



## بررسی پتانسیل یابی مس و عناصر همراه با استفاده از وزن های نشانگر مطالعه موردی محدوده شرقی قله دماوند

• حسنعلی فرجی سبکبار<sup>۱</sup>، سیدکاظم علوی پناه<sup>۲</sup>، فاطمه فریدونی<sup>۳</sup>، سیدمسعود مسعودی<sup>۴</sup>، جواد اسدی فلاح<sup>۵</sup>  
hafaraji@gmail.com •

### چکیده

اکتشاف مس در کشور با استفاده از تکنولوژی های جدید و پیشرفته در جهت برنامه ریزی های خرد و کلان اقتصادی، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از روش وزن های نشانگر، ارتباط مکانی بین عوامل موثر در کانه سازی مس با نمونه های تصادفی مس منطقه مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس یافته های تحقیق، حداکثر ارتباط مطلوب بین نمونه ها و امتداد گسل ها در فاصله ۵۰۰ متری، با آنومالی های کانی های سنگین منطقه در فاصله ۱۰۰۰ متری، همچنین با آنومالی های ژئوشیمیایی در فاصله ۵۰۰ متری به دست آمده است. این فواصل مطلوب نقش عوامل ژئوشیمیایی، کانی های سنگین و گسل ها را در کانه زایی مس نشان می دهد. همچنین نواحی بین گسل های اصلی مناطق مناسبی جهت کانی سازی مس و جای گیری سنگ های میزبان مس می باشند. علاوه بر عوامل مذکور، لایه های آلتراسیون و لایه واحدهای سنگی، میزبان مناسب کانه زایی مس جهت تلفیق در محیط GIS به کار گرفته شدند. محدوده های آلتراسیونی مطلوب از ترکیب باندی کاذب معادل نسبت های باندی ۲/۱، ۳/۴ و ۴/۷ تصویر ASTER ماهواره TERRA استخراج گردید. از منطق فازی جهت مدل سازی و تلفیق لایه های اطلاعاتی استفاده گردید. منطقه مورد مطالعه به لحاظ پتانسیل مس به چهار کلاس خوب، متوسط، ضعیف و بدون پتانسیل تقسیم شد. مدل های استفاده شده در این تحقیق دارای مزایایی می باشد. از جمله مزایای استفاده از مدل فازی گاما و روش وزن های نشانگر می توان به استفاده از نمونه های آموزشی به عنوان مدرک که خود سبب افزایش دقت می شود اشاره نمود. از طرفی چون داده ها دارای ابهام بوده و مرز مابین طبقات را نمیتوان به طور دقیق مشخص نمود، استفاده از روش فازی نتایج با قابلیت انعطاف پذیری بالاتر و دقت بیشتری ارائه می دهد.

**واژه های کلیدی:** آنومالی ژئوشیمیایی، کانی های سنگین، وزن های نشانگر، آلتراسیون، مس، دماوند.

۱ - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران ( مسئول پیگیری مقاله )

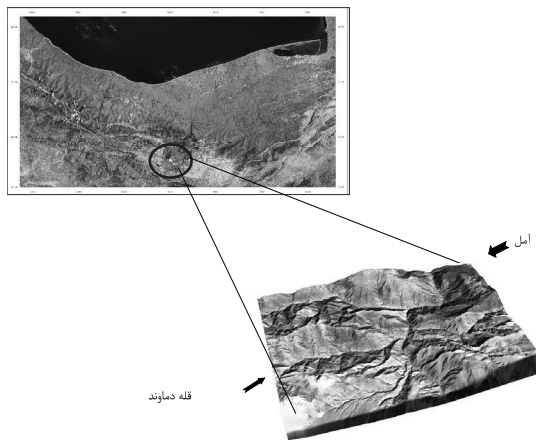
۲ - استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳ - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۴ - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه شهید بهشتی

۵ - کارشناس ارشد زلزله شناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

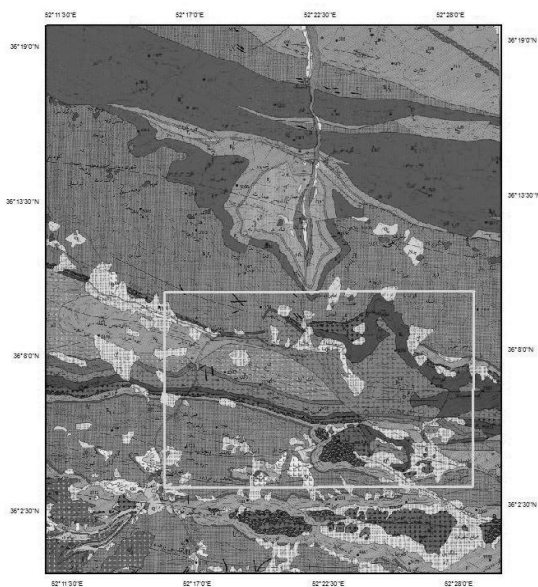
شکل ۱- موقعیت منطقه در شمال ایران و تصویر سه بعدی منطقه مطالعاتی



از نظر زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی رشته کوه‌های البرز مرکزی واقع شده است. در شکل ۲، محدوده مطالعاتی بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نشان داده شده است.

براساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی آمل، سنگ‌های رخنمون یافته در این منطقه منحصر به انواع رسوبی و

شکل ۲- موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آمل



آتشفشانی هستند. این واحدهای سنگی شامل کلیه ردیف‌های چینه‌شناسی از کربونیفر تا کواترنری به استثنای چند وقفه رسوب گذاری می‌باشد. مهم‌ترین سازنده واحدهای سنگی که در محدوده مطالعاتی برونزد دارند از قدیم به جدید عبارتند از: سازند شمشک، سازند دلچای، سازند لار، واحد گچی، ولکانیک‌های کرتاسه زیرین (نئوکومین)، سازند

## مقدمه

توسعه و رشد اقتصادی کشور و در نتیجه پیشرفت همه جانبه آن در گرو پیشرفت علمی و شناخت امکانات و منابع بالقوه جهت به کارگیری در صنایع گوناگون و تأمین نیازهای داخلی و صادرات با دید بالا بردن ارزش افزوده می‌باشد. به همین دلیل بسیار مهم است تا شناخت دقیق و درستی از منابع معدنی که مبنای فعالیت بسیاری از صنایع مادر در کشور می‌باشند، داشته باشیم. عنصر مس کاربردهای زیادی در صنایع مختلف از جمله تولید موتورهای الکترومغناطیسی، موتور بخار وات، تقویت کننده‌های الکترونیکی، لامپ‌های پرتوی کاتدی و مگنترون‌ها، هدایت کننده موج برای تشعشع مایکروویو و سیم‌های مسی و لوله‌های مسی و ... دارد. در این تحقیق برای اولین بار مس و پارازن همراه آن که شامل عناصر روی (Zn)، سرب (Pb)، گوگرد (S)، مولیبدنیت (MO)، باریوم (Ba)، طلا (Au)، جیوه (As) و نقره (Ag) است، در محدوده شرقی قله دماوند مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. ذخایر مس در محدوده مورد مطالعه به صورت پراکنده درون درزه و شکاف‌های واحدهای ولکانیکی جای گرفته‌اند. بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی موجود که کاملترین آنها نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ می‌باشد، صرفاً گسترش سنگ‌های خروجی گدازه‌ای در منطقه و همچنین محدوده کم وسعت و ناچیزی از آذرآواری‌ها در اطراف دره هر از نشان داده شده است. لذا نقشه پراکنش سنگ‌های حاوی مس و اندیس‌های همراه، می‌تواند راهنمای خوبی حداقل در مراحل مقدماتی و یا پی‌جویی باشد. با توجه به امکان ارتباط نزدیک کانه‌زایی مس با ساختارهای تکتونیکی و تعیین این ارتباط در راستای شناخت هر چه بهتر و دقیق‌تر این ذخایر، امری ضروری به نظر می‌آید. در ارتباط با پتانسیل بایبی مس، تحقیقات مختلفی انجام شده است که به عنوان نمونه می‌توان به مواردی از آن اشاره نمود. کارنزا (۲۰۰۲)، در ناحیه بنگوئیت از کشور فیلیپین با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS به مطالعه ارتباط بین پدیده‌های ساختاری و موثر در هر منطقه با نوع ماده معدنی آن منطقه پرداخت (Carranza, ۲۰۰۴, ۴۸۰). چیکا الما و همکاران (۲۰۰۲) از پایگاه داده GIS برای نمایش مؤثرترین سیستم‌ها در تشکیل و جایگزینی معادن و سطوح با پتانسیل بالا در منطقه‌ای در جنوب شرقی اسپانیا استفاده کردند (Chica-Olma, ۲۰۰۲, ۱۴۱۰). دی ارکل و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از روش فازی، مناطق دارای پتانسیل بالای مس را در کانادا مشخص کردند.

-موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در بخش شرقی قله دماوند از منتهی الیه شرقی قله تا نزدیکی آمل را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

1. Carranza
2. Chica-Olma
3. D'Ercole

شمال شرق - جنوب غرب می‌باشند. در شکل ۵ نمودار گل سرخی تمامی گسل‌های منطقه که برای نشان دادن جهت غالب شکستگی‌ها با استفاده از نرم افزار Rockwork تهیه گردید، نشان داده شده است. در شکل ۶ نقشه گسل‌های موجود در محدوده مطالعاتی برگرفته از نقشه ۱:۲۰۰۰۰ نشان داده شده است. این ساختارهای تکتونیکی تغییرات فیزیکی شدیدی شامل خرد شدگی، گسستگی و برگشتگی را در سنگ‌های منطقه به وجود آورده‌اند. چنین وضعیتی (خرد شدگی) شرایط نسبتاً مناسبی برای نهشت مواد معدنی و آلتراسیون سنگ‌های میزبان می‌باشد (El Desouky, ۲۰۰۸, ۵۷۰). به طوریکه در برخی از نقاط محدوده مطالعاتی با حضور سنگ میزبان مناسب (ولکانیک‌های کرتاسه) در امتداد برخی از این ساختارهای خطی به واسطه برقراری چرخه سیالات هیدروترمال تغییرات فیزیک و شیمیایی ضعیفی در سنگ‌های دربرگیرنده به وقوع پیوسته است.

