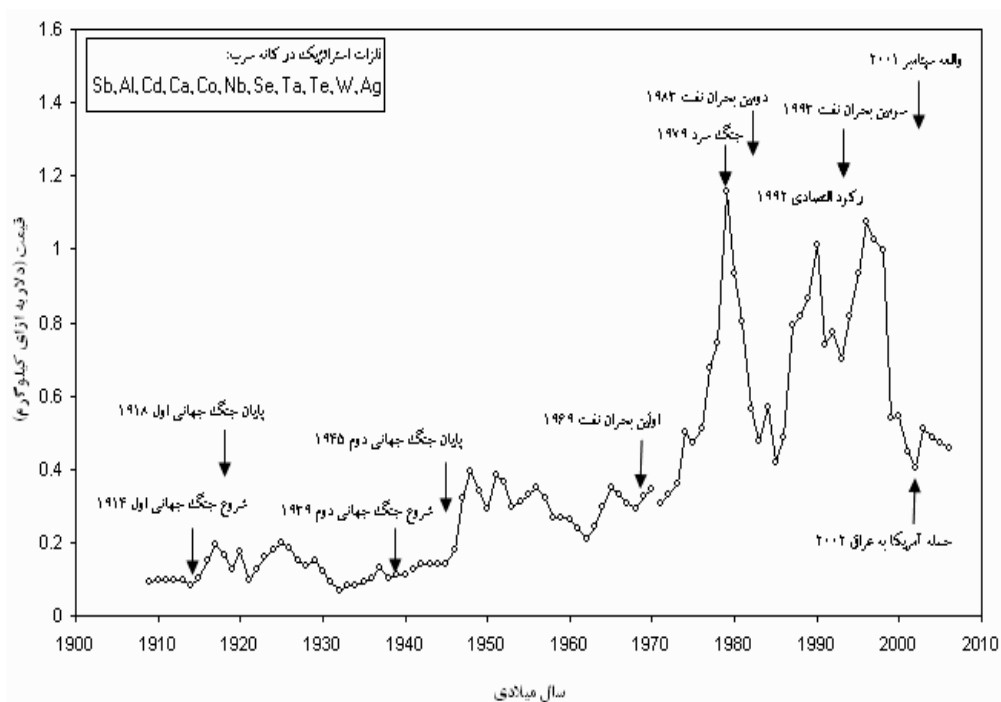
عامل موثر دیگر بر قیمت فلزات استراتژیک نرخ بهره^۱ است. اگر افزایش نرخ بهره بر قیمت فلزات استراتژیک اثر مثبت داشته باشد، تقاضا برای فلزات استراتژیک به منظور استفاده در تولیدات صنعتی می تواند کاهش یابد. در نرخهای بهره زیاد، تولیدات صنعتی کاهش و در نتیجه، تقاضای فلزات استراتژیک نیز کاهش می یابد. عامل مؤثر دیگر شاخص قیمت مصرف کننده^۲ در کشورهاست و برای بیان نرخ تورم از آن استفاده می شود.



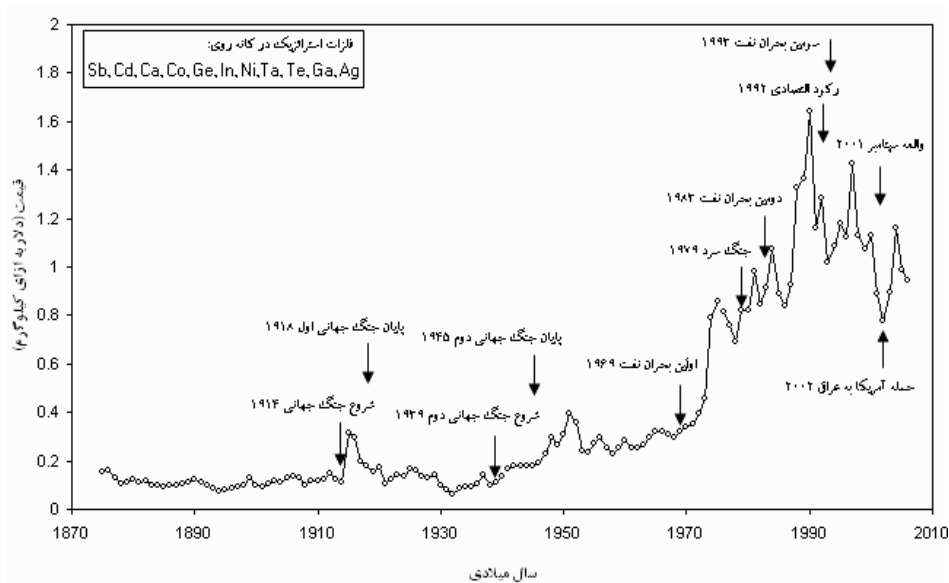
شکل ۵: قیمت مس، رویدادهای مهم جهان از سال ۱۹۱۴ میلادی و فلزات استراتژیک موجود در کانه مس [۶، ۷، ۸]

