پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

مطالعه کارایی نرم افزار تصمیم گیری فازی در انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی

عزیزاله معماریانی[۱]، کورش شهریار[۲]، سعید کریمی‌نسب[۳]، فرهاد صمیمی‌نمین[۴]

چکیده

وظیفه اصلی در بهره برداری معدن انتخاب روشی است که بهترین انطباق را با مشخصات خاص کانسار (ژئومتری، ژئومکانیکی، زمین شناسی و...) داشته و با رعایت محدودیتهای ایمنی و اقتصادی کمترین هزینه و بیشترین سود را به بار آورد(هارتمن، ۱۹۸۷). تلاش محققان به توسعه روشهای عددی و تحلیلی برای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی انجامید. روشهای عددی بر مبنای امتیاز دهی به پارامترهائی استوار است که بیان کنندهٔ شرایط ذخیره معدنی باشد و در روشهای تحلیلی از مبانی تصمیم گیری در علم مدیریت سود جسته شده است. هدف از انتخاب روش استخراج در این مرحله انتخاب چند روشی که بیشترین هماهنگی را با شرایط ذخیره و عوامل خارجی نظیر اقتصاد، میزان بودجه تخصیص یافته و شرایط محلی داشته باشد می باشد. نرم افزار تصمیم گیری فازی FDM (Fuzzy Decision Making) در دانشگاه تربیت مدرس توسط دکتر معماریانی به منظور تصمیم گیری مدیران با در نظر گرفتن ارجحیت های مدیر و تاثیر شاخصهای کیفی و در شرایطی که تصمیم گیرنده به اطلاعات دقیق دسترسی ندارد تهیه شده است. در این مقاله کاربرد معدنی این نرم افزار در انتخاب روش استخراج ذخیره معدنی بررسی گردید. کاربرد این نرم افزار در انتخاب روش استخراج یک توده معدنی نواقص موجود در روشهای عددی و سایر روشهای تحلیلی را ندارد.

مقدمه

متدهای مختلفی برای انتخاب روش استخراج معادن توسط محققانی چون باشکوف (۱۹۷۳)، هارتمن (۱۹۸۷)، باسچر (۱۹۸۱)، نیکلاس (۱۹۸۱) و اصلاح آن در سال (۱۹۹۳)، میلر (۱۹۹۵) ارائه شده است. تلاش محققان به توسعه روشهای عددی برای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی انجامید. روشهای عددی بر مبنای امتیاز دهی به شاخصهای یک ذخیره نظیر عمق، ضخامت، مقاومت و... است که بیان کنندهٔ شرایط ذخیره معدنی هستند، می‌باشد . در این روشها علاوه بر محدود بودن تعداد شاخصها و گزینه ها مسئله ابهام و تأثیر پارامترها به صورت همزمان، در پروسهٔ تصمیم‌گیری نادیده گرفته شده است. با توجه به این محدودیتها و نواقص اخیرا تلاشهایی برای توسعه مدلهای تحلیلی تصمیم گیری، پیرامون انتخاب روش استخراج انجام گردیده است. از جمله این تلاشها می توان به مطالعات محققانی نظیر گارادوقان، (۲۰۰۱) و گورای، (۲۰۰۳) اشاره کرد.

۱- دانشیار مهندسی صنایع ـ دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۲- دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالوژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
۳- استادیار بخش مهندسی معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته استخراج معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان

هر چند در روشهای تحلیلی ارائه شده تا حدودی نواقص موجود در روشهای عددی رفع گردیده است، لیکن این متدها نیز نواقص خاص خود را دارند.در مقاله حاضر مشکلات روشهای عددی و تحلیلی موجود بررسی شده و نتایج کاربرد نرم افزار تصمیم گیری فازی در پروسه انتخاب روش استخراج ذخیره شماره ۳ سنگ آهن گل گهر ارائه گردیده است.

