



نگاهی به چالش‌های حال و آینده صنعت آلومینیوم در کشور و ارائه راهکارهایی جهت حل چالش تأمین آلومینا



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

خدای بزرگبخشایش همیشه بخشناید

بِسْمِ

شماره مسلسل: ۱۸۷۰۰
کد موضوعی: ۳۱۰



مرکز پژوهش‌های
مجلس شورای اسلامی

تاریخ انتشار:
۱۴۰۱/۱۱/۸

عنوان گزارش:

نگاهی به چالش‌های حال و آینده صنعت آلومینیوم در کشور
و ارائه راهکارهایی جهت حل چالش تأمین آلومینا

نام دفتر:

مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه معدن)

تهیه و تدوین کنندگان:

محمدحسین پیروی، محسن قسوری

ناظر علمی:

محمدحسن معادی رودسری

صفحه آرا:

نفیسه حاجی صفری

ویراستار ادبی:

شیوا امین اسکندری

واژه‌های کلیدی:



فهرست مطالب

۷

چکیده

۸

خلاصه مدیریتی

۹

بخش اول - مقدمات و کلیات

۱۱

بخش دوم - امکان پذیرایی طرح‌های در دست اجرا و ارائه
راهکارهای تأمین آلومینا

۱۹

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۲۰

منابع و مأخذ

فهرست جداول

- جدول ۱. خلاصه راهکارهای ارائه شده و پیشنهادهای اجرایی و تقنینی ۸
- جدول ۲. روندها و صادرات، تولید، مصرف و پیش بینی صنعت آلومینیوم کشور [۷]، [۸]، [۹] و [۱۰] ۱۲
- جدول ۳. روند تولید آلومینادر کشور [۱۰] ۱۴
- جدول ۴. میزان واردات، صادرات و تراز تجاری مواد اولیه صنعت آلومینیوم کشورهای پیشرو [۱۲] ۱۶
- جدول ۵. میانگین مسافت حمل بوکسیت وارداتی به کشورهای پیشرو [۱۲] ۱۷
- جدول ۶. خلاصه راهکارهای ارائه شده و مزایا، فرصت ها، محدودیت ها و تهدیدهای هر کدام از آنها ۲۰

فهرست شکل ها

- شکل ۱. نمودار بخش بندی بازار مصرف آلومینیوم [۱] ۹
- شکل ۲. زنجیره ارزش تولید آلومینیوم ۱۰
- شکل ۳. تحلیل SWOT صنعت آلومینیوم ایران ۱۱
- شکل ۴. نمودار پیش بینی روند میزان تولید آلومینیوم کشور در افق ۱۴۱۰ ۱۳
- شکل ۵. پیش بینی روند میزان تولید آلومینای کشور در افق ۱۴۱۰ ۱۴
- شکل ۶. نمودار تاریخچه و پیش بینی قیمت آلومینادر سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ ۱۵



نگاهی به چالش‌های حال و آینده صنعت آلومینیوم در کشور و ارائه راهکارهایی جهت حل چالش تأمین آلومینا

چکیده

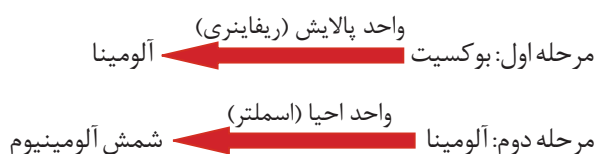
نیازمند تأمین ارز بین ۵۰۰ تا ۱,۱۰۰ میلیون دلار است. تراز تجاری ۱۰ کشور اول تولیدکننده آلومینیوم نشان می‌دهد گرچه هر دو ماده بوکسیت و آلومینا در حجم زیادی به این کشورها وارد می‌شود اما واردات بوکسیت به‌طور چشمگیری بیشتر از واردات آلومیناست. این نتایج نشان می‌دهد که ترجیح کشورهای پیشرو در این صنعت، بر ایجاد زیرساخت پالایشگاهی آلومینا (ریفاینری) در کنار توسعه صنعت آلومینیوم بوده است. تأمین آلومینا از طریق واردات، تنها تر شمش آلومینیوم با بوکسیت و نزوئلا از راهکارهای مطلوب در کوتاه‌مدت و نامطلوب در بلندمدت هستند. راهکارهایی مانند بهره‌برداری و راه‌اندازی معدن بوکسیت گینه، تولید آلومینا از بوکسیت کم‌عیار، تولید آلومینا از آلونیت و نفلین سینیت، عملیات اکتشافی عمیق و کشف ذخایر جدید به‌عنوان راهکارهای بلندمدت مؤثر در این حوزه است.

صنعت آلومینیوم یکی از صنایع مهم در کشور و فلز آلومینیوم یکی از فلزات اساسی در جهان به‌شمار می‌رود. تولید آلومینیوم به‌صورت تجاری برای اولین بار در مقیاس تجاری در سال ۱۸۵۵ میلادی در فرانسه صورت گرفت و رفته‌رفته پس از گذشت سه دهه تکامل یافت. با پیشرفت فناوری ساخت، این فلز به‌عنوان یکی از رقبای اصلی فولاد در بسیاری از صنایع مطرح شد. از نقاط ضعف این صنعت در ایران وابستگی شدید به واردات مواد اولیه، مواد مصرفی و فناوری است. گزارش حاضر بر آن است تا با تمرکز بر آلومینا یا بوکسیت به‌عنوان یکی از مواد اولیه اصلی، راهکارهایی برای فائق آمدن بر تأمین مواد اولیه این صنعت ارائه دهد. بررسی روندهای مؤثر بر آینده آلومینا، مانند میزان عرضه، تقاضا و قیمت، نشان می‌دهد کشور با کمبود عرضه‌ای بین ۱/۲ تا ۲/۶ میلیون تن آلومینا در سال ۱۴۱۰ روبرو خواهد شد. خرید این مقدار ماده اولیه



خلاصه مدیریتی

بخش از موارد ذکر شده، نشان می‌دهد کشور با کمبود عرضه‌ای بین ۱/۲ تا ۲/۶ میلیون تن آلومینا در سال ۱۴۱۰ مواجه خواهد بود. فرایند تولید آلومینیوم خالص تجاری، شامل دو مرحله اصلی است:



لذا برای رفع نیاز مواد اولیه آلومینیوم دو حالت وجود دارد:

الف واردات بوکسیت و افزایش ظرفیت واحدهای پالایشی با توجه به اینکه ظرفیت فعلی واحد تولید آلومینا در کشور کافی نیست.

ب واردات آلومینا

بررسی آمار تجاری کشورهای پیشرو در صنعت آلومینیوم نشان می‌دهد که اکثر کشورها، مسیر اول یعنی واردات بوکسیت و تبدیل آن به آلومینا را انتخاب کرده‌اند. به این دلیل که افزایش ظرفیت واحدهای پالایشی در کشور امری زمان‌بر است، راهبردی بلندمدت محسوب می‌شود. بنابراین راهکارهای پیشنهادی در دو دسته راهکارهای بلندمدت و کوتاه‌مدت طبقه‌بندی می‌شود.

صنعت آلومینیوم یکی از صنایع مهم و بزرگ کشور محسوب می‌شود. با پیشرفت فناوری ساخت، این فلز به‌عنوان یکی از رقبای اصلی فولاد در بسیاری از صنایع مطرح شد. تولید آلومینیوم در ایران از سال ۱۳۵۱ با ایجاد شرکت آلومینیوم ایران (ایرالکو) در اراک آغاز و سپس با تأسیس کارخانه آلومینیوم المهدی و هرمزال و مجتمع صنایع آلومینیوم جنوب (سالکو) گسترش یافت. در حال حاضر شرکت آلومینای ایران در جاجرم نیز به تولیدکنندگان آلومینیوم خالص پیوسته است. طبق آمار سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی، میزان تولید آلومینیوم خالص در سال ۱۴۰۰ مجموعاً ۵۶۲ هزار تن بوده است. با احداث دیگر طرح‌های تولید آلومینیوم در کشور (از قبیل آلومینیوم کاوه مسجد سلیمان در خوزستان، فاز توسعه آلومینیوم جاجرم در خراسان شمالی، فاز سوم آلومینیوم المهدی در بندرعباس و توسعه ایرالکو در اراک) مجموع تولید این فلز در کشور به چیزی حدود ۱،۵ میلیون در سال برسد.^[۲] طبق اسناد بالادستی مانند سند چشم‌انداز بیست‌ساله و سند برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت ابلاغی تیرماه ۱۳۹۴ میزان تولید آلومینیوم به ترتیب ۱/۵ و ۱/۲ میلیون تن در سال برنامه‌ریزی شده است. با وجود توسعه این صنعت در ایران، وابستگی شدید به واردات مواد اولیه، مواد مصرفی و فناوری وجود دارد. بررسی مواد اولیه به‌عنوان مهم‌ترین

