



سمپوزیوم فولاد ۹۳

۵ و ۶ اسفندماه ۱۳۹۳
یزد، مجتمع معدنی و صنعتی اردکان



انجمن آهن و فولاد ایران

بررسی پارامترهای فنی و اقتصادی مؤثر بر قیمت تمام شده سنگ آهن در واحد فرآوری

حمید اصفهانی^۱، سارا فیضی^۲، فاطمه رناسی^۳

^{۳،۱} گروه پژوهشی آهن و فولاد ارفع - کارشناس ارشد مهندسی مواد

^۲ گروه پژوهشی آهن و فولاد ارفع - کارشناس ارشد مهندسی معدن استخراج

چکیده

نوسانات هزینه تولید به خصوص قیمت مواد اولیه بر عملکرد یک واحد صنعتی تأثیرگذار است؛ بطوریکه در شرایطی می‌تواند توجیه اقتصادی پروژه را زیر سؤال برده و منجر به تعطیلی کارخانه شود. قیمت سنگ آهن که مهمترین ماده ورودی کارخانه‌های فرآوری و تولید کنسانتره است، به شدت بر فعالیت و توجیه اقتصادی واحد صنعتی مؤثر است. در این پژوهش علاوه بر مطالعه عوامل فنی و اقتصادی اثرگذار بر قیمت تمام شده سنگ در معدن، به بررسی عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده سنگ آهن ورودی به واحد فرآوری که در فاصله دورتری از معدن قرار دارد، پرداخته شده است. قیمت تمام شده یک ماده معدنی وابسته به مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های سالیانه واحد تولیدی و هزینه‌های بالاسری و عمومی است. بررسی نتایج نشان داد که هزینه‌های حمل و نقل بیشترین تأثیر را بر قیمت سنگ در واحد فرآوری در سال‌های اخیر دارد. همچنین حضور واحدهای فعال فرآوری و تولید کنسانتره در منطقه آهن‌دار بر عرضه و تقاضای سنگ آهن و به تبع آن بر قیمت سنگ عرضه شده مؤثر است.

کلمات کلیدی: حمل و نقل، سنگ آهن، قیمت، هزینه تولید.

¹ esfahani@arfa-research.com

مقدمه

قیمت محصولات معدنی که عمدتاً به عنوان مواد اولیه صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، مهم‌ترین عامل مؤثر در تأمین خوراک واحدهای تولیدی است. نوسانات قیمت انواع مواد معدنی و فلزات به دلایل مختلف اعم از تغییرات در شرایط سیاسی و اقتصادی جهانی و تغییرات غیرمنتظره این عوامل طی سال‌های اخیر چشمگیر بوده است که این امر سبب به دست آوردن نتایج متفاوت با مرحله طراحی می‌شود که در برخی موارد نیز موجب تعطیلی واحدهای تولیدی می‌شود. نوسانات قیمت جهانی سنگ آهن طی سال‌های اخیر (نمودار ۱) [۱] که بر صنعت آهن و فولاد تأثیر گذاشته است، را می‌توان از این تغییرات دانست. کاهش ۴۰ درصدی قیمت سنگ آهن در جهان طی سال گذشته، بر صنعت آهن و فولاد ایران نیز تأثیر گذاشته است، بطوریکه سبب تعطیلی بسیاری از معادن سنگ آهن خصوصی کشور به دلیل عدم پوشش هزینه‌ها شده است.