نواقص و محدودیتهای متدهای عددی

روشهای ارائه شده عددی (امتیازدهی) مانند متد UBC و یا روش ارائه شده توسط نیکلاس (۱۹۷۸) بر مبنای امتیاز دهی به پارامترهائی استوار است که بیان کنندهٔ شرایط ذخیره معدنی باشد. این روشها دارای نواقصی در پروسه تصمیم گیری هستند. از جمله این نواقص می توان به محدودیت در تعداد شاخصها و گزینه ها ی انتخاب اشاره کرد. در روش ارائه شده توسط نیکلاس پارامترهای ژئومتری در نظر گرفته شده، عبارت است، از شکل عمومی، ضخامت، شیب و نحوه توزیع عیار. در این روش با آنکه به عمق ذخیره به عنوان شاخصی موثر در انتخاب روش استخراج کانسار اشاره گردیده است ولی برای تاثیر آن امتیازی در نظر گرفته نشده است. همچنین در این روش شاخصهای ژئومکانیکی تکرر درزه ها (شاخص کیفی سنگ RQD)، نسبت مقاومت تراکمی به فشار روباره و فاکتور مقاومت بررشی درزه ها در مورد ذخیره و سنگهای در برگیرنده آن در نظر گرفته شده است. این در حالی است که شاخصهای ژئومتری و ژئومکانیکی موثر در انتخاب روش استخراج بسیار متعدد تر از پارامترهای در نظر گرفته شده می باشد. در روش UBC با آنکه امتیاز عمق و امتیاز RMR افزوده شده است با این وجود همین محدودیت حل نشده است. شاخصهایی نظیر ارتفاع روباره، ابعاد ذخیره، نحوه تغییرات ضخامت و یا یکنواختی آن، دسترسی به پرسنل ماهر روش استخراج، بازیابی در هر روش استخراج، اثر نشست و یا اثر نشت گاز، شرایط آب زیرزمینی و ... که در انتخاب روش استخراج موثر هستند و تعداد آنها کم نیست، در هر دو این روشها نادیده گرفته شده است. این محدودیت در مورد گزینه ها یا آلترناتیو های انتخاب نیز وجود دارد. در روشهای عددی ده روش استخراج برای انتخاب در نظر گرفته شده است. این روشها به ترتیب افزایش هزینه های عملیاتی عبارتند از: روش استخراج روباز، تخریب توده ای، استخراج از طبقات فرعی، تخریب طبقات فرعی، جبهه کار طولانی، اتاق و پایه، انباره ای، کند و آکند، برشی از بالا و کرسی بندی. در صورتیکه روشهای سنتی استخراج به هیجده روش استخراج تقسیم می شود که هر یک از آنها ممکن است، چندین گزینه متفاوت از لحاظ اجرائی داشته باشد. (هارتمن ۱۹۸۷). برخی روشهائی که در متدهای فوق در نظر گرفته نشده است عبارت است از روش استخراج کارگاه و پایه، پسروی قیفی، استخراج نواری و روشهای نوین استخراج نظیر استخراج هیدرولیکی و گمانه ای و... علاوه بر این روشهای زیر زمینی نظیر جبهه کار طولانی می توانند به صورت پسرو و یا پیشرو انجام گردند و یا کنترل زمین در آن توسط تخریب و یا چنانچه در کشور ما رایج است با پر کردن صورت گیرد. بنابر این گزینه ها در پروسه انتخاب روش استخراج بسیار متنوع تر از ده روش در نظر گرفته شده است. علاوه بر این مهمترین نقص در متد ارائه شده توسط نیکلاس و روش UBC بیان شاخص ها به صورت قطعی است. این در حالی است که بیشتر عبارات معرف هر ذخیره معدنی به صورت عبارات بیانی است. مثلا در مورد شیب یک ذخیره معدنی اکثرا عبارات کانسار کم شیب، متوسط و یا پر شیب به کار می رود و یا در مورد قابلیت تخریب کمر بالای کانسار عبارات قابلیت تخریب مناسب، متوسط و یا نامناسب را به کار برد. همچنین برای امتیاز دهی و یا به عبارتی صحیح تر تبدیل عبارات بیانی در مورد کانسار به امتیازهای عددی، شاخصهای معرف یک ذخیره معدنی به طبقاتی تقسیم می شود که در شرایط مرزی تعریف درستی از آن وجود نداشته و همچنین ابهاماتی در آن وجود دارد(میلر،۲۰۰۳). علاوه بر این در روشهای عددی فوق تاثیر هر یک از پارامترها به صورت جداگانه بررسی گردیده و از تاثیر متقابل آنها بر یکدیگر چشم پوشی شده است. بطور مثال شاخصهای شیب، ضخامت و عمق به طور همزمان در تعیین روش استخراج روباز موثر است. در روشهای عددی با افزایش شیب احتمال انتخاب روش روباز کاهش می یابد. در حالی که با افزایش ضخامت این روند کاهش امتیاز نباید دخالت داده شود، زیرا ممکن است، برای یک کانسار پر شیب و ضخیم روش استخراج روباز بر سایر روشهای استخراج زیرزمینی ارجحیت داشته باشد. همچنین در این متدها تمامی شاخصها در تصمیم گیری دارای وزن تاثیر یکسانی هستند، در صورتی که با توجه به شرایط هر ذخیره چنین تصوری دور از واقعیت است. در متدهای تحلیلی

