

بررسی اقتصادی منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۳/۱۸ هـ ش

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۴/۱۷ هـ ش

پوهنمل عبدالکبیر عزیزی^۱
عبدالصور شریفی^۲

چکیده

معدن آهن حاجی گک یکی از مهم ترین ذخایر سنگ آهن افغانستان و منطقه است و ظرفیت قابل توجهی برای توسعه بخشی معدن و صنایع فولاد کشور دارد. هدف این تحقیق، بررسی اقتصادی منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک و ارزیابی امکان پذیری استخراج معیاری آن است. این تحقیق با استفاده از روش تحقیق کمی و بر پایه ای تحلیل اطلاعات کمی جمع آوری شده از گزارش های رسمی، اسناد تخصصی و منابع معتبر علمی انجام شده است. یافته های تحقیق نشان می دهد که معدن حاجی گک دارای بیش از ۲ میلیارد تن ذخیره سنگ آهن با عیار ۶۰ تا ۶۸ درصد بوده و میان گین عیار اقتصادی در محدوده های مورد بررسی حدود ۶۲ تا ۶۳ درصد برآورد شده است. همچنین، وجود منرال های هماتیت و مگنتیت، حجم قابل توجه ذخایر، یکنواختی نسبی عیار و قابلیت استخراج درازمدت، توجیه اقتصادی بهره برداری از این معدن را تقویت می کند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که معدن حاجی گک از ظرفیت بالایی برای جذب سرمایه گذاری، توسعه صنایع فولاد، ایجاد اشتغال و افزایش درآمدهای ملی برخوردار بوده و از دیدگاه اقتصادی، قابلیت استخراج معیاری و بهره برداری پایدار را دارا است. بر این اساس، انجام مطالعات تفصیلی اقتصادی، توسعه زیرساخت ها، شفافیت در قراردادهای مدیریت تخصصی، از الزامات اساسی اجرای موفق این پروژه محسوب می شود.

کلمات کلیدی: استخراج، اقتصاد، تولید، سرمایه، صنعت، معدن، منرالیزیشن.

۱. استاد پوهنهی اقتصاد پوهنتون بلخ: azizi@ba.edu.af

۲. فارغ التحصیل رشته انجیری معدن پوهنتون بلخ: ostadmosawer@gmail.com

۱. مقدمه

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ، وَالصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَى رَسُولِهِ الْأَمِينِ، وَعَلَى آلِهِ وَصَحْبِهِ، وَمَنْ دَعَا بِدَعْوَتِهِ وَجَاهَدَ فِي سَبِيلِهِ إِلَى يَوْمِ الدِّينِ.

منابع معدنی از مهم‌ترین سرمایه‌های طبیعی هر کشور به‌شمار می‌روند و بهره‌برداری اصولی از آن‌ها، نقش مهمی در توسعه اقتصادی، رشد صنعتی، ایجاد اشتغال و افزایش درآمدهای ملی دارد. در این میان، سنگ‌آهن به‌عنوان ماده اولیه صنعت فولاد، از جایگاه ویژه‌ای در توسعه زیرساخت‌ها و تقویت اقتصاد کشورها برخوردار است. از این‌رو، ارزیابی ظرفیت اقتصادی ذخایر آهن، یکی از عوامل اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت پایدار منابع معدنی محسوب می‌شود.

معدن آهن حاجی گک به‌عنوان بزرگ‌ترین و شناخته‌شده‌ترین ذخیره سنگ‌آهن افغانستان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این معدن در بخش شرقی دره حاجی گک ولسوالی شیبیر ولایت بامیان و در حدود ۱۳۰ کیلومتری غرب کابل واقع شده است. تشکیل آن به دوره پرکامبرین اقدیمی‌ترین و طولانی‌ترین دوره زمانی تاریخ زمین‌شناسی^۱ تعلق داشته و از نظر لیتولوژیکی (سنگ‌شناختی) عمدتاً شامل شیست، کوارتزیت و مرمر است. منرال‌های اصلی آن را مگنتیت، هماتیت و سیدریت تشکیل می‌دهند و عناصر همراهی مانند فسفر و نیکل نیز در آن شناسایی شده‌اند. موقعیت مرکزی معدن و حجم قابل توجه ذخایر، آن را به یکی از مهم‌ترین منابع تأمین مواد اولیه صنایع فولاد و توسعه اقتصادی کشور تبدیل کرده است؛ هرچند شرایط کوهستانی منطقه، چالش‌هایی را در زمینه حمل و نقل و بهره‌برداری ایجاد می‌کند (سهاک، ۱۳۹۵). با وجود اهمیت اقتصادی این معدن، ارزیابی جامع ظرفیت اقتصادی منرالیزیشن آن همچنان نیازمند بررسی دقیق است. از این‌رو، تحقیق حاضر با استفاده از روش تحقیق کمی، به بررسی اقتصادی منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک پرداخته تا ظرفیت آن را برای استخراج معیاری، سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری پایدار ارزیابی کند.

۱-۱. بیان مسئله: معدن آهن حاجی گک به‌عنوان بزرگ‌ترین و مهم‌ترین ذخیره

سنگ‌آهن افغانستان، از ظرفیت قابل توجهی برای توسعه بخشی معدن، رشد صنایع فولاد و تقویت اقتصاد ملی برخوردار است. با وجود این ظرفیت، بهره‌برداری معیاری از

این معدن تا کنون تحقق نیافته و این منبع ارزشمند همچنان به گونه‌ای مؤثر در چرخه توسعه اقتصادی کشور قرار نگرفته است. هرچند طی دهه‌های گذشته مطالعات متعددی در زمینه جیولوجی، اکتشاف، منرالیزیشن و برآورد ذخایر معدن انجام شده؛ اما بیشتر این تحقیقات بر ویژگی‌های فنی و جیولوجیکی تمرکز داشته و ارزیابی اقتصادی آن به صورت جامع کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در نتیجه، اطلاعات کافی درباره توجیه اقتصادی استخراج، میزان منفعت بخشی، الزامات سرمایه‌گذاری و امکان بهره‌برداری پایدار از این معدن در دسترس نیست که این امر تصمیم‌گیری برای اجرای پروژه‌های بزرگ معدنی را با محدودیت مواجه ساخته است (جاوید، ۱۳۸۹).

این تحقیق تلاش می‌کند نقش عواملی مانند ویژگی‌های منرالیزیشن، کیفیت ذخایر، شرایط اقتصادی و الزامات سرمایه‌گذاری را در توجیه اقتصادی بهره‌برداری از این معدن بررسی کند. نتایج این تحقیق می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی، جذب سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری پایدار از یکی از مهم‌ترین ذخایر آهن افغانستان فراهم سازد.

۱-۲. سوالات تحقیق

سؤال اصلی: آیا منرالیزیشن معدن آهن حاجی‌گک از دید اقتصادی دارای ظرفیت استخراج، منفعت بخش و معیاری است؟

سوالات فرعی

۱. قیمت جهانی آهن چه نقشی در تعیین ارزش اقتصادی معدن دارد؟
۲. شاخص‌های کلیدی در تحلیل اقتصادی این معدن کدام‌ها اند؟
۳. هزینه‌های استخراج و وضعیت زیر ساخت‌ها چگونه بر منفعت‌دهی پروژه، تأثیر می‌گذارند؟
۴. چه فرصت‌ها و چالش‌هایی در تطبیق پروژه استخراجی این معدن وجود دارد؟

۱-۳. اهمیت و ضرورت تحقیق

اهمیت و ضرورت انجام این تحقیق از چند بُعد؛ یعنی علمی، اقتصادی، اجتماعی و ملی قابل بررسی است. در شرایطی که افغانستان برای رشد و خودکفایی اقتصادی به منابع طبیعی خود اتکا دارد، شناخت دقیق ظرفیت‌های معدنی کشور، به ویژه معادن بزرگ،

یک نیاز حیاتی محسوب می‌شود. در میان این ذخایر، معدن آهن حاجی گک جایگاه ویژه‌ای دارد؛ زیرا از نظر حجم و عیار در ردیف مهم‌ترین ذخایر فلزدار کشور و منطقه قرار دارد. از دید اقتصادی و صنعتی، اهمیت تحقیق در این است که نتایج آن می‌تواند اساس تصمیم‌گیری در زمینه جذب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی را فراهم سازد.