1 . Treasury Bill Rate, UTB

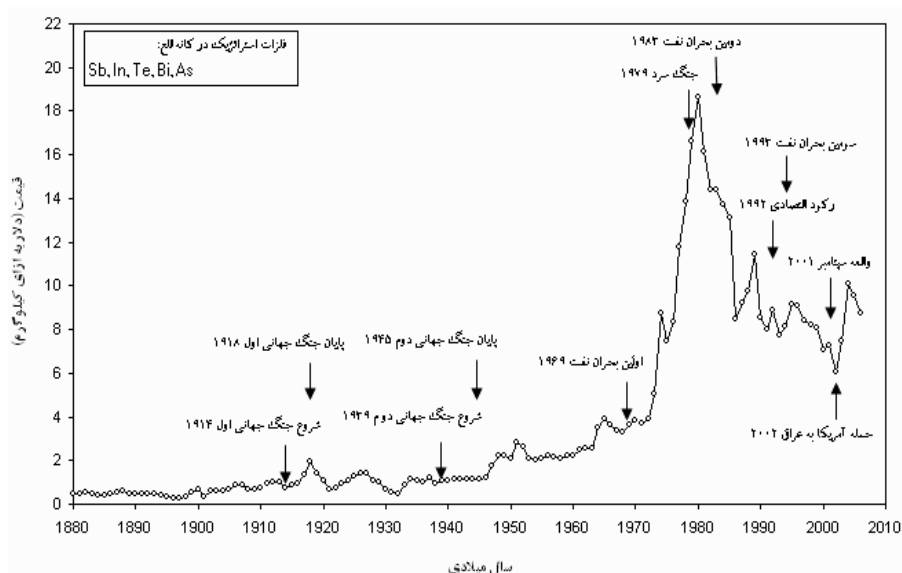
2 . Country Consumer Price Index, CSCPI



شکل ۶: قیمت سرب، رویدادهای مهم جهان از سال ۱۹۱۴ میلادی و فلزات استراتژیک موجود در کانه سرب [۶، ۷ و ۸]



شکل ۷: قیمت فلز روی، رویدادهای مهم جهان از سال ۱۹۱۴ میلادی و فلزات استراتژیک موجود در کانه روی [۶، ۷، و ۸]



شکل ۸: قیمت قلع، رویدادهای مهم جهان از سال ۱۹۱۴ میلادی و فلزات استراتژیک موجود در کانه قلع [۶، ۷، و ۸].

افزایش این شاخص باعث افزایش بهره و افزایش قیمت فلزات می شود. تغییر شاخص تولیدات صنعتی^۱ نیز عامل مؤثر دیگری برای تغییر قیمت فلزات استراتژیک است، زیرا بخش عمده‌ای از فلزات استراتژیک در تجهیزات صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد.

افت و خیز قیمت نفت نیز می‌تواند بر قیمت فلزات استراتژیک تأثیر داشته باشد. اهمیت نفت و استراتژیک بودن آن برای همه کشورها بجز کشورهای نفت خیز از آنجا ناشی می شود که بحرانهای نفتی در بعضی از مقاطع زمانی به شدت بر قیمت فلزات استراتژیک اثر مثبت داشته و قیمت آنها را به صورت نمایی افزایش داده و بر روی برخی اثر منفی داشته و باعث افت قیمت آنها شده است. نکته قابل توجه اینکه هر افت و خیزی در منحنی قیمت‌ها، به طور حتم نمی‌تواند مربوط به رویدادهای همزمان آن تغییر و تحولات باشد.

عوامل و رویدادهای سیاسی - نظامی از جمله بر میزان مصرف ویژه فلزات در ساخت راکتورهای هسته‌ای، فضاپیماها، موتورهای جت، سوپر آلیاژها، صنایع الکتریکی و الکترونیکی، نوری - تصویری و تجهیزات کنترل کاتالیزورها بستگی دارد.

