

ارائه یک اندیس جدید به منظور ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های

زغالی معدن زغال سنگ طزره

سیدمهدی مسینی^۱، رضا میکائیل^۲، سیدعلی اکبر مسینی^۱ و ممد عطایی^{۳*}

۱) کارشناس ارشد گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، m_hosseini_uni@yahoo.com

۲) استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

۳) استاد گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، ataei@shahroodut.ac.ir

* عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۹/۲۵؛ دریافت اصلاح شده: ۹۱/۲/۱۷؛ پذیرش: ۹۱/۲/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۱/۳/۳۱

چکیده

از مهم‌ترین اهداف مکانیزاسیون، می‌توان به کاهش هزینه‌های استخراج، تعداد کارگاه‌های استخراج، پیشرفت سریع‌تر معدن‌کاری، افزایش تولید، معدن‌کاری با پرسنل کمتر و ایمنی بالاتر اشاره نمود. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر قابلیت مکانیزاسیون لایه زغال‌سنگ، ضخامت، شیب، یکنواختی، کیفیت سنگ سقف و کف لایه می‌باشد. هدف از این پژوهش، ارائه شاخصی جدید جهت ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی بر اساس عوامل ذکر شده می‌باشد. با استفاده از این شاخص می‌توان قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی را در پنج کلاس خیلی بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی نمود. در این پژوهش، قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی معدن طزره، با استفاده از این شاخص مورد ارزیابی قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: سنگ کف و سقف، معدن‌کاری، شاخص جدید، هزینه‌های استخراج، افزایش تولید.

۱- مقدمه

بهره‌برداری بالای آن نسبت به سایر روش‌ها، از اهمیت بیشتری برخوردار است. از عوامل مؤثر بر تکامل و پیشرفت روش جبهه‌کار طولانی، می‌توان به توسعه و ساخت سیستم‌های نگهدارنده قدرتی یا قدم‌زن هیدرولیکی، ناو زنجیری انعطاف‌پذیر و ماشین‌های زغال‌کن (از جمله شیرر لودر یک یا دو طبقه یا رنده) اشاره کرد (عطایی ۱۳۹۰). امروزه با تجربیات بدست آمده از جبهه کارهای مکانیزه زغال سنگ در سراسر دنیا، ثابت شده که در صورت وجود شرایط مطلوب لایه‌های زغالی برای استخراج مکانیزه، بهره‌وری این روش در مقایسه با روش دستی افزایش چشمگیری خواهد داشت.

از مهم‌ترین اهداف در معادن، دستیابی به کاهش هزینه‌های استخراج، کاهش تعداد کارگاه‌های استخراج، پیشرفت سریع‌تر معدن‌کاری، افزایش تولید واحد استخراجی و معدن‌کاری با پرسنل کمتر و ایمنی بالاتر می‌باشد (عطایی ۱۳۹۰).

با مکانیزه شدن کارگاه‌های استخراج، نرخ پیشروی جبهه کار و میزان تناژ استخراجی از هر کارگاه افزایش و هزینه‌ی عملیات استخراج کاهش خواهد یافت (حسینی ۱۳۸۶). روش استخراج جبهه‌کار طولانی، یکی از روش‌های استخراج زغال‌سنگ است که امروزه با توجه به

در این مطالعه، ابتدا پارامترهای موثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی بررسی شدند. در ادامه، سیستم طبقه‌بندی جدیدی مشتمل بر این پارامترها ارائه شد. با استفاده از این سیستم طبقه‌بندی، قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی توسط یک شاخص جدید مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، به منظور بررسی عملکرد و ارزیابی سیستم طبقه‌بندی جدید، یک مطالعه موردی در حوزه البرز شرقی انجام شد.

در این مطالعه، ابتدا پارامترهای موثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی بررسی شدند. در ادامه، سیستم طبقه‌بندی جدیدی مشتمل بر این پارامترها ارائه شد. با استفاده از این سیستم طبقه‌بندی، قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی توسط یک شاخص جدید مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت، به منظور بررسی عملکرد و ارزیابی سیستم طبقه‌بندی جدید، یک مطالعه موردی در حوزه البرز شرقی انجام شد.

۷- فاکتورهای تأثیرگذار بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی

با توجه به مطالعات انجام شده، از عمده‌ترین عوامل موثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی می‌توان به فاکتورهایی نظیر شیب، ضخامت، یکنواختی، کیفیت سنگ سقف و کف لایه اشاره کرد. برای ارائه سیستم طبقه‌بندی، ابتدا این پارامترها بررسی شده، سپس هر پارامتر از نظر قابلیت مکانیزاسیون به پنج کلاس خیلی بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی خواهد شد (حسینی ۱۳۸۶).

۷-۱- شیب لایه

شیب لایه (Dip) یکی از پارامترهای مهمی است که نقش عمده‌ای

۷-۲- ضخامت لایه

ضخامت لایه (Thickness) زغال یکی دیگر 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 ۰/۸ متر می‌باشد. در ضخامت‌های بیش از ۰/۸ متر، استفاده از جبهه کار طولانی دو یا سه طبقه پیشنهاد می‌شود (عطایی ۱۳۹۰). جدول ۲ تغییرات ضخامت لایه‌های زغالی را از نظر قابلیت مکانیزاسیون نشان می‌دهد.

جدول ۱- ارزیابی و طبقه‌بندی شیب لایه‌های زغالی از نظر قابلیت مکانیزاسیون

معیار	تغییرات شیب لایه (درجه)			
	۰-۵	۵-۱۵	۱۵-۳۰	۳۰-۴۵
شیب	مسطح	کم شیب	نسبتاً شیب دار	شیب‌دار

جدول ۲- ارزیابی و طبقه‌بندی ضخامت لایه‌های زغالی از نظر قابلیت مکانیزاسیون

معیار	تغییرات ضخامت لایه (متر)			
	۰/۶-۰/۸	۰/۸-۱/۲	۱/۲-۱/۸	۱/۸-۴/۵
ضخامت	خیلی نازک	نازک	نسبتاً ضخیم	ضخیم

۷-۳- یکنواختی لایه

گسل‌ها، یکی از عمده‌ترین ساختارهای زمین‌شناسی در معادن زیرزمینی زغال سنگ می‌باشند. میزان جابجایی لایه زغال سنگ توسط گسل و تعداد گسل‌های موجود در طول لایه از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر چگونگی عبور جبهه کار زغال سنگ از گسل و قابلیت مکانیزاسیون لایه است. قابلیت مکانیزاسیون لایه زغال سنگ با میزان یکنواختی آن رابطه مستقیم دارد. میزان یکنواختی لایه (Uniformity) بر حسب تغییرات شاخص جابجایی (نسبت جابجایی لایه به ضخامت آن) مشخص می‌شود (Walsh & Watterson 1994).

$$I_t = \frac{t}{m}$$

(رابطه ۱)

در رابطه ۱ داریم:

t : میزان جابجایی لایه توسط گسل برحسب متر

m : ضخامت لایه بر حسب متر

در این طبقه‌بندی، شاخص جابجایی لایه به صورت کسری از ضخامت لایه نشان داده شده است. میزان یکنواختی لایه با توجه به شاخص جابجایی آن به صورت یک امتیاز به لایه اختصاص می‌یابد. جدول ۳ طبقه‌بندی پیشنهادی یکنواختی لایه را نشان می‌دهد.

جدول ۳- ارزیابی و طبقه‌بندی یکنواختی لایه های زغالی از نظر قابلیت مکانیزاسیون

معیار	تغییرات شاخص جابجایی لایه (I _f)			
	۰-۰/۵	۰/۵-۱	۱-۱/۵	۱/۵-۲/۲۵
یکنواختی	کاملاً یکنواخت	یکنواخت	نسبتاً یکنواخت	غیریکنواخت

۴-۱- کیفیت سنگ سقف

یکی از پارامترهای مهم در استخراج لایه های زغالی با استفاده از روش استخراج جبهه کار طولانی، کیفیت سنگ سقف (Roof Rock Quality) می باشد. این روش برای لایه های زغالی با پایداری بالا (مقاومت بالا) قابل استفاده نمی باشد. زیرا، در این روش برای کاهش بارهای وارده به سیستم نگهداری قدرتی و توزیع متناسب بار به سینه کار، نیاز است تا سقف پس از حرکت سیستم نگهداری به طور طبیعی تخریب (ریزش) شود آنراچ و اسویلسکی (Unrug & Szwilski 1982).

شاخص‌های مختلفی را برای ارزیابی کیفیت سنگ های سقف لایه‌های زغالی ارائه نمودند. شاخص کیفیت سنگ سقف به پارامترهایی از قبیل مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا و ضخامت سقف بلافاصل، بستگی دارد. مقدار عددی این شاخص از رابطه ۲ قابل محاسبه می باشد.

$$Q_r = 0.015 \sigma_M \cdot d \quad (\text{رابطه ۲})$$

در رابطه ۲ داریم:

σ_M : مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع

d : ضخامت سقف بلافاصل برحسب سانتی متر

Q_r : شاخص کیفیت سنگ سقف برحسب کیلوگرم بر سانتی متر اندازه گیری مقدار σ_M در محل، نسبتاً سختی می باشد، بنابراین، می توان از رابطه ۳ برای محاسبه این پارامتر استفاده کرد.

$$\sigma_M = \sigma_c \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \quad (\text{رابطه ۳})$$

در رابطه ۳ داریم:

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

K1: ضریب مقاومت برجا

K2: ضریب خزش

K3: ضریب رطوبت

ضرایب K1, K2, K3 به جنس سنگ سقف و خصوصیات آن بستگی داشته و بر اساس جدول ۴ تعیین می شوند.

جدول ۴- 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
ضریب خزش سنگ سقف			
نوع سنگ	ماسه سنگ	گل سنگ، لای سنگ و رس سنگ	
K ₂	۰/۷	۰/۶	
ضریب رطوبت سنگ سقف			
نوع سنگ	ماسه سنگ	گل سنگ، لای سنگ و رس سنگ	
K ₃	۰/۶	۰/۴	

ضخامت سقف بلافاصل نیز از رابطه ۴ محاسبه می شود.

$$d = \frac{M}{K-1} \quad (\text{رابطه ۴})$$

M: ارتفاع معدن کاری برحسب متر

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

سقف‌هایی که شاخص کیفیت آنها بین ۳۵ تا ۱۳۰ کیلوگرم بر سانتی-متر است، به عنوان مناسب‌ترین سقف برای انجام عملیات استخراج جبهه کار طولانی انتخاب می شوند (Unrug & Szwilski 1982). جدول ۵ ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت سنگ سقف را از دیدگاه قابلیت مکانیزاسیون نشان می دهد.

جدول ۵- ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت سنگ سقف از نظر قابلیت مکانیزاسیون

معیار	شاخص کیفیت سنگ سقف (کیلوگرم بر سانتی متر)			
	۱۳۰<	۰-۱۸	۱۸-۳۵	۳۵-۶۰
سنگ سقف	کاملاً پایدار	خیلی ناپایدار	نسبتاً پایدار	تخریب آسان

۵-۲- کیفیت سنگ کف

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. عوامل اصلی که برای پیش‌بینی کیفیت سنگ کف (Floor Rock Quality) باید مورد توجه قرار گیرند عبارتند از (Stefanko & Bise 1983):

- ۱- توان باربری سنگ کف: توان باربری (Bearing Capacity) سنگ کف، معرف حداکثر باری است که سنگ کف می‌تواند تحمل کند بدون این که در آن شکستگی روی دهد (Unrug & Szwliski 1982).
- ۲- بار قائم ناشی از وزن لایه‌های سقف که توسط پایه‌های نگهدارنده به سنگ کف اعمال می‌شود.

توان باربری در سنگ‌های شکننده و کشسان (شیل، ماسه‌سنگ) براساس تئوری مقاومت کیفیت از رابطه ۵ محاسبه می‌شود (اورعی ۱۳۸۰).

$$\delta_b = 3C_o \quad (\text{رابطه ۵})$$

در رابطه ۵ داریم:

$$\delta_b: \text{توان باربری سنگ کف (مگا پاسکال)}$$

$$C_o: \text{مقاومت فشاری تک محوری (مگا پاسکال)}$$

توان باربری سنگ کف با مقاومت سنگ رابطه‌ی مستقیم دارد، بنابراین هرچه مقاومت سنگ کف بیشتر باشد قابلیت مکانیزاسیون لایه نیز بیشتر خواهد بود. جدول ۶ طبقه‌بندی کیفیت سنگ کف را از نظر قابلیت مکانیزاسیون نشان می‌دهد.

جدول ۶- ارزیابی و طبقه‌بندی کیفیت سنگ کف از نظر قابلیت مکانیزاسیون

معیار	توان باربری سنگ کف (مگا پاسکال)				
	۰-۳۰	۳۰-۵۰	۵۰-۷۰	۷۰-۹۰	۹۰<
سنگ کف	خیلی ضعیف	ضعیف	نسبتاً مقاوم	مقاوم	خیلی مقاوم

بدین ترتیب هر یک از پارامترها نسبت به یکدیگر، طبق روش پیشنهادی ساعتی (Saaty 1994) (جدول ۷) دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. جدول ۸ ماتریس مقایسه زوجی پارامترهای موثر در قابلیت مکانیزاسیون را نشان می‌دهد.

جدول ۷- تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی

امتیاز عددی	مقایسه نسبی معیارها
۹	اهمیت مطلق
۷	اهمیت خیلی قوی
۵	اهمیت قوی
۳	اهمیت ضعیف
۱	اهمیت یکسان
۰.۲، ۰.۴، ۰.۶ و ۰.۸	ترجیحات بین فواصل فوق

جدول ۸- ماتریس مقایسه زوجی

معیار	شیب	ضخامت	یکنواختی	کف	سقف
شیب	۱	۲	۵	۳	۲
ضخامت	۱/۲	۱	۲	۳	۲
یکنواختی	۱/۵	۱/۲	۱	۲	۱/۲
کف	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۲
سقف	۱/۲	۱/۲	۲	۲	۱

۳- ارائه یک سیستم طبقه‌بندی جدید برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون

تاکنون سیستم‌های طبقه‌بندی مختلفی برای پیش‌بینی و ارزیابی خواص مهندسی سنگ‌ها ارائه شده است. در این میان می‌توان به ارائه سیستم‌های طبقه‌بندی در زمینه قابلیت حفاری و برش سنگ‌ها اشاره کرد (Hoseinie et al. 2009, Mikaeil et al. 2011). در این پژوهش سیستم طبقه‌بندی جدیدی برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی ارائه خواهد شد. در تعیین قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ عوامل متعددی موثر بوده که همگی در ارتباط با ساختار زمین‌شناسی لایه می‌باشند. در مباحث زمین‌شناسی همواره با درصد بالایی از عدم قطعیت مواجه هستیم. همچنین مشخصات لایه از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر همواره با مقداری تغییر همراه است. این مسأله یا رسیدن به هدفی خاص را غیر ممکن می‌سازد و یا حجم و زمان انجام محاسبات را به مقدار قابل توجهی افزایش می‌دهد.

۳-۱- تعیین وزن هر یک از پارامترها

برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از پارامترهای موثر در قابلیت مکانیزاسیون، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی این پارامترها تشکیل شد.

پارامتر، بیشترین امتیاز به بهترین وضعیت (خیلی بالا) داده شد. برای امتیاز حالت‌های بالا، متوسط، کم و خیلی کم به ترتیب ۷۵ درصد، ۵۰ درصد، ۲۵ درصد و ۱۰ درصد امتیاز در نظر گرفته شد. بدین ترتیب سعی شد تا سیستم طبقه‌بندی پیشنهادی غیر خطی شود. زیرا، یک سیستم غیر خطی بهتر می‌تواند به طبقه‌بندی توده سنگ‌های ضعیف بپردازد. جدول ۱۰، این سیستم طبقه‌بندی را به همراه ردیف‌های ارزش متعلق به هر پارامتر نشان می‌دهد. در این سیستم طبقه‌بندی، لایه‌های زغالی با توجه به مشخصات ضخامت، شیب، یکنواختی، کیفیت سقف و کف، امتیازی از ۱۰ تا ۱۰۰ را به خود اختصاص می‌دهند. بدین ترتیب میزان قابلیت مکانیزاسیون معادن زغالی توسط یک اندیس کمی جدید به نام شاخص قابلیت مکانیزاسیون سی‌اس‌ام (Coal Seam Mechanization, CSM) معرفی می‌شود. شاخص به دست آمده از این سیستم طبقه‌بندی می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم و کاربردی برای ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون معادن زغالی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس شاخص جدید، در مجموع به سنگ‌ها امتیازی از ۱۰ تا ۱۰۰ اختصاص داده شده و قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی به صورت کیفی در پنج کلاس خیلی بالا، خوب، متوسط، کم و خیلی کم طبقه‌بندی می‌شوند (جدول ۱۱).

پس از تشکیل ماتریس مقایسه زوجی، وزن هر یک از معیارها توسط نرم افزار Expert choice محاسبه شد. جدول ۹ وزن هر یک از پارامترهای موثر در قابلیت مکانیزاسیون را نشان می‌دهد.

جدول ۹- وزن مربوط به هر یک از پارامترهای موثر در قابلیت مکانیزاسیون

معیار	ضخامت	شیب	یکنواختی	سقف	کف
وزن	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۹

۳-۲- ارائه شاخص قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغالی

در مهندسی سنگ به ویژه در تدوین و ارائه یک سیستم طبقه‌بندی، انتخاب پارامترهای مهم و ترکیب آن‌ها در کنار هم، یکی از مهم‌ترین اصول به‌شمار می‌رود. کلیه پارامترهای بررسی شده در این تحقیق، می‌توانند تمامی عوامل موثر در قابلیت مکانیزاسیون را به خوبی پوشش دهند. با توجه به فاکتورهای موثر در قابلیت مکانیزاسیون، در نهایت یک شاخص کمی جدید به منظور ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ با استفاده از یک سیستم طبقه‌بندی ارائه شد. در سیستم طبقه‌بندی جدید، به منظور امتیازدهی به مقادیر مختلف هر

جدول ۱۰- یک سیستم طبقه‌بندی به منظور ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ

معیار	ردیف‌های ارزش				
ضخامت	۴/۵-۶	۱/۸-۴/۵	۱/۲-۱/۸	۰/۸-۱/۲	۰/۶-۰/۸
امتیاز	خیلی ضخیم	ضخیم	نسبتاً ضخیم	نازک	خیلی نازک
	۲۴	۱۸	۱۲	۶	۲/۴
شیب	۴۵-۷۰	۳۰-۴۵	۱۵-۳۰	۵-۱۵	۰-۵
امتیاز	پرشیب	شیب‌دار	نسبتاً شیب‌دار	کم شیب	مسطح
	۳/۹	۹/۷۵	۱۹/۵	۲۹/۲۵	۳۹
یکنواختی	۲/۲۵-۳	۱/۵-۲/۲۵	۱-۱/۵	۰/۵-۱	۰-۰/۵
امتیاز	کاملاً غیر یکنواخت	غیر یکنواخت	نسبتاً یکنواخت	یکنواخت	کاملاً یکنواخت
	۱/۱	۲/۷۵	۵/۵	۸/۲۵	۱۱
سقف	۶۰-۱۳۰	۳۵-۶۰	۱۸-۳۵	۰-۱۸	۱۳۰<
امتیاز	مناسب تخریب	تخریب آسان	نسبتاً پایدار	خیلی ناپایدار	کاملاً پایدار
	۱۷	۱۲/۷۵	۸/۵	۴/۲۴	۱/۷
کف	۹۰<	۷۰-۹۰	۵۰-۷۰	۳۰-۵۰	۰-۳۰
امتیاز	خیلی مقاوم	مقاوم	نسبتاً مقاوم	ضعیف	خیلی ضعیف
	۹	۶/۷۵	۴/۵	۲/۲۵	۰/۹

جدول ۱۱- کلاس‌های مختلف قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ

کلاس					
شاخص کمی قابلیت مکانیزاسیون	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	۲۰-۴۰	۱۰-۲۰
شاخص کیفی قابلیت مکانیزاسیون	خیلی بالا	بالا	متوسط	کم	خیلی کم

۴- مطالعه موردی

از غرب به شرق شامل معادن کلاریز، پشکلات، و رزمجا می‌باشد. معدن بزرگ طزره واقع در قسمت میانی منطقه طزره یعنی پشکلات، به وسیله تونل بزرگی با سطح مقطع ۱۰/۵ متر مربع و به طول ۸۰۰ متر گشایش یافته است. زغال منطقه طزره گازی چرب تا کک شو چرب با مقدار خاکستر متوسط است. تولید روزانه این منطقه ابتدا ۲۰۰ تن و در حال حاضر بیش از ۱۰۰۰ تن می‌باشد. گسترده‌ترین لایه‌های زغالی این منطقه لایه‌های P10، K19 است که لایه P10 حدود ۵۰ درصد ذخایر این منطقه را در بر می‌گیرد. جدول ۱۲ مشخصات لایه‌های زغال سنگ منطقه طزره را نشان می‌دهد (دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی ۱۳۸۰).