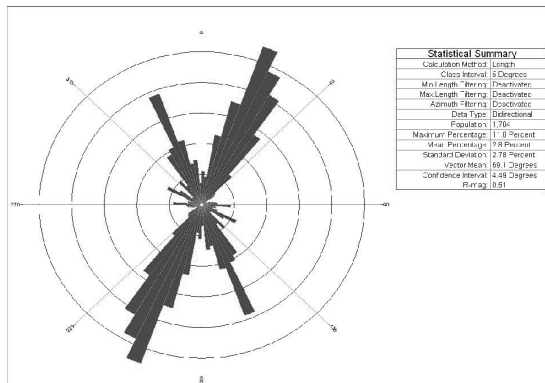
### داده‌ها و روش‌ها

برای آزمون فرضیه‌های تحقیق، در ابتدا عوامل موثر در کانه زایی مس، تعیین و مشخص می‌گردد. به طور کلی عوامل موثر در کانه‌زایی مس که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته

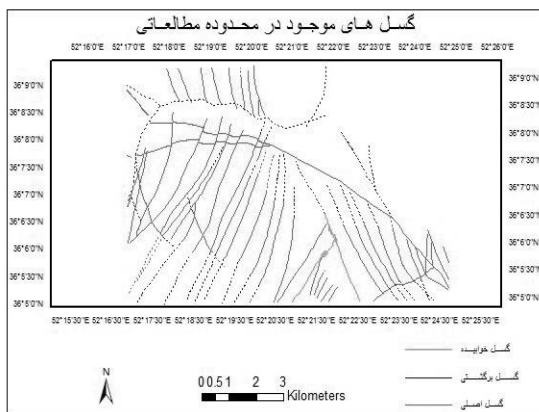


شکل ۳- آثار کانی سازی مس در واحد ولکانیکی  $K_1^V$

شکل ۴- آثار کانی سازی مس در واحد ولکانیکی  $K_2^V$



شکل ۵- نمودار گل سرخی گسل‌های منطقه (مأخذ: نگارنده)



شکل ۶- نقشه گسل‌های موجود در منطقه (مأخذ: نگارنده)

تیزکوه، ولکانیک‌های کرتاسه بالایی. از واحدهای سنگی که در گستره نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰ محدوده اکتشافی برونزد دارند، واحدهای ولکانیکی کرتاسه به خصوص واحد  $K_1^V$  شرایط مناسبی جهت آلتراسیون و وقوع آثار کانی سازی داشته است. در واحد  $K_2^V$  نیز آثار آلتراسیون شناسایی شده است. این موضوع توسط مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای و کانی سنگین نیز تأیید شده است. به طوریکه محدوده گسترش آنومالیهای با اهمیت ژئوشیمیایی عمدتاً منطبق بر محدوده برونزد واحدهای ولکانیکی  $K_1^V$  و  $K_2^V$  است علاوه بر این، آثار کانی سازی مس به صورت مالاکیت و آزوریت و به طور بسیار پراکنده و ضعیف کالکوپیریت در درز و ترک‌های سنگ‌های ولکانیکی واحدهای  $K_1^V$  و  $K_2^V$  نهشته شده است (شکل‌های ۳ و ۴). رگه‌های آلترا ضخامت در حدود ۵۰ الی ۱۰۰ سانتی متر داشته و در سطح درزه‌های سنگ‌های میزبان قرار گرفته‌اند.

به طور کلی دو دسته گسل اصلی در واحدهای سنگی منطقه شناسایی شده است. دسته اول گسل‌هایی با روند شمال غرب جنوب شرقی بوده و دسته دوم گسل‌ها دارای روند عمومی

به صورت  $W+$  (وزن دهی به پدیده‌های درون محدوده) و  $W-$  (وزن دهی به پدیده‌های بیرون از محدوده) به صورت رابطه‌های زیر تعریف می‌شود (Bonham-Carter; Agterberg; Wright, ۱۹۸۹, ۸۹).

$$W+ = \text{Log} \frac{\sum D_p}{\sum A_{D_p}} * 100$$

$$W- = \text{Log} \frac{\sum D_A}{\sum A_{D_A}} * 100$$

در رابطه بالا  $DP$  محدوده درون دامنه،  $DA$  محدوده بیرون دامنه و  $A$  مساحت دربرگیرنده توسط  $DA$  و  $DP$  می‌باشد. که پس از وزن دهی، واریانس وزن‌ها از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$s^2(w-) = \frac{1}{mD_A} + \frac{1}{bD_A}$$

$$s^2(w+) = \frac{1}{mD_p} + \frac{1}{bD_p}$$

در رابطه فوق  $mDP$  تعداد پیکسل‌های درون domain و شامل اندیس مس می‌باشد.  $bDP$  تعداد پیکسل‌های بدون اندیس مس و درون domain می‌باشد. سپس برای هر محدوده دو تایی ضریب (C) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C = (W+) - (W-)$$