بجز عوامل مؤثر سیاسی - نظامی لحاظ شده در شکل‌های ۵ تا ۸ و جدول‌های ۴ تا ۷، عامل مؤثر دیگر شاخص‌های^۲ سیاسی است. این شاخص طی مراحل زیر ثبت می شود:

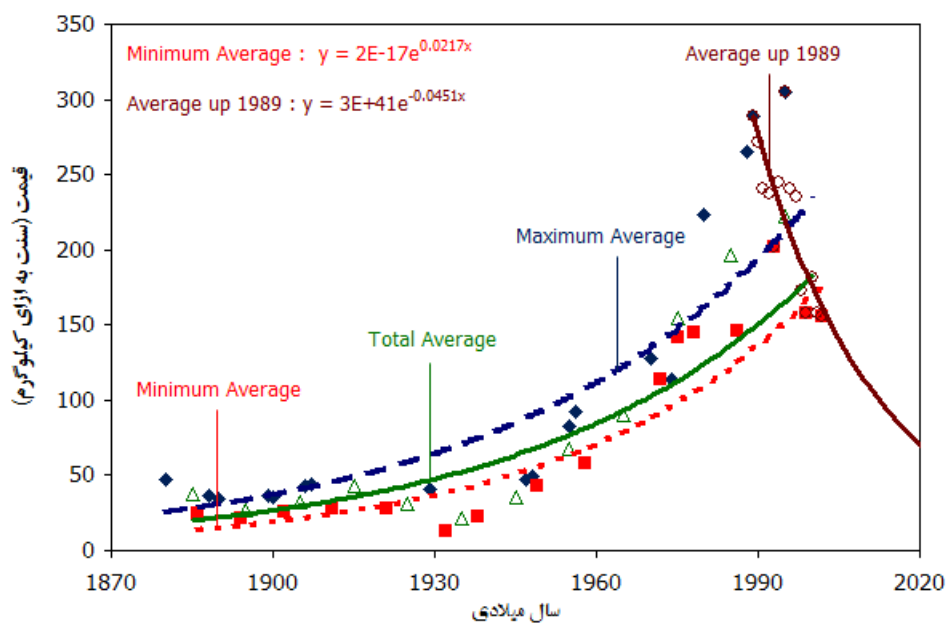
- رویدادهای مهم سیاسی - نظامی کشورها که احتمالاً بر عوامل سیاسی جهانی اثر می گذارد؛