منطقه طزره دربرگیرنده معادن پشکلات، کلاریز، رزمجا و ممدویه است. محدوده‌ی مورد مطالعه، بخشی از دامنه جنوبی سلسله جبال البرز می‌باشد که در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال غربی شاهرود و ۴۰ کیلومتری شمال شرق دامغان قرار گرفته است. طزره از لحاظ تقسیمات کشوری، تابع استان سمنان می‌باشد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۸۰۰ متر و آب و هوای آن کوهستانی با زمستان‌های سرد و پرفرف و تابستان‌های معتدل می‌باشد. سازند زغال‌دار در این سری، بخشی از سازند شمشک است. وسعت آن حدود ۴۰ کیلومتر با تناوبی از لایه‌های زغالی، ماسه‌سنگ، سیلت‌استون و شیل می‌باشد. این منطقه

جدول ۱۲- مشخصات لایه‌های زغال سنگ منطقه طزره

لایه	شیب	ضخامت	یکنواختی	کیفیت سقف	کیفیت کف
P10	۴۳	۰/۸۸	۱/۱۳۶	۱۱۹/۸	۸۳/۴
P1	۵۱	۰/۴	۲/۵	۵۴/۴	۸۳/۴
P3	۳۶	۰/۵	۲	۲۴۴	۲۵۸/۷
K5	۴۸	۰/۸۷	۱/۲۱	۱۱۹/۸	۲۵۸/۷
K6	۳۳	۰/۶۴	۱/۶۹	۸۰/۳	۸۳/۴
K8	۳۸	۰/۸۵	۱/۲۱	۱۱۱/۶	۸۳/۴
K10	۲۹	۰/۸۲	۱/۲۵	۱۰۸/۹	۸۳/۴
K14	۳۱	۰/۶۲	۱/۷۲	۷۸/۹	۸۳/۴
K19U	۳۵	۰/۵۳	۱/۸۸	۷۸	۸۳/۴
K19L	۳۵	۰/۶۶	۱/۵	۸۹/۸	۸۳/۴

برابر با صفر در نظر گرفته شد. بر این اساس، این لایه‌ها شرایط اولیه را برای ورود به سیستم طبقه‌بندی به منظور ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون، دارا نمی‌باشند. بررسی سایر لایه‌ها نشان داد که شرایط لایه‌های زغالی معدن طزره برای مکانیزاسیون مناسب نمی‌باشد.

امتیاز مربوط به هر یک از پارامترها با توجه به سیستم طبقه‌بندی جدید محاسبه و در نهایت مقدار شاخص قابلیت مکانیزاسیون از مجموع امتیازات تعیین گردید. جدول ۱۳ مقدار شاخص‌های کمی و کیفی لایه‌های زغالی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. براساس جدول ۱۳، مقدار قابلیت مکانیزاسیون برای سه لایه P1، K19U و P3

جدول ۱۳- مقدار شاخص‌های کمی و کیفی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال سنگ منطقه طزره

لایه‌های زغالی منطقه طزره										قابلیت مکانیزاسیون
P10	P1	P3	K5	K6	K8	K10	K14	K19U	K19L	
۴۵	۰	۰	۴۱/۴	۳۸/۶۵	۴۵	۵۴/۷۵	۳۸/۶۵	۰	۴۱/۴	(CMS) شاخص کمی
متوسط	-	-	متوسط	کم	متوسط	متوسط	کم	-	متوسط	شاخص کیفی

۵- نتیجه‌گیری

و تجهیز معدن زغال سنگ تخت"، ۲۵ ص.

عطایی، م.، ۱۳۹۰، "معدنکاری زیرزمینی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، جلد دوم، ۷۰۰ ص.