شناسایی عوامل اثرگذار بر قیمت سنگ آهن موضوع روز محافل معدنی و صنعتی می‌باشد. روش‌های مختلفی در قیمت‌گذاری مواد معدنی استفاده می‌شود که از این جمله می‌توان به تعیین قیمت از سوی دولت، قیمت‌گذاری براساس هزینه تولید، تعیین قیمت براساس قیمت جهانی و قیمت‌گذاری براساس هزینه‌های تولید و قیمت محصولات پایین دستی اشاره نمود. تعیین قیمت براساس قیمت‌های جهانی که عمدتاً برحسب عرضه و تقاضای جهانی که تابعی از شرایط سیاسی و اقتصادی جهان است صورت می‌گیرد، سبب بروز مشکلاتی در فعالیت واحدهای کوچک مقیاس در دوره کاهش قیمت‌ها می‌شود زیرا هزینه‌های تولید واحدهای کوچک مقیاس به سبب حجم پایین تولید و روش‌های غیرمکانیزه به کار گرفته شده، بیشتر از میانگین جهانی و یا معادن بزرگ مقیاس است. قیمت‌گذاری از سوی دولت نیز تأثیر مشابهی بر روی پروژه‌های معدنی می‌گذارد. لذا در این مطالعه به تعیین عوامل مؤثر بر هزینه و قیمت تمام شده سنگ آهن به عنوان مهم‌ترین ماده اولیه صنعت فولاد کشور پرداخته می‌شود.

روش تحقیق

در بررسی عوامل فنی و مالی مؤثر بر قیمت تمام شده سنگ آهن مورد نیاز واحدهای مصرف‌کننده اعم از واحدهای فرآوری، کوره بلند و تولیدکننده آهن اسفنجی، انواع هزینه‌های معادن و تولید سنگ و کنسانتره سنگ آهن طبقه‌بندی شده و تأثیر هر یک تشریح شده است. عوامل اثرگذار بر قیمت تمام شده سنگ که پس از تولید اثرگذار هستند نیز بررسی شده است.

نتایج و بحث

بررسی‌ها نشان می‌دهد که قیمت تمام شده مواد معدنی وابسته به مجموع هزینه‌های سالیانه واحد تولیدی و ظرفیت تولید می‌باشد. هزینه‌های سالیانه واحدهای تولیدی مواد معدنی، شامل هزینه استهلاک سرمایه، هزینه‌های جاری و هزینه‌های عمومی و بالاسری می‌باشد. به‌طور کلی، به منظور اعمال تأثیر هزینه‌های سرمایه‌ای یاد شده در تعیین قیمت تمام شده ماده معدنی مورد نظر، هزینه‌های استهلاک سالیانه این هزینه‌ها به همراه هزینه‌های جاری و عمومی سالیانه لحاظ شده و بخشی نیز به صورت هزینه‌های سرمایه‌گذاری سالانه (خرید ماشین‌آلات و تجهیزات جدید و هزینه‌های مربوط به طرح‌های توسعه‌ای) به هزینه‌های پروژه اضافه می‌شود و بر روی قیمت ماده معدنی تأثیر می‌گذارد. در ادامه جزئیات این هزینه‌ها بررسی شده است.

هزینه‌های سرمایه‌ای

هزینه‌های سرمایه‌ای که پیش از بهره‌برداری از پروژه و به منظور دستیابی به جریان سود نقدی انجام می‌شود، در صنعت معدن شامل هزینه تملک بر معدن، هزینه اکتشاف، هزینه خرید ماشین‌آلات بهره‌برداری از معادن و پیش‌فراوری و هزینه احداث جاده می‌باشد که هزینه احداث جاده عموماً جزو هزینه‌های اکتشاف شمرده می‌شود.

هزینه تملک

تملک بر تمام یا بخشی از معدن با توجه به هزینه نسبتاً سنگین آن، نقش قابل توجهی در برآورد هزینه‌های تولید ماده معدنی دارد. تملک بر معدن ثبت شده به دو صورت انجام می‌گیرد؛ در صورتی که محدوده مورد نظر پیش‌تر توسط سایر افراد ثبت شده باشد، مذاکرات با مالک جهت خرید سهم مشخص و یا کل محدوده معدنی صورت می‌پذیرد. در مواردی نیز، محدوده‌هایی در قالب مزایده‌های معدنی استان‌ها ارائه می‌شود که بسته به نوع مالکیت، هزینه‌های تحمیل شده به پروژه نیز متفاوت خواهد بود. لذا هزینه تملک بر معدن تأثیر بسزایی بر قیمت هر تن سنگ آهن به واحدهای مصرف‌کننده خواهد داشت. جریان نقدینگی در یک پروژه معدنی روباز بزرگ مقیاس در نمودار ۲ نشان داده شده است [۲]. همانطور که ملاحظه می‌شود نقطه بازگشت سرمایه بسته به حجم سرمایه‌گذاری، میزان تولید و... چند سال پس از شروع استخراج می‌باشد.

هزینه اکتشاف

سرمایه‌گذاری در بخش اکتشاف کانسارهای سنگ آهن به عنوان اولین قدم در اولین حلقه زنجیره فولاد، نقشی کلیدی در توسعه و دوام این صنعت ایفا می‌کند و هرگونه سیاست و سرمایه‌گذاری در این

عملیات، روند آتی معدنکاری سنگ آهن را تحت الشعاع قرار خواهد داد؛ به طوری که هر گونه خطا در این بخش می تواند اثرات جبران ناپذیری بر روی اقتصاد و حتی حیات و امکان اجرای پروژه داشته باشد. برآورد هزینه های اکتشاف که براساس نوع ماده معدنی و روش اکتشاف متغیر است، براساس تعرفه های اعلام شده از سوی دولت انجام می گیرد. هزینه های یاد شده که بسته به حجم ذخیره و نوع ماده معدنی متغیر می باشد، بخش قابل توجهی از هزینه های سرمایه ای پروژه های معدنی را شامل شده و از موارد تأثیرگذار بر قیمت ماده معدنی می باشد. طبق منحنی نمودار ۲ مدت زمان اکتشاف معدن بزرگ مقیاس بین ۲ تا ۵ سال متغیر است.

هزینه ماشین آلات و تجهیزات

وجود ماشین آلات و تجهیزات معدنی به منظور اجرای عملیات اکتشاف و بهره برداری، یکی از ارکان اصلی اجرای طرح های معدنی به شمار می آید که این تجهیزات با توجه به حجم بالای عملیات و شرایط خاص کاری و منطقه ای در صنعت معدنکاری، جزو تجهیزات گران قیمت شمرده می شوند، به طوری که ماشین آلات معادن سنگ آهن ۵۰ تا ۶۰ درصد کل هزینه های معدنکاری را به خود اختصاص می دهند [۳]. لذا برآورد و تأمین سرمایه مورد نیاز این تجهیزات و ماشین آلات به همراه هزینه تجهیز معدن به تجهیزات مورد نیاز پیش فرآوری مانند خردایش و دانه بندی نقش قابل توجهی را در توجیه اقتصادی، تضمین بقا و سودآوری طرح های معدنی ایفا می کند.

هزینه های جاری

از هزینه های جاری در یک پروژه معدنی می توان به هزینه های پرسنل، تعمیر و نگهداری، هزینه های متفرقه و هزینه های مرتبط با بهره برداری از معدن اشاره نمود. این هزینه ها برحسب هر تن ماده معدنی محاسبه شده و مستقیماً بر روی قیمت تمام شده محصول تأثیر می گذارند.

هزینه پرسنل

علیرغم رواج روش های استخراج مکانیزه معادن در جهان، در کشور ما همچنان نیروی انسانی از فاکتورهای کلیدی در اجرای پروژه های معدنی به شمار می آید. به طوری که تعداد پرسنل رابطه مستقیم با میزان تولید دارد. لذا هزینه پرسنل پروژه های معدنی که بستگی به تعداد شیفت کاری، روش استخراج، تعداد ماشین آلات و به طور کلی مقیاس پروژه دارد، عاملی تأثیرگذار در بازدهی و هزینه های پروژه می باشد.

هزینه تعمیر و نگهداری

هزینه بهره برداری، نگهداری و تعمیر ماشین آلات سهم قابل توجهی از هزینه های اجرایی پروژه های معدنی را به خود اختصاص می دهد؛ به طوری که بی توجهی به شرایط اساسی ماشین آلات و عدم رفع

ایرادات تجهیزات از مهم‌ترین دلایل کاهش عمر مفید ماشین‌آلات می‌باشد. در حالیکه توجه به موارد فوق علاوه بر افزایش عمر ماشین‌آلات، سبب کاهش زمان توقف، افزایش بازیابی و تولید و کاهش نیاز به سرمایه‌گذاری مجدد می‌شود.