- ارتباط هر یک از این رخدادها با تحولات سیاسی و تأثیر آنها؛

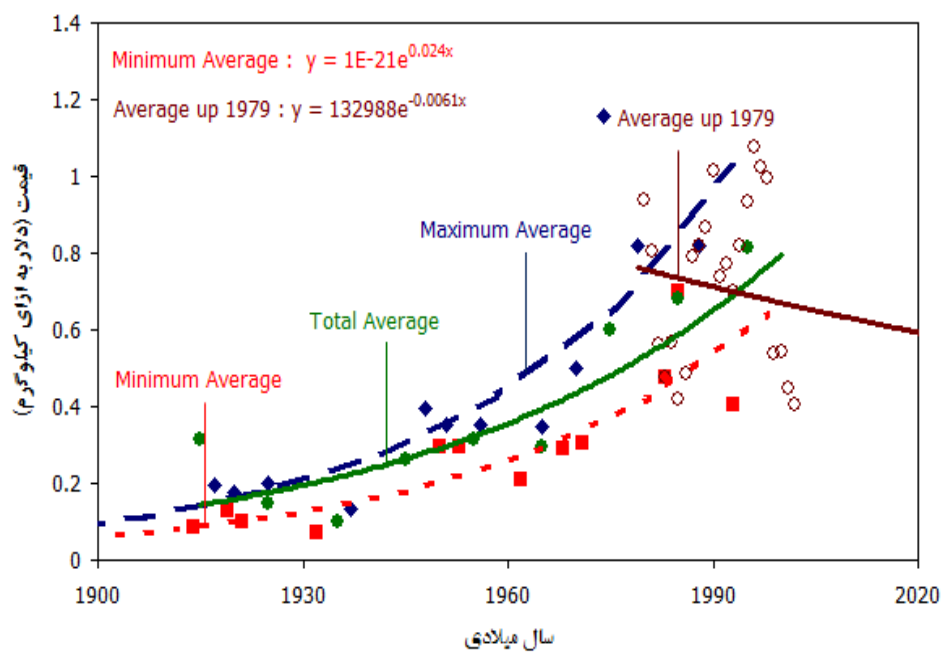
1 . Country Industrial Production, CSIP

2 . The Political Tension Index, PTI

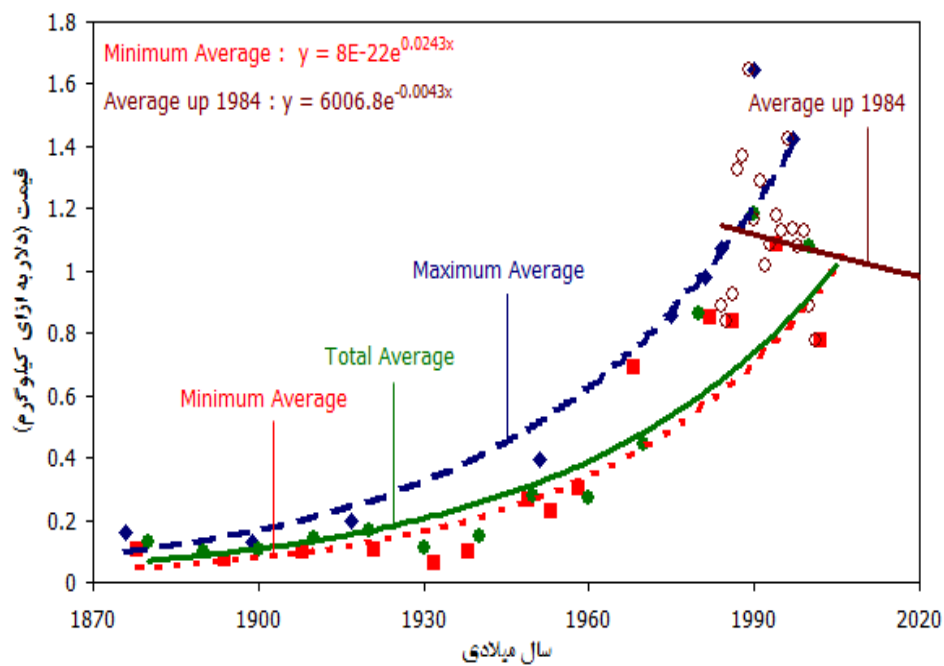
- تجمع تأثیر این رخدادها و ایجاد یک سطح مجموع از عوامل سیاسی بین المللی.



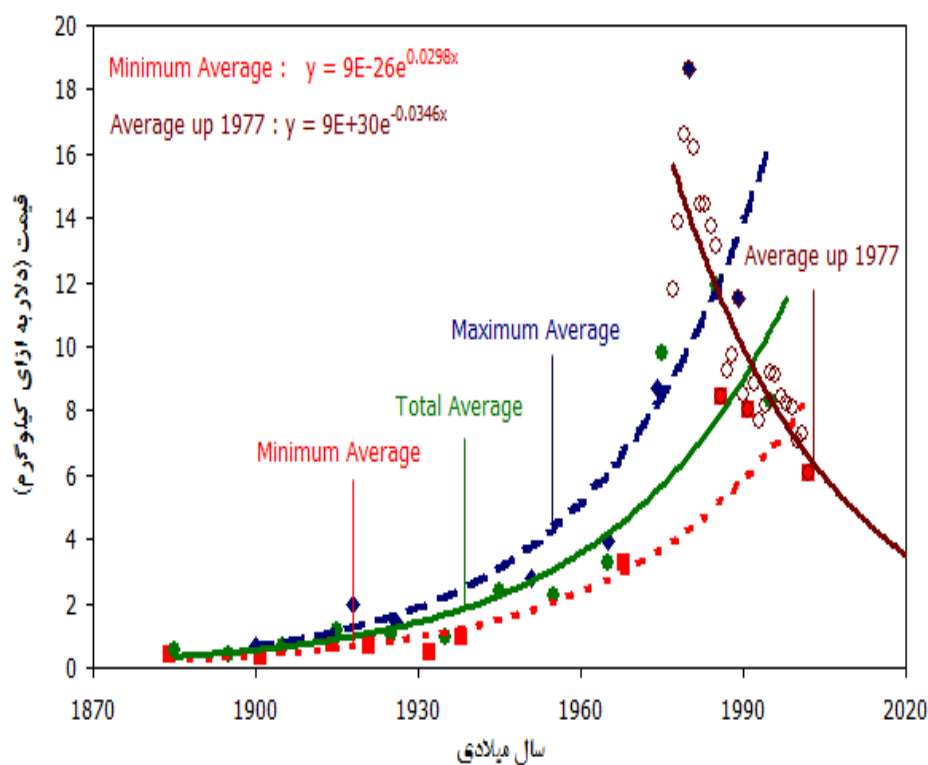
شکل ۹: متوسط حداقل، متوسط حداکثر، متوسط کل و نیز متوسط قیمت مس از سال ۱۸۸۹ میلادی [۶، ۷ و ۸]



