بهار ۸۹، سال نوزدهم، شماره ۷۵، صفحه ۱۷۹ تا ۱۸۸

# ارائه روششناسی تعیین نقاط حفاری اندیس مس نوچون با استفاده از منطق فازی در GIS

**غلامرضا الیاسیا\* ، محمد کریمی' ، عباس بحرودی و امیر عادلی سرچشمه ا** گروه مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه تهران، تهران، ایران ۲ گروه GIS، دانشکده نقشهبرداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۱/۳۱ تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۷/۲۱

## چکندہ

حجم زياد نقشهها از منابع مختلف، در مقياسها و قالبهاي متفاوت و با سليقههاي فردي گوناگون و عدم وجود راه كارهاي مناسب در تلفيق حجم وسيع اطلاعات، تهيه نقشه پتانسیل معدنی را با مشکل مواجه ساخته است. استفاده از علم و فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی، افزونبر آن که می تواند در ساماندهی اطلاعات مربوط به مطالعات اکتشاف ذخایر معدنی مورد استفاده قرار گیرد، توانایی آن را دارد که تهیه و تلفیق لایههای اطلاعاتی مختلف را در قالب مدلهای گوناگون، با سرعت و دقت بیشتری انجام داده و به عنوان پشتیبانی برای تصمیم گیری های فضایی مورد استفاده قرار گیرد. در این مقاله، نقشه پتانسیل معدنی اندیس مس نوچون به منظور تعیین نقاط حفاری تهیه شده است. لایههای مورد استفاده شامل لایههای تیپ سنگ شناسی، ساختار، دگرسانی، نشانههای کانیسازی، زون بیهنجاری قابلیت شارژپذیری (شارژ ابیلیته) مقاومت ظاهری، فاکتور فلزی، بی هنجاری عناصر مس و مولیبدن، ادیتیو مس و مولیبدن هستند. پس از آمادهسازی اطلاعات و تهیه نقشههای فاکتور و وزندهی آنها، این نقشهها در قالب یک شبکه استنتاجی تلفیق شدند. استفاده تلفیقی از عملگرهای منطق فازی و همپوشانی شاخص در شبکه استنتاجی افزونبر مرتفع نمودن نقایص موجود در دیگر مدلها، امکان ترکیب قابل انعطافتر نقشههای فاکتور را فراهم ساخته است. با توجه به نقشه پتانسیل معدنی تهیه شده، محتمل ترین منطقه از نظر وجود کانیسازی مس پورفیری در بخش شمالخاوری محدوده مورد مطالعه تعیین شد. در پایان با انطباق گمانه های اکتشافی با نقشه های پتانسیل معدنی نهایی، میزان تطابق نتایج بر اساس دو نوع کلاسهبندی نقشه پتانسیل معدنی به ترتیب برابر ۶۴٬۵۲ و ۶۳٬۱۶ درصد برآورد شد. گفتنی است در صورت انجام این مطالعات، پیش از انجام عملیات حفاری و تنها با فرض عدم حفر گمانه های اکتشافی در مناطق دارای وضعیت ضعیف یا خیلی ضعیف، ۲۶ درصد از گمانه ها حفاری نشده و حدود ۲۰۰ میلیون تومان در هزینههای حفاری صرفهجویی خواهد شد.

> كليدواژ ٥ها: سامانه اطلاعات جغرافيايي، نقشه پتانسيل معدني، منطق فازي، نوچون \*نويسنده مسئول: غلامرضا الياسي

### 1- مقدمه

با توجه به وسعت زیاد ایران و گستردگی مناطق پتانسیلدار ذخایر معدنی (وجود كمربند آتشفشانی ارومیه ـ دختر) و لزوم شناسایی و مدیریت درست این ذخایر، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی دارای اهمیت بسیار بالایی است. با توجه به افزایش روزافزون دادهها و اطلاعات زمین مرجع و نیز تنوع و ارزش متفاوت آنها در بررسیهای اکتشافی، دیگر روشهای کلاسیک به تنهایی قادر به تجزیه و تحلیل منابع اطلاعاتی نیستند (Carter, 1994). امروزه GIS تحول انکار ناپذیری را در عرصه بررسیهای ذخایر معدنی ایجاد نموده و سازماندهی و مدیریت دادههای معدنی و اکتشافی را متحول ساخته است. استفاده از علم و فناوری GIS افزونبر ساماندهی اطلاعات مربوط به بررسیهای اکتشاف ذخایر معدنی مورد استفاده، توانایی آن را دارد که تهیه و تلفیق لایه های مختلف اطلاعاتی را در چهار چوب مدل های مختلف، با سرعت و دقت بیشتری انجام دهد (Carter, 1994).

امروزه استفاده از GIS به منظور تهیه نقشه پتانسیل معدنی توسط دانشمندان علومزمین رایج شده است. برای مثال سازمان زمین شناسی کانادا یک پروژه پژوهشی در زمینه اکتشافات فلزی گرانبها، با تمرکز بر روی ذخایر سولفید تودهای (ماسیو سولفاید) با منشأ آتشفشانی در کمربند شیست سبز ناحیه اسنولیک انجام داده است. در این پروژه در راستای تهیه نقشه پتانسیل معدنی پس از پردازش دادهها، نقشه فاکتورهای تشخیص کانی سازی وزندهی و با استفاده از منطق فازی، ترکیب شدند. بر اساس نتایج این پروژه، همه ذخایر شناخته شده، در مناطق پتانسیلدار وجود داشتند (Wright & Carter, 1996). برای نمونه (Bonham-Carter (1998) به منظور تهیه نقشههای پتانسیل معدنی در بخشی از سرزمین مگوما (Meguma) در جنوب خاوری نواسکوشیا (Nova Scotia) عوامل اصلی مدل مفهومی ذخیره معدنی را مورد بررسی قرار داده و فاکتورهای تشخیص کانیسازی را تعیین نمودهاند. دادهها بر اساس وزنی www.SID.ir

که باید به هر فاکتور داده می شد، وزن دهی و نقشه پتانسیل معدنی با استفاده از مدل های بولین، وزنهای دوتایی، همپوشانی شاخص و منطق فازی تهیه شده است (.Carter 1994). عدهای از پژوهشگران دیگر مانند Carranza & Hale (2001); Carranza (2002); Porwal et al. (2003); Porwal (2006); Mukhopadhyay et al. (1996); Karimi et al. (2008); An et al.(1991) نيز روش منطق فازي را به منظور تهيه نقشه پتانسیل معدنی به کار بردهاند. در این مقاله سعی شده تا با استفاده از وزندهی به لايههاي اطلاعاتي و شواهد كانيسازي موجود در انديس مس نوچون و به كارگيري روش تلفیقی منطق فازی و همپوشانی شاخص، نقشه پتانسیل معدنی این اندیس در مقياس تفصيلي و به منظور تعيين نقاط حفاري تهيه شود.

## ۲- تهیه نقشه یتانسیل معدنی

اکتشاف معدن، فعالیتی چند مرحلهای است که در مقیاسی کوچک شروع و به مقیاس بزرگ منتهی می شود و سرانجام با انتخاب محل هایی به عنوان هدف برای حفاری به منظور دستیابی به ذخایر معدنی پایان می پذیرد (Carter, 1994). هدف نهایی GIS فراهم کردن پشتیبانی، برای تصمیم گیریهای فضایی است. در فرایند تصمیم گیری فضایی باید چندین نوع از دادههای فضایی همراه با هم در نظر گرفته شوند(,Malczewski 1999; Carter, 1994). تهیه نقشه پتانسیل معدنی، با هدف تعیین نقاط حفاری نیز به عنوان یک تصمیم گیری چند معیاری، مستلزم در نظر گرفتن همزمان چندین نوع نشانگر فضایی برای ذخایر معدنی مانند زمین شناسی، ساختار، ویژگی های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی منطقه و همچنین محل، موقعیت و نوع اکتشافات معدنی گذشته است. هر یک از نشانگرهای یاد شده در قالب یک لایه اطلاعاتی در پیکره GIS به کار می روند. مدیر اکتشاف می تواند از GIS به منظور تلفیق دادهها و تهیه نقشه پتانسیل معدنی برای

یایی کی کری ک

تصمیم گیری در مورد اولویت های اکتشافی آینده استفاده کند (Carter, 1994). مراحل اصلی تهیه نقشه پتانسیل معدنی را می توان شامل موارد تعیین فاکتورهای تشخیص کانیسازی، آمادهسازی اطلاعات، تهیه نقشه های فاکتور، تلفیق نقشه ها و ارزیابی نتایج دانست (Karimi et al., 2008a; Carter, 1994). در نهایت مناطق موجود بر روی نقشه پتانسیل با توجه به معیارهای موجود از نظر پتانسیل معدنی اولویت بندی می شوند.

## 3- معرفی مدلهای تلفیق

مدل های تلفیق که به طور معمول در GIS به منظور اکتشاف ذخایر معدنی به کار گرفته شده است، شامل مدل های بولین، وزن های نشانگر، همپوشانی شاخص، منطق فازی و شبکه عصبی هستند. به دلیل اتکای روش وزن های نشانگر بر وجود ذخایر معدنی شناخته شده، این روش یکی از مناسب ترین روش ها در تهیه نقشه پتانسیل معدنی در بررسی های پی جویی اولیه بوده و در بررسی های نیمه تفصیلی و تفصیلی دارای اهمیت و کاربرد کمتری است و به همین دلیل در این بررسی مورد استفاده قرار نگرفته است. Agterberg & Carter (1990); Agterberg (1992); Boleneus et al. (2001) (1999); Asadi پتانسیل معدنی در بررسی های پی جویی اولیه به کار گرفته اند.

شبکههای عصبی توانایی زیادی در حل مسائل پیچیدهای دارند که عوامل متعددی در فرایند و نتیجه آن تأثیر می گذارند.

در ارزیابی روش یاد شده، می توان گفت که این روش نیاز به داده های آموزشی داشته و تنها در مناطقی قابل استفاده است که متغیرهای واکنشی مانند پراکندگی ذخایر معدنی شناخته شده و یا چاه های اکتشافی وجود داشته باشند. بنابراین روش شبکه های عصبی در بررسی های تفصیلی کمتر مورد استفاده قرار می گیرد. (2000) Brown et al و(2006) Porwal اقدام به تهیه نقشه پتانسیل معدنی با استفاده از شبکه های عصبی نموده اند. استفاده تلفیقی از عملگرهای منطق فازی و همپوشانی شاخص در شبکه استناجی افزون بر مرتفع نمودن نقایص موجود در دیگر مدل ها، امکان ترکیب قابل انعطاف تر نقشه های فاکتور را فراهم نموده و در این نوشتار نیز به کار گرفته شده است. در ادامه دو مدل یادشده به صورت اختصار ارائه می شود. **۳–۱. مدل همپوشانی شاخص** 

در این روش فاکتورها بسته به اهمیت آنها وزندار و مطابق با یک الگوی هدفمند با یکدیگر ترکیب میشوند. در بررسیهای اکتشافی که به طور معمول نقشههای معیار، نقشههای چند کلاسه هستند، به منظور تلفیق نقشهها از رابطه (۱) استفاده میشود.

$$\overline{S} = \frac{\sum_{i}^{n} S_{ij} W_{i}}{\sum_{i}^{n} W_{i}}$$
(1)

در این رابطه  $\overline{S}$  امتیاز محاسبه شده برای موضوع یا عارضه،  $\overline{W}_i$  وزن *i* امین نقشه ورودی و  $S_{ij}$  امتیاز *i* امین کلاس از *i* امین نقشه است. نقطه ضعف این روش ماهیت افزوده خطی آن است (Carter, 1994).

## 3-3. منطق فازی

در نظریه کلاسیک مجموعه ها، عضویت یک عنصر در یک مجموعه به عنوان صفر و یا یک تعریف می شود. در نظریه فازی مجموعه ها، مجموعه فازی به عنوان یک زیر مجموعه از عناصری تعریف می شود که درجه عضویتشان در مجموعه بین صفر و یک است (Zadeh, 1965). مقادیر عضویت فازی مانند وزن های موجود در روش همپوشانی شاخص، می توانند بر اساس قضاوت ذهنی درباره اهمیت نسبی نقشه ها و کلاس های موجود در هر نقشه و یا بر اساس داده ها تعیین شوند. به منظور تلفیق داده های اکتشافی ذخایر معدنی، پنج عملگر فازی مفید تشخیص داده شده است که در جدول ۱ به صورت نی SID

مختصر معرفی شدهاند (Parter, 1994; An et al., 1991). در روابط ارائه شده n عامل کنترل کننده کانی سازی ترکیب می شوند و µ بیانگر وزن لایه i ام است. در عمل ممکن است تعداد متنوعی از عملگرهای فازی در تهیه نقشه پتانسیل معدنی استفاده شوند. بنابراین به جای ترکیب همه نقشهها با یک عملگر خاص مانند γ، بهتر است با توجه به ماهیت فاکتورهای تشخیص کانی سازی و اثرات آنها بر روی یکدیگر، از عملگر مناسب در هر مرحله از فرایند تلفیق نقشهها استفاده نمود. با توجه به ویژگی های هر یک از مدلهای بررسی شده، دو مدل همپوشانی شاخص و منطق فازی به منظور تهیه نقشه پتانسیل معدنی در راستای تعیین نقاط حفاری بهینه در مرحله تفصیلی مناسب هستند.

## 4- مطالعه موردی

اندیس مس نوچون در نزدیکی روستای نوچون و در دامنه های جنوب خاوری کوه منظر قرار دارد. این اندیس در چهار کیلومتری جنوبباختری معدن مس سرچشمه، حدود ۱۰ کیلومتری شمال خاوری پاریز و ۴۰ کیلومتری شمال شهر سیرجان واقع در استان کرمان، قرار دارد (برگه ۱:۱۰۰,۰۰۰ پاریز) (Yugoslavia report, 1972). نقشه زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی اندیس مس نوچون در شکل ۱ ارائه شده است. بررسیهای زمین شناسی اندیس نوچون در طی سالهای ۱۳۴۹ تا ۱۳۵۰ توسط يو گوسلاوها انجام شده است. نتايج اين بررسیها به صورت نقشه زمين شناسی با مقياس ١:۵۰۰۰ است. ناحيه پيرامون انديس نوچون، شامل يک مجموعه (كمپلكس) آتشفشانی– رسوبی است که چندین توده پولوتونیک و نیمهژرف آتشفشانی با سن های گوناگون و ترکیب های متفاوت گرانیت، دیوریت پورفیریت و ریوداسیت در آنها نفوذ کردهاند. این سنگهای نفوذی، دگرسانی های همبری آشکاری را در ولکانیکهای ائوسن پدید آوردهاند و دگرسانی های گرمابی با شدت های متفاوت، بر روی ناحیهای به نسبت وسیع توسعه یافتهاند. نهشتههای کواترنری نیز شامل آبرفت و نهشتههای تالوس، بر روی بخشهای وسیعی از این ناحیه گسترده شدهاند. توالی توفها و آندزیتهای ائوسن، قدیمی ترین و گسترده ترین انواع سنگی موجود در ناحیه بوده و بخش های مرکزی، شمالی و شمالخاوری ناحیه نوچون را می پوشانند. کم و بیش بر روی کل ناحیه، این سنگ ها در معرض دگر گونی همبری قرار گرفتهاند (Yugoslavia report, 1972). ریوداسیتها، تعداد زیادی استوک و دایکهای کوچک را در درون زون سنگهایی که به صورت گرمابی دگرسان شدهاند، تشکیل میدهند. آنها در درون زونی به وسعت ۰/۷× ۱/۵ کیلومترمربع واقع می شوند که در جهت شمالخاوری- جنوبباختری کشیده شده است. بیشتر تودههای ریوداسیتی به ظاهر در امتداد برخی ساختارهای از پیش موجود، در این جهت کشیده شدهاند. اگرچه بیشتر تودههای ریوداسیت در بخش شمال خاور ناحیه دیده می شوند، اما ممکن است که در بخش جنوبباختری ناحیه نیز، تودههای مشابهی در زیر پوشش آبرفتي وجود داشته باشند (Yugoslavia report, 1972).

بر پایه ریختشناسی کلی و همبریهای زمین شناسی، می توان نتیجه گرفت که عامل ساختاری عمده، زمین ساختهای نوع گسلی است. گسل ها بویژه در جهت ENE- WSW در ناحیه فراوان و دارای اهمیت هستند. سنگهای قرار گرفته در میان این گسل ها به شدت خرد و جابه جا شده اند و کانال هایی را ایجاد کرده اند که محلول های گرمابی با عبور از درون آنها، باعث دگر سانی سنگهای اطراف شده اند. گسل خوردگی ثانویه WNW-ESE، گودال ساختاری را به دو بخش تقسیم کرده و بلوک خاوری نسبت به بلوک باختری، به سوی جنوب خاوری جابه جا شده است ریوداسیتی گسترده شده اند و جهت توده های ریوداسیتی و بیشتر د گرسانی های گرمابی شدید، به رابطه آنها با ساختارهای متمایل به شمال خاوری -جنوب باختری اشاره می کند.

با توجه به انواع سنگهایی که در معرض دگرسانی های گرمابی قرار گرفتهاند و همچنین پراکندگی مکانی آنها، ممکن است این گونه استنباط شود که تودههای ریوداسیت، به احتمال زیاد محلولهای گرمابی را رها کرده و آنها نیز دگرسانیها را در ریوداسیت.ها و سنگ.های اطراف پدید آوردهاند. دگرسانی.های گرمابی، در آندزیتهای هورنفلسی شده و توفها، مشابه ریوداسیتها گسترده می شود. گرانیتها و دیوریت پورفیریتها سالم و دگرسان نشده هستنند. در نقشه تهیه شده توسط یو گوسلاوها، دگرسانیها بر اساس شدت بر روی نقشه زمین شناسی به صورت ضعیف و شدید مشخص شدهاند (Yugoslavia report, 1972). کانیسازی مس، به طور عمده به صوررت ورقهها و رگچههای آزوریت و مالاکیت به همراه کمی کالکوپیریت در ر گچههای کوارتز، در چندین مکان در درون رخنمون سنگهای دگرسان شده دیده می شود. سطوحی که در آنها کانی سازی شدید رخ داده است، به نسبت کوچک و در حدود چند ده متر مربع هستند (Yugoslavia report, 1972). بررسیهای ژئوشیمیایی تفصیلی اندیس نوچون همانند بررسیهای زمین شناسی در طی سالهای ۱۳۴۹ تا ۱۳۵۰ توسط یو گوسلاوها انجام شده است. بررسیهای ژئوشیمیایی تفصیلی، ناحیهای در حدود ۳/۱ کیلومترمربع را تحت پوشش قرار داده است. پروفیل ها در فواصل ۲۰۰ متری قرار گرفته و نمونهها با فاصله ۲۵ متری جمع آوری شدهاند. در مجموع ۶۳۰ نمونه خاکی جمع آوری و به منظور تعیین مقادیر عناصر مس، مولیبدن، سرب و روی تجزيه شدهاند (Yugoslavia report, 1972). نتايج بررسي ژئوشيميايي تفصيلي، به وجود بیهنجاریهای توسعه یافته تمامی عناصر تجزیه شده، بر روی نواحی به نسبت وسیعی اشاره می کند. بویژه از مهمترین آنها، بیهنجاریها مس و مولیبدن هستند که ممکن است نشاندهنده حضور کانی سازی پراکنده و با اهمیت مس باشند (Yugoslavia report, 1972). با توجه به بررسیهای به عمل آمده و انطباق مناسب بین دو عنصر مس و مولیبدن و همزاد بودن آنها، معیار ژئوشیمی به دو زیر معیار تک عنصری و چند عنصري تقسيم شد. در زير معيار تک عنصري مس به عنوان عنصر اصلي و موليبدن به عنوان عنصری که دارای بیشترین همبستگی با مس است، انتخاب شد. همچنین در زیر معيار چند عنصري نقشه انديس هاي اديتيو مس و موليبدن تهيه شد.

بررسی های ژئوفیزیکی اندیس نوچون نیز در طی سال های ۱۳۴۹ تا ۱۳۵۰ توسط یو گوسلاوها انجام شده است و دو روش پلاریزاسیون القایی و مقاومت الکتریکی در بررسی های تفصیلی و نیمه تفصیلی به کار رفتهاند. این بررسی ها به منظور تعیین وجود کانی سازی سولفیدی در سطوح ژرفتر و به منظور مشخص کردن زون کانی سازی سولفیدی و در صورت امکان تعیین محل توده های سولفیدی انجام شده است (Yugoslavia report, 1972). در این بررسی ها، آرایه الکترود گرادیان (مستطیلی) با الکترودهای جریان با فاصله ۱۶۰۰ متر و فاصله ایستگاههای ۲۰ متری بررسی های تفصیلی، پروفیل ها با فاصله ۱۹۰۰ متر و فاصله ایستگاههای ۲۰ متری بودهاند. همچنین با استفاده از رابطه (۲) میزان فاکتور فلزی نقاط محاسبه و با استفاده از این پارامتر، نقشه رستری (raster) فاکتور فلزی تهیه شد.

MF=2000×(CH/R<sub>s</sub>) (۲ (رابطه ۲)

در این رابطه منظور از Rs,CH و MF به تر تیب مقدار قابلیت شارژپذیری (شارژبیلیته)، مقاومت ظاهری و فاکتور فلزی نقاط برداشت ژئوالکتریکی است. با تطابق سه نقشه یادشده با یکدیگر، معلوم شد که بی هنجاری فاکتور فلزی همپوشانی نسبتاً خوبی با بی هنجاری های مقدار قابلیت شارژپذیری و مقاومت ظاهری دارا است. با توجه به اطلاعات ژئوفیزیکی موجود، در این بررسی از نقشه های منفرد (قابلیت شارژپذیری و مقاومت ظاهری) و نیز نقشه های ترکیبی (فاکتور فلزی) استفاده شده است.

۴-۱. تعیین فاکتورهای تشخیص کانیسازی در منطقه نوچون

در این مرحله با توجه به مدل مفهومی ذخیره مورد نظر و استفاده از دانش کارشناسی *www.SID.ir* 

اقدام به تعیین فاکتورهای مؤثر در رخداد کانی سازی شد. مدل مفهومی ذخایر معدنی که بیانگر ویژگی های متداول یک گروه از ذخایر معدنی است، به منظور تهیه و تدارک چارچوب نظری برای هدایت بررسی های پتانسیل یابی معدنی به کمک GIS دارای اهمیت است. این مدل در انتخاب فاکتورهای تشخیص کانی سازی و مدل سازی داده ها مفید و ضروری است. با توجه به نتایج بررسی های یادشده فاکتورهای تشخیص کانی سازی اندیس نوچون شامل زون منشأ حرارت و سنگ میزبان، گسل ها، دگر سانی گرمابی، نشانه های کانی سازی، توزیع میزان عیار عنصر مس، توزیع میزان عیار عنصر مولیدن، توزیع میزان ادیتیو عناصر مس و مولیدن، توزیع میزان قابلیت شار ژپذیری، توزیع میزان مقاومت ظاهری و توزیع میزان فاکتور فلزی است. **۴–۲. آماده سازی اطلاعات** 

در این مرحله همه لایه های اطلاعاتی مشخص شده در مرحله تعیین فاکتورهای تشخیص کانی سازی جمع آوری و رقومی شدند. لایه های اطلاعاتی آماده سازی شده شامل نوع سنگ شناسی، گسل، دگرسانی، نشانه های کانی سازی، نقاط برداشت ژئوشیمی، منحنی هم عیار عنصر مس، بی هنجاری عنصر مس، منحنی هم عیار عنصر مولیبدن، بی هنجاری عنصر مولیبدن، منحنی قابلیت شارژپذیری، زون بی هنجاری قابلیت شارژپذیری، منحنی مقاومت ظاهری و زون بی هنجاری مقاومت ظاهری هستند.

۴-3. تهیه نقشههای فاکتور تشخیص کانیسازی

نقشه پتانسیل معدنی، از تلفیق لایه های اطلاعاتی با توجه به نحوه تأثیر و ارزش لایه ها تهیه می شود. لایه های اطلاعاتی و به طور کلی اطلاعات، از ارزش یکسانی برخوردار نبوده و میزان تأثیر گذاری لایه های اطلاعاتی در پاسخ نهایی، یکسان نیست. به همین منظور، لازم است با انجام یک سری پردازش ها مانند ایجاد بافر و کلاسه بندی مجدد، نقشه یا نقشه های فاکتور هر لایه اطلاعاتی تهیه شود. با توجه به تنوع تأثیر و ارزش دهی لایه های اطلاعاتی مختلف، پردازش های مورد نیاز به منظور تهیه نقشه های فاکتور منفاوت است (Date). در تهیه نقشه های فاکتور یک کانسار خاص، افزون بر استفاده از مدل مفهومی زمین شناسی و کانی سازی ذخیره معدنی مربوطه، نیاز به وارد نمودن دانش کارشناسی در تعیین نحوه تأثیر و ارزش اطلاعات است. در این راستا با برگزاری جلسه های کارشناسی مختلف با کارشناسان شرکت ملی صنایع مس ایران و عوامل مؤثر در هر یک از فاکتورهای وزن مربوط به آنها مشخص شد. در ادامه موامل مؤثر در وزن دهی فاکتورهای کانی سازی تشریح شده است. وزن مربوط به هر یک از فاکتورها در جدول ۲ و نقشه های مربوط به هر یک از این فاکتورها در شکل های ۲ تا ۱۱ ارائه شده است.

- زون منشأ حرارت و سنگ میزبان (A): با توجه به بررسی ویژ گیهای زمین شناسی، ریوداسیتها به عنوان سنگ میزبان و زون منشأ حرارت درونی شناخته شدند. همچنین به علت حضور کانی سازی در مناطق مجاور با ریوداسیتها (توف آندزیتها و نهشتههای دلوویال) که به عنوان سنگ دربر گیرنده مطرح می شوند، ۴ بافر ۲۵ متری در این نواحی در نظر گرفته شد. در حقیقت دلوویالها به منظور تشکیل کانی سازی محیط مساعدی نیستند و وزنهای اختصاص یافته به این بافرها، متعلق به سنگهایی است که در بخش زیرین این نهشتهها قرار دارند. دیگر سنگهای منطقه (گرانیت و دیوریت پورفیریت)، در کانی سازی نقشی نداشته و برای این نوع سنگها کمترین وزن (۰/۰۱) در نظر گرفته شده است.

- نقشه فاکتور کسلها (B): با توجه به بررسی ویژگی های زمین شناسی، برای محدوده بین گسل های شمالخاوری- جنوب باختری به دلایل خرد شدگی فراوان و در نتیجه سهولت گردش محلول های گرمابی، جدایش مرز سنگ های دگرسان شده و نبود دگرسانی ها در خارج این محدوده وزن مساوی و برای دیگر بخش ها، کمترین وزن (۱۰/۱) در نظر گرفته شده است.

**– نقشه فاکتور دگرسانی گرمابی (**C**):** با توجه به بررسی ویژگی های زمین شناسی و ۱۸۱

(ر ابطه۳)

ار انه روششناسی تعیین نقاط حفاری اندیس مس نوچون با استفاده از منطق فازی در GIS

عدم تفکیک دگرسانی.ها در نقشه زمین شناسی، وزن مربوط به دگرسانی گرمابی شدید، نسبت به ضعیف ۳ برابر در نظر گرفته شد.

- نقشه فاکتور نشانه های کانی سازی (D): با توجه به بررسی ویژگی های زمین شناسی، این فاکتور به عنوان یکی از فاکتور های مؤثر شناخته شده و به منظور نمایش نحوه تأثیر این نشانه ها ۴ بافر ۱۵ متری با وزنهای متفاوت پیرامون آنها در نظر گرفته شد. - نقشه فاکتور عیار مس (E): با توجه به اطلاعات موجود، مقادیر آستانه مربوط به بی هنجاری های قطعی، احتمالی و ممکن، تعیین و وزندهی شدند. مقادیر موجود در میان پربندهای ۳۰۰ تا ۳۰۹ به عنوان بی هنجاری احتمالی و مقادیر بالای در بین پربندهای ۳۰۰ تا ۲۰۰ وطعی مشخص شدند. برای دیگر مناطق، کمترین مقدار وزن (۰/۰۱) در نظر گرفته شد.

- نقشه فاکتور عیار مولیبدن (F): با توجه به اطلاعات موجود، مقادیر آستانه مربوط به بی هنجاری های قطعی، احتمالی و ممکن تعیین و وزندهی شدند. مقادیر موجود در میان پربندهای ۲۰ تا ۴۰ ppm به عنوان بی هنجاری ممکن، مقادیر ۴۰ تا ۸۰ ppm به عنوان بی هنجاری احتمالی و مقادیر ۸۰ ppm و بالای آن به عنوان بی هنجاری قطعی مشخص شدند. برای دیگر مناطق کمترین مقدار وزن (۰/۰۱) در نظر گرفته شد.

– نقشه فاکتور اندیسهای ادیتیو(G): به منظور تعیین محدوده بی هنجاری اندیس های ادیتیو این دو عنصر (CuZScore+MoZScore) باید در ابتدا مقدار این پارامتر را برای تمام نقاط با استفاده از رابطه (۳) محاسبه نمود.

CuZScore + MoZScore=

 $(Ln(cu)-\overline{Ln(cu)})/o'(Ln(cu))+(Ln(Mo)-\overline{Ln(Mo)})/o'(Ln(Mo))$ 

در رابطه بالا منظور از عc(Ln(Cu)), Ln(Mo), Ln(cu), Mo, Cu و sc(M) و sc(M) و sc(M) و sc(M) به ترتیب بیانگر میزان عیار مس و مولیبدن، میانگین لگاریتم نپری میزان عیار مس و مولیبدن و انحراف معیار لگاریتم نپری میزان عیار مس و مولیبدن است. با توجه به اطلاعات موجود، مقادیر آستانه مربوط به بی هنجاری های قطعی، احتمالی و ممکن تعیین و وزن دهی شد. برای دیگر مناطق کمترین وزن (۰٬۰۱) در نظر گرفته شد.

- نقشه فاکتور قابلیت شارژپذیری (H): با توجه به بررسی ویژگیهای ژئوفیزیکی، پربندهای موجود بین ۴۰ تا ۵۰ میلی ثانیه به عنوان بی هنجاری ممکن، مقادیر ۵۰ تا ۶۰ میلی ثانیه به عنوان بی هنجاری احتمالی و مقادیر ۶۰ و بالای آن به عنوان بی هنجاری قطعی در نظر گرفته شدهاند. برای دیگر مناطق کمترین وزن (۰۰۰۱) در نظر گرفته شد. - فاکتور مقاومت ظاهری (I): با توجه به بررسی ویژگی های ژئوفیزیکی، از بین مقادیر مقاومت ویژه موجود سه کلاسه بی هنجاری ممکن، احتمالی و قطعی تفکیک شد. ۲۱ انبراین تقسیم بندی مقادیر ۵۰ تا ۳۵ اهم متر به عنوان بی هنجاری ممکن، مقادیر ۳۵ بنابراین تقسیم بندی مقادیر ۱۰ تا ۳۵ اهم متر به عنوان بی هنجاری ممکن، مقادیر ۳۵ بی هنجاری قطعی در نظر گرفته شدند.

- نقشه فاکتور فاکتورفلزی (J): با توجه به اطلاعات موجود، مقادیر آستانه مربوط به بیهنجاری های قطعی، احتمالی و ممکن تعیین و وزندهی شد. مقادیر موجود در بین پربندهای ۱۱۵۰ تا ۲۱۰۱ به عنوان بیهنجاری ممکن، مقادیر ۲۱۰۱ تا ۳۰۵۲ به عنوان بیهنجاری احتمالی و مقادیر ۳۰۵۲ و بالای آن به عنوان بیهنجاری قطعی مشخص شدند. برای دیگر مناطق کمترین مقدار وزن (۰/۰۱) در نظر گرفته شد.

## 4-4. تلفیق نقشهها و ارزیابی نتایج

به منظور تهیه نقشه پتانسیل معدنی در مرحله تفصیلی باید نقشه های فاکتور را مطابق با شبکه استنتاجی مناسبی با هم تلفیق نمود. در شبکه استنتاجی مورد استفاده به تناسب از مدلهای همپوشانی شاخص و عملگرهای مختلف منطق فازی استفاده شده است. شبکه استنتاجی مورد استفاده در تهیه نقشه پتانسیل معدنی اندیس نوچون به همراه WWW.SID

بزرگترین وزن هر فاکتور که نسبت به دیگر اوزان هر فاکتور اصلی (فاکتور زمینشناسی، فاکتور ژئوشیمی، فاکتور ژئوفیزیک) بهنجار شده، در شکل ۱۲ آمده است. پارامترهای موجود در شبکه استنتاجی یادشده در جدول ۳ معرفی شدهاند. با استفاده از شبکه استنتاجی یادشده و وزنهای نمایش داده شده در جدول ۲، نقشه پتانسیل معدنی اندیس نوچون تهیه شد. روال تهیه نقشه پتانسیل معدنی در شکل های ۱۳ تا ۱۸ به صورت مختصر نمایش داده شده است.

در ادامه به منظور ارزیابی نتایج، از داده های گمانه های اکتشافی استفاده شد. در اندیس نوچون، پس از انجام بررسی های اکتشافی ۲۱ گمانه اکتشافی حفاری شده است که اطلاعات مربوط به ۱۹ گمانه در اختیار قرار گرفته است (Almasi, 2007). پس از آماده سازی اطلاعات مربوط به این گمانه ها در محیط GIS به منظور ارزیابی نتایج حفاری، نیمرخ تغییرات میزان عیار مس نسبت به ژرفا برای هر گمانه رسم شد. نیمرخ های یادشده در شکل ۱۹ ارائه شده اند. با توجه به تغییرات میزان عیار مس در هر یک از گمانه ها و نیز بررسی مقادیر بیشینه و کمینه و همچنین میانگین عیار مس در هر یک از گمانه های موجود، هر یک از گمانه ها از لحاظ میزان عیار عنصر مس در و ضعیف و در بررسی پنج کلاسه، یکی از پنج وضعیت بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و یا خیلی ضعیف به هر یک از گمانه ها نسبت داده شد.

در مرحله بعد به منظور ارزیابی نقشههای پتانسیل معدنی، از انطباق مقادیر پیکسل های نقشه یادشده در موقعیت مکانی گمانههای اکتشافی با نتایج حفاری آن گمانه ها استفاده شد. به این ترتیب با توجه به روش های کلاسه بندی موجود، هر نقشه پتانسیل معدنی به کلاس های مختلفی تفکیک شد. سپس مقادیر پیکسل های مربوط به گمانه های اکتشافی در نقشه پتانسیل معدنی استخراج و با توجه به مقادیر پیکسل های هر گمانه، کلاس آن گمانه تعیین شد. به عبارت دیگر از نقطه نظر نقشه پتانسیل معدنی رده هر گمانه با توجه به مقادیر هر پیکسل در یکی از کلاس های تعریف شده تعیین و کلاس تعیین شده برای هر چاه با وضعیت هر گمانه مقایسه شد. نتایج ارزیابی یاد شده در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین نقشه های انطباق گمانه های اکتشافی با نقشه پتانسیل معدنی اندیس نوچون که به صورت سه کلاسه و پنج کلاسه با استفاده از روش Manual رده بندی شده است. در شکل های ۲۰ تا ۲۵ ارائه شده است.

## ۵- نتیجه گیری

سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری توانمند در جمع آوری، مرتبسازی، ذخیرهسازی، بازیابی، پردازش و تحلیل دادههای فضایی است. از آنجا که سامانههای اطلاعات مکانی، دارای توانمندیهای فراوان در حمایت از تصمیم گیری هستند، دارای کاربردهای وسیعی در عرصههای مختلف برنامهریزی، مدیریت و تصمیم گیری بوده و روز به روز بر حوزههای کاربردی آنها افزوده می شود. این سامانه می تواند به عنوان علم و فناوری بهینه به منظور ساماندهی، پردازش، تحلیل و تلفیق نتایج حاصل از بررسیهای زمین شناسی، ژئوشیمی و ژئوفیزیک به منظور شناسایی و ارزیابی پتانسیلهای معدنی مس مورد استفاده قرار گیرد.

با تکیه بر بررسی های انجام شده استفاده تلفیقی از عملگرهای منطق فازی و مدل همپوشانی شاخص افزونبر مرتفع نمودن نقایص موجود در دیگر مدلها، امکان ترکیب قابل انعطاف تر نقشههای فاکتور را فراهم می سازد. همچنین استفاده از مدل تلفیقی یادشده تعیین بهینه نقاط حفاری در بررسی های تفصیلی را امکان پذیر می نماید. با توجه به نقشه پتانسیل معدنی تهیه شده در این مقاله، مناطق پتانسیل دار از نظر وجود کانی سازی مس پورفیری در بخش شمال خاوری منطقه مورد بررسی، بر روی نقشه نهایی مشخص شده است.

در نهایت با انطباق گمانههای اکتشافی حفر شده با نقشههای پتانسیل معدنی نهایی، میزان تطابق در پیش بینی نتایج گمانههای موجود بر آورد شد. بر این اساس در دسته بندی سه کلاسه نتایج حاصل از روش Manual با گامای ۱۸۷۷ بیشترین تطابق به میزان ۶۴/۵۲ درصد و در دسته بندی پنج کلاسه نیز نتایج حاصل از روش Manual با گامای ۸۷/۷ بیشترین تطابق به میزان ۶۳/۱۶ درصد را در پیش بینی نتایج گمانههای موجود داشته است و انجام عملیات حفاری جدید، تنها در مناطق مستعد مشخص شده از انجام عملیات حفاری و تنها با فرض عدم حفر گمانههای اکتشافی در مناطق دارای وضعیت ضعیف یا خیلی ضعیف، ۲۶ درصد از گمانههای اکتشافی در مناطق دارای بررسی های صورت گرفته در این پژوهش، با به کار گیری GIS و منطق فازی در تعیین نقاط حفاری دست کم از حفاری میار متر گمانه اکتشافی ممانعت به عمل آمده و حدود ۲۰۰ میلیون تومان در هزینههای حفاری صرفه جویی به عمل می آمد.

## سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله، بر خود لازم میدانند تا از همکاری مدیریت و کارشناسان محترم امور اکتشافات و مهندسی توسعه شرکت ملی صنایع مس ایران، به دلیل در اختیار قرار دادن دادههای مورد نیاز و همچنین همکاری در تشکیل جلسههای کارشناسی تشکر و قدردانی نمایند.



شکل ۳- نقشه فاکتور گسل های اصلی



شکل ۵- نقشه فاکتور نشانه های کانی سازی

www.SID.ir



شکل ۱- نقشه زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی اندیس مس نوچون



شکل ۲-نقشه فاکتور سنگ میزبان



شکل ۴ – نقشه فاکتور دگرسانی



شكل ۶- نقشه فاكتور عيار مس





شكل ٧- نقشه فاكتور عيار موليبدن



شكل ۹- نقشه فاكتور قابل شارژ



شکل ۸ – نقشه فاکتور اندیس های ادیتیو



شكل ۱۰- نقشه فاكتور مقاومت ظاهري



شكل ۱۱- نقشه فاكتور فاكتور فلزى



شکل ۱۲- شبکه استنتاجی و وزن های بهنجار شده مورد استفاده در تهیه نقشه پتانسیل معدنی اندیس نو چون



شکل ۲۳- نقشه پتانسیل زمین شناسی ۸۸ / G=۰



شكل ۱۵- نقشه پتانسيل معدني ژئوفيزيك



شکل ۱۷- نقشه پتانسیل معدنی G=۰/۹۰



شكل ۱۴- نقشه پتانسيل معدني ژئوشيمي



شکل ۱۶- نقشه پتانسیل معدنی G=۰/۸۷



شکل ۱۸- نقشه پتانسیل معدنی G=۰/ ۹۳

پتانسیل معدنی	تهيه نقشه	مفید در	عملگرهای فازی	جدول ۱– معرفی
---------------	-----------	---------	---------------	---------------

ویژگی های عملگر	رابطه عملگر	عملگر
همارز عملگر منطقی AND در مجموعه کلاسیک، پدید آمدن بر آوردی محافظه کارانه و لزوم وجود دو یا چند شاهد برای اثبات یک فرضیه	$\mu_{\text{Combination}} = MIN(\mu_A, \mu_B, \mu_C,)$	Fuzzy AND
هم ارز عملگر منطقی OR در مجموعه کلاسیک، کاربرد در مواردی که فاکتورهای تشخیص کانیسازی کم و حضور هر فاکتور مثبت برای اظهار مطلوبیت کافی باشد	$\mu_{\text{Combination}} = MAX(\mu_A, \mu_B, \mu_C,)$	Fuzzy OR
دارای اثر کاهشی و کاربرد در مواردی که دو فاکتور یکدیگر را تضعیف میکنند	$\mu_{\text{Combination}} = \prod_{i=1}^{n} \mu_{i}$	Fuzzy Product
دارای اثر افزاینده و کاربرد در مواردی که دو یا چند شاهد یک فرضیه را تأیید و یکدیگر را تقویت میکنند	$\mu_{\text{Combination}} = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \mu_i)$	Fuzzy Sum
γ بین عدد صفر تا یک، ایجاد سازگاری قابل انعطاف میان گرایش های کاهشی و افزایشی دو عملگر فازی Product و Sum با انتخاب صحیح و آگاهانه γ	$\mu_{Combination} = (Fuzzy \ Agebraic \ Sum)^{\gamma}$ *(Fuzzy Algebraic Product) <sup>1:\gamma</sup>	Fuzzy Gamma



## ار انه روششناسی تعیین نقاط حفاری اندیس مس نوچون با استفاده از منطق فازی در GIS

## جدول۲- وزن های اولیه و نهایی مورد استفاده در تهیه نقشه پتانسیل معدنی اندیس نوچون

-														
سنگميزبان	وزن اوليه	وزن نهايي	نشانه معدني محلى	وزن اوليه	وزن نهايي	توزيع عنصر مس	وزن اوليه	وزن نهايي	توزيع عنصر موليبدن	وزن اوليه	وزن نهايي	اديتيو مس و موليبدن	وزن اوليه	وزن نهایی
ريوداسيت	۰/۹	·/٣١·	بافر ۱۵ متری	۰/۹	۰/۲V۶	بىھنجارى قطعى	· /A۵	•/5371	۔ بیہنجاری قطعی	• /V	•/۴۶٩	بىھنجارى قطعى	٠/٩	۰/۵
بافر ۲۵ متری RT	• /V	•/141	بافر ۳۰ متری	• /V	•/114	بىھنجارى احتمالى	• /V	·/FWV	بىھنجارى احتمالى	۰/۵	• /۳۳۵	بىهنجارى احتمالى	• /Vð	•/419
بافر ۵۰ متری RT	۰/۵	·/1VT	بافر ۴۵ متری	۰/۵	•/107	بىھنجارى ممكن	• /٣۵	·/Y1V	بىھنجارى ممكن	۰/۲۵	·/19V	بىھنجارى ممكن	• /۴	•/٣٣٣
بافر ۷۵ متری RT	۰/۳	•/1•٣	بافر ۶۰ متری	۰/۳	•/•٩٢	شارژابيليته (قابليت شارژپذيري)	وزن اوليه	وزن نهايي	مقاومت ظاهري	وزن اوليه	وزن نهايي	فاكتور فلزى	وزن اوليه	وزن نهايي
بافر ۱۰۰ متری RT	•/1	•/•٣۴	گسل	وزن اوليه	وزن نهايي									
بافر ۲۵ متری RD	۰/۵	·/1VT				بىھنجارى قطعى	· /V۵	· /V۵	بىھنجارى قطعى	۰/۲۵	۰/۲۵	بىھنجارى قطعى	• /A	٠/۵
بافر ۵۰ متری RD	۰/۳	•/1•٣	محدوه بين گسل ها	۰/۴	·/1٣٨	بىھنجارى احتمالى	•/۵	۰/۵	بىهنجارى احتمالي	۰/۱۵	•/10	بىهنجارى احتمالى	• /۵۵	•/446
بافر ۷۵ متری RD	۰/۲	•/•99				بىھنجارى ممكن	۰/۲۵	۰/۲۵	بىھنجارى ممكن	۰/۰۵	•/•۵	بىھنجارى ممكن	۰ /٣	·/1AV
بافر ۱۰۰ متری RD	·/1	•/•٣۴												
د گرسانی	وزن اوليه	وزن نهايي				-						<i>a</i> .		
شديد	۰/V۵	۰/۲V۶	است.	جاور دامنهای	داسیت های م	ور توف اندزیت و ریو	بت های مجاو	رتيب ريوداس	نظور از RT وRD به ت	ئنا حرارت م	بان و زون من	مت مربوط به سنک میز	تذكر: در قس	
ضعيف	۰/۲۵	•/•٩٢												

	جدول ۳- معرفی پارامترهای موجود در شبکه استنتاجی
/	

GLG	نقشه فاکتور زمین شناسی با استفاده از عملگر فازی گاما
GCH <sub>1</sub>	تلفیق با استفاده از عملگر فازی گاما
GCH <sub>2</sub>	بهنجارشده اديتيو مس و موليبدن
GCH	نقشه فاکتور ژئوشیمی با استفاده از عملگر همپوشانی شاخص
$\operatorname{GPH}_1$	تلفیق با استفاده از عملگر فازی Sum
GPH <sub>2</sub>	بهنجارشده فاكتور فلزى
GPH	نقشه فاكتور ژئوفیزیک با استفاده از عملگر همپوشانی شاخص
MPM	نقشه پتانسیل معدنی با استفاده از عملگر فازی گاما

جدول ۴- ارزیابی میزان تطابق در نقشه پتانسیل معدنی تهیه شده با استفاده از روش Manual سه و پنج رده

	خ= خيلى		Gamma= •/AV							Gamma= •/٩	•	Gamma= ۰/۹۳					
شماره گمانه	وضعیت گمانه ۳رده	وضعیت گمانه ۵رده	وزن گمانه	وضعيت ۳ رده	ارزیابی ۳ رده	وضعيت ۵ رده	ارزیابی ۵ رده	وزن گمانه	وضعيت ۳ رده	ارزیابی ۳ رده	وضعيت ۵ رده	ارزیابی ۵رده	وزن گمانه	وضعيت ۳ رده	ارزیابی ۳ رده	وضعيت ۵ رده	ارزیایی ۵ رده
١	خوب	خ خوب	·/9VAY	خوب		خوب	-1	•/99447	خوب		خوب	-1	•/٧١١۶	خوب		خوب	-1
۲	ضعيف	ضعيف	•/•٨١۴	ضعيف		خ ضعيف	-1	•/•940	ضعيف		خ ضعيف	-1	٠/١٠٩٨	ضعيف		خ ضعيف	-1
٣	ضعيف	ضعيف	•/FVYF	متوسط	-1	متوسط	-1	•/۴۹۶۹	متوسط	-1	متوسط	-1	·/۵۲۲۷	متوسط	-1	متوسط	-1
۴	متوسط	متوسط	·/۵۷۸۷	متوسط		متوسط		•/9•44	خوب	-1	خوب	-1	•/9٣11	خوب	-1	خوب	-1
۵	خوب	خ خوب	•/۴٧۴٧	متوسط	-1	متوسط	-۲	۰/۵۰۵A	متوسط	-1	متوسط	-۲	•/۵۳٩٠	متوسط	-1	متوسط	-۲
Ŷ	خوب	خوب	•/49•1	متوسط	-1	متوسط	-1	•/FAVF	متوسط	-1	متوسط	-1	•/619٣	متوسط	-1	متوسط	-1
v	متوسط	متوسط	۰/۸۰۰۶	خوب	-1	خ خوب	-۲	۰/۸۱۳۶	خوب	-1	خ خوب	-۲	·/٨٢۶٨	خوب	-1	خ خوب	-۲
٨	متوسط	متوسط	•/1•19	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲	•/1191	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲	•/1591	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲
٩	خوب	خوب	•/53999	متوسط	-1	متوسط	-1	۰/۵۶V۱	متوسط	-1	متوسط	-1	•/۵٩۶•	متوسط	-1	متوسط	-1
١.	متوسط	خوب	•////٣۶	خوب	-1	خ خوب	-1	•/AAV1"	خوب	-1	خ خوب	-1	•/٨٩•٩	خوب	-1	خ خوب	-1
11	متوسط	متوسط	·/1847	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲	•/100٣	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲	•/1791	ضعيف	-1	خ ضعيف	-۲
١٢	ضعيف	خ ضعيف	•/1791	ضعيف		خ ضعيف		•/148	ضعيف		خ ضعيف		•/1910	ضعيف		ضعيف	-1
١٣	متوسط	متوسط	•/۴٧۴٧	متوسط		متوسط		۰/۵۰۵۸	متوسط		متوسط		•/544•	متوسط		متوسط	
۱۵	خوب	خوب	•/٣۵١۶	متوسط	-1	ضعيف	-۲	· /۳٧٨٣	متوسط	-1	ضعيف	-۲	•/۴•٧•	متوسط	-1	متوسط	-1
19	متوسط	متوسط	•/۵•۳۲	متوسط		متوسط		·/519V	متوسط		متوسط		·/001٣	متوسط		متوسط	
۱۸	ضعيف	خ ضعيف	•/٩•٩•	خوب	-۲	خ خوب	-4	•/٩١١١	خوب	-۲	خ خوب	-۴	•/91181	خوب	-1	خ خوب	-4
19	ضعيف	ضعيف	•/•9۵•	ضعيف		خ ضعیف	-1	۰/۰۷۵۹	ضعيف		خ ضعیف	-1	•/•AA9	ضعيف		خ ضعيف	-1
۲.	ضعيف	خ ضعيف	•/1429	ضعيف		خ ضعیف		۰/۲ <del>۶</del> ۸۱	ضعيف		ضعيف	-1	•/1919	ضعيف		ضعيف	-1
۲۱	ضعيف	خ ضعيف	•/17•٣	ضعيف		خ ضعيف		•/1٣٨١	ضعيف		خ ضعیف		·/10A9	ضعيف		خ ضعيف	
ميزان تطابق			%94/01		%91	/19	%%1/٢٩			%۵	٩/۶۵	%91/19			%۵٩/۶۵		

www.SID,jr

غلامرضا الياسي و همكاران



شکل ۱۹- نیمرخهای تغییرات عیار مس نسبت به ژرفا در گمانه های اکتشافی اندیس مس نوچون



شکل ۲۰- انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۰/۸۷)



شکل ۲۲-انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۱/۹۳) www.SID.ir



شکل ۲۱- انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۰/۹۰)



شکل ۲۳- انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۰/۸۷)





شکل ۲۵- انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۰/۹۳)



شکل ۲۴- انطباق گمانه ها با نقشه پتانسیل معدنی (G=۰/۹۰)

### References

- Agterberg, F. P. & Bonham-Carter, G. F., 1990- Deriving weights of evidence from geoscience contour maps for prediction of discrete events. Proceedings of the 22nd APCOM Symposium, Berlin, Germany, v.2, p. 381-395.
- Agterberg, F. P., 1992- Combining indicator patterns in weights of evidence modeling for resource estimation. Nonrenewable Resources, v.1, p. 39-50.
- Almasi, A., 2007- Results of drilling in Now Chun, National Iranian Copper Industries Company, Exploration management, Pars Olang Company.
- An, P., Moon, W. M. & Rencz, A., 1991- Application of fuzzy set theory for integration of geological, geophysical and remote sensing data. Canadian Journal of Exploration Geophysics, v. 27, 1-11.
- Asadi, H. H. & Hale, M., 1999- A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran, Computer & Geosciences.9
- Asadi, H. H., 2000- The Zarshuran gold deposit model applied in mineral exploration GIS in iran, PhD Thesis. ITC, Netherlands, 190pp.
- Boleneus, D. E., Raines, G. L., Causey, J. D., Bookstrom, A. A., Frost, T. P. & Hyndman, P. C., 2001-Assessment method for epithermal gold deposits in northeast Washington State using weights-of-evidence GIS modeling. USGS Open-File Report 01-501, 52 pp.
- Bonham-Carter, G. F., 1994- Geographic information systems for geoscientists: modeling with GIS, Pergamon Press, Ontario, Canada.
- Brown, W. M., Gedeon, T. D., Groves, D. I. & Barnes, R.G., 2000-Artificial neural networks: a new method for mineral prospectivity mapping: Australian Journal of Earth Sciences, v. 47, p. 757-770.
- Carranza, E. J. M., & Hale, M., 2001- Geologically constrained fuzzy mapping of gold mineralization potential, Baguio district, Philippines. Natural Resources Research, v. 10(2), p. 125-136.
- Carranza, J., 2002-Geographically-Constrained mineral potential mapping, PhD Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands, 480 pp.
- Karimi, M., Menhaj, M. B. & Mesgari, M. S., 2008a- Mineral potential mapping of copper minearls using fuzzy logic in GIS invironment, ISPRS 2008, Beijing, China.
- Karimi, M., Valadan Zoj, M., Ebadi, H. & Sahebzamani, N., 2008b- Preparing of Mineral potential map of copper using GIS, Accepted in Geoscience Journal
- Malczewski, J., 1999- GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley & Sons INC.
- Mukhopadhyay, B., Hazra, N., Sengupta, S. R. & Kumar Das, S., 1996- Mineral potential map by a knowledge driven GIS modeling: an example from Singhbhum Copper Belt, Jharkhad, Geological Survey of India.
- Porwal, A., 2006- Mineral potential mapping with mathematical geological models. Ph.D. Thesis, University of Utrecht, The Netherlands, 289 pp. Porwal, A., Carranza, E. J. M. & Hale, M., 2003- Knowledge-driven and data-driven fuzzy models for predictive mineral potential mapping. Natural Resources Research, v. 12(1), p. 1-25.
- Wright, D. F. & Bonham-Carter, G. F., 1996- VHMS favorability mapping with GIS-based integration models, Chisel-Andersen Lake area. Geological Survey of Canada, Bulletin, v. 426, p.339-376.
- Yugoslavia report, 1972- Report on explorations for copper in Now Chun area. Institute for geological and mining exploration Beograd-Yugoslavia, p.1-39.
- Zadeh, L. A., 1965- Fuzzy sets. IEEE Information and Control, v.8, p. 338-353.

\* Corresponding author: A. Nejati Kalateh; E\_mail: nejati\_ali@yahoo.com

# Hydrocarbon Potential Evaluation and Depositional Environment of Sargelu Formation in Masjid-i-Soleiman Oilfield

B. Alizadeh<sup>1\*</sup> & S. H. Hosseini<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Earth Science Faculty, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran

Received: 2008 July 21 Accepted: 2009 February 02

#### Abstract

Sargelu Formation is deeply buried and has limited distribution in Dezful Embayment (limited to the northern part), hence, investigation of petroleum potential of this formation has attracted many petroleum geologists. In this study, hydrocarbon potential of Sargelu Formation in Northern Dezful Embayment is evaluated geochemically. For this purpose 34 drill cuttings from well numbers, 309, 310, 312 and 316 in Masjid-i-Soleiman (MIS) oilfield were selected, and geochemical analyses such as Rock-Eval VI pyrolysis and PY-GC were performed. The results reveal that the formation has "Very Good" hydrocarbon potential because of its high amounts of Total Organic Carbon (TOC). Results were plotted on Van-Krevelen as well as on HI vs.  $T_{max}$  diagrams, and demonstrated mixed Kerogen Type III and IV due to low HI caused by higher thermal maturity, in well numbers 309, 310 and 312. However, the prominent Kerogen type was determined to be of mixed Kerogen type II and III. In all, the organic matter in well No. 316 has a better Kerogen type (mixed type II and III). All the Samples plotted on Smith Diagram have more than 0.1 S<sub>1</sub>/TOC ratios and capable of generating hydrocarbon. The Pr/nC<sub>17</sub> vs. Ph/nC<sub>18</sub> ratio demonstrates marine environment for Sargelu Formation. Pyro and thermograms reveal that normal alkanes are dominated in C<sub>15</sub> – C<sub>20</sub> range, while heavy normal alkanes are missing due to its high thermal maturity. In all it can be concluded that Sargelu Formation in MIS oilfield, due to its paleoenvironment as well as burial depth exclusively has a good quality of organic matter with adequate maturity at the end of oil window and hence is gas-prone.

KeyWords:DezfulEmbayment,Masjid-i-SoleimanOilfield,SargeluFormation,GeneticPotential,DepositionalEnvironment,Rock-Eval,Pyrolysis–GasChromatography For Persian Version see pages 173 to 178

\*Corresponding author: B. Alizadeh; E-mail: Alizadeh@scu.ac.ir

# Determination of Drilling Point using Fuzzy Logic in GIS Case Study: Now Chun Copper Prospect

G. R. Elyasi<sup>1\*</sup>, M. Karimi<sup>2</sup>, A. Bahroudi<sup>1</sup> & A. Adeli Sarcheshme<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Exploration of Mining Engineering Dep., Mining Faculty, Tehran University, Tehran, Iran <sup>2</sup> GIS Department, Survey Faculty, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran Received: 2008 October 12 Accepted: 2009 April 20

#### Abstract

Piles of maps from different sources with varying scales and formats and different styles and absence of a proper solution for integrating vast amount of information has resulted in a complexity for preparing mineral potential map. Using GIS not only organizes the information related to mineral exploration but also has the ability to produce and integrate information layers in different models with more precision and speed and supports spatial decision makings. In this article mineral potential map of Now Chun copper prospect has been produced for determination of drilling points. Used layers in this study include rock type, structure, alteration, mineralization indicators, anomaly zone of chargeability and apparent resistivity and metal factor, anomaly of copper and molybdenum and Cu-Mo additive indexes. After information preparation, Factor maps were weighted and integrated in the inference network. Integration use of Fuzzy logic and index overlay operators in inference network can eliminate defects in other models and provide more flexible integration of factor maps. Regarding to produce mineral potential map and those operated exploration boreholes have been estimated for two different classes, 63.16 % and 64.52 %. Comparison between the high potential points indicated by our mineral potential maps with those previous drilled boreholes reveals about 26% discorrelation. It means that if such present study had been done before any drilling operation, it could have saved 200,000\$ just for drilling expenditure.

Keywords: GIS, Mineral Potential Map, Fuzzy Logic, Now Chun

For Persian Version see pages 179 to 188

\* Corresponding author: G. R. Elyasi; E\_mail: ghrelyasi@yahoo.com