Hoseinie, S. H., Ataei, M. & Osanloo, M., 2009, "A new classification system for evaluating rock penetrability", *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Vol. 46: 1329-1340.

Mikaeil, R., Yousefi, R., Ataei, M. & Abasian Farani, R., 2011, "Development of a New Classification System for Assessing of Carbonate Rock Sawability", *Archives of Mining Sciences*, Vol. 56 (1): 57-68.

Peng, S. & Chiang, H. S., 1992, "Longwall mining", In: *Hartman, H. L. & Littleton (Edn.), CO SME Mining Engineering Handbook, SME. 1780-1788: 335-399.*

Saaty, T. L., 1994, "How to make a decision: The analytic Hierarchy process", *Institute of Operation Research and the Management Sciences*, Vol. 24 (6): 19-43.

Stefanko, R. & Bise, C., 1983, "Coal mining technology", *Theory and Practice, Society for Mining Metallurgy*, 410 pp.

Unrug, K. & Szwilski, T. B., 1982, "Method of Roof auality prediction", *State-of-the-Art of Ground Control in Longwall Mining and Mining Subsidence*, 17 pp.

Walsh, J. J. & Watterson, J., 1994, "New methods of fault projection for coalmine planning", *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, Vol. 48, 209-219.

از مهم‌ترین اهداف در معادن زغالی با تناژ بالای زغالی، دستیابی به تولید بالا و کاهش هزینه‌های استخراجی با کاهش پرسنل و ایمنی بالا می‌باشد. با مکانیزه شدن کارگاه‌های استخراج، میزان تناژ استخراجی از هر کارگاه افزایش و هزینه‌های عملیاتی استخراج کاهش می‌یابد. برای مکانیزه کردن یک لایه زغالی عوامل زیادی تأثیرگذار می‌باشند.

از مهم‌ترین این عوامل می‌توان به ضخامت، شیب، یکنواختی، کیفیت سنگ سقف و کف لایه اشاره کرد. در این مطالعه پس از بررسی پارامترهای موثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها، سیستم طبقه‌بندی جدیدی مشتمل بر تمامی این پارامترها ارائه شد. در ادامه قابلیت مکانیزاسیون لایه های زغالی معدن طزره با استفاده از این سیستم طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده از سیستم طبقه‌بندی جدید منطقه طزره، شاخص کمی لایه‌های زغال سنگ P1، K19U و P3، برابر صفر می‌باشد. لایه‌های K6 و K14 دارای قابلیت مکانیزاسیون کم می‌باشند. بنابراین لایه‌های مذکور شرایط لازم را برای مکانیزاسیون دارا نمی‌باشند و بهتر است به روش سنتی استخراج شوند. لایه‌های K5، K19L، P10، K8 و K10 دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط می‌باشند. هزینه سرمایه‌گذاری اولیه جهت مکانیزاسیون لایه‌های زغال سنگ بسیار بالا می‌باشد. بنابراین، برای لایه‌های K5، K19L، P10، K8 و K10، استفاده از رنده به عنوان ابزار برنده جهت استخراج زغال پیشنهاد نسبتاً مطلوبی می‌باشد. بنابراین، با توجه به شیب و ضخامت این لایه‌ها، استفاده از رنده منطقی می‌باشد. لازم به ذکر است که در این تحقیق، سیستم طبقه‌بندی ارائه شده تنها با توجه به پارامترهای فنی به‌دست آمده است و در ارزیابی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها، عوامل اقتصادی در نظر گرفته نشده‌اند. بنابراین لازم است که پس از محاسبه قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال سنگ، لایه‌هایی که با توجه به سیستم طبقه‌بندی ارائه شده قابلیت مکانیزاسیون قابل قبولی دارند، از نظر اقتصادی نیز مورد بررسی قرار گیرند.

مراجع

اورعی، ک.، ۱۳۸۰، "روش‌های استخراج زیرزمینی (زغال سنگ)"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۳۵۰ ص.

حسینی، س. م.، ۱۳۸۶، "بررسی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال سنگ با استفاده از منطق فازی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک.

دفتر فنی اکتشافات شرکت البرز شرقی، ۱۳۸۰، "طرح اکتشاف