نیز که بر پایه تصمیم گیری چند شاخصه استوار می باشند هرچند محدودیتی در تعداد شاخصها و انتخابها وجود ندارد ولی با محاسباتی وقت گیر روبه رو هستیم.

نرم افزار تصمیم گیری فازی

تئوری فازی نگرش نوینی است که در سال ۱۹۶۵ میلادی توسط پروفسور عسگر زاده استاد دانشگاه برکلی مطرح گردید. منطق مجموعه های کلاسیک نگرشی دو ارزشی به قضایا داشت. بود یا نبود ، هست یا نیست، سیاه یا سفید و یا یک یا صفر. در این منطق که به منطق ارسطوئی نیز معروف است پاسخ یک مسئله یا درست است و یا نادرست. مقادیر متناظر این پاسخها به ترتیب یک و یا صفر میباشد و حالت بینابینی وجود ندارد. در صورتی که در منطق فازی در پاسخ به قضایا طیف پیوستهای بین بود و نبود را در نظر گرفته وپدیده های جهان را به صورت خاکستری مینگرد ونه سیاه و سفید. پس از ارائه این تئوری توسط عسگر زاده تا امروز این شاخه از ریاضیات کاربردهای بسیاری در کنترل سیستمها و تصمیم گیری و بهینه سازی در صنایع داشته است.

نرم افزار تصمیم گیری فازی FDM (Fuzzy Decision Making) در دانشگاه تربیت مدرس توسط دکتر معماریانی به منظور تصمیم گیری مدیران با در نظر گرفتن ارجحیت های مدیر و تاثیر شاخصهای کیفی و در شرایطی که تصمیم گیرنده به اطلاعات دقیق دسترسی ندارد تهیه شده است. در این مقاله کاربرد معدنی این نرم افزار بررسی شده و سعی خواهد شد نواقص ارائه شده روشهای عددی با کاربرد آن به طور سیستماتیک رفع گردد.

مهمترین مزیت کاربرد این نرم افزار در انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی، تنوع نوع داده ها (شاخصها) می باشد. این نرم افزار سه نوع اطلاعات را قادر به دریافت است. اطلاعات قطعی، اطلاعات بیانی و اطلاعات فازی. این سه نوع داده در واقع می تواند مشخصات پارامترهای موثر در تصمیم گیری برای انتخاب روش استخراج باشد. در حالی که در روشهای عددی فقط شاخصهای قطعی، ورودی پروسه تصمیم گیری هستند. در جدول (۱) با ذکر مثالی تنوع داده هائی که در انتخاب روش استخراج می تواند بیان شود، ارائه شده است.

جدول (۱) انواع داده ها ی ورودی به نرم افزار FDM

نوع داده ها	مثال	مقدار
قطعی	میزان تولید سالیانه	۳۰۰۰۰۰۰ تن در سال
بیانی	ضخامت کانسار	متوسط
اعداد فازی	هزینه های معدنکاری	(m=۱۲۵, a=۵, b=۲۰)

در مورد اعداد فازی مربوط به هزینه های معدنکاری مندرج در سطر آخر جدول (۱) این نکته اضافه می گردد که هزینه های ذکر گردیده مربوط به روش تخریب توده ای می باشد و منظور این است که هزینه های معدنکاری در روش تخریب توده ای حدود ۱۲,۵ دلار به ازاء هر تن بوده و مقادیر b,a به ترتیب تلورانسهای چپ و راست آن است. علاوه بر این محدودیتی در تعداد گزینه ها و آلترناتیوها در این نرم افزار وجود ندارد. در این نرم افزار صد گزینه و صد شاخص می توان وارد نمود.

نرم افزار FDM بر اساس روش تصمیم گیری Fuzzy Topsis طراحی شده است. در تصمیم گیری فازی امتیاز هر یک از آلترناتیوهای فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی محاسبه می شود. تصمیم گیری در محیط فازی شامل سه مرحله می باشد. اولین مرحله در فرآیند تصمیم گیری فازی، فازی سازی (Fuzzification) متغییرهای قطعی است. در این مرحله متغییرهای قطعی و بیانی به متغیرهای فازی تبدیل میگردند. به این مرحله به دلیل اینکه از مجموعه های فازی برای متغییرهای قطعی به متغییرهای فازی استفاده می شود، مرحله فازی سازی می گوئیم.

مرحله دوم استنتاج فازی می باشد. در این مرحله با استفاده از قواعد {اگر، آن‌گاه} رفتار سیستم تعریف می گردد. نتیجه این استنتاج، یک ارزش زبانی برای متغییرهای زبانی فوق خواهد بود. در مرحله سوم قطعی سازی (Defuzzification)

ارزشهای زبانی به اعداد قطعی تبدیل می شوند. فرآیند تصمیم گیری در محیط فازی مشابه فرآیند تصمیم گیری در مغز انسان است. چرا که انسان روزانه انبوهی از اطلاعات نا دقیق (فازی) را اخذ نموده و تجزیه و تحلیل نموده و تصمیم می گیرد. در این نرم افزار قبل از هر نوع محاسبه ای ابتدا واژه های کیفی با معیار های مناسبی به اعداد فازی تبدیل می شوند. انتخاب معیار مناسب برای تبدیل داده ها به اعداد فازی برای سهولت کاربر با توجه به داده های توسط خود نرم افزار صورت گرفته و کاربر هیچ نقشی در آن ندارد. این عمل برای کلیه اعداد از قبیل وزن های پارامترها و اطلاعات جدول تصمیم صورت می پذیرد. سپس برای از بین بردن دیمانسیون، پارامترها نرمالیزه شده و ضرایب پارامترها در بردار مربوطه اعمال می شود. عمل بعدی یافتن جوابهای ایده آل منفی و جوابهای ایده آل مثبت است. بعد از یافتن جوابهای ایده آل فاصله هر یک از گزینه ها در یک فضای n بعدی (که n تعداد پارامترهای مؤثر در تصمیم گیری است) بدست می آید. امتیازهای نهایی هر پارامتر، نزدیکی آن به ایده آل مثبت خواهد بود. پس از استنتاج در محیط فازی امتیازات فازی بدست آمده برای هر یک از آلترناتیوها فازی زدائی شده و به اعداد حقیقی تبدیل می شود. این فرآیندها توسط خود نرم افزار صورت می گیرد وکاربر فقط اطلاعات ورودی از قبیل پارامترهای مؤثر در انتخاب، وزن مؤثر هر یک از آنها وگزینه های انتخاب را وارد می نماید.

