دانشکده مهندسی معدن و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین میزان قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالسنگ با استفاده از منطق فازی
مطالعه موردی : معدن زغالسنگ تخت

نگارش

سید مهدی حسینی

استاتید راهنما

دکتر محمد عطایی

دکتر رضا خالوکاکایی

استاد مشاور

مهندس جهانگیری

تابستان ۱۳۸۶

فهرست عناوین

فصل اول-کلیات ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-تاریخچه روش استخراج جبهه‌کار طولانی ۲

۱-۳-هدف از انجام پایان‌نامه ۳

۱-۴-ساختار پایان نامه ۴

فصل دوم-موقعیت جغرافیایی معدن تخت ۵

۲-۱-موقعیت جغرافیایی منطقه ۶

۲-۲-شرایط آب و هوای منطقه ۶

۲-۳-عملیات اکتشافی انجام شده ۸

۲-۳-۱-مهمترین کارهای اکتشافی انجام شده در منطقه تخت ۹

۲-۳-۱-۱-تهیه نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰ از کل منطقه ۹

۲-۳-۱-۲-تعقیب لایه‌های زغال‌دار ۹

۲-۳-۱-۳-تعقیب باندهای راهنما ۱۰

۲-۳-۱-۴-حفر ترانشه ۱۰

۲-۳-۱-۵-حفر چاهک اکتشافی ۱۰

۲-۳-۱-۶-حفر اکلون و تونل اکتشافی ۱۰

۲-۳-۱-۷-نمونه‌برداری ۱۱

۲-۳-۱-۸-حفاری و چاه‌پیمایی ۱۱

۲-۴-مشخصات لایه‌های معدن تخت ۱۲

۲-۵-ارزیابی ذخیره ۱۳

۲-۶-تکتونیک منطقه ۱۶

۲-۷-طرح تجهیز و آماده‌سازی معدن تخت ۱۷

۲-۸-وضعیت فعلی تولید در معدن تخت ۱۸

فصل سوم-مکانیزاسیون در معادن زغال‌سنگ ۲۰

۳-۱-مقدمه ۲۱

۳-۲-تعریف مکانیزاسیون ۲۱

۳-۳-تاریخچه مکانیزاسیون جبهه‌کار در معادن زغال‌سنگ ۲۲

۳-۴-اهمیت افزایش سطح مکانیزاسیون در معادن زغال‌سنگ..... ۲۳
۳-۵-اهداف مکانیزاسیون معادن زغال‌سنگ..... ۲۴
۳-۶-مکانیزاسیون در روش جبهه‌کار طولانی..... ۲۶
۳-۶-۱-مکانیزاسیون در سیستم نگهداری روش جبهه‌کار طولانی..... ۲۷
۳-۶-۱-۱-عوامل موثر در طراحی سیستم نگهداری..... ۲۸
۳-۶-۱-۲-روشهای متداول نگهداری..... ۲۹
۳-۶-۱-۳-طراحی سیستم‌های نگهداری قدرتی ۳۱
۳-۶-۱-۴-محدودیت‌های کاربرد سیستم‌های نگهداری قدرتی..... ۳۲
۳-۶-۱-۵-مزایا و معایب سیستم‌های نگهداری قدرتی..... ۳۴
۳-۶-۲-مکانیزاسیون در استخراج زغال جبهه‌کار طولانی..... ۳۴
۳-۶-۲-۱-عوامل مؤثر درطراحی سیستم استخراج مکانیزه در کارگاه..... ۴۱
۳-۶-۳-مکانیزاسیون در سیستم حمل و نقل جبهه‌کار طولانی..... ۴۲
۳-۷-عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ..... ۴۳
۳-۷-۱-شیب لایه..... ۴۴
۳-۷-۲-ضخامت لایه..... ۴۴
۳-۷-۳-یکنواختی لایه..... ۴۵
۳-۷-۴-کیفیت سنگ سقف..... ۴۶
۳-۷-۵-کیفیت سنگ کف..... ۵۰
۳-۷-۶-آب..... ۵۲
۳-۷-۷-گسترش امتدادی لایه..... ۵۲
فصل چهارم-مجموعه‌ها و منطق فازی..... ۵۳
۴-۱-مقدمه..... ۵۴
۴-۲-مفاهیم اولیه فازی و خاکستری..... ۵۷
۴-۳-محدودیت‌های تئوری مجموعه‌ها و منطق کلاسیک..... ۵۸
۴-۴-اصل فازی ۵۹
۴-۵-مجموعه‌های فازی..... ۶۰
۴-۶-نمایش توابع عضویت..... ۶۳
۴-۶-۱-نمایش ترسیمی..... ۶۳
۴-۶-۲-نمایش به‌صورت جدول و لیست..... ۶۴

۴-۶-۳-نمایش عددی..... ۶۴
۴-۶-ویژگی مجموعه‌های فازی ۶۶
فصل پنجم-ارائه یک مدل برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی با استفاده از نرم افزار Fuzzy Tech..... ۶۷
۵-۱-مقدمه..... ۶۸
۵-۲-فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی..... ۶۷
۵-۳-فازی سازی عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون..... ۶۸
۵-۲-فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی..... ۶۸
۵-۳-فازی سازی عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون..... ۶۹
۵-۳-۱-شیب لایه..... ۶۹
۵-۳-۲- کیفیت سنگ کف..... ۷۰
۵-۳-۳- کیفیت سنگ سقف..... ۷۱
۵-۳-۴-یکنواختی لایه..... ۷۲
۵-۳-۵-ضخامت لایه..... ۷۳
۵-۳-۶-آب..... ۷۳
۵-۳-۷- گسترش امتدادی لایه..... ۷۳
۵-۴-استفاده از نرم افزار Fuzzy tech برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون..... ۷۴
۵-۴-۱-توابع عضویت..... ۷۵
۵-۴-۱-۱-شیب لایه..... ۷۵
۵-۴-۱-۲- ضخامت لایه..... ۷۸
۵-۴-۱-۳- یکنواختی لایه..... ۷۹
۵-۴-۱-۴- کیفیت سنگ سقف..... ۷۹
۵-۴-۱-۵- کیفیت سنگ کف..... ۸۰
۵-۴-۱-۶-آب..... ۸۰
۵-۴-۱-۷-گسترش امتدادی لایه..... ۸۱
۵-۴-۱-۸-قابلیت مکانیزاسیون..... ۸۱
۵-۴-۲- پایگاه قواعد بنیانی..... ۸۲
۵-۴-۲-۱-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۱..... ۸۲

۵-۴-۲-۲-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۲.....۸۴
۵-۴-۲-۳-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۳.....۸۸
۵-۴-۳-استنتاج فازی.....۸۹
۵-۴-۳- غیرفازی سازی یا قطعی سازی.....۹۱
۵-۴-۵-میزان تأثیر هر یک از عوامل در قابلیت مکانیزاسیون.....۹۳
۵-۴-۵-۱- تأثیر شیب بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۳
۵-۴-۵-۲- تأثیر ضخامت بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۴
۵-۴-۵-۳- تأثیر یکنواختی لایه بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۴
۵-۴-۵-۴- تأثیر کیفیت سنگ سقف بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۵
۵-۴-۵-۵- تأثیر کیفیت سنگ کف بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۶
۵-۴-۵-۶- تأثیر آب بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۶
۵-۴-۵-۷- تأثیر گسترش امتدادی لایه بر قابلیت مکانیزاسیون.....۹۷
۵-۵- مطالعه موردی.....۹۷
۵-۵-۱-محاسبه شاخص کیفیت سنگ سقف.....۹۷
۵-۵-۲-محاسبه شاخص کیفیت سنگ کف.....۹۹
۵-۵-۳- نتایج آنالیز نرم افزار Fuzzy tech ۵,۱۲.....۱۰۶
فصل ششم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... ۱۰۷
۶-۱-نتیجه‌گیری.....۱۰۲
۶-۲-پیشنهادات.....۱۰۹

فهرست اشکال

شکل ۲-۱-موقعیت جغرافیایی معدن تخت..... ۷

شکل ۲-۲-عکس هوایی منطقه زغالی تخت..... ۸

شکل ۲-۳-نقشه هیپسومتری K۸..... ۱۴

شکل ۲-۴-نقشه هیپسومتری K۱۰..... ۱۵

شکل ۲-۵-نقشه هیپسومتری K۱۱..... ۱۵

شکل ۲-۶-نقشه هیپسومتری K۱۷ ..... ۱۵

شکل ۲-۷-نقشه هیپسومتری K۱۹ ..... ۱۶

شکل ۲-۸-نقشه هیپسومتری K۲۰..... ۱۶

شکل ۲-۹-محل احداث تونل‌ها را در معدن تخت..... ۱۸

شکل ۳-۱-روند افزایشی تناژ استخراجی جبهه‌کارهای زغال‌سنگ اروپا..... ۲۳

شکل ۳-۲-اجزاء اصلی یک جبهه‌کار مکانیزه ۲۷

شکل ۳-۳- سقف بلاواسطه و سقف اصلی..... ۲۸

شکل ۳-۴- وضعیت نگهداری در سقف‌های بسیار سست ۳۲

شکل ۳-۵- موقعیت نیروی برآیند و توزیع فشاردرصفحه تکیه‌گاهی و سپر فوقانی..... ۳۳

شکل ۳-۶-یک جبهه‌کار طولانی شامل شیرر..... ۳۷

شکل۴-۱- تابع عضویت مجموعه فازی با مفهوم بلندی قد..... ۶۴

شکل ۴-۲- تابع عضویت مثلثی عدد تقریباً پنج..... ۶۵

شکل ۴-۳- تابع عضویت ذوذنقه‌ای عدد تقریباً پنج..... ۶۵

شکل ۵-۱- فرایند تصمیم‌گیری در محیط فازی..... ۶۹

نمودار ۵-۲- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی شیب لایه..... ۷۰

نمودار ۵-۳- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی کیفیت سنگ کف لایه..... ۷۱

نمودار ۵-۴- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی کیفیت سنگ سقف لایه..... ۷۲

نمودار ۵-۵- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی یکنواختی لایه..... ۷۲

نمودار ۵-۶- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر ضخامت لایه..... ۷۳

نمودار ۵-۷- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی آب.....۷۴
نمودار ۵-۸- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی گسترش امتدادی لایه.....۷۴
شکل ۵-۹- صفحه اول نرم افزار Fuzzy tech ۷۶
شکل ۵-۱۰- تعریف متغیر زبانی شیب.....۷۶
شکل ۵-۱۱- تعریف مقادیر پایه‌ای متغیر زبانی شیب.....۷۷
شکل ۵-۱۲- تعریف تعداد افرازهای پایه‌ای و شکل تابع عضویت.....۷۷
شکل ۵-۱۳- تابع عضویت شیب لایه.....۷۸
شکل ۵-۱۴- نمودار تابع عضویت ضخامت لایه.....۷۸
شکل ۵-۱۵- نمودار تابع عضویت یکنواختی لایه.....۷۹
شکل ۵ -۱۶- نمودار تابع عضویت کیفیت سنگ سقف لایه.....۷۹
شکل ۵-۱۷- نمودار توابع عضویت کیفیت سنگ کف لایه.....۸۰
شکل ۵-۱۸- نمودار تابع عضویت میزان آب موجود در طول کارگاه استخراج.....۸۰
شکل ۵-۱۹- نمودار تابع عضویت گسترش امتدادی لایه.....۸۱
شکل ۵-۲۰- نمودار توابع عضویت قابلیت مکانیزاسیون لایه.....۸۲
شکل ۵-۲۱- نحوهٔ اعمال سه پایگاه قواعد فازی برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون.....۸۳
شکل ۵-۲۲- تعریف بلوک قاعده شمارهٔ ۱.....۸۳
شکل ۵-۲۳-قواعد اگر... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۱.....۸۴
شکل ۵-۲۴-قواعد اگر... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۲.....۸۷
شکل ۵-۲۵-قواعد اگر.... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۳ .....۸۹
شکل ۵-۲۶- پایگاه شرط قوانین.....۹۱
شکل ۵-۲۷- روش‌های مختلف غیر فازی سازی.....۹۲
شکل ۵-۲۸-رابطه بین شیب و قابلیت مکانیزاسیون.....۹۴
شکل ۵-۲۹- رابطه بین ضخامت و میزان مکانیزاسیون.....۹۴
شکل ۵-۳۰- رابطه بین یکنواختی لایه و میزان مکانیزاسیون.....۹۵
شکل ۵-۳۱- رابطه بین کیفیت سنگ سقف و میزان مکانیزاسیون.....۹۵
شکل ۵-۳۲- رابطه بین کیفیت سنگ کف و مکانیزاسیون.....۹۶
شکل ۵-۳۳- رابطه بین آب موجود در کارگاه و مکانیزاسیون.....۹۶
شکل ۵-۳۴- رابطه بین گسترش امتدادی لایه و مکانیزاسیون.....۹۷

شکل ۵-۳۵- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۸ ..... ۱۰۰
شکل ۵-۳۶- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۱۰ ..... ۱۰۱
شکل ۵-۳۷- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۱۱ ..... ۱۰۲
شکل ۵-۳۸- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۱۷ ..... ۱۰۲
شکل ۵-۳۹- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۱۹ ..... ۱۰۳
شکل ۵-۴۰- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K۲۰ ..... ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱- میزان ذخیرهٔ لایه‌های معدن تخت..... ۱۴

جدول ۳-۱-مقایسه بهره‌وری در روش جبهه‌کار طولانی با روش‌های دیگر..... ۲۲

جدول ۳-۲-تغییرات بهره‌وری متاثر از کاهش پرسنل در معادن زغال‌سنگ انگلستان..... ۲۶

جدول ۳-۳-مقایسه شرایط کاربرد شیرر و رنده..... ۴۱

جدول ۳-۴-طبقه‌بندی پیشنهادی شولز..... ۴۶

جدول ۳-۵-طبقه‌بندی سنگ سقف بر اساس مقدار عددی شاخص کیفیت..... ۴۸

جدول ۳-۶-ضریب مقاومت برجای سنگ سقف..... ۴۹

جدول ۳-۷-ضریب خزش سنگ سقف..... ۴۹

جدول ۳-۸-ضریب رطوبت سنگ سقف..... ۴۹

جدول ۵-۱- پایگاه قاعده فازی شماره ۱..... ۸۵

جدول ۵ -۲- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۲..... ۸۸

جدول ۵ -۳- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۳..... ۹۰

جدول ۵ – ۴-مشخصات لایه‌های معدن تخت..... ۹۸

جدول ۵-۵- مقاومت فشاری برای سنگ‌های دربر گیرنده زغال‌سنگ..... ۹۸

جدول ۵-۶-مقدار عددی شاخص کیفیت سنگ سقف لایه‌ها..... ۹۹

جدول ۵-۷ - مقدار عددی شاخص کیفیت سنگ کف لایه‌ها..... ۹۹

جدول ۵-۸- مشخصات لایه K۸..... ۱۰۰

جدول ۵-۹- مشخصات لایه K۱۰..... ۱۰۱

جدول ۵-۱۰- مشخصات لایه K۱۱..... ۱۰۲

جدول ۵-۱۱- مشخصات لایه K۱۷..... ۱۰۲

جدول ۵-۱۲- مشخصات لایه K۱۹..... ۱۰۳

جدول ۵-۱۳- مشخصات لایه K۲۰..... ۱۰۴

جدول ۵-۱۵- قابلیت مکانیزاسیون در لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت..... ۱۰۴

چکیده

منطقه معدنی تخت در ۱۲ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان مینودشت استان گلستان واقع شده است که در حال حاضر لایه‌های این منطقه به روش سنتی استخراج می‌شوند. در این تحقیق به‌منظور بررسی قابلیت مکانیزاسیون این لایه‌ها و میزان ارتقای سطح مکانیزاسیون آنها، در ابتدا عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مطالعات نشان می‌دهند که ضخامت لایه، شیب لایه، یکنواختی لایه، کیفیت سنگ سقف، کیفیت سنگ کف، آب موجود در کارگاه استخراج و گسترش امتدادی لایه مهم‌ترین عواملی هستند که بر میزان قابلیت مکانیزاسیون لایه تأثیر می‌گذارند. به‌منظور بررسی قابلیت مکانیزاسیون، مدلی با استفاده نرم افزار Fuzzy tech ۵,۱۲ ساخته شده است. در این مدل قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال با توجه به عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون به‌صورت یک شاخص عددی بی‌بعد محاسبه می‌شود که محدودهٔ تغییرات شاخص قابلیت مکانیزاسیون در مدل بین ۰ و ۱۰۰ می‌باشد. مقیاس علمی پیشنهادی، قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها را به پنج سطح خیلی بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی می‌کند که هر یک از این سطوح به‌وسیلهٔ محدوده‌های عددی خاصی مشخص شده‌اند. به عنوان مطالعه موردی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های معدن تخت با استفاده از این مدل مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطالعات نشان می‌دهد که قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های k۸، k۱۰، k۱۱ و k۱۹ دارای قابلیت مکانیزاسیون خوب، لایه k۱۷ دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط و لایه k۲۰ دارای قابلیت مکانیزاسیون خیلی کم می‌باشد. با توجه به شیب و ضخامت لایه‌ها می‌توان ماشین استخراج رنده را پیشنهاد داد. از طرفی مکانیزاسون نیازمند سرمایه‌گذاری بالایی است که با توجه به ذخیره لایه‌های مذکور بهتر است بررسی اقتصادی و اکتشافات تکمیلی انجام شود.

کلمات کلیدی

جبهه‌کار طولانی، مکانیزاسیون، زغال‌سنگ، منطق فازی، معدن زغال‌سنگ تخت، قابلیت مکانیزاسیون

فصل اول

کلیات

۱-۱-مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین عوامل پیشرفت اقتصادی هر جامعه، انرژی می‌باشد که بعد از نفت و گاز، زغال‌سنگ اصلی‌ترین منبع تعیین کننده آن است. در دهه‌های اخیر، استخراج زغال‌سنگ در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران رونق زیادی داشته است که دلیل آن کاربرد زغال‌سنگ در صنایع فولاد، تولید نیرو و غیره می‌باشد. اما تولیدات داخلی زغال‌سنگ جواب‌گوی مصرف نمی‌باشد و سالیانه مقداری زغال-سنگ وارد می‌شود. بنابراین وظیفه مهندس معدن است که چه در زمان طراحی و چه در خلال عملیات اجرایی، همیشه مسائل فنی و اقتصادی را مدنظر داسته باشد. به‌منظور رسیدن به این هدف باید نحوهٔ انجام عملیات معدنی، از شیوه‌های سنتی و دستی به روش مکانیزه تبدیل کرد. روش استخراج مکانیزه با صرف نیروی انسانی کم، تولید بالا و هزینه استخراج پایین، از بهره‌وری بالایی نسبت به روش‌های دستی برخوردار است. روش استخراج جبهه‌کار طولانی مکانیزه، یکی از روش‌های استخراج زغال‌سنگ است که امروزه با توجه به بهره‌برداری بالای آن نسبت به روش‌های دیگر، از جذابیت خاصی برخوردار گردیده است. البته قبل از استخراج زغال‌سنگ باید معیاری وجود داشته باشد که لایه‌های زغال از لحاظ قابلیت استخراج مکانیزه طبقه‌بندی کند. این معیار می‌تواند در قالب یک روش یا یک مدل ظاهر شود، به‌طوری که با داشتن مشخصات هندسی و پارامترهای کیفی لایهٔ زغال‌سنگ، با به‌کارگیری مدل ارائه شده، بتوان قابلیت استخراج مکانیزه لایه‌های زغال‌سنگ را محاسبه کرد.

۱-۲-تاریخچه روش استخراج جبهه‌کار طولانی[1]

روش استخراج جبهه‌کار طولانی، روشی قدیمی است که در قرن هفدهم در معادن زغال‌سنگ اروپا توسعه یافته و در تمام کشورهای تولید کننده زغال‌سنگ، به‌استثنای ایالات متحده مورد استفاده قرار

1- Longwall mining method

گرفت(Laird ,1973). این روش در سال ۱۸۷۵ میلادی توسط معدن‌کاران مهاجر از لهستان به آمریکا برده شد و تا ۷۵ سال بعد نیز به‌عنوان یک روش دستی باقی ماند (Junlu ,1997). از دهه ۱۹۶۰ به بعد، با ابداع تجهیزات نگهداری خود پیشرو[1]، این روش به‌نحو موفقیت آمیزی در ایالات متحده مورد استفاده قرار گرفت. از سال ۱۹۶۹ روش استخراج جبهه‌کار طولانی با توجه به ایمنی بیشتر، شروع به رقابت با روش‌هایی از قبیل اتاق و پایه[2] کرد. گسترش این روش به‌نحوی بود که در سال ۱۹۷۶ در حدود ۲۶۰ جبهه‌کار طولانی فعال در انگلستان وجود داشت و تا سال ۱۹۸۷ بیش از ۱۰۰ جبهه‌کار طولانی در ایالات متحده مشغول به‌کار بودند (Hartman ,1987). برخی از کارشناسان معتقدند که چنانچه روند جاری ادامه یابد تا چند سال آینده روش جبهه‌کار طولانی می‌تواند ۵۰ درصد از تولید زغال‌سنگ زیرزمینی را به خود اختصاص دهد (Barczak ,2001).

از عوامل عمده مؤثر بر رشد چشمگیر روش جبهه‌کار طولانی، می‌توان به ابداع تجهیزات نگهداری خودپیشرو هیدرولیکی، توسعه ناوهای زنجیری (AFC)[3]، ماشین‌های استخراج پیوسته[4] با سرعت بالا و همچنین کاربرد اصول مکانیک سنگ در انجام عملیات تخریب و کنترل سقف اشاره کرد.

۱-۳-هدف از انجام پایان‌نامه

استخراج سنتی و غیر مکانیزه در اکثر معادن زغال‌سنگ ایران باعث پایین بودن بهره‌وری و افزایش هزینه در معادن شده است. بنابراین برای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها در معادن بهتر است معادن ایران مکانیزه شوند. بنابراین در این تحقیق برای تعیین میزان قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت (که در ۱۲ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان مینودشت واقع شده است) سعی خواهد شد با اندازه‌گیری پارامترهای هندسی لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت و همچنین با در نظر گرفتن پارامترهای

1 -Self advancing
2- Room & Pillar
3- Armoured face conveyor
4- High- Speed continuous mining machine

فصل دوم

موقعیت جغرافیایی
معدن تخت

۲-۱-موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه تخت در ۱۲ کیلومتری جنوب‌شرقی شهرستان مینودشت واقع شده است. وجه تسمیه نام آن از روستای تخت که در مجاورت آن قرار دارد می‌باشد. منطقه تخت از نظر تقسیمات کشوری تابع استان گلستان و شهرهای آزادشهر و مینودشت می‌باشد. این منطقه از طریق دو جاده چهل‌چای و جنگل‌ده با شهرستان مینودشت ارتباط دارد. همچنین از طریق روستای سوسرا، که در جنوب‌غربی منطقه قرار دارد امکان دسترسی به منطقه فراهم می‌باشد (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).

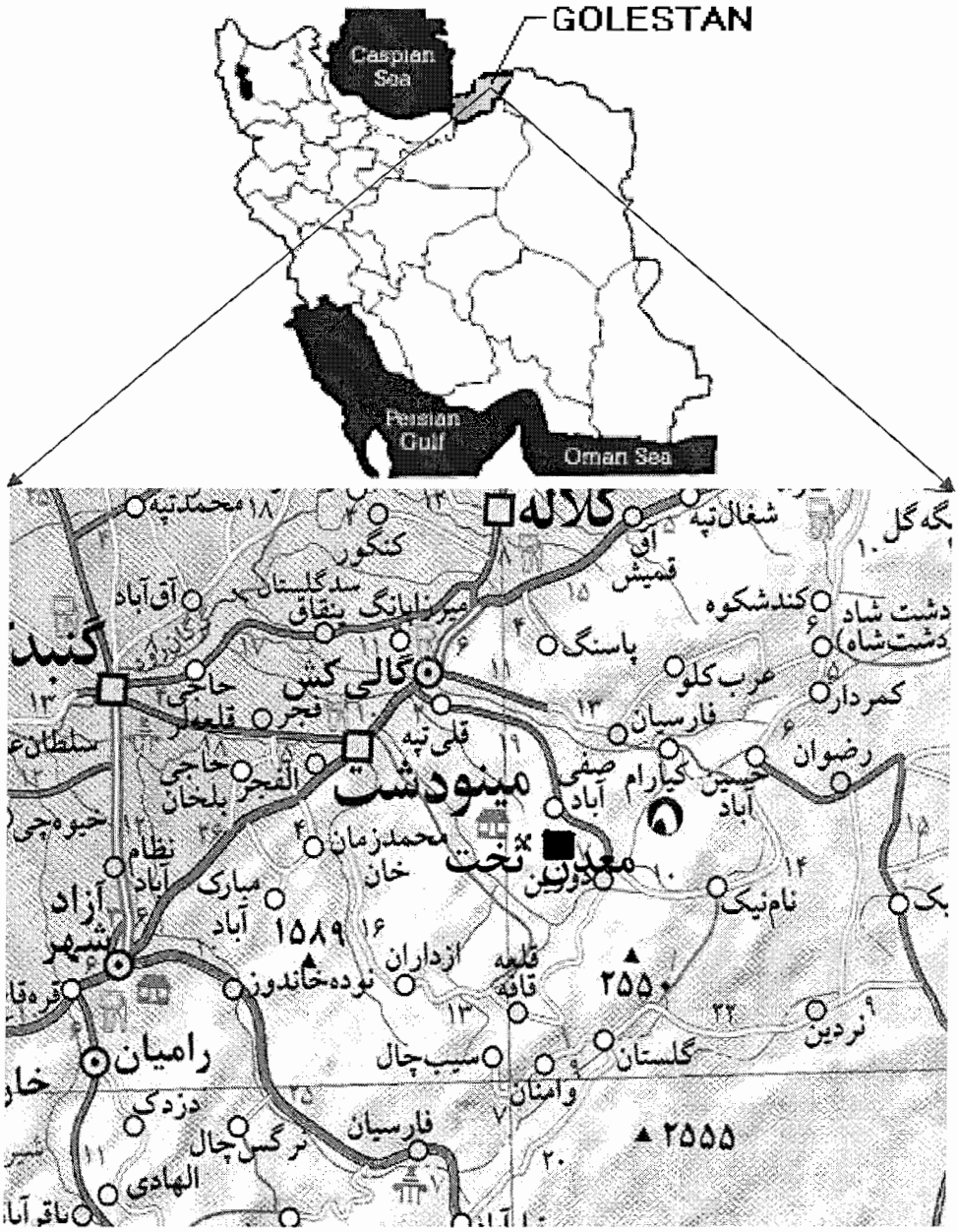
منطقه تخت از شمال به دره چهل‌چای، از جنوب به دره ساسنگ، از شرق به ارتفاعات حاجی‌لر و از غرب به روستاهای لیسه،محمد زمان‌خان، امام عبدالله، لولم، سرابو و ازداران محدود می‌شود. شکل ۱-۲ و ۲-۲ موقعیت جغرافیایی منطقه را نشان می‌دهد.

۲-۲-شرایط آب و هوای منطقه

منطقه تخت دارای تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های پر بارش می‌باشد که اکثر نزولات جوی در ارتفاعات به صورت برف می‌باشد. حداقل برودت در زمستان ۱۰- درجه سانتی‌گراد و حداکثر گرما در تابستان برابر با ۳۵ درجه گزارش شده است. نزولات به صورت باران و در فصل بهار بعضاً به حدی می‌باشد که درتردد روزانه ایجاد اختلال می‌کند. وجود این‌گونه بارندگی‌ها، رودخانه‌ای چون چهل‌چاه را تا آن حد سیراب می‌کند که در پیش‌بینی منابع تأمین آب معدن می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. براساس آمار موجود متوسط بارندگی سالانه در منطقه تخت ۴۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

این شرایط آب و هوایی باعث رونق کشاورزی و رشد گونه‌های مختلف گیاهی در منطقه و ایجاد لایه ضخیم آلوویوم (۵۰٪ تا بعضاً ۱۰۰ متر) در سطح زمین شده است که سه مورد یاد شده یعنی کشتزارها و

مناطق کشاورزی، پوشش گیاهی متراکم و رسوبات آبرفتی ضخیم مشکلات عدیده‌ای در امر اکتشاف ایجاد می‌کردند (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).



شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی معدن تخت

شکل ۲-۲- عکس هوایی منطقه زغالی تخت (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)

میانگین ارتفاع منطقه تخت از سطح دریا ۸۷۰ متر می‌باشد که بلندترین منطقه ارتفاعات کوه لرگاه برابر با ۱۵۸۹ متر و پست‌ترین نقطه مینودشت با ارتفاع ۱۵۰ متر می‌باشد.

این منطقه از نظر جغرافیای طبیعی قسمتی از سلسله جبال البرز شرقی می‌باشد که از شمال شرق به سمت جنوب غرب شامل مناطق تخت، حیدرکلا، صندوق سنگ، امام عبدالله، ازدارا و ساسنگ می‌باشد.

۲-۳-عملیات اکتشافی انجام شده

شناسایی رسوبات زغال‌دار در این منطقه برای نخستین بار در ایران در سال ۱۳۴۱ توسط شرکت میناک انجام گرفت و از آن تاریخ تا سال ۱۳۵۰ هیچ گونه عملیاتی در منطقه انجام نپذیرفت و تنها در همین سال تعدادی ترانشه در این ناحیه حفر شد.

مجدداً در سال ۱۳۶۹ عملیات اکتشافی وسیعی به منظور مطالعه و شناخت بهتر رسوبات زغالدار تخت توسط شرکت زغال‌سنگ البرز شرقی انجام پذیرفت که هم اکنون نیز ادامه دارد.

با توجه به گسترش زیاد لایه‌های زغال‌دار به منظور مطالعه بهتر تشکیلات زغال‌دار، منطقه به دو بخش الف) شمالی با گسترش طولی ۱۱ کیلومتر و ب) جنوبی با گسترش طولی ۹ کیلومتر تقسیم شد که در فار اول کلیه عملیات اکتشافی اعم از عملیات سطحی (حفر ترانشه و گمانه) و تعقیب باندهای راهنما (باندهای کوارتزیتی و ماسه‌سنگی) و عملیات اکتشاف عمقی مقدماتی (حفر اکلون و تونل اکتشافی) در بخش شمالی (الف) متمرکز شد که منجر به تدوین گزارش پایان عملیات اکتشاف و طرح تجهیز و بهره‌برداری بخش فوق شد. عملیات اکتشاف مقدماتی در بخش جنوبی نیز از سال ۱۳۸۰ آغاز شده است و هم اکنون ادامه دارد (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).

۲-۳-۱-مهمترین کارهای اکتشافی انجام شده در منطقه تخت به شرح ذیل است:

۲-۳-۱-۱-تهیه نقشه توپوگرافی۱/۵۰۰۰ از کل منطقه: منطقه تخت در برگهٔ NG-40-9 سری K551 نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی ارتش به‌نام نقشه گنبد واقع است و به‌دلیل شرایط اقلیمی خاص منطقه، سازمان نقشه‌برداری کشور هنوز نتوانسته عکس دقیقی بدون پوشش ابری در مقیاس۱/۲۵۰۰۰ یا بزرگ‌تر تهیه کند.

در پائیز سال ۱۳۶۰ تهیه نقشه توپوگرافی به مساحت ۳۰۰ کیلومتر مربع در مقیاس ۱/۵۰۰۰ به سازمان نقشه‌برداری کشور واگذار شد که این شرکت نیز طرح را به شرکت ایران رصد واگذار کرد.

۲-۳-۱-۲-تعقیب لایه‌های زغال‌دار: در منطقهٔ معدنی تخت شش لایه اقتصادی زغال‌سنگ وجود دارد که در حال حاضر از لایهٔ K8 تنها ۷/۸ کیلومتر آن ، لایه K10 تنها ۱۳/۳ کیلومتر، لایه K11 تنها ۸/۴ کیلومتر، لایه K17 تنها ۹/۵ کیلومتر، لایه K19 تنها ۱۳/۲۵ کیلومتر و لایه K20 تنها ۷ کیلومتر آن شناسایی شده است(گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).

۲-۳-۱-۳-تعقیب باندهای راهنما (ماسه‌سنگی و گراولیتی): به‌دلیل پوشش جنگلی منطقه، شناسایی زون زغال‌دار با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو شده است. لذا جهت تسریع در امر اکتشاف چند لایه کلیدی[1] که گسترش و بیرون‌زدگی خوبی در منطقه دارند شناسائی و پس از تعقیب آنها با در نظر گرفتن فاصله لایه-های زغال‌دار از آنها، عملیات اکتشاف با دقت و سهولت بیشتری انجام گرفت. بدین منظور در این منطقه دو باند راهنمای ماسه‌سنگی قطور ما بین لایه‌های K11, K10 و باند گراولیتی فوقانی که از بالای زون زغالدار عبور می‌کند، شناسایی و تعقیب شده است.

۲-۳-۱-۴-حفر ترانشه: به‌علت پوشش گیاهی غنی در منطقه و نبود بیرون‌زدگی لایه‌ها، برای شناسایی کلی سازند شمشک در منطقه و بررسی وضعیت لایه‌های زغالی اقدام به حفر ۱۴ فقره ترانشه در مجموع به طول ۴۲۷۵ متر(حجم ۷۱۲۵ مترمکعب) شده است.

۲-۳-۱-۵-حفر چاهک اکتشافی: حفر گمانه یا چاهک پس از شناسایی لایه‌های اقتصادی زغال و بررسی وضعیت آنها نسبت به یکدیگر و حوضه زغالی صورت می‌گیرد. به‌علت پوشش جنگلی و صعب‌العبور بودن منطقه امکان استفاده از ابزار مکانیکی به منظور حفر گمانه وجود نداشته و حفر گمانه تنها توسط ابزار دستی و نیروی انسانی مقدور می‌باشد. وجود قشر ضخیم آبرفتی که بعضاً به ۵ متر می‌رسد از عوامل دیگر در کندی و هزینه‌بر بودن حفر گمانه می‌باشد.

گمانه‌ها همچون ترانشه‌ها عمود بر امتداد لایه و به فواصل ۵۰ تا ۱۰۰ متری حفر می‌شوند و بسته به میزان آبرفت سطحی حجم خاک‌برداری متفاوت است. در این منطقه بطورکلی در ۶۲۰ محل مبادرت به حفر گمانه شده است.

۲-۳-۱-۶-حفر اکلون و تونل اکتشافی: هدف از اجرای اکلون و تونل، بررسی تغییرات ضخامت در اعماق، تعیین عمق زون هوازده و دستیابی به نمونه‌های غیر هوازده جهت ارسال به آزمایشگاه می‌باشد. ابعاد آنها

1- Key bed

بسته به ضخامت و شیب لایه، وضعیت آب‌های زیرزمینی و کمرهای لایه متفاوت است. برای جلوگیری از ریزش در این حفریات از چوبست و لارده‌کاری استفاده می‌شود.

تعداد تونل‌های حفر شده در منطقه ۲۶ دهانه می‌باشد که در مجموع به طول ۵۳۸ متر (حجم ۱/۱۴۱۸ متر مکعب) انجام شده است (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).

۲-۳-۱-۷-نمونه‌برداری: کلاً عملیات نمونه‌برداری، نمونه‌برداری سطحی و عمقی (نمونه برداری از داخل تونل‌ها و اکلون‌ها) را شامل می‌شود. که بمنظور بررسی خواص کیفی و تکنولوژی زغال‌های منطقه به آزمایشگاه ارسال شود. براساس مطالعات به عمل آمده بر روی ۶۲۰ نمونه جمع‌آوری شده شامل ۵۰۴ نمونه تونلی و ۱۲۷ نمونه اکلونی، زغال‌های این منطقه دارای مارک تکنولوژیک گ- ژ ۱۰ تا گ- ژ ۱۲ می‌باشند.

۲-۳-۱-۸-حفاری و چاه‌پیمایی: با کسب مجوز محدود از سازمان منابع‌طبیعی عملیات حفاری دو حلقه چاه در منطقه انجام شد که هم‌زمان برداشت ژئوفیزیکی درون‌چاهی نیز صورت گرفت و نتایج آن مؤید اطلاعات سطحی موجود می‌باشد.

به‌منظور تکمیل عملیات اکتشافی در مجموع ۱۷ حلقه چاه به متراژ تقریبی ۵۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است که سومین حلقه حفاری در حال انجام است.

در نظر است برای دسترسی به اطلاعات دقیق‌تر از حجم ذخیره و همچنین دستیابی به ضریب اطمینان قابل‌قبول برای طراحی معدن در افق‌های اوکلونی، عملیات اکتشاف در سطح تفصیلی ادامه یابد. همچنین به منظور شناسایی دقیق‌تر ذخائر و انجام عملیات اکتشافی در بلوک‌های جنوبی منطقه عملیات اکتشاف سطحی و تفصیلی در کل منطقه توسعه خواهد بود.

۲-۴-مشخصات لایه‌های معدن تخت

براساس مدارک و اطلاعات سطحی به‌دست آمده مشخصات لایه‌ها K10, K11, K17, K19, K20, K8, به‌صورت زیر می‌باشد (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱):

الف- لایه K8

لایه K8 با گسترش امتدادی ۶/۵ کیلومتر، به هشت بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۵۲ تا ۱/۵۲ متغیر است و همگی دارای شیب مابین ۳۰ و ۳۵ درجه می‌باشند که ذخیره کل این لایه ۶۰۹۵۶۸۲ تن برآورد شده است.

ب- لایه K10

لایه K10 با گسترش امتدادی ۱۰/۵۸ کیلومتر، به ۱۲ بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۹۰ تا ۲/۳۸ متر متغیر است و همگی دارای شیب ۲۵ تا ۳۵ درجه می‌باشند که ذخیره کل این لایه ۹۲۰۴۶۲۸ تن برآورد شده است.

ج- لایه K11

لایه K11 با گسترش امتدادی ۷ کیلومتر، به ۸ بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۸۲ تا ۱/۴۳ متر متغیر است و همگی دارای شیب ۱۷ تا ۳۵ درجه می‌باشند که ذخیره کل این لایه ۹۷۸۲۰۲۳ تن برآورد شده است.

د- لایه K17

لایه K17 با گسترش امتدادی ۳/۵ کیلومتر، به ۴ بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۷۹ تا ۱/۰۷ متر متغیر است و همگی دارای شیب ۲۵ تا ۳۵ درجه می‌باشند. این لایه دارای درصد خاکستر بالایی می‌باشد و ذخیره کل این لایه ۵۷۰۵۲۵۱ تن برآورد شده است.

ه- لایه K19

لایه K19 با گسترش امتدادی ۴/۵ کیلومتر، به ۱۱ بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۹۰ تا ۲/۲۹ متر متغیر است و همگی دارای شیب ۲۷ تا ۳۵ درجه می‌باشند ذخیره کل این لایه ۹۰۰۷۰۰۸ تن محاسبه شده است.

و- لایه K20

لایه K20 با گسترش امتدادی ۵/۲۵ کیلومتر، به ۶ بلوک مجزا تقسیم می‌شود که ضخامت متوسط آنها از ۰/۴۹ تا ۰/۶۱ متر متغیر است و همگی دارای شیب ۲۶ تا ۳۲ درجه می‌باشند که ذخیره کل این لایه ۴۲۸،۲۳۶،۱ تن برآورد شده است.

۲-۵-ارزیابی ذخیره

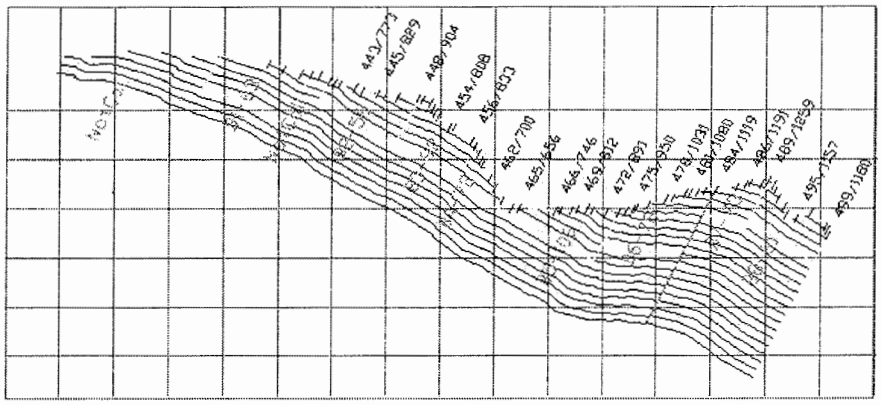
تاکنون عملیات اکتشاف مقدماتی ۱۱ کیلومتر از ۲۰ کیلومتر کل گسترش‌طولی زغال‌های منطقه تخت به پایان رسیده و مورد ارزیابی مقدماتی قرار گرفته است. محدوده مورد بحث به دو بخش، از رودخانه چهل‌چای تا دره طغرستان و از دره طغرستان تا روستای امام عبدالله تقسیم شده است.

متداول‌ترین روش محاسبه ذخیره که در این منطقه نیز به کار گرفته شده، روش بلوک‌های زمین‌شناسی می‌باشد. میزان ذخیرهٔ با روش مذکور برای لایه‌های مختلف در این منطقه برآورد شده و نتایج حاصل در جدول (۲-۱) نشان داده شده است.

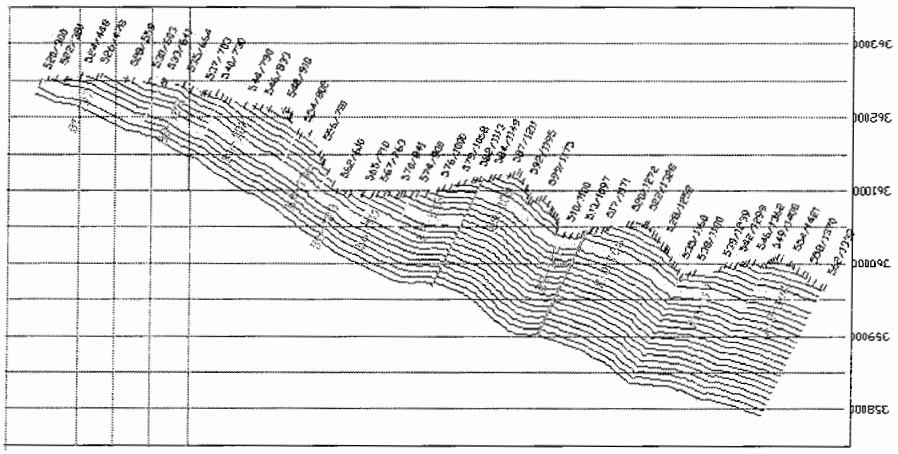
جدول ۲-۱- میزان ذخیرهٔ لایه‌های معدن تخت (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)

لایه	K8	K10	K11	K17	K19	K20	جمع کل
ذخیره کل لایه (تن)	۶۰۹۵۶۸۲	۹۲۰۴۶۲۸	۹۷۸۲۰۲۳	۵۷۰۵۲۵۱	۹۰۰۰۰۷۸	۴۲۸۲۳۶۱	۴۴۰۷۰۰۲۳

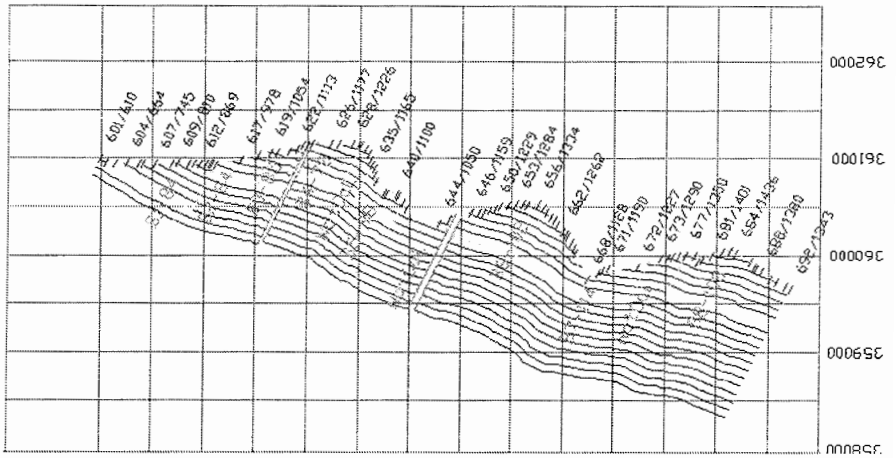
بر اساس مدارک و اطلاعات سطحی به‌دست آمده از لایه‌های K10, K11, K17, K19, K20 ,K8,نقشه‌های هیپسومتری به مقیاس ۱:۵۰۰۰ و فواصل ایزوهیپس ۵۰ متر در بخش شمالی و جنوبی منطقه تهیه شده که این نقشه‌ها اساس محاسبات مربوطه بوده است. شکل‌های ۲-۳، ۲-۴، ۲-۵، ۲-۶، ۲-۷، ۲-۸ به ترتیب نقشه‌های هیپسومتری لایه‌های K8, K10, K11, K17, K19, K20 را نشان می‌دهد (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).



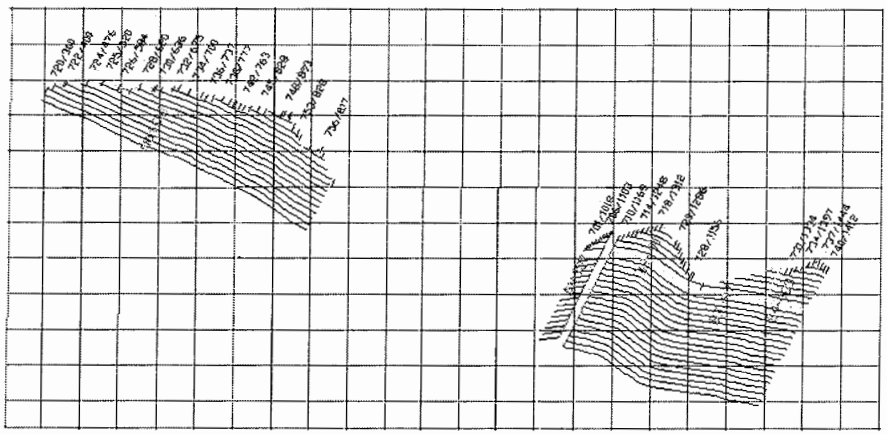
شکل ۲-۳- نقشه هیپسومتری K8 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)



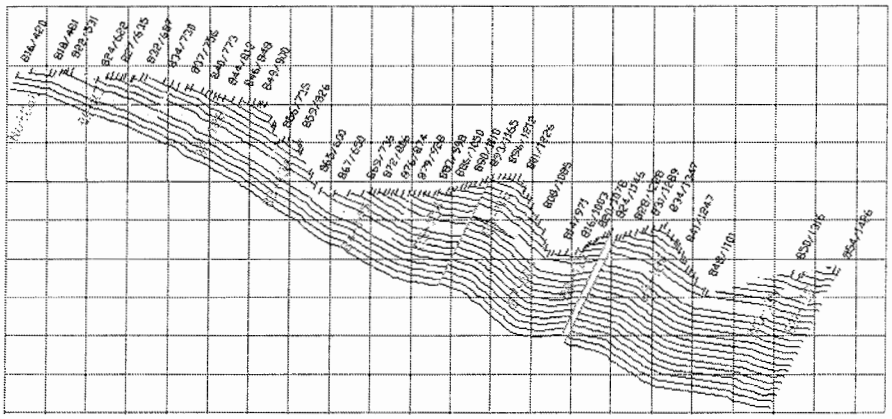
شکل ۲-۴- نقشه هیپسومتری K10 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)



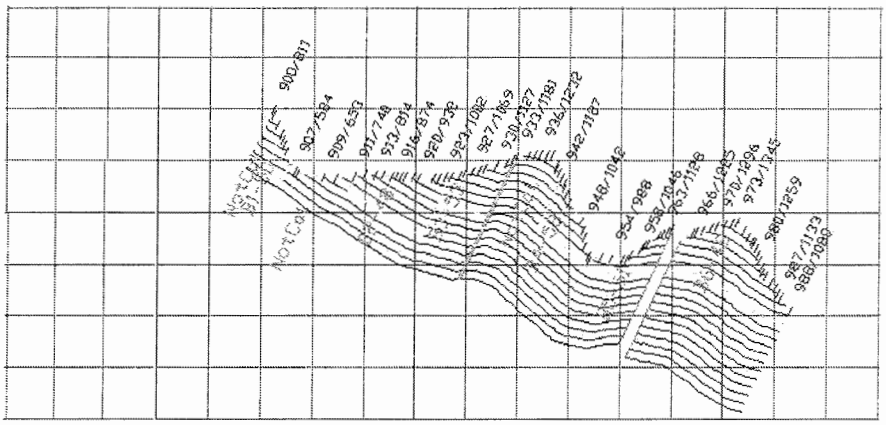
شکل ۲-۵- نقشه هیپسومتری K11 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)



شکل ۲-۶- نقشه هیپسومتری K17 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)



شکل ۲-۷- نقشه هیپسومتری K19 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)



شکل ۲-۸- نقشه هیپسومتری K20 (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)

۲-۶-تکتونیک منطقه

منطقه زغالی تخت توسط پنج گسل بزرگ احاطه می‌شود. که این گسل‌ها باعث جدائی آن از مناطق دیگر شده است. این گسلها عبارتند (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱):

-گسل دره سوسرا

این گسل یک گسل بزرگ می‌باشد که باعث جدائی منطقه زغال‌دار تخت از منطقه زغالی سوسرا می‌شود. امتداد این گسل شمال غربی جنوب شرقی می‌باشد. این گسل از جهت شمال غربی وارد دشت آزادشهر و از جنوب شرقی به گسل بزرگ محور آنتی کلینال تخت می‌پیوندد.

-گسل محور آنتی کلینال تخت

این گسل به موازات تشکیلات زغالی و در جهت شمال شرقی جنوب غربی می‌باشد. این گسل همان محور آنتی کلینال محسوب می‌شود.

-گسل حیدر کلاه تخت

این گسل یک گسل گراویتی بوده که دارای امتداد شمال شرقی جنوب غربی است که از قسمت بالای تشکیلات زغالی عبور کرده و از شمال روستاهای ساسنگ، حیدرکلاه و تخت عبور می‌کند.این گسل از سمت شمال شرقی به گسل دره چهل چای متصل می‌شود.

-گسل دره چهل چای

یک گسل امتدادی با جهت شمال غربی جنوب شرقی بوده که از جنوب شهرستان مینودشت عبور کرده و باعث ایجاد دره چهل چای شده است، که پس از برخورد با گسل حیدر کلاه تخت تغییر مسیر داده و به سمت شرقی جنگل گلستان ادامه می‌یابد.

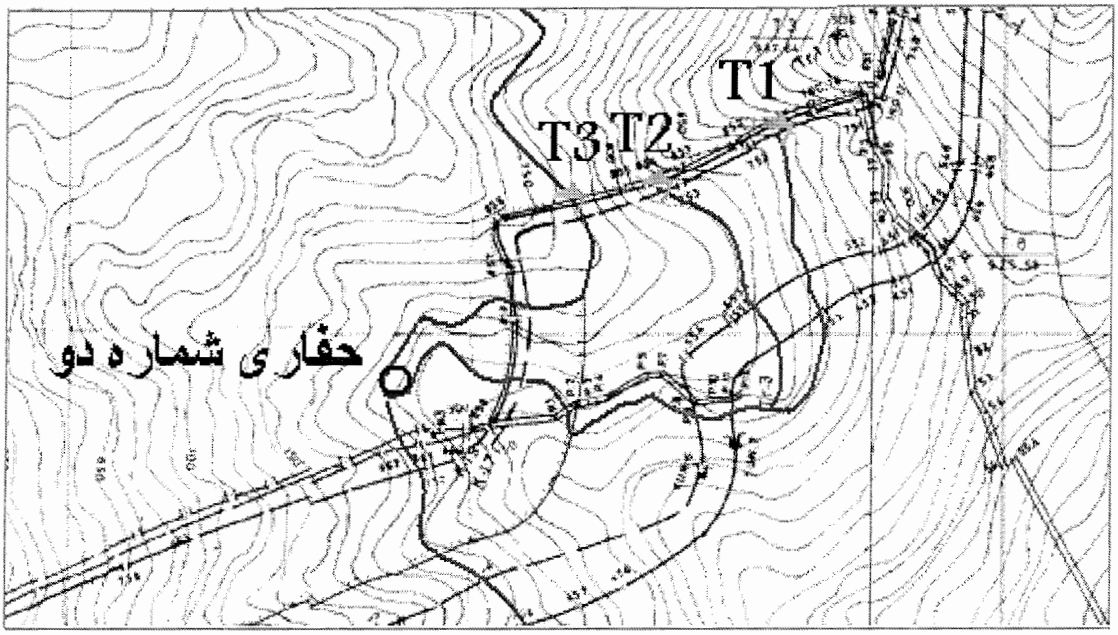
-گسل آب پران

این گسل دارای امتداد شمال شرقی جنوب غربی می‌باشد که از جهت شمال غربی وارد دشت گنبد می‌شود و از جهت جنوب شرقی پس از عبور از شمال روستای تخت به گسل‌های حیدر کلاه و دره چهل چای می‌پیوندد.

۲-۷-طرح تجهیز و آماده‌سازی معدن تخت

در معدن تخت جهت آماده‌سازی و دسترسی به لایه‌ها چهار تونل اصلی احداث شده است که تونل‌ها با شماره‌های ۱، ۲، ۳، ۴،.... نام‌گذاری شده‌اند که فاصله تونل‌ها در جهت شیب تقریباً ۸۰ متر است. شکل

(۲-۹) محل احداث تونل‌ها را در معدن تخت نشان می‌دهد (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).



شکل ۲-۹- محل احداث تونل‌ها در معدن تخت (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)

سیستم حمل و نقل در کارگاه‌های استخراج معدن تخت، ناو ثابت و در تونل‌های اصلی سیستم ریل-واگن استفاده می‌شود. سیستم نگهداری در کارگاه‌های استخراج، نگهداری چوبی بوده و در تونل‌های اصلی سیستم نگهداری فولادی از نوع قاب می‌باشد. همچنین استخراج در کارگاه‌های معدن توسط پیکور انجام می‌شود.

۲-۸-وضعیت فعلی تولید در معدن تخت

در حال حاضر در معدن تخت، آماده‌سازی تونل‌های ۱ و ۲ تمام شده و کار آماده‌سازی بر روی تونل-های ۳ و ۴ ادامه دارد. روش استخراج به‌کار گرفته شده در کارگاه‌های استخراج معدن، روش پلکانی

معکوس است. میزان تولید معدن تخت حدود ۵۰۰۰ تن در ماه است (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱).

با توجه به سیستم‌های حمل و نقل در کارگاه‌های استخراج و تونل‌های اصلی، سیستم‌های نگهداری در کارگاه‌های استخراج و تونل‌های اصلی و سیستم استخراج، نتیجه‌گیری می‌شود که شیوهٔ استخراج سنتی و دستی است. با توجه به میزان تولید ماهانه (۵۰۰۰ تن در ماه) و تعداد پرسنل استخراجی (۱۰۰ نفر) می‌توان نتیجه گرفت که میزان بهره‌وری در معدن کمتر از یک تن به ازای هر نفر در شیفت است که در مقایسه با میزان بهره‌وری در روش جبهه‌کارهای استخراجی مکانیزه (که ۸۰ تا ۹۰ تن به ازای هر نفر در شیفت است) بسیار پایین است. بنابراین برای بالا بردن بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها که از اهداف اصلی معدن‌کاری مدرن محسوب می‌شود، بهتر است قابلیت مکانیزه کردن لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت مورد بررسی قرار بگیرد.

فصل سوم

مکانیزاسیون در معادن زغال‌سنگ

۳-۱-مقدمه

امروزه نکته‌ای که در معادن زغال‌سنگ ایران به آن توجه می‌شود پایین بودن بهره‌وری در معادن است و یکی از عوامل عمده آن استخراج سنتی از معادن است که بازدهی پائین نیروی انسانی را به ارمغان آورده است که می‌توان با افزایش سطح مکانیزاسیون در معادن بر این مشکل فائق آمد.

از پیامدهای مکانیزاسیون در معادن به نکات زیر می‌توان اشاره کرد (منصوری، ۱۳۷۱):

- پیوستگی عملیات
- افزایش توان تولید
- افزایش نرخ تولید
- کاهش هزینه استخراج
- افزایش بازدهی
- افزایش تمرکز عملیات

۳-۲- تعریف مکانیزاسیون

مکانیزه کردن استخراج لایه‌های زغال‌سنگ به معنای کاربرد ماشین‌آلات مکانیزه جهت برش، بارگیری و حمل زغال‌سنگ و همچنین نگهداری کارگاه استخراج توسط نگهدارنده‌های قدرتی می‌باشد. با مکانیزه شدن کارگاه‌های استخراج، نرخ پیشروی جبهه‌کار و میزان تناژ استخراجی از هر کارگاه نسبت به روش دستی افزایش و هزینه‌های عملیاتی استخراج کاهش می‌یابد. امروزه با تجربیات بدست آمده از جبهه‌کارهای مکانیزه زغال‌سنگ در سراسر دنیا، این امر به اثبات رسیده که در صورت وجود شرایط مطلوب لایه‌های زغال‌سنگ برای استخراج مکانیزه، بهره‌وری این روش در مقایسه با روش دستی افزایش

چشمگیری خواهد داشت. جدول (۳-۱) مقایسه بهره‌وری در روش جبهه‌کار طولانی با سایر روش‌های دیگر را نشان می‌دهد.

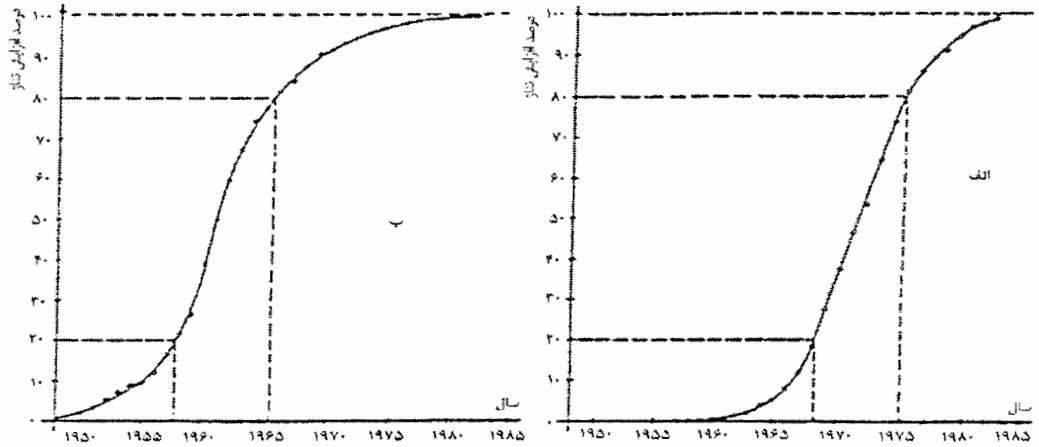
جدول ۳-۱- مقایسه بهره‌وری در روش جبهه‌کار طولانی با روش‌های دیگر (اورعی، ۱۳۷۲)

روش استخراج	بهره‌وری (تن به ازای هر نفر در شیفت)				
	۱۹۸۵	۱۹۸۶	۱۹۸۷	۱۹۸۸	۱۹۸۹
جبهه‌کارطولانی	۱/۵۴	۱/۸۶	۲/۱۸	۲/۳۴	۲/۳۶
روش‌های دیگر	۱/۶۶	۱/۷۷	۱/۹۴	۲/۱۱	۲/۱۴

۳-۳- تاریخچه مکانیزاسیون جبهه‌کار در معادن زغال‌سنگ

هنگامی که بعد از جنگ جهانی دوم نوسازی معادن زغال‌سنگ در آلمان غربی آغاز شد، معادن بسیار فرسوده بودند زیرا در طول جنگ فقط به استخراج زغال اهمیت داده شده بود و عملیات معدنکاری به صورت اصولی انجام نشده بود. در مرحله اول این نوسازی، به دلیل کمبود سرمایه لازم، مدرن کردن در عملیات استخراج سرعت محسوسی نداشت به طوری که بازدهی شاغلین در هر شیفت کاری برابر با ۲/۱ تن بر شیفت و مقدار متوسط استخراج هر کارگاه ۱۲۰ تن در روز بود. معادن زغال‌سنگ دیگر کشورهای اروپایی نیز از این قاعده مستثنی نبودند. به صورتی که بعد از جنگ جهانی دوم در معادن زغال‌سنگ اروپا ۳۵ درصد از کل زمان مفید در کارگاه استخراج برای کندن زغال،۴۶ درصد برای بارگیری و حمل زغال و ۱۹ درصد برای نگهداری صرف می‌شد. در اواخر دهه ۱۹۴۰ مرحله جدیدی در تکنولوژی معدنکاری شروع شد. مشکل کندن و بارگیری زغال که در کارگاه‌های دستی و غیر مکانیزه ۸۱ درصد زمان کار مفید صرف آنها می‌شد، با اختراع رنده به بهترین نحو حل شد. اولین دستگاه‌های رنده، اواخر دهه ۱۹۴۰به کار گرفته شدند ولی ده سال طول کشید تا رنده کردن زغال توانست جایگاه قابل توجهی را به خود اختصاص داده و میزان استخراج زغال با این روش به ۲۰ درصد کل استخراج برسد. در اواسط دهه ۱۹۵۰با ابداع شیررهای بازو ثابت و اوایل دهه ۱۹۶۰ با پیدایش شیررهای بازو متحرک، تعداد ماشین‌های قابل استفاده برای کندن زغال به صورت تمام مکانیزه افزایش یافت. در فاصله سال‌های ۱۹۵۶ تا ۱۹۶۴، میزان زغال استخراج شده

از جبهه‌کارهای تمام مکانیزه از ۲۰ درصد به ۸۰ درصد و در سال ۱۹۸۲ به ۹۹ درصد افزایش یافت (لانبرگ، ۱۳۶۲). تحقیقات به عمل آمده در سال ۱۹۵۷ که به منظور بررسی تأثیر مکانیزاسیون بر زمان عملیات مختلف در جبهه‌کار استخراجی صورت گرفت، نشان داد که در جبهه‌کارهای مجهز به رنده یا شیرر،۳/۳ درصد از کل زمان مفید برای کندن زغال، ۱۵/۴ درصد برای بارگیری و۸۳/۳ درصد برای نصب نگهداری (پایه‌های تکی) صرف شده است. به این ترتیب نصب تجهیزات نگهداری در زمان بندی عملیات استخراج مهم‌ترین فاکتور محسوب می‌شد. پیدایش وسایل نگهداری تمام مکانیزه‌ای از قبیل سپرهای هیدرولیک در اواخر دهه ۱۹۵۰ تأثیر زیادی بر تکامل فنون مربوط به جبهه‌کارهای استخراجی، از جبهه-کارهای مجهز به سیستم‌های نگهداری مکانیزه استخراج شد (لانبرگ، ۱۳۶۲). شکل ۳-۱ روند افزایشی میزان زغال استخراجی از کارگاه‌های مکانیزه معادن زغال‌سنگ اروپا را بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۵ نشان می‌دهد.



الف) تاثیر کاربرد نگهداری هیدرولیک بر افزایش تناژ استخراج ب) تاثیر استخراج مکانیزه بر افزایش تناژ استخراج

شکل ۳-۱- روند افزایشی تناژ استخراجی جبهه‌کارهای زغال‌سنگ اروپا (لانبرگ، ۱۳۲۶)

۳-۴- اهمیت افزایش سطح مکانیزاسیون در معادن زغال‌سنگ

مکانیزاسیون عملیات معدن‌کاری از دیرباز مورد توجه مهندسین معدن بوده است. پیشرفت مکانیزاسیون آن‌قدر بوده است که امروزه در پاره‌ای از معادن زغال و به ویژه در کارگاه استخراج کار بدنی

یا کار فیزیکی انجام نمی‌گیرد و کارگران و تکنسین‌ها فقط به عملیات استخراج نظارت می‌کنند و تنها با فشار دکمه‌های مربوطه به ماشین فرمان می‌دهند. البته میزان مکانیزاسیون و گسترش آن در عملیات معدن‌کاری با توجه به شرایط گوناگون در همه جا یکسان نمی‌باشد. در کشورهای چین و هندوستان کلیه مراحل استخراج زغال‌سنگ از ساده‌ترین وسایل زغال‌کنی تا مدرن‌ترین تجهیزات همه به‌طور هم‌زمان در مناطق مختلف کشور به کار گرفته شده است. در اروپا نیز بیشتر تجهیزات مدرن به تولید زغال مشغول می‌باشند و در ایران هم رشد و تکامل صنعت معدن‌کاری در جهت مکانیزاسیون عملیات معدنی در آغاز کار است (بصیر، ۱۳۷۱).

از آنجا که یکی از عوامل پیشرفت هر جامعه‌ای انرژی به حساب می‌آید و زغال‌سنگ از نظر اهمیت بعد از نفت و گاز جزء منابع انرژی مهم به حساب می‌آید. بنابراین مهندسین معدن موظفند چه در زمان طراحی و چه در خلال عملیات اجرایی همیشه مسائل اقتصادی را مدنظر داشته باشند وکانسار را طوری استخراج کنند که از منابع به‌کار رفته حداکثر استفاده به عمل آید. به این ترتیب هزینه هر تن محصول استخراج شده کاهش یافته و بهره‌وری بالا می‌رود. روش استخراج جبهه‌کار طولانی یکی از روش‌هایی است که از بهره‌وری بالایی برخوردار است که دلیل برتری آن قابلیت بالای این روش برای مکانیزاسیون نسبت به سایر روش‌ها از قبیل روش استخراج اتاق و پایه می‌باشد. بنابراین مطالعات مربوط به قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ به‌طور عمده بر روی روش استخراج جبهه‌کار طولانی متمرکز شده است.

۳-۵- اهداف مکانیزاسیون معادن زغال‌سنگ

در ابتدا مکانیزاسیون آسان به نظر می‌رسد ولی بعداً مشکلات ظاهر می‌شود. هر گاه عملیات زغال-کنی، نگهداری کارگاه استخراج ، پر کردن محل استخراج و یا تخریب و... با هم هماهنگ باشند، می‌توان از آن به عنوان مکانیزاسیون سودبر نام برد. هدف از استخراج مکانیزه لایه‌های زغال‌سنگ، استفاده اقتصادی از ذخایر (زغال‌سنگ) موجود با رعایت اصول ایمنی و کمترین ضایعات استخراجی می‌باشد. به این ترتیب این ضرورت به‌وجود می‌آید که معادن موجود را مکانیزه و معادن جدید را تجهیز کرده و به

طور کلی صنعت زغال‌سنگ را از طریق به‌کارگیری شیوه‌های صحیح کار و هماهنگی عملیات با یکدیگر، رونق بخشید.

امکان بهبود بخشیدن به وضعیت معادن زغال‌سنگ وابسته به شرایط زمین‌شناسی، اجتماعی، فنی و اقتصادی می‌باشد. امکانات لازم را می‌توان در دو گروه خلاصه کرد:

الف- حذف جبهه‌کارهای کوچک و پراکنده و احداث جبهه‌کارهای بزرگ، به عبارت دیگر متمرکز کردن عملیات استخراجی به منظور رسیدن به بازدهی بیشتر و ایجاد امکان کنترل و نظارت بیشتر با نیروی انسانی کمتر.

ب- مکانیزه کردن کارگاه‌های استخراج

بر مبنای یک روش استخراج و تجهیزات فنی معین، می‌توان بهره‌وری مطلوبی را انتظار داشت. این بهره‌وری را می‌توان با اصلاح روش سنتی، تعمیر و نگهداری به موقع تجهیزات و یا استفاده از مکانیزاسیون افزایش داد (منصوری، ۱۳۷۱). اغلب دیده شده که راه کار نخست فقط باعث ایجاد یک بهبود سطحی و کم دوام در بهره‌وری می‌شود در صورتی‌که مکانیزاسیون می‌تواند به صورت دائمی بهره‌وری را افزایش دهد. در مورد مکانیزاسیون این نکته قابل ذکر است که سرمایه‌گذاری بیشتر در شروع کار و هزینه تعمیرات و نگهداری بالاتر ماشین‌آلات، مرزهای روش مکانیزه را نسبت به روش غیر مکانیزه مشخص می‌کند. در هر حال روش مکانیزه می‌توان شرایط کار بهتر، تهویه و حمل و نقل مناسب‌تر و ایمنی بیشتری را ایجاد کند. با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که در مکانیزاسیون معادن زغال‌سنگ اهداف زیر دنبال می‌شود:

الف- افزایش بهره‌وری[1]

که به جرأت می‌توان گفت مهم‌ترین هدف در مکانیزه کردن کارگاه‌های استخراج، دستیابی به حداکثر بهره‌وری می‌باشد. استفاده از تجهیزات پیشرفته در یک کارگاه مکانیزه موجب کاهش کارگران و در نتیجه افزایش تولید به ازاء هر نفر در شیفت می‌شود. جدول ۳-۲ تغییرات بهره‌وری در معادن زغال-

1- Productivity

سنگ انگلستان، که در اثر استفاده از تجهیزات پیشرفته، و در نتیجه کاهش پرسنل حاصل شده را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۲- تغییرات بهره‌وری متاثر از کاهش پرسنل در معادن زغال‌سنگ انگلستان (حیدریان، ۱۳۷۳)

ردیف	سال	تعداد کل پرسنل (هزار نفر)	تولید (هزار تن)	بهره وری (تن نفر بر سال)
۱	۱۹۵۰	۷۰۰	۲۲۰۰۰۰	۳۱۴
۲	۱۹۷۶	۲۴۰	۱۱۰۰۰۰	۴۵۸
۳	۱۹۹۰	۸۵	۹۵۰۰۰	۱۱۱۸

در معادن زغال‌سنگ انگلستان، در سال ۱۹۷۹ متوسط بهره‌وری کارگاه استخراج ۹ تن بر نفر شیفت (حیدریان، ۱۳۷۳) بوده اما در سال ۱۹۹۰ به دلیل به کارگیری مکانیزاسیون در استخراج زغال‌سنگ، متوسط بهره‌وری برای کارگاه استخراج به ۲۰/۵ تن بر نفر شیفت رسید.