در مجموع برای تعیین ارتباط مکانی مثبت، مقدار ضریب C مثبت و برای ارتباط مکانی منفی، مقدار ضریب C منفی می‌باشد. از آنجایی که رخنمون‌های شناخته شده در این تحقیق محدود می‌باشد، لذا به جای C از  $C/S$  استفاده می‌شود (John.E; Carranza.M, ۲۰۰۹, ۳۹۰). هر چه نسبت بدست آمده بالا بزرگ تر باشد، ارتباط مکانی بیشتر بوده به طوری که حداکثر نسبت به دست آمده برای یک محدوده ارتباط مکانی بالاتری را برای آن محدوده میتوان در نظر گرفت.

با توجه به اینکه مناطق آلتراسیونی، مکان‌های مناسبی جهت کانه‌سازی مس می‌باشند. طی برداشت‌های صحرایی از منطقه ارتباط کانه‌سازی مس با واحدهای آلتراسیونی مورد تایید قرار گرفته است. به منظور استخراج واحد‌های آلتراسیونی از تصویر سنجنده ASTER ماهواره TERRA استفاده گردید. بدین صورت که پس از پیش پردازش تصویر سنجنده ASTER و اعمال تصحیحات توپوگرافی، اتمسفری و هندسی، از نسبت‌های باندی مختلفی جهت شناسایی و ارزیابی پدیده‌های زمینی استفاده گردید (Inés, ۲۰۰۷, ۲۸۳). نهایتاً ترکیب رنگی کاذب

اند، عبارتند از:

• عوامل ژئوشیمیایی

• محدوده‌های آلتراسیونی

• بررسی آنومال‌های کانی‌های سنگین

• شکستگی‌ها و گسل‌ها

• سازندهای زمین‌شناسی موثر

مجموعه داده‌هایی که در این تحقیق از آنها استفاده شده است عبارتند از:

۱. نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۰۰۰۰

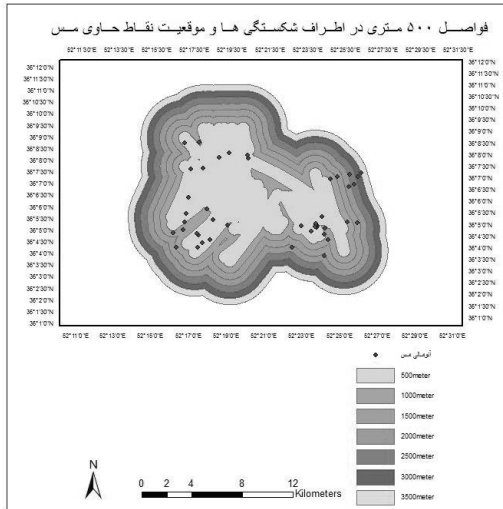
۲. نقشه پراکندگی آنومالی ژئوشیمیایی منطقه

۳. نقشه پراکندگی آنومالی کانی‌های سنگین منطقه

برای تهیه نقشه پراکندگی آنومالی کانی‌های سنگین اقدام به نمونه‌گیری از درون واحدهای سنگی حاوی نمونه‌های مس گردید. پس از آنالیزهای مورد نیاز، نقاطی را که دارای آنومالی به لحاظ بررسی‌های کانی‌های سنگی بوده‌اند، به صورت نقشه آنومالی‌های کانی‌های سنگین ارائه گردید (سازمان صنایع و معادن استان مازندران، ۱۳۸۶). همچنین به منظور استخراج واحد‌های آلتراسیونی مطلوب از تصویر ماهواره ای سنجنده ASTER استفاده شد. در این راستا از تصویر رنگی کاذب معادل نسبت‌های باندهای ۴/۳ و ۴/۷ و ۲/۱ استفاده شد (Allison, ۲۰۰۶, ۱۳۰). علت استفاده از نسبت‌های باندی فوق توانایی بهتر آن در جداسازی واحد‌های آلتراسیونی از دیگر واحدهای سنگی می‌باشد. در تعیین ارتباط بین عناصر ساختاری و غیر ساختاری از مجموعه‌ای از نقاط سنگی یا چکشی که توسط سازمان صنایع و معادن استان مازندران طی مطالعات صحرایی برداشت گردید، استفاده شد. برای دستیابی به این نقاط، اقدام به نمونه برداری از زون‌های مینرالیزه (حاوی کالکوزین، مالاکیت و آزوریت)، زون‌های آلتراسیون و سیستم‌های پلمبینگ (شکستگی‌های پر شد از مواد معدنی نظیر کلسیت، کوارتز) گردید (سازمان صنایع و معادن استان مازندران، ۱۳۸۶, ۴۵). کلیه نمونه‌ها تحت آنالیز به روش‌های ICP-MS و ICP-Eos و محتوی طلا به روش عیارسنجی حرارتی (FA) اندازه‌گیری گردید. در ارزیابی صحت نقشه پراکندگی مس و عناصر همراه از انطباق مجموعه‌ای از نقاط آموزشی که توسط گیرنده GPS مدل گارمین-ویستا طی عملیات صحرایی برداشت شد، استفاده گردید.