جدول ۱. خلاصه راهکارهای ارائه شده و پیشنهادهای اجرایی و تقنینی

پیشنهادهای اجرایی و تقنینی	راهکارها
-	تأمین آلومینا از طریق واردات
-	تهاتر شمش آلومینیوم با بوکسیت ونزوئلا
تحقیق و تفحص از ایمیدرو در مورد چرایی عدم بهره‌برداری	بهره‌برداری از معدن بوکسیت گینه و فراوری آن در کشور
فعال‌سازی سفارتخانه‌ها و رایزنی‌های کشور جهت جذب سرمایه خارجی	سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های خارجی به‌منظور تولید پودر آلومینا
حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان یا وارد کردن فناوری	تولید آلومینا از بوکسیت کم‌عیار
تحقیق و تفحص طرح فعلی و چرایی عدم بهره‌برداری تاکنون	تولید آلومینا از نفلین سینیت
حمایت از شرکت‌های دانش‌بنیان یا وارد کردن فناوری	تولید آلومینا از آلونیت
تسریع در واگذاری پهنه‌های اکتشافی از سوی ایمیدرو و سازمان زمین‌شناسی به بخش خصوصی	عملیات اکتشافی عمیق و کشف ذخایر جدید

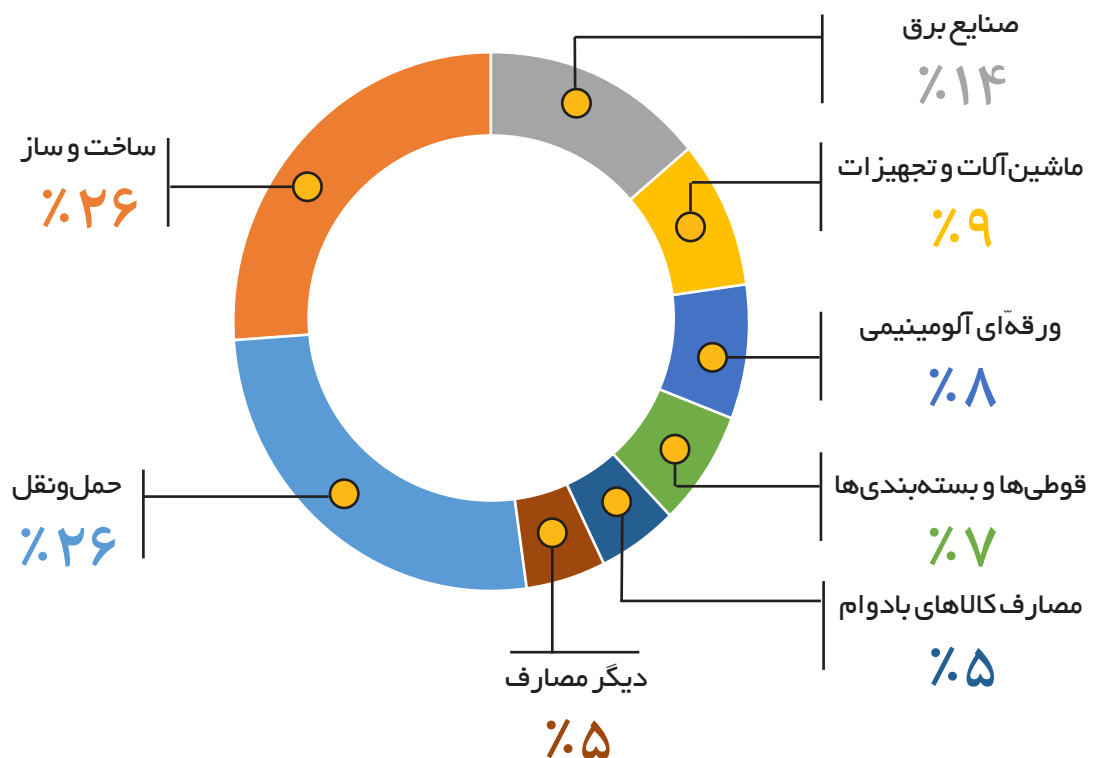
[بخش اول - مقدمات و کلیات]

۱-۱. مقدمه

دارای انرژی تعلق گرفته است. از همان دهه روند تولید شمش خام در کشورهای اروپایی و ژاپن کاهش یافته و در کشورهایمانند برزیل، استرالیا، ونزوئلا، کانادا افزایش یافت. سپس کشورهایمانند چین، هند، روسیه، امارات، بحرین و نروژ به بازیگران اصلی این صنعت پیوستند. با پیشرفت صنعت آلومینیوم به تدریج این فلز به صورت تجاری و با قیمت اقتصادی حدوداً ۲ دلار بر کیلوگرم قابلیت جایگزینی و رقابت با فلزات قدیمی تر مانند آهن پیدا کرده است. امروزه آلومینیوم در بسیاری از صنایع جایگزین خوبی برای آلیاژهای آهنی محسوب می شود. با نگاهی به آمار موارد مصرف آلومینیوم می توان گفت که بخش ساخت و ساز، حمل و نقل و صنایع برق از مهم ترین بخش های تقاضا برای مصرف و به نوعی نیروی محرک بازار آلومینیوم هستند. این بخش ها به ترتیب سهم ۲۶، ۲۶ و ۱۴ درصدی از بازار مصرف را به خود اختصاص داده اند. سهم موارد مختلف از مصرف آلومینیوم در شکل ۱ نشان داده شده است.

آلومینیوم یکی از فلزات اساسی محسوب شده که کاربردهای فراوانی در صنایع مختلف از جمله صنعت ساختمان، خودروسازی، حمل و نقل، صنایع نظامی، دفاعی، بسته بندی، الکترونیک و انتقال برق دارد. تولید آلومینیوم برای اولین بار در مقیاس تجاری در سال ۱۸۵۵ میلادی در فرانسه صورت گرفت. آلومینیوم به دست آمده در این زمان خلوصی کمتر از ۹۵ درصد داشت و هزینه تمام شده آن از طلا بیشتر بود. کشفیات مستقلى که در سال ۱۸۸۶ میلادی هال در آمریکا و هرولت در فرانسه انجام دادند به تولید آلومینیوم با خلوص نسبتاً بالا و با صرفه اقتصادی منجر شد. این پیشرفت ها امروزه مبنای فناوری تولید آلومینیوم قرار گرفته است. صنعت تولید آلومینیوم صنعتی با مصرف انرژی بالاست بنابراین از دهه ۱۹۸۰ به بعد سیاست کلی کشورهای واردکننده انرژی به انتقال واحدهای تولید آلومینیوم به کشورهای

شکل ۱. نمودار بخش بندی بازار مصرف آلومینیوم^[۱]



را نشان می دهد. توضیح اینکه بوکسیت از معدن استخراج شده، در پالایشگاه تبدیل به آلومینا می شود. آلومینای تولید شده سپس در واحد احیا و ذوب آلومینیوم^۱ تبدیل به محصولاتمانند شمش، بیلت و غیره می شود.

۱-۲. زنجیره ارزش آلومینیوم

روش تجاری تولید آلومینیوم شامل دو فرایند اصلی است. تبدیل بوکسیت به آلومینا طی فرایند بایر و تبدیل آلومینا به شمش خالص آلومینیوم طی فرایند هال - هرولت. شکل ۲ زنجیره ارزش آلومینیوم

1. Smelter

۵-۱. تحلیل SWOT از بازار آلومینیوم ایران

شکل ۳. تحلیل SWOT صنعت آلومینیوم ایران



مواد اولیه در زنجیره این محصول وجود دارد. این مسئله تهدیدی جدی برای این صنعت به‌شمار رفته که سرمایه‌گذاری بخش خصوصی و دولتی را در زنجیره تأمین آلومینیوم ضروری می‌سازد. گزارش حاضر به آسیب‌های موجود در حوزه تأمین یکی از مهم‌ترین مواد اولیه تولید آلومینیوم یعنی آلومینا پرداخته است. همچنین راهکارهایی متناسب با زیست بوم این صنعت طبق چشم‌اندازهای کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه شده است.

از مهم‌ترین نقاط ضعف صنعت آلومینیوم کشور وابسته بودن به واردات انواع مواد اولیه، مواد مصرفی و فناوری است. بوکسیت یا آلومینا، پترولیوم کک اسفنجی، کریولیت و فلوریدهای آلومینیوم و کلسیم از مهم‌ترین مواد اولیه و مصرفی وارداتی صنعت آلومینیوم بوده که به تأمین سالیانه ۲۵۰-۲۲۰ میلیون دلار ارز نیاز دارد. بخش زیادی از این نیاز به صورت تهاتر کالا به کالا در قبال صادرات تأمین می‌شود. بنابراین همواره ریسک تولید پایدار و تأمین

[بخش دوم - امکان پذیرایی طرح‌های در دست اجرا و ارائه راهکارهای تأمین آلومینا]

آینده نزدیک فاز نخست این طرح به‌طور کامل اجرا خواهد شد و ۲۰۰,۰۰۰ تن آلومینیوم خالص دیگر وارد مدار تولید کشور خواهد شد. همچنین با توجه به روند افزایش ظرفیت این واحد، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۱۴۱۰ فاز دوم و سوم این واحد نیز توسعه یابد. با احتساب ظرفیت‌های فاز دوم و سوم این واحد ۷۰۰,۰۰۰ تن دیگر آلومینیوم خالص به تولیدات این واحد افزوده خواهد شد تا به افق ۱ میلیون تنی خود برسد. با احتساب به‌کارگیری ۷۰٪ ظرفیت عملی در فاز نهایی تا سال ۱۴۱۰ حدود ۴۹۰,۰۰۰ تن به تولیدات فعلی آلومینیوم کشور اضافه خواهد شد.

ب) آلومینیوم ایران (ایرالکو)

براساس گزارش هلدینگ سرمایه‌گذاری ملی ایران^[۴] میزان تولید شرکت آلومینیوم ایران (ایرالکو) در سال ۱۴۰۰ حدود ۱۷۵,۰۰۰ تن (حدود ۷۰٪ ظرفیت اسمی) پیش‌بینی شده است. با در نظر گرفتن دو طرح توسعه ۱۱۰,۰۰۰ تنی تولید آند آلومینیومی در جاجرم و ۳۰۰,۰۰۰ تنی در خیرآباد استان مرکزی و با توجه به عملکرد شرکت، تا سال ۱۴۱۰ حدود ۲۸۷,۰۰۰ تن در سال افزایش تولید ایجاد خواهد شد.

۱-۲. بررسی روندهای مؤثر بر آلومینا

۱-۱-۲. پیش‌بینی میزان تقاضای آلومینا در کشور

در این بخش میزان تقاضای آلومینا در کشور براساس ظرفیت تولید آلومینیوم در افق ۱۴۱۰ با سه روش پیش‌بینی شده است. در روش اول پیش‌بینی براساس تحلیل بنیادین صنعت آلومینیوم کشور براساس طرح‌های در حال احداث کشور انجام شده است. به این منظور طرح‌های در حال احداث و توسعه فازهای مختلف احصا شده است. در روش دوم اسناد بالادستی مانند سند چشم‌انداز ۲۰ ساله و همچنین برنامه ششم توسعه ملاک محاسبات قرار گرفته است. در روش سوم، روند تولید آلومینیوم در افق ۱۴۱۰ بر مبنای نرخ رشد مرکب سالیانه ده ساله گذشته ارزیابی شده است.

۱-۱-۲. پیش‌بینی براساس طرح‌های در حال احداث

الف) صنایع آلومینیوم جنوب (سالکو)

براساس آمارهای ارائه شده، سهم فعلی سالکواز تولید سالیانه کشور حدود ۱۶۲,۰۰۰ تن برآورد می‌شود.^[۳] براساس برنامه‌ریزی‌های انجام شده تا



حدود ۱,۵۲۹ تن به ظرفیت اسمی و حدود ۹۱۳ تن به ظرفیت عملی تولید آلومینیوم کشور افزوده خواهد شد که در مجموع میزان ظرفیت اسمی و عملی کشور را به ترتیب به ۲,۰۵۴,۷۱۴ و ۱,۴۳۸,۳۰۰ تن در سال خواهد رساند.

۲-۱-۲. پیش‌بینی براساس اسناد بالادستی

براساس سند چشم‌انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ هجری شمسی ابلاغی از سوی مقام معظم رهبری و با هدف دستیابی به رتبه اول منطقه، میزان تولید آلومینیوم در کشور ۱,۵۰۰,۰۰۰ تن در سال هدف گذاری شده است. همچنین براساس سند برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت ابلاغی تیرماه ۱۳۹۴ میزان تولید آلومینیوم ۱,۲۰۰,۰۰۰ تن در سال برنامه‌ریزی شده است.

۳-۱-۲. پیش‌بینی براساس نرخ رشد مرکب سالیانه

براساس اطلاعات به‌دست آمده در بازه بین سال‌های ۱۳۹۰ تا آغاز سال ۱۴۰۰، میزان نرخ رشد مرکب سالیانه تولید آلومینیوم در کشور ۳/۱۱٪ بوده است. بر همین مبنا پیش‌بینی می‌شود میزان ظرفیت عملی تولید آلومینیوم کشور در آغاز سال ۱۴۱۰ برابر با ۷۱۳,۱۲۷ تن در سال باشد.

ب آلومینیوم جاجرم

سهام فعلی آلومینیوم جاجرم از تولید آلومینیوم کشور حدود ۲۵,۰۰۰ تن در سال (حدود ۶۲٪ ظرفیت اسمی) است.^{۱۵} با توجه به افق تولید شمش خالص ۱۲۰,۰۰۰ تن در سال در فازهای توسعه دوم و سوم، حدود ۴۹,۴۰۰ تن در سال به ظرفیت عملی آلومینیوم اولیه کشور افزوده خواهد شد.

ت آلومینیوم المهدی - هرمزال

واحدهای آلومینیوم المهدی و هرمزال در بندرعباس هم‌اکنون با ظرفیت عملی ۱۶۳,۰۰۰ تن در سال (حدود ۶۳٪ ظرفیت اسمی) فعال هستند.^{۱۵} با توسعه فاز سوم این واحدها با ظرفیت اسمی ۳۳۰,۰۰۰ تن در سال، ۴۴,۹۰۰ تن به تولید آلومینیوم کشور افزوده خواهد شد.

ث آلومینیوم کاوه خوزستان

براساس پیشرفت فعلی پروژه (۵۸٪) این واحد تا سال ۱۴۰۳ به ظرفیت اسمی ۶۰,۰۰۰ تن در سال^{۱۶} و ظرفیت عملی احتمالی ۴۲,۰۰۰ تن در سال آغاز به تولید شمش و بیلت اولیه خواهد کرد. بنابراین با توجه به برنامه‌های توسعه و طرح‌های در حال احداث اعلام شده از سوی فعالان این صنعت، تا سال ۱۴۱۰

جدول ۲. روند واردات، صادرات، تولید، مصرف و پیش‌بینی صنعت آلومینیوم کشور [۷]، [۸]، [۹] و [۱۰]

سال	واردات (تن)	صادرات (تن)	تولید (تن)	مصرف ظاهری ^۱ (تن)
۱۳۹۰	۱۱۶,۵۷۹	۱۶۶,۹۶۳	۳۲۹,۰۰۰	۲۷۸,۶۱۶
۱۳۹۱	۷۲,۴۱۲	۱۳۲,۴۹۱	۳۳۷,۰۰۰	۲۷۶,۹۲۱
۱۳۹۲	۱۱۳,۹۳۵	۲۰۷,۵۸۲	۳۵۰,۰۰۰	۲۵۶,۳۵۳
۱۳۹۳	۱۱۹,۵۹۱	۱۲۴,۵۹۰	۳۵۴,۴۰۰	۳۴۹,۴۰۱
۱۳۹۴	۸۲,۳۵۷	۱۰۵,۴۶۲	۳۵۳,۲۳۲	۳۳۰,۱۲۷
۱۳۹۵	۸۰,۶۹۴	۱۱۲,۴۴۷	۳۴۱,۲۰۷	۳۰۹,۴۵۴
۱۳۹۶	۱۵۵,۲۹۱	۱۸۹,۷۵۹	۳۳۷,۶۰۸	۳۰۳,۱۴۰
۱۳۹۷	۵۷,۸۸۵	۷۷,۱۳۴	۳۰۱,۰۳۳	۲۸۱,۷۸۴
۱۳۹۸	۷۴,۸۲۹	۹۱,۷۹۶	۲۷۵,۷۱۷	۲۵۸,۷۵۰
۱۳۹۹	۱۳۲,۰۷۳	۱۵۴,۳۱۸	۴۴۶,۸۴۲	۴۲۴,۵۹۷
۱۴۰۰	۱۶۱,۹۷۸	۱۸۹,۲۶۰	۵۶۳,۰۰۰	۴۳۴,۸۳۷

پیش‌بینی میزان تولید کشور در سال ۱۴۱۰

سال هدف	سند / روش محاسبه	ظرفیت عملی ^۲ (تن)	ظرفیت اسمی (تن)
۱۴۱۰	براساس طرح‌های در حال احداث	۱,۴۳۸,۳۰۰	۲,۰۵۴,۷۱۴
	براساس اسناد بالادستی	۱,۰۵۰,۰۰۰-۸۴۰,۰۰۰	۱,۲۰۰,۰۰۰-۱,۵۰۰,۰۰۰
	براساس نرخ رشد مرکب ۱۰ ساله	۷۱۳,۱۲۷	۱,۰۱۸,۷۵۳

م = محاسبه شده

ت = تخمین زده شده براساس سایر اطلاعات

پ = پیش‌بینی شده براساس روند اطلاعات

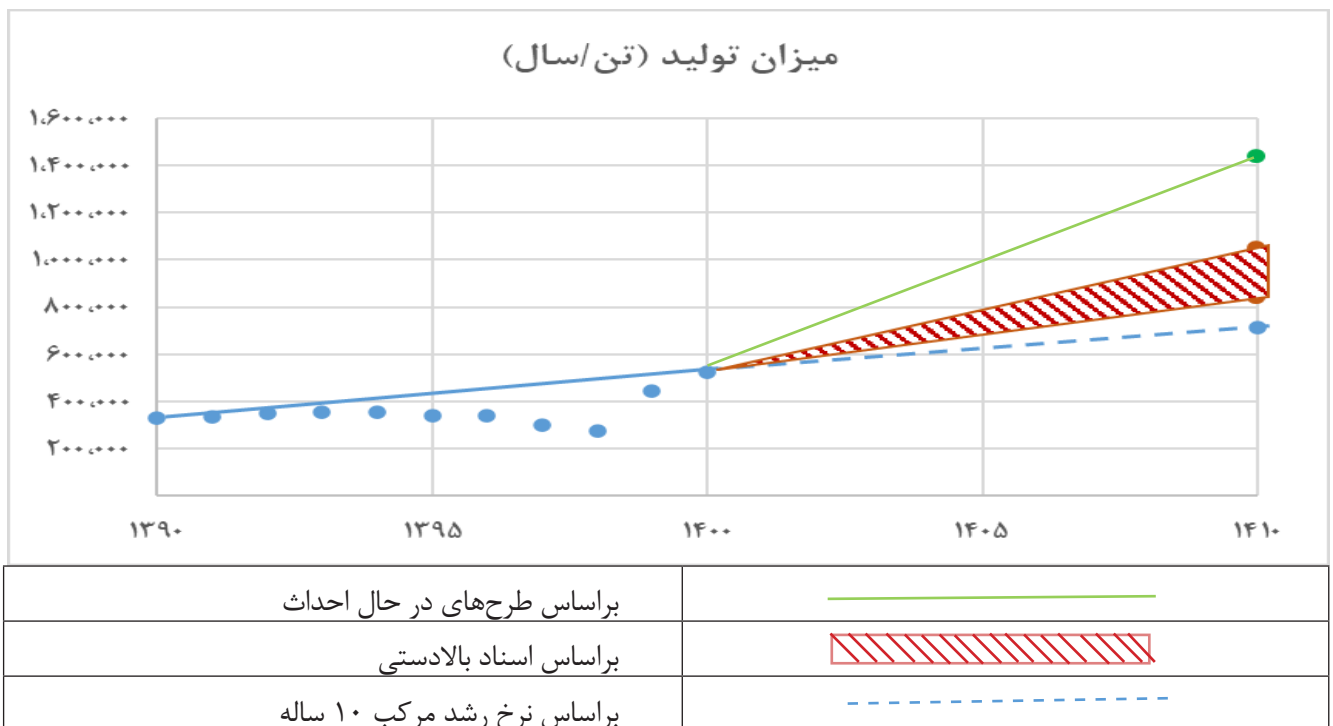
* = براساس وضعیت فعلی تولید آلومینیوم کشور، میزان ظرفیت عملی کشور ۷۰٪ ظرفیت اسمی در نظر گرفته شده است.

۱. به‌رغم اهمیت اندازه‌گیری مصرف، مصرف فلزات در بسیاری از کشورهای دنیا به‌صورت قابل‌اندازه‌گیری نیست و از روش‌های دیگر مثل مصرف ظاهری، مقدار آن محاسبه می‌شود. براساس این روش، تولید هر کشور یا مصرف می‌شود یا در صورت مازاد عرضه صادر می‌شود. همچنین در صورت کمبود کالا در کشور و وجود مازاد تقاضا آن کالا از خارج وارد می‌شود. به همین دلیل اگر تولید صورت گرفته را با واردات جمع کرده و صادرات آن محصول از آن کسر شود، می‌توان با تقریب مناسبی مصرف آن فلز را در کشور محاسبه کرد.

است. این روش پیش‌بینی براساس روند است در حالی که در این صنعت رویدادها نیز نقش تعیین‌کننده دارد. بنابراین رویدادهایی مانند مسائل تحریم، رفع تحریم، استقبال سرمایه‌گذاران خارجی و تصمیمات دولت از جمله رویدادهایی است که می‌تواند بر روند فعلی تأثیرگذار باشد. لذا در گزارش حاضر کل محدوده ممکن، در نظر گرفته شده است.

براساس اطلاعات مندرج در جدول ۱ و محاسبه براساس روش‌های مختلف میزان ظرفیت اسمی آلومینیوم در کشور در افق ۱۴۱۰ بین ۱,۰۱۸,۷۵۳ تا ۲,۰۵۴,۷۱۴ تن در سال پیش‌بینی می‌شود. همچنین میزان ظرفیت عملی در بازه ۷۱۳,۱۲۷ تا ۱,۴۳۸,۳۰۰ تن در سال پیش‌بینی می‌شود. در میزان سناریوهای ممکن پیش‌بینی براساس نرخ رشد مرکب ۱۰ ساله سناریوی محتمل

شکل ۴. نمودار پیش‌بینی روند میزان تولید آلومینیوم کشور در افق ۱۴۱۰



جدول ۲ براساس اطلاعات به‌دست آمده از میزان تولید آلومینا در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ و همچنین برآورد میزان تولید در سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۱۰ طبق شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه با مبدأ زمانی ۱۳۹۰ ارائه شده است.

نرخ رشد مرکب سالیانه بین سال‌های ۱۳۹۰ تا آغاز ۱۴۰۰ برابر ۰/۰۶- درصد بوده است. با این نرخ رشد نزدیک به صفر میزان تولید آلومینا در سال ۱۴۱۰ حدود ۲۳۲,۴۸۰ تن در سال پیش‌بینی می‌شود. علت نوسان مشاهده شده در این آمار را می‌توان در کیفیت ماده معدنی موجود (بیشتر ذخایر موجود در شهرستان جاجرم) یافت.

۲-۱-۲. پیش‌بینی میزان عرضه آلومینا در کشور

ذخایر عمده بوکسیت کشور در منطقه جاجرم واقع شده است. البته ذخایر پراکنده بوکسیت نیز در نقاط گوناگون ایران کشف و به مقدار کمی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. به هر حال این ذخایر حجم زیادی ندارد. بنابراین در صورتی که اکتشافات امیدبخش دیگری در خصوص این ماده معدنی در کشور انجام نشود تنها می‌توان برای ذخایر جاجرم برنامه‌ریزی کرد. با این توضیح طرح‌های تولید آلومینا در کشور نیز نیازمند واردات مواد اولیه بوکسیت است. بنابراین برای پیش‌بینی میزان عرضه آلومینا در کشور، میزان تولید آلومینای جاجرم در نظر گرفته شده است.



جدول ۳. روند تولید آلومینادر کشور^[۱۰]

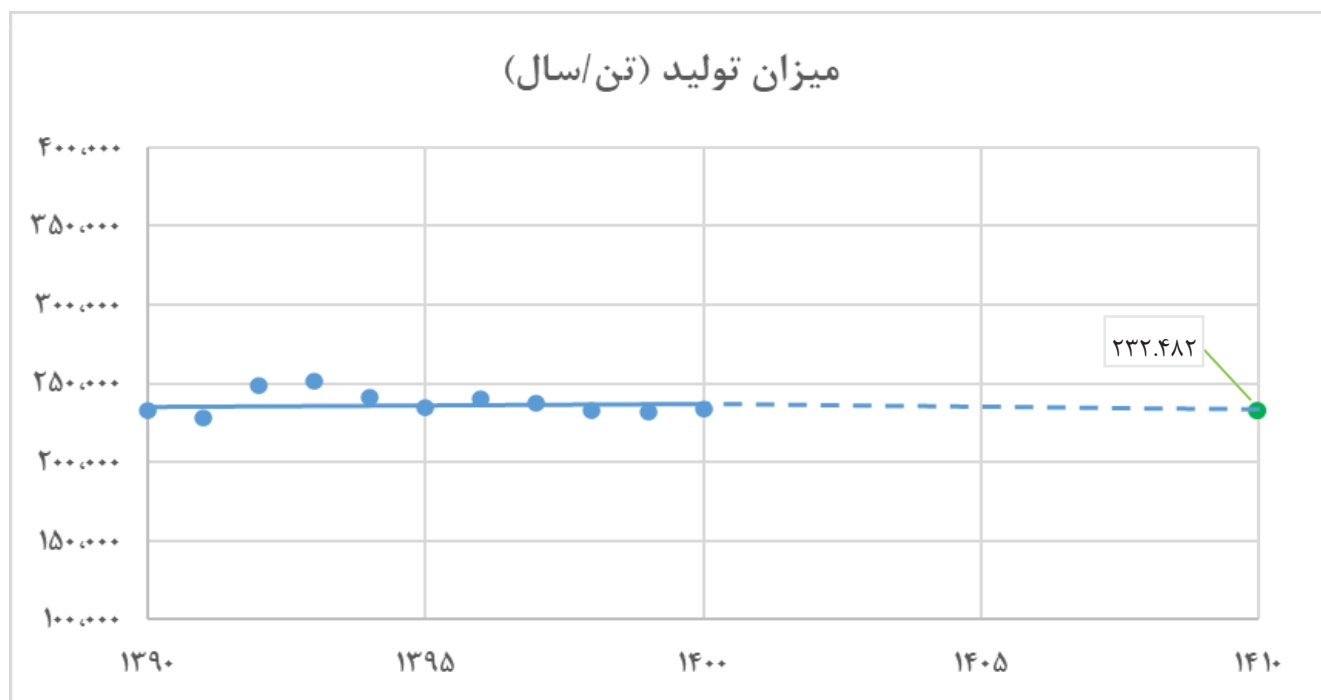
سال	تولید (تن)
۱۳۹۰	۲۳۳,۰۰۰
۱۳۹۱	۲۲۸,۰۰۰
۱۳۹۲	۲۴۸,۵۵۱
۱۳۹۳	۲۵۱,۲۸۵
۱۳۹۴	۲۴۱,۳۶۸
۱۳۹۵	۲۳۵,۰۸۰
۱۳۹۶	۲۴۰,۱۶۷
۱۳۹۷	۲۳۷,۵۶۳
۱۳۹۸	۲۳۳,۲۶۷
۱۳۹۹	۲۳۱,۶۱۲
۱۴۰۰	۳ ۲۳۳,۸۷۴

پیش‌بینی میزان تولید آلومینای کشور در سال ۱۴۱۰

سال هدف	روش محاسبه	میزان تولید (تن)
۱۴۱۰	براساس نرخ رشد مرکب ۱۰ ساله	۳ ۲۳۲,۴۸۰

پ = پیش‌بینی شده براساس روند اطلاعات.

شکل ۵. پیش‌بینی روند میزان تولید آلومینای کشور در افق ۱۴۱۰



براساس نرخ رشد مرکب ۱۰ ساله

(USGS) قیمت پودر آلومینای وارد شده به آمریکا طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ بین ۳۶۲ تا ۵۹۲ دلار/تن در نوسان بوده است. با وجود تغییرات غیر یکنواخت قیمت آلومینا در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹، در بازه مدت یازده ساله، تقریباً قیمت ثابت بوده است. میانگین عددی قیمت آلومینا در این سال‌ها برابر با ۴۱۸ دلار/تن است.^[۱۱]

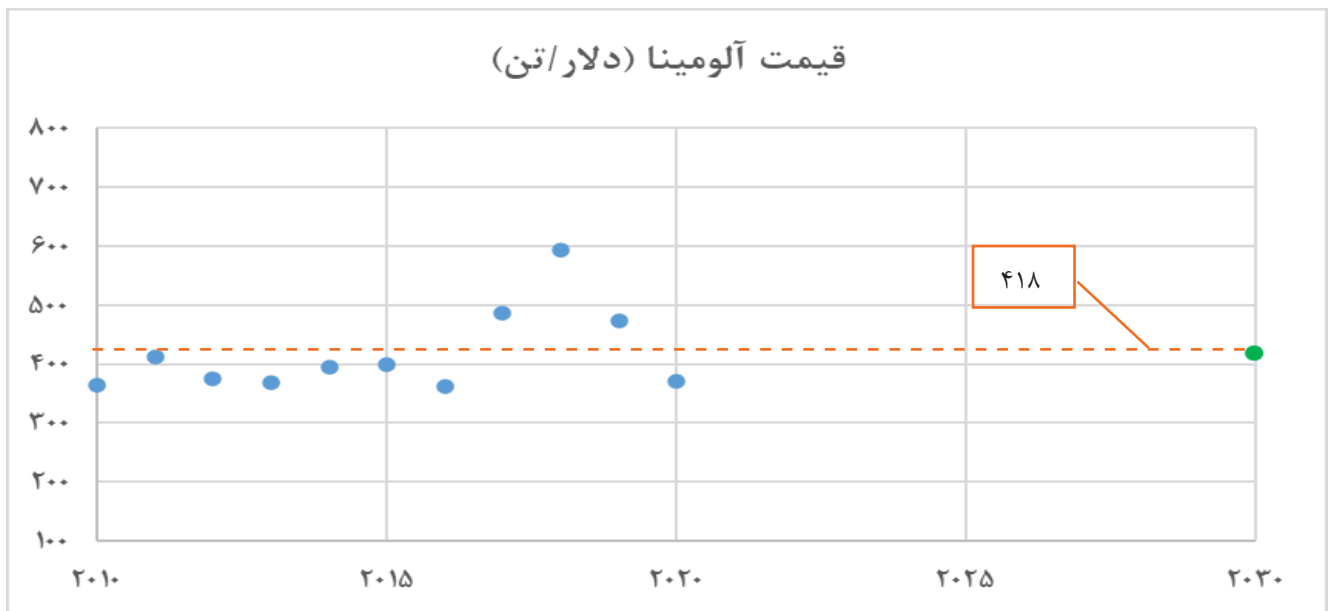
با توجه به توازن میزان عرضه و تقاضای آلومینا در دنیا به نظر می‌رسد این روند قیمتی در درازمدت از تغییرات ناگهانی ماندگار مصون خواهد ماند.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد در سال ۱۴۱۰ میزان تولید آلومینیوم کشور بین ۷۱۳،۱۲۷ تا ۱،۴۳۸،۳۰۰ تن در سال خواهد بود. با در نظر گرفتن اندیس مصرف ۲ برابری برای آلومینا در آن سال به حدود ۱،۴۲۶،۲۵۴ تا ۲،۸۷۶،۶۰۰ تن آلومینا در کشور نیاز است. بنابراین در سال ۱۴۱۰ حدود ۱،۱۹۳،۷۷۴ تا ۲،۶۴۴،۱۲۰ تن کمبود عرضه برای آلومینا در کشور وجود خواهد داشت.

۳-۱-۲. پیش‌بینی روند قیمت آلومینا

براساس گزارش‌های سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا

شکل ۶. نمودار تاریخچه و پیش‌بینی قیمت آلومینا در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰



خط میانگین عددی

خواهد کرد.

۲-۲-۲. بررسی چالش‌های تأمین آلومینا

۲-۲-۱. چالش تأمین ارز

۲-۲-۲. چالش‌های ناشی از ریسک‌های محیطی
طبق گزارش مؤسسه فیچ سولوشنز^۱ از ریسک کشور ایران که با نگاه به افق ۱۰ ساله ۲۰۳۰ در فصل سوم ۲۰۲۱ منتشر شده است، تجارت محدود به دلیل تحریم‌ها و سیستم بانکی شکننده جهت تأمین مالی را دو مورد از ریسک‌های فضای اقتصادی ایران بر شمرده است. بنابراین با فرض اینکه شرایط تجاری کشور ایران تغییر عمده‌ای نداشته باشد چالش‌های ذکر شده می‌تواند چشم‌انداز پیش‌بینی شده برای صنعت آلومینیوم ایران را تحت تأثیر قرار دهد.

براساس آمار و پیش‌بینی‌های ارائه شده، در سال ۱۴۱۰ برای تولید ۷۱۳،۱۲۷ تا ۱،۴۳۸،۳۰۰ تن آلومینیوم در ایران، نیازمند به واردات ۱،۱۹۳،۷۷۴ تا ۲،۶۴۴،۱۲۰ تن آلومینا در سال است. با توجه به ثبات قیمتی آلومینا در بلندمدت، نیاز به ۵۰۰،۰۰۰،۰۰۰ تا ۱،۱۰۰،۰۰۰،۰۰۰ دلار در سال است. با نگاه به آمار ۱۰ سال گذشته میانگین سهم صادرات آلومینیوم حدود ۱۱ درصد از کل میزان تولید آلومینیوم در کشور خواهد بود (جدول ۱). بنابراین ارزش حاصل از صادرات آلومینیوم تنها بخش کوچکی از این نیاز ارزی را تأمین

۱. در استفاده از شاخص نرخ رشد مرکب سالیانه با بازه ۱۰ ساله، نوسانات کوچک مثلاً یک یا دو ساله در نظر گرفته نمی‌شود. از آنجایی که صنایع آلومینیوم با اهداف بلندمدت برنامه‌ریزی می‌شوند به نظر می‌رسد، عدد ۴۱۸ دلار عدد قابل اتکایی است.



۲-۲-۲. چالش صرفه اقتصادی

وجود تحریم‌ها هزینه واردات مواد اولیه و حمل و نقل را بیشتر از حالت معمول کرده است. با توجه به اینکه فلز آلومینیوم در بورس‌های جهانی مانند بورس فلزات لندن قیمت گذاری می‌شود، در شرایطی که قیمت جهانی شمش کاهش پیدا می‌کند، تولید و صادرات شمش آلومینیوم صرفه اقتصادی ندارد. در این شرایط تولیدکنندگان آلومینیوم اولیه در ایران ناچارند صرفاً به جهت تأمین ارز برای واردات مواد اولیه اقدام به صادرات محصولات خود کنند. در مقاطعی از سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ قیمت جهانی آلومینیوم به زیر ۱۵۰۰ دلار/تن رسید که در این شرایط، صادرات محصول نهایی با حاشیه سود بسیار کم و حتی گاهی همراه با

زیان خواهد بود.

۲-۲-۳. بررسی ابعاد مختلف راه‌حل‌های موجود تأمین آلومینا

پیش از پرداختن به ارائه راهکارهای تأمین آلومینا به یک سؤال اساسی پاسخ داده خواهد شد که کشورهای پیشرو در صنعت آلومینیوم، برای تأمین ماده اولیه عموماً واردکننده بوکسیت هستند یا آلومینا؟ برای پاسخ به این پرسش ۱۰ کشور بزرگ تولیدکننده آلومینیوم که مجموعاً بیش از ۸۶ درصد از آلومینیوم جهان را تأمین می‌کنند، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جدول ۳ براساس آمار واردات و صادرات بوکسیت و آلومینا در سال ۲۰۲۱ به دست آمده است.

جدول ۴. میزان واردات، صادرات و تراز تجاری مواد اولیه صنعت آلومینیوم کشورهای پیشرو^(۱۲)

ردیف	نام کشور	تولید (هزار تن)	بوکسیت (هزار تن)			آلومینا (هزار تن)	
			واردات	صادرات	تراز تجاری	واردات	صادرات
۱	چین	۳۹,۰۰۰	۹۸,۶۸۲	۳۰	(۹۸,۶۵۱)	۱۱۵	(۲,۹۵۵)
۲	هند	۳,۹۰۰	۳,۰۹۰	۳۹۹	(۲,۶۹۰)	۱,۴۶۷	(۱,۰۴۷)
۳	روسیه	۳,۷۰۰	۱۶	۰/۷	(۱۵)	۰/۵	(۴,۷۴۵)
۴	کانادا	۳,۱۰۰	۳,۶۸۸	۲۰۱	(۳,۴۸۷)	۳۴	(۴,۶۶۰)
۵	امارات	۲,۶۰۰	۱/۲	۰/۳	(۰/۹)	۰/۲	(۱,۰۷۰)
۶	استرالیا	۱,۶۰۰	۵	۳۶,۴۷۸	۳۶,۴۷۲	۵	۱۷,۹۹۸
۷	بحرین	۱,۵۰۰	-	-	-	۶۱	(۴۲۶)
۸	نروژ	۱,۴۰۰	-	-	۰	۳۲	(۲,۷۵۱)
۹	آمریکا	۸۸۰	۴,۰۵۱	۱۰	(۴,۰۴۰)	۱۰۷	(۱,۲۳۰)
۱۰	ایسلند	۸۸۰	-	-	۰	۰	(۱,۶۲۴)

است که امکان تأمین خوراک واحدهای موجود تولید آلومینیوم کشور را فراهم می‌سازد. راهکارهای بلندمدت روش‌هایی است که برای تأمین خوراک طرح‌های تأسیسی و توسعه‌ای آتی یا در دست اجرا پیشنهاد می‌شود. بنابراین برای دستیابی به چشم‌انداز بلندمدت کشور در حوزه صنایع آلومینیوم اجرای هر دو دسته از راهکارهای پیشنهادی راهگشا خواهد بود.

۲-۳-۱. راهکارهای کوتاه‌مدت

تأمین پودر آلومینا از طریق واردات

یکی از راهکارهای در دسترس و مقبول در کوتاه‌مدت تأمین پودر آلومینا از طریق واردات است. در حال حاضر فقط حدود یک چهارم تقاضای آلومینای کشور از داخل و مابقی از طریق واردات تأمین می‌شود. با توجه به پیش‌بینی افزایش تقاضا تا سال ۱۴۱۰ فقط ۹ تا ۱۶ درصد از نیاز کشور از طریق آلومینای داخلی و مابقی باید از طریق واردات تأمین شود.

براساس اطلاعات جدول ۳ با توجه به تراز تجاری منفی در اکثر کشورهای پیشرو در تولید آلومینیوم، هر دو ماده اولیه بوکسیت و آلومینا به مقادیر زیادی به این کشورها وارد می‌شود. مجموع تراز تجاری بوکسیت و آلومینا برای ۱۰ کشور اول دنیا به ترتیب، ۷۲/۴ و ۲/۵ میلیون تن است. این اعداد و آمار نشان‌دهنده این است که کشورهای پیشرو در صنعت آلومینیوم جهان بیشتر تمایل به وارد کردن بوکسیت نسبت به آلومینا دارند. البته این مسئله می‌تواند نتیجه سیاست‌های تولیدی کشورهای بزرگی مانند چین، عدم توسعه صنایع پالایشگاه آلومینا (تولید پودر آلومینا از بوکسیت) در کشورهای صاحب ذخایر بوکسیت، نفوذ هم‌زمان فناوری تولید آلومینا و آلومینیوم به یک کشور و غیره باشد. بنابراین گرچه واردات آلومینا در دنیا امری رایج است اما کشورهای پیشرو ترجیح داده‌اند که بیشتر واردکننده بوکسیت باشند. راه‌حل‌های موجود در حوزه تأمین آلومینا در کشور شامل راهکارهای کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌شود. راهکارهای کوتاه‌مدت شامل روش‌هایی

1. Refinery

۲-۳-۲. راهکارهای بلندمدت

بهره‌برداری از معدن بوکسیت گینه و فراوری آن در کشور

بر اساس اعلام سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۱۸ مجموع ذخایر قطعی بوکسیت و آلومینا در دنیا حدود ۳۰ میلیارد تن برآورد شده است که بخش عمده آن در کشور گینه قرار دارد. ذخایر بوکسیت و آلومینا در گینه ۷۴۰۰ میلیون تن (معادل ۲۴/۷ درصد از ذخیره کل جهان) تخمین زده شده است. بنابراین بهره‌برداری از این معدن که ایران سهمی از مالکیت آن دارد اجتناب‌ناپذیر است. پیش‌نیاز اصلی اجرای این طرح، اولاً سرمایه‌گذاری اولیه در خصوص ایجاد زیرساخت و بهره‌برداری از معادن گینه و ثانیاً ایجاد ظرفیت پالایشگاه آلومینا در مناطق نزدیک به آب‌های آزاد در کشور است. سرمایه‌گذاری مورد نیاز (سرمایه ثابت + هزینه‌های عملیاتی) برای استخراج بوکسیت، بسته به نوع فناوری و روش، به‌ازای هر تن محصول بین ۳۵-۱۴ دلار (یعنی مثلاً برای ۱۰ میلیون تن بوکسیت حدود ۱۴۰ تا ۳۵۰ میلیون دلار) است. طبق استعلام به‌عمل آمده از شرکت کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران، با توجه به زیرساخت موجود هزینه حمل هر تن بوکسیت حدود ۱۷۰ دلار است. با ایجاد اسکله مناسب، استفاده از جرثقیل‌های شناور و استفاده از کل ظرفیت کشتی‌های بزرگ ۷۰,۰۰۰ تنی در رفت و برگشت این عدد به حدود ۸۵ دلار بر تن برسد. با توجه به اینکه خود ماده معدنی هزینه‌ای را در بر ندارد در حالت بهینه میزان هزینه تمام شده بوکسیت در بندر ایران حدود ۱۰۰ دلار بر تن خواهد بود. با توجه به اینکه برای تولید یک تن آلومینا به استفاده از ۲ تن بوکسیت پرعیار نیاز است، لذا هزینه هر تن ماده اولیه بوکسیت برای تولید یک تن آلومینا حدود ۲۰۰ دلار خواهد بود. با توجه به نرخ نسبتاً پایدار آلومینا در بازه بلندمدت در محدوده ۴۰۰ دلار، استخراج و حمل بوکسیت گینه و پالایش آلومینا و تولید شمش آلومینیوم در شهرهای بندری ایران راهکاری معقول به‌نظر می‌رسد.

یکی از مسائل مورد بررسی، فاصله حمل بار بوکسیت از گینه تا ایران است. این مسئله گرچه از نظر اقتصادی با شرایط فوق‌الذکر به صرفه است اما یک مطالعه تطبیقی در خصوص سایر کشورها می‌تواند تأییدی بر مطلب باشد. برای بررسی اینکه مسافت به صرفه جهت حمل بوکسیت به کشورهای مصرف‌کننده آن چقدر است، میانگین مسافت‌های حمل بوکسیت وارداتی به کشورهای پیشرو در صنعت آلومینیوم طبق آمار سال ۲۰۲۱ میلادی تهیه و در جدول ۵ آمده است.

از آنجایی که براساس معیار متوسط جهانی حدود ۴۵٪ از قیمت تمام شده شمش آلومینیوم مربوط به هزینه آلومیناست، این صنعت در آینده وابستگی زیادی به واردات پیدا خواهد کرد. از سویی واردات این ماده نسبت به تحریم‌ها حساسیت بالایی داشته و تاکنون عمدتاً از طریق تهاتر با شمش آلومینیوم تهیه می‌شده است. لذا تأمین پودر آلومینا از طریق واردات صرفاً به‌عنوان یک راهکار کوتاه‌مدت قابل قبول است. یکی از راهکارهایی که در حال حاضر شرکت‌های تولیدکننده شمش آلومینیوم در کشور پیش گرفته‌اند تهاتر پودر آلومینا با شمش تمام شده آلومینیوم است. این روش اگرچه به‌عنوان یک راهکار فوری مطلوب به‌نظر می‌رسد اما از جهت تأمین و توسعه پایدار این صنعت مناسب نیست. این روش به‌دلیل قیمت‌گذاری مواد اولیه و شمش به‌صورت توافقی عمدتاً باعث کاهش حاشیه سود آلومینیوم‌سازان می‌شود و بخشی از سود به‌دلیل عبور از تحریم‌ها و الزام توافق با طرف‌های خارجی محدود، از بین می‌رود.

تهاتر شمش آلومینیوم با بوکسیت ونزوئلا

معدن بوکسیت ونزوئلا با ذخیره ۳۰۰ میلیون تن ماده معدنی و ظرفیت تولید سالیانه ۵ میلیون تن، یکی از ذخایر مهم جهان به‌شمار می‌رود. در سال‌های اخیر چالش‌های اقتصادی و سیاسی ناشی از تحریم‌های ظالمانه، آسیب‌هایی را متوجه صنعت آلومینیوم این کشور کرده و در نتیجه تولید بوکسیت آن به ۷۵ هزار تن در سال کاهش یافته است. ظرفیتی که ونزوئلا پیش از این جهت صادرات آلومینا ایجاد کرده بود، حدود ۳۲۰ میلیون دلار (معادل حدود یک میلیون تن) بود. این ظرفیت در حال حاضر به دلایلی همچون ناپایداری تأمین برق، فرسودگی تجهیزات و کمبود مواد وارداتی غیرفعال است. از جمله دلایل دیگری که موجب کاهش صادرات محصولات آلومینیومی شده است، کیفیت پایین آلومینای تولیدشده در کارخانجات این کشور است. تا اندازه‌ای که امکان صادرات آن به دیگر کشورها نیز وجود ندارد. سابقاً یک محموله بار آلومینا از ونزوئلا به ایران وارد شده بود که فاقد کیفیت لازم برای تولید آلومینیوم بود. با توجه به اینکه در حال حاضر ونزوئلا امکان استفاده از بوکسیت ندارد، می‌توان بوکسیت را از آن کشور خریداری کرد. با توجه به حجم تجارت ایران با ونزوئلا امکان تهاتر بوکسیت خریداری شده با شمش آلومینیوم، نفت و سایر محصولات نیز فراهم است.

جدول ۵. میانگین مسافت حمل بوکسیت وارداتی به کشورهای پیشرو^(۱۲)

ردیف	نام کشور	سهم از واردات جهانی	میانگین مسافت حمل (km)
۱	چین	۷۰/۸٪	۱۰,۰۰۱
۲	هند	۳/۸٪	۸,۷۰۳
۳	روسیه	۰/۱٪	۴,۴۴۶
۴	کانادا	۱/۸٪	۷,۹۸۰
۵	امارات	۰٪	۳,۷۲۱



ردیف	نام کشور	سهم از واردات جهانی	میانگین مسافت حمل (km)
۶	استرالیا	% ۰	۱,۰۳۶
۷	بحرین	% ۰	۲,۷۲۳
۸	نروژ	% ۰	۴۹۲
۹	آمریکا	% ۳	۶,۳۷۵
۱۰	ایسلند	% ۰	-
۱۱	جهان	% ۱۰۰	۸,۹۰۲

باشند. لذا اقدام‌های لازم در خصوص تحصیل فناوری لازم برای بهره‌برداری و فرآوری از این منابع معدنی ضروری است. حدود ۸۰ درصد از منابع بوکسیت چین کم و متوسط عیار است بنابراین فناوری‌هایی در خصوص فرآوری بوکسیت دیاسپوری کم‌عیار در چین توسعه یافته و تجاری شده است. فناوری‌هایی مانند زینترینگ،^۱ فلوتاسیون-بایر،^۲ روش چندباره^۳ و روش ترکیبی^۴ از روش‌های بهینه‌ای است که صاحبان فناوری در چین توسعه داده‌اند. با توجه به سابقه خوب شرکت‌های دارای فناوری چین در این حوزه امکان احداث واحد فرآوری بر مبنای فناوری‌های موجود راهکار جانبی ایمنی به‌نظر می‌رسد.

تولید پودر آلومینا از نفلین سینیت

نفلین سینیت یک سنگ آذرین پلوتونیک است که از کانی‌های نفلین و فلدسپارهای سدیم و پتاسیم تشکیل شده است. مطالعات زمین‌شناسی حاکی از وجود ذخایر این ماده در آذربایجان خاوری (نفلین سینیت بزگوش در جنوب سراب، نفلین سینیت رزگاه در شمال سراب و نفلین سینیت کلیبر در جنوب کلیبر) در کشور است. حجم این ذخایر احتمالی حدود ۱/۲ میلیارد تن با عیار متوسط ۲۱/۵ درصد آلومیناست. تولید پودر آلومینای متالورژی گرید از سنگ نفلین سینیت یک روش غیر مرسوم در دنیا به‌شمار می‌رود. استحصال آلومینا از نفلین سینیت برای اولین بار در سال ۱۹۵۱ در کارخانه والخوف^۱ در شوروی سابق صورت گرفت. واحدهایی نیز در روسیه امروزی به تولید آلومینا از نفلین سینیت مشغول هستند. کشورهایی مانند کره شمالی، مکزیک و برزیل مطالعاتی در این خصوص انجام داده‌اند. در این روش برای استحصال ۱۰۰ هزار تن آلومینا به حدود ۱/۳ میلیون تن آهک مرغوب نیاز است. همچنین برای همین ظرفیت، حدود ۹۰۰ هزار تا ۱/۵ میلیون تن محصول جانبی سیمان پرتلند ایجاد خواهد شد که یکی از مشکلات عمده این طرح است. با توجه به اینکه کشور ایران در حال حاضر مازاد ظرفیت تولید سیمان داشته و همچنین این ماده به دلیل قیمت پایین قابلیت حمل و نقل زیادی ندارد، عملاً صادرات آن به صرفه نیست. بنابراین محصول جانبی این کارخانه قابلیت فروش جز در بازارهای محلی را ندارد. با توجه به جنبه‌های ذکر شده این راهکار به‌عنوان راهکاری با اولویت پایین مورد نظر بوده و تمرکز و هزینه مدیریتی دستگاه‌های دولتی و اجرایی در این طرح پیشنهاد نمی‌شود.

بیشترین میانگین فاصله حمل مربوط به کشور چین با ۱۰,۰۰۱ کیلومتر است. حدود ۵۱ میلیون تن از کل بوکسیت وارداتی به چین (حدود ۹۸ میلیون تن) از کشور گینه به فاصله دریایی ۲۰,۰۰۰ کیلومتر، وارد می‌شود. میانگین فواصل حمل بار بوکسیت در جهان ۸,۹۰۲ کیلومتر است که البته میانگین موزون آن ۹,۶۹۳ کیلومتر است. فاصله بندر گینه کوناکری تا بنادر چابهار از مسیر دریای مدیترانه حدود ۱۲,۰۰۰ کیلومتر و از مسیر اقیانوس اطلس جنوبی و پایین دماغه قاره آفریقا حدود ۱۴,۰۰۰ کیلومتر است و حمل چنین کالایی در دنیا کاملاً معمول و رایج است. بنابراین با توجه به روند کاهش جهانی مواد اولیه در دسترس و پرعیار، بهره‌برداری از چنین منابعی حائز اهمیت است. نکته قابل توجه اینکه با وجود گذشت حدود سی سال از اعطای حق بهره‌برداری معدن گینه از سوی دولت آن کشور به ایران، به‌جز اقدام‌های مطالعاتی و امکان‌سنجی هیچ اقدامی صورت نگرفته است.

سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های خارجی به منظور تولید پودر آلومینا

یکی از روش‌های پیچیده امروزی، سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های خارجی است. این روش به‌عنوان یک راهکار بهینه اما با ساز و کارهای پیچیده معرفی شده که لازمه آن وجود یک شرکت توانمند داخلی است. در این روش یک سرمایه‌گذاری مشترک بین‌المللی در کشور گینه برای راه‌اندازی پالایشگاه آلومینا در آن کشور صورت خواهد گرفت. خوراک این واحد از معدن بوکسیت دابولا و توگه در کشور گینه تأمین خواهد شد و بخشی از محصول خروجی (آلومینا) به ایران و بخشی به بازارهای جهانی عرضه خواهد شد. شریک ایرانی باید علاوه بر توانایی جذب فناوری، روابط بین‌المللی بالایی داشته باشد. برای اجرای این روش با توجه به سازگاری شرکت‌های موجود با شرایط خاص تحریمی، ظرفیت‌های داخلی از نقاط مثبت و ریسک‌های محیطی از نقاط ضعف محسوب می‌شود. مزایایی که می‌تواند برای شرکای خارجی جذابیت ایجاد کند، هزینه کم انرژی و دسترسی به بازار مصرف ایران است.

تولید آلومینا از بوکسیت کم‌عیار

بوکسیت کم‌عیار بوکسیتی است که میزان محتوای Al_2O_3 آن کمتر از ۵۰ درصد بوده و برای مصارف ساینده و نسوز استفاده می‌شود. براساس آخرین وضعیت حدود ۷۰ میلیون تن ذخایر بوکسیت کم‌عیار (شیلی) در ایران وجود دارد که ممکن است به‌عنوان منابع آلومینا در آینده مطرح

- 1.Sintering Process
- 2.Floatation-Bayer process
- 3.Series Process
- 4.Combined Process

پتاسیم، آلومینا و کوارتز از کانسنگ آلونیت توسعه داده است. در این روش پس از خردایش و پختن، کانسنگ وارد سلول‌های فلوتاسیون می‌شود. در نتیجه ماده خروجی نباید زیر ۶۰ درصد آلونیت داشته باشد. محصول نهایی این فرایند آلومینای مناسب برای تولید فلز آلومینیوم و کوارتز است. بازده تولید آلومینا در این روش ۹۰ درصد است. محصولات ناشی از این فرایند عبارتند از: کود سولفات پتاسیم، نمک طعام، آلومینا، کوارتز و منعقدکننده مورد استفاده در تصفیه آب. لذا تولید سولفوریک اسید که از نظر اکولوژیک بسیار مضر بود را می‌توان حذف کرد.

سولفات پتاسیم یکی از موارد مورد نیاز در صنعت کشاورزی کشور است که به‌عنوان کود شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. طبق آمار سال ۱۳۹۹ میزان واردات این ماده حدود ۵۴ هزار تن به ارزش ۳۱ میلیون دلار بوده است. بنابراین استفاده از روش اخیر جهت تولید آلومینا از خاک آلونیت پتاسیک بسیار حائز اهمیت بوده و علاوه بر رفع نیاز صنعت آلومینیوم کشور به کاهش حجم واردات سولفات پتاسیم نیز کمک می‌کند.

عملیات اکتشافی عمیق و کشف ذخایر جدید

به‌طور کلی ذخیره قطعی، احتمالی و زمین‌شناسی مواد پایه بوکسیت در ایران حدود ۴۸ میلیون تن (۳۸ میلیون تن معدن بوکسیت مجتمع آلومینای ایران در جاجرم و ۱۰ میلیون تن مربوط به سایر معادن) است. این ذخایر نسبت به دنیا مقدار ناچیزی (در حدود ۰/۱۲ درصد) بوده که در مناطق زاگرس، البرز و ایران مرکزی پراکنده شده‌اند. از آنجا که بیشتر کانسارهای بوکسیت به‌صورت لایه‌ای و عموماً در سطح و یا نزدیک به سطح می‌باشند، غالباً به‌صورت روباز استخراج می‌شوند. مهم‌ترین کانسارهای بوکسیت ایران عبارتند از: جاجرم، آبگرم قزوین، سیاه رودبار گرگان، سرچاو بوکان، شاه‌بلاغی دماوند، دهدشت، صدرآباد یزد، شمال یزد و چکچکو یزد هستند. از این میزان ذخایر تنها حدود ۱۰ میلیون تن از ذخیره جاجرم قطعی است و سایر ذخایر احتمالی و زمین‌شناسی محسوب می‌شوند. تاکنون حدود ۲۵ درصد از مناطق مستعد تحت عملیات اکتشافی قرار گرفته‌اند. بنابراین افزایش عملیات اکتشافی در مناطق مذکور، به‌منظور تبدیل بخشی از این ذخایر به ذخایر قطعی اجتناب‌ناپذیر است.

تولید پودر آلومینا از آلونیت

آلونیت از کانی‌های غیربوکسیتی جهت تأمین آلومیناست. روش‌های مختلفی برای فراوری این کانی‌ها ارائه و ثبت اختراع شده اما در مقیاس صنعتی اجرا نشده‌اند. آلونیت به‌عنوان کانی حاوی آلومینیوم در تولید زاج سفید، پتاس آلوم و سولفات آلومینیوم کاربرد داشته است. این موضوع بیش از سه دهه پیش در کشور مطرح و بررسی شده و تنها به‌دلیل تولید گوگرد و به تبع آن سولفوریک اسید در مراحل ابتدایی متوقف شد. ذخایر این ماده معدنی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان و آذربایجان شرقی به میلیاردها تن می‌رسد. در این کانی، ترکیبی میان آلومینیوم و سیلیسیم وجود نداشته که باعث کاهش هزینه‌های تولید آلومینیوم اکسید می‌شود. روش‌های مختلفی برای تولید آلومینا از آلونیت وجود داشته که فرایندهای کلسیناسیون و لیچینگ از مهم‌ترین واحدهای عملیاتی برای جداسازی آلومینا از باطله‌ها هستند. لیچینگ اسیدی بر کانسنگ‌های کم‌عیار با مشکلاتی مواجه است، به‌ویژه زمانی که آلومینا با اکسید آهن ناخالصی‌های موجود در آلونیت آلوده شده باشد. در این موارد سعی بر آن است که کمپلکس‌های ایجاد شده در حین فرایند عاری از آهن باشد.

تنها سابقه تولید صنعتی آلومینا به روش بازبایی از کانسنگ آلونیت، در شهر گنجه جمهوری آذربایجان واقع شده است. این کارخانه که در سال ۱۹۶۰ تأسیس شده است، دارای ظرفیت تولید ۵۶۶ هزار تن آلومینا و ۱۶۵ هزار تن سولفات پتاسیم بود. پس از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی، پایین بودن میزان بازبایی آلومینا و تخریب محیط زیست از طریق انتشار گوگرد، از جمله مهم‌ترین دلایل تعطیلی این کارخانه در سال ۱۹۹۲ بود. مؤسسه وامی روسال که تنها دارنده حق امتیاز این فناوری است. در حال حاضر این واحد با ظرفیت تولید ۲۰۰ تن آلومینا در روز فعال است.

در روش پتاس بازی لانجر تقی‌اف بازده تولید آلومینا حدود ۹۰ درصد است. دوغاب سفید باقی‌مانده از فرایند سیلیسی‌زدایی، برای تولید منعقدکننده^۲ در صنعت تصفیه آب به کار می‌رود. مهم‌ترین مشکل این روش استفاده از مقادیر فراوانی پتاسیم کربنات بوده که یک ماده گران‌قیمت است. شرکت آمریکایی پتاس ریج روش دیگری را به‌منظور تولید سولفات

[جمع‌بندی و نتیجه‌گیری]

وابستگی شدید آن به واردات مواد اولیه از جمله آلومیناست، پیش‌بینی تدابیری جهت رفع این چالش ضروری است. راهکارها در دو دسته کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه شده است. هر یک از این راهکارها در جدول ذیل بررسی شده و مزایا و معایب هر یک به‌طور خلاصه آمده است.

۱. با توجه به روندهای موجود در صنعت آلومینیوم و همچنین اسناد بالادستی تا سال ۱۴۱۰ با کمیود عرضه آلومینا بین ۱/۲ تا ۲/۶ میلیون تن معادل ۵۰۰ تا ۱,۱۰۰ میلیون دلار مواجه خواهیم بود.
۲. با توجه به اینکه از مهم‌ترین نقاط ضعف صنعت آلومینیوم کشور

1. Volkhov
2. Flocculant



جدول ۶. خلاصه راهکارهای ارائه شده و مزایا، فرصت‌ها، محدودیت‌ها و تهدیدهای هر کدام از آنها

اولویت	محدودیت‌ها/ تهدیدها	مزایا/ فرصت‌ها	راهکارهای کوتاه‌مدت
***	- تشدید وابستگی به واردات در آینده - حساسیت به تحریم‌ها - ریسک تأمین پایدار مواد اولیه - کاهش حاشیه سود تولیدکننده	+ محدود نبودن میزان واردات	تأمین آلومینا از طریق واردات
**	- ریسک‌های سیاسی مترتب بر تأمین پایدار مواد اولیه از این کشور	+ عدم امکان فرآوری بوکسیت توسط ونزولا + روابط تجاری مناسب با ونزولا	تهاتر شمش آلومینیوم با بوکسیت ونزولا
اولویت	محدودیت‌ها/ تهدیدها	مزایا/ فرصت‌ها	راهکارهای بلندمدت
****	- نیاز به سرمایه‌گذاری زیرساختی و معدنکاری در گینه - نیاز به تأسیس واحدهای پالایشگاه آلومینا	+ ذخایر بسیار زیاد و پرعیار بوکسیت + اعطای امتیاز حق بهره‌برداری به کشور ایران توسط دولت گینه	بهره‌برداری از معدن بوکسیت گینه و فرآوری آن در کشور
***	- پیچیدگی فرایند مشارکت بین‌المللی - دشواری یافتن شریک تجاری و متقاعدسازی طرف گینه‌ای - وارداتی بودن انرژی در گینه	+ تقسیم ریسک ناشی از تأسیس زیرساخت‌های طولانی‌مدت در گینه + توسعه روابط تجاری با سایر کشورها از طریق فروش آلومینا	سرمایه‌گذاری مشترک با شرکت‌های خارجی به منظور تولید پودر آلومینا
***	- نوپا بودن فناوری در دنیا - نیاز به سرمایه‌گذاری جدید منابع - صرفه اقتصادی کمتر	+ ذخایر نسبتاً زیاد در کشور + وجود فناوری‌های مختلف	تولید آلومینا از بوکسیت کم‌عیار
*	- انحصاری بودن فناوری - ایجاد حجم زیادی سیمان - نیاز به حجم زیاد آهک	+ ذخایر فراوان در کشور	تولید آلومینا از نفلین سینیت
***	- انحصاری و نوپا بودن فناوری در دنیا	+ ذخایر فراوان در کشور + محصول جانبی سولفات پتاسیم	تولید آلومینا از آلونیت
****	- مشکلات اجتماعی و محیط زیستی - نیاز به سرمایه‌گذاری اکتشافی	+ عدم وابستگی به شریک خارجی + قیمت تمام شده حدود یک دهم بوکسیت وارداتی	عملیات اکتشافی عمیق و کشف ذخایر جدید

[منابع و مآخذ]

- [۱] طیبیه، غیرتمند، «نیازهای ارزی صنایع فولاد و آلومینیوم کشور، بررسی ظرفیت‌های کشور برای تأمین مواد نسوز، فروآلیاژ، پودر آلومینا و کک نفتی»، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، تهران، ۱۳۹۹.
- [۲] محمدحسین، پیروی، «بررسی فرایندهای تولید آلومینا از آلونیت»، مرکز همکاری‌های تحول و پیشرفت ریاست جمهوری، تهران، ۱۳۹۹.
- [۳] «روزنامه دنیای اقتصاد»، [متصل]. Available: www.donya-e-eqtasad.com.
- [۴] «هلدینگ سرمایه‌گذاری ملی ایران»، [متصل]. Available: www.nici.ir.
- [۵] «کارگزاری بانک صنعت و معدن»، [متصل]. Available: <https://smbroker.ir>.
- [۶] «وبسایت رسمی شرکت آلومینیوم کاوه خوزستان»، [متصل]. Available: kalco.ir.
- [۷] «British Geological Survey»، [متصل]. Available: www.bgs.ac.uk.
- [۸] «statista GmbH»، [متصل]. Available: www.statista.com.
- [۹] «اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران»، [متصل]. Available: www.tccim.ir.
- [۱۰] «سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو)»، [متصل]. Available: imidro.gov.ir.
- [۱۱] «U.S. Geological Survey»، [متصل]. Available: www.usgs.gov.
- [۱۲] «www.trademap.org»، [متصل]. Available: www.trademap.org.
- [۱۳] «سامانه صبا (صنایع بالادستی ایران)»، [متصل]. Available: infosaba.com.

[14] Metal Bulletin, "Metal Market Magazine," 2021.



مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران (ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وبسایت: rc@majles.ir