ب- کاهش هزینه تمام شده

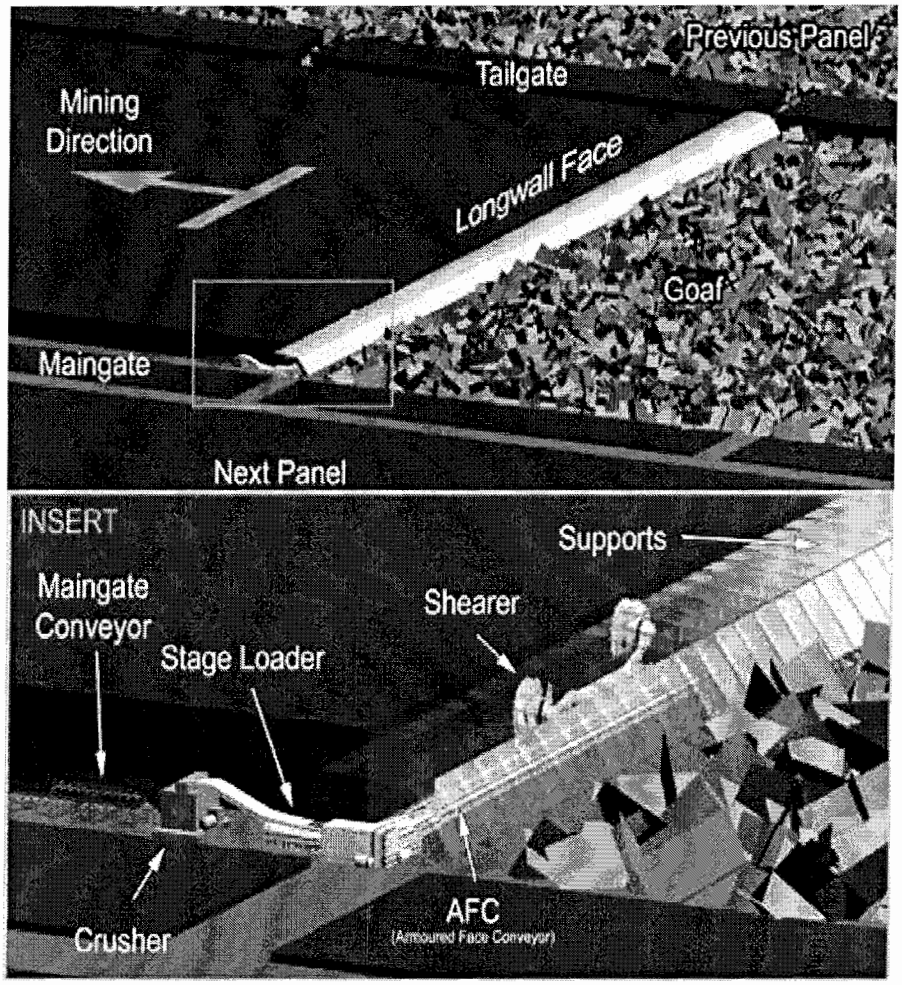
کلیه هزینه‌های یک معدن را می‌توان به هزینه‌های سرمایه‌ای، نیروی انسانی و هزینه‌های ملزومات، لوازم یدکی و مصرفی تقسیم کرد. معمولاً مکانیزاسیون باعث افزایش هزینه‌های سرمایه‌ای، هزینه‌های ملزومات و لوازم‌یدکی و کاهش هزینه نیروی‌انسانی می‌شود. اثر کاهش نیروی انسانی به اندازه‌ای است که افزایش هزینه‌ای دیگر را جبران می‌کند.

ج- افزایش ایمنی و کاهش سختی کار

تجهیزات کارگاه‌های استخراج توسط دستگاه‌ها و ماشین‌آلات پیشرفته موجب افزایش ایمنی و کاهش سختی‌کار می‌شود که این امر بالا رفتن روحیه افراد را نیز به دنبال خواهد داشت.

۳-۶- مکانیزاسیون در روش جبهه‌کار طولانی

یک سیستم جبهه‌کار طولانی مطابق شکل (۳-۲) شامل کاربرد سه نوع تجهیزات اصلی، سیستم نگهداری، ماشین معدنکاری و سیستم حمل از کارگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲- اجزاء اصلی یک جبهه‌کار مکانیزه (http://www.uow.edu.au/eng)

۳-۶-۱-مکانیزاسیون در سیستم نگهداری روش جبهه‌کار طولانی

کلید موفقیت در معدن‌کاری جبهه‌کار طولانی، کنترل مناسب سقف می‌باشد. انتخاب نامناسب روش کنترل سقف می‌تواند موجودیت اقتصادی معدن را زیر سئوال ببرد، معضلی که هم اکنون معادن زغال ایران با آن مواجه است. بر اساس تجربیاتی که در معادن زغال کرمان بدست آمده است مشکل اساسی کارگاه‌های جبهه‌کار طولانی این منطقه نگهداری آنها می‌باشد (منصوری، ۱۳۷۱). که علت اصلی پایین بودن بازدهی و عدم سوددهی این معادن، روش نامناسب نگهداری است. به طوری که بیش از دو سوم

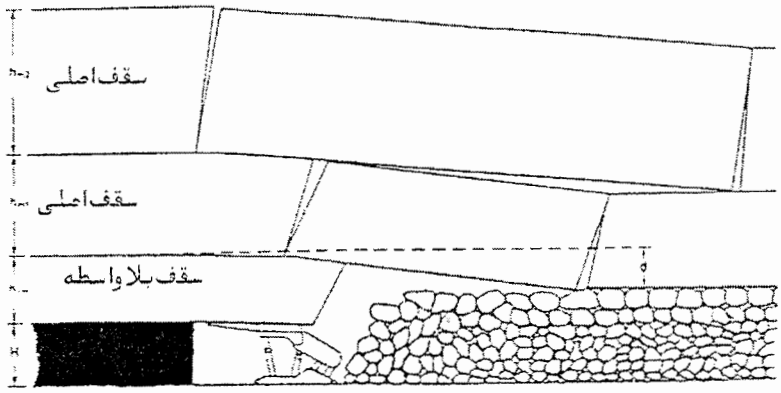
زمان یک سیکل استخراج در این کارگاه‌ها صرف نگهداری می‌شود. بنابراین انتخاب بهینه تجهیزات نگهداری یکی از مهم‌ترین مسائل در یک سیستم جبهه‌کار طولانی می‌باشد.

۳-۶-۱-۱-عوامل موثر در طراحی سیستم نگهداری

برای انتخاب نوع سیستم نگهداری ابتدا بایستی عوامل موثر در آنرا شناخت و به دقت بررسی کرد. عواملی را که در سیستم نگهداری موثرند، می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

الف- سقف بلاواسطه[1]: سقف بلاواسطه آن قسمت از چینه‌های پوششی است که بلافاصله پس از پیشروی جبهه‌کار به داخل فضای کارگاه ریزش می‌کند (شکل۳-۳).

برای کنترل سقف کارگاه باید سقف بلاواسطه را در نظر گرفت، جنس و ضخامت سقف بلاواسطه از فاکتورهای اصلی در انتخاب روش کنترل می‌باشد. به همین دلیل سقف‌های بلاواسطه را براساس معیارهای گوناگون طبقه‌بندی کرده‌اند. از نقطه نظر استخراجی می‌توان سقف بلاواسطه را به سه گروه ناپایدار، نیمه‌پایدار، پایدار تقسیم کرد (Browner،1983). ضخامت سقف بلاواسطه برای یک لایه زغالی با تناوب چینه‌شناسی خاص، عدد ثابتی نیست بلکه مقدار آن به روش استخراج و ترتیب استخراج بستگی دارد.



شکل ۳-۳- سقف بلاواسطه و سقف اصلی (peng and chiang ,1984)

1- Immediate Roof

ب- شیب لایه: این پارامتر در بازدهی فنی کار بسیار موثر است. اگر چه امروزه با پیشرفت ماشین‌آلات، لایه‌های تا شیب ۴۰ درجه را می‌توان با استفاده از سیستم نگهداری قدرتی استخراج کرد ولی لایه‌های کم‌شیب برای استفاده از این سیستم نگهداری مناسب‌ترند.

ج-ضخامت لایه: حداکثر ضخامتی که در حال حاضر امکان استخراج در یک مرحله را دارد حدود ۵ متر است آن هم با استفاده از نگهداری قدرتی، بنابراین ضخامت لایه در تعیین نوع روش کنترل سقف موثر می‌باشد.

د-شرایط کف: مقاومت کف نسبت به فرورفتگی سیستم نگهداری از عوامل مهم در نگهداری کارگاه می‌باشد.

ه-**شرایط زمین‌شناسی و تکتونیکی:** وجود یا عدم وجود گسل و شکستگی در سقف و کف در بازدهی موثر می‌باشد.

۳-۶-۱-۲-روشهای متداول نگهداری

سقف کارگاه‌های جبهه‌کار طولانی عمدتاً توسط سه روش نگهداری می‌شود که عبارتند از:

الف-نگهداری چوبی

ب-نگهداری با استفاده از جک‌های تک‌پایه‌ای هیدرولیکی

ج-نگهداری قدرتی[1]

گرچه نگهداری چوبی و جک‌های هیدرولیکی در معادن ایران به عنوان نگهداری اصلی کارگاه بکار می‌روند ولی این دو سیستم در معادن دنیا جای خود را به نگهداری قدرتی داده و خود به عنوان کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد نگهداری قدرتی مدرن را می‌توان از اوایل ۱۹۵۰ دانست، از آن تاریخ تاکنون با توجه به مشخصات معادن مختلف دنیا انواع مختلفی از این سیستم‌های نگهداری ساخته و به بازار عرضه شده است (منصوری، ۱۳۷۱). در این سیستم پایه‌ها و کلاهک‌ها به صورت یک واحد درآمده و برای جلو رفتن همزمان تجهیزات، ماشین زغال‌کنی به ناو زنجیری متصل شده است.

1- Powered Support

سیستم نگهداری قدرتی بر چهار نوع قاب[1], گوه[2], شیلد[3] و شیلد گوه‌ای[4] تقسیم‌بندی می‌شود (عطایی، ۱۳۸۴):

سیستم نگهداری قاب

قاب بسیار ساده بوده و عموماً به‌صورت دوتایی استفاده می‌شود. در یک واحد قاب دوتائی، یک قاب ممکن است شامل دو یا سه‌جک واقع در یک خط به طور مستقل یا مرتبط باشد. هر قاب قابلیت انتقال به صورت مستقل را داراست.

سیستم نگهداری گوه

گوه تا ده سال قبل متداول‌ترین سیستم قدرتی بوده است و شامل ۲ تا ۸ پایه هیدرولیکی، سپر فوقانی فولادی[5]، صفحه‌ی تکیه‌گاهی[6] منفرد یا دوتائی، بازوی کشنده، هل‌دهنده و دریچه‌ی کنترل می‌باشد. پایه‌ها در قسمت بالا به سپر فوقانی مفصل شده‌اند و روی صفحه تکیه‌گاهی قرار می‌گیرند (Stefanko ,1983).

سیستم نگهداری شیلد

سیستم نگهداری شیلد (دوپایه) در اواسط دهه ۱۹۷۰ در ایالات‌متحده ساخته شده، در آمریکا و اروپای غربی استفاده شد و چندین سال است که در اروپای‌شرقی هم مورد استفاده قرار گرفته است. شیلد دارای یک سری مزایا و معایب تئوریک نسبت به گوه می‌باشد، مزایای عمده آن عبارتست از (Stefanko,1983):

۱-دارای ایمنی بالاتر است و کارگر را کاملاً از قسمت تخریب جدا می‌کند.

۲-باعث ایجاد گرد و غبار کمتر شده همچنین از سقوط سنگ بین وسائل نگهداری جلوگیری می‌کند.

1- Frame
2- Chock
3- Shield
4- Chock shield
5- Conopy
6- Base Plate

۳-به سبب این‌که شیلدها وسایل سه‌تکه هستند از نظر مکانیکی سخت‌تر از گوه بوده و مشکل آفرینی کمتری در مقابل نیروهای جانبی دارند.

۴-شیلدها تعمیرات خیلی کمتری نسبت به گوه احتیاج داشته و طول عمر بالاتری دارند، همچنین انتقال آنها از یک کارگاه به کارگاه دیگر بدون احتیاج به هزینه زیاد مونتاژ امکان‌پذیر است.

۵-از نظر مکانیکی دارای سیستم هیدرولیکی ساده‌تر، اجزای کمتر و دامنه ارتفاع وسیع‌تری می‌باشند. برای مثال یک شیلد می‌تواند در محدوده ارتفاع ۱/۵ تا ۳ متر کار کند در صورتی که یک گوه ممکن است دارای دامنه ۱/۵-۲ یا ۲-۲/۴ متر باشد.

از معایب اصلی شیلدها قیمت آنها می‌باشد که به علت سنگین بودن قیمت،هزینه سرمایه‌ای بیشتری نیاز دارند. به‌طوری‌که مشخص شده در یک مقاومت نگهداری مشخص قیمت شیلد ۳۰ تا ۵۰ درصد بیشتر از گوه یا قاب می‌باشد.

از معایب دیگر شیلد پایین‌تر بودن ظرفیت تحمل به علت محدود بودن تعداد پایه‌ها می‌باشد.

سیستم نگهداری شیلد گوه‌ای

این سیستم ترکیبی از سپر و گوه است و دارای مزایای هر دو نوع می‌باشد.

۳-۶-۱-۳-طراحی سیستم‌های نگهداری قدرتی

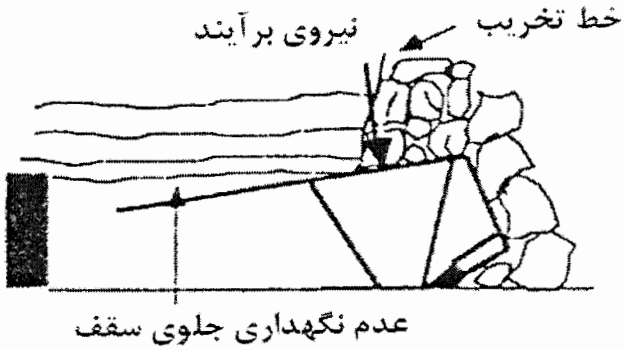
برای طراحی نگهداری‌های قدرتی هیچ‌گونه روش یا فرمول‌های یکنواختی وجود ندارد. بلکه هر کشوری با توجه به سیستم‌های مورد استفاده و شرایط معدن‌کاری خاص خود روشی ابداع کرده است. نکته قابل ذکر این است که کلیه این روش‌ها بر پایه مقابله با نیروهای عمودی یعنی وزن سقف بلاواسطه استوار است و نیروهای افقی را در نظر نگرفته‌اند. همین مسئله باعث ایجاد مشکلاتی در معادن مختلف دنیا شده است (منصوری، ۱۳۷۱).

۳-۶-۱-۴-محدودیت‌های کاربرد سیستم‌های نگهداری قدرتی

هر چند نگهدارنده‌های قدرتی در مکانیزاسیون کارگاه بسیار با ارزش بوده است و به نحو مطلوبی سقف را کنترل می‌کند، اما کاربرد آنها دارای محدودیت‌هایی به شرح زیر است:

شرایط سقف

سقف باید قابلیت تخریب نسبی داشته باشد، درصورتی‌که سقف تخریب نشود یا این‌که قبل از تخریب تشکیل طره طولانی داده یا به‌طور ناگهانی تخریب شود، این گونه سقف‌ها برای استخراج جبهه‌کار طولانی مکانیزه مناسب نیستند. بهترین سقف آن است که با پیشروی سیستم نگهداری تخریب شود. از طرف دیگر اگر سقف بسیار ضعیف باشد، مشکلاتی بوجود می‌آورد. به عنوان مثال در یکی از معادن انگلستان جدایش سقف در نیمه‌ی عقب سپرفوقانی باعث بروز مشکلاتی شد، در این حالت اگر خط تخریب جلوتر از خط عملکرد نیروی برآیند حرکت کند، پایه‌های عقبی میل دارند به سقف شکسته شده در جهت بالا فشار وارد کنند. این باعث می‌شود که قسمت جلوی سپرفوقانی پایین آمده و باعث جدایش نوک سپر فوقانی از سقف بالای AFC و در نهایت عدم نگهداری آن شود (Robert ,1990) (شکل۳-۴).

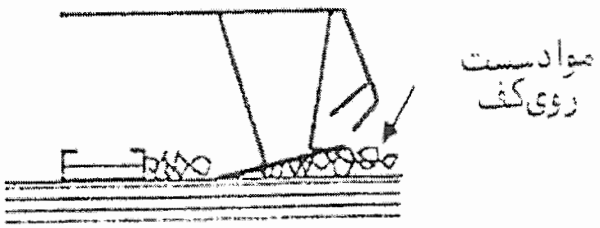


شکل ۳-۴- وضعیت نگهداری در سقف‌های بسیار سست (Robert ,1990)

شرایط کف

یک وسیله نگهداری ایده‌آل بایستی دارای یک توزیع فشار یکنواخت در طول صفحه تکیه‌گاهی باشد. یعنی در حالت ایده‌آل امتداد خط عملکرد برآیند بایستی از نقطه وسط صفحه تکیه‌گاه بگذرد.

اگر کف کارگاه استخراج سست بوده و مناسب نباشد نگهدارنده قدرتی در کف فرو رفته و پیشروی واحد نگهداری را مشکل ساخته و در نتیجه در اثر کج‌شدگی AFC دست یافتن به افق صحیح در برش بعدی مشکل خواهد بود شکل(۳-۵).



شکل ۳-۵- موقعیت نیروی برآیند و توزیع فشاردرصفحه تکیه‌گاهی و سپر فوقانی(Robert ,1990)

ضخامت لایه

ضخامت لایه و یکنواختی آن یکی از عوامل بسیار مهم در بکارگیری سیستم¬های نگهدارنده قدرتی است. این پارامتر در مقاومت نگهداری دستگاه موثر است.

شیب لایه

ساخت اولیه سیستم‌های نگهدارنده قدرتی برای لایه‌های تا شیب ۸ درجه مناسب بود ولی امروزه با تغییرات داده شده در آنها می‌توان لایه‌های ۴۰ درجه را با استفاده از این تجهیزات استخراج کرد.

گسل‌ها

گسل‌های کوچک ممکن است در سقف و کف وجود داشته باشند هر چه تعداد این گسل‌ها بیشتر باشد، شرایط کاربرد سیستم مشکل‌تر شده و راندمان کار کاهش می‌یابد.

آب در جبهه‌کار

وجود آب در جبهه‌کار به عنوان عامل نامطلوب تلقی می‌شود که باعث خوردگی سیستم¬های نگهدارنده قدرتی شده و راندمان را نیز کاهش می‌دهد.

عمر پهنه

به‌علت سرمایه‌گذاری اولیه بسیار بالا و مدت زمان طولانی برای نصب و جمع‌آوری و مشکلات اجرایی در نصب و جمع‌آوری سیستم‌های نگهدارنده قدرتی، ضروری است که پهنه معدنی دارای طول کافی باشد که طول این گونه پهنه‌ها حدود ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ متر می‌باشد.

۳-۶-۱-۵-مزایا و معایب سیستم‌های نگهداری قدرتی

استفاده از سیستم‌های نگهداری قدرتی دارای مزایای زیر است.

- همگرائی کمتر
- تولید بیشتر و کاهش تعداد کارگاه‌ها و تمرکز بخشیدن به کارگاه‌های استخراجی
- بالا رفتن ایمنی کارگاه به‌خاطر کنترل موثر سقف
- بالا رفتن بازدهی پرسنل استخراجی و در نتیجه کاهش هزینه‌های جاری استخراجی
- پائین آمدن قیمت تمام شده زغال استخراج شده

معایب این سیستم عبارتند از:

- هزینه‌های سرمایه گذاری اولیه بسیار بالا
- هزینه‌های زیاد نگهداری و تعمیر
- نیاز به نیروی متخصص جهت کار کردن با این سیستم‌ها
- کاربرد این سیستم نیاز به شرایط مناسب زمین‌شناسی دارد.

۳-۶-۲-مکانیزاسیون در استخراج زغال جبهه‌کار طولانی

انسان اولیه جهت کندن مواد از وسائلی به شکل بیل و کلنگ استفاده می‌کرده است. مکانیزم استخراج ماشین‌های زغال‌بر امروزی براساس همین دو روش است. نحوه استخراج عاملی است که مستقیماً با تولید و بهره‌وری در ارتباط است یعنی در صورت استفاده از یک سیستم استخراج مدرن و

مکانیزه، تولید و بازدهی بالا رفته و در غیر این‌صورت تولید پایین می‌آید. بنابراین انتخاب سیستم مناسب جهت استخراج از ویژگی‌های اصلی یک جبهه‌کار طولانی مکانیزه است.

استخراج در کارگاه استخراج به سه روش صورت می‌گیرد که عبارتند از: روش دستی، استخراج توسط آتشباری و استخراج توسط ماشین.

روش دستی

درأین روش استخراج توسط پیکور صورت می‌گیرد. بدین صورت که در هر کارگاه بسته به طول آن چندین کارگر به طور هم‌زمان و با استفاده از پیکور، وظیفه استخراج را انجام می‌دهند.

این روش ساده‌ترین روش استخراج می‌باشد و از مزایای آن، آسان بودن روش، ارزان بودن آن، قابلیت کاربرد در هر نوع ضخامت لایه و شیب لایه و هر نوع شرایط زمین‌شناسی، می‌باشد.

مهم‌ترین عیب این روش که تمام مزایای آن را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد تولید و بازدهی بسیار پائین آن می‌باشد (حداکثر ۲تن بر نفرشیفت). این عیب باعث شده که امروزه از این روش در کمتر معدنی استفاده شود. در ایران نیز از این روش فقط در کارگاه‌های پرشیب (بالای ۴۵ درجه) استفاده می‌شود.

استخراج توسط انفجار

در معادن فلزی که ماده معدنی سخت بوده و استخراج توسط ماشین و پیکور مشکل باشد، استخراج توسط انفجار صورت می‌گیرد. بدین صورت که تعداد زیادی چال توسط ماشین‌های حفاری حفر گشته سپس این چال‌ها منفجر شده،که باعث کنده شدن ماده معدنی می‌شوند. استفاده از این روش در معادن فلزی جایی‌که ماشین بازدهی ندارد و ماده معدنی به صورت توده‌ای باشد متداول بوده و تولید و راندمان بالایی دارد. ولی این روش در معادن زغال‌سنگ لایه‌ای و در ضخامت‌های کم و زغال نرم کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

استخراج توسط ماشین

دو نوع ماشین شیرر و رنده در کارگاه‌های جبهه‌کار طولانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. که ملاک-های متعددی جهت تصمیم‌گیری و انتخاب نوع ماشین وجود دارد. ضخامت لایه شاید یکی از مهم‌ترین آنها باشد، در لایه‌هایی که دارای ضخامت کمتر از ۱۰۶ سانتی‌متر می باشند. کاربرد یک شیرر مدرن با پتانسیل بالا با مشکل مواجه می شود و معمولاً رنده استفاده می‌شود (Stefanko ,1983).

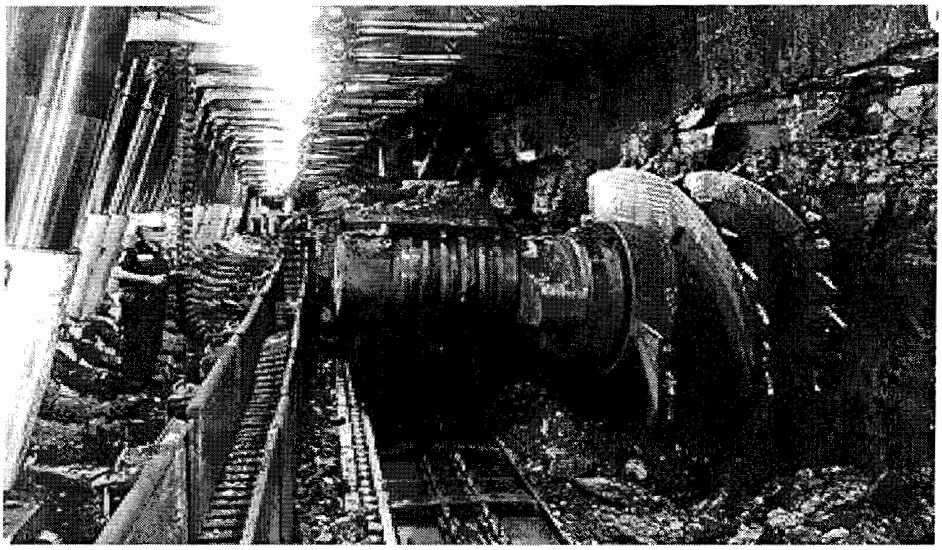
از طرف دیگر برای لایه‌های ضخیم‌تر از ۱۸۲ سانتی‌متر رنده ناپایدار شده و نمی‌تواند به‌طور صحیح در موقعیت برش قرار گیرد، در اینجا شیرر به‌کار برده می‌شود (Stefanko ,1983).

استفاده از شیرر حتی در لایه‌های بسیار ضخیم نیز به‌همراه شیلد مورد استفاده قرار گرفته است (ضخامت بالای ۵/۸ متر). بنابراین رنده یک ماشین لایه نازک و شیرر یک ماشین مخصوص لایه‌های ضخیم می‌باشد.

شیرر[1]

شیررها ماشین‌های نسبتاً باریکی هستند که مطابق شکل (۳-۶) روی نقاله جبهه‌کار حرکت کرده و یک برش با عمق معمولاً ۶۱ تا ۹۸ سانتی‌متر می‌گیرند (Stefanko ,1983).

1- Shearer



شکل ۳-۶- یک جبهه‌کار طولانی شامل شیرر (http://www.uow.edu.au/eng)

این نوع ماشین زغال‌کنی اولین بار در سال ۱۹۵۲ در انگلستان تولید شد. شیررها علی‌رغم دارا بودن انواع مختلف، دارای چندین عضو مشترک می‌باشند.

به عنوان نمونه شیرر دوطبلکه با بازوی متحرک[1] از چهار جزء اصلی موتورهای الکتریکی، سردنده‌ها[2] دستگاه محرک[3] و طبلک‌ها تشکیل یافته است. دور طبلک شیرر، پره‌های مارپیچی وجود دارد که روی آنها مته‌هایی نصب شده است. سرعت گردش طبلک حدود ۲۵ دور در دقیقه است. امروزه تمایل به سمت استفاده از مته‌های کمتر ولی بزرگ‌تر و سرعت طبلک کم‌تر به منظور افزایش کارایی برش و تولید گردوغبار کم‌تر می‌باشد.

اولین شیرر ساخته شده، دارای یک طبلک ثابت بود. این شیرر بسیار ساده بود و تنها در حین حرکت به جلو عمل کندن زغال را با برش نسبتاً باریکی (حدود ۵۱ سانتی‌متر) انجام می‌داد. این ماشین هنگام انتقال از بالا به پائین شیب زغال را برش داده و در هنگام برگشت عمل تمیز کاری جبهه‌کار را انجام می‌داد. با پیشرفت در ساخت تجهیزات زغال کنی، این سیستم اصلاح شد و طبلک به صورت مارپیچ طراحی شد. این شکل طبلک به هدایت زغال به روی ناو زنجیری نیز کمک می‌کرد. پس از آن برای کامل کردن

1-Double – Ended Ranging Drum Shearer
2- Gearheads
3- Power plant

محفظه مارپیچ و ایجاد یک ناو زنجیری مارپیچ، یک محافظ در عقب طبلک به ماشین وصل شد که برای جلوگیری از پرتاب زغال به قسمت تازه استخراج شده و هدایت زغال به روی ناو زنجیری به‌کار می‌رود. در معدن‌کاری دو جهته ممکن است این محافظ در انتهای جبهه‌کار موقعیتش نسبت به درام عوض شود و در سمت مخالف حالت اول قرار گیرد که این نیاز به ایجاد اطاقک در ورودی‌های جبهه‌کار دارد. به‌منظور کمک به حمل زغال باقیمانده بین کنویر و جبهه‌کار، صفحات شیب‌داری روی کنویر نصب شده که زغال را به‌داخل کنویر هدایت می‌کند.

نوع اولیه شیررها که طبلک ثابتی دارند، برای استفاده در لایه‌هایی با ضخامت یکنواخت مناسب می‌باشد. زیرا ارتفاع طبلک روی شیرر ثابت است. در صورت استفاده از این ماشین در لایه‌های با ضخامت متغیر، همواره یا مقداری از سنگ‌های باطله سقف کارگاه با زغال ترکیب شده و از کیفیت زغال‌سنگ استخراجی می‌کاهد. یا اینکه مقداری از زغال‌سنگ استخراج نشده و باقی می‌ماند.

برای رفع مشکل یاد شده و افزایش کارآیی شیررها، سعی بر این شد که در شیررها از بازوهای متحرک استفاده شود. با این تفکر نسل جدیدی از شیررها به بازار آمدند و تحول بسیار مهمی را در استخراج زغال‌سنگ از جبهه‌کارهای طولانی ایجاد کردند. این شیررها به صورت یک‌طبلکه و دوطبلکه به بازار عرضه شدند.

شیرر یک‌طبلکه با بازوی متحرک[1]

تا حدود ۱۵ سال پیش این نوع شیرر، معمول‌ترین شیرر مورد استفاده در معادن زغال‌سنگ جبهه‌کار طولانی بود.

شیرر دوطبلکه با بازوی متحرک[2]

این شیرر امروزه معمول‌ترین ماشین زغال‌کنی در جبهه‌کارهای طولانی با لایه‌های با ضخامت مناسب می‌باشد. شیرر دوطبلکه با بازوی متحرک، در یک عبور، برش کاملی از زغال را برداشته و بدون هیچ‌گونه کاهش تولیدی، انعطاف‌پذیری مناسبی نیز دارد.

1- Single Ended Ranging Dram sheaer (SERDS)
2-Double – Ended Ranging Drum shearer

شیرر دوطبلکه دارای مدل‌های مختلف است. برحسب موقعیت طبلک‌ها، دو نوع شیرر وجود دارد. در یکی هر طبلک در یک سمت و در دیگری هر دو طبلک در یک طرف بدنه شیرر قرار دارند. به طور تئوریک در طی هر عبور به منظور انجام دقیق‌تر عمل برش، طبلک جلویی بایستی بالا و طبلک عقبی پایین باشد، همچنین با این عمل اپراتور در یک موقعیت مناسب جهت ادامه افق صحیح قرار می‌گیرد. هنگام برش طبلک فوقانی ۷۰٪ ارتفاع لایه و طبلک زیرین ۳۰٪ باقیمانده زغال‌سنگ را می‌برد و زغال-سنگ روی زمین ریخته را نیز جمع‌آوری می‌کند. طبلک‌ها حدود ۷ تا ۱۰ متر از یکدیگر فاصله دارند. هنگامی که شیرر در جهت خلاف حرکت ناو زنجیری حرکت می‌کند، زغال‌سنگ بریده شده توسط طبلک جلویی ناگزیر از عبور از زیربدنه شیرر است. این عمل مقاومت در برابر حرکت شیرر را افزایش داده و می-تواند منجر به گیرکردن شیرر شود.

رنده[1]

برای اولین بار در سال ۱۹۴۰ در آلمان مورد استفاده قرار گرفت و به‌تدریج کامل شد. (لانبرگ، ۱۳۶۲) این ماشین برای حفر، یک برش از زغال به عمق ۰ تا ۱۸ سانتی‌متر به صورت رنده کردن عمل استخراج را انجام می‌دهد. زغال خرده شده به کنویر مجاور هل داده می‌شود. ماشین بر روی لبه AFC سوار می‌شود و در فضای بین کنویر و جبهه‌کار حرکت کرده که به‌واسطه اعمال فشار افقی جک‌های هیدرولیکی و پنوماتیکی روی قاب کنویر در مقابل جبهه‌کار نگه‌داشته می‌شود. این جک‌ها بسته به سختی زغال در فواصل ۳ تا ۸ متر نصب می‌شوند. ارتفاع رنده بسته به ضخامت لایه متغیر است. معمولاً ارتفاع رنده به میزان یک‌دوم تا دوسوم متوسط ضخامت لایه انتخاب می‌شود. در صورتی که لایه بسیار متغیر باشد ارتفاع رنده معادل حداقل ضخامت لایه انتخاب می‌شود. سرعت این ماشین بین ۰/۵ تا ۲ متر در ثانیه متغیر است.

انواع رنده

سه نوع رنده اصلی که عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند (عطایی، ۱۳۸۴):

1- Plow

رنده هوک[1]

این رنده دارای مدل‌های مختلف بوده و شامل تیغه و صفحات کف می‌باشد. ضخامت کف وظیفه پایدار سازی را به عهده داشته و تا زیر کنویر ادامه دارد. فاصله میان کنویر و نوک سرمته رنده در حداقل ممکن بوده و حدوداً ۲۳ سانتی‌متر می‌باشد.

رنده لغزشی[2]

در مقایسه با رنده هوک، رنده لغزشی فاقد صفحه کف می‌باشد که بدین ترتیب اصطکاک میان کف کارگاه و صفحه کف و ناو حذف می‌شود. زنجیر کشش در طرف جبهه‌کار و مجاور لوله راهنما قرار می-گیرد. رنده در طول صفحه شیب‌دار راهنما و صفحه پایه کنویر می‌لغزد و بنابراین بدنه رنده، کف کارگاه را لمس نخواهد کرد.

رنده ضربه‌ای[3]

این رنده برای استخراج لایه‌های کم ضخامت و با شیب‌های متوسط تا زیاد استفاده می‌شود. در روش رنده کردن با رنده ضربه‌ای بدنه رنده که نسبتاً سنگین است، بدون اینکه هدایت شود به‌وسیله زنجیر و با سرعت زیاد در طول جبهه‌کار کشیده شده و از طریق ضربه زدن متناوب زغال را می‌کند. در این روش، جبهه‌کار در امتداد بزرگ‌ترین شیب قرار نمی‌گیرد بلکه راهروی بالائی کمی جلوتر قرار گرفته تا بدین ترتیب اضافه بر نیروی کششی از وزن بدنه رنده نیز برای فشار به جبهه‌کار استفاده شود. مکانیزم برش در این روش بر ضربه‌هایی که بدنه رنده بر زغال وارد می‌کند متکی است.سرعت رنده بالا بوده و به ۲ متر بر ثانیه می‌رسد. رنده ضربه‌ای شامل واحد محرک اصلی (الکتروموتور و گیربکس) در تونل پایین، دستگاه محرک کمی در تونل بالا و یک زنجیر بی‌انتها که رنده روی آن نصب شده می‌باشد.

1- Hook plow
2- Sliding plow
3- Ram plow

۳-۶-۲-۱-عوامل مؤثر درطراحی سیستم استخراج مکانیزه در کارگاه

برای طراحی سیستم استخراج مکانیزه باید عوامل زیر را مدنظر داشت:

الف- ضخامت لایه: این پارامتر یکی از مهم‌ترین معیارهای تعیین کننده نوع ماشین معدن‌کاری زغالی می‌باشد، به‌طور مثال در لایه‌های نازک زیر ۱/۳ متر کاربرد شیررها محدود می‌شوند. (Stefanko ,1983)

ب- نوع زغال: سخت بودن یا نرم بودن زغال در تعیین نوع سیستم استخراج موثر است.

ج- هزینه عملیات

د- تولید گرد و غبار

ه- تعداد نیروی انسانی مورد نیاز

و- میزان تولید

ز- شرایط زمین‌شناسی

ح- شیب لایه

در جدول (۳-۳) رنده و شیرر از نظر پارامترهای مختلف با همدیگر مقایسه شده است.

جدول ۳-۳- مقایسه شرایط کاربرد شیرر و رنده (Stefanko ,1983)

شرایط	رنده	شیرر
زغال سخت و لیچه	ضعیف	انعطاف پذیر
مصرف تیغه	کم	زیاد
ایجاد گرد و غبار	کم	زیاد
دانه بندی	درشت	ریز
انتشار گاز متان	کم	زیاد
رفتار در برابر عوارض زمین شناسی	ضعیف	انعطاف پذیر
کنترل سقف	آسان	مشکل
هزینه برای واحد تولید	زیاد	کم
سرمایه گذاری اولیه	کم	زیاد
هزینه تعمیر و نگهداری	کم	زیاد
پیوستگی تولید	کم	زیاد
نظارت، کنترل و سرپرستی	مشکل‌تر	راحت‌تر
موقعیت اپراتور نسبت به ماشین	جدا از ماشین	همراه ماشین

۳-۶-۳- مکانیزاسیون در سیستم حمل و نقل جبهه‌کار طولانی

حمل و نقل زیرزمینی یکی از مهم‌ترین عملیات معدن‌کاری عمقی است و در برخی موارد می‌تواند عامل تعیین کننده بین سود و زیان یک معدن نیز باشد.

حمل مواد از سینه‌کار استخراجی بخش عمده‌ای از زمان یک سیکل را به خود اختصاص می‌دهد و کاهش زمان آن به‌همراه حذف زمان‌های از دست رفته، باعث بالا رفتن راندمان عملیات و کاهش هزینه-های بهره‌برداری می‌شود.

انتقال مواد از جبهه‌کار بسته به شیب کارگاه توسط وسایل گوناگونی انجام می‌گیرد. در شیب‌های بیشتر از ۳۰ درجه عموماً برای حمل مواد می‌توان از ناو ثابت استفاده کرد. در شیب‌های کم‌تر و در جبهه-کارهای پر تولید معمولاً حمل مواد توسط ناو زنجیری انجام می‌شود.

ناوزنجیری قابل‌انعطاف[1]

در روش استخراج جبهه‌کار طولانی زغال کنده شده توسط ناوزنجیری قابل‌انعطاف (AFC) حمل می-شود. AFC دارای ظرفیت بالائی بوده، از نظر ساختمانی بسیار محکم و قابل‌انعطاف می‌باشد. AFC نه تنها به عنوان ریل راهنما برای شیرر و رنده عمل می‌کند بلکه به عنوان نقطه اتکا برای پیشروی سیستم نگهداری به‌کار می‌رود.

بر اساس ظرفیت حمل و نوع کنترل سقف انواع گوناگونی از ناوزنجیری جبهه‌کار طولانی برای شرایط مختلف سقف و لایه طراحی شده‌اند، اما ساختمان اصلی و اجزاء مهم آنها مشابه می‌باشند. اجزاء اصلی AFC به شرح زیر است:

الف- واحد محرک اصلی: این واحد شامل پایه، موتور الکتریکی، گیربکس، چرخ‌دنده می‌باشد.

1- Armored Flexible Conveyor (AFC)

ب- ناوها: اگرچه ناوها دارای ساختمان بسیار ساده‌ای هستند ولی از مهم‌ترین اجزاء ناوزنجیری می‌باشند. ناوها وظیفه نگهداری ساختمان و حرکت میله‌های انتقال، حرکت دادن زغال بارگیری شده، ریل راهنما، جهت ماشین برش، را به‌عهده دارند و بنابراین تحت ساینده‌گی زیاد قرار می‌گیرند. با توجه به این مطلب ناوها بایستی قوی، سخت، و دارای مقاومت ساینده‌گی بالائی باشند. ناوها دارای انواع مختلف می‌باشندکه عبارتند از ناوهای استاندارد، شیبدار، قابل تنظیم و عمودی.

ج- واحد زنجیر: واحد زنجیر شامل زنجیرهای اتصال و میله‌های انتقال می‌باشد. زنجیر بایستی خیلی محکم، سخت و دارای مقاومت ساینده‌گی بالا باشد زیرا هم تحت بارگذاری خارجی استاتیکی و هم تحت بارگذاری دینامیک قرار می‌گیرد.

انتخاب AFC با توجه به ظرفیت حمل و قدرت مورد نیاز صورت می‌گیرد. فاکتورهایی همچون پهنای ناو، نوع‌زنجیر، ابعاد زنجیر، سرعت زنجیر، شکل ناو استاندارد و تجهیزات کمکی برای ماشین برش، قدرت مورد نیاز واحد محرک و ترتیب قرار گرفتن واحدهای محرک باید در هنگام انتخاب AFC مورد بررسی قرار گیرند.

در انتخاب AFC تغییرات ضخامت لایه باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین ظرفیت AFC باید با توجه به ضخامت حداکثر لایه تعیین شود.

۳-۷-عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ

برای نمایش کمی قابلیت مکانیزاسیون لایه، ابتدا باید عواملی را که می‌توانند تأثیر عمده‌ای روی آن بگذارند، شناسایی کرده و هر یک از آنها را به صورت یک کمیت بیان کرد. بنابراین برای رسیدن به اهداف فوق شناسایی نسبتاً دقیق لایه زغال‌سنگ و کسب اطلاعات از خصوصیات فیزیکی و پارامترهای ژئومکانیکی زغال‌سنگ و سنگ‌های پیرامون آن ضروری می‌باشد. طبق مطالعات انجام شده، عمده‌ترین عوامل موثر بر قابلیت مکانیزه کردن استخراج لایه‌های زغال‌سنگ به ترتیب زیر می‌باشند.

۳-۷-۱-شیب لایه[1]

شیب لایه یکی از پارامترهای مهمی است که در پایداری لایه‌ها و قابلیت مکانیزه کردن استخراج آنها، نقش عمده‌ای ایفا می‌کند. گستره تغییرات شیب لایه را می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد.

الف- لایه‌های زغال‌سنگ افقی (دارای شیب متوسط ۵ درجه)

ب- لایه‌های زغال‌سنگ با شیب ملایم (۵ تا ۱۵ درجه): با این شیب می‌توان لایه‌های زغال‌سنگ را تا ضخامت ۳ متر، به صورت مکانیزه استخراج کرد. روش جبهه‌کار طولانی عمده‌ترین روشی است که برای استخراج این لایه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ج- لایه‌های زغال‌سنگ با شیب متوسط (۱۵ تا ۴۰ درجه)

د- لایه‌های زغال‌سنگ پرشیب (۴۰ تا ۷۵ درجه)

ه- لایه‌های خیلی پرشیب (دارای شیب ۷۵ تا ۹۰ درجه)

شیب لایه‌های زغال جهت استخراج مکانیزه هر چه کمتر باشد بهتر است، به‌طوری که سیستم‌های مکانیزه در شیب‌های کمتر از ۳۰ درجه به‌کار می‌روند. هر چند امروزه تا شیب‌های ۴۰ درجه در بعضی نقاط اروپا و حتی تا شیب‌های ۷۰ درجه، استخراج به‌صورت مکانیزه صورت می‌گیرد. به‌طور کلی با افزایش شیب یک لایه قابلیت مکانیزاسیون لایه کاهش می‌یابد (عطایی، ۱۳۸۴).

۳-۷-۲-ضخامت لایه[2]

ضخامت لایه زغال‌سنگ یکی از پارامترهای موثر در تعیین قابلیت مکانیزه کردن استخراج لایه بوده و نقش عمده‌ای در انتخاب ماشین‌آلات ایفا می‌کند. برای یک کارگاه استخراج مکانیزه تغییرات ضخامت مناسب بین ۰/۶ تا ۵ متر است.

در ضخامت‌های بیشتر از ۳ متر به تجهیزات خاصی را نیاز است و ضخامت‌های کمتر از ۰/۶ متر معمولاً توسط آگر استخراج می‌شوند. برای استخراج زغال در ضخامت‌های ۰/۸ تا ۵ متر می‌توان از انواع

1- Dip
2- Thickness

شیررها و رنده‌ها با توجه به شرایط استفاده کرد اما برای لایه‌های ضخیم‌تر از ۵ متر، استفاده از جبهه کار طولانی دو یا سه طبقه پیشنهاد می‌شود (BtbbT - HardGroveK ,1992).

۳-۷-۳-یکنواختی لایه[1]

گسل‌ها[2] یکی از عمده‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی در معادن زیرزمینی زغال‌سنگ می‌باشند. میزان جابجایی لایه زغال‌سنگ توسط گسل و تعداد گسل‌های موجود در طول لایه از مهم‌ترین عواملی هستند که بر چگونگی عبور جبهه‌کار زغال‌سنگ از گسل و قابلیت مکانیزاسیون لایه تأثیر گذار می‌باشند (طباطبایی، ۱۳۸۲).

رابطه قابلیت مکانیزاسیون لایه زغال‌سنگ با میزان یکنواختی آن یک رابطه مستقیم می‌باشد. در سال ۱۹۹۳ شولز طبقه‌بندی پیشنهاد کرد که در آن میزان یکنواختی لایه بر حسب تغییرات شاخص جابجایی (نسبت جابجایی لایه به ضخامت آن) مشخص شده است. شاخص جابجایی (I_t) را می‌توان از رابطه (۳-۱) بدست آورد (Walsh, 1994).

$$I_t = \frac{m}{t} \qquad (۳-۱)$$

که در آن:

m: میزان جابجایی لایه توسط گسل برحسب متر

t: ضخامت لایه بر حسب متر

در طبقه‌بندی شولز[3]، شاخص جابجایی لایه به صورت کسری از ضخامت لایه نشان داده شده و میزان یکنواختی لایه با توجه به شاخص جابجایی آن به صورت یک امتیاز به لایه اختصاص می‌یابد. یکنواختی لایه در این طبقه‌بندی نیز بین ۰ و ۱ تغییر می‌کند به طوری که لایه‌های دارای شاخص جابجایی صفر یکنواخت بوده و امتیاز یکنواختی آنها برابر با ۱ و لایه‌هایی که دارای شاخص جابجایی بیش از ۳ می-

1- Uniformity
2- Faults
3-Sholz

باشند، غیریکنواخت و امتیاز یکنواختی آنها صفر می‌باشد. جدول ۳ ـ۴ طبقه‌بندی پیشنهادی یکنواختی لایه شولز را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۴- طبقه‌بندی پیشنهادی شولز (Walsh, 1994)

ردیف	تغییرات شاخص جابجایی لایه (I_m)	امتیاز یکنواختی لایه	وضعیت یکنواختی
۱	۰ -۰/۵	۱-/۶	یکنواخت
۲	۰/۵ -۱	۰/۶-۰/۳۵	نیمه یکنواخت
۳	۱ -۱/۵	۰/۳۵-۰/۲	
۴	۱/۵ -۲	۰/۲-۰/۱۳	غیریکنواخت
۵	۲ -۲/۵	۰/۱۳-۰/۰۸	
۶	۲/۵ -۳	۰/۰۸-۰/۰۴	

یکنواختی لایه می‌توان به‌صورت تغییرات ضخامت لایه تعریف کرد، به این معنی که اگر ضخامت لایه تقریباً ثابت باشد می‌توان آن را یکنواخت در نظر گرفت. اگر میزان تغییرات ضخامت لایه زیاد باشد در این‌صورت باید مقداری از زغال‌سنگ در کف و سقف کارگاه استخراج باقی گذاشت. اگر میزان تغییرات ضخامت لایه کم باشد در این‌صورت باید مقداری از سنگ باطله از کف و سقف کارگاه استخراج برداشته شود.

۳-۷-۴-کیفیت سنگ سقف

مشخصات زمین‌شناسی سنگ سقف از عوامل مهم در انتخاب روش استخراج زغال‌سنگ و تعیین سرعت پیشروی جبهه‌کار می‌باشد. در روش پر تولید جبهه‌کار طولانی، وجود یک سقف قابل تخریب مهم-ترین عامل در موفقیت عملیات استخراج می‌باشد. با توجه به مطالعات رسوب‌شناسی انجام شده روی لایه-های زغال‌سنگ در نقاط مختلف جهان، سنگ آهک، ماسه‌سنگ، لای‌سنگ، شیل ماسه‌ای و شیل از

عمده‌ترین سنگ‌هایی هستند که به عنوان لایه فوقانی لایه زغال‌سنگ (سقف‌لایه) مشاهده شده‌اند و مقاومت آنها به ترتیب از سنگ‌آهک تا شیل کاهش می‌یابد (Cassidy ,1973).

درسال ۱۹۸۶، آنراج و اسویلسکی[1] با استفاده از تجربیات پنگ و چیانگ[2]، طبقه‌بندی ارائه کردند که در آن کیفیت سنگ سقف بلافاصل براساس مقدار شاخص کیفیت سنگ سقف بلافاصل (Q_r) به ۶ گروه ضعیف، کمی پایدار، نیمه پایدار، پایدار، خیلی محکم و نامناسب برای تخریب تقسیم‌بندی می‌شد (جدول۳ ـ۵). اساس طبقه‌بندی پیشنهادی آنراج و اسویلسکی این است که سقفی برای انجام عملیات استخراج جبهه‌کار طولانی مناسب می‌باشد که بار قائم وارد بر آن از استحکامش به مقداری بیشتر باشد که پس از پیشروی جبهه‌کار، به طور پیوسته و یکنواخت ریزش کرده و تمرکز تنش ایجاد شده را خنثی کند. به این ترتیب با توجه به طبقه‌بندی کیفیت سنگ سقف، سقف‌هایی که شاخص کیفیت‌شان بین ۶ تا ۱۳ تن بر متر می‌باشد، به‌عنوان مناسب‌ترین سقف برای انجام عملیات استخراج جبهه‌کار طولانی انتخاب شد.

1- Unrug & Szwilski
2- Peng and Chiang

جدول ۳-۵- طبقه‌بندی سنگ سقف بر اساس مقدار عددی شاخص کیفیت(Q_r) (Unrug – Szwilski ,1982)

ردیف	نام گروه	(O_r) (t/m)	(O_r) (kg/cm)	توصیف سنگ سقف	سطح سقف نگهداری نشده (m^2)
۱	ضعیف	۰-۱/۸	۰-۱۸	ریزش بلافاصله سقف پس از پیشروی	۱
۲	کمی پایدار	۱/۸-۳/۵	۱۸-۳۵	سقف پر درزه و شکاف است.	۱-۲
۳	نیمه پایدار	۳/۵-۶	۳۵-۶۰	تخریب آسان	۲-۵
۴	پایدار	۶-۱۳	۶۰-۱۳۰	مناسب‌ترین سقف برای تخریب	۵-۸
۵	خیلی محکم	> ۱۳	>۱۳۰	ضرورت انجام تخریب مصنوعی	>۸
۶	نامناسب برای تخریب	>۲۵	>۲۵۰	نامناسب برای تخریب	>۸

مقدار عددی شاخص کیفیت سنگ سقف به پارامترهایی از قبیل مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا و ضخامت سقف بلافاصل بستگی دارد و از رابطه ۳ ـ ۲ محاسبه می‌شود (Unrug, Szwilski, 1982).

$$Q_r = 0.016\sigma_M.d \qquad (۲_۳)$$

به‌طوری که:

σ_M: مقاومت فشاری سنگ سقف بلافاصله در حالت برجا برحسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

d: ضخامت سقف بلافاصل برحسب سانتی متر

Q_r: شاخص کیفیت سنگ سقف برحسب کیلوگرم بر سانتی‌متر

به علت این‌که اندازه گیری مقدار σ_M در محل، کار نسبتاً سختی است، برای سهولت می‌توان از رابطه زیر برای محاسبه این پارامتر استفاده کرد (Unrug, Szwilski, 1982):

$$Q_M = \sigma_c.k_1.k_2.k_3 \qquad (۳_۳)$$

به‌طوری که:

σ_c: مقاومت فشاری تک محوری سنگ سقف برحسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع

K_1: ضریب مقاومت برجا

K_2: ضریب خزش

K_3: ضریب رطوبت

ضرایب K_1، K_2، K_3 به جنس سنگ سقف و خصوصیات آن بستگی دارند و با استفاده از جدول‌های ۳ ـ۶ و ۳ ـ۷ و ۳ ـ۸ مشخص می‌گردند.

جدول ۳-۶- ضریب مقاومت برجای سنگ سقف (Unrug, Szwilski, 1982)

نوع سنگ	ماسه سنگ	گل سنگ	لای سنگ و رس سنگ
K_1	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۵

جدول ۳-۷- ضریب خزش سنگ سقف (Unrug, Szwilski, 1982)

نوع سنگ	ماسه سنگ	گل سنگ ، لای سنگ و رس سنگ
K_2	۰/۷	۰/۶

جدول ۳-۸- ضریب رطوبت سنگ سقف (Unrug, Szwilski, 1982)

نوع سنگ	ماسه سنگ	گل سنگ ، لای سنگ و رس سنگ
K_3	۰/۶	۰/۴

ضخامت سقف بلافاصل نیز از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$d = \frac{M}{K-1} \qquad (۴_۳)$$

به‌طوری که:

M: ارتفاع معدن‌کاری برحسب متر

K: ضریب تورم سنگ سقف بلافاصل (معمولاً ۱/۵)

با توجه به مطالب فوق، می‌توان رابطه ۳ ـ۴ را برای محاسبه کیفیت سنگ سقف مبنی قرار داده و در مدل‌سازی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ از آن استفاده کرد.

۳-۷-۵-کیفیت سنگ کف[1]

به‌طور کلی در روش جبهه‌کار طولانی، سنگ کف باید بگونه‌ای باشد که وقتی نگهدارنده قدرتی روی آن قرار می‌گیرد و بار قائم سقف از طریق نگهدارنده به آن وارد می‌شود، پایه‌های نگهدارنده در آن فرو نرود و پیشروی جبهه‌کار مختل نشود. بنابراین برای پیش‌بینی کیفیت سنگ کف، عوامل اصلی که باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از(Stefanko– Bise ,1983):

۱ـ توان باربری سنگ کف

۲ـ بار قائم ناشی از وزن لایه‌های سقف که توسط پایه‌های نگهدارنده به سنگ کف اعمال می‌شود.

هنگام پیشروی تجهیزات در روش استخراج جبهه‌کار طولانی، یکی از پارامترهای مهمی که می‌تواند روی سرعت پیشروی تأثیرگذار باشد، توان باربری سنگ کف است.توان باربری معرف حداکثر باری است که سنگ کف می‌تواند تحمل کند، بدون این‌که در آن شکستی روی دهد.

فریر[2] نخستین کسی بود که در سال ۱۹۸۲ مطالعات اولیه‌ای روی رفتار سنگ کف، در معادن زغال‌سنگ انجام داد (Bieniawsk, 1987). طبق مشاهدات او، اگر لایه‌های ضخیم سنگی که دارای مقدار زیادی رس بوده و مقاومت متغیر دارند، در کف تونل‌ها یا کارگاه‌های استخراج معادن زغال‌سنگ واقع شوند، مستعدترین سنگ‌ها برای شکست می‌باشند.

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه رفتار سنگ کف، می‌توان چنین نتیجه گرفت که عمده‌ترین عوامل موثر بر توان باربری کف در معادن زغال‌سنگ عبارتند از:

ـ میزان بار قائم وارد بر سنگ کف

ـ رطوبت و آب محتوی سنگ کف

1- Floor Rock Quality
2- Freer

ـ قابلیت تحمل فشار سنگ کف یا مقاومت فشاری آن

ـ توالی لایه‌های سنگی کف

ـ مقاومت برشی سنگ کف

ـ ضخامت رس سنگ موجود در سنگ کف و میزان یکنواختی آن

توان باربری در سنگ‌های شکننده و کشسان (شیل، ماسه‌سنگ) براساس تئوری مقاومت کیفیت طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود (اورعی،۱۳۸۰).

$$\delta_b = 3C_o \qquad (۵-۳)$$

که در آن:

δ_b:توان باربری سنگ کف

C_o:مقاومت فشاری تک محوری

همانطور که ملاحظه می شود توان باربری سنگ کف به طور مستقیم با مقاومت سنگ ارتباط دارد پس هرچه مقاومت سنگ کف بیشتر باشد قابلیت مکانیزاسیون لایه بیشتر است.

طبق مطالعات ترزاقی[1] در سال ۱۹۴۳ توان باربری سنگ کف علاوه بر وزن مخصوص به خصوصیات مقاومتی سنگ کف (مقاومت چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی) بستگی دارد. اثر وزن مخصوص سنگ کف بر توان باربری نیز به ϕ وابسته است. در این‌صورت اثر وزن مخصوص سنگ کف بر بارگذاری یکنواخت دو طرف پایه به صورت رابطه زیر مطرح می‌شود (peng, ching, 1984).

$$q = \frac{1}{2}.\ \gamma.B.N_r \qquad (۶-۳)$$

$$Nr = 2(N_q + 1).\tan\phi \qquad (۷_۳)$$

$$N_q = e^{\alpha.\tan\phi}.\tan^2(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}) \qquad (۸-۳)$$

که در آن:

q: توان باربری سنگ کف

γ: وزن مخصوص سنگ کف

---

1 -Terzaghi

B: عرض پایه نگهدارنده

N_γ, N_q: فاکتور بی بعد باربری سنگ کف

ϕ: زاویه اصطکاک داخلی

α: شیب لایه

۳-۷-۶-آب

آب در کارگاه باعث خوردگی سیستم‌های مکانیزه جبهه‌کار طولانی می‌شود. تحت چنین شرایطی باید کارگاه را با حفر چال‌هایی زهکشی کرد و یا از سیستم‌های نگهدارنده مخصوص ضد خورندگی استفاده کرد.

۳-۷-۷-گسترش امتدادی لایه

برای توجیه اقتصادی استفاده از سیستم‌های مکانیزه جبهه‌کار طولانی، گسترش امتدادی لایه (طول پهنه) باید به اندازه کافی بزرگ باشد. نصب تجهیزات ۱۵ تا ۲۰ روز طول می‌کشد که این خود باعث افزایش هزینه زغال‌سنگ می‌شود، در قطعات بزرگ این هزینه حداقل خواهد بود. در هر حال قطعات خیلی بزرگ نیز دارای هزینه‌های زیاد تعمیر و نگهداری راهروهای ورودی هستند که البته این مشکل قابل حل است. بنابه تجربه طول پهنه مناسب ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است.

با توجه به این مطلب که در تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ عوامل متعددی موثرند که همگی در ارتباط با ساختار زمین‌شناسی لایه می‌باشند. بنابراین در مباحث زمین‌شناسی همواره با درصد بالایی از عدم قطعیت مواجه هستیم و مشخصات لایه از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر همواره با مقداری تغییر همراه است به طوری که رسیدن به یک هدف خاص را غیر ممکن می‌سازد. در نتیجه بهتر است برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ با استفاده از منطق فازی راهکاری برای ساماندهی سیستم ارائه شود.

فصل چهارم

مجموعه‌ها و منطق فازی

۴-۱-مقدمه

روش‌های کلاسیک و سنتی مدل سازی، استدلال، استنتاج و محاسبات دارای ویژگی دو ارزشی بله یا خیر و سیاه یا سفیداند. لیکن در جهان خارج و اقلیم واقعیات ترسیم مرزهای بسیار تند و شفاف بین پدیده‌ها و روابط کاری بسیار سخت و طاقت فرسا بوده و در بسیاری از موارد، قضاوت صریح و بدون ابهام غیر ممکن است. در تئوری فازی علی‌رغم روش‌های سنتی، مرزهای مجموعه‌ها صریح و شفاف نبوده و پایه قضاوت‌ها واژه‌هایی نظیر کم یا بیش است. به‌عبارت دیگر، در سیستم‌های فازی، نوع مدل سازی و استنتاج تقریبی بوده و در مجموعه، و در مجموعه‌های فازی تابعیت هر عنصر در یک مجموعه بر حسب درجه عضویت آن در مجموعه مذکور است. این دیدگاه پایه و اساس مجموعه‌ها و منطق فازی بوده که به‌وسیلهٔ پرفسور لطفی‌زاده مطرح گردیده است.

در سال ۱۹۶۵ پرفسور عسکر لطفی‌زاده، استاد ایرانی‌الاصل دانشگاه برکلی کالیفرنیا اولین مقالهٔ خود را در زمینهٔ فازی تحت عنوان مجموعه‌های فازی منتشر کرد که جرقهٔ اولیه‌ای از پرتو یک جهان بینی در عرصهٔ ریاضیات و علوم و اولین قدم در معرفی بینشی نو و واقع گرایانه از جهان در چارچوب مفاهیم کاملاً بدیع اما بسیار سازگار با طبیعت انسان شد. تا حدود چند دههٔ پیش مبحث فازی و بنیانگذار آن با مخالفت آشکار و سخت جمع کثیری از دانشمندان، ریاضیدانان و مهندسین روبرو بود اما با پیدایش کاربردهای علمی منطق فازی و آشنایی و شناخت بیشتر جهان علم با مفاهیم فازی به‌تدریج این مخالفت‌ها به تحسین و تشویق بدل شد. تفکر فازی از دیدگاهی فلسفی نشأت می‌گیرد. همان‌گونه که فلسفهٔ ادیان الهی با طبیعت و سرشت انسان سازگار است ، تفکر فازی با الهام از فلسفهٔ شرقی، جهان را آن‌گونه که هست معرفی می کند. در فلسفهٔ ارسطویی که در مقابل فلسفهٔ شرق قرار دارد، همه چیز به دو دسته سیاه و سفید و آری و نه تقسیم می‌شود. مفاهیم منطقی و نتایج حاصله از استدلالات منطقی نیز در فلسفهٔ

ارسطویی هیچ‌گونه حالات میانه‌ای ندارد. در این فلسفه نمی‌توان تا اندازه‌ای راستگو بود و ضمناً کمی هم دروغگو، همزمان نسبتاً جوان بود و تا اندازه‌ای پیر بود. در فلسفهٔ ارسطویی مرزها کاملاً مشخص و تعریف شده هستند (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

در تفکر فازی مرز مشخصی وجود ندارد و تعلق عناصر مختلف به مفاهیم و موضوعات گوناگون نسبی است بنابراین، این تفکر با طبیعت و سرشت انسان و محیط جهان ما سازگار است. بر اساس این دیدگاه، ریاضیات کلاسیک که بر منطق ارسطویی استوار است زیر سؤال می‌رود لذا از این جا است که مخالفت‌ها نسبت به این تفکر شروع شد. ریاضیات کلاسیک در مواردی که با جهان دو ارزشی سروکار داشته باشد ابزار مناسبی برای بیان مفاهیم مختلف است اما با رشد اندیشهٔ انسانی و پیشرفت‌های علمی و تکنولوژیک نیاز به ابزارهای مناسب‌تر علمی برای بیان مفاهیم پیچیده‌تر زندگی و محیط انسان آشکار شده است. مفاهیمی که دیگر نمایش آنها با ریاضیات معمولی که بر معیارهای دو ارزشی استوار است چندان مناسب و مقدور نیست. ریاضیات فازی پاسخگوی چنین نیازی است. نیاز برای بیان مفاهیم چند ارزشی به جای مفاهیم دو ارزشی. نیاز برای واقعیت‌های جهان در قالب‌هایی که چندان در آن نمی‌گنجد.

علم همواره با یک اشتباه همراه بوده است. اشتباهی که همه دانشمندان نیز گویی مرتکب آن شده‌اند. بر اساس مبانی و اصول علم، همه چیز تنها مشمول یک قاعده ثابت می‌شود که به موجب آن، یا آن چیز درست یا غلط است. دانشمندان نیز در گذشته بر همین اساس به تحلیل دنیای محیط خود می‌پرداختند. گر چه آنها همیشه مطمئن نبودند که چه چیزهایی درست و چه چیزهایی نادرست است و گر چه دربارهٔ درستی و نادرستی یک پدیدهٔ مشخص ممکن بود دچار تردید شوند ولی در یک مورد هیچ تردیدی نداشتند و آن اینکه هر پدیده‌ای یا درست است و یا نادرست.

مثال‌های فراوانی را می‌توان ارائه کرد که در آنها چنین برداشتی دور از حقیقت نیست. مثلاً هر کسی باید بتواند بگوید که علف سبز است و قرمز نیست. این پدیده تنها یک پاسخ درست دارد. یک پاسخ دلخواه نظیر سبز بودن یا قرمز بودن علف یا مشخص کنندهٔ پاسخ صحیح و یا جواب غلط است و حالت میانه‌ای مطرح نیست. اما بایستی تاکید کرد که این مثال‌ها را که در آنها برای هر مسئله‌ای تنها یک جواب آری یا نه صادق است نمی‌بایست به همه چیز تعمیم داد. اشتباه علم در این بوده که این مسئله را

به تمام پدیده‌ها تعمیم داده است. پدیده‌های منطقی و ریاضی نیز بر اساس مبانی و اصول کلاسیک علم تنها دو حالت دارند: یا درست هستند و یا غلط و این دقیقاً مشابه درست بودن یا غلط بودن انتخاب رنگ علف است (غفاری و همکاران ،۱۳۷۷). بر این اساس، موضوعات منطقی و ریاضی نیز یا کلاً درست یا کلاً نادرست هستند، یا سفید هستند یا سیاه، یا یک یا صفر هستند. اشتباه علم در آن است که: آنچه را که تنها برای موارد خاصی مصداق دارد به تمام پدیده‌هاتعمیم داده است. در حقیقت پدیده‌های مختلف را نمی‌توان تنها به یکی از دو صورت صحیح و غلط یا صفر و یک تقسیم‌بندی کرد. موضوعات ریاضی و منطقی را نیز نباید تنها با چنین برداشتی ارزیابی کرد. بلکه همه چیز باید به‌طور نسبی سنجیده شوند و برای آنها درجه‌بندی قائل شد. همه چیز در حقیقت به‌طور نسبی درست یا غلط است. اکثر چیزهایی که درست به‌نظر می‌رسند، نسبتاً درست هستند . در مورد صحت و سقم پدیده‌های واقعی همواره درجاتی از عدم قطعیت صدق می‌کند. به عبارت دیگر پدیده‌ها تنها سیاه یا تنها سفید نیستند بلکه تا اندازه‌ای خاکستری هستند. پدیده‌های واقعی تا اندازه‌ای فازی، مبهم و غیر دقیق هستند. تنها ریاضی بود که سیاه و سفید بود و این خود چیزی جز یک سیستم مصنوعی متشکل از قواعد و نشانه‌ها نبود. اشتباه علم در اینجا بود که واقعیت‌های خاکستری یا فازی را با ابزار سیاه وسفید ریاضی به نمایش می‌گذاشت. و این چنین بود که به‌نظر می‌رسید واقعیت‌ها نیز تنها سیاه یا سفید هستند. به این ترتیب در حالی که در تمامی جهان حتی یک پدیده را نمی‌توان یافت که صد درصد درست یا صد درصد غلط باشد، علم با ابزار ریاضی خود پدیده‌های جهان را این‌طور بیان می‌کرد. امروزه تئوری فازی کاربردهای زیادی در علوم و فنون مختلف از جمله علوم مهندسی تا علوم پایه، انسانی و پزشکی پیدا کرده است و کاربردهای آن در رشته مهندسی معدن در حال گسترش است.

عدم قطعیت در مشخصه‌های توده سنگ به طور کلی خیلی زیاد می‌باشد. دلایل این عدم قطعیت و تردید بیشتر زمین‌شناسی توده سنگ می‌باشد که اغلب امکان دست‌یابی به دانستن جزئیات ترکیبات زمین‌شناسی و خواص مکانیکی در روش دقیق وجود ندارد. لذا مدل‌سازی توده سنگ در مسائل مهندسی بیشتر هنر است تا علم. روش‌های عددی در تحلیل سازه‌های مهندسی موجود در سنگ‌ها نیاز به اطلاعات بیشتری برای دست‌یابی به رفتار مکانیکی واقعی‌تر از سنگ مدل شده دارد. مدل‌های سه بعدی به علت

کمبود اطلاعات برای مطالعه چنین مواردی کاربرد کمی داشته است. حتی وقتی اطلاعات زیادی در دسترس باشد، واضح است که استفاده از این اطلاعات کار مشکلی است. در این مواقع روش‌های احتمالی می‌توانند کمک بزرگی به ما بکنند (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

با فرض وجود اطلاعات کم درباره ترکیب و رفتار مکانیکی توده سنگ، همبستگی‌های تجربی نقطه شروع مناسبی برای مقدار دادن به پارامترهای تعیین شده می‌باشد. تجربه، درک معمولی و قضاوت مهندسی، در کنار مشاهدات دقیق برای تعین مقادیر در تحلیل‌های مهندسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این عوامل به طور واضح در روش‌های طراحی متداول منظور نمی‌شوند. تئوری فازی در تشخیص ارزیابی-های سلیقه‌ای یا متغیرهای زبانی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۲-مفاهیم اولیه فازی و خاکستری

در جهان واقعی وجود بسیاری پدیده‌ها و موقعیت‌ها با شک و تردید همراه است و نیاز به قضاوت سلیقه‌ای دارد. گرما، سختی و ناهمواری نمونه‌هائی از این پدیده‌ها می‌باشند. اگر برای تعریف آنها بخواهیم عدد به کار ببریم، با جواب‌های مختلفی مواجه خواهیم شد. مثلاً مردم بچه‌های بین ۳ تا ۹ سال را کودک حساب می‌کنند. که فرد ۱۰ ساله ۱۰۰ درصد یک کودک نیست.