به منظور تعیین ارتباط مابین عناصر ساختاری، ژئوشیمیایی و آنومالی‌های کانی‌های سنگین با آنومالی‌های شناخته شده مس و عناصر همراه آن از روش وزنه‌های نشانگر (Turner, ۱۹۹۷, ۱۱۷) استفاده شده است. در این روش بر حضور یا عدم حضور یک پدیده نقطه‌ای (مانند اندیس‌ها و آنومالی‌های ژئوشیمیایی مس) در یک محدوده و بر اساس وزن دهی بین این نقاط و محدوده‌ها تاکید می‌شود (Maruthi Sridhar, ۲۰۰۹, ۲۸۹۸). این وزن‌ها

شکل ۷- فواصل ۵۰۰ متری در اطراف شکستگی ها و نمایش فاصله مطلوب از آنومالی های مس



(مأخذ: نگارنده)

شد (Malczawski, ۱۹۹۷, ۳۹۲).

### یافته های پژوهش

ارتباط بین نقاط شناخته شده مس با امتداد شکستگی ها و گسل ها  
بین شکستگی ها و آنومالی های مس موجود در منطقه بر

جدول ۱- تغییرات وزن ها برای فواصل تجمعی از امتداد شکستگی ها نسبت به آنومالی های شناخته شده مس

Dist anc e (m)	A rea	N o. poi nts	W +	s(W +)	W -	s(W -)	C	s(C)	C/s(C)
۵۰۰	۹۰	۳۰	۴۰	۰.۰۳	-	۰.۰۵	۰.۶۷	۰.۲۸	۲.۰۳۹
۱۰۰۰	۳۰	۱۰	۴۰	۰.۰۱	-	۰.۰۵	۰.۴۲۵	۰.۵۹	۰.۷۲
۱۵۰۰	۲۰	۲۰	۵۰	۰.۰۱	-	۰.۰۵	۰.۲۹	۰.۱	۲.۹

اساس ضرایب C به دست آمده از جدول ۱ ارتباط مکانی مثبت می باشد. از لحاظ آماری این ارتباط مکانی مثبت از ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری می باشد، اما بر اساس ضریب C در فاصله ۵۰۰ متری بیشترین ارتباط وجود دارد. به عبارتی شکستگی ها در فاصله ۵۰۰-۱۰۰۰ متر بیشترین تاثیر را بر آنومالی های مس داشته و احتمال وقوع رگه هایی از آن بیشتر است (شکل ۷).

ارتباط بین نقاط شناخته شده مس با آنومالی های ژئوشیمیایی

بر اساس ضرایب C به دست آمده از جدول ۲، بین آنومالی های

حاصل از نسبت های باندی ۲/۱، ۳/۴ و ۴/۷ به منظور تفکیک واحدهای آلتراسیونی انتخاب گردید.

جهت ترکیب عوامل و معیارهای موثر در کانه زایی مس و عناصر همراه روش های متفاوتی وجود دارد که مهم ترین آن ها عبارتند از:

۱. منطق دو وجهی: این منطق بر گرفته از نام ریاضی دان انگلیسی جورج بولی بوده که وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی بر اساس ارزش صفر و یک است (Levitz, ۱۹۷۹; Givanat, ۲۰۰۰).

۲. شاخص وزنی: در این مدل به عوارض مختلف و کلاس های موجود وزن های مختلف داده شده و ترکیبات انعطاف پذیری از نقشه ها به دست می آید که دامنه ای از اعداد را در بر می گیرد.

۳. منطق فازی: این نظریه برای اولین بار توسط دانشمند ایرانی پروفیسور عسکر لطفی زاده استاد دانشگاه برکلی آمریکا برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم هایی که نادقیق و مبهم هستند، صورت بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (Morcol, ۲۰۰۷; Zhang, ۲۰۰۷). درجه عضویت پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع و گاما توانهای اساسی این مدل تلفیق محسوب می شوند.

۴. منطق احتمالات: در آن با استفاده از مدل های ضریب تطبیق، شاخص کاپا، آنترپی، شاخص موران، کرامر... لایه های مختلف اطلاعاتی با هم تلفیق شده و به صورت دو یا چندلایه تلفیق می شوند.

۵. ضریب همبستگی: بر اساس آنالیز دو لایه میزان همبستگی متغیرهای مختلف مشخص شده و وزن دهی به لایه ها بر مبنای بالاترین ضریب همبستگی خواهد بود.

۶. شبکه های عصبی مصنوعی: نوعی از مدل سازی مغز انسان است که با استفاده از مدل های ریاضی آن را شبیه سازی می کند. کاربرد این مدل در تلفیق لایه ها و متغیرها هنوز در ابتدای راه می باشد (Fuzzy Logic WWWW, ۲۰۰۹; google.net).