تحلیل اقتصادی معدن حاجی گک کمک می‌کند تا دولت و سکتور خصوصی بتوانند براساس اطلاعات علمی، طرح‌های استخراج و صادرات را برنامه‌ریزی نمایند. از دید اجتماعی، تطبیق پروژه حاجی گک زمینه ایجاد هزاران فرصت شغلی را در ولایت بامیان و سایر مناطق کشور فراهم می‌سازد. افزایش اشتغال نه تنها در بخش استخراج؛ بلکه در بخش‌های حمل و نقل، پروسس، تجارت و خدمات، سبب بهبود سطح معیشت مردم می‌گردد. در نهایت، ضرورت انجام این تحقیق در این است که افغانستان به‌سوی بازسازی اقتصادی و صنعتی حرکت می‌کند و هر تصمیم در بخش معادن باید بر پایه‌ای اطلاعات علمی و تحلیل اقتصادی دقیق اتخاذ شود. «بررسی منرالیزیشن حاجی گک از دید اقتصادی می‌تواند الگویی برای مطالعات آینده در سایر معادن مانند عینک، غوریان و بلخاب نیز باشد» (ذکی، ۱۳۹۴).

۱-۴. اهداف تحقیق

۱-۴-۱. هدف اصلی: بررسی ظرفیت اقتصادی منرالیزیشن موجود در معدن آهن حاجی گک با تمرکز بر سنجش بهره‌وری و امکان استخراج معیاری به منظور تدوین چارچوب علمی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در سکتور استخراج فلزات.

۱-۴-۲. اهداف فرعی: (۱) جمع‌آوری و تحلیل معلومات جیولوجیکی و اکتشافی ثبت‌شده در مورد ساحة معدن حاجی گک؛ (۲) شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی مرتبط با پروژه‌های استخراجی در معدن فلزدار؛ هزینه، قیمت، منفعت، نرخ برگشت سرمایه؛ (۳) ارزیابی ابتدایی ارزش اقتصادی فلزات موجود در ساحة با در نظر گرفتن شرایط بازارهای منطقه‌ای و جهانی؛ و (۴) تحلیل فرصت‌ها و موانع اقتصادی در مسیر تطبیق پروژه استخراج معیاری در ساحة مورد نظر.

۲. پیشینه تحقیق

مطالعات انجام شده درباره معدن آهن حاجی گک، در داخل و خارج از افغانستان، عمدتاً بر ویژگی‌های جیولوجی، منرالیزیشن، برآورد ذخایر و ارزیابی اولیه ظرفیت این معدن متمرکز بوده است. در داخل کشور، نخستین بررسی‌ها در دهه ۱۳۴۰ هجری شمسی توسط اداره سروی جیولوجی افغانستان آغاز شد که شامل سروی‌های مقدماتی، نمونه برداری و تهیه نقشه‌های جیولوجی منطقه بود. در دهه ۱۳۵۰ هجری شمسی، با همکاری اداره سروی جیولوجی افغانستان و متخصصان شوروی، مطالعات تفصیلی‌تری انجام شد که منجر به شناسایی لایه‌های ضخیم منرالیزیشن آهن، برآورد اولیه ذخایر و معرفی ظرفیت اقتصادی بالقوه معدن گردید؛ هرچند ارزیابی جامع اقتصادی آن هنوز انجام نشده بود. پس از سال ۱۳۸۰ هجری شمسی، وزارت معادن و پترولیم افغانستان با بازنگری گزارش‌های پیشین، دیجیتالی‌سازی اطلاعات و به‌روز رسانی برآورد ذخایر، اطلاعات مربوط به حجم ذخایر، عیار سنگ آهن، ویژگی‌های منرالیزیشن و موقعیت جغرافیایی معدن را برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در زمینه قراردادهای استخراج منتشر کرد (وزارت معادن و پترولیم افغانستان، ۱۴۰۴).

در سطح بین‌المللی، معدن آهن حاجی گک از دهه ۱۹۷۰ میلادی، مورد توجه نهادهای علمی و تحقیقی قرار گرفت و مطالعات انجام شده شامل نقشه برداری جیولوجی، بررسی ساختارهای تکتونیکی و ارزیابی منرالیزیشن بود که جایگاه این معدن را به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین ذخایر آهن منطقه تثبیت کرد. در دهه ۲۰۰۰ میلادی، اداره سروی جیولوجی ایالات متحده آمریکا^۱، با جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات جیولوجی، تهیه نقشه‌های تخصصی و برآورد ذخایر، اهمیت اقتصادی و جایگاه منطقه‌ای معدن را مورد بررسی قرار داد (USGS، ۱۴۰۴).

همچنین، برخی تحقیقات داخلی و خارجی به نقش اقتصادی معدن حاجی گک، بازار جهانی سنگ آهن و ظرفیت توسعه صنایع معدنی پرداخته‌اند؛ با این حال، بررسی جامع اقتصادی منرالیزیشن معدن با تأکید بر امکان استخراج معیاری و بهره‌برداری

پایدار، همچنان کمتر مورد توجه قرار گرفته است و همین خلأی علمی، ضرورت انجام تحقیق حاضر را توجیه می‌کند.

جدول ۱: تفاوت اطلاعات میان منابع خارجی و منابع داخلی		
منابع خارجی	منابع داخلی	موضوع
دارد	دارد	حجم دقیق ذخیره
دارد	دارد	تحلیل کیفیت آهن
دارد	ندارد	ارزش اقتصادی
دارد	ندارد	تحلیل بازار جهانی

۳. روش تحقیق

این تحقیق با استفاده از روش تحقیق کمی انجام شده است و بر تحلیل اطلاعات عددی مرتبط با منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک استوار می‌باشد. اطلاعات مورد نیاز از طریق جستجوی منابع علمی و جمع‌آوری اطلاعات از گزارش‌های رسمی، مقالات علمی، کتاب‌های تخصصی و سایر منابع معتبر داخلی و خارجی تهیه گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل حجم ذخایر، عیار سنگ آهن، نوع منرالیزیشن، ویژگی‌های جیولوجیکی، شاخص‌های اقتصادی، هزینه‌های احتمالی استخراج، ظرفیت سرمایه‌گذاری و سایر متغیرهای مؤثر بر بهره‌برداری معدن بوده است. پس از جمع‌آوری، اطلاعات بر اساس اهداف تحقیق طبقه‌بندی، تنظیم و با استفاده از روش‌های تحلیل کمی، توصیفی و مقایسه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت، نتایج حاصل مبنای تحلیل، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها برای تحقیق قرار گرفت.

۴. یافته‌های تحقیق

۴-۱. منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک

برداشت اقتصادی از نوع منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک نشان می‌دهد که ویژگی‌های منرالیزیشن این معدن نقش تعیین‌کننده‌ای در امکان‌پذیری استخراج معیاری و بهره‌وری اقتصادی آن دارد.

تحلیل اطلاعات موجود نشان می‌دهد که منرالیزیشن معدن حاجی گک عمدتاً شامل منرال‌های آهن‌دار مگنتیت و هماتیت است که هردو از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین

منرال‌های آهنی در صنعت معدن‌کاری و فولادسازی جهان محسوب می‌شوند. برداشت اقتصادی از این ترکیب منرالیزیشن نشان می‌دهد که وجود هم زمان این دو نوع منرال، یک مزیت استراتژیک برای معدن حاجی‌گک به‌شمار می‌رود؛ زیرا امکان طراحی استخراج مرحله‌ای و تطبیق‌پذیر با شرایط اقتصادی را فراهم می‌سازد.

هماتیت^۱ به‌عنوان منرال آهنی با عیار بلند، معمولاً دارای محتوای آهن بالاتر از ۶۰ درصد بوده و در بسیاری موارد قابل استفاده در صنایع فولادسازی می‌باشد. برداشت اقتصادی از حضور گسترده هماتیت در معدن حاجی‌گک نشان می‌دهد که در مراحل ابتدایی بهره‌برداری، استخراج این منرال می‌تواند با هزینه کمتر و بازدهی بالاتر انجام شود. این ویژگی سبب می‌گردد که پروژه در مراحل آغازین، زودتر به نقطه سر به سر اقتصادی برسد و سرمایه‌گذاری اولیه در مدت کوتاه‌تری جبران گردد.

از دید اقتصادی، کاهش نیاز به پروسس پیچیده در مورد هماتیت، باعث کاهش هزینه‌های سرمایه‌ای و هزینه‌های عملیاتی می‌شود. این موضوع برای کشوری مانند افغانستان که هنوز زیرساخت‌های صنعتی آن در حال توسعه است، اهمیت ویژه دارد. برداشت حاصل از این وضعیت نشان می‌دهد که معدن حاجی‌گک می‌تواند حتی در شرایط محدودیت‌های تکنیکی نیز وارد فاز استخراج گردد و درآمدزایی نماید.

در کنار هماتیت، حضور گسترده مگنتیت^۲ نیز در منرالیزیشن معدن حاجی‌گک مشاهده می‌شود. مگنتیت اگرچه نسبت به هماتیت به مراحل بیشتر پروسس نیاز دارد، اما از دید اقتصادی دارای ارزش بلند می‌باشد؛ زیرا قابلیت تولید «کنسانتره» (ماده معدنی تغلیظ‌شده) با کیفیت بالا را دارا است. برداشت اقتصادی از وجود مگنتیت نشان می‌دهد که این منرال، پایه‌ای اصلی تولید پایدار و درازمدت در معدن حاجی‌گک محسوب می‌شود و امکان برنامه‌ریزی اقتصادی در مقیاس بزرگ را فراهم می‌سازد.

همچنین، بررسی عناصر همراه در منرالیزیشن معدن حاجی‌گک نشان می‌دهد که مقادیر عناصر مزاحم مانند فسفر و سلفر در حدی است که مانع جدی اقتصادی ایجاد نمی‌کند. برداشت اقتصادی از این وضعیت بیانگر آن است که کیفیت منرال آهن موجود با معیارهای بازار جهانی هم‌خوانی داشته و نیاز به تصفیه‌های پرهزینه اضافی ندارد. این

1 Hematite

2 Magnetite

موضوع نقش مهمی در افزایش جذابیت اقتصادی معدن برای سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی ایفا می‌کند.

در نهایت، برداشت اقتصادی از نوع منرالیزیشن معدن حاجی گک نشان می‌دهد که یافته‌های این تحقیق به طور مستقیم به اهداف تحقیق پاسخ می‌دهد. نتایج حاصل تأیید می‌کند که منرالیزیشن موجود در این معدن، زمینه استخراج معیاری، بهره‌وری اقتصادی و توسعه پایدار را فراهم ساخته و معدن حاجی گک را به یکی از مهم‌ترین منابع استراتژیک آهن در کشور تبدیل می‌نماید.

۴-۲. تحلیل عیار و حجم ذخایر آهن معدن حاجی گک از دیدگاه اقتصادی

معدن آهن حاجی گک دارای یکی از بزرگترین ذخایر تثبیت‌شده آهن در منطقه می‌باشد. بر اساس اطلاعات موجود، حجم ذخایر این معدن بیش از دو میلیارد تن برآورد شده است که این مقدار، معدن حاجی گک را در ردیف معادن بی‌نظیر آهن در سطح منطقه و حتی جهان قرار می‌دهد. برداشت اقتصادی از این حجم عظیم ذخایر نشان می‌دهد که پروژه حاجی گک یک پروژه کوتاه‌مدت یا مقطعی نیست؛ بلکه دارای ظرفیت بهره‌برداری درازمدت و پایدار می‌باشد.

از دید اقتصادی، معادنی که دارای ذخایر بی‌نظیر هستند، معمولاً ریسک سرمایه‌گذاری پایین‌تری دارند؛ زیرا طول عمر معدن زیاد بوده و امکان برنامه‌ریزی بلندمدت مالی و تخنیکی در آن فراهم می‌شود. برداشت حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که حجم ذخایر حاجی گک این امکان را ایجاد می‌کند که سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی بزرگ؛ مانند: ایجاد فابریکه‌های پروسس، خطوط انتقال و حتی صنایع فولادسازی، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد.

در کنار حجم ذخایر، عیار آهن نقش بسیار مهمی در تعیین ارزش اقتصادی معدن دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که میانگین عیار آهن در معدن حاجی گک در حدود ۶۲ تا ۶۳ درصد می‌باشد که این مقدار، از دید معیارهای جهانی، عیار بلند محسوب می‌گردد. برداشت اقتصادی از این عیار نشان می‌دهد که معدن حاجی گک در مقایسه با بسیاری از معادن آهن جهان، دارای کیفیت بالاتر بوده و نیاز کمتری به پروسس پیچیده دارد.

عیار بلند آهن به صورت مستقیم باعث کاهش هزینه‌های پروسس و افزایش نرخ بازیابی می‌شود. بر اساس برداشت‌های انجام شده، هرچه عیار ماده معدنی بلندتر باشد، مقدار مواد باطله کمتر بوده و انرژی و هزینه کمتری به مصرف می‌گردد. این ویژگی در معدن حاجی‌گک باعث می‌شود که هزینه‌های عملیاتی در مقایسه با معادن کم‌عیار، پایین‌تر باشد و حاشیه‌ای منفعت پروژه افزایش یابد.

تحلیل توزیع عیار در بخش‌های مختلف معدن نشان می‌دهد که عیار آهن در بسیاری از زون‌ها نسبتاً یک‌نواخت بوده و تغییرات شدید عیار مشاهده نمی‌شود. برداشت اقتصادی از این یک‌نواختی عیار بیانگر آن است که ریسک افت ناگهانی کیفیت در جریان استخراج پایین بوده و امکان پیش‌بینی دقیق تولید وجود دارد. این موضوع برای برنامه‌ریزی اقتصادی و عقد قراردادهای فروش بسیار مهم می‌باشد.

از نظر بازار، تحلیل عیار و حجم ذخایر نشان می‌دهد که معدن حاجی‌گک می‌تواند به عنوان یک منبع مطمئن و پایدار تأمین آهن در منطقه مطرح گردد. برداشت اقتصادی از این موقعیت نشان می‌دهد که امکان عقد قرارداد های درازمدت فروش با صنایع فولادسازی داخلی و خارجی وجود دارد که خود باعث ثبات درآمد و کاهش ریسک بازار می‌شود.

در نهایت، برداشت اقتصادی از تحلیل عیار و حجم ذخایر معدن آهن حاجی‌گک نشان می‌دهد که این معدن از دید اقتصادی دارای توجیه قوی می‌باشد؛ زیرا حجم عظیم ذخایر، عیار بلند، یک‌نواختی نسبی عیار و قابلیت استخراج درازمدت، همگی عواملی هستند که پاسخ مثبت به سؤالات تحقیق داده و اهداف تحقیق را تحقق می‌بخشند.

۳-۴. روش‌های محاسبه ذخیره مواد مفیده

۳-۴-۱. شیوه محاسبه ذخایر: در هنگام ارزیابی ذخایر جیولوجیکی در اعماق

زمین ذخایر سنگ معدنی (Q) و اکثراً ذخایر مواد مفیده (P) در آن‌ها محاسبه می‌گردد. فورمول‌های محاسبه ذخایر قرار ذیل‌اند:

$$p = V \times d \times C \times K$$

$$Q = V \times d$$

$$P = Q \times C \times K$$

P- ذخایر مواد مفیده که به واحداث وزنی محاسبه می‌شود؛ اما در صورتی که مواد مفیده مواد ساختمانی (گل، ریگ و غیره) باشند به واحداث حجمی محاسبه می‌شود.

Q- ذخایر سنگ معدنی (جسم معدنی) که به واحداث وزنی محاسبه می‌شوند؛ در صورتی که ذخایر مواد مفیده در معدن به واحداث وزنی ارائه شوند، این پارامتر اصلاً قابل محاسبه نمی‌باشد.

V- حجم بلاک‌های محاسبوی اجسام معدنی.

d- کتله حجمی (وزن حجمی) سنگ معدنی که در شرایط لابراتواری/آزمایشگاه قابل محاسبه می‌باشد.

C- کمیت متوسط در سنگ معدنی را نشان می‌دهد. این پارامتر نیز در شرایط لابراتواری قابل محاسبه و دریافت می‌باشد. این کمیت برای مواد مفیده مختلف به واحداث مختلف ارائه می‌شود. مثلاً برای فلزات سیاه و رنگه چون: آهن، مس و غیره (معادن ریشه‌ای) به فیصد؛ برای فلزات نجیبه: چون طلا، نقره و غیره (معادن ریشه‌ای) به گرام یا ملی گرام در یک تن سنگ معدنی و برای بعضی مواد مفیده که از معادن پاشان قابل استخراج باشند به گرام در هر متر مکعب مواد پاشان (ریگ) در بر گیرنده آن‌ها، ارایه می‌گردند.

K- ضریب اصلاحی به منظور رفع با کاهش دادن خطاهای تصادفی یا سیستماتیک می‌باشد که در نظر داشت پارامترهای مختلف چون کمبود مدارک برای محاسبه، نوع معدن و غیره مشخص شده و قابل محاسبه می‌باشد. شیوه محاسبه ذخایر به اساس دو اصول عمده؛ یعنی به اساس ترتیب دادن اشکال اجسام مواد مفیده و احجار آن‌ها استوار می‌باشد. تقریباً ۲۰ طریقه محاسبه ذخایر وجود دارد که از آن جمله فقط سه طریقه در پرکتیک امور جیولوجیکی- اکتشافی استعمال وسیع دارند. این سه طریق عبارت از: (۱) طریقه مقاطع؛ (۲) طریقه بلاک‌ها و (۳) طریقه استاتیکی. بقیه شیوه‌ها به خاطر این‌که شیوه جیومتریکی انتخاب اشکال (طریقه مثلث‌ها، چهارضلعی‌ها، طریقه منطقه نزدیک، ایزولاین‌ها و غیره) می‌باشند و یا به خاطر این‌که آن‌ها اساساً از جمله قواعد کمکی بوده و فقط عملیات جداگانه محاسبه ذخایر را تأمین می‌نمایند گسترش وسیعی نیآورده‌اند.

از اینکه طریقه مقاطع برای اجسام معدنی که دارای اشکال نا منظم می باشد، یگانه، بهترین و مناسب ترین طریقه محاسبه ذخایر مواد مفیده می باشد و معدنی که بالای آن کار نموده و گزارش و تحقیق هذا ترتیب شده است (معدن آهن حاجیگک) از جمله معدنی است که جسم معدنی در آن شکل نا منظم دارد. بناءً ذخایر مواد مفیده آن را با استفاده از طریقه مقاطع بررسی و محاسبه شده است.

۴-۳-۲. شیوه مقاطع

ذخایر در هر بلاک به طور جداگانه محاسبه گردیده و بعداً در تمام بلاک ها (به شکل مجموعی) مواد مفیده دریافت می گردند. برای محاسبه حجم بلاک ها بین مقاطع که به فاصله (L) از هم قرار دارند. نظر به شکل و تناسب مساحت های جسم معدنی (S1 و S2) قرار ذیل از فورمول های مناسبت استفاده می گردد. اگر تفاوت مساحت ها کمتر از (10%) باشد، برای محاسبه حجم معدنی از فورمول حجم منشور استفاده می شود.

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times L$$

اگر تفاوت مساحت ها بیشتر از (10%) باشد، برای محاسبه حجم معدنی از فورمول حجم هرم ناقص استفاده می گردد.

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2}}{3} \times L$$

در صورتی که مساحت ها در مقاطع مجاور شکل مشابه ایزومتریکی داشته باشند؛ ولی از نگاه اندازه بیشتر از (40%) فیصد تفاوت داشته باشند، از فورمول اویلسکی استفاده می شود.

$$V = \left(S_1 + S_2 + \frac{a_1 b_2 + a_2 b_1}{2} \right) \times \frac{1}{3}$$

در صورتی که مساحت جسم معدنی دارای شکل مشابه ایزومتریک باشد، از فورمول مخروط استفاده می شود.

$$V = \frac{S}{3} \times L$$

در صورتی که مقطع جسم معدنی شکل کش شده باشد (فانه مانند) از فورمول فانه استفاده می‌شود:

$$V = \frac{S}{2} \times L$$

محاسبه ذخایر در مقاطع $(II-II, I-I)$ اجرا گردیده است. از همه اول‌تر مساحت (S) جسم معدنی هر مقطع جیولوجیکی را توسط روش شبکه‌ها دریافت می‌نماییم. مساحت هر شبکه چهارضلعی را از روی مقیاس **1:5000** که مساوی می‌شود به $S_0 = 625m^2$ تعیین گردیده است. N تعداد خانه‌های که جسم معدنی را نیمه احاطه نموده و M تعداد خانه‌های که جسم را مکمل احاطه نموده‌اند، می‌باشد.

$$S = \left(\frac{N}{2} + M \right) (S_0)$$

حالا مساحت مقطع $(I-I)$ را از فورمول فوق محاسبه می‌نماییم.

$$SI - I = \left\{ \frac{254}{2} + 463 \right\} * 625m^2 = 351875 m^2$$

اکنون مساحت مقطع $(II-II)$ را محاسبه می‌کنیم.

$$SII - II = \left\{ \frac{118}{2} + 425 \right\} * 625m^2 = 302500m^2$$

اکنون مساحت مقطع $(III-III)$ را محاسبه می‌کنیم.

$$SIII - III = \left\{ \frac{160}{2} + 403 \right\} * 625m^2 = 301875m^2$$

حالا حجم جسم معدنی را در بلاک اول دریافت می‌نماییم:

در این قسمت تفاوت فیصدی بین مساحت‌های مقاطع بعد از محاسبه بدست آمده زیاد تر از (10%) فیصد است. پس برای محاسبه حجم هر بلاک از فورمول هرم ناقص استفاده می‌نماییم:

برای این کار لازم است اولاً فاصله بین مقطع ها را از نقشه جیولوجیکی نظر به مقیاس تعیین شده یعنی 1:5000 توسط خط کش اندازه نموده که فاصله بین دو مقطع (I-II) 700 متر می باشد.

حالا حجم هر بلاک را دریافت می داریم:

در بلاک اول

$$V_{I-II} = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2}}{3} \times L$$

$$V_I = \left(\frac{351875 + 302500 + \sqrt{351875 \times 302500}}{3} \right) 700 = 228813618 m^3$$

حالا حجم جسم معدنی را در بلاک دوم دریافت می نمایم:

نظر به نقشه، طول آن مساوی به 500 متر است در این بلاک چون تفاوت کمتر از 10% است؛ بناءً از فرمول حجم منشور استفاده می نمایم:

$$V_{II} = \frac{S_{II} + S_{III}}{2} * L_1$$

$$V_{II} = \left(\frac{302500 + 301875}{2} \right) 500 = 151093750 m^3$$

حالا مجموعه حجم ها را دریافت می نمایم:

$$\sum_{i=1}^2 V_i = V_I + V_{II} = 228813618 + 151093750 = 379907368 m^3$$

اکنون در این قسمت ذخیره سنگ معدنی را ذریعه فورمول ذیل دریافت می داریم:

$$Q = V \times d$$

$$Q = 379907368 m^3 \times 5.7 = 2165471998 ton$$

در این فورمول Q ذخیره سنگ معدنی، V حجم جسم معدنی به m^3 و d عبارت از

$$d = 5.7 \frac{ton}{m^3}$$

وزن حجمی سنگ معدنی که می باشد.

چون مدارک در ساحة مورد مطالعه بسیار اندک است؛ بناءً برای جلوگیری از اشتباه بزرگ ضریب اصلاحی یعنی Q را وضع می‌کنیم و آن را 0.6 در نظر می‌گیریم. حالا ذخیره مواد مفیده آهن را به‌واحد وزنی آن توسط فورمول ذیل دریافت می‌نماییم:

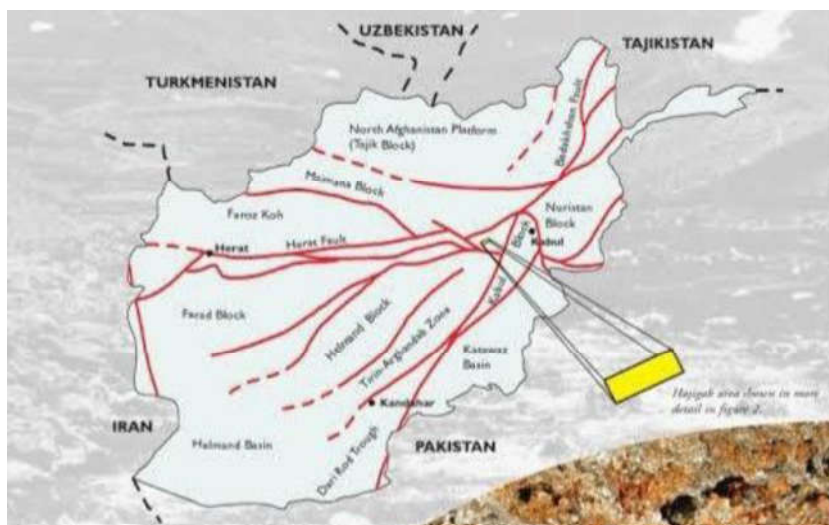
$$P = Q \times C \times K$$

$$P = 2165471998 \times 65\% \times 0.6 = 844534079 \text{ ton}$$

در این فورمول، P ذخیره مواد مفیده (آهن) در قسمت مورد مطالعه، Q ذخیره سنگ‌های معدنی به‌واحد وزنی، C فیصدی مواد مفیده در سنگ‌های معدنی و K عبارت از ضریب اصلاحی می‌باشد که در این جا ضریب اصلاحی 0.6 قبول گردیده است. نرخ سنگ معدنی آهن در سال 2025 مبلغ \$ 123 فی تُن بوده از قرار آن طور ذیل ارزش ذخیره محاسبه می‌گردد.

$$TP = uP \times P = 15129 \times 844534079 \\ = 12776956081191 \text{ AF}$$

شکل ۱: نقشه معدن آهن حاجی گک در قلمرو افغانستان



۴-۴. بخش اقتصادی

ارزیابی اقتصادی معادن عبارت است از تحلیل و سنجش مؤثریت اقتصادی فعالیت‌های اکتشافی و تعیین دورنمای بهره‌برداری از ذخایر معدنی. این ارزیابی یکی از مهم‌ترین مراحل در فرآیند اکتشافات جیولوجیکی و استخراج معادن به شمار می‌رود؛ زیرا از طریق بررسی شاخص‌های اقتصادی و سنجش میزان سودآوری، امکان‌پذیری اقتصادی پروژه‌های معدنی مشخص می‌گردد. نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد که یک معدن از نظر اقتصادی قابلیت بهره‌برداری دارد یا استخراج آن فاقد توجیه اقتصادی است. در شرایط معاصر کشورها دو مشخصه عمده و اساسی را در پلان امورات اکتشافی مورد مطالعه قرار می‌دهند: (۱) افزایش ذخایر مواد مفیده؛ و (۲) محاسبه حجم امور اکتشافی به شکل پولی و ارزیابی مؤثریت آن.

محاسبات اقتصادی شامل بخش‌های ذیل است که ارقام آن از ریاست سروی جیولوجی اخذ شده است:

۴-۴-۱. البسه

البدسه که برای انجینیران و کارگران در نظر گرفته می‌شود محاسبه می‌نماییم در پارتی جیولوجی به تعداد ۱۶ نفر کارمند وجود دارد که سه نفر آن محافظین هستند پس به تعداد ۱۳ جوړه لباس ضرورت می‌باشد طبق ارقام وزارت صنایع و معادن و نرخ بازار فی جوړه البسه به مبلغ ۶۰۰ افغانی در نظر گرفته شده است.

$$600 \times 13 = 7800 \text{ Af}$$

۴-۴-۲. خیمه

برای بود و باش ۱۶ نفر اعضای پارتی جیولوجی به تعداد ۲ عدد خیمه ضرورت است قیمت مجموعی آن از قرار فی عدد ۷۷۰۰ افغانی می‌باشد که مجموع آن مساوی ست به:

$$2 \times 7700 \text{ af} = 15400 \text{ Af}$$

۴-۴-۳. مصارف ترانسپورتی

فاصله از ریاست سروی جیولوجی معادن الی محل کار، ۱۳۰ کیلومتر می‌باشد که مطابق به ارقام ریاست سروی جیولوجی، کرایه فی کیلومتر برای هر نفر ۳ افغانی در نظر گرفته می‌شود:

$$16 \times 3 \times 130 = 6240 \text{ Af}$$

چون مصارف دوطرفه در نظر گرفته می شود پس اعداد بدست آمده را دوچند می نمایم:

$$6240 \times 2 = 12480 \text{ Af}$$

۴-۴-۴. مصارف مواد سوخت دستگاه برمه به منظور انتقال دستگاه

نورم مصرف مواد سوخت موتور دستگاه برمه در ۱۰۰ کیلومتر، ۳۲ لیتر تخمین شده که مصرف مجموعی برمه مساوی است به:

$$100 \text{ Km} = 32 \text{ lit}$$

$$130 \text{ Km} = X \text{ lit} \quad X = 130 \times 32 / 100 = 41.6$$

نظر به این که مقدار مواد سوخت موتور دستگاه برمه، هنگام رفت و برگشت یکسان می باشد، پس مصرف مجموعی مواد سوخت موتور دستگاه برمه دو چند می شود:

$$41.6 \text{ Li} \times 2 = 83.2 \text{ Li}$$

به علاوه، مصرف مواد سوخت خدماتی را به طور اوسط ۱۰۰ لیتر در نظر می گیریم. پس مجموع مواد سوخت عبارت است از:

$$\sum_{i=1}^n 83.2 + 100 = 183.2 \text{ Lit}$$

حالا چون هر لیتر مواد سوخت بنزین ۴۵ افغانی می باشد؛ پس مصرف مواد سوخت قرار ذیل می باشد:

$$183.2 \times 45 \text{ Af} = 8244 \text{ Af}$$

۴-۴-۵. تحکیم کاری

در این پروژه موجودیت کسینگ به خاطر جلوگیری از ریزش دیوارهای چاه و فشار طبقات و نفوذ آب تا عمق ۴۰ متر حتمی می باشد و بعد از آن احجار سخت بوده و احتیاجی به کسینگ نمی باشد. بناءً چون تعداد چاههای ما ۶ حلقه بوده؛ پس قیمت آن قرار ذیل محاسبه میشود: به خاطر تحکیم کاری عقب کسینگ ۲۱ کیلوگرام برای هر متر در نظر گرفته می شود. پس مقدار مجموعی سمنت مساوی است به:

$$40 \times 6 \times 21 = 5040 \text{ Kg}$$

جدول ۲: محاسبات اقتصادی به افغانی					
البسه	خیمه	مصارف ترانسپورتی	مصارف دستگاه برمه	تحکیم کاری	مصارف کلی
7800	15400	12480	8244	30240	74164

هر گاه قیمت فی کیلو سمنت برابر ۶ افغانی باشد پس داریم:

$$5040 \times 6 = 30240 Af$$

محاسبات اقتصادی عمدتاً بر مبنای تورم و آمار و ارقام اخذشده از ریاست سروی جیولوجی معادن، دیپارتمنت‌های مشوره‌دهنده و واحدهای تولیدی اکتشاف جیولوجی صورت گرفته است.

جدول ۳: مزدکارکنان پارتی جیولوجیکی و ضمایم آن (به افغانی)								
ش	شاخص	تعداد	بست	مزد ماهانه	مجموع مزد ماهانه	مجموع مزد ۳ ماه	بیمه صحتی پنج فیصد	سفریه ۱۰۰۰ افغانی
۱	آمر پروژه	1	دوم	148560	78000	3360	67200	22400
۲	سراجیر	1	دوم	148560	78000	3360	67200	22400
۳	انجنیر جیولوج	2	سوم	256800	156000	4800	96000	32000
۴	برمه کار	2	پنجم	213960	156000	2760	55200	184000
۵	کارگر فنی	4	ششم	406500	312000	4500	900000	300000
۶	معاظ	2	هفتم	292590	234000	2790	55800	18600
۷	دریور	2	هفتم	195060	156000	1860	27200	12400
۸	آشپز	1	هشتم	95010	78000	810	16200	5400
۹	مجموع	15	-	1757040	1248000	24240	4848000	-

جدول ۴: نتایج برآورد مصارف معدن آهن حاجی‌گک		
شماره	تفصیلات	مصارف به افغانی
۱	معاشات و ضمایم آن	1757040
۲	مصارف خیمه برای گروه	15400
۳	مصارف البسه برای گروه	7800
۴	افراد مصارف ترانسپورت	12480
۵	دستگاه برمه به منظور انتقال مصارف مواد سوخت	8244
۶	مصارف استهلاك ماشین برمه	103250
۷	مصارف روغنیا	40074
۸	مصارف پل برمه	4179910
۹	مصارف مایع شستشو	129000
۱۰	مصارف تحکیمات	30240
۱۱	مصارف مواد سوخت به منظور برمه کاری	232200
۱۲	مصارف کامیوایی و متفرقه	127855.0
۱۳	قیمت تمام شد پروژه مطروحه	6643493.03

۴-۵. اهمیت منرالیزیشن در اقتصاد معدن

در معدن حاجی گک، منرالیزیشن به صورت لایه‌ای و حجمی شامل سنگ آهن از نوع‌های هماتیت و مگنتیت است. این دو نوع، از با ارزش ترین مواد معدنی برای صنعت فولاد جهان به حساب می‌آیند و حدود ۹۸ درصد آهن جهان از همین دو نوع استخراج می‌شود. بنابراین، شناخت دقیق ترکیب آن‌ها مستقیماً در اقتصاد پروژه نقش دارد.

۴-۵-۱. هماتیت در معدن حاجی گک

الف. مشخصات فیزیکی و کیمیایی: هماتیت یکی از مهم‌ترین مواد معدنی آهن‌دار موجود در معدن حاجی گک است که دارای فورمول کیمیایی Fe_2O_3 بوده و عیار آهن خالص آن به حدود ۷۰ درصد می‌رسد. این ماده معمولاً به رنگ سرخ تا قهوه‌ای مشاهده می‌شود و برخلاف مگنتیت، خاصیت مقناطیسی قابل توجهی ندارد. با این حال، به دلیل عیار نسبتاً بلند و قابلیت استفاده در فرآورده‌های متداول تولید فولاد، از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردار است. عیار هماتیت در ذخایر حاجی گک عموماً بین ۶۲ تا ۶۵ درصد آهن گزارش شده است.

ب. اهمیت صنعتی هماتیت: هماتیت در مقایسه با مگنتیت، در بسیاری از موارد به پروسس ساده‌تر و هزینه کمتری نیاز دارد. این ماده معدنی به دلیل عیار بلند و ویژگی‌های متالورژیکی مناسب، در کوره‌های بلند به راحتی مورد استفاده قرار گرفته و می‌تواند هزینه‌های آماده‌سازی مواد اولیه را کاهش دهد. از این رو، افزایش سهم هماتیت در یک ذخیره معدنی معمولاً موجب بهبود شاخص‌های اقتصادی و افزایش بهره‌وری پروژه می‌شود.

ج. نقش هماتیت در اقتصاد معدن حاجی گک: بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از ذخایر سنگ آهن حاجی گک را هماتیت تشکیل می‌دهد. فراوانی این ماده طبیعی در ساختار ذخیره، زمینه را برای کاهش هزینه‌های پروسس و افزایش میزان کارایی اقتصادی معدن فراهم می‌سازد. همچنین، وجود ذخایر غنی هماتیت می‌تواند ارزش اقتصادی محصول نهایی را افزایش داده و سودآوری پروژه را در مراحل مختلف بهره‌برداری تقویت کند. از این رو، هماتیت یکی از عوامل اصلی توجیه اقتصادی و جذابیت سرمایه‌گذاری در معدن آهن حاجی گک به شمار می‌رود.

۴-۵-۲. مگنتیت در معدن حاجی گک

الف. مشخصات فیزیکی و کیمیایی: مگنتیت یکی از مهم‌ترین منرال‌های آهن‌دار موجود در معدن حاجی گک است که دارای فورمول کیمیایی Fe_3O_4 بوده و عیار آهن خالص آن به حدود ۷۲ درصد می‌رسد. این ماده طبیعی به دلیل خاصیت مقناطیسی قوی، از سایر منرال‌های آهن دار متمایز می‌شود و این ویژگی امکان جداسازی و تغلیظ آن را از طریق روش‌های مقناطیسی تسهیل می‌کند. بررسی‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که مگنتیت در بخش‌های مختلف معدن حاجی گک، به ویژه در نواحی شرقی و شمالی، به وفور یافت می‌شود و بخش مهمی از ذخایر سنگ آهن این معدن را تشکیل می‌دهد.

ب. نقش مگنتیت در اقتصاد معدن حاجی گک: مگنتیت سهم قابل توجهی از ذخایر سنگ آهن حاجی گک را دربر می‌گیرد و از این رو نقش مهمی در توجیه اقتصادی معدن ایفا می‌کند. خاصیت مقناطیسی این منرال امکان بهره‌گیری از روش‌های مؤثر فرآوری و افزایش عیار محصول را فراهم می‌سازد که در نهایت به ارتقای ارزش اقتصادی ذخیره منجر می‌شود. افزون بر این، مگنتیت به دلیل کاربرد گسترده در صنایع فولاد و تقاضای پایدار در بازارهای جهانی، از جایگاه اقتصادی مهمی برخوردار است. وجود ذخایر قابل توجه این ماده طبیعی در حاجی گک، ظرفیت مناسبی برای تولید پایدار مواد اولیه صنایع فولاد و افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری در این معدن فراهم کرده است.

۴-۵-۳. عناصر همراه در معدن حاجی گک و تأثیر اقتصادی آن

بررسی عناصر همراه موجود در ذخایر سنگ آهن حاجی گک از دیدگاه اقتصادی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا این عناصر می‌توانند بر کیفیت محصول نهایی، هزینه‌های پروسس و ارزش اقتصادی معدن تأثیر مستقیم داشته باشند. مهم‌ترین عناصر همراه گزارش شده در این ذخیره عبارت‌اند از:

۱. منگنیز (Mn): حدود ۲ تا ۳ درصد.
۲. فسفر (P): حدود ۰/۰۸ درصد.
۳. سلفر یا گوگرد (S): حدود ۰/۰۵ درصد.

وجود منگنیز در ترکیب سنگ آهن حاجی گک می‌تواند از نظر اقتصادی یک مزیت محسوب شود؛ زیرا منگنیز یکی از عناصر مهم در صنایع فولادسازی است و در صورت استخراج و پروسس مناسب، می‌تواند به عنوان یک محصول جانبی موجب افزایش ارزش افزوده معدن گردد. در مقابل، عناصر نامطلوبی مانند فسفر و گوگرد در فرآیند تولید فولاد تأثیر منفی دارند و افزایش مقدار آن‌ها می‌تواند موجب کاهش کیفیت فولاد و افزایش هزینه‌های فرآوری و ذوب شود. با توجه به پایین بودن نسبی میزان فسفر و گوگرد در ذخایر حاجی گک، نیاز به عملیات پیچیده تصفیه کاهش یافته و شرایط مناسب‌تری برای تولید فولاد با کیفیت فراهم می‌شود. بنابراین، ترکیب مطلوب عناصر همراه در معدن حاجی گک یکی از عوامل مهم در افزایش جذابیت اقتصادی این ذخیره به شمار می‌رود؛ زیرا می‌تواند هزینه‌های استخراج و پروسس را کاهش داده، بهره‌وری تولید را افزایش دهد و مزیت رقابتی بیشتری در بازار جهانی سنگ آهن و فولاد ایجاد کند.

۴-۶. قیمت آهن، بازار جهانی و بهره‌وری

۴-۶-۱. قیمت جهانی آهن بر اساس آخرین اطلاعاتی بازار جهانی

جدول ۵: قیمت جهانی آهن	
سال	قیمت فی تن
2023	\$ 116
2024	\$ 119
2025	\$ 127-122

بنابراین محاسبه اقتصادی پروژه باید با قیمت 120-125 دلار انجام شود.

(World Steel Association. ۲۰۲۵)

جدول ۶: قیمت جهانی آهن	
سال	قیمت فی تن
1980	\$ 12
2000	\$ 29
2010	\$ 180
2020	\$ 100
2021	\$ 235
2023	\$ 116
2025	\$ 128

شکل ۲: نمودار قیمت جهانی آهن



نوسانات قیمت جهانی آهن از سال ۱۹۸۰ الی ۲۰۲۵ (World Bank, 2025)

۴-۶-۲. عرضه و تقاضای جهانی آهن

بازار جهانی آهن و سنگ آهن تحت تأثیر رشد صنایع زیربنایی، توسعه شهرنشینی و افزایش تقاضا برای فولاد قرار دارد. در سال‌های اخیر، نیاز جهانی به سنگ آهن با عیار بلند افزایش یافته است؛ زیرا صنایع فولادسازی به منظور کاهش هزینه‌های تولید و کاهش آلاینده‌های محیط‌زیستی، بیشتر به مواد اولیه باکیفیت نیاز دارند.

الف. افزایش تقاضای جهانی آهن: تقاضای جهانی آهن و فولاد به دلایل مختلف در حال افزایش است، از جمله:

- **رشد صنعت ساختمان در هند:** توسعه شهرها، پروژه‌های زیربنایی و افزایش سرمایه‌گذاری در بخش ساختمان سبب افزایش مصرف فولاد در این کشور شده است.
- **گسترش صنعت فولاد در چین:** چین همچنان یکی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان فولاد جهان است و نیاز آن به سنگ آهن نقش مهمی در بازار جهانی دارد.

- نیاز کشورهای اروپایی به فولاد: توسعه صنایع، پروژه‌های انرژی، زیربنای و برنامه‌های نوسازی صنعتی در اروپا باعث تداوم تقاضا برای فولاد با کیفیت بلند شده است.

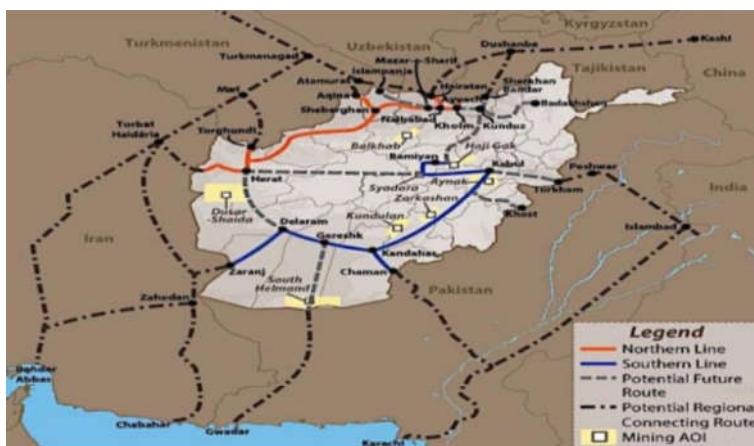
ب. وضعیت عرضه جهانی آهن: در مقابل افزایش تقاضا، رشد عرضه جهانی سنگ آهن با محدودیت‌هایی روبه‌رو است. برخی عوامل مؤثر عبارت‌اند از:

- کاهش تدریجی ذخایر با عیار بلند در برخی تولیدکنندگان بزرگ مانند برازیل؛
- افزایش محدودیت‌های محیط زیستی و مقررات سخت گیرانه در صنعت معدن، به‌ویژه در استرالیا؛ و
- کاهش سرعت ایجاد پروژه‌های جدید معدنی در برخی کشورهای افریقایی به دلیل چالش‌های سرمایه‌گذاری و زیربنایی.

ج. پیامد اقتصادی برای معدن حاجی گک: با توجه به افزایش نیاز جهانی به سنگ آهن با عیار بلند، ذخایری مانند معدن حاجی گک که دارای سنگ آهن با کیفیت مناسب و عیار بلند می‌باشد، می‌توانند جایگاه مهمی در بازار جهانی پیدا کنند. کیفیت مطلوب منرال‌های آهن دار، حجم قابل توجه ذخیره و قابلیت تولید مواد اولیه مناسب برای صنایع فولاد، از عوامل مهمی است که می‌تواند جذابیت اقتصادی این معدن را افزایش دهد.

بنابراین، در صورت فراهم شدن شرایط مناسب سرمایه‌گذاری، ایجاد زیربنای لازم و مدیریت مؤثر، معدن حاجی گک می‌تواند از فرصت‌های موجود در بازار جهانی آهن استفاده کرده و به یکی از منابع مهم تأمین مواد اولیه صنعت فولاد تبدیل شود.

شکل ۳: راه‌های حمل و نقل حاجی گک از کشور به منطقه



۴-۶-۳. ارزش اقتصادی ذخیره معدن آهن حاجی گک

معدن آهن حاجی گک یکی از بزرگ ترین ذخایر سنگ آهن افغانستان به شمار می رود و از نظر حجم ذخیره و کیفیت سنگ آهن، دارای اهمیت اقتصادی ویژه ای است. بر اساس برآوردهای موجود، حجم ذخیره این معدن حدود ۲ میلیارد تن تخمین شده است. با فرض میانگین قیمت ۱۲۳ دالر برای هر تن سنگ آهن، ارزش ناخالص ذخیره موجود به صورت تقریبی چنین محاسبه می شود:

$$246 \text{ میلیارد دالر} = 123 \times 2.000.000.000$$

این رقم نشان دهنده ظرفیت قابل توجه اقتصادی معدن حاجی گک بوده و می تواند افغانستان را در شمار کشورهای دارای منابع معدنی استراتژیک قرار دهد.

الف. هزینه های استخراج و قابلیت اقتصادی پروژه: ارزش واقعی اقتصادی یک ذخیره معدنی تنها بر اساس حجم ذخیره تعیین نمی شود؛ بلکه عواملی مانند هزینه های استخراج، پروسس کاری، انتقال، ایجاد زیربنای، قیمت جهانی آهن و شرایط بازار نیز در آن تأثیرگذار است. بر اساس مقایسه با معادن مشابه در سطح جهان، در صورتی که تنها ۳۰ درصد از ذخیره تخمینی حاجی گک قابلیت استخراج اقتصادی داشته باشد، ارزش ناخالص بخش قابل استخراج می تواند حدود ۷۳ میلیارد دالر برآورد گردد.

این ظرفیت اقتصادی، در صورت مدیریت درست، سرمایه گذاری مناسب، ایجاد زیربنای لازم و استفاده از تکنالوژی معیاری، می تواند نقش مهمی در توسعه صنایع معدنی، ایجاد اشتغال، افزایش درآمدهای ملی و تقویت جایگاه افغانستان در بازار جهانی مواد معدنی ایفا کند.

جدول ۷: نوع هزینه ها بالای آهن حاجی گک	
نوع هزینه	مبلغ فی تن
استخراج	\$ 42-38
غنی سازی	\$ 10-7
پروسس	\$ 22-15
حمل	\$ 18-10

مجموع هزینه: 70 ≈ دالر در هر تن

ب. **منفعت خالص هر تن سنگ آهن:** منفعت خالص یک تن سنگ آهن از تفاوت میان قیمت فروش جهانی و مجموع هزینه‌های استخراج، پروسس کاری، انتقال و سایر هزینه‌های عملیاتی به دست می‌آید. بر اساس محاسبات ابتدایی، اگر قیمت جهانی هر تن سنگ آهن ۱۲۳ دالر و هزینه مجموعی تولید هر تن ۷۰ دالر در نظر گرفته شود، منفعت خالص تقریبی هر تن چنین محاسبه می‌گردد:

$$۱۲۳ \text{ دالر} - ۷۰ \text{ دالر} = ۵۳ \text{ دالر منفعت خالص در هر تن}$$

با فرض تولید سالانه ۱۰ میلیون تن سنگ آهن، منفعت سالانه پروژه می‌تواند به صورت نظری چنین برآورد شود:

$$۱۰'۰۰۰'۰۰۰ \text{ تن} \times ۵۳ \text{ دالر} = ۵۳۰ \text{ میلیون دالر منفعت سالانه}$$

این محاسبه نشان می‌دهد که معدن حاجی گک در صورت ایجاد ظرفیت تولید، مدیریت مؤثر، دسترسی به بازار و کنترل هزینه‌ها، می‌تواند ظرفیت اقتصادی قابل توجهی برای ایجاد درآمد و جذب سرمایه‌گذاری داشته باشد.

۱. **تحلیل عرضه و تقاضای جهانی آهن:** بازار جهانی سنگ آهن تحت تأثیر دو عامل اساسی، یعنی میزان عرضه و سطح تقاضا، قرار دارد. در سال‌های اخیر، تقاضا برای سنگ آهن، به‌ویژه سنگ آهن با عیار بلند، به دلیل رشد صنایع فولاد، توسعه زیربنای و افزایش نیاز کشورهای صنعتی، افزایش یافته است.

۲. **روند عرضه جهانی:** عرضه جهانی سنگ آهن با برخی محدودیت‌ها روبه‌رو است که مهم‌ترین عوامل آن عبارت‌اند از:

- کاهش تدریجی ذخایر سنگ آهن با عیار بلند در برخی کشورهای تولیدکننده بزرگ؛
- افزایش محدودیت‌های محیط‌زیستی و هزینه‌های استخراج در بعضی مناطق؛ و
- توقف یا کاهش سرعت توسعه پروژه‌های جدید معدنی در برخی کشورهای افریقایی.

در چنین شرایطی، ذخایری که دارای عیار بلند، حجم قابل توجه و کیفیت مناسب برای صنایع فولادسازی باشند، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شوند. معدن آهن حاجی گک با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناختی، وجود منرال‌های آهن‌دار با کیفیت و

ظرفیت بلند تولید، می‌تواند از فرصت‌های موجود در بازار جهانی سنگ آهن بهره‌مند گردد.

جدول ۸: شاخص‌های مهم معدن آهن حاجی‌گک	
مقدار	شاخص
2 میلیارد تن	ذخیره معدن
63 فیصد	عیار متوسط
123 دالر	قیمت جهانی هر تن آهن به قیمت روز سال 2025
70 دالر	هزینه استخراج به تن
53 دالر	مقاد تخمینی در هر تن

۵. قوت‌ها و فرصت‌ها

معدن یکی از ذخایر بسیار بزرگ آهن در منطقه است؛ این یعنی ذخیره خیلی عظیم با عیار بالا موضوعی که برای هر سرمایه‌گذار جدی، انگیزه بسیار بزرگی است. ترکیب منرالیزیشن معدن هم شامل هماتیت و مگنتایت می‌باشد، که این ترکیب امکان استخراج و فرآوری با کیفیت و بازده بالا را فراهم می‌کند. این یعنی وقتی استخراج و فرآوری صورت گیرد، ماده معدنی درجه یک در اختیار است.

از سوی دیگر، بازار جهانی آهن و فولاد در وضعیت افزایشی و روبه رشد قرار دارد؛ نیاز به آهن برای ساختمان، زیرساخت‌ها، تولید فولاد و صنایع وابسته دائماً رو به افزایش است. بنابراین محصول با کیفیت مثل حاجی‌گک در بازار جهانی مشتری دارد یعنی وقتی استخراج شروع شود، سنگ آهن و حتی فولاد تولیدی می‌تواند با قیمت مناسب فروش رود.

۶. ضعف‌ها و ریسک‌ها

پروژه چند ریسک و نقطه ضعف مهم دارد. اول آن که زیرساخت لازم (راه آهن، جاده مناسب، برق، مسیر حمل و نقل) فراهم نیست یا ضعیف است. اگر این زیرساخت‌ها ساخته نشوند، هزینه حمل و فرآوری بالا می‌رود و منفعت زیادی باقی نخواهد ماند. دوم اینکه معدن تاکنون استخراج صنعتی جدی نداشته یعنی تجربه عملی آن محدود است. این یعنی ریسک فنی و تکنیکی نیز وجود دارد.

سوم، سرمایه اولیه پروژه بسیار زیاد است؛ نه تنها برای استخراج، بلکه برای راه، برق، کارخانه‌ها، تجهیزات و صادرات. اگر این سرمایه تأمین نشود، پروژه ممکن است نیمه‌کاره بماند.

چهارم، قیمت جهانی آهن ناپایدار است. اگر قیمت جهانی پایین بیاید، منفعت روی کاغذ ممکن است با واقعیت متفاوت شود مخصوصاً اگر هزینه‌ها بالا باشند. پنجم، ریسک حقوقی و سیاسی نیز وجود دارد: اگر قوانین معدن داری یا قراردادهای شفاف نباشد یا تغییر کند، پروژه با مشکل مواجه می‌شود.

۷ نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی اقتصادی منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک و ارزیابی امکان‌پذیری استخراج معیاری آن، با استفاده از روش تحقیق کمی و تحلیل داده‌ها و اطلاعات موجود انجام شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که معدن آهن حاجی گک با بیش از ۲ میلیارد تن ذخیره سنگ آهن و میانگین عیار ۶۲ تا ۶۳ درصد، از جمله بزرگ‌ترین و باکیفیت‌ترین ذخایر آهن افغانستان و منطقه به‌شمار می‌رود. همچنین نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که منرال‌های غالب این معدن، یعنی هماتیت و مگنتیت، به دلیل عیار مناسب، قابلیت استخراج مرحله‌ای و امکان تولید مواد اولیه باکیفیت، از ارزش اقتصادی قابل توجهی برخوردار هستند.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب حجم عظیم ذخایر، عیار بلند، یک‌نواختی نسبی عیار و قابلیت بهره‌برداری درازمدت، توجیه اقتصادی استخراج این معدن را به‌طور قابل ملاحظه‌ای تقویت کرده و زمینه را برای جذب سرمایه‌گذاری، توسعه صنایع فولاد، ایجاد فرصت‌های شغلی، افزایش درآمدهای ملی و در نهایت رشد اقتصادی کشور فراهم می‌سازد. همچنین یافته‌های تحقیق بیانگر آن است که حتی با در نظر گرفتن نوسانات قیمت جهانی سنگ آهن، معدن حاجی گک از ظرفیت لازم برای حفظ بهره‌وری اقتصادی و تداوم فعالیت‌های تولیدی برخوردار بوده و می‌تواند از پایداری اقتصادی نسبی در بلندمدت بهره‌مند باشد.

در مجموع، یافته‌های این تحقیق پاسخ مثبتی به فرضیه تحقیق ارائه می‌کند و نشان می‌دهد که منرالیزیشن معدن آهن حاجی گک از دیدگاه اقتصادی، ظرفیت لازم برای

استخراج معیاری و بهره برداری پایدار را داراست. ازاین رو، انجام مطالعات تفصیلی اقتصادی، توسعه زیرساخت‌های حمل و نقل و پروسس، به‌کارگیری مدیریت تخصصی، ایجاد شفافیت در قراردادهای معدنی و جلب سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی، از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های بهره برداری موفق و پایدار از این معدن به شمار می‌رود.

۸. پیشنهادات

- با توجه به اینکه یافته‌های تحقیق وجود بیش از ۲ میلیارد تن ذخیره سنگ آهن با میانگین عیار ۶۲ تا ۶۳ درصد را در معدن حاجی‌گک تأیید می‌کند، پیشنهاد می‌شود مطالعات جامع امکان‌سنجی اقتصادی^۱ با بهره‌گیری از مدل‌های مالی بین‌المللی، به‌منظور تعیین ارزش فعلی خالص (NPV)^۲، دوره بازگشت سرمایه و تحلیل حساسیت پروژه انجام شود تا تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری بر پایه شاخص‌های کمی صورت گیرد.
- با توجه به نقش تعیین‌کننده هماتیت و مگنتیت در ارزش اقتصادی معدن، پیشنهاد می‌شود طراحی استخراج بر مبنای مدل استخراج مرحله‌ای^۳ و اولویت بندی زون‌های دارای عیار بالاتر انجام گیرد تا ضمن کاهش هزینه‌های اولیه، بازده اقتصادی پروژه در مراحل آغازین افزایش یابد.
- از آن‌جا که یافته‌های تحقیق نشان‌دهنده ظرفیت بلندمدت معدن برای تأمین مواد اولیه صنایع فولاد است، پیشنهاد می‌شود سیاست بهره‌برداری از معدن با راهبرد توسعه زنجیره ارزش مواد معدنی هماهنگ گردد؛ به گونه‌ای که تولید محصولات فولادی در داخل کشور مورد توجه قرار گیرد و از مواد خام فروشی جلوگیری شود.
- پیشنهاد می‌شود پیش از واگذاری پروژه به سرمایه‌گذاران، ارزیابی اقتصادی معدن با استفاده از سناریوهای مختلف قیمت جهانی سنگ آهن، هزینه‌های استخراج، هزینه‌های حمل و نقل و ریسک‌های ژئوپلیتیکی بازنگری شود تا پایداری اقتصادی پروژه در شرایط مختلف بازار نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

1 Comprehensive Feasibility Study

2 Net Present Value

3 Phased Mining

- با توجه به اهمیت زیرساخت‌ها در سودآوری پروژه، پیشنهاد می‌شود توسعه شبکه های حمل و نقل، تأمین انرژی، منابع آب و تأسیسات استخراج و پروسس به عنوان بخشی از مطالعات اقتصادی معدن در نظر گرفته شود؛ زیرا یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که بهره‌وری اقتصادی پروژه تنها به کیفیت ذخایر وابسته نبوده؛ بلکه به میزان آمادگی زیرساخت های فنی نیز ارتباط مستقیم دارد.

فهرست منابع

الف. منابع فارسی

- احمدی، سعید. (۱۳۹۹). مفاهیم اقتصاد معدن. انتشارات موسسه نشر علوم، چاپ اول.
- اداره سروی جیولوجی افغانستان. (۱۳۸۸). گزارش اکتشافی معدن حاجی گک. کابل: وزارت معادن و پترولیم.
- جاوید، رحمت‌الله. (۱۳۸۹). بررسی وضعیت معادن آهن افغانستان. کابل: طلوع دانش.
- خوشی‌وال، رحیم. (۱۳۹۴). اکتشاف، استخراج و اقتصاد معادن. کابل: نشر معرفت.
- ذکی، محمد انور. (۱۳۹۴). معادن افغانستان: قراردادهای و چالش‌ها. کابل: نشر واژه.
- زهی، کریم‌الدین. (۱۴۰۱). تحلیل ظرفیت‌های اقتصادی معادن افغانستان. کابل: انتشارات پوهنتون کابل.
- سهاک، نقیب‌الله. (۱۳۸۹). علم‌المعادن فلزی. انتشارات همدرد.
- وزارت معادن و پترولیم افغانستان. (۱۴۰۰). استراتژی استخراج معادن بزرگ افغانستان. کابل.
- وزارت اقتصاد افغانستان. (۱۴۰۲). گزارش تحلیل نقش معادن در توسعه اقتصادی افغانستان. کابل.

ب. منابع انگلیسی

- British Geological Survey. (2008). Geological Map and Mineral Potential of Hajigak Area. BGS Publications.
- BGS. (n.d.). Hajigak Iron Deposit Overview. Retrieved December 12, 2025, from: <http://www.bgs.ac.uk/afghanminerals/Hajigak>.
- Ministry of Mines Afghanistan. (n.d.). Official documents and mining law. Retrieved December 12, 2025, from: <http://www.mom.gov.af>
- NPS.edu. (n.d.). Bamyan and Hajigak research program. Retrieved December 12, 2025, from: <http://www.nps.edu/Programs/CCS/Bamyan.html>

- Sinha, R. (2010). Challenges and opportunities in Afghanistan's mining sector. Asian Mining Review.
- USGS. (n.d.). Afghanistan Geological Data. Retrieved December 12, 2025, from: <http://www.usgs.gov>
- World Bank. (2012). Afghanistan Mining Sector Review. Washington, DC: World Bank Publications.

Economic Evaluation of Mineralization in the Hajigak Iron Ore Deposit

Senior Teaching Assistant Abdul Kabir Azizi¹

Abdul Masour Sharifi²

Abstract

The Hajigak iron ore deposit is one of the most significant iron ore resources in Afghanistan and the surrounding region, with substantial potential to support the development of the country's mining sector and steel industry. This study aims to evaluate the economic aspects of the Hajigak mineralization and assess its feasibility for systematic mining. A quantitative research approach was adopted, based on the analysis of quantitative information collected from official reports, technical documents, and reliable scientific sources. The findings indicate that the Hajigak deposit contains more than 2 billion tons of iron ore with grades ranging from 60% to 68%, while the average economic grade in the investigated areas is estimated at approximately 62–63%. Furthermore, the predominance of hematite and magnetite, together with the large reserve size, relatively uniform ore grade, and long-term mining potential, significantly strengthens the project's economic viability. The results demonstrate that the Hajigak deposit has considerable potential for attracting investment, supporting the development of the steel industry, creating employment opportunities, and increasing national revenue. Overall, the study confirms that the deposit possesses strong economic potential for systematic mining and sustainable exploitation. The findings also provide a valuable scientific basis for strategic decision-making, investment planning, and the sustainable development of Afghanistan's mining sector.

Keywords: Economy, Extraction, Investment, Industry, Mineralization, Product

1 faculty member at the Faculty of Economics, Balkh University :azizi@ba.edu.af

2 Graduate, Department of Mining Engineering, Balkh University:
ostadmosawer@gmail.com