شکل ۱۰: متوسط حداقل، متوسط حداکثر، متوسط کل و نیز متوسط قیمت سرب از سال ۱۸۹۷ میلادی [۶، ۷، ۸]



شکل ۱۱: متوسط حداقل، متوسط حداکثر، متوسط کل و نیز متوسط قیمت فلز روی از سال ۱۸۸۴ میلادی [۶، ۷ و ۸]



شکل ۱۲: متوسط حداقل، متوسط حداکثر، متوسط کل و نیز متوسط قیمت قلع از سال ۱۸۷۲ میلادی [۶، ۷ و ۸]

۶. بحث و نتیجه گیری

رشد میزان عرضه کانه های فلزات سرچشمه اغلب فلزات استراتژیک؛ یعنی کانه های مس، سرب، روی، قلع و نیز فلزات خام و پالایش شده آنها از دهه ۱۹۹۰ میلادی تاکنون با احتساب حداقل خطا تا حدودی خطی است. اختلاف رشد تولید و مصرف فلزات و کانه های آنها می تواند معیاری برای کمبود یا تورم فلزات به شمار آید. این

- واقعیت با توجه به محدودیت عرضه و تقاضای کانه ها و نیز فلزات مربوط به ویژه برای کشور ایران بسیار مهم است. از شکل‌های ۱ تا ۴ چنین استنباط می شود که:
- به مرور زمان میزان استخراج و مصرف کانه فلزات استراتژیک و در نتیجه، میزان تولید فلزات محتوی آنها افزایش داشته، زیرا کاربرد آنها نیز احتمالاً بیشتر شده است.
 - از نظر میزان تولید به ترتیب فلزات مس، روی، سرب و قلع قرار دارند که احتمالاً به میزان کاربرد آنها وابسته است.
 - اختلاف بین متوسط حداقل و متوسط حداکثر میزان تولید کانه فلزات سرچشمه فلزات استراتژیک ناچیز است.
 - رشد تولید و مصرف کانه فلزات سرچشمه تا حدودی خطی و برای فلزات مس ۳/۵ درصد، سرب ۳ درصد، قلع ۲ درصد و روی ۱/۵ درصد بوده است. این داده ها افزایش مصرف و کاربرد فلز مس را نسبت به فلزات سرب، قلع و روی نشان می دهد.
 - میزان تولید فلزات خام و پالایش شده اغلب از کانه آنها بیشتر و فاصله این دو به مرور زمان بیشتر شده و علت آن بازیابی قراضه این فلزات است.
 - تولید مس از مصرف آن تا سال ۲۰۰۳ میلادی بیشتر شده و در نتیجه، درجه استراتژیک آن کاهش یافته است (شکل ۱)، در حالی که تولید و مصرف فلزات سرب و روی و رشد آنها تا حدودی یکسان (شکل‌های ۲ و ۳) است، اما مصرف قلع همواره از تولید آن بیشتر و در نتیجه، درجه استراتژیک بودن آن نسبت به فلزات سرب، روی و مس بیشتر بوده است.
 - نوسان حداقل و حداکثر قیمت فلزات در طول دوره تحقیق بیشتر از نوسان میزان تولید آنهاست (شکل‌های ۸ تا ۱۲).

- قیمت فلزات مس، سرب، روی و قلع نه تنها تابع ارزش و موارد کاربرد آنهاست، بلکه متأثر از میزان و ارزش فلزات استراتژیک موجود در آنها نیز می باشد.
- از بین فلزات مس، سرب، روی و قلع به ازای واحد وزن، قیمت مس حداقل و قیمت قلع حداکثر است. کاملاً مشخص نیست که افزایش قیمت قلع نسبت به قیمت مس به دلیل ارزش واقعی فلز قلع نسبت به فلز مس یا وجود فلزات استراتژیک در قلع (آنتیموان، ایندیم، تلوریم، بیسموت و آرسنیک) نسبت به وجود فلزات استراتژیک در مس (برلیوم، کبالت، مولیبدن، رنیم و سلنیم) باشد.
- قیمت فلزات مس، سرب، روی و قلع از آغاز تاکنون با افت و خیزهای زیادی همراه بوده و عوامل و بحرانهای مختلف سیاسی، نظامی و اقتصادی بر قیمت آنها تأثیر داشته است.
- منحنی متوسط حداقل و متوسط حداکثر قیمت فلزات مس، سرب، روی و قلع علی رغم افت و خیزها دو دوره متمایز داشته اند:
- قیمت فلزات سرب از آغاز تا سال ۱۹۷۹ میلادی، روی از آغاز تا سال ۱۹۸۴، مس از آغاز تا سال ۱۹۸۹ و قلع از آغاز تا سال ۱۹۷۷ میلادی در دوره اول (شکلهای ۸ تا ۱۲) سیر صعودی و در دوره دوم قیمت سرب از سال ۱۹۷۹، روی از سال ۱۹۸۴، مس از سال ۱۹۸۹ و قلع از سال ۱۹۷۷ میلادی افت داشته اند. علت عمده رشد قیمتها در دوره اول احتمالاً افزایش کاربرد، کمبود عرضه و علت عمده کاهش قیمتها در دوره دوم احتمالاً افزایش تولید، تولید فلزات جایگزینی و کشف روشهای نوین ارزان تر تولید بوده است.

- چون تولید و مصرف این فلزات از آغاز تا حدود دو دهه اخیر با رشدی کم و بیش خطی افزایش داشته و از طرف دیگر، ذخیره قطعی کانه فلزات سرچشمه در جهان محدود است، در نتیجه، اجباراً و الزاماً عرضه این فلزات در دراز مدت نمی تواند همواره به صورت خطی ادامه یابد، لذا به مرور زمان عرضه آنها کاهش خواهد یافت و بازیابی پسماند و درجه استراتژیک آنها بیشتر خواهد شد. این واقعیت برای برنامه ریزی کلان تولید و عرضه فلزات در ایران باید مد نظر قرار گیرد.
- از مقایسه میزان عرضه کانه فلزات استراتژیک و رشد قیمت آنها (شکل‌های ۹ تا ۱۲) نتیجه‌گیری می‌شود که رشد قیمت نسبت به رشد تولید شتاب بیشتری داشته است. برای مثال، افزایش رشد سالانه میزان تولید کانه مس ۰/۲۲ درصد، در حالی که رشد قیمت آن ۲/۷ درصد (حدود ۱۲ برابر) بوده است. نتیجه اینکه برای دستیابی به توسعه پایدار باید بین عرضه و تقاضای فلزات استراتژیک توازن برقرار شود.
- رویدادهای مهم سیاسی- نظامی بر عرضه، تقاضا و قیمت فلزات مس، سرب، روی، قلع و فلزات استراتژیک محتوی آنها (جدول ۴ تا ۷ و شکل‌های ۵ تا ۸) متعدد، متنوع و اهمیت و درجه تأثیر آنها متفاوت بوده است و برخی منشأ داخلی داشته و موجب بحرانی شدن فلزات و برخی منشأ بین‌المللی داشته و موجب آسیب پذیری تولید آنها شده است. قابل توجه اینکه هر افت و خیزی در منحنی قیمت‌ها نمی تواند به طور حتم مربوط به رویدادهای همزمان آن تغییر و تحولات باشد.
- اعتصابها، ملاحظات زیست محیطی، تشکل اتحادیه ها، عوامل داخلی و نقش کارتلها برای خرید و فروش فلزات یا کانه های آنها و تشکیل بازارهای بورس فلزات مانند بازار بورس فلزات لندن (LME) یا بازار

بورس مركاتیل نیویورک تأثیر کاملاً محسوسی بر تغییر قیمت فلزات استراتژیک و فلزات سرچشمه آنها (مس، سرب، روی و قلع) داشته است.

اثر عوامل مختلف بر قیمت سرب و فلزات استراتژیک محتوای آن (جدول ۵) نشان می دهد که :

- تدوین قوانین زیست محیطی در سالهای ۱۹۸۲ تا ۱۹۸۶ میلادی باعث کاهش مصرف و در نتیجه، افزایش قیمت فلز سرب به میزان ۳۲ درصد شده است؛
- تولید فروکروم کانادا در سال ۱۹۹۴ میلادی و جایگزینی نیوبیم باعث ۱۵ درصد کاهش قیمت فلز نیوبیم شده است؛
- تولید اکسید نیوبیم از پیروکسر (۱۹۸۰/۱۹۸۱ میلادی) باعث کاهش قیمت فلز نیوبیم به میزان ۶ درصد شده است؛
- قطع صادرات فلز تانتالیم در جنگ سرد (۱۹۸۸ میلادی) باعث ۲۰۸ درصد افزایش قیمت آن شده است؛
- افزایش نیاز صنایع به فلز آنتیموان (در ۱۹۷۰ میلادی) باعث افزایش قیمت آن به میزان ۶۰ درصد بوده است.
- افزایش نمایی قیمت فلزات استراتژیک در دهه ۱۹۸۰ میلادی به دلیل کاربرد بیشتر یا عرضه کمتر بوده و ضرورت جایگزینی فلزات استراتژیک را الزامی می ساخته است و بدین دلیل، احتمالاً فلزات و مواد دیگری در دهه ۱۹۹۰ میلادی جایگزین آنها شده اند. در نتیجه، قیمت آنها به شدت افت کرده است (شکل‌های ۸ تا ۱۲). به دلیل بروز این پدیده ها، استراتژیک بودن این فلزات بیشتر مشخص می شود.

مقایسه عوامل یاد شده با یکدیگر و تأثیر آنها بر قیمت فلزات اهمیت مسائلی زیست محیطی را بیشتر نشان می دهد.

- فلزات مس، سرب و روی در کشور ایران تولید می شود و تولید قلع در انحصار دیگر کشورهاست. رشد قیمت فلزات از رشد میزان کانه آن فلزات بیشتر بوده است و این واقعیت، منافع فرآوری مواد معدنی و تولید فلزات را نسبت به کانه های اولیه آنها نشان می دهد. شناخت ارزش واقعی کانه فلزات استراتژیک، موارد کاربرد آنها و اثر عوامل مختلف در افت و خیز قیمتها برای برنامه ریزی آینده تولید و مصرف فلزات استراتژیک مهم است و این عوامل باید مد نظر قرار گیرد. چون در کشور ایران هم اکنون فلز قلع تولید نمی شود، لذا، برنامه ریزی و سرمایه گذاری برای تولید قلع نسبت به صادرات کانه آن و نیز سایر فلزات مقرون به صرفه بیشتری خواهد بود [۹ و ۱۰].

- از مقایسه داده های شکل های ۱ تا ۸ استنباط می شود که به طور کلی، توازنی در تولید و مصرف، عرضه و تقاضا و در نتیجه، در قیمت فلزات برقرار نبوده و در نتیجه، درجه استراتژیک فلزات ثابت نبوده است. دستیابی به توسعه پایدار در صورتی امکان پذیر است که بین تولید و مصرف توازن برقرار باشد. کاهش عرضه و تولید موجب افزایش قیمتها و افزایش درجه بحرانی، آسیب پذیری و درجه استراتژیک و افزایش تولید موجب افت قیمتها و کاهش درجه بحرانی بودن، آسیب پذیری و درجه استراتژیک فلزات برای کشورها می شود.

سخن آخر

ایرانیان در زمینه تولید فلز مس از ۵ تا ۶ هزار سال پیش از میلاد، در زمینه تولید فلز سرب در هزاره سوم پیش از میلاد، در زمینه تولید فلز روی به صورت آلیاژ از کمتر از ۱۰۰۰ سال پیش از میلاد و حتی در زمینه تولید فلز قلع از هزاره دوم میلادی در جهان پیشکسوت بوده‌اند [۱۱، ۱۲ و ۱۳].

علی‌رغم فراز و نشیب‌های تاریخی از دوران‌های طلایی ایران باستان که ایرانیان مهد علم و هنر بودند، تاکنون علی‌رغم مهاجرت شماری از نخبگان، حتی امروز خلاقیت نسبی بالای ایرانیان در مقایسه با ملل جهان بر هیچ کس پوشیده نیست. با توجه به اینکه کانه‌های مس حاوی فلزات استراتژیک برلیم، مولیبدن، رنیم، سلنیم و ...، کانه‌های سرب حاوی فلزات استراتژیک آنتیموان، کادمیم، نیوبیم، سلنیم، تانتالیم، تلوریم، تنگستن، نقره و ...، کانه‌های روی حاوی فلزات استراتژیک آنتیموان، کادمیم، ژرمانیم، ایندیم، تانتالیم، تلوریم، گالیم، نقره و ...، کانه‌های قلع حاوی فلزات استراتژیک آنتیموان، ایندیم، تلوریم و ... هستند، باید این فلزات کم و بیش در کانه‌های مس، سرب و روی ایران موجود باشند. حال که فناوری تولید این فلزات در اختیار شرکتها و کشورهای انگشت شماری است و در فناوری پیشرفته مهندسی مواد به فلزات استراتژیک نیاز است، آیا توجیه پذیر است که کانه این فلزات یا ترکیبات آنها به عنوان غبار، سرباره یا لجن فروخته شود یا به عنوان موادی بی ارزش دفن و موجب آلودگی محیط زیست شود یا جزو مواد اولیه در ساخت جاده‌ها و تولید سیمان مصرف شود. بدین دلیل، ضرورت خودکفایی در زمینه تولید فلزات استراتژیک امری ضروری به نظر می‌رسد و باید در برنامه‌های کلان کشور منظور شود. نظر به اینکه در برنامه‌های آموزشی در مقطع کارشناسی تولید فلزات مس، روی، سرب، قلع، آلومینیم و آهن و در مقطع کارشناسی ارشد برخی از فلزات نادر و استراتژیک آموزش داده می‌شوند،

ولی به دلیل لزوم توسعه صنعتی کشور باید ویژگی کلیه فلزات استراتژیک، شیوه‌های تولید، پالایش، کارایی و کاربرد و عرضه و تقاضای این فلزات نیز نه تنها در گرایش متالورژی، بلکه در میان رشته‌های متالورژی/ مکانیک، متالورژی/ صنایع، متالورژی/ برق و نیز صنایع هسته‌ای هرچه بیشتر و گسترده‌تر آموزش داده شود تا به مرور زمان از پتانسیلهای بالقوه این مملکت به نحو مطلوب‌تری استفاده شود.

مراجع

1. Haiyan Song; " Modeling and Forecasting, The Demand for Hong Kong Tourism"; International Journal of Hospitality Management, No. 22, pp. 435-451, 2003.
2. R.N. Nagle and J. Wellington; "Proceedings of the IMS Vision 2020 Forum"; IMS International, 2000.
3. S. Makridakis & S. Wheelwright; **Forecasting Methods For Management**; 5th ED, John Wiley & Sons Inc, 1989.
4. Rae Weston; **Strategic Materials a World Survey**; USA, Croom Helm, 1984.
5. J. Gibson; **Strategic Materials: Technologies to Reduce U.S. Import Vulnerability**; Washington DC, U.S. Congress, Office of Technology Assessment, OTA-ITE-248, May 1985.
6. World Metals Statistics Yearbook, 2004.

۷. با استفاده از آمار سایت: WWW.USGS.gov

۸. ناصر توحیدی؛ "گزارش طرح تحقیقاتی: فلزات استراتژیک در ایران و جهان"؛ فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران، خرداد ۱۳۸۶.

۹. ناصر توحیدی؛ "استراتژی توسعه صنایع آهن و فولاد ایران در ۲۰ سال آینده"؛ مهندسی متالورژی، شماره ۱۹، صفحه ۵ تا ۱۱، ۱۳۸۳.

۱۰. ناصر توحیدی؛ ابراهیم وحدت و امیر عباس املح القراء؛ "درجه بحرانی، آسیب پذیری و استراتژیک فلزات برای ایران"؛ مهندسی متالورژی (ویژه نامه)، شماره ۱، بهار ۱۳۸۵.

11. A. Amlah, N. Towhidi & R. T. Moghadam; "Application of The Fuzzy Logic for Determining Strategic Metals in Iran"; International Conf. on Problem Solving Strategies & Techniques, ISST 2006.

ناصر توحیدی و آرمان ربیعی فر ۱۷۱

۱۲. ناصر توحیدی؛ سیر تکامل تولید آهن و فولاد در ایران و جهان؛ انتشارات امیرکبیر، ۱۳۶۴.

۱۳. غلامحسین دانشی، "فناوری فلزات در ایران باستان"، فصلنامه آموزش مهندسی ایران، شماره ۲۶، سال هفتم، تابستان ۱۳۸۴.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۵/۹/ ۲۹)

(تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۷/۲۴)