در این تحقیق پس از تعیین فاصله مطلوب برای تعیین همبستگی فضایی و تعیین لایه های اطلاعاتی که در مدل قابل استفاده می باشد، لایه های مختلف اطلاعاتی با هم ترکیب شدند تا نقشه پتانسیل مس به دست آید. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل های فضایی مبتنی بر تعیین فاصله و ارتباط فضایی بین معیارهای مختلف، مجموعه های فازی برای هر معیار جداگانه محاسبه و تعیین شد.

با در نظر گرفتن تاثیرات متفاوت لایه های اطلاعاتی در کانه زایی مس از عملگر فازی گاما به منظور ترکیب لایه های اطلاعاتی استفاده شده است. عملگر فازی گاما قابلیت انعطاف بیشتری در وزن دهی به هر کدام از لایه دارد. در نتیجه، انتخاب مقادیر آگاهانه ضریب گاما سبب دقت بیشتر در نتایج خواهد

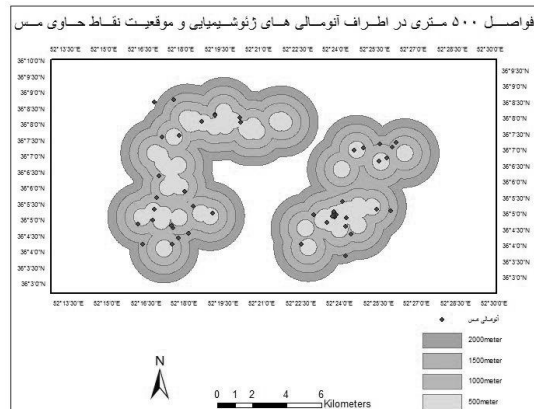
جدول ۲- تغییرات وزن‌ها و تباین‌ها برای فواصل تجمعی از آنومالی‌های ژئوشیمیایی نسبت به آنومالی‌های مس

Distance (m)	Area	No. points	W+	s(W+)	W-	s(W-)	C	s(C)	C/s(C)
۵۰۰	۲۴	۳۰	۵,۸	۰,۰۳ ۲	-	۰,۰ ۴۷	۱,۴ ۱	۰,۲ ۸	۵,۰۳ ۵
۱۰۰۰	۴۳	۱۴	۴,۴ ۸	۰,۰۷	-	۰,۰ ۲۶	۰,۴ ۵	۰,۳ ۰	۱,۵
۱۵۰۰	۳۷	۴	۴,۹ ۶	۰,۲۵	-	۰,۰ ۲	- ۰,۱۲	۰,۵ ۱	- ۰,۲۳

ژئوشیمیایی و نقاط آنومالی مس شناخته شده در منطقه ارتباط مکانی مثبتی وجود دارد. و تا فاصله ۱۰۰۰ متری از آنومالی‌های ژئوشیمیایی ارتباط مثبت می‌باشد، بر اساس حداکثر ضریب C فاصله ۵۰۰ متری مطلوب‌ترین فاصله می‌باشد. با افزایش فاصله از نقاطی که آنومالی‌های ژئوشیمیایی اندازه‌گیری شده‌اند از میزان آنومالی مس کاسته می‌شود به عبارتی بین این دو رابطه مثبت وجود دارد. و بیشترین رابطه مربوط به مناطق نزدیکتر به نقاط اندازه‌گیری شده می‌باشد(شکل ۸).

#### ارتباط بین نقاط شناخته شده مس با آنومالی‌های کانی‌های سنگین

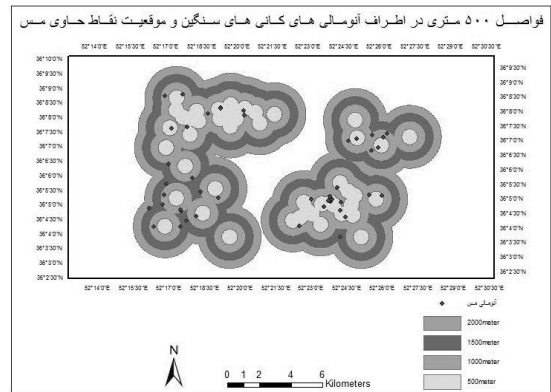
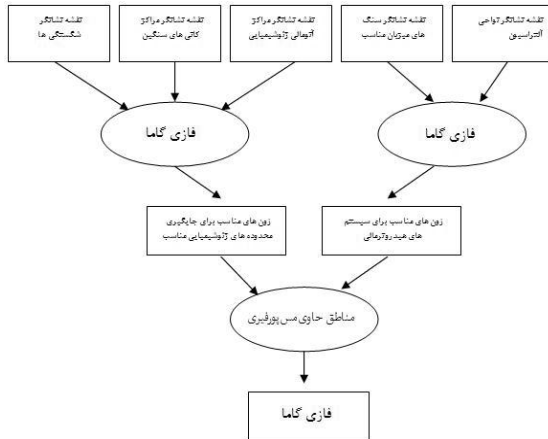
بین نهشته‌های مس با کانی‌های سنگین بر اساس ضرایب C به دست آمده از جدول ۵-۵، ارتباط مکانی مثبت می‌باشد. از لحاظ آماری این ارتباط مکانی مثبت



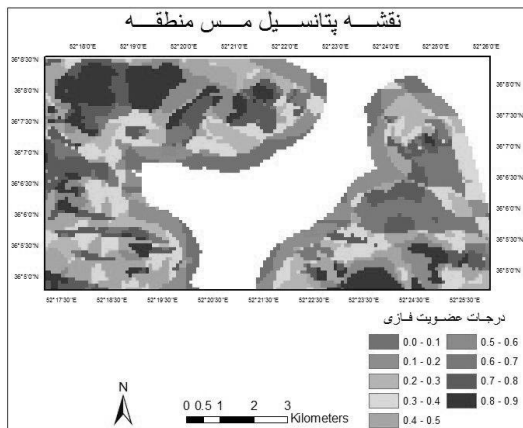
شکل ۸- فواصل ۵۰۰ متری تهیه شده در اطراف آنومالی‌های ژئوشیمیایی و موقعیت نقاط آنومالی مس (مأخذ: نگارنده)

Distance (m)	Area	No. points	W+	s(W+)	W-	s(W-)	C	s(C)	C/s(C)
۵۰۰	۳۰	۲۳	۴,۱۱	۰,۰ ۴	-	۰,۰۳۴ ۹	۰,۹۵ ۹	۰ ۰,۲۶	۳, ۶۸۸
۱۰۰۰	۴۸	۱۳	۴ ۰,۴۰	۰,۰ ۵۲	-	۰,۰۳ ۴,۹۸	۰,۲۸ ۰	۰ ۰,۵۹	۰,۴۷ ۷
۱۵۰۰	۴۶	۳	۴ ۰,۳۸	۰,۳ ۳۰	-	۰,۰۲ ۴,۹۹	۰ ۰,۶۱	۰,۵۹ ۱	۱, ۰,۳۰
۲۰۰۰	۴۵	۱	۵ ۰,۶۵	۱	-	۰,۰۲ ۴,۸۰	- ۰,۸۵	۱	- ۰,۸۵

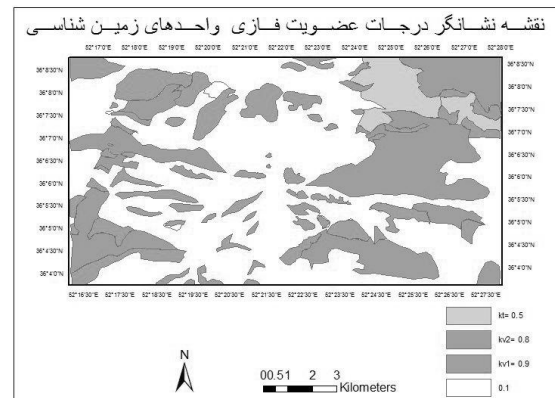
جدول ۳- تغییرات وزن‌ها و تباین‌ها برای فواصل تجمعی از کانی‌های سنگین نسبت به آنومالی‌های مس و اندیس همراه



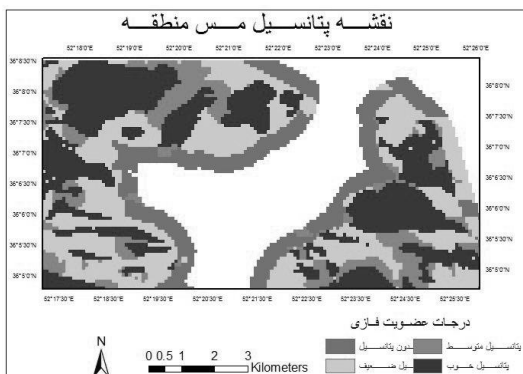
شکل ۹- فواصل ۵۰۰ متری در اطراف کانی های سنگین و نمایش آنومالی های مس بر روی آن (مأخذ: نگارنده)



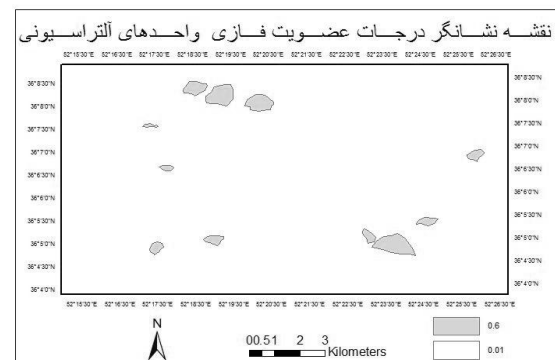
شکل ۱۳ - درجه بندی فازی منطقه به لحاظ پتانسیل مس و اندیس های همراه (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۰ - نقشه نشانگر درجه عضویت فازی برای واحدهای زمین شناسی (مأخذ: نگارنده)



شکل ۱۴ - نقشه نهایی پتانسیل مس و اندیس همراه منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۱ - نقشه نشانگر درجه عضویت فازی برای واحدهای آلتراسیون



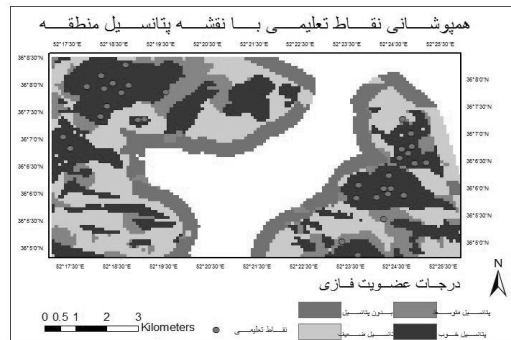
نقشه نشانگر مربوط به سنگ های میزبان مناسب و نواحی آلتراسیون مناسب، نقشه حد واسط دیگری که نشان دهنده زون های مناسب برای سیستم های هیدروترمالی می باشد، ایجاد می گردد. در نهایت با تلفیق این دو نقشه حد واسط، نقشه پتانسیل مس تهیه می گردد.

#### – تقسیم بندی منطقه به لحاظ پتانسیل یابی مس

با تهیه نقشه پتانسیل مس (شکل ۱۳)، منطقه مورد مطالعه به لحاظ میزان پتانسیل مس به ۹ کلاس متفاوت تقسیم می گردد. در این تقسیم بندی هر چه درجه عضویت فازی به عدد یک نزدیک تر باشد، از نظر میزان مطلوبیت برای پتانسیل مس، بهتر است. سپس در مرحله بعد به منظور خلاصه سازی نقشه پتانسیل نهایی، طبقه بندی آن بر اساس میزان مطلوبیت در پتانسیل مس و تعیین اولویت در اکتشاف، از درجه صفر تا ۰/۴ را منطقه بدون پتانسیل در نظر گرفته، از ۰/۴ تا ۰/۷ منطقه ضعیف، ۰/۷ تا ۰/۸ منطقه متوسط و ۰/۸ تا ۰/۹ منطقه خوب از لحاظ پتانسیل مس شناخته میشود (شکل ۱۴). توزیع فضایی و پراکندگی آنها در سطح منطقه مورد مطالعه یکنواخت میباشد نوار باریکی که امتداد شمال شرقی – جنوب غربی داشته فاقد پتانسیل مس است ولی به صورت لکه ای بخش هایی از شمال غرب، غرب و جنوب شرق و شرق منطقه، شرایط و پتانسیل بالاتری دارد.

#### نتیجه گیری

در این مطالعه ارتباط مکانی بین آنومالی های مس منطقه و امتداد شکستگی ها در فاصله ۵۰۰ متری به دست آمده است. همچنین ارتباط مکانی بین آنومالی های مس با آنومالی های کانی های سنگین و نیز آنومالی های ژئوشیمیایی منطقه در فاصله ۵۰۰ متری به دست آمده است. این مسأله فرضیه مناسب بودن این مناطق برای کانه زایی مس را تقویت می کند. به صورتی که مناطق بین گسل های اصلی و یا فرعی، زون های مناسبی برای جای گیری و تشکیل کانی های مس ساز است. به منظور ارزیابی صحت نقشه پراکندگی مس از انطباق مجموعه ای از نقاط آموزشی استفاده گردیده است. همان طوری که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، انطباق بالایی بین نقاط برداشت شده توسط گیرنده GPS با مناطق دارای پتانسیل خوب مس و عناصر همراه آن به چشم می خورد. این مسأله فرضیه امکان دستیابی به نقشه پراکنش مس و عناصر همراه در محدوده شرقی قله دماوند با استفاده از مدل گاما فازی را تایید می کند. مطالعه حاضر نشان می دهد که به طور کلی مناطق شامل پتانسیل خوب و متوسط در مناطق جنوب شرقی و شمال غربی محدوده مطالعاتی گسترده ای دارند. آنومالی های با اهمیت ژئوشیمیایی نیز عمدتاً در این مناطق شناخته شدند. این مسأله وجود پتانسیل مس را در منطقه شرقی قله دماوند به اثبات می رساند.



شکل ۱۵ – انطباق نقاط شناخته شده مس و اندیس های همراه با نقشه پتانسیل مس منطقه (نگارنده)

از ۵۰۰ تا ۴۰۰ متری می باشد، اما بر اساس ضریب C، در فاصله ۵۰۰ متری بیشترین ارتباط وجود دارد (شکل ۹).

#### – استخراج لایه های آلتراسیون و سازندهای زمین شناسی مناسب

همانطوری که در مبحث زمین شناسی توضیح داده شد، واحدهای ولکانیکی بالاخص واحدهای ولکانیکی  $kv1$  و  $kv2$  واحدهای سنگی مناسبی جهت نهشت مواد معدنی و تشکیل مس و عناصر همراه آن است. به منظور دستیابی به نقشه واحