تعیین قابلیت مکانیزاسیون معادن زغال‌سنگ با استفاده از منطق فازی

محمد عطائی[i]؛ حجت اله دربانی[ii]

چکیده

از مهم‌ترین مسائل در معادن زیرزمینی ارتقاء کیفیت کار، افزایش تولید و بالا بردن سطح ایمنی این معادن است و برای دست‌یابی به این اهداف مکانیزه کردن این معادن الزامی است. مکانیزه کردن معادن نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی دارد، لذا قبل از هر چیز قابلیت مکانیزاسیون باید بررسی شود. در بررسی قابلیت مکانیزاسیون عوامل متعددی مانند کیفیت سنگ سقف، کیفیت سنگ کف، شیب لایه، ضخامت لایه و یکنواختی لایه باید مطالعه شوند. متاسفانه این عوامل غیر دقیق هستند. دراین مقاله با استفاده از نرم افزار Fuzzy tech 5.12 در ابتدا توابع عضویت این عوامل و سپس پایگاه قاعده فازی ایجاد شده است و در نهایت قابلیت مکانیزاسیون لایه‌ها با استفاده از منطق فازی بررسی شده است. با بررسی لایه‌های زغالی معدن طزره به عنوان مطالعه موردی مشخص شد به طور کلی قابلیت مکانیزاسیون در این لایه‌ها کم است و فقط سه لایه دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط هستند.

کلمات کلیدی

مکانیزاسیون، لایه‌های زغال، بهره وری، ایمنی، معدن طزره.

Determination of Mechanization Capability of Coal Mines Using Fuzzy Logic

M. Ataei ; H. A. Darbani

ABSTRACT

From among the most important problems in underground mines of Iran are improving the efficiency, increasing production and raising safety level. To achieve these purposes, mine mechanization is required. Mine mechanization needs high investment. Therefore, mechanization capability must be studied before mine mechanization. In an analysis of mechanization capability several factors are considered as follow: Dip, thickness, uniformity, floor rock quality and roof rock quality. These factors are imprecise. In this paper, using Fuzzy tech 5.12 software, membership functions and fuzzy rule - based are established. Ultimately, mechanization capability is studied. Mechanization capability of Tazareh coal seams was studied as case study. Studies indicate low mechanization capability in most coal seams and that just three seams had medium capability.

KEYWORDS

Mechanization, coal seams, productivity, safety, Tazareh coal mine..

[i] دانشیار دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، ۳۳۳۵۰۰۹ – ۰۲۷۳ ، ataei@shahroodut.ac.ir

[ii] کارشناس ارشد استخراج معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، h_darbani@yahoo.com

۱- مقدمه

مکانیزاسیون عملیات معدن‌کاری از دیرباز مورد توجه مهندسین معدن بوده است. پیشرفت مکانیزاسیون به قدری است که امروزه در پاره‌ای از معادن زغال و به ویژه در کارگاه استخراج کار توسط کارگران انجام نمی‌گیرد وبیشتر عملیات توسط ماشین انجام می‌شود. البته میزان مکانیزاسیون و گسترش آن در عملیات معدن‌کاری با توجه به شرایط گوناگون در همه جا یکسان نیست[۱].