مطالعه امکان کارایی در انتخاب روش استخراج

برای بررسی کارایی این نرم افزار ذخیره شماره ۳ سنگ آهن گل گهر به عنوان سوژه مورد مطالعه انتخاب گردید. این ذخایر در ۵۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان سیرجان، بین طول جغرافیایی ´۱۵ °۵۵ تا ´۲۴ °۵۵ شرقی و بین عرض جغرافیایی ´۳ °۲۹ تا ´۷ °۲۹ شمالی قرار دارند. ذخایر مذکور در مرکز مثلثی به رئوس کرمان، شیراز و بندر عباس در دشت مرتفعی به ارتفاع متوسط ۱۷۵۰ متر از سطح دریا واقع شده اند. مجموعه ذخایر فوق الذکر شامل شش آنومالی می باشد. در حال حاضر ذخیره شماره یک به روش روباز استخراج می شود. در ادامه استخراج سنگ آهن گل گهر، بهره برداری از کانسار شماره سه مورد توجه قرار گرفته است. کانسار شماره سه به طول ۲۲۰۰ متر در راستای شمالی- جنوبی و با عرض متوسط ۱۸۰۰ متر در غرب معدن شماره یک در زیر دشت نسبتاً همواری قرار دارد.
مشخصات ژئومتری و برخی از مشخصات ژئومکانیکی کانسار شماره سه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول(۲) مشخصات ذخیره شماره سه سنگ آهن گل گهر [۴]

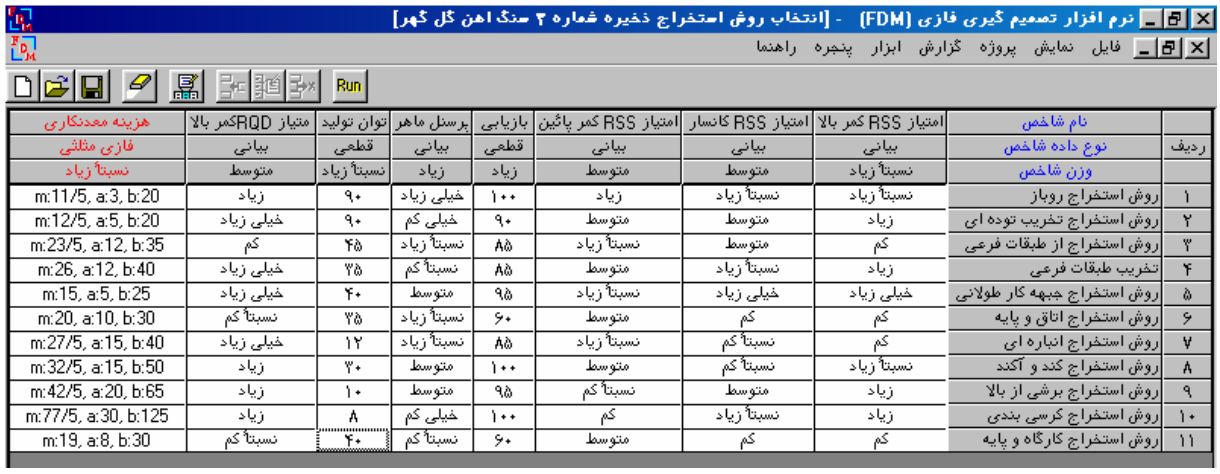
شکل کانسار	لایه ای
شیب متوسط	۲۰ درجه به سمت جنوب
ضخامت کانسار	۱۵ تا ۱۳۰ متر (متوسط ۴۰ متر)
ضخامت روباره و سنگ باطله	۹۵ تا ۵۶۰ متر
عمق کانسار	۹۵ متر در شمال تا ۶۰۰ متر در جنوب
تخمین ذخیره کانسار، از طریق مغناطیس سنجی هوایی	۷۰۰ میلیون تن
مقاومت تراکمی تک محوری کانسار	۱۲۸/۳ مگاپاسکال
امتیاز RMR کانسگ و باطله	خوب (۶۰ تا ۸۰)

برای انتخاب روش استخراج این ذخیره ۱۱ روش استخراج برای مقایسه و رقابت در نظر گرفته شد. روشهای استخراج مورد بررسی عبارتند از: روش استخراج روباز، روش تخریب توده ای، استخراج از طبات فرعی، استخراج با تخریب طبات فرعی، جبهه کار طولانی، اتاق و پایه، استخراج انباره ای، کند آکند، برشی از بالا، استخراج با کرسی بندی، کارگاه و پایه. این اسامی به عنوان گزینه ها در نرم افزار وارد گردیدند.

پارامترهایی که در این انتخاب تا ثیر داده شده اند شامل مناسب بودن شکل کلی کانسار، مناسب بودن توزیع عیار، مناسب بودن شیب کانسار، مناسب بودن ضخامت کانسار، مناسب بودن مناسب بودن عمق کانسار، مناسب بودن RMR کمر بالا، مناسب بودن RMR کانسار، مناسب بودن RSS کمر بالا، مناسب بودن RRS کانسار، مناسب بودن RSS کمر پایین، بازیابی روش استخراج، دسترسی به نیروی کار ماهر، توان تولید (برای تولید بیشتر یا مساوی ۳۰۰۰۰۰۰ تن در سال در نظر گرفته شده است)، مناسب بودن RQD کمر بالا، هزینه های معدنکاری برای هر روش استخراج می شود. این پارامترها تحت عنوان شاخص ها وارد شده اند. قدم اول جمع آوری اطلاعات ورودی به نرم افزار است. ماتریس داده ها برای کانسار منطقه ۳ گل گهر طبق شکل ۱ و ۲ به نرم افزار FDM وارد گردید.

ردیف	نام شاخص	مناسب بودن شکل کانسار	توزیع عیار	شیب کانسار	ضخامت کانسار	عمق ذخیره معدنی	امتیاز RMR کمر بالا	امتیاز RMR کانسار
	نوع داده شاخص	بیانی	بیانی	بیانی	بیانی	بیانی	بیانی	بیانی
	وزن شاخص	متوسط	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط
۱	روش استخراج روباز	متوسط	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	زیاد	کم	زیاد	نسبتاً زیاد
۲	روش استخراج تخریب توده ای	متوسط	متوسط	متوسط	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	کم
۳	روش استخراج از طبقات فرعی	زیاد	زیاد	نسبتاً کم	زیاد	زیاد	نسبتاً زیاد	زیاد
۴	تخریب طبقات فرعی	زیاد	متوسط	نسبتاً کم	زیاد	متوسط	نسبتاً زیاد	نسبتاً کم
۵	روش استخراج جبهه کار طولانی	زیاد	نسبتاً کم	کم	خیلی کم	متوسط	زیاد	متوسط
۶	روش استخراج اتاق و پایه	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	خیلی زیاد
۷	روش استخراج انباره ای	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	نسبتاً زیاد	متوسط	نسبتاً زیاد
۸	روش استخراج کند و آکند	زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد	زیاد	نسبتاً زیاد
۹	روش استخراج برشی از بالا	متوسط	نسبتاً کم	متوسط	متوسط	نسبتاً کم	متوسط	نسبتاً کم
۱۰	روش استخراج کرسی بندی	نسبتاً کم	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد	کم	نسبتاً کم	نسبتاً کم	کم
۱۱	روش استخراج کارگاه و پایه	زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	خیلی زیاد

شکل ۱ ــ ورودی های ژئومتری و ژئومکانیکی کانسار شماره ۳ گل گهر برای هر روش استخراج [۴]



ردیف	نام شاخص	امتیاز RSS کمر بالا	امتیاز RSS کانسار	امتیاز RSS کمر پائین	بازیابی	پرسنل ماهر	توان تولید	متیاز RQDکمر بالا	هزینه معدنکاری
	نوع داده شاخص	بیانی	بیانی	بیانی	قطعی	بیانی	قطعی	بیانی	فازی مثلثی
	وزن شاخص	نسبتاً زیاد	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط	نسبتاً زیاد
۱	روش استخراج روباز	نسبتاً زیاد	نسبتاً زیاد	زیاد	۱۰۰	خیلی زیاد	۹۰	زیاد	m:11/5, a:3, b:20
۲	روش استخراج تخریب توده ای	زیاد	متوسط	متوسط	۹۰	خیلی کم	۹۰	خیلی زیاد	m:12/5, a:5, b:20
۳	روش استخراج از طبقات فرعی	کم	متوسط	نسبتاً زیاد	۸۵	نسبتاً زیاد	۴۵	کم	m:23/5, a:12, b:35
۴	تخریب طبقات فرعی	زیاد	نسبتاً زیاد	متوسط	۸۵	نسبتاً کم	۴۵	خیلی زیاد	m:26, a:12, b:40
۵	روش استخراج جبهه کار طولانی	خیلی زیاد	خیلی زیاد	نسبتاً زیاد	۹۵	متوسط	۴۰	خیلی زیاد	m:15, a:5, b:25
۶	روش استخراج اتاق و پایه	کم	کم	متوسط	۶۰	نسبتاً زیاد	۳۵	نسبتاً کم	m:20, a:10, b:30
۷	روش استخراج انباره ای	کم	نسبتاً کم	نسبتاً زیاد	۸۵	نسبتاً زیاد	۱۲	خیلی زیاد	m:27/5, a:15, b:40
۸	روش استخراج کند و آکند	نسبتاً زیاد	نسبتاً کم	متوسط	۱۰۰	متوسط	۳۰	زیاد	m:32/5, a:15, b:50
۹	روش استخراج برشی از بالا	زیاد	متوسط	نسبتاً کم	۹۵	متوسط	۱۰	زیاد	m:42/5, a:20, b:65
۱۰	روش استخراج کرسی بندی	زیاد	نسبتاً زیاد	کم	۱۰۰	خیلی کم	۸	زیاد	m:77/5, a:30, b:125
۱۱	روش استخراج کارگاه و پایه	کم	کم	متوسط	۶۰	نسبتاً کم	۴۰	نسبتاً کم	m:19, a:8, b:30

شکل ۲ ــ ورودی های ژئومکانیکی و اقتصادی کانسار شماره ۳ گل گهر برای هر روش استخراج [۴]

در این تصمیم گیری، نوع شاخص یا به عبارتی تاثیر آن در تصمیم گیری شاخص هزینه معدنکاری به صورت هزینه (اثر منفی در تصمیم گیری) و برای سایر پارامترها به صورت سود (اثر مثبت در تصمیم گیری) وارد شده است. وزن شاخصهای تصمیم گیری نیز مطابق شرایط و ارجحیتها مطابق اشکال ۱ و ۲ وارد گردیده است. از مزیت های این نرم افزار می توان به سادگی در تغییر این وزنها و مطالعه شرایط مختلف تصمیم گیری اشاره نمود.

پس از پردازش اطلاعات توسط نرم افزار FDM امتیازاتی را که روشهای استخراج در تصمیم گیری فازی کسب کرده اند، مطابق شکل ۳ است. همچنان که مشاهده می شود روش استخراج روباز بیشترین امتیاز را کسب نموده است.

شکل ۳ـ امتیازات روشهای استخراج مختلف برای کانسار شماره ۳ گل گهر [۴]

مقایسه نتیجه با نتایج روشهای عددی

انتخاب روش استخراج ذخیره شماره ۳ گل گهر با روشهای پیشنهادی نیکلاس و امتیاز دهی UBC نیز صورت گرفت و نتایج در جدول شماره ۳ ارئه گردیده است.