هزینه بهره‌برداری

هزینه‌های مرتبط با بهره‌برداری از معادن سنگ آهن شامل هزینه‌های استخراج، حمل و نقل و در مواردی فرآوری و یا پیش‌فرآوری محصول تولیدی است. هزینه‌های استخراج سنگ معدن به عوامل مختلفی اعم از توزیع عیار سنگ، میزان باطله‌برداری مورد نیاز، زیرساخت‌های منطقه، مواد اولیه و انرژی مصرفی و بازیابی استخراج که وابسته به روش تولید هستند بستگی دارد؛ به طوری که تعیین روش استخراج معدن مستقیماً بر روی هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌گذاری پروژه‌های معدنی تأثیر گذاشته و یکی از فاکتورهای کلیدی در بهینه‌سازی هزینه تمام شده سنگ آهن می‌باشد.

میانگین عیار کانسار آهن نیز از فاکتورهای مؤثر بر هزینه‌ها و قیمت سنگ آهن تولیدی می‌باشد؛ زیرا به دلیل تفاوت عیار کانسارهای کشورهای مختلف، هزینه‌های تمام شده سنگ آهن تولیدی این کشورهای نیز متغیر می‌باشد. به طوری که هزینه عملیات در شرکت‌های ریوتینتو، بی‌اچ‌پی، واله و در کشور چین به ترتیب برابر با ۴۸، ۶۲، ۶۵ و ۸۵ دلار بر تن می‌باشد [۴]. همچنین عیار پایین سنگ استخراجی موجب کاهش قیمت سنگ آهن تولیدی از معدن و افزایش هزینه‌های حمل می‌شود؛ زیرا بخشی از هزینه حمل به سنگ‌هایی اختصاص می‌یابد که فاقد ارزش اقتصادی بوده و بازیابی را کاهش می‌دهد. در مقابل، عیار بالای کانسار و سنگ آهن استخراجی از معدن سبب افزایش قیمت فروش سنگ آهن و همچنین عدم نیاز به پیش‌فرآوری می‌شود. تغییرات قیمت انواع سنگ آهن بر حسب عیار در نمودار ۳ آورده شده است [۵]. بخش قابل توجهی از هزینه‌های جاری معدن را هزینه حمل و نقل محصول که شامل هزینه‌های حمل از معدن و یا واحد فرآوری به خطوط ارتباطی اصلی، هزینه حمل در راه‌های اصلی و هزینه‌های بارگیری و تخلیه بار است تشکیل می‌دهد. مقایسه قیمت تمام شده سنگ آهن در جهان نشان می‌دهد که هزینه تمام شده سنگ آهن در ایران بسیار بیشتر از میانگین جهانی است؛ به طوری که این هزینه حتی تا چندین برابر قیمت تمام شده این محصول نیز می‌رسد که دلیل آن را می‌توان ضعف زیرساخت‌های مناسب حمل در کشور دانست. به عنوان مثال هزینه حمل سنگ آهن از برزیل تا چین ۷ دلار بر تن و از ایران حداقل ۱۸ دلار بوده و تا ۳۵ دلار هم می‌رسد [۶]. هزینه حمل جاده‌ای و ریلی سنگ آهن از برخی از مبادی تا بنادر صادراتی کشور در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است [۷، ۶].

همچنین با توجه به اینکه نرخ انواع حمل و نقل عملاً توسط ارائه‌دهندگان این خدمات تعیین می‌شود، هزینه‌های حمل در صنعت معدن تا حد زیادی از عهده معدنکار خارج است؛ لذا تنها راه حل کاهش این

هزینه‌ها، تأمین مواد مورد نیاز از نزدیک‌ترین منابع می‌باشد. هزینه فرآوری نیز عموماً به صورت هزینه پیش‌فرآوری در معدن به صورت مستقیم بر روی قیمت سنگ آهن مورد نیاز واحدهای مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارد. درجه آزادی، نوع و درصد کانی‌های همراه و ناخالصی‌ها، نسبت مگنتیت به هماتیت و موجود بودن مطالعات اولیه مهم‌ترین عوامل مؤثر بر این هزینه شناخته می‌شوند. به طوری که کانی‌های همراه در سنگ آهن سبب پایین آمدن عیار آهن در سنگ می‌شوند و با توجه به اینکه آهن مصرفی در صنعت فولاد بایستی دارای مشخصات معینی از نظر درصد آهن و سایر عناصر موجود در آن باشد، عیار عناصر مضر و مزاحم در آن باید کاهش یابد. لذا نوع و میزان ناخالصی‌ها بر روی روش فرآوری و قیمت سنگ آهن ورودی به واحدهای مصرف‌کننده تأثیر بسزایی دارد. اکسیدهای فسفر، آلومینیوم، گوگرد و تیتانیوم رایج‌ترین ناخالصی‌های موجود در سنگ آهن می‌باشد. تعیین نوع و تعداد مراحل خردایش جهت جدایش آهن و افزایش عیار محصول که از مراحل هزینه‌بر پروژه‌های معدنی می‌باشد نیز وابسته به درجه آزادی کانی موجود در سنگ می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه هزینه‌های پرعیارسازی، بسته به نسبت مگنتیت به هماتیت در ذخیره تغییر می‌کند، این فاکتور تعیین‌کننده هزینه‌های سرمایه‌ای و عملیاتی تولید آهن بوده و از فاکتورهای تعیین‌کننده کیفیت سنگ آهن خروجی از معدن و قیمت‌گذاری آن می‌باشد.

هزینه‌های عمومی و بالاسری

هزینه‌هایی از قبیل هزینه طراحی، هزینه‌های عمومی سایت معدن، سرپرستان و مجریان طرح و سرمایه در گردش نیز وجود دارد که به عنوان هزینه‌های بالاسری شمرده شده و به صورت درصدی از هزینه‌های مستقیم تولید محاسبه و به هزینه‌های پروژه افزوده می‌شود. هزینه‌های عمومی پروژه‌های تولید سنگ آهن نیز شامل بهره مالکانه، حقوق دولتی، مالیات و هزینه فروش می‌باشد که مستقیماً بر روی هزینه‌های تولید هر تن ماده معدنی تأثیر گذارند. مفهوم بهره مالکانه در صنعت معدنکاری مبلغی است که بهره‌بردار معدن به ازای هر تن سنگ استخراج شده، بابت حق انتفاع پروانه بهره‌برداری به صاحب پروانه پرداخت می‌نماید. لذا در صورت تملک معدن، فاکتور بهره مالکانه که ۳۰ درصد مبلغ فروش محصولات آهنی تعیین شده است، بر هزینه‌های تمام شده سنگ آهن ورودی واحدهای تولیدکننده آهن تأثیرگذارتر خواهد بود. تأثیر سیاست فوق بر روی معادن متوسط و کوچک مقیاس سنگ آهن چشمگیرتر خواهد بود. حقوق دولتی نیز درصدی از درآمد حاصل از استخراج هر واحد از ماده معدنی برحسب محل و موقعیت معدن، شرایط و موقعیت منطقه، میزان و نوع کانه‌آرایی، وضعیت ذخیره معدنی و روش استخراج است که توسط بهره‌بردار به دولت پرداخت می‌شود. میزان این فاکتور در معادن سنگ آهن در سال ۱۳۹۲ بر مبنای ۵۰ درصد قیمت پایه ابلاغی این سال تعیین شده بود که میزان قابل توجهی می‌باشد. لذا حقوق دولتی و تغییرات آن با افزوده شدن بر هزینه تمام شده ماده معدنی، تأثیر مستقیم بر روند فعلی فعالیت‌ها و

بررسی پارامترهای فنی و ... ----- ۴۱

برنامه‌های آتی تولیدکنندگان آهن داشته و نیز بر روی هزینه‌های پروژه‌های معدنی نیز مؤثر می‌باشد. قیمت پایه حقوق دولتی سنگ آهن مگنتیتی در سال ۱۳۹۲ برای چهار استان مهم آهن دار کشور در جدول ۳ بیان شده است [۶].

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حال حاضر قیمت جهانی و وضعیت عرضه و تقاضا اصلی‌ترین عامل تأثیرگذار بر قیمت فروش سنگ آهن است. در این بین اهمیت قیمت تمام شده این محصول در معادن سنگ آهن ایران در اقتصاد پروژه‌های معدنی غیرقابل چشم‌پوشی است. از بین عوامل مؤثر بر قیمت تمام شده، هزینه‌های حمل و نقل که در ایران بسیار بیشتر از متوسط جهانی است، بیشترین اثر را بر قیمت تمام شده در محل بندر صادرات یا واحدهای مصرف‌کننده دارد که ضعف زیرساخت‌های حمل و نقل جاده‌ای و ریلی در ایران باعث تأثیرپذیری بالای قیمت سنگ آهن از هزینه‌های حمل و نقل می‌شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش مراتب تشکر و قدردانی خود را از گروه پژوهشی آهن و فولاد ارفع به خاطر حمایت مالی و در اختیار گذاشتن آمار و اطلاعات اعلام می‌دارند.

منابع و مراجع

- [1] www.indexmundi.com
- [۲] اصائلو مرتضی، " روش‌های استخراج معادن سطحی"، ۱۳۹۳، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- [3] Samanta B., Sarkar B. and Mukherjee S.K, "Selection of open pit mining equipment by a multi-criteria decision- making process", Trans. Instn min. metal. 2002, (Sect. A: min. Technol,PP A136-A141
- [4] Littlewood N, McTaggart P, "Iron Ore Cost Curve", Credit Suisse, 2013, PP 18
- [۵] مرجع معاملات سنگ آهن ایران
- [۶] سایت معدن ۲۴: www.madan24.com
- [۷] معاونت بهره‌برداری و سیر و حرکت راه آهن

جدول ۱. هزینه حمل جاده‌ای سنگ آهن در تابستان ۱۳۹۳ (هزار ریال بر تن) [۶].

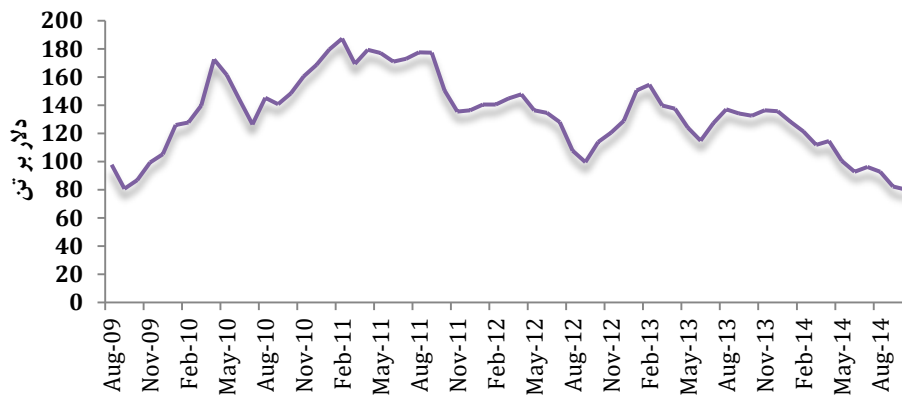
مقصد		مبدا		مقصد		مبدا	
بندر امام	بندر عباس	شهر	استان	بندر امام	بندر عباس	شهر	استان
-	۶۵۰	خواف	خراسان	۳۰۰	۴۵۰	اصفهان	اصفهان
۲۳۰	۴۵۰	همدان	همدان	۶۲۰	۷۵۰	بوئین زهرا	قزوین
۲۸۰	۴۵۰	بیجار	کردستان	۳۹۰	۴۱۰	رضوان شهر	گیلان
-	۵۵۰	خاش	سیستان و بلوچستان	-	۹۰۰	آذرشهر	آذربایجان شرقی
-	۴۷۰	بافق	یزد	۳۸۰	۶۸۰	زنجان	زنجان
۳۵۰	۴۵۰	دلیجان	اراک	۶۵۰	۲۰۰	سیرجان	کرمان

جدول ۲. تعرفه دسترسی و حمل و نقل واگن‌های حمل سنگ آهن [۷].

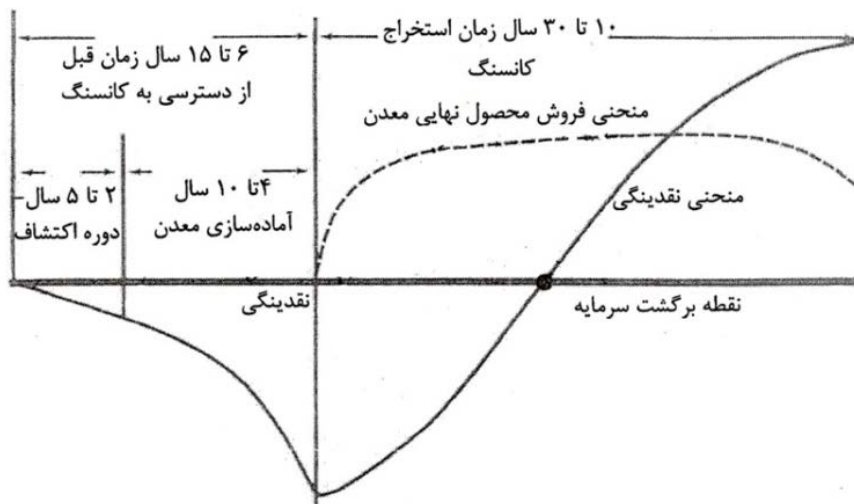
نوع واگن	فشار محوری مجاز در مسیر کامل (تن)	تعرفه دسترسی محور کیلومتر باردار (ریال)	تعرفه دسترسی محور کیلومتر خالی (ریال)
لبه بلند	۲۰	۳۴۴۵/۳	۱۱۴۸/۸
	۲۲/۵	۴۰۷۰/۴	۱۳۵۸/۱

جدول ۳. قیمت پایه حقوق دولتی سنگ آهن در سال ۱۳۹۲ [۶].

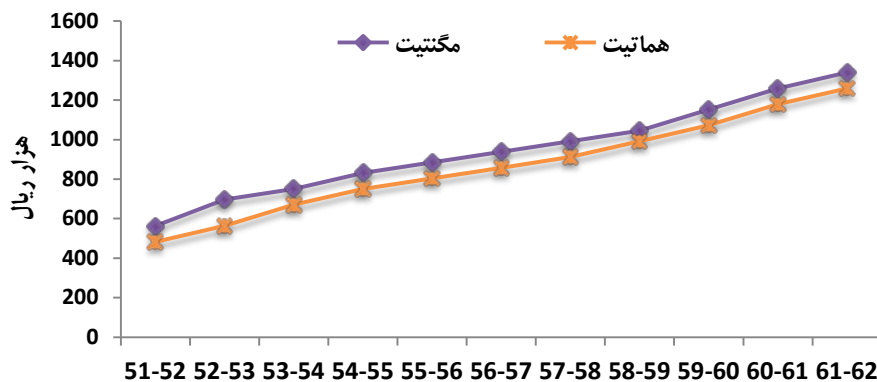
استان	واحد سنجش	کیفیت	قیمت پایه سال ۹۲ (ریال)
خراسان	مگنتیت	عیار تن	۱۸۰۰
کرمان	مگنتیت	عیار تن	۱۸۰۰
زنجان	مگنتیت	عیار تن	۱،۶۰۰
یزد	مگنتیت	عیار تن	۱۸۰۰



نمودار ۱. تغییرات قیمت جهانی سنگ آهن طی ۵ سال گذشته (دلار بر تن) [۱].



نمودار ۲. جریان نقدینگی در یک پروژه معدن روباز بزرگ مقیاس [۲].



عیار

نمودار ۳. قیمت انواع سنگ آهن تولیدی ایران و تحویل در بندرعباس به صورت FOB در آبان ۹۳ [۵].