از آن جا که یکی از عوامل پیشرفت هر جامعه‌ای انرژی بوده و زغال‌سنگ از نظر اهمیت بعد از نفت و گاز، جزء منابع مهم انرژی است. مهندسان معدن موظفند چه در زمان طراحی و چه در خلال عملیات اجرایی همیشه مسائل اقتصادی را مدنظر داشته باشند و کانسار 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 جبهه کار طولانی یکی از روش‌هایی است که بهره‌وری بالایی دارد و دلیل برتری آن، قابلیت بالای این روش برای مکانیزاسیون نسبت به سایر روش‌ها است. بنابراین مطالعات مربوط به قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ به طور عمده بر روی روش استخراج جبهه کار طولانی متمرکز شده است. با توجه به هزینه سنگین برای تجهیز کارگاه‌های مکانیزه استخراج زغال‌سنگ در مراحل امکان‌سنجی پروژه، باید معیاری وجود داشته باشد که لایه‌ها را از لحاظ قابلیت مکانیزاسیون طبقه‌بندی کند. این معیار می‌تواند در قالب یک روش یا یک مدل باشد به طوری که بتوان بر اساس مشخصات هندسی و پارامترهای کیفی قابلیت مکانیزاسیون را برای یک لایه زغالی تعیین کرد. تلاش‌های انجام شده در این زمینه اغلب به ساده‌سازی و حذف عدم قطعیت موجود در ماهیت مسئله انجامیده است. در مقابل، آسان بودن ایجاد و به کارگیری مدل، اعمال عدم قطعیت داده‌ها در مدل و توانایی مدل کردن دانش بشری از مزیت‌های مدل‌های فازی است. در این مقاله با توجه به شرایط زمین‌شناسی لایه و مقاومت کمربالا و کمرپایین، یک مدل فازی برای تخمین قابلیت مکانیزاسیون ارائه شده است. این مدل را می‌توان در مطالعات پیش‌امکان‌سنجی، برای هدایت پروژه در مرحله امکان‌سنجی و تمرکز بر روی لایه‌های مناسب‌تر به کار برد.

۲- اهداف مکانیزاسیون در معدن‌کاری

هر گاه عملیات زغال‌کنی، نگهداری کارگاه استخراج، پر کردن محل استخراج و یا تخریب و...با هم هماهنگ باشند می‌توان از آن به عنوان مکانیزاسیون نام برد. هدف از مکانیزاسیون کاهش هزینه‌های استخراج، کاهش تعداد کارگاه‌های استخراج، سرعت بیشتر پیشروی کارگاه، افزایش تولید واحد استخراجی، معدن‌کاری با پرسنل کمتر، معدن‌کاری با ایمنی بالاتر و تسهیل در کارهای معدنی می‌باشد. در این میان، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری از مهم‌ترین اهداف بوده و عوامل دیگر همگی به نحوی در کاهش هزینه‌ها نقش دارند. سرعت بیشتر پیشروی کارگاه باعث افزایش توان تولید در شیفت به ازای تعداد افراد کاری می‌شود. معدن‌کاری با پرسنل کمتر سبب کاهش هزینه‌هایی از قبیل حقوق، خدمات‌دهی و... می‌شود. معدن‌کاری با ایمنی بالاتر نیز سبب کاهش هزینه‌های حوادث ناشی از کار می‌شود[۲].

۳- عوامل مؤثر در قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ

مهم‌ترین عواملی که بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال-سنگ موثرند عبارتند از:

۳-۱- شیب لایه[۱]

به منظور استخراج مکانیزه هرچه شیب لایه زغال‌سنگ کمتر باشد، مناسب‌تر است[۳]. به طور کلی با افزایش شیب یک لایه، قابلیت مکانیزاسیون آن کاهش می‌یابد.

۳-۲- ضخامت[۲]

ضخامت‌های بیشتر از ۳ متر تجهیزات خاصی را طلب می‌کنند. برای استخراج زغال در ضخامت‌های ۰/۸ تا ۴/۹ متر می‌توان از انواع شیررها[۳] و رنده‌ها[۴] با توجه به شرایط استفاد کرد. اما برای لایه‌های ضخیم‌تر از ۴/۹ متر جبهه‌کار طولانی با تخریب در طبقات فرعی و یا جبهه کار طولانی دو یا سه برش پیشنهاد می‌شود[٤].

۳-۳- یکنواختی لایه[۵]

گسل‌ها و به خصوص گسل‌های با جابه‌جایی بیش از ضخامت لایه مشکلات اساسی را در استخراج ایجاد می‌کنند. میزان جابه‌جایی لایه زغال‌سنگ توسط گسل و تعداد گسل‌های موجود در طول لایه، از مهم‌ترین عواملی هستند که بر چگونگی عبور جبهه‌کار از گسل و قابلیت مکانیزه کردن لایه تأثیر می‌گذارند[۵]. شولز در سال ۱۹۹۳ طبقه‌بندی‌ای ارائه کرده است که در آن میزان یکنواختی لایه بر حسب تغییرات شاخص جابه‌جایی (I_T) مشخص شده است. شاخص جابه‌جایی لایه از

رابطهٔ زیر به دست می‌آید[٦]:

$$I_T = \frac{T}{M} \qquad (١)$$

که در این رابطه T میزان جابه‌جایی لایه توسط گسل بر حسب متر و M ضخامت لایه زغالی بر حسب متر است.

میزان یکنواختی لایه در این طبقه‌بندی با توجه به شاخص جابه‌جایی به صورت یک امتیاز به لایه اختصاص داده می‌شود (جدول١). در تئوری که شولز مطرح کرد، یکنواختی لایه بین صفر و یک تغییر می‌کند. طبق این تئوری لایه‌هایی که شاخص جابه‌جایی آن‌ها صفر است، کاملاً یکنواخت (امتیاز یکنواختی برابر با ١) و لایه‌هایی که شاخص جابه‌جایی آن‌ها بیشتر از ٣ (میزان جابه‌جایی لایه سه برابر ضخامت آن)، غیر یکنواخت (امتیاز یکنواختی برابر با صفر) هستند.

٣-٤- کیفیت سنگ سقف[٦]

برای انجام عملیات استخراج با روش جبهه‌کار طولانی، سقف باید نه زیاد سست و نه زیاد محکم باشد بلکه باید به گونه‌ای باشد که پس از اتمام یک برش و پیشروی نگهدارنده‌های قدرتی به جلو، آن قسمت از سقف که در پشت نگهدارنده‌ها قرار دارد به صورت یکنواخت و هماهنگ تخریب شده و از تمرکز تنش در سقف جلوگیری به عمل آید. براین اساس آنراج[٧] و اسویلسکی[٨] در سال ١٩٨٦ طبقه‌بندی‌ای ارائه کردند که در آن کیفیت سنگ سقف با توجه به مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا و ضخامت سقف بلافاصل از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$Q_r = 0.016\,\sigma_M.d \qquad (٢)$$

که در آن Q_r شاخص کیفیت سنگ سقف بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر، d ضخامت سقف بلافاصل بر حسب سانتی‌متر و σ_M مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است.

جدول(١): طبقه‌بندی شولز برای تعیین یکنواختی لایه [٦]

تغییرات شاخص جابجایی لایه	امتیاز یکنواختی لایه	وضعیت یکنواختی لایه
٠ - ٠/٥	١-٠/٦	یکنواخت
٠/٥ - ١	٠/٦-٠/٣٥	نیمه یکنواخت
١ - ١/٥	٠/٣٥-٠/٢	
١/٥ - ٢	٠/٢-٠/١٣	غیر یکنواخت
٢ - ٢/٥	٠/١٣-٠/٠٨	
٢/٥ - ٣	٠/٠٨-٠/٠٤	
بزرگتر از ٣	٠	

چون اندازه‌گیری مقدار مقاومت فشاری سنگ سقف در حالت برجا، کار نسبتاً سختی است، برای سهولت می‌توان از رابطهٔ زیر برای محاسبهٔ آن استفاده کرد[٥]:

$$\sigma_M = \sigma_C.K_1.K_2.K_3 \qquad (٣)$$

که در آن σ_C مقاومت فشاری تک محوری سنگ سقف بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، K_1 ضریب مقاومت بر جا، K_2 ضریب خزش و K_3 ضریب رطوبت هستند. در جدول ٢ مقدار مقاومت فشاری تک محوری سنگ سقف و در جدول ٣ مقادیر ضرایب مذکور برای سنگ‌های مختلف درج شده است.

جدول(٢):مقاومت فشاری برای سنگ‌های دربرگیرنده زغال‌سنگ[٥]

جنس سنگ	مقاومت فشاری تک محوره سنگ	
	مگاپاسکال	کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
ماسه‌سنگ	٨۶/٣	٨٨٠/٢۶
سیلت استون	٢٧/٨	٢٨٣/٥۶

جدول (٣): ضرایب مقاومت بر جا، خزش و رطوبت سنگ سقف [٥]

نوع سنگ	ماسه‌سنگ	گل سنگ	لای سنگ و رس سنگ
K_1	٠/٣٣	٠/٤٢	٠/٥
K_2	٠/٧	٠/٦	٠/٦
K_3	٠/٦	٠/٤	٠/٤

ضخامت سقف بلافاصل (d) نیز از رابطهٔ ٤ قابل محاسبه است.

$$d = \frac{M}{K-1} \qquad (٤)$$

که در این رابطه M ارتفاع معدن‌کاری بر حسب سانتی‌متر و K ضریب تورم سنگ سقف است. مقدار ضریب تورم سنگ از ١/٣ تا ١/٥ تغییر می‌کند.

با توجه به شاخص کیفیت سنگ سقف مطابق جدول ۴ سنگ سقف به شش گروه مختلف تقسیم می‌شود.

جدول(۴): طبقه بندی سقف بلافاصل بر اساس شاخص کیفیت[٥]

گروه	شاخص کیفیت سنگ سقف (تن بر متر)	توصیف سنگ سقف	طول سقف بدون نگهداری (متر)
ضعیف	٠-١/٨	ریزش بلافاصلهٔ سقف پس از پیشروی	١
کمی پایدار	١/٨-٣/٥	سقف پر درزه و شکاف است	١-٢
نیمه پایدار	٣/٥-٦	تخریب آسان	٢-٥
پایدار	٦-١٣	مناسب‌ترین سقف برای تخریب	٥-٨
خیلی محکم	>١٣	ضرورت انجام تخریب صنوعی	>٨
فوق‌العاده محکم	>٢٥	نامناسب برای تخریب	>٨

۳-۵- کیفیت سنگ کف[9]

سنگ کف جبهه کار باید به گونه‌ای باشد که وقتی نگهدارنده قدرتی روی آن قرار می‌گیرد و بار قائم سقف از طریق نگهدارنده به آن وارد می‌شود، پایه نگهدارنده در آن فرو نرود و حرکت نگهدارنده به سمت جلو در حین پیشروی مختل نشود.

توان باربری[10] سنگ کف معرف حداکثر باری است که سنگ کف می‌تواند تحمل کند بدون این که در آن شکستگی روی دهد[۵]. توان باربری سنگ کف به طور مستقیم و مطابق رابطه (۵) با مقاومت فشاری تک محوره سنگ ارتباط دارد[۱]، پس هرچه مقاومت سنگ کف بیشتر باشد قابلیت مکانیزاسیون لایه بیشتر است. به همین دلیل به منظور ساده‌سازی در تحلیل‌ها به طور مستقیم از مقاومت فشاری تک محوره سنگ استفاده شده است.

$$\sigma_b = 3\sigma_c \qquad (۵)$$

که در آن σ_b توان باربری سنگ کف و σ_c مقاومت فشاری تک محوره است.

٤- استفاده از منطق فازی برای برآورد قابلیت مکانیزاسیون

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 تغییر می‌کند به طوری که این امر انجام تحلیل برای رسیدن به یک هدف خاص را غیرممکن 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 غیردقیق و تحلیل‌های ساده به صورت **اگر- آن‌گاه** در حداقل زمان و با کم‌ترین محاسبات به نتیجه‌ای قابل قبول دست می‌یابد.

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

٤-١- مجموعه فازی

مجموعه‌های فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور لطفی عسکرزاده به عنوان روش ریاضی برای بیان ابهام عبارات زبانی مطرح شد. در یک مجموعه کلاسیک یک عضو به یک مجموعه یا متعلق هست یا نیست. از این رو عضویت یک عضو، قطعی و صفر یا یک است. اما در یک مجموعه فازی هر عضو با یک درجه عضویت بین صفر و یک به آن مجموعه تعلق دارد. از این رو مرز بین تعلق داشتن و یا تعلق نداشتن یک عضو به یک مجموعه به کمک تابع عضویت، یک مرز تدریجی و ملایم است. فرض کنید مجموعه X, n پارامتر به شرح زیر دارد:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots\}$$

مجموعه فازی A با تعیین یک ارزش بین صفر و یک برای هر متغیر بیان می‌شود که بیان‌گر درجه عضویت آن متغیر است و به شکل زیر بیان می‌شود:

$$A = \{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2), \mu_A(x_3), \dots\}$$

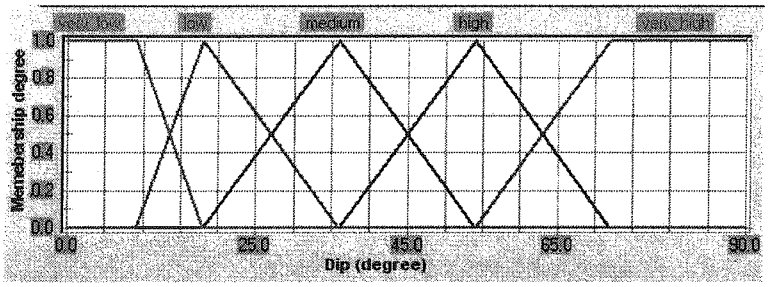
$\mu_A(x_i)$ درجه عضویت متغیر x_i است و این گونه تعریف می‌شود:

$$\mu_A(x_i) \longrightarrow [0,1] \qquad i = 1,2,3,\dots$$

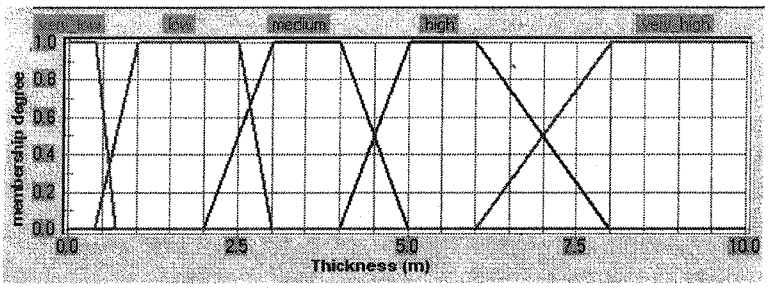
٤-٢-درجه عضویت عوامل مؤثر بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ

برای شیب لایه پنج محدوده زبانی با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌شود. در این نمودار محور افقی تغییرات شیب لایه را بر حسب درجه نشان می‌دهد. برای ضخامت لایه نیز پنج محدوده زبانی با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده که در آن محور افقی تغییرات ضخامت لایه را بر حسب متر نشان می‌دهد. برای یکنواختی لایه سه محدوده زبانی با نام‌های کم، متوسط و زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۳ نمایش داده شده که در آن محور افقی تغییرات شاخص جابه‌جایی لایه را که عددی بدون بعد است، نشان می‌دهد. برای کیفیت سنگ سقف لایه پنج محدوده زبانی با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۴ آورده شده که در آن محور افقی تغییرات شاخص کیفیت سنگ سقف را بر حسب تن بر متر نشان می‌دهد. برای کیفیت سنگ کف لایه چهار محدوده زبانی با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط و زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۵ مشاهده می‌شود. در این نمودار محور افقی تغییرات مقاومت فشاری سنگ کف را بر حسب مگاپاسکال نشان می‌دهد. قابلیت مکانیزاسیون لایه با پنج محدوده زبانی با نام‌های خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تعریف شده که نمودار تغییرات آن‌ها در شکل ۶ نمایش داده شده است. در این نمودار محور افقی تغییرات قابلیت مکانیزاسیون را بر حسب

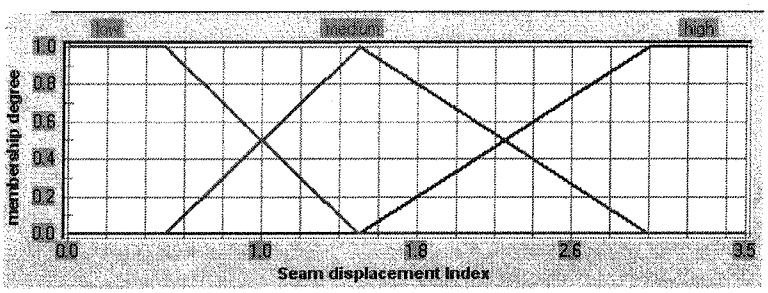
درصد نشان می‌دهد. در همه این نمودارها محور قائم تغییرات درجه عضویت را نشان می‌دهد.



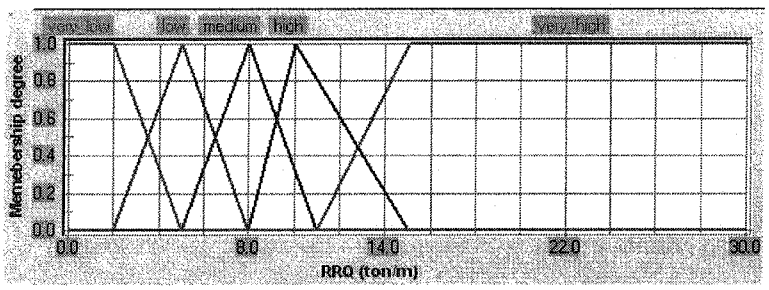
شکل (۱): نمودار توابع عضویت شیب لایه



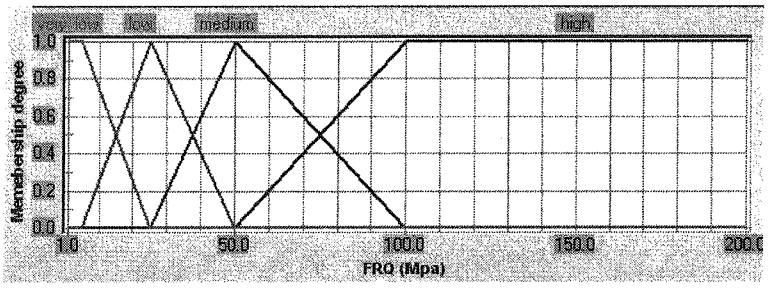
شکل (۲): نمودار توابع عضویت ضخامت لایه



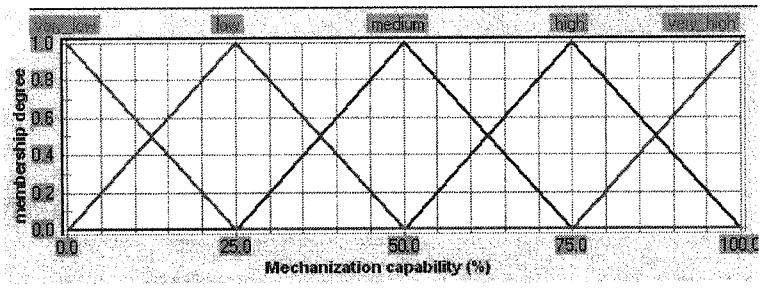
شکل(۳): نمودار توابع عضویت یکنواختی لایه



شکل(۴): نمودار توابع عضویت کیفیت سنگ سقف لایه



شکل (۵): نمودار توابع عضویت کیفیت سنگ کف لایه



شکل(۶): نمودار توابع عضویت قابلیت مکانیزاسیون لایه

٤-۳- پایگاه قاعده فازی

در پایگاه قاعده فازی، دانش به وسیله قوانین "اگر – آن‌گاه" توسط فرد خبره تعیین می‌شود. برای به دست آوردن قابلیت مکانیزاسیون لایه از ورودی‌های موجود، تعدادی قاعده ساده به صورت اگر ـ آن‌گاه لازم است تا ورودی‌های سیستم را به نتیجه مورد نیاز پیوند دهد. بدین منظور یک پایگاه قاعده متشکل از ۷۹ قاعده تشکیل شد که ورودی‌های این پایگاه قاعده شیب، یکنواختی و ضخامت لایه و خروجی آن یک متغیر فازی با نام کیفیت ماده معدنی است (جدول ٥). در ادامه پایگاه قاعده دیگری متشکل از ۱۰۰ قاعده تشکیل شد که ورودی‌های این پایگاه قاعده، کیفیت ماده معدنی، کیفیت سقف و کیفیت کف لایه و خروجی آن قابلیت مکانیزاسیون لایه است (جدول ٦).

جدول(۵): قسمتی از پایگاه قاعده فازی اول

اگر			آن گاه
شیب لایه	یکنواختی لایه	ضخامت لایه	کیفیت ماده معدنی
خیلی کم	بالا	کم	بسیار بالا
کم	بالا	کم	بالا
متوسط	بالا	خیلی زیاد	بسیار پایین
زیاد	بالا	خیلی کم	بسیار پایین
خیلی زیاد	بالا	خیلی کم	بسیار پایین

جدول(۶): قسمتی از پایگاه قاعده فازی دوم

اگر			آن گاه
کیفیت سقف	کیفیت ماده معدنی	کیفیت کف	قابلیت مکانیزاسیون
پایین	بسیار پایین	پایین	بسیار پایین
متوسط	پایین	متوسط	پایین
بالا	بالا	بالا	بالا
بالا	بسیار پایین	بسیار پایین	بسیار پایین
پایین	بسیار پایین	پایین	بسیار پایین

٤-٤- استنتاج فازی

استنتاج فازی فرآیند فرموله کردن تصویر مجموعه فازی ورودی به مجموعه فازی خروجی با استفاده از منطق فازی است. نرم افزار Fuzzy tech 5.12 روش‌های استنتاج متعددی را پشتیبانی می‌کند. برای نمونه روش‌های استنتاج قسمت شرط قوانین عبارتنداز: MIN-MAX ,MIN-AVG ,GAMMA و روش‌های استنتاج قسمت نتیجه قوانین عبارتند از: MAX وBSUM . در این مرحله برای استنتاج از عملگرMAX-MIN بالمن-زاده استفاده شده است.

٤-٥- غیرفازی‌سازی

بعد از این که مجموعه فازی خروجی در قسمت قبل به دست آمد برای به دست آوردن یک مقدار صریح برای قابلیت مکانیزاسیون و کاهش اطلاعات عمل غیرفازی‌سازی روی مجموعه فوق انجام می‌شود. در این قسمت Fuzzy tech 5.12 از روش‌های نظیر مرکز ماکزیمم[11] و وسط ماکزیمم[12] پشتیبانی می‌کند که برای این منظور در این مرحله از روش مرکز ماکزیمم استفاده شده است.

۵- مطالعه موردی

منطقه زغالی البرز شرقی، شامل کلیه رسوبات زغال‌داری است که در محدودهٔ بین جاده فیروزکوه، جاده بجنورد ـ اسفراین قرار دارند. تحقیقات اکتشافی ضمناً شامل رسوبات زغال‌دار حاشیه کویر مرکزی ایران مانند چاه شیرین جام و لارستان نیز می‌شود و از طرف شرق تا سرخس ادامه دارد. معادن زغال‌سنگ البرز در رشته کوه‌های البرز واقع شده و ارتفاع منطقه از سطح دریا به استثناء منطقه قشلاق از ۲۰۰۰ تا ۲۸۰۰ بوده و شامل مناطق زیر است:

الف: منطقه طزره که دربرگیرنده معادن پشکلات، کلاریز، رزمجا و ممدویه است.

ب: منطقه قشلاق و اولنگ که شامل معادن رضی، جوزچال، زمستان یورت و...است.

در این مقاله قابلیت مکانیزاسیون تعدادی از لایه‌های زغالی منطقه طزره با استفاده از نرم افزار Fuzzy tech 5.12 مطالعه شده و نتایج این بررسی در جدول ۷ درج شده است.

۶- نتیجه گیری

برای افزایش بهره‌وری در معادن زغال‌سنگ کشور که باعث کاهش هزینه تمام شده هر تن ماده معدنی و کاهش هزینه انرژی می‌شود، لازم است که هر چه بیشتر به مقوله

مکانیزاسیون در معادن زغال پرداخته شود. از نظر فنی مهم‌ترین عواملی که بر قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ موثرند، عبارتند از: شیب، ضخامت، یکنواختی، کیفیت کف و کیفیت سقف لایه. از طرفی در این عوامل همواره ردپایی از ابهام و عدم قطعیت وجود دارد و به نظر می‌رسد که برای قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال نیز مقدار کمی خیلی مفید نبوده اما مقدار کیفی این پارامتر معیار مناسبی را در اختیار ما قرار خواهد داد.

از آن جا که منطق فازی ابزاری قدرتمند در تحلیل پارامترهای غیردقیق و دست‌یابی به نتایج دقیق است، در این مقاله از منطق فازی و ابزار پیاده‌سازی آن نرم افزار Fuzzy tech 5.12 برای تعیین قابلیت مکانیزه کردن لایه‌های زغال‌سنگ استفاده شد. مطالعات انجام شده بر روی لایه‌های زغالی معدن طزره نشان می‌دهد که به طور کلی قابلیت مکانیزاسیون دراین لایه‌ها کم بوده و فقط سه لایه $K19L, K8, K10$ دارای قابلیت مکانیزاسیون متوسط هستند. لذا پیشنهاد می‌شود این سه لایه در اولویت مکانیزاسیون قرار گیرند.

جدول (۷): قابلیت مکانیزاسیون در لایه‌های زغال‌سنگ طزره

لایه	شیب	ضخامت	یکنواختی	کیفیت سقف	کیفیت کف	قابلیت مکانیزاسیون	
$P10$	۴۳	۰/۸۸	۱/۱۳۶	۱۱/۹۸	۲۷/۸	۳۵	کم
$P1$	۵۱	۰/٤	۲/۵	۵/٤٤	۲۷/۸	۰	خیلی کم
$P3$	۳۶	۰/۵	۲	۲٤/٤	۸۶/۳۲	۵	خیلی کم
$K5$	٤۸	۰/۸۲	۱/۲۱	٤۰/۰۲	۸۶/۳۲	۱۸	خیلی کم
$K6$	۳۳	۰/۵۹	۱/۶۹	۸/۰۳	۲۷/۸	۳۰	کم
$K8$	۳۸	۰/۸۲	۱/۲۱	۱۱/۱۶	۲۷/۸	٤۸	متوسط
$K9$	۳۷	۰/۶۱	۱/۶۳	۸/۳۰	۲۷/۸	۲۷	کم
$K10$	۳۱	۰/۸	۱/۲۵	۱۰/۸۹	۲۷/۸	۶۱	متوسط
$K12$	۳۳	۰/۵۹	۱/۶۹	۸/۰۳	۲۷/۸	۳۰	کم
$K13$	۳۶	۰/۵۸	۱/۷۲	۷/۸۹	۲۷/۸	۲۲	کم
$K14$	۳۲	۰/۵۸	۱/۷۲	۷/۸۹	۲۷/۸	۲۸	کم
$P15$	۵۳	۰/۶	۱/۶۶	۸/۱۶	۲۷/۸	۱۵	کم
$P18$	۵۵	۰/۶۳	۱/۵۸	۸/۵۷	۲۷/۸	۱۵	کم
$K19U$	۳۵	۰/۵۳	۱/۸۸	۲۷/۸۶	۸۶/۳۲	۱۰	خیلی کم
$K19L$	۳۵	۰/۶۶	۱/۵۱	۸/۹۸	۲۷/۸	٤۱	متوسط
$K21$	٤۳	۰/۵٤	۱/۸۵	۷/۳۵	۲۷/۸	۱۷	کم
$K23$	٤۱	۰/۵۵	۱/۸۱	۷/٤۹	۲۷/۸	۱۹	کم
$K25$	٤۳	۰/۵۵	۱/۸۱	۷/٤۹	۲۷/۸	۱۹	کم

۶- زیرنویس‌ها

1 Dip
2 Thickness
3 Shearer
4 plough
5 Ore Uniformity
6 Roof Rock Quality
7 Unrug
8 Szwilski
9 Floor rock Quality
10 Bearing Capacity
11 Center Of Max (COM)
12 Mean Of Max (MOM)

۷- منابع

[۱] اروعی کاظم، ۱۳۸۰، **روش‌های استخراج زغال‌سنگ**، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[۲] بصیر حسن، ۱۳۶۲، **مکانیزاسیون درمعادن**، اولین سمپوزیوم معدن‌کاری در ایران، دانشگاه کرمان

[۳] دربانی حجت الله، ۱۳۸۳، **بررسی قابلیت مکانیزاسیون لایه‌های زغال‌سنگ با استفاده از منطق فازی**، پروژه کارشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

[٤] Btbb T. and HardGrove K. , *SME Mining Engeineering Hand book* , 1992, Coal Mining: Method Selection

[۵] Unrug K. , Szwilski B. (1982) " Method of Roof Quality Prediction", *Stateof- The-Art of Ground Control in Longwall Mining and Mining Subsidence*

[۶] Walsh,J., Watterson,1994,"*New Method of Fault Projection for Coal Mine planning*",pp 209-219