جدول ۳ـ امتیازات روشهای استخراج مختلف مطابق روشهای رایج در ذخیره شماره ۳ گل گهر [۴]

	استخراج روباز	کند و آکند	انباره ای	استخراج طبقات فرعی	استخراج برشی	کرسی بندی	تخریب توده ای	تخریب طبقات فرعی
نیکلاس	۳۲,۹	۳۰	۲۹,۱	۲۸,۸	۲۸,۸	۲۸	۲۶,۱	۲۰,۷
UBC	۳۳	۳۳	۲۲	۳۴	۱۶	۱۰	۲۴	۲۸
UBC اصلاح شده	۲۲	۲۰,۴	منفی	۲۳,۴۵	۱۴,۳	۱۱,۱	۱۹,۶	۲۱,۵

با توجه به جدول شماره ۳ روش استخراج روباز در روش نیکلاس نیز بیشترین امتیاز را بدست آورده است. در صورتی که با استفاده از سایر متدها به چنین نتیجه ای نرسیده ایم. این مسئله با توجه به آنکه در روشهای UBC و UBC اصلاح شده امتیاز دهی با توجه به شرایط معدنکاری کانادا و اولویت دادن به روشهای استخراج کارگاهی (بدون نگهداری) نظیر استخراج از طبقات فرعی صورت گرفته چندان هم دور از انتظار نبوده است.

نتیجه گیری

با کاربرد FDM بر پایه منطق فازی راهکاری برای انتخاب روش استخراج ذخایر معدنی ارائه گردید که نسبت به متدهای عددی قبلی از جمله نیکلاس و UBC دارای مزیتهایی از جمله داشتن مبانی تئوریک قوی بر پایه تئوری فازی، امکان تجدید نظر مداوم کاربر در شاخص های ورودی و تغییر آنها به منظور رسیدن به نتایج مناسبتر، عدم نیاز به تبدیل متغییرهای بیانی به کمیتهای عددی، نا محدود بودن تعداد آلترناتیوهای مورد بررسی و پارامترهای مؤثر در انتخاب روش استخراج و امکان

تعریف مسئله مطابق با شرایط محلی، سرعت بالا در دسترسی به نتیجه و از همه مهمتر امکان در نظر گرفتن تاثیر پارامترهای مختلف نسبت به هم در پروسه انتخاب می باشد. این نرم افزار می تواند وسیله مناسبی برای انتخاب روش استخراج باشد. توسط نرم افزار فوق پروسه انتخاب روش استخراج ذخیره شماره ۳ سنگ آهن گل گهر بررسی گردید که در پایان روش استخراج روباز مناسب ترین روش استخراج برای ذخیره سنگ آهن فوق معرفی شد.

مراجع

[۱] ماشین چی ، ماشاالله ، مجموعه های مشکک ، دانشگاه شهید باهنر کرمان ، ۱۳۷۹
[۲] هوارد هارتمن ، اصول مهندس معدن ، ترجمه مهدی یاوری ، دانشگاه صنایع و معادن ۱۳۸۱
[۳] صمیمی‌نمین، فرهاد؛ کاربرد منطق فازی در انتخاب روش استخراج، سمینار کارشناسی ارشد ، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش مهندسی معدن ۱۳۸۲
[۴] صمیمی‌نمین، فرهاد؛ انتخاب مناسبترین روش استخراج ذخیره شماره ۳ سنگ آهن گل گهر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش مهندسی معدن ۱۳۸۳
[5] C. Claton, R. pakalnis, J. Meech, A kniwledge-based system for selecting a mining method, IPPM conference, 2002
[6] L. Miller, R. pakalnis, R. poulin, UBC mining method selection university of British columbia, vancouver, canada, 1995
[7] Nicholas, selection variables, Hartman, Mining engineering hand book, 1993