اگر جو زمین را مولکول به مولکول توصیف کنیم، نمی‌توانیم خطی را بیابیم که جو را از فضا بتواند جدا کند. نقشه‌های دقیق سطح زمین و مریخ و ماه نمی‌تواند به ما بگوید کجا تپه‌ها تمام و کوهستان‌ها شروع می‌شوند. اما هنوز در بسیاری از رشته‌های علمی نظیر ریاضیات، منطق و فرهنگ، ما فرض را بر آن گذاشته‌ایم که جهانی از سیاه‌ها و سفیدها وجود دارند که تغییر نمی‌کنند. هر بیانی از این رشته از علوم یا درست است یا نادرست.

جهان خاکستری است اما علم، سیاه و سفید، ما درباره صفرها و یک‌ها صحبت می‌کنیم اما حقیقت چیزی بین آنها است. در اینجا جهانی فازی داریم که توصیف آن غیر فازی است جملات و بیان‌های منطق صوری و برنامه‌ریزی رایانه، همگی به شکل درست یا نادرست، صفر یا یک هستند. اما بیان‌های مربوط به

جهان واقعی متفاوتند. بیان‌های واقعیت همگی درست یا نادرست نیستند. حقیقت آنها چیزی بین یک و صفر است، چند ارزشی هستند، خاکستری یا فازی هستند (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

زبان علم، زبان ریاضیات و منطق و برنامه‌ریزی رایانه، همچنان سفید و سیاه است. در این محدوده با بیاناتی که صد درصد درست و یا صد درصد نادرست هستند، کار می‌شود.

۴-۳-محدودیت‌های تئوری مجموعه‌ها و منطق کلاسیک

از اصول پذیرفته شده در تئوری مجموعه‌های کلاسیک تصریح در ترسیم مرزهای این مجموعه‌ها به‌طریقی است که عضویت و عدم عضویت یک عنصر در مجموعه بطور مشخص و با اطمینان کامل تعیین شود. به عبارت دیگر یک عنصر به‌طور صریح یا عضوی از یک مجموعه هست و یا عضو آن مجموعه نیست. این تمایز صریح در منطق کلاسیک نیز وجود دارد. هر قضیه یا کاملاً صحیح و یا به‌طور کلی غلط است. لیکن بسیاری از مجموعه‌ها و قضایا را نمی‌توان به‌صورت کاملاً صریح و مشخص تعریف و مرزهای آنان را ترسیم کرد. مثلاً مرزهای مجموعه آدم‌های بلند قد را نمی‌توان به‌صورت بسیار شفاف و دقیق تعیین و ترسیم نمود. در مورد مجموعه‌هایی مثل مجموعه افراد بلند قد این روش به سادگی قابل اعمال نیست. در این گونه مجموعه‌ها تمایز افراد غیر بلند از افراد بلند به‌صورت یک حرکت انتقالی پیوسته می‌باشد. به عبارت دیگر ترسیم یک مرز بسیار شفاف و مشخص برای تفکیک افراد غیر بلند از افراد بلند قد غیر ممکن است. درمجموعه‌های کلاسیک اگر اندازه قد افراد بلند قد را مثلاً ۱/۸ متر تصور کنیم، فردی که دارای قد ۱/۷۹ متر باشد در این مجموعه گنجانده نمی‌شود. لیکن طبق تئوری مجموعه‌های فازی، تفاوت فاحشی بین یک فرد با قد ۱/۷۹ متر با فرد دیگری با قد ۱/۸۰ متر وجود ندارد.

در جهان واقعیات مثال‌های فراوان یافت می‌شود که نمی‌توان آنها را در قالب مجموعه‌های کلاسیک بیان کرد. مثال‌هایی از قبیل حقوق بالا، شهر پر جمعیت، ساعت دقیق، خط ساحلی، تجربه مدیریتی سنگین و غیره نمونه‌هایی از مجموعه‌های غیر کلاسیک‌اند. مجموعه‌های فـــازی ابـــزارهای بسیار مناسب و طبیعی برای تبیین اینگونه مفاهیم‌اند. با توجه به خواص گوناگون مجموعه‌های قطعی و روابط بین این گونه مجموعه‌ها می‌توان دریافت که معانی بسیاری از این خواص بستگی به شکل و سیمای صراحت و

تندی مرزهای این مجموعه‌ها دارد. این موضوع به طور خاص در مورد دو قانون مهم در تئوری مجموعه‌ها و منطق کلاسیک عیان است. این دو قانون عبارتند از: قانون تناقض و قانون نفی شق سوم.

طبق قانون تناقض، هر قضیه که یک واقعیت را در آن واحد هم ایجاب و هم سلب کند غلط است. در تئوری مجموعه‌های کلاسیک این قانون بدین نحوه عنوان می‌شود که یک فرد یا عنصر نمی‌تواند به‌طور همزمان هم عضو یک مجموعه و هم عضو متمم آن باشد. طبق قانون نفی‌شق سوم، یک قضیه یا درست است و یا غلط و نه هر دو. در تئوری مجموه‌های کلاسیک نیز طبق این قانون یک عنصر یا فرد بایستی عضوی از یک مجموعه و یا عضوی از متمم آن باشد و نه هر دو (فاضل زرندی، ۱۳۸۱).

لیکن در زندگی روزمره به بسیاری از موارد برخورد می‌کنیم که قضاوت صریح به‌اینکه یک حکم حتماً صحیح و یا حتماً غلط است کار بسیار دشواری است.

بدون اعمال تفکیک‌های اختیاری، این‌گونه مجموعه‌ها از حیطه تئوری مجموعه‌های کلاسیک خارج می‌شوند. این موضوع شبیه ریاضیات کلاسیک است که در آن در مواردی که ابهام و یا عدم قطعیت وجود دارد کاربرد ندارد.

درمجموعه‌های غیر صریح و با مرزهای مبهم قوانین تناقض و نفی‌شق سوم قابل خدشه است. در این-گونه مجموعه‌ها هر عنصر مجاز است که تا یک درجه مشخص عضو مثلاً مجموعه آدم‌های بلند قد ، و در عین حال تا یک درجه مشخص عضو مجموعه آدم‌های غیر بلند قد باشد. این تخفیف و نرمی اثرات شایان توجه به روش‌هایی که در آن از منطق و مجموعه‌ها جهت حل مسائل پیچیده استفاده شده، داشته است. به عبارت دیگر، این تخفیف و نرمی در پل زدن بین مفاهیم مبهم که در توصیف واقعیات بکار می‌روند و ریاضیات کلاسیک غیر مبهم نقش شایان توجهی داشته است.

۴-۴-اصل فازی

اصل فازی بیان می‌دارد که همه چیز نسبی است. هنگامی که از دنیای مصنوعی ریاضیات خارج می-شویم، حالت فازی ظهور کرده و بر همه چیز غلبه می‌کند. حالت فازی، تمام مرزها و محدوده‌ها را تار و مبهم می‌کند. حالت فازی نامی رسمی در علوم دارد و آن حالت چند ارزشی است. مقابل حالت فازی،

حالت دو ارزشی یا دو مقداری است که در آن برای هر سوالی دو پاسخ می‌تواند وجود داشته باشد، درست یا نادرست، صفر یا یک. فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است این بدان معنا است که سه یا تعداد بیشتری انتخاب در پاسخ به هر سوال وجود دارد و شاید طیف نامحدودی از انتخاب‌ها به جای فقط دو انتخاب انتهایی وجود داشته باشد. این بدان معناست که ما به‌جای حالت دو دویی یا باینری از حالت آنالوگ استفاده می‌کنیم و سایه‌های نامحدودی از خاکستری بین سیاه و سفید داریم.

در سال ۱۹۶۵ لطفی زاده که در آن زمان رئیس دپارتمان مهندسی برق دانشگاه برکلی کالیفرنیا بود مقاله‌ای تحت عنوان مجموعه‌های فازی منتشر ساخت. در این مقاله از منطق چند مقداری لوکاسیه‌ویچ[1] لهستانی برای مجموعه‌ها و گروه‌های اشیا و چیزها استفاده کرده بود. لطفی زاده برچسب یا نام فازی را روی این مجموعه‌های گنگ یا چند ارزشی قرار داد، مجموعه‌هایی که اجزای آنها درجات مختلفی دارند نظیر مجموعه‌هایی از مردم که از کار خود راضی هستند. علت این نامگذاری این بود که مفهوم فازی را از منطق دو دویی که در زمان او مطرح بود، دور سازد. لطفی زاده می‌گوید که دانشمندان روز به روز ریاضیات را بیشتر در مسائل خود وارد می کردند و سعی بر آن داشته که تجارت علمی خود را با استدلال سیاه و سفید و با استفاده از رایانه‌ها و ماشین حساب‌ها پیش ببرند. او لغت فازی را انتخاب نمود تا همچون خاری در چشم علم مدرن فرو رود. این منطق در بازار تجاری رشد کرد و متناوباً اعتراضات فلسفی دانشمندان غربی را رد کرد و خود اعتراضاتی را مطرح ساخت (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

۴-۵-مجموعه‌های فازی

یک مجموعه بصورت کلاسیک و قطعی بطور معمول مجموعه‌ای است از عناصر یا اجزاء $x \in X$ که X می‌تواند محدود، قابل شمارش یا غیر قابل شمارش باشد. هر جز منفرد می‌تواند متعلق به مجموعه A باشد و یا نباشد و $A \subset X$. درصورت تعلق عضو x به مجموعه A درجه عضویت آن یک و در غیر این صورت درجـــه عضویت آن صفـــر است. عضویت در یک مجموعه کلاسیک را می‌توان به چندین روش توصیف کرد: یک طریقه به شمردن لیست اجزایی است که می‌تواند به یک مجموعه متعلق باشد. که به-

---

1-Lukasievich

صورت تحلیلی و با قرار دادن شرطی برای عضویت توصیف می‌شود، مانند: $A = \{x \mid x \le 5\}$. صورت دیگر تعریف عضویت در مجموعه با استفاده از تابع نشانگر می‌باشد که در آن عدد یک نشان دهنده عضویت بوده و صفر نمایانگر عدم عضویت است (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

برای یک مجموعه فازی تابع نشانگر می‌تواند درجات مختلفی از عضویت برای عناصر مجموعه داده شده به خود بگیرد.

بعبارت دیگر اگر X را یک مجموعه مرجع دلخواه درنظر بگیریم تابع نشانگر (مشخصه) هر زیر مجموعه معمولی A از X، یک تابع از X به {۱و۰} است، که اینگونه تعریف می‌شود:

$$\mu_A = (x) = \begin{cases} 1 & x \in A \\ 0 & x \notin A \end{cases}$$

حال اگر برد تابع نشانگر را از مجموعه دو عضوی {۱و۰} به بازه [۱و۰] توسعه دهیم. یک تابع خواهیم داشت که به هر x از X عددی را از بازه [۱و.] نسبت می‌هد که این تابع را تابع عضویت می‌نامیم. اکنون A دیگر یک مجموعه معمولی نیست، بلکه یک مجموعه فازی است (بطور دقیق‌تر یک زیر مجموعه فازی از X)

تعریف: در صورتیکه X را مجموعه مرجع موضوع مورد بحث درنظر بگیریم یک مجموعه فازی A در X مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب $A = \{x\mu_A(x) \mid x \in X\}$ است. در اینجا $\mu_A(x)$ تابع نشانگر (تابع عضویت) از x در A که میزان تعلق x به مجموعه فازی A را نشان می‌دهد و $\mu_A(x)$ ممکن است هر مقدار حقیقی در فاصله[۱و۰] رابگیرد: $\mu_A : x \to [0,1]$

پس هر چه قدر مقدار $\mu_A(x)$ به عدد یک نزدیک‌تر باشد نشان دهنده تعلق بیشتر x به مجموعه فازی A است و بالعکس نزدیکی آن به صفر نشان دهنده تعلق کمتر x به A است. همچنین درصورتی‌که A تنها شامل ا و ۰ باشد، A یک مجموعه غیرفازی است و تابع عضویت آن مانند یک مجموعه قطعی خواهـــد بود. پس مجموعه‌های معمولی و توابع نشانگر آنها را می‌توان به‌عنوان حالت‌های خاصی از مجموعه‌های فازی و توابع نشانگر آنها درنظر گرفت.

یکی از مباحث جدی و مهم در نظریه مجموعه‌های فازی ساختن و یا بدست آوردن تابع عضویت است. زیرا تمام عملیات روی توابع عضویت انجام می‌شود و این مطلب تصدیق می‌گردد که مجموعه‌های فازی چیزی جز تابع عضویت نیست. به همین دلیل نام دیگر تابع عضویت، تابع مشخصه می‌باشد، یعنی تمام مشخصات مورد نظر ما درمجموعه مفروض، در تابع عضویت آن مجموعه خلاصه شده و برای عملیات روی این مجموعه‌ها به عناصر مجموعه نیاز نیست.

تابع عضویت μ_A میـــزان عضویت یک عنصر مانند X_i را به مجموعه A نشان می‌دهد یعنی اینکه هر عنصر در مجموعه فازی را می‌توان با مقدار تابع عضویت مجموعه در آن نقطه خاص نشان داد که به آن درجه عضویت نیز می‌گویند، یعنی عنصر X_i را می‌توان با زوج مرتب $(x_i, \mu_A(x_i))$ نشان داد و مجموعه A بصورت زیر به نمایش درخواهد آمد:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

مطابق تعریف اگر $\mu_A(x) = 0$ باشد، به آن عدم عضویت و اگر $\mu_A(x_i) = 1$ باشد به آن عضویت کامل اطلاق می‌نماییم.

زیباترین تعریف مجموعه‌های فازی بصورت زیر ارائه می‌گردد:

«مجموعه فازی A» عبارت است از یک نگاشت از مجموعه X به فاصله [۱و۰].

$$\mu_A : X \to [0,1]$$

یعنی مجموعه فازی همیشه معادل با تابع عضویت است.

هیچ روشی قطعی برای تعیین تابع عضویت وجود ندارد و این مسئله بیش از همه یک مقوله حسی و تجربی می‌باشد. به‌دلیل اینکه تابع عضویت و یا به‌طور کلی تئوری امکان هم دارای مفهوم عینی و هم مفهوم ذهنی می‌باشد درجات تابع عضویت یک مجموعه فازی هم براساس داوری‌های شخصی و هم مشاهدات و نتایج عملی و عینی صورت می‌گیرد. مفاهیمی وجود دارند که جنبه‌های ذهنی آنها مدنظر می‌باشد مانند مفهوم پیر که افراد مختلف برداشت‌های مختلفی از این مفهوم دارند در نتیجه تشکیل تابع عضویت این مجموعه‌ها با توجه به درک افراد از این مفاهیم و نوع استفاده از آنها متفاوت می‌باشد در

عوض مفاهیمی وجود دارند که در آنجا جنبه شخصی و ذهنی در آن کم‌رنگ است و در آنها تابع عضویت براساس مشاهدات و تطبیق‌های عینی صورت می‌گیرد. البته در این موارد نیز ممکن است قضاوت افراد مختلف درباره میزان تطبیق متفاوت باشد ولی در هر صورت آنچه اصل و اساس است و به آن تکیه می‌شود شرایط عینی این مفاهیم می‌باشند (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

به‌طور کلی برای به‌دست آوردن تابع عضویت ابتدا نیاز به گرفتن تجربی مقدار عضویت می‌باشد و سپس براساس این مقادیر تجربی تابع عضویت تشکیل می‌شود.

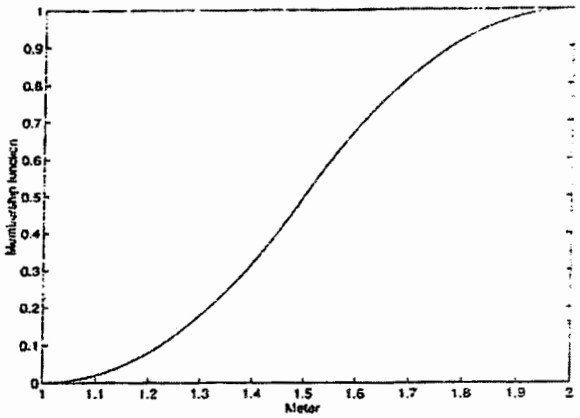
۴-۶-نمایش توابع عضویت

با توجه به اینکه هر مجموعه فازی منحصراً با یک تابع عضویت تعریف می‌گردد، در این قسمت روش‌های متداول برای نمایش توابع عضویت را مرور می‌کنیم (فاضل زرندی، ۱۳۸۱).

۴-۶-۱-نمایش ترسیمی[1]

این روش متداول‌ترین نوع توابع عضویت در مجموعه‌های فازی است. در این روش توابع عضویت را به‌صورت نمودار رسم می‌کنند که در این نمودار انتقال از غیر عضو به کاملاً عضو دارای منحنی آرام که ارتفاع آن بسته به قضاوت شخص صعودی یا نزولی است. به‌عنوان مثال تابع عضویت بلندی قد از چپ به راست صعودی است شکل(۴-۱).

1-Graphical Representation



شکل۴-۱- تابع عضویت مجموعه فازی با مفهوم بلندی قد

۴-۶-۲-نمایش به‌صورت جدول و لیست

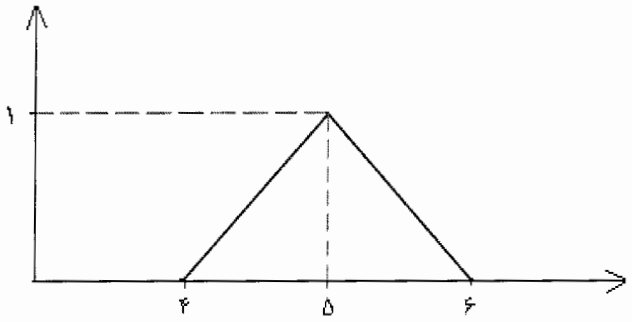
اگر مجموعه مرجع محدود باشد، معمولاً توابع عضویت آنها با جداول نشان داده می‌شوند. در جدولی که یک مجموعه فازی را نشان می‌دهد، همه عناصر مجموعه مرجع همراه با درجه عضویت آنها در مجموعه فازی لیست می‌شوند. بنابراین با استفاده از این روش، هر مجموعه فازی با لیستی که در آن اعضاء با درجه عضویت مربوطه در آن مجموعه نشان داده شده، بیان می‌گردد.

۴-۶-۳-نمایش عددی[1]

هنگامی‌که مجموعه مرجع نا محدود باشد، لیست کردن همه اعضا همراه باتوابع عضویت مربوطه غیر ممکن است. مجموعه اعداد حقیقی از نمونه‌های مجموعه مرجع نامحدود است. مثلاً، مجموعه مرجع مربوط به مجموعه فازی حدوداً ۵، یک مجموعه از همه اعداد حقیقی است. این‌گونه مجموعه‌های فازی را اعداد فازی می‌نامند. مجموعه فازی تقریباً ۵ در شکل (۴-۲) نشان داده شده است. این اعداد را می‌توان به‌صورت زیر بیان نمود:

1-Analytic Rrepresentation

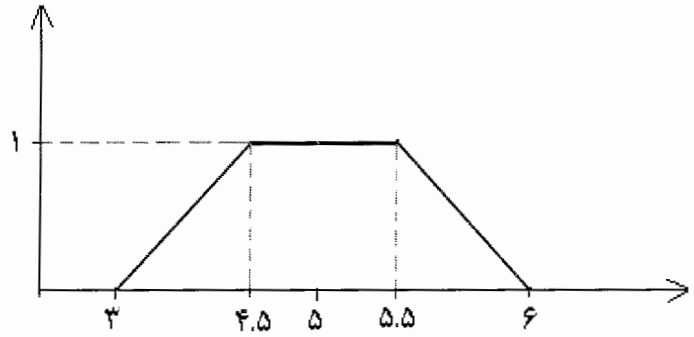
$$A(X)=\begin{cases} X-4 & \text{هنگامی‌که} \quad 4 \le x \le 5 \\ 6-X & \text{هنگامی‌که} \quad 5 \le x \le 6 \\ 0 & \text{در غیر این صورت‌ها} \end{cases}$$



شکل ۴-۲-تابع عضویت مثلثی عدد تقریباً ۵

تابع عضویت شکل (۴-۲) به شکل مثلثی[1] است که در حقیقت، هر تابع مثلثی با سه پارامتر a، b و c مشخص می‌شود.

نوع دیگر نمایش تابع عضویت به‌صورت ذوذنقه‌ای[2] بوده که در شکل (۴-۳) نشان داده شده است. این دسته از توابع عضویت با پنج پارامتر a، b، c، d و e تعیین می‌گردد.



شکل ۴-۳- تابع عضویت ذوذنقه‌ای عدد تقریباً ۵

1-Triangular
2-Trapezodal

۴-۷-ویژگی مجموعه‌های فازی

مجموعه‌های فازی زمانی مطرح هستند که مرزی نامشخص و مبهم وجود داشته باشد. دانشمندان ممکن است حقیقتی را که مشخصه مهمی دارد ندیده باشند و همین طور نیز هست. دانشمندان آنتروپی فازی را از دست دادند (همانطور که آنها خواص زیر مجموعه‌ها را در این زمینه ندیدند و به اشتباه آن را پدیده اتفاقی یا احتمالاتی فرض کردند). اگر مجموعه‌های فازی وجود نداشته باشند، خواص مجموعه‌های فازی نیز وجود نخواهد داشت اما مجموعه‌های فازی وجود دارند و اولین سوالی که مطرح می‌شـــود اینست که آنها دقیقاً چقدر فازی هستند. چگونه می‌توانیم فازی بودن مجموعه را اندازه‌گیری کنیم (غفاری و همکاران،۱۳۷۷).

فصل پنجم

ارائه یک مدل برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی با استفاده از نرم افزار Fuzzy Tech

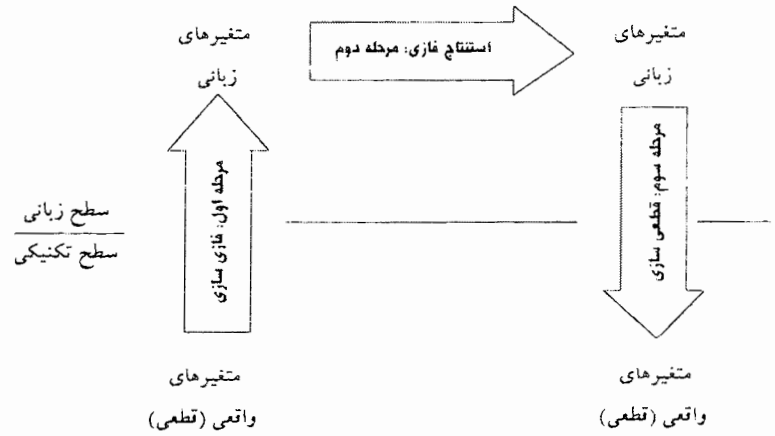
۵-۱-مقدمه

در تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ عوامل متعددی موثرند که همگی در ارتباط با ساختار زمین‌شناسی لایه می‌باشند. در مباحث زمین‌شناسی همواره با درصد بالایی از عدم قطعیت مواجه هستیم و مشخصات لایه از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر همواره با مقداری تغییر همراه است به‌طوری که این امر یا انجام تحلیل برای رسیدن به یک هدف خاص را غیر ممکن می‌سازد و یا حجم و زمان انجام محاسبات را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد. منطق فازی ابزاری است قدرتمند برای تحلیل سیستم‌هایی که با پارامترهای مبهم سر و کار دارند و با دریافت ورودی‌های زبانی و غیر دقیق و تحلیل-های ساده به صورت اگر- آنگاه در حداقل زمان و با کم‌ترین محاسبات به نتیجه‌ای قابل قبول دست می‌یابد.

در این فصل سعی شده است تا برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ با استفاده از منطق فازی راه‌کاری ارائه شود. بنابراین برای ایجاد و ساماندهی سیستم از نرم افزار Fuzzy tech 5.12 استفاده شده است.

۵-۲-فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی

فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی همان‌طور که در شکل (۵-۱) نشان داده شده است شامل سه مرحله می‌باشد. مرحله اول فازی سازی عوامل مؤثر است که در این مرحله بایستی این متغیرها واقعی تبدیل به متغیرهای زبانی گردند. مرحله دوم شامل استنتاج فازی است که در این مرحله متغیرهای زبانی به قوانین اگر....آنگاه.... برای تصمیم گیری فازی تبدیل می‌شوند. مرحله آخر قطعی سازی یا غیر فازی سازی است که در این مرحله متغیرهای زبانی به متغیرهای واقعی تبدیل می‌شوند.



شکل ۵-۱- فرایند تصمیم‌گیری در محیط فازی

۵-۳-فازی سازی عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون

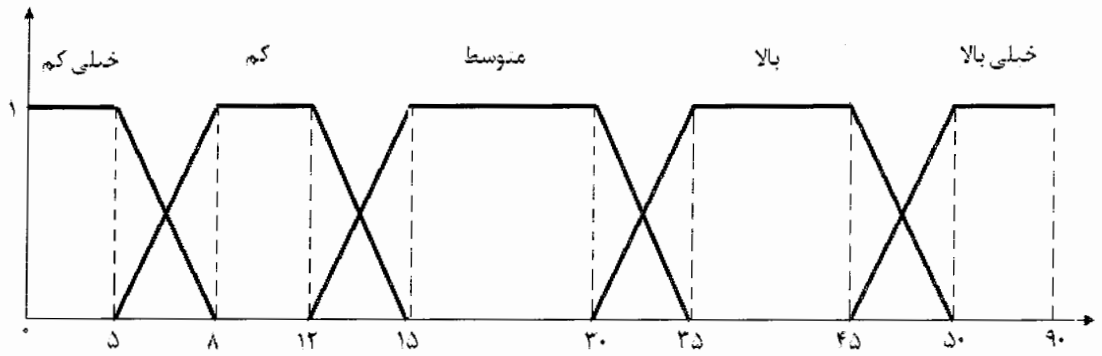
عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ شیب لایه، کیفیت سنگ کف لایه، کیفیت سنگ سقف لایه، یکنواختی لایه می‌باشند که نخست با توجه به تجربیات در معادن زغال‌سنگ و نوع تجهیزات مکانیزه در معادن مذکور، فازی سازی این عوامل در ادامه آورده شده است.

۵-۳-۱-شیب لایه

شیب لایه یکی از عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ است که رابطه معکوس با آن دارد به‌طوری‌که هرچه شیب کمتر باشد قابلیت مکانیزاسیون افزایش می‌یابد و بالعکس.

تغییرات شیب لایه از ۰ تا ۹۰ درجه است که به پنج متغیر زبانی خیلی کم، کم، متوسط، بالا و خیلی بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۲)، محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی خیلی کم از ۰ تا ۸ درجه است که هرچه شیب لایه بیشتر از ۵ درجه باشد میزان تعلق (عضویت) آن به محدودهٔ خیلی کم کاهش می‌یابد به‌طوری که در شیب بیشتر از ۸ درجه میزان عضویت شیب لایه به مجموعه خیلی کم به صفر می‌رسد. از طرفی با افزایش شیب بیشتر از ۵ درجه، تعلق شیب لایه به محدوده زبانی کم افزایش می‌یابد. محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۵ تا ۱۵ درجه است. در صورتی‌که شیب لایه بین ۸ تا ۱۲ درجه باشد تعلق کامل به محدودهٔ کم دارد ولی اگر شیب کمتر از ۸ درجه باشد، میزان تعلق آن به محدودهٔ

زبانی کم کاهش یافته و در شیب ۵ درجه به صفر می‌رسد. و از طرفی اگر شیب بیشتر از ۱۲ درجه باشد عضویت شیب لایه به محدوده زبانی کم کاهش می‌یابد به‌طوری که در شیب ۱۵ درجه به صفر می‌رسد. به همین ترتیب محدوده تغییرات متغیر زبانی متوسط بین ۱۲ تا ۳۵ درجه، بالا بین ۳۰ تا ۵۰ درجه و خیلی بالا بین ۴۵ تا ۹۰ درجه است.



نمودار ۵-۲- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی شیب لایه

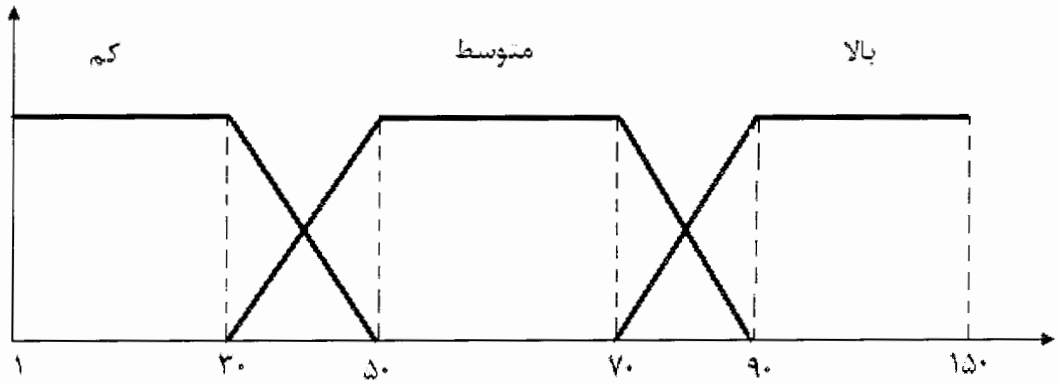
۵-۳-۲- کیفیت سنگ کف

کیفیت سنگ کف پارامتری است که رابطه مستقیم با قابلیت مکانیزاسیون دارد. بنابراین هر چه کیفیت سنگ کف بیشتر باشد قابلیت مکانیزاسیون افزایش می‌یابد و بالعکس.

تغییرات کیفیت سنگ کف از ۱ تا ۱۵۰ مگا پاسکال است که به ۳ متغیر زبانی کم، متوسط و بالا تفکیک می‌شود. بنابراین با توجه به نمودار (۵-۳) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۱ تا ۴۰ مگا پاسکال است، که اگر کیفیت سنگ کف از ۱ تا ۳۰ باشد تعلق کامل به محدوده زبانی کم دارد، در غیر این صورت با افزایش کیفیت سنگ کف تعلق آن به محدودهٔ زبانی کم کاهش می‌یابد.

محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی متوسط از ۳۰ تا ۸۰ مگا پاسکال است که برای محدودهٔ تغییرات بین ۳۰ تا ۴۰ مگا پاسکال، عضویت کیفیت سنگ کف به محدوده زبانی متوسط افزایش می‌یابد، و برای محدودهٔ بین ۴۰ تا ۷۰ مگا پاسکال کیفیت سنگ کف به محدودهٔ زبانی متوسط تعلق کامل دارد. همچنین

برای محدودهٔ بین ۷۰ تا ۸۰ مگا پاسکال، تعلق کیفیت سنگ کف به محدودهٔ زبانی متوسط کاهش می-یابد. به همین ترتیب محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی بالا بین ۷۰ تا ۱۵۰ مگا پاسکال است.

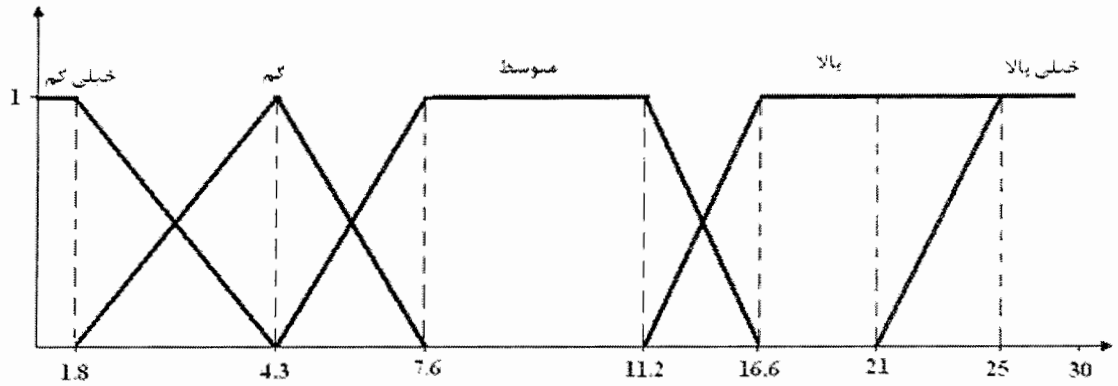


نمودار ۵-۳- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی کیفیت سنگ کف لایه

۵-۳-۳- کیفیت سنگ سقف

پارامتر دیگری که بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ تأثیر گذار می‌باشد، کیفیت سنگ سقف است. بنابراین سقف‌هایی که شاخص کیفیت‌شان بین ۶ تا ۱۳ تن بر متر می‌باشد، به‌عنوان مناسب‌ترین سقف برای انجام عملیات استخراج جبهه‌کار طولانی انتخاب شود.

محدودهٔ تغییرات کیفیت سنگ سقف از ۰ تا ۳۰ تن بر متر است که به ۵ متغیر زبانی خیلی کم، کم، متوسط، بالا و خیلی بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۴) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی خیلی کم بین ۰ تا ۴/۳ تن بر متر است. و بدین ترتیب محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۱/۸ تا ۷/۶ تن بر متر، متوسط بین ۴/۳ تا ۱۶/۶ تن بر متر، بالا بین ۱۱/۲ تا ۲۵ و خیلی بالا بین ۲۱ تا ۳۰ است.

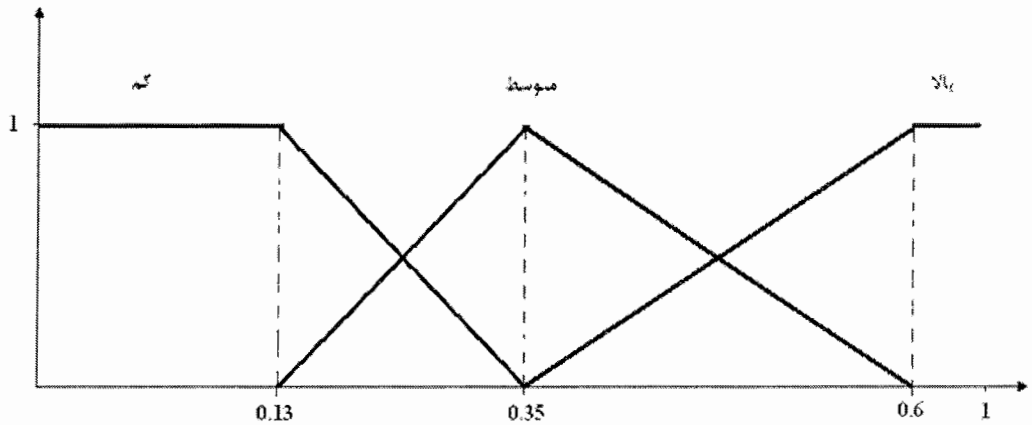


نمودار ۵-۴- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی کیفیت سنگ سقف لایه

۵-۳-۴-یکنواختی لایه

یکنواختی لایه یکی دیگر از پارامترهای مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون است که رابطه مستقیم با آن دارد. بنابراین هر چه یکنواختی لایه بیشتر باشد، قابلیت مکانیزاسیون افزایش می‌یابد.

محدودهٔ تغییرات یکنواختی لایه بین ۰ تا ۱ است که بدون بعد می‌باشد. یکنواختی لایه به ۳ متغیر زبانی کم، متوسط و بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۵) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۰ تا ۰/۱۳، متوسط بین ۰/۱۳ تا ۰/۶ و بالا بین ۰/۳۵ تا ۱ است.

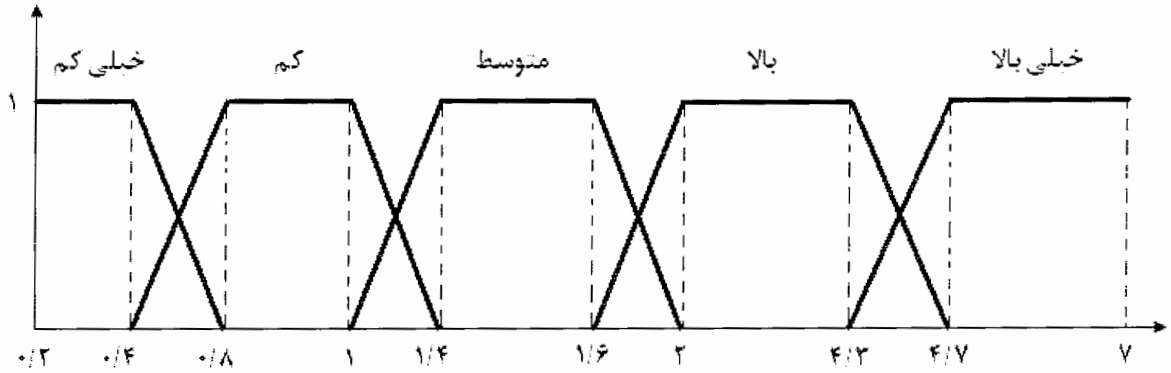


نمودار ۵-۵- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی یکنواختی لایه

۵-۳-۵-ضخامت لایه

یک پارامتر مؤثر دیگر بر قابلیت مکانیزاسیون، ضخامت لایه می‌باشد.

محدودهٔ تغییرات ضخامت لایه بین ۰/۲ تا ۷ متر است که به پنج متغیر زبانی خیلی کم، کم، متوسط، بالا و خیلی بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۶) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی خیلی کم از ۰/۲ تا ۰/۸ متراست. همچنین محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۰/۴ تا ۱/۴ متر، متوسط بین ۱ تا ۲ متر، بالا بین ۱/۶ تا ۴/۷ متر و خیلی بالا بین ۴/۳ تا ۷ متر است.

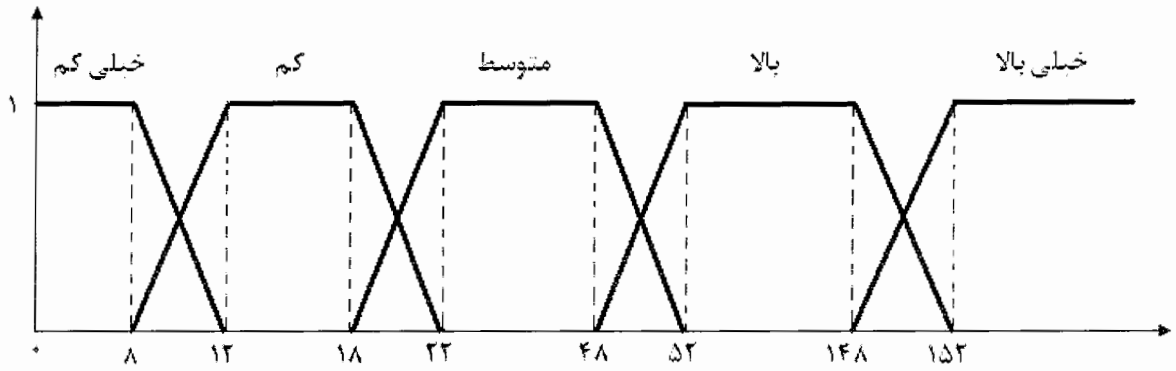


نمودار ۵-۶- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی ضخامت لایه

۵-۳-۶-آب

از دیگر عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال می‌توان وجود آب در طول کارگاه استخراج را نام برد. بنابراین هر چه میزان آب (رطوبت) در کارگاه استخراج کمتر باشد بهتر است.

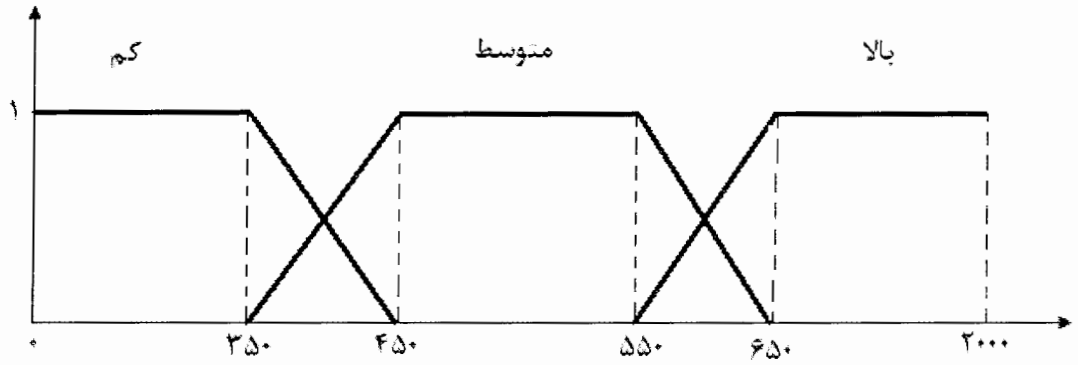
محدودهٔ تغییرات آب در طول کارگاه استخراج بین ۰ تا بالای ۱۵۰ لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر طول کارگاه استخراج است. که به پنج متغیر زبانی خیلی کم، کم، متوسط، بالا و خیلی بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۷) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی خیلی کم از ۰ تا ۱۲ لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر طول کارگاه است. همچنین محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۸ تا ۲۲، متوسط بین ۱۸ تا ۵۲، بالا بین ۴۸ تا ۱۵۲ و خیلی بالا، بیش از ۱۴۸ لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر طول کارگاه است.



نمودار ۵-۷- نمایش مجموعه‌های فازی «خیلی کم»، «کم»، «متوسط»، «بالا» و «خیلی بالا» در متغیر زبانی آب

۵-۳-۷- گسترش امتدادی لایه

گسترش امتدادی لایه از دیگرعوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال می‌باشد. محدودهٔ تغییرات گسترش امتدادی لایه بین ۰ تا ۲۰۰۰ متر است. یکنواختی لایه به ۳ متغیر زبانی کم، متوسط و بالا تفکیک می‌شود. با توجه به نمودار (۵-۸) محدودهٔ تغییرات متغیر زبانی کم بین ۰ تا ۴۵۰ متر، متوسط بین ۳۵۰ تا ۶۵۰ متر و بالا بین ۵۵۰ تا ۲۰۰ متر است.



نمودار ۵-۸- نمایش مجموعه‌های فازی «کم»، «متوسط» و «بالا» در متغیر زبانی گسترش امتدادی لایه

۵-۴-استفاده از نرم افزار Fuzzy tech برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون

نرم افزار Fuzzy tech 5.12 ابزار بسیار کارآمدی در طراحی سیستم‌های پشتیبانی از تصمیم‌گیری فازی می‌باشد که در محیط Windows قابل اجرا است. در این نرم افزار به آسانی می‌توان متغیرهای

ورودی و خروجی زبانی و بلوک‌های قواعد[1] را تعریف کرد. در بلوک‌های قواعد، رفتار سیستم با استفاده از قاعده‌های اگر ...آنگاه تعریف می‌گردد.

بعد از این‌که فازی سازی عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ صورت گرفت، برای استفاده از نرم افزار نخست باید متغیرهای ورودی، که همان عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون می‌باشند، را وارد سیستم کرده و سپس توابع عضویت این عوامل را با توجه به متغیرهای زبانی تعریف شده، تشکیل داد.

۵-۴-۱-توابع عضویت

توابع عضویت، توابعی هستند که میزان تعلق هر عنصر را به آن مجموعه نشان می‌دهند. بنابراین توابع عضویت عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال به‌صورت زیر می‌باشد.

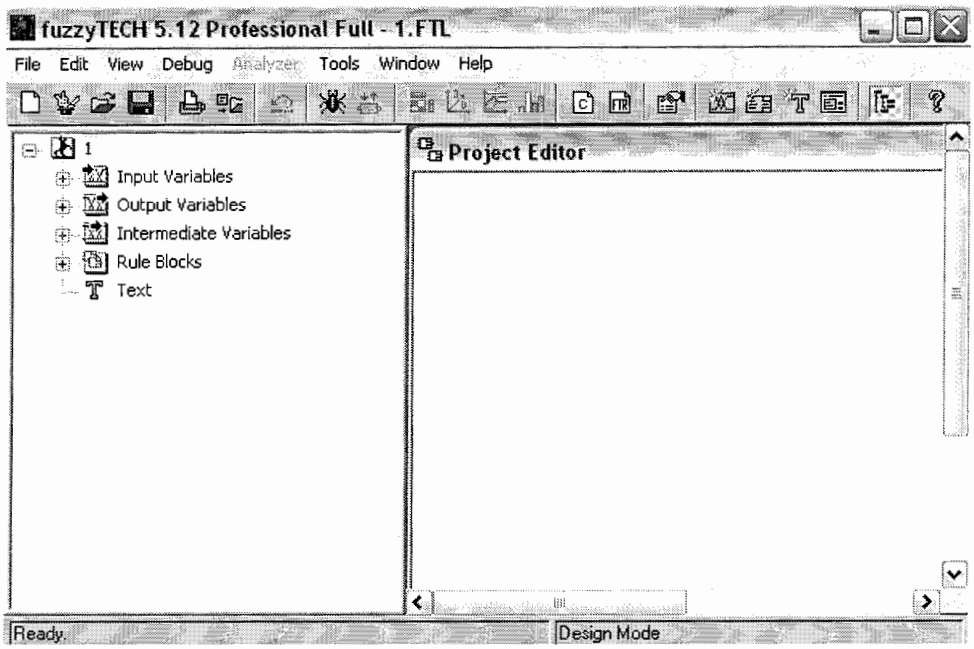
۵-۴-۱-۱-شیب لایه

محدوده تغییرات شیب لایه، ۰ تا ۹۰ است که این ناحیه به پنج محدوده زبانی (با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تعریف شده است. که برای وارد کردن متغیر ورودی شیب و تشکیل تابع عضویت آن به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

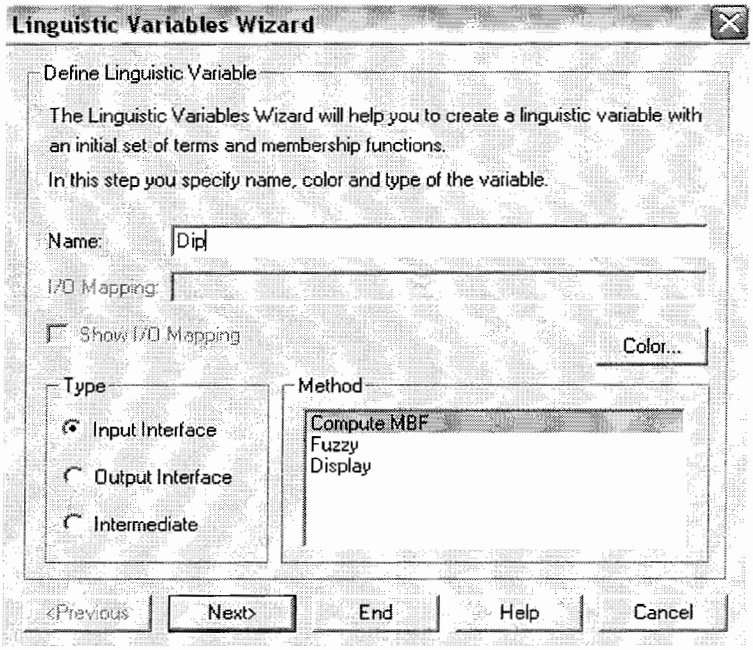
با استفاده از گزینه Input Variables در نمودار درختی سمت چپ صفحه اول نرم افزار(شکل ۵-۹)، می‌توان متغیرهای ورودی را تعریف نمود. نحوهٔ تعریف متغیر زبانی شیب در پنجره‌های مختلف همان‌گونه که در شکل‌های (۵-۱۰) تا (۵-۱۲) نشان داده شده است، انجام می‌گیرد.

در پنجره نمایش داده شده در شکل (۵-۱۰)، نام متغیر، نوع و روش متغیر وارد شده است. در پنجره نمایش داده شده در شکل (۵-۱۱) دامنه تغییرات متغیر وارد شده است. در پنجره نمایش داده شده در شکل (۵-۱۲) تعداد متغیرهای زبانی، نام آنها و محدوده‌های تغییرات آنها وارد شده است. در نهایت تابع عضویت شیب لایه به‌صورت شکل نمایش داده شده در شکل (۵-۱۳) ظاهر خواهد شد.

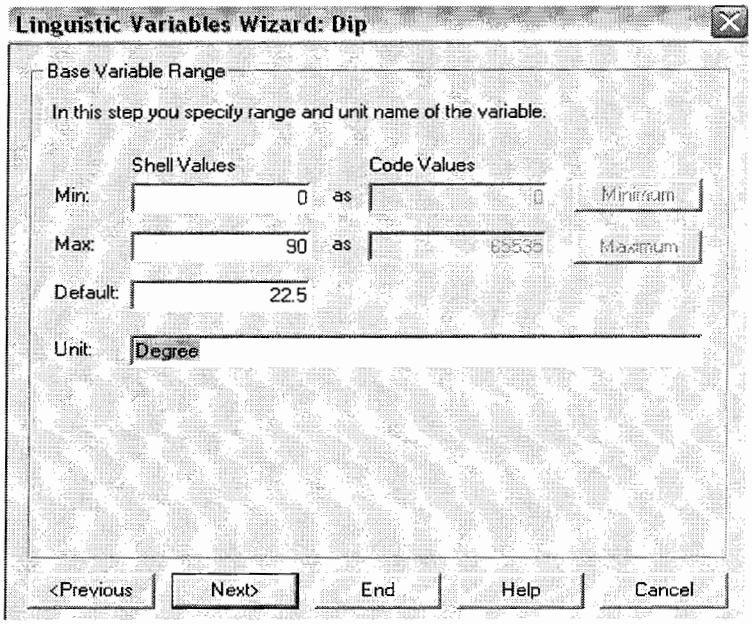
1-Rule Blocks



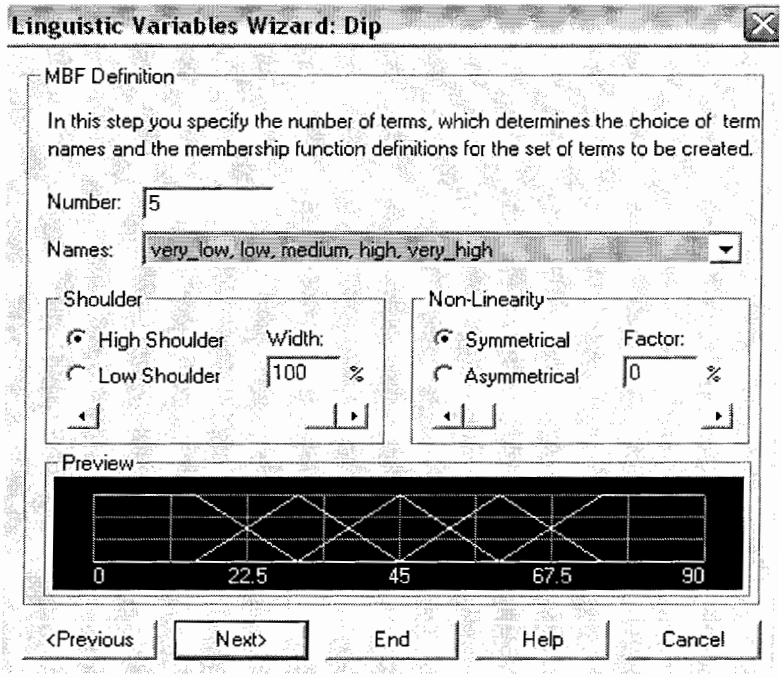
شکل ۵-۹- صفحه اول نرم افزار Fuzzy tech



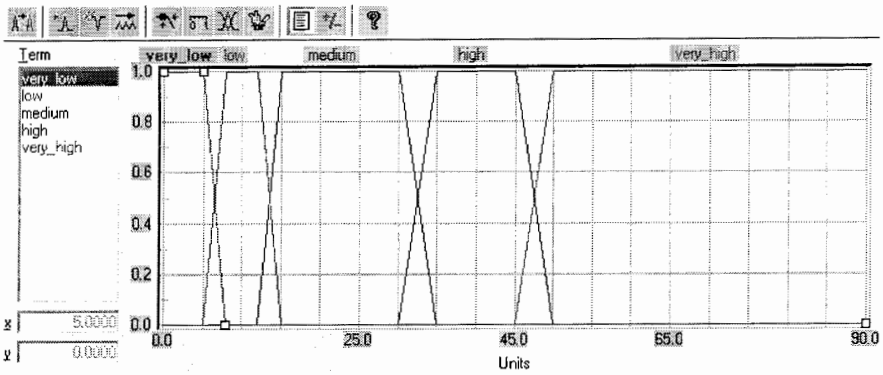
شکل ۵-۱۰- تعریف متغیر زبانی شیب



شکل ۵-۱۱- تعریف مقادیر پایه‌ای متغیر زبانی شیب



شکل ۵-۱۲- تعریف تعداد افرازهای پایه‌ای و شکل تابع عضویت

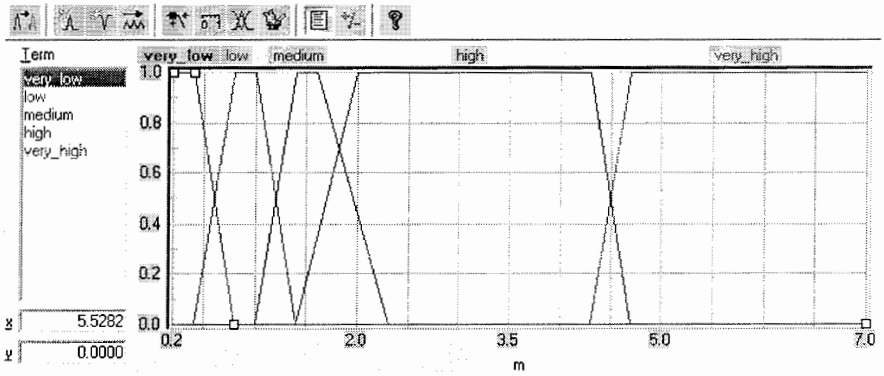


شکل ۵-۱۳- نمودار تابع عضویت شیب لایه

لازم به توضیح است که با استفاده از شکل (۵-۱۳) می‌توان شکستگی جدیدی بر روی خطوط رسم شده ایجاد نمود و توابع عضویت را اصلاح نمود.

۵-۴-۱-۲- ضخامت لایه

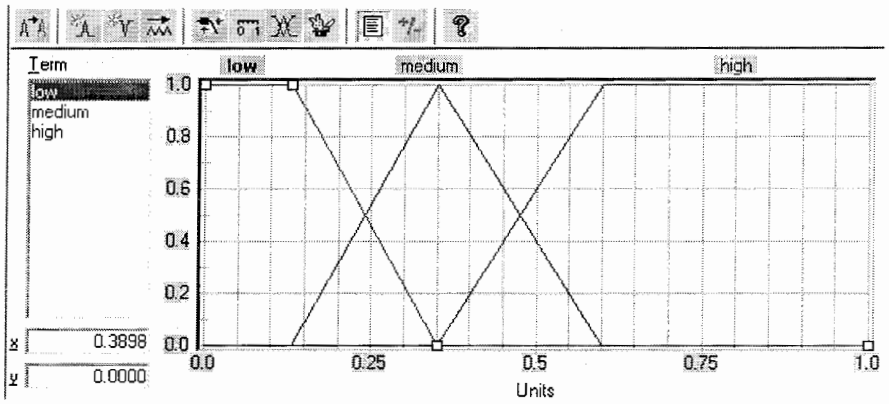
در شکل (۵-۱۴) نمودار تابع عضویت ضخامت لایه نشان داده شده است که برای آن پنج محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات ضخامت لایه را بر حسب متر و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۴- نمودار تابع عضویت ضخامت لایه

۵-۴-۱-۳- یکنواختی لایه (I_t)

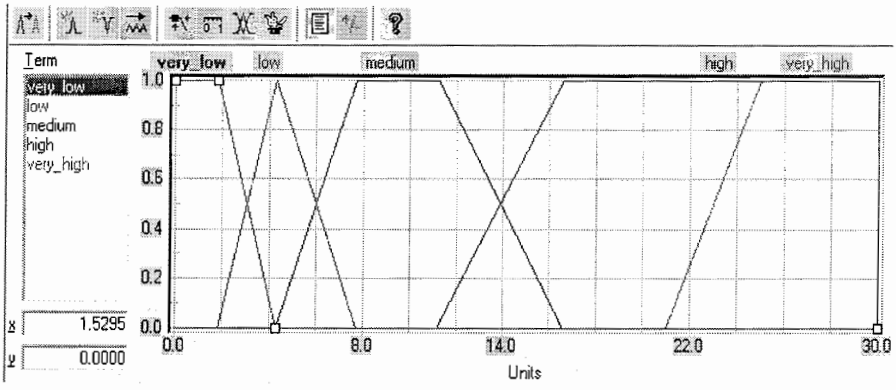
در شکل (۵-۱۵) نمودار تابع عضویت یکنواختی لایه نشان داده شده است که برای آن ۳ محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات یکنواختی لایه و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۵- نمودار تابع عضویت یکنواختی لایه

۵-۴-۱-۴- کیفیت سنگ سقف

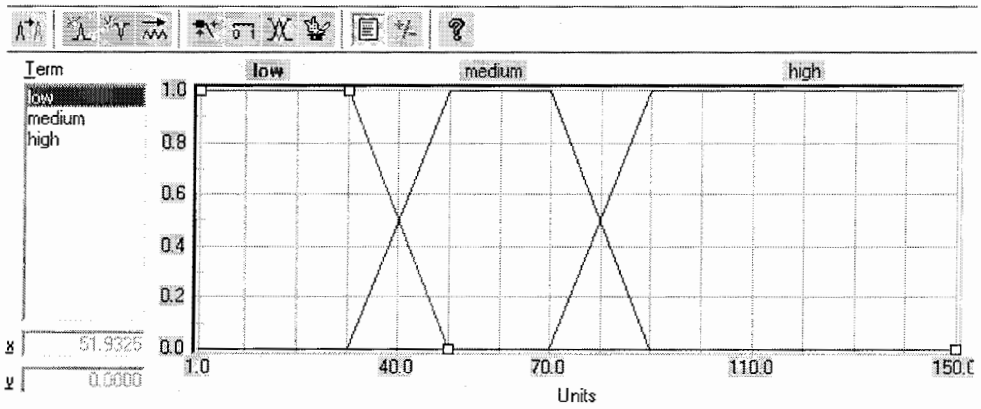
شکل (۵-۱۶) نمودار تابع عضویت کیفیت سنگ سقف، نشان داده شده است که برای آن پنج محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات کیفیت سنگ سقف را بر حسب تن بر متر و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد.



شکل ۵ -۱۶- نمودار تابع عضویت کیفیت سنگ سقف لایه

۵-۴-۱-۵- کیفیت سنگ کف

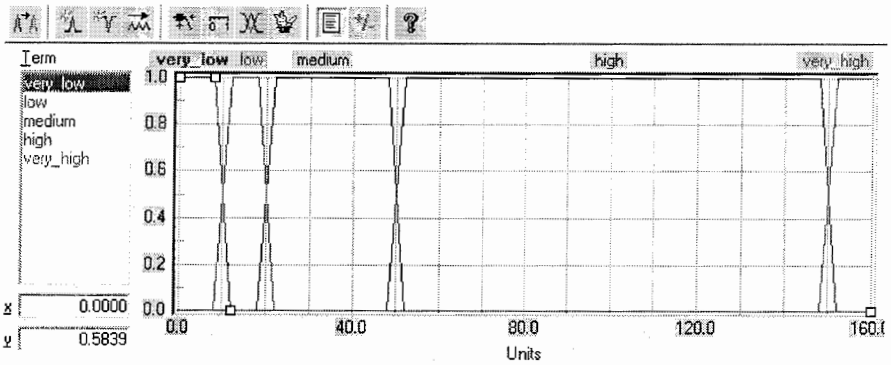
شکل (۵-۱۷) نمودار تابع عضویت کیفیت سنگ کف را نشان می‌دهد که برای آن ۳ محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات کیفیت سنگ کف را بر حسب مگا پاسکال و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۷- نمودار تابع عضویت کیفیت سنگ کف لایه

۵-۴-۱-۶-آب

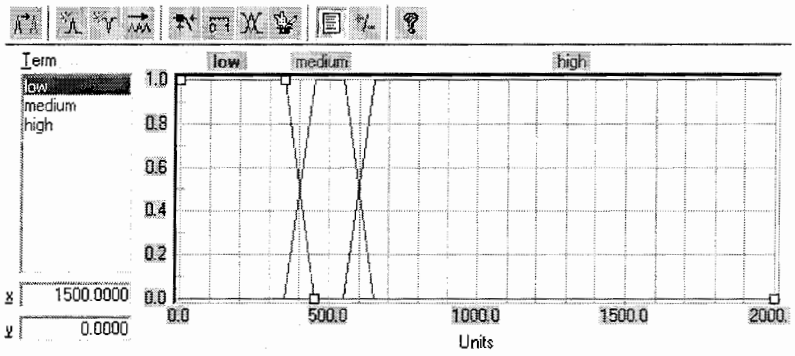
شکل (۵-۱۸) نمودار تابع عضویت میزان آب موجود در طول کارگاه استخراج را نشان می‌دهد که برای آن ۵ محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی میزان آب موجود در طول کارگاه استخراج بر حسب لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۱۸- نمودار تابع عضویت میزان آب موجود در طول کارگاه استخراج

۵-۴-۱-۶-گسترش امتدادی لایه

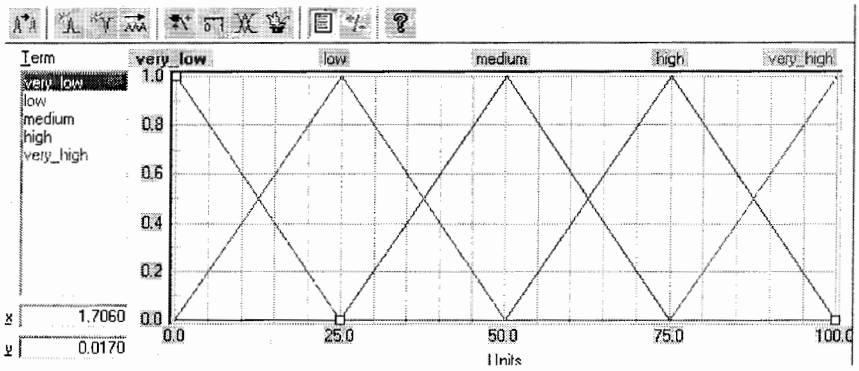
شکل (۵-۱۹) نمودار تابع عضویت گسترش امتدادی لایه را نشان می‌دهد که برای آن ۳ محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات گسترش امتدادی لایه را بر حسب متر و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می‌دهد



شکل ۵-۱۹- نمودار تابع عضویت گسترش امتدادی لایه

۵-۴-۱-۶-قابلیت مکانیزاسیون

قابلیت مکانیزاسیون به عنوان متغیر خروجی محسوب می‌شود. بنابراین برای این متغیر خروجی، مانند متغیرهای ورودی، تابع عضویت تعریف می‌شود. در شکل (۵-۲۰) نمودار تابع عضویت قابلیت مکانیزاسیون نشان داده شده است که برای آن پنج محدوده زبانی در نظر گرفته شده است. در این شکل محور افقی تغییرات قابلیت مکانیزاسیون را بر حسب درصد و محور قائم درجه عضویت آن را نشان می-دهد.



شکل ۵-۲۰- نمودار تابع عضویت قابلیت مکانیزاسیون لایه

۵-۴-۲- پایگاه قواعد بنیانی[1]

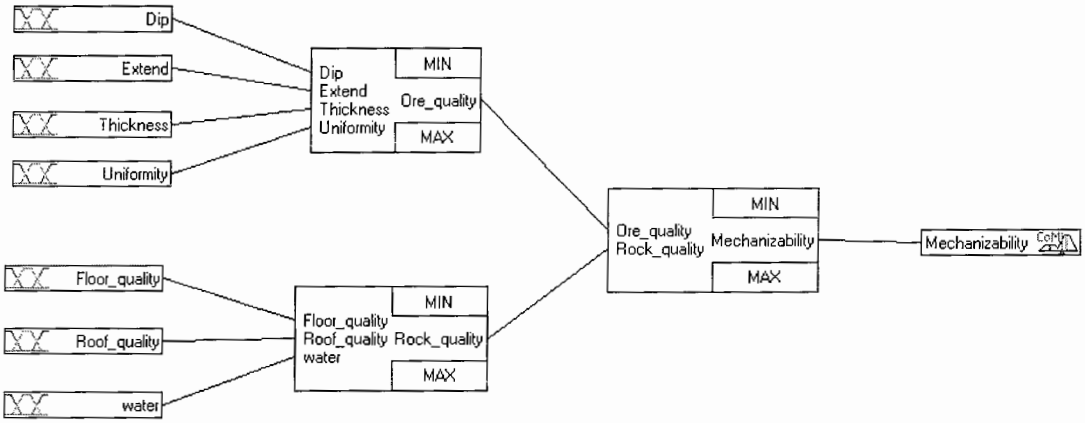
پس از تعیین توابع عضویت، می‌توان قواعد بنیانی را نوشت. هدف از نوشتن این قواعد، تعریف گزیدارهای مختلف و متنوعی است که از ترکیب حالات مختلفی (متغیرهای زبانی) که برای هر شاخص (عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون) تعریف شده، بدست می‌آید. این گزیدارها با جملات شرطی اگر....آنگاه... (If....then...) تعریف می‌شوند که پس از تعریف کلیه حالات ،پایگاه قواعد (دانش) سیستم فازی شکل می‌گیرد.

برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی با استفاده از منطق فازی تصمیم گرفته شد که از سه پایگاه قواعد استفاده شود.(شکل ۵-۲۱)

۵-۴-۲-۱-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۱

اولین پایگاه قواعد فازی با توجه به شیب لایه، ضخامت لایه، گسترش امتدادی لایه و یکنواختی آن، کیفیت لایه‌های زغالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. که برای وارد کردن پایگاه‌های قواعد و تشکیل قواعد بنیانی به‌صورت زیر عمل می‌کنیم.

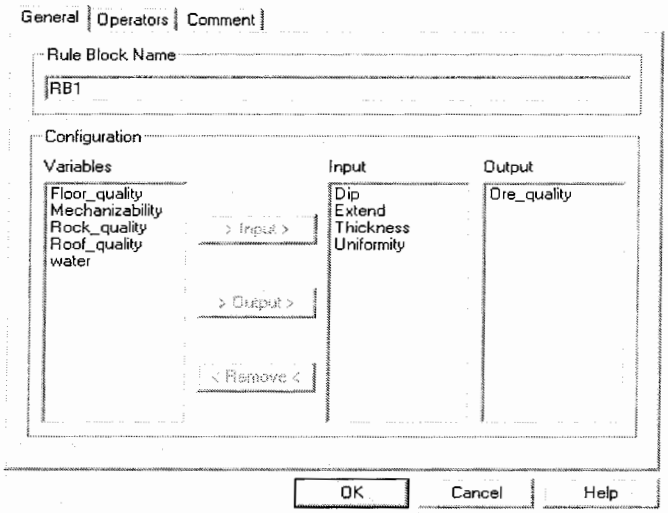
1- Rules base



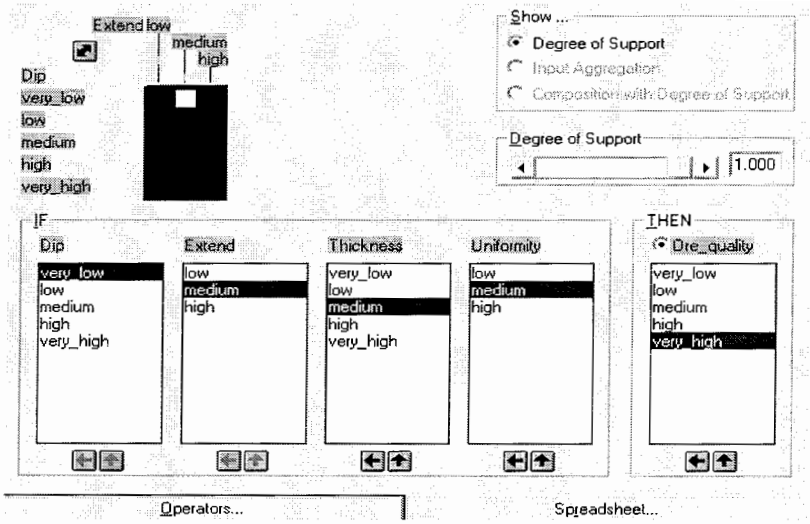
شکل ۵-۲۱- نحوهٔ اعمال سه پایگاه قواعد فازی برای تعیین قابلیت مکانیزاسیون

با استفاده از گزینه Rule Blocks در نمودار درختی سمت چپ صفحه اول نرم افزار(شکل ۵-۷)، می‌توان پایگاه‌های قواعد را تعریف نمود. نحوهٔ تعریف پایگاه قواعد شمارهٔ ۱ در پنجره‌های مختلف همان-گونه که در شکل‌های (۵-۲۲) تا (۵-۲۳) نشان داده شده است، انجام می‌گیرد.

در پنجره نمایش داده شده در شکل (۵-۲۲)، متغیرهای ورودی و خروجی پایگاه قواعد شمارهٔ ۱، را وارد شده است. در پنجره نمایش داده شده در شکل (۵-۲۳)، طراحی پایگاه قواعد با جملات شرطی اگر....آنگاه... وارد شده است.



شکل ۵-۲۲ تعریف بلوک قاعده شمارهٔ ۱



شکل ۵-۲۳-قواعد اگر... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۱

بنابراین پایگاه قواعد شمارهٔ ۱ از ۲۲۵ قاعده تشکیل شده، که قسمتی از آن در جدول (۵-۱) آورده شده است.

۵-۴-۲-۲-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۲

پایگاه قواعد فازی شماره ۲ با توجه به کیفیت سنگ‌های کمر بالا، کمر پایین و آب موجود در طول کارگاه استخراج، کیفیت سنگ‌های دربر گیرنده لایه‌های زغالی ارزیابی می‌شود (شکل ۵-۲۴).

بنابراین پایگاه قواعد شمارهٔ ۲ از ۷۵ قاعده تشکیل شده، که در جدول (۵-۲) آورده شده است.

جدول ۵-۱- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۱

	IF				THEN	
	Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_qualit
1	very_low	low	very_low	low	1.00	very_low
2	very_low	low	very_low	medium	1.00	very_low
3	very_low	low	very_low	high	1.00	very_low
4	very_low	low	low	high	1.00	low
5	very_low	low	low	medium	1.00	very_low
6	very_low	low	low	low	1.00	very_low
7	very_low	low	medium	low	1.00	very_low
8	very_low	low	medium	medium	1.00	medium
9	very_low	low	medium	high	1.00	medium
10	very_low	low	high	high	1.00	high
11	very_low	low	high	medium	1.00	medium
12	very_low	low	high	low	1.00	very_low
13	very_low	low	very_high	low	1.00	very_low
14	very_low	low	very_high	medium	1.00	low
15	very_low	low	very_high	high	1.00	medium
16	very_low	medium	very_low	high	1.00	very_low
17	very_low	medium	very_low	medium	1.00	very_low
18	very_low	medium	very_low	low	1.00	very_low
19	very_low	medium	low	low	1.00	very_low
20	very_low	medium	low	medium	1.00	medium
21	very_low	medium	low	high	1.00	high
22	very_low	medium	medium	high	1.00	high
23	very_low	medium	medium	medium	1.00	medium
24	very_low	medium	medium	low	1.00	low
25	very_low	medium	high	low	1.00	medium
26	very_low	medium	high	medium	1.00	high
27	very_low	medium	high	high	1.00	very_high
28	very_low	medium	very_high	low	1.00	low
29	very_low	medium	very_high	medium	1.00	medium
30	very_low	medium	very_high	high	1.00	medium
31	very_low	high	very_low	low	1.00	very_low
32	very_low	high	very_low	medium	1.00	very_low
33	very_low	high	very_low	high	1.00	very_low
34	very_low	high	low	low	1.00	very_low
35	very_low	high	low	medium	1.00	low
36	very_low	high	low	high	1.00	medium
37	very_low	high	medium	high	1.00	very_high
38	very_low	high	medium	medium	1.00	high
39	very_low	high	medium	low	1.00	medium
40	very_low	high	high	low	1.00	medium
41	very_low	high	high	medium	1.00	high
42	very_low	high	high	high	1.00	very_high
43	very_low	high	very_high	high	1.00	high
44	very_low	high	very_high	medium	0.98	medium
45	very_low	high	very_high	low	1.00	low
46	low	low	very_low	low	1.00	very_low
47	low	low	very_low	medium	1.00	very_low
48	low	low	very_low	high	1.00	very_low
49	low	low	low	low	1.00	very_low
50	low	low	low	medium	1.00	low
51	low	low	low	high	1.00	medium
52	low	low	medium	high	1.00	high
53	low	low	medium	medium	1.00	medium
54	low	low	medium	low	1.00	low
55	low	low	high	low	1.00	low
56	low	low	high	medium	1.00	medium
57	low	low	high	high	1.00	high
58	low	low	very_high	high	1.00	medium
59	low	low	very_high	medium	1.00	low
60	low	low	very_high	low	1.00	very_low
61	low	medium	very_low	low	1.00	very_low
62	low	medium	very_low	medium	1.00	very_low
63	low	medium	very_low	high	1.00	very_low
64	low	medium	low	low	1.00	low
65	low	medium	low	medium	1.00	medium
66	low	medium	low	high	1.00	high
67	low	medium	medium	low	1.00	low
68	low	medium	medium	medium	1.00	medium
69	low	medium	medium	high	1.00	high
70	low	medium	high	high	1.00	very_high
71	low	medium	high	medium	1.00	high
72	low	medium	high	low	1.00	medium
73	low	medium	very_high	low	1.00	medium
74	low	medium	very_high	medium	1.00	high
75	low	medium	very_high	high	1.00	very_high
76	low	high	very_low	low	1.00	very_low
77	low	high	very_low	medium	1.00	very_low
78	low	high	very_low	high	1.00	very_low
79	low	high	low	low	1.00	low
80	low	high	low	medium	1.00	medium
81	low	high	low	high	1.00	high
82	low	high	medium	high	1.00	very_high
83	low	high	medium	medium	1.00	high
84	low	high	medium	low	1.00	medium
85	low	high	high	low	1.00	high
86	low	high	high	medium	1.00	very_high
87	low	high	high	high	1.00	very_high
88	low	high	very_high	high	1.00	very_high
89	low	high	very_high	medium	1.00	high
90	low	high	very_high	low	1.00	medium

ادامه جدول ۵-۱- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۱

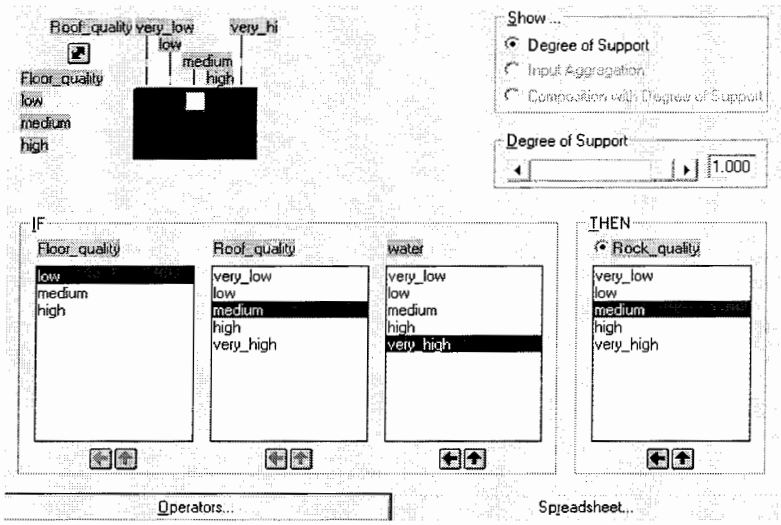
	IF				THEN	
	Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_qualit
91	medium	low	very_low	low	1.00	very_low
92	medium	low	very_low	medium	1.00	very_low
93	medium	low	very_low	high	1.00	very_low
94	medium	low	low	low	1.00	very_low
95	medium	low	low	medium	1.00	low
96	medium	low	low	high	1.00	low
97	medium	low	medium	high	1.00	medium
98	medium	low	medium	medium	1.00	low
99	medium	low	medium	low	1.00	low
100	medium	low	high	low	1.00	low
101	medium	low	high	medium	1.00	low
102	medium	low	high	high	1.00	medium
103	medium	low	very_high	high	1.00	medium
104	medium	low	very_high	medium	1.00	low
105	medium	low	very_high	low	1.00	very_low
106	medium	medium	very_low	low	1.00	very_low
107	medium	medium	very_low	medium	1.00	very_low
108	medium	medium	very_low	high	1.00	very_low
109	medium	medium	low	low	1.00	low
110	medium	medium	low	medium	1.00	low
111	medium	medium	low	high	1.00	medium
112	medium	medium	medium	high	1.00	medium
113	medium	medium	medium	medium	1.00	medium
114	medium	medium	medium	low	1.00	low
115	medium	medium	high	low	1.00	low
116	medium	medium	high	medium	1.00	medium
117	medium	medium	high	high	1.00	high
118	medium	medium	very_high	medium	1.00	medium
119	medium	medium	very_high	low	1.00	low
120	medium	medium	very_high	high	1.00	high

	IF				THEN	
	Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_qualit
121	medium	high	very_low	low	1.00	high
122	medium	high	very_low	medium	1.00	high
123	medium	high	very_low	high	1.00	high
124	medium	high	low	low	1.00	very_low
125	medium	high	low	medium	1.00	low
126	medium	high	low	high	1.00	medium
127	medium	high	medium	low	1.00	low
128	medium	high	medium	medium	1.00	medium
129	medium	high	medium	high	1.00	high
130	medium	high	high	low	1.00	medium
131	medium	high	high	medium	1.00	high
132	medium	high	high	high	1.00	very_high
133	medium	high	very_high	low	1.00	medium
134	medium	high	very_high	medium	1.00	high
135	medium	high	very_high	high	1.00	very_high
136	high	low	very_low	low	1.00	very_low
137	high	low	very_low	medium	1.00	very_low
138	high	low	very_low	high	1.00	very_low
139	high	low	low	low	1.00	very_low
140	high	low	low	medium	1.00	very_low
141	high	low	low	high	1.00	low
142	high	low	medium	high	1.00	medium
143	high	low	medium	medium	1.00	low
144	high	low	medium	low	1.00	low
145	high	low	high	low	1.00	low
146	high	low	high	medium	1.00	medium
147	high	low	high	high	1.00	high
148	high	low	very_high	high	1.00	low
149	high	low	very_high	medium	1.00	low
150	high	low	very_high	low	1.00	very_low

	IF				THEN	
	Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_qualit
151	high	medium	very_low	low	1.00	very_low
152	high	medium	very_low	medium	1.00	very_low
153	high	medium	very_low	high	1.00	very_low
154	high	medium	low	high	1.00	low
155	high	medium	low	medium	1.00	medium
156	high	medium	low	high	1.00	high
157	high	medium	medium	high	1.00	medium
158	high	medium	medium	medium	1.00	low
159	high	medium	medium	low	1.00	very_low
160	high	medium	high	low	1.00	low
161	high	medium	high	medium	1.00	medium
162	high	medium	high	high	1.00	medium
163	high	medium	very_high	high	1.00	medium
164	high	medium	very_high	medium	1.00	low
165	high	medium	very_high	low	1.00	low
166	high	high	very_low	low	1.00	very_low
167	high	high	very_low	medium	1.00	very_low
168	high	high	very_low	high	1.00	very_low
169	high	high	low	high	1.00	low
170	high	high	low	medium	1.00	low
171	high	high	low	low	1.00	very_low
172	high	high	medium	low	1.00	low
173	high	high	medium	medium	1.00	medium
174	high	high	medium	high	1.00	high
175	high	high	high	high	1.00	high
176	high	high	high	medium	1.00	medium
177	high	high	high	low	1.00	medium
178	high	high	very_high	low	1.00	low
179	high	high	very_high	medium	1.00	medium
180	high	high	very_high	high	1.00	high

ادامه جدول ۵-۱- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۱

	IF				THEN			IF				THEN	
	Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_quality		Dip	Extend	Thickness	Uniformity	DoS	Ore_quality
181	very_high	low	very_low	low	1.00	very_low	204	very_high	medium	medium	high	1.00	medium
182	very_high	low	very_low	medium	1.00	very_low	205	very_high	medium	high	low	1.00	low
183	very_high	low	very_low	high	1.00	very_low	206	very_high	medium	high	medium	1.00	medium
184	very_high	low	low	low	1.00	very_low	207	very_high	medium	high	high	1.00	medium
185	very_high	low	low	medium	1.00	very_low	208	very_high	medium	very_high	low	1.00	very_low
186	very_high	low	low	high	1.00	low	209	very_high	medium	very_high	medium	1.00	very_low
187	very_high	low	medium	low	1.00	very_low	210	very_high	medium	very_high	high	1.00	low
188	very_high	low	medium	medium	1.00	low	211	very_high	high	very_low	low	1.00	very_low
189	very_high	low	medium	high	1.00	low	212	very_high	high	very_low	medium	1.00	very_low
190	very_high	low	high	low	1.00	very_low	213	very_high	high	very_low	high	1.00	very_low
191	very_high	low	high	medium	1.00	low	214	very_high	high	low	low	1.00	very_low
192	very_high	low	high	high	1.00	low	215	very_high	high	low	medium	1.00	low
193	very_high	low	very_high	low	1.00	very_low	216	very_high	high	low	high	1.00	medium
194	very_high	low	very_high	medium	1.00	low	217	very_high	high	medium	low	1.00	very_low
195	very_high	low	very_high	high	1.00	low	218	very_high	high	medium	medium	1.00	low
196	very_high	medium	very_low	low	1.00	very_low	219	very_high	high	medium	high	1.00	medium
197	very_high	medium	very_low	medium	1.00	very_low	220	very_high	high	high	low	1.00	very_low
198	very_high	medium	very_low	high	1.00	very_low	221	very_high	high	high	medium	1.00	low
199	very_high	medium	low	low	1.00	very_low	222	very_high	high	high	high	1.00	low
200	very_high	medium	low	medium	1.00	low	223	very_high	high	very_high	low	1.00	very_low
201	very_high	medium	low	high	1.00	low	224	very_high	high	very_high	medium	1.00	very_low
202	very_high	medium	medium	low	1.00	very_low	225	very_high	high	very_high	high	1.00	low
203	very_high	medium	medium	medium	1.00	low							



شکل ۵-۲۴-قواعد اگر... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۲

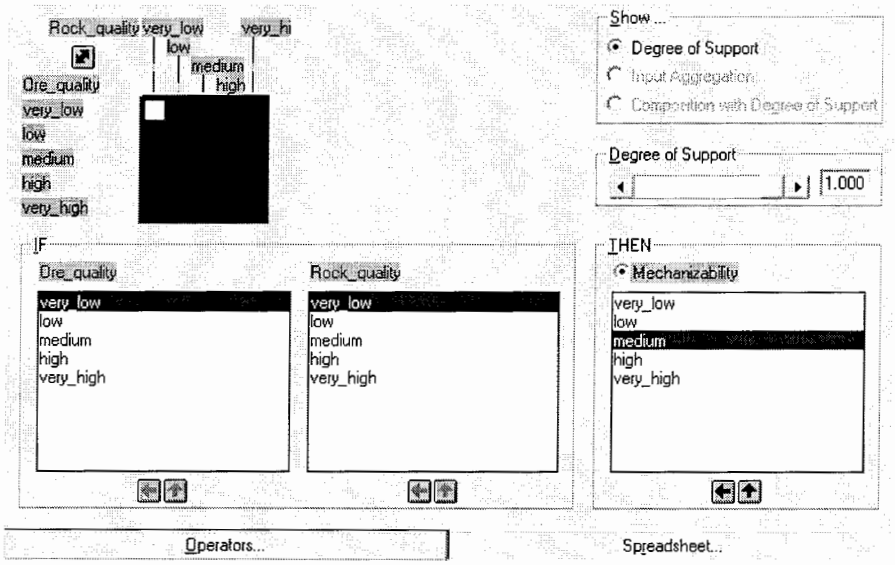
جدول ۵ -۲- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۲

	IF			THEN			IF			THEN			IF			THEN	
	Floor_qual	Roof_qual	water	DoS	Rock_qual		Floor_qual	Roof_qual	water	DoS	Rock_qual		Floor_qual	Roof_qual	water	DoS	Rock_qual
1	low	very_low	low	1.00	low	26	medium	very_low	very_low	1.00	very_high	51	high	very_low	very_low	1.00	very_high
2	low	very_low	very_low	1.00	medium	27	medium	very_low	low	1.00	high	52	high	very_low	low	1.00	high
3	low	very_low	medium	1.00	medium	28	medium	very_low	medium	1.00	medium	53	high	very_low	medium	1.00	medium
4	low	very_low	high	1.00	low	29	medium	very_low	high	1.00	low	54	high	very_low	high	1.00	low
5	low	very_low	very_high	1.00	very_low	30	medium	very_low	very_high	1.00	low	55	high	very_low	very_high	1.00	very_low
6	low	low	very_low	1.00	medium	31	medium	low	very_low	1.00	very_high	56	high	low	very_low	1.00	very_high
7	low	low	low	1.00	low	32	medium	low	low	1.00	high	57	high	low	low	1.00	high
8	low	low	medium	1.00	low	33	medium	low	medium	1.00	medium	58	high	low	medium	1.00	medium
9	low	low	high	1.00	very_low	34	medium	low	high	1.00	low	59	high	low	high	1.00	low
10	low	low	very_high	1.00	very_low	35	medium	low	very_high	1.00	low	60	high	low	very_high	1.00	very_low
11	low	medium	very_low	1.00	high	36	medium	medium	very_low	1.00	very_high	61	high	medium	very_low	1.00	very_high
12	low	medium	low	1.00	high	37	medium	medium	low	1.00	high	62	high	medium	low	1.00	high
13	low	medium	medium	1.00	medium	38	medium	medium	medium	1.00	medium	63	high	medium	high	1.00	low
14	low	medium	high	1.00	low	39	medium	medium	high	1.00	low	64	high	medium	very_low	1.00	very_low
15	low	medium	very_high	1.00	low	40	medium	medium	very_high	1.00	very_low	65	high	medium	medium	1.00	medium
16	low	high	very_low	1.00	medium	41	medium	high	very_low	1.00	very_high	66	high	high	very_low	1.00	very_high
17	low	high	low	1.00	low	42	medium	high	low	1.00	high	67	high	high	low	1.00	high
18	low	high	medium	1.00	low	43	medium	high	medium	1.00	medium	68	high	high	medium	1.00	high
19	low	high	very_high	1.00	very_low	44	medium	high	high	1.00	low	69	high	high	high	1.00	low
20	low	high	high	1.00	low	45	medium	high	very_high	1.00	very_low	70	high	high	very_high	1.00	very_low
21	low	very_high	very_low	1.00	medium	46	medium	very_high	very_low	1.00	high	71	high	very_high	very_low	1.00	very_high
22	low	very_high	low	1.00	medium	47	medium	very_high	low	1.00	medium	72	high	very_high	low	1.00	high
23	low	very_high	medium	1.00	low	48	medium	very_high	medium	1.00	medium	73	high	very_high	medium	1.00	medium
24	low	very_high	high	1.00	low	49	medium	very_high	high	1.00	low	74	high	very_high	high	1.00	medium
25	low	very_high	very_high	1.00	low	50	medium	very_high	very_high	1.00	very_low	75	high	very_high	very_high	1.00	medium

۵-۴-۲-۳-پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۳

پایگاه قواعد فازی شماره ۳ بر اساس کیفیت لایه‌های زغالی (پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۱) و کیفیت سنگ‌های دربر گیرندهٔ لایه‌های زغالی (پایگاه قواعد فازی شمارهٔ ۲)، قابلیت مکانیزاسیون مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل ۵-۲۵).

بنابراین پایگاه قواعد شمارهٔ ۳ از ۲۵ قاعده تشکیل شده، که در جدول (۵-۳) آورده شده است.



شکل ۵-۲۵-قواعد اگر.... آنگاه.... فازی جهت طراحی پایگاه قواعد شماره ۳

۵-۴-۳-استنتاج فازی

به‌تدریج و با کامل شدن پایگاه دانش، سیستم هوشمند می‌شود، که این کار توسط موتور استنتاج[1] صورت می‌گیرد. بنابراین با تعریف تمامی حالات ممکن و آماده کردن سیستم به کلیه گزیدارها، با وارد شدن یک ورودی به سیستم، موتور استنتاج این ورودی را در مجموعه مناسب خود قرار می‌دهد. این کار برای سایر ورودی‌ها نیز انجام می‌شود. در پایان با توجه به تعیین مجموعه‌های مناسب برای کلیه ورودی-ها، موتور استنتاج می‌تواند مجموعه خروجی را تعیین کند.

1- Inference Motor

جدول ۵ -۳- پایگاه قاعده فازی شمارهٔ ۳

	IF		THEN	
	Ore_quality	Rock_quality	DoS	Mechanizability
1	very_low	very_low	1.00	very_low
2	very_low	low	1.00	very_low
3	very_low	medium	1.00	low
4	very_low	high	1.00	low
5	very_low	very_high	1.00	low
6	low	very_low	1.00	very_low
7	low	low	1.00	low
8	low	medium	1.00	low
9	low	high	1.00	medium
10	low	very_high	1.00	medium
11	medium	very_high	1.00	high
12	medium	high	1.00	high
13	medium	medium	1.00	medium
14	medium	low	1.00	low
15	medium	very_low	1.00	very_low
16	high	very_low	1.00	very_low
17	high	low	1.00	low
18	high	medium	1.00	medium
19	high	high	1.00	high
20	high	very_high	1.00	very_high
21	very_high	very_low	1.00	very_low
22	very_high	low	1.00	medium
23	very_high	medium	1.00	high
24	very_high	high	1.00	high
25	very_high	very_high	1.00	very_high

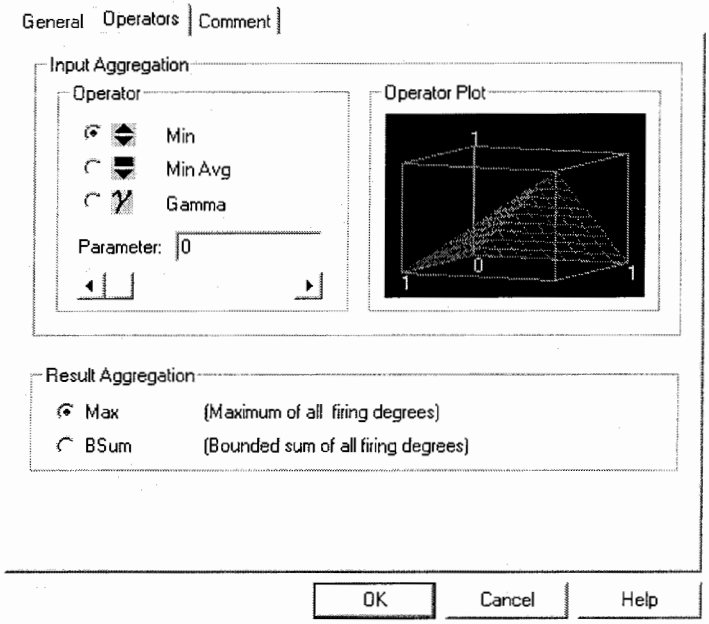
نرم افزار Fuzzy tech 5.12 روش‌های استنتاج متعددی را پشتیبانی می‌کند. برای نمونه روش‌های استنتاج قسمت شرط قوانین عبارتند از: GAMMA, MIN-AVG, MIN و روش‌های استنتاج قسمت نتیجه قوانین عبارتند از: MAX وBSUM

از طرفی روابط فازی در فضای حاصل‌ضرب را می‌توان با عملگر «ترکیب» با یکدیگر ادغام کرد. که گونه‌های مختلفی از ترکیب پیشنهاد شده است که علاوه بر آنکه دارای نتایج متفاوتی می‌باشند، دارای مشخصات ریاضی مختلفی نیز هستند. ترکیب Min-max بالمن-زاده بسیار شهرت یافته و یکی از ترکیب-هایی است که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد. (عادل آذر، فرجی، ۱۳۸۱). در این نوع استنتاج از عملکرد التزامی min استفاده می‌شود،یعنی:

$$m_{ij} = truth(a_i \to b_j) = \min(a_i, b_j)$$

که $a_i \to b_j$ استلزام فازی است و به معنی اگر a_i آنگاه b_j

در این مطالعه از عملگر Min-max استفاده شده است. در شکل (۵-۲۶) نحوهٔ استفاده از عملگر مذکور در نرم افزارFuzzy tech نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۶- پایگاه شرط قوانین

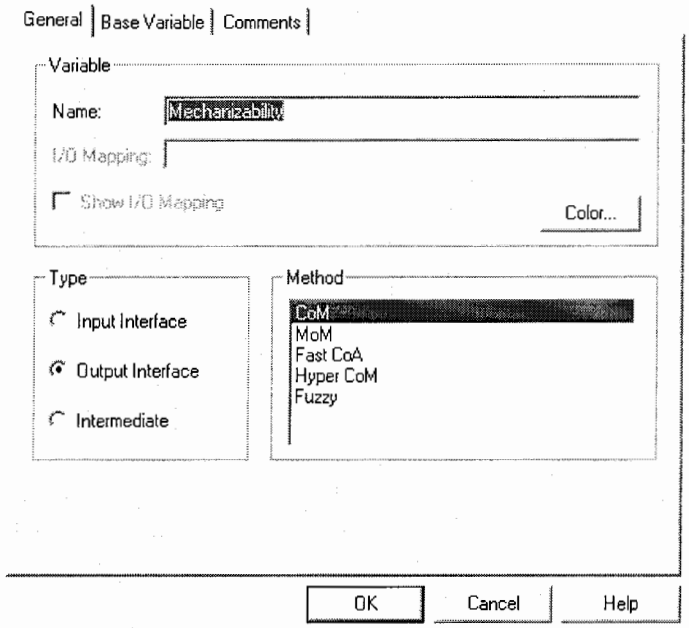
۵-۳-۴- غیرفازی سازی یا قطعی سازی[1]

مشکلی که وجود دارد این است که موتور استنتاج خروجی‌ها را در قالب متغییرهای زبانی بیان می-کند. و برای مقادیری نظیر شیب ۱۰درجه (که ۵۰٪ به مجموعه خیلی کم و ۵۰٪ به مجموعه کم تعلق دارد)، نمی‌تواند تصمیم بگیرد که به‌طور زبانی این خروجی به کدام مجموعه تعلق دارد و چقدر؟

برای رفع این مشکل غیر فازی سازی (قطعی سازی) صورت می‌گیرد. قطعی سازی به روش‌های مختلفی نظیر مرکز بازهٔ ماکزیمم[2]، میانگین (وسط) ماکزیمم[3] و مرکز سطح[4] انجام می‌شود (شکل ۵-۲۷).

1- Defuzzication
2- CenterOf Max (COM)
3- Mean Of Max (MOM)
4- Center of Area (COA)

روش قطعی سازی با محاسبهٔ دقیق درجه عضویت خروجی، مجموعه خروجی (محدودهٔ متغیر زبانی) را تعیین کرده و در نهایت مقدار دقیق آن را نیز محاسبه کند.



شکل ۵-۲۷- روش‌های مختلف غیر فازی سازی

از جمله روش‌های قطعی سازی که در بیشتر کاربردهای منطق فازی دیده می‌شود، روش مرکز بازهٔ ماکزیمم می‌باشد. این روش قطعی سازی دارای دو مرحله است. در مرحلهٔ اول برای هر ارزش زبانی، یک ارزش منحصر[1] درنظر گرفته می‌شود و در مرحلهٔ دوم، بهترین مصالحه[2] از طریق ایجاد موازنه بین نتایج به‌دست می‌آید. رویکرد معمول برای مشخص کردن ارزش نمونه، درنظر گرفتن نقطهٔ ماکزیمم تابع عضویت می‌باشد. اگر تابع عضویت یک بازهٔ فازی باشد، میانهٔ آن به عنوان ارزش نمونه انتخاب می‌شود (عادل آذر، فرجی، ۱۳۸۱).

1-Typical Value
2-Best Compromise

در این مطالعه از روش مرکز ماکزیمم (COM) استفاده شده است. این روش ابتدا بهترین ارزش نمونه را تعیین کرده و سپس بهترین گزینه از نتایج استنتاج منطق فازی را محاسبه می‌کند و بهترین درجه عضویت برای استنتاج منطق فازی به‌عنوان یک عدد واقعی به‌دست می‌آورد.

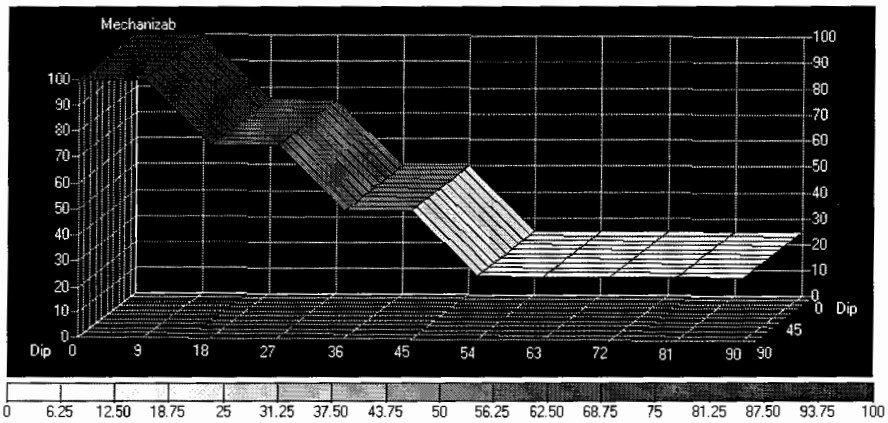
روش مذکور بیشترین کاربرد را در منطق فازی دارد. زیرا بیشتر از یک عبارت خروجی را می‌توان به‌صورت صحیح ارزیابی کند. روش غیر فازی‌سازی باید بین نتایج مختلف توافق کند. روش ماکزیمم مرکز یک خروجی مؤثر به‌عنوان میانگین وزنی (وزن‌دهی به‌وسیله نتایج استنتاج است)، از حداکثر عضویت عبارت محاسبه می‌کند.

۵-۴-۵-میزان تأثیر هر یک از عوامل در قابلیت مکانیزاسیون

پس از این‌که پایگاه قواعد شکل گرفت و نحوه استنتاج فازی مشخص شد، می‌توان تأثیر هر یک از عوامل مؤثر را بر قابلیت مکانیزاسیون در نرم افزار Fuzzy tech بررسی کرد. در شکل‌های (۵-۲۸) تا (۵-۳۴) میزان تأثیر هر یک از عوامل نمایش داده شده است.

۵-۴-۵-۱- تأثیر شیب بر قابلیت مکانیزاسیون

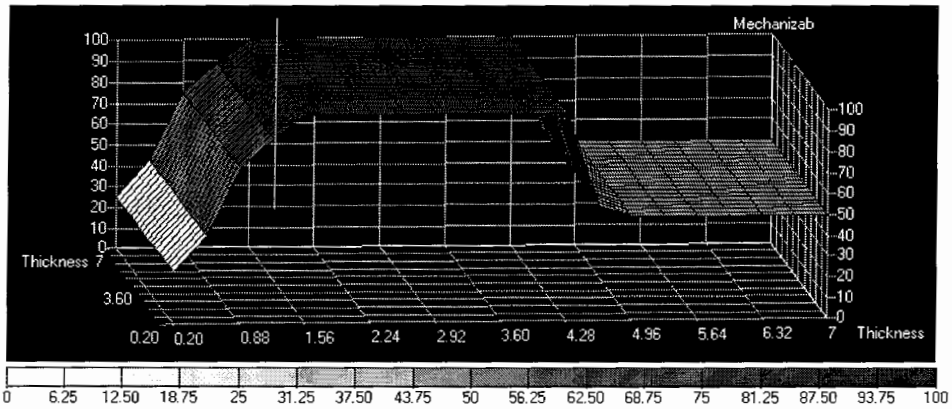
همان‌طور که در شکل (۵-۲۸) مشاهده می‌شود برای شیب تا ۵ درجه، قابلیت مکانیزاسیون بسیار مناسب است. همچنین با افزایش شیب بیش از ۸ درجه قابلیت مکانیزاسیون کاهش می‌یابد به‌طوری‌که برای شیب‌های بیشتر از ۵۰ درجه، اگر عوامل دیگر بهترین شرایط را داشته باشند، قابلیت مکانیزاسیون بسیار زیاد کاهش می‌یابد و عملاً معدن قابل مکانیزه نیست.



شکل ۵-۲۸-رابطه بین شیب و قابلیت مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۲- تأثیر ضخامت بر قابلیت مکانیزاسیون

همان‌طور که در شکل (۵-۲۹) مشاهده می‌شود بهترین ضخامت برای مکانیزاسیون ۲ متر تا ۴ متر است. در صورتی‌که ضخامت لایه کمتر از ۰/۸ متر باشد مکانیزاسیون کاهش می‌یابد بطوری‌که برای ضخامت‌های کمتر از ۰/۵ متر اگر همه عوامل مؤثر بهترین شرایط را داشته باشند، مکانیزه کردن معدن امکان‌پذیر نیست.

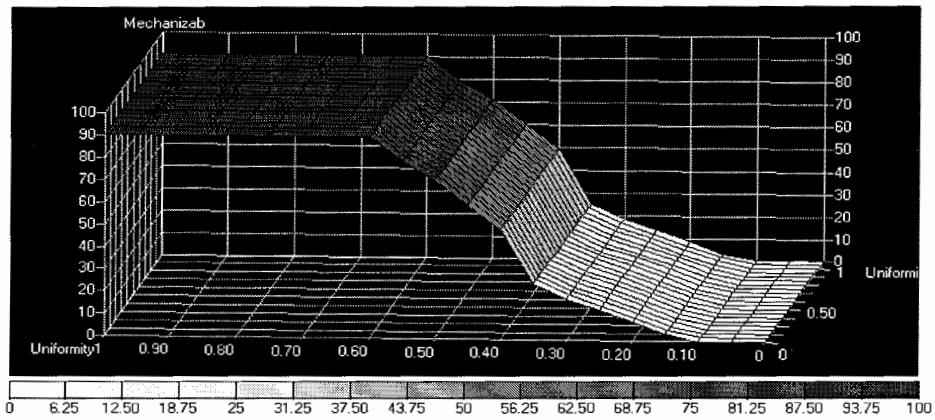


شکل ۵-۲۹- رابطه بین ضخامت و میزان مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۳- تأثیر یکنواختی لایه بر قابلیت مکانیزاسیون

با توجه به شکل (۵-۳۰) در صورتی‌که یکنواختی لایه بین ۰/۸ تا ۱ و بقیه عوامل مؤثر نیز مطلوب باشد، بهترین شرایط برای مکانیزه کردن معدن است. در صورتی‌که یکنواختی لایه کمتر از ۰/۵ باشد دیگر

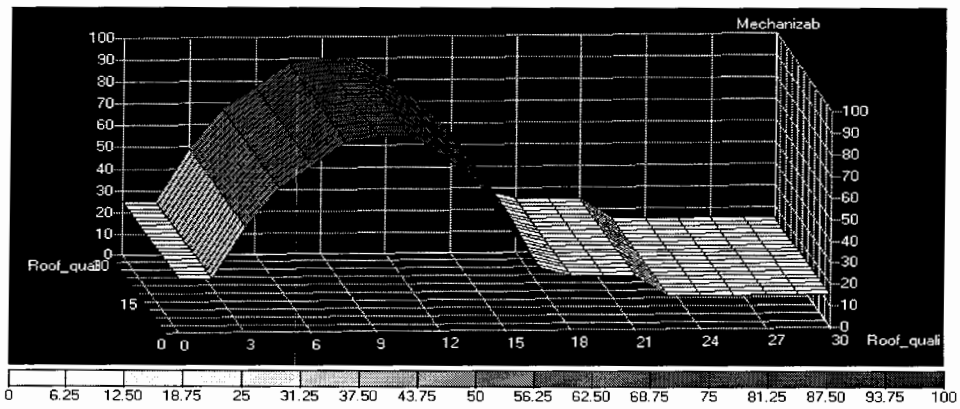
شرایط مطلوب برای مکانیزاسیون وجود ندارد.



شکل ۵-۳۰- رابطه بین یکنواختی لایه و میزان مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۴- تأثیر کیفیت سنگ سقف بر قابلیت مکانیزاسیون

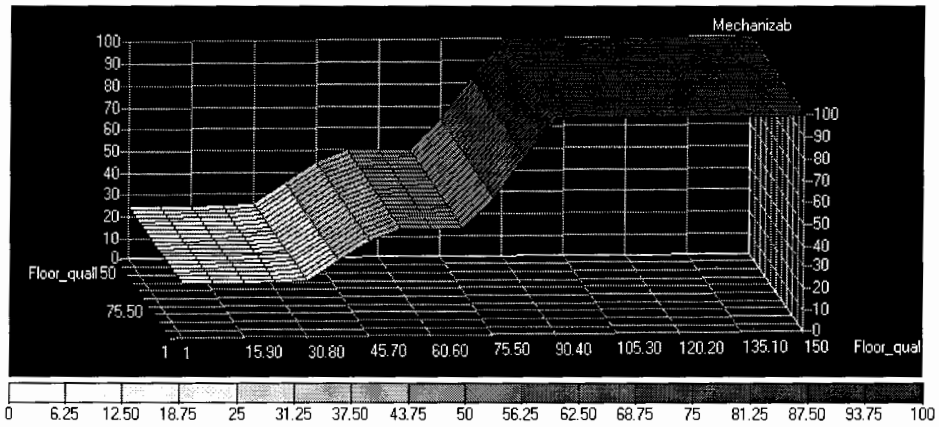
همان‌طور که در شکل (۵-۳۱) مشاهده می‌شود بهترین شرایط برای کیفیت سنگ کف برای مکانیزاسیون بین ۶ تا ۱۲ تن بر متر است که در غیر این‌صورت مکانیزاسیون، حتی با شرایط مطلوب عوامل دیگر، به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد.



شکل ۵-۳۱- رابطه بین کیفیت سنگ سقف و میزان مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۵- تأثیر کیفیت سنگ کف بر قابلیت مکانیزاسیون

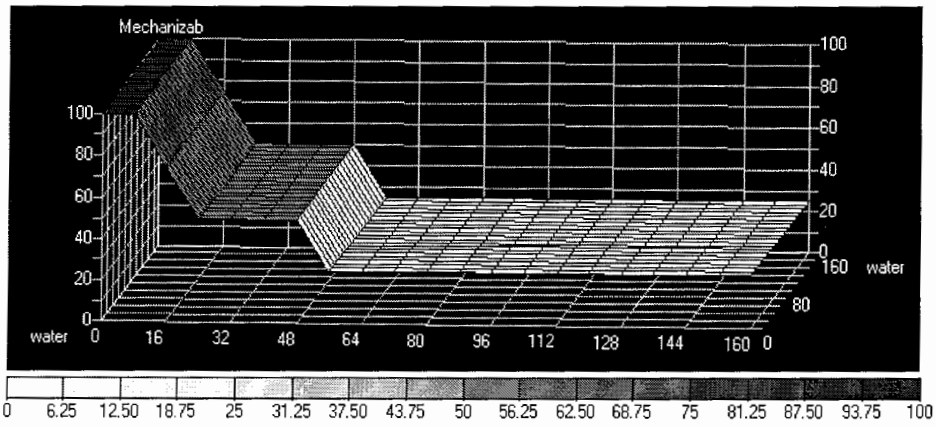
همان‌طور که در شکل (۵-۳۲) مشاهده می‌شود بهترین شرایط برای کیفیت سنگ سقف برای مکانیزاسیون از ۸۰ تا ۱۰۰ مگا پاسکال می‌باشد که در غیر این‌صورت با کم شدن کیفیت سنگ سقف میزان مکانیزاسیون کاهش می‌یابد.



شکل ۵-۳۲- رابطه بین کیفیت سنگ کف و مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۶- تأثیر آب بر قابلیت مکانیزاسیون

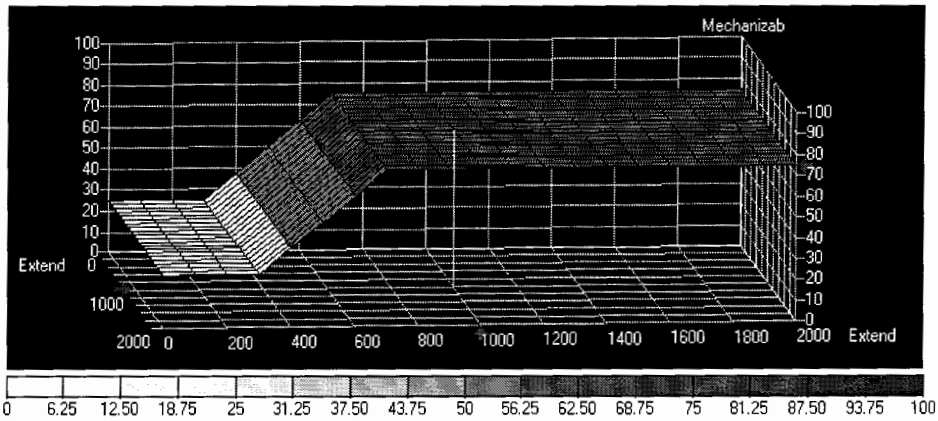
همان‌طور که در شکل (۵-۳۳) مشاهده می‌شود با افزایش آب موجود در کارگاه میزان مکانیزاسیون کاهش می‌یابد.



شکل ۵-۳۳- رابطه بین آب موجود در کارگاه و مکانیزاسیون

۵-۴-۵-۷- تأثیر گسترش امتدادی لایه بر قابلیت مکانیزاسیون

همان‌طور که در شکل (۵-۳۴) مشاهده می‌شود با افزایش گسترش امتدادی لایه میزان مکانیزاسیون کاهش می‌یابد. به‌طوری که بهترین گسترش امتدادی لایه برای مکانیزه کردن کارگاه استخراج بین ۶۰۰ تا ۲۰۰۰ متر است.



شکل ۵-۳۴- رابطه بین گسترش امتدادی لایه و مکانیزاسیون

۵-۵- مطالعه موردی

در این مطالعه قابلیت مکانیزاسیون تعدادی از لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت (لایه‌های K10, K11, K8, K17, K19, K20) با استفاده از نرم افزار Fuzzy tech بررسی می‌گردد. مشخصات لایه‌های مذکور در جدول (۵-۴)، همچنین مقاومت فشاری تک محوری سنگ‌های کمر بالا و کمر پایین لایه‌های زغال‌سنگ در جدول ۵-۵ نشان داده شده است.

در ادامه شاخص‌های کیفیت سنگ سقف و کیفیت سنگ کف محاسبه شده است.

۵-۵-۱-محاسبه شاخص کیفیت سنگ سقف

مقدار شاخص کیفیت سنگ سقف (Q_r) با استفاده از رابطه ۳ ـ ۲ (که در فصل سوم توضیح داده شده است) محاسبه شده است. و نتایج آن در جدول ۵-۶ درج گردیده است.

جدول ۵–۴- مشخصات لایه‌های معدن تخت (گزارش دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱)

لایه	K8	K10	K11	K17	K19	K20
ضخامت لایهٔ زغالی (متر)	۰/۵۲-۱/۵۲	۰/۹ - ۲/۳۸	۰/۸۲-۱/۴۳	۰/۷۹-۱/۰۷	/۹۰-۲/۲۹	۰/۴۹-۰/۶۱
شیب عمومی لایه (درجه)	۳۲/۵	۳۰	۲۶	۳۰	۳۱	۲۹
جنس کمر بالا	رس سنگ	رس سنگ	ماسه سنگ	رس سنگ	رس سنگ	سیلتستون
جنس کمر پائین	رس سنگ	رس سنگ	سیلتستون	ماسه سنگ	ماسه سنگ	رس سنگ
یکنواختی لایه	یکنواخت و با تغییرات کم	یکنواخت و با تغییرات کم	یکنواخت و با تغییرات کم	یکنواخت و با تغییرات کم	یکنواخت و با تغییرات‌کم.	یکنواخت و با تغییرات کم
وزن مخصوص لایه زغالی($\frac{gr}{cm^2}$)	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴
ذخیره کل لایه (تن)	۶۰۹۵۶۸۲	۹۲۰۴۶۲۸	۹۷۸۲۰۲۳	۵۷۰۵۲۵۱	۹۰۰۰۰۷۸	۴۲۸۲۳۶۱
گسترش قابل استخراج لایه(km)	۶/۵	۱۰/۵۸	۷		۴/۵	۵/۲۵

جدول ۵-۵- مقاومت فشاری برای سنگ‌های دربر گیرنده زغال‌سنگ (Unrug, Szwilski, 1982)

جنس سنگ	مقاومت فشاری تک محوره سنگ		
	مگا پاسکال	کیلو گرم بر سانتیمتر مربع	تن بر متر مربع
ماسه سنگ	۸۶/۳	۸۸۰/۲۶	۸۸/۰۲۶
سیلت استون	۲۷/۸	۲۸۳/۵۶	۲۸/۳۵
رس سنگ	۳۷/۵	۳۸۲/۷	۳۸/۲۷

جدول ۵-۶-مقدار عددی شاخص کیفیت سنگ سقف لایه‌ها

لایه	K8	K10	K11	K17	K19	K20
جنس سنگ سقف	رس سنگ	رس سنگ	ماسه سنگ	رس سنگ	رس سنگ	سیلتستون
σ_c ($\frac{kg}{cm^2}$)	۳۸۲/۷	۳۸۲/۷	۸۸۰/۲۶	۳۸۲/۷	۳۸۲/۷	۲۸۳/۵۶
K_1	۰/۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	۰/۵	۰/۵
K_2	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۶	۰/۶	۰/۶
K_3	۰/۴	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۴	۰/۴
σ_M ($\frac{kg}{cm^2}$)	۴۵/۹	۴۵/۹	۱۲۲/۰۱	۴۵/۹	۴۵/۹	۳۴/۰۳
d (cm)	۲۰۴	۳۲۸	۲۲۵	۱۸۶	۳۱۹	۱۱
Q_r ($\frac{kg}{cm}$)	۱۴۰/۴۵	۲۲۶	۴۱۱/۷	۱۲۸/۰۶	۲۱۹/۶	۵۶/۱
Q_r ($\frac{t}{m}$)	۱۴/۰۴	۲۲/۶	۴۱/۱۷	۱۲/۸	۲۱/۹۶	۵/۶۱

K_1: ضریب مقاومت برجا

K_2: ضریب خزش

K_3: ضریب رطوبت

σ_M: مقاومت فشاری سنگ سقف بلافاصل در حالت برجا

σ_c: مقاومت فشاری تک محوری سنگ سقف

d : ضخامت سقف بلافاصل

Q_r: شاخص کیفیت سنگ سقف

۵-۵-۲-محاسبه شاخص کیفیت سنگ کف

مقدار شاخص کیفیت سنگ سقف (δ_b) با استفاده از رابطه ۳ ـ ۵ (که در فصل سوم توضیح داده شده است) محاسبه شده است. و نتایج آن در جدول ۵-۷ درج گردیده است.

جدول ۵-۷- مقدار عددی شاخص کیفیت سنگ کف لایه‌ها

لایه	K8	K10	K11	K17	K19	K20
جنس کمر پائین	رس سنگ	رس سنگ	سیلتستون	ماسه سنگ	ماسه سنگ	رس سنگ
مقاومت فشاری (مگا پاسکال)	۳۷/۵	۳۷/۵	۲۷/۸	۸۶/۲۶	۸۶/۲۶	۳۷/۵
توان باربری سنگ کف (مگا پاسکال)	۱۱۲/۵	۱۱۲/۵	۸۳/۴	۲۵۸/۷	۲۵۸/۷	۱۱۲/۵

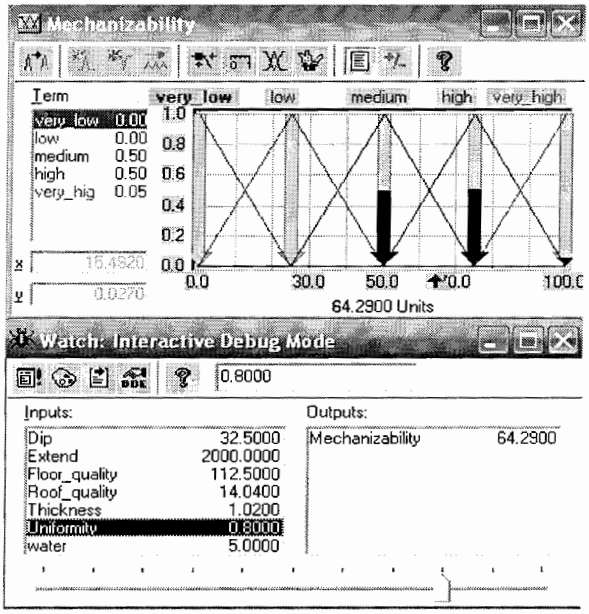
۵-۵-۳- نتایج آنالیز نرم افزار Fuzzy tech 5.12

با توجه به مشخصات لایه‌ها، مقدار شاخص کیفیت سنگ سقف و مقدار شاخص کیفیت سنگ کف نتایج به‌دست آمده از آنالیز نرم افزار برای قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های معدن تخت با روش قطعی سازی Com به‌صورت زیر است.

لایه K8

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K8، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۸) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۳۵) نشان داده است.

شکل ۵-۳۵- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K8



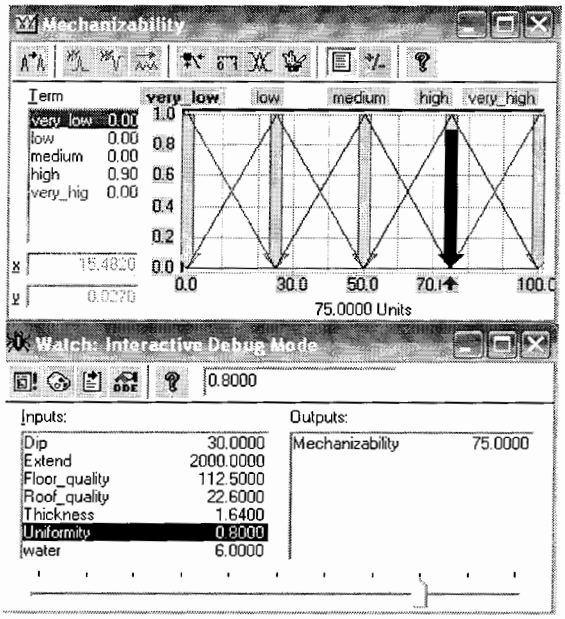
جدول ۵-۸- مشخصات لایهK8

لایه	K8	
شیب	۳۲/۵	
ضخامت	۱/۰۲	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۱۴/۰۴	
کیفیت سنگ کف	۱۱۲/۵	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۵	
گسترش امتدادی لایه(km)	۶/۵	
قابلیت مکانیزاسیون	۶۴/۲۹	خوب

لایه K10

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K10، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۹) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۳۶) نشان داده است.

شکل ۵-۳۶- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایهK10



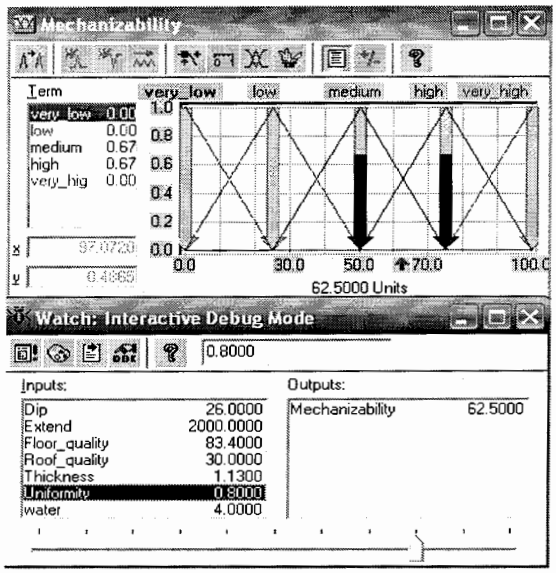
جدول ۵-۹- مشخصات لایه K10

لایه	K10	
شیب	۳۰	
ضخامت	۱/۶۴	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۲۲/۶	
کیفیت سنگ کف	۱۱۲/۵	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۶	
گسترش امتدادی لایه(km)	۱۰/۵۸	
قابلیت مکانیزاسیون	۷۵	خوب

لایه K11

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K11، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۱۰) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۳۷) نشان داده است.

شکل ۵-۳۷- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایهK11



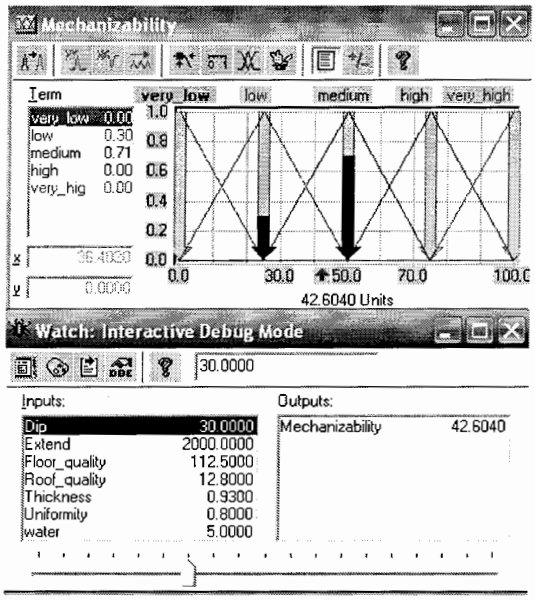
جدول ۵-۱۰- مشخصات لایه K11

لایه	K11	
شیب	۲۶	
ضخامت	۱/۱۳	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۴۱/۱۷	
کیفیت سنگ کف	۸۳/۴	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۴	
گسترش امتدادی لایه(km)	۷	
قابلیت مکانیزاسیون	۶۲/۵	خوب

لایه K17

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K17، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۱۱) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۳۸) نشان داده است.

شکل ۵-۳۸- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K17



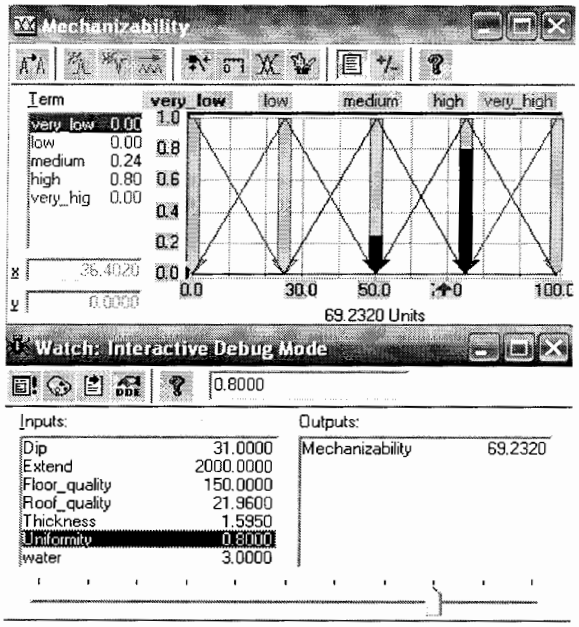
جدول ۵-۱۱- مشخصات لایه K17

لایه	K17	
شیب	۳۰	
ضخامت	۰/۹۳	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۱۲/۸	
کیفیت سنگ کف	۲۵۸/۷	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۵	
گسترش امتدادی لایه(km)	۳/۵	
قابلیت مکانیزاسیون	۴۲/۶	متوسط

لایه K19

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K19، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۱۲) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۳۹) نشان داده است.

شکل ۵-۳۹- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K19



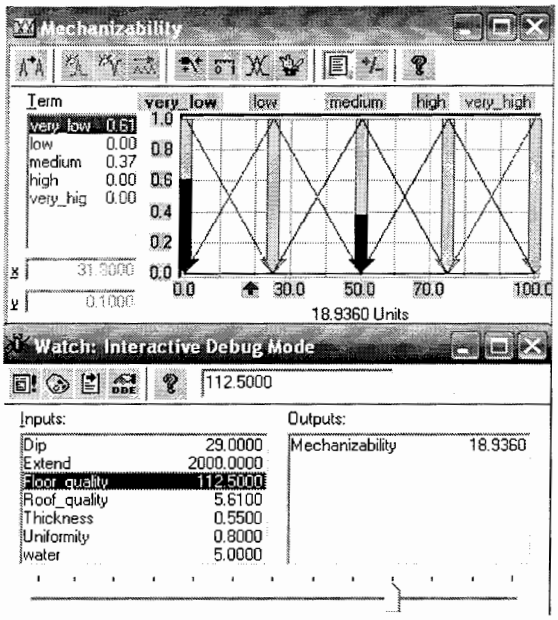
جدول ۵-۱۲- مشخصات لایه K19

لایه	K19	
شیب	۳۱	
ضخامت	۱/۵۹۵	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۲۱/۹۶	
کیفیت سنگ کف	۲۵۸/۷	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۳	
گسترش امتدادی لایه(km)	۴/۵	
قابلیت مکانیزاسیون	۶۹/۲۳	خوب

لایه K20

نتایج به‌دست آمده از تحلیل نرم افزار برای لایه K20، با توجه به مشخصات به‌دست آمده، درجدول (۵-۱۳) درج گردیده و به‌صورت شکل (۵-۴۰) نشان داده است

شکل ۵-۴۰- نتایج تحلیل با روش قطعی سازی Com برای لایه K20



جدول ۵-۱۳- مشخصات لایهK20

لایه	K20	
شیب	۲۹	
ضخامت	۰/۵۵	
یکنواختی	۰/۸	
کیفیت سنگ سقف	۵/۶۱	
کیفیت سنگ کف	۱۱۲/۵	
آب در کارگاه (لیتر بر دقیقه در ۱۰ متر از طول کارگاه)	۵	
گسترش امتدادی لایه(km)	۵/۲۵	
قابلیت مکانیزاسیون	۱۸/۹۳	خیلی کم

بنابراین نتایج به‌دست آمده از آنالیز نرم افزار Fuzzy tech 5.12 بر روی لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت به‌صورت جدول ۵-۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۵-۱۴- قابلیت مکانیزاسیون در لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت

لایه	شیب	ضخامت	یکنواختی	کیفیت سقف	کیفیت کف	آب	گسترش امتدادی(km)	قابلیت مکانیزاسیون	
K8	۳۲/۵	۱/۰۲	۰/۸	۱۴/۰۴	۱۱۲/۵	۵	۶/۵	۶۴/۲۹	خوب
K10	۳۰	۱/۶۴	۰/۸	۲۲/۶	۱۱۲/۵	۶	۱۰/۵۸	۷۵	خوب
K11	۲۶	۱/۱۳	۰/۸	۴۱/۱۷	۸۳/۴	۴	۷	۶۲/۵	خوب
K17	۳۰	۰/۹۳	۰/۸	۱۲/۸	۲۵۸/۷	۵	۳/۵	۴۲/۶	متوسط
K19	۳۱	۱/۵۹۵	۰/۸	۲۱/۹۶	۲۵۸/۷	۳	۴/۵	۶۹/۲۳	خوب
K20	۲۹	۰/۵۵	۰/۸	۵/۶۱	۱۱۲/۵	۵	۵/۲۵	۱۸/۹۳	خیلی کم

با توجه به جدول (۵-۱۴) مشاهده می‌شود که لایه k20، دارای قابلیت مکانیزاسیون خیلی کم می-باشد. بنابراین لایه مذکور شرایط لازم را برای مکانیزاسیون دارا نمی‌باشد. لایه‌های k8، k10، k11 و k19 دارای قابلیت مکانیزاسیون خوب و لایه k17 دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط می‌باشند. با توجه به این-که مکانیزاسیون دارای هزینهٔ سرمایه‌گذاری بالایی است و همچنین با توجه به میزان ذخایر لایه‌های مذکور، استفاده از رنده به عنوان ابزارهای برنده برای استخراج زغال پیشنهاد می‌شود. لازم به توضیح است که با توجه به شیب و ضخامت لایه‌های مذکور استفاده از رنده‌ها منطقی می‌باشد. نظر به این‌که اکتشافات تکمیلی لایه‌های مذکور به انجام نرسیده است، در آینده با کشف ذخیره‌های جدید، مکانیزاسیون لایه‌های مذکور می‌تواند مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱-نتیجه‌گیری

در دهه‌های اخیر، استخراج زغال‌سنگ در کشورهای در حال توسعه‌ای مانند ایران رونق زیادی داشته است که دلیل آن کاربرد زغال‌سنگ در صنایع فولاد، تولید نیرو و غیره می‌باشد. اما تولیدات داخلی زغال-سنگ جواب‌گوی مصرف نمی‌باشد و سالیانه مقداری زغال‌سنگ وارد می‌شود. برای به حداقل رساندن میزان واردات زغال‌سنگ، باید استخراج این مادهٔ معدنی از معادن داخلی افزایش داده شود. به‌منظور رسیدن به این هدف باید نحوهٔ انجام عملیات معدنی، از شیوه‌های سنتی و دستی به روش مکانیزه تبدیل کرد. روش استخراج مکانیزه با صرف نیروی انسانی کم، تولید بالا و هزینه استخراج پایین، از بهره‌وری بالایی نسبت به روش‌های دستی برخوردار است.

در حاضر در بین روش‌های متداول استخراج زغال‌سنگ، روش جبهه‌کار طولانی از قابلیت مکانیزاسیون بالایی برخوردار است. بنابراین برای محاسبهٔ قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ، روش جبهه‌کار طولانی مبنا قرار گرفته و رابطهٔ نهایی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ با توجه به محدودیت‌های فنی موجود در به‌کارگیری این روش استخراج به‌دست آمده است. از مهم‌ترین این محدودیت‌ها، برای نمایش کمی قابلیت مکانیزاسیون لایه، ضخامت لایه، شیب لایه، یکنواختی لایه، کیفیت سنگ سقف، کیفیت سنگ کف، میزان آب موجود در کارگاه و گسترش امتدادی لایه می‌باشند.

از طرفی همگی عوامل در ارتباط با ساختار زمین‌شناسی لایه می‌باشند که مباحث زمین‌شناسی همواره با درصد بالایی از عدم قطعیت مواجه است و مشخصات لایه از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر همواره با مقداری تغییر همراه است به‌طوری که این امر رسیدن به یک هدف خاص را غیر ممکن می‌سازد. بنابراین منطق فازی ابزاری است قدرتمند برای تحلیل سیستم‌هایی که با پارامترهای مبهم سر و کار دارند و با دریافت ورودی‌های زبانی و غیر دقیق و تحلیل‌های ساده به صورت اگر- آنگاه در حداقل زمان و با کم‌ترین محاسبات به نتیجه‌ای قابل قبول دست می‌یابد. نرم افزار Fuzzy tech یکی از نرم افزارهایی است که بدین

منظور تهیه شده است.

برای استفاده از نرم افزار Fuzzy tech، ابتدا توابع عضویت هر یک از عوامل مؤثر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ تشکیل داده شد. پس از تعیین توابع عضویت، سه پایگاه قواعد بنیانی[1] ساخته شد که هدف از نوشتن این قواعد، تعریف گزیدارهای مختلف و متنوعی است که از ترکیب حالات مختلفی که برای هر شاخص تعریف شده، بدست می‌آید. به‌تدریج و با کامل شدن پایگاه دانش، سیستم هوشمند می‌شود. این کار توسط موتور استنتاج[2] صورت می‌گیرد. مشکلی که وجود دارد این است که موتور استنتاج خروجی‌ها را در قالب متغیرهای زبانی بیان می‌کند. برای رفع این مشکل غیر فازی سازی[3] صورت می‌گیرد.

در نهایت قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ معدن تخت مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از مطالعه موردی بر روی لایه‌های زغال سنگ معدن تخت نشان می‌دهد لایه‌های k8، k10، k11 و k19 دارای قابلیت مکانیزاسیون خوب، لایه k17 دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط و لایه k20 دارای قابلیت مکانیزاسیون خیلی کم می‌باشد.

بنابراین لایه k20 شرایط لازم برای مکانیزاسیون را دارا نمی‌باشد. همچنین لایه‌های k8، k10، k11 و k19 شرایط مطلوبی برای مکانیزاسیون دارند. از طرفی مکانیزه کردن کارگاه‌های استخراجی به سرمایه‌گذاری اولیه بالایی نیازمند است که با توجه ذخیره لایه‌های مذکور، استفاده از تجهیزات مکانیزه گران قیمت برای تجهیز کارگاه‌های استخراج مقرون به‌صرفه نیست. لازم به توضیح است که با توجه به شیب و ضخامت لایه‌های مذکور امکان به‌کارگیری ماشین آلات استخراجی ارزان قیمت رنده برای لایه‌های امکان‌پذیر است.

لازم به ذکر است که مدل ارائه شده در این تحقیق تنها با توجه به پارامترهای فنی به‌دست آمده و در مدل‌سازی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها، عوامل اقتصادی در نظر گرفته نشده‌اند. بنابراین لازم است که پس از محاسبهٔ قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال سنگ، لایه‌هایی که با توجه به مدل ارائه شده قابلیت

1- Rules base
2- Inference Motor
3- Defuzzication

مکانیزاسیون بالایی دارند، از نظر اقتصادی مورد بررسی قرار گیرند. به این ترتیب لایه‌هایی که از لحاظ فنی و اقتصادی سودده به‌نظر می‌رسند در برنامهٔ کار عملیات استخراج قرار خواهند گرفت.

۶-۲-پیشنهادات

۱- برای رسیدن به نتایج مطلوب و مناسب لازم است آزمایش‌های مکانیک سنگی دقیق برای اندازه گیری مقاومت فشاری تک محوره سنگ‌های در بر گیرنده زغال‌سنگ صورت بگیرد.

۲- برای مکانیزاسیون معدن بهتر است بررسی فنی و اقتصادی صورت بگیرد. هر چند مدل طراحی شده فقط قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال را بر اساس فنی بررسی می‌کند. در حالی که بررسی اقتصادی از اهمّیت بالایی برخوردار است، زیرا برای مکانیزه کردن معادن نیاز به سرمایه گذاری بالایی جهت خرید ماشین آلات وجود دارد. بنابراین اگر سرمایه لازم برای مکانیزاسیون وجود نداشته باشد دیگر بررسی فنی کارآئی ندارد.

۳-با توجه به آنکه مکانیزاسیون نیاز به سرمایه گذاری بالایی دارد بنابراین بهتر است اکتشافات تکمیلی جهت ارزیابی ذخیره صورت بگیرد زیرا اگر میزان ذخیره پایین باشد دیگر سرمایه گذاری برای مکانیزاسین معدن مقرون به‌صرفه نیست.

۴-با توجه به میزان ذخیرهٔ لایه‌های k8، k10، k11 و k19 معدن تخت و همچنین شرایط مطلوب شیب و ضخامت لایه‌های مذکور، پیشنهاد می‌شود در صورت مکانیزاسیون از ماشین استخراجی رنده استفاده شود. به‌خاطر این‌که سرمایه‌گذاری اولیهٔ کمتری برای مکانیزاسیون نیاز داد.

منابع

آذر عادل، فرجی حجت، ۱۳۸۱، **علم مدیریت فازی**، سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، ۳۰۸ صفحه

اورعی کاظم، ۱۳۸۰، **روش‌های استخراج زیرزمینی (زغال‌سنگ)**، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۳۵۰ صفحه

اورعی کاظم، ۱۳۷۲، **قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ ایران**، مجلهٔ علمی- پژوهشی امیر کبیر

بصیر حسن، ۱۳۷۱، **زغال‌سنگ در جهان**، نخستین سمینار زغال‌سنگ، دانشکدهٔ فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

حیدریان پرویز، ۱۳۷۳، **تعیین ضخامت بهینه زغال در روش جبهه‌کار طولانی در حوزهٔ زغالی طبس**، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

کاسکو بارت، ۱۳۷۷، **تفکر فازی** (ترجمه غفاری علی و همکاران)، مرکز نشر دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۳۲۶ صفحه

کلر جورج، کلیر سنت، یوآن بو، ۱۳۸۱، **تئوری مجموعه‌های فازی** (ترجمه فاضل زرندی محمد حسین)، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۲۷۴ صفحه

دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۷۱، طرح **اکتشاف وتجهیز معدن زغال‌سنگ تخت**، ۲۵ صفحه

لانبرگ هلموت،۱۳۶۲، **اقدامات لازم برای مکانیزاسیون در مناطق معدنی با شرایط زمین شناسی نامساعد و امکانات تأمین دستگاه‌ها و قطعات در کشور مصرف کننده** (مترجم شرکت اینکونل)، اولین سمپوزیوم معدن‌کاری ایران

عطایی محمد، ۱۳۸۴، **معدنکاری زیرزمینی**، مرکز نشر دانشگاه صنعتی شاهرود، جلد دوم، ۷۰۰ صفحه

منصوری حمید، ۱۳۷۱، **بررسی قابلیت مکانیزه کردن لایهٔ d2 معدن بزرگ پابدانا**، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر

هارتمن ه، ۱۹۸۷، **اصول مهندسی معدن** (ترجمه یاوری مهدی)، مرکز نشر دانشگاه صنایع و معادن، ۷۰۰ صفحه

Bieniawski Z.T., 1987, **Strata control in mineral engineering**, Taylor and Francis, 212P.

Browner c.o., 1983, **Stability in underground mining** , Society of Mining Engineers of AIME, 1071 p.

Laird W., 1973, **Longwall Mining**, AME Mining Engineering Hand book, Cummins & Given

Junlu L., 1997, **Gateroad Design in Overlying Multi-Seam Mines**, Thesis Master of Science, Mining and Mineral Engineering, Virginia, USA.

Barczak T.M., 2001, **Underground Coal Mining in The Bituminous Coal Fields**, in:http//europa.eu.int/eur-lex/en/com/pdf/2000//com200-0380en01.pdf.

Stefanko R., 1983, **Longwall Mining, Shearer and Ploughs and System Consideration**, SME.

Farmer I W., 1985, **Coal Mine Structures**, Chapman & Hall, 71-82 PP.

Robert B.H., 1990, A **Review of the Performance of Various Powered Support Types Min**.Sci.Technol.,11.

http://www.uow edu.au/eng

Hartman H.L., Mutmansky J M., 2002, **Introductory mining engineering**, Second edition, Johan Wiley & Sons, 584 p.

Peng S.,Chiang H.S., 1984, **longwall mining**, Johan Wiley, 720 p.

Peng S.,Chiang H.S., 1992, **Longwall mining**, Handbook, ed.By Hustrulid W.A., Society of mining engineers, Inc., New York, 1778-1780

Stefanko R., Bise, C., 1983, **Coal Mining Technology**: Theory and Practice, Society for Mining Metallurgy , 410 p.

Unrug k., Szwilski B., 1982**, Method of Roof Quality Prediction**, State-Of-The-Art Of Ground Control In Long Wall Mining And Mining Subsidence

Walsh.J.W., 1994,**New Method Of Fault Projection for Coal Mine Planning**, 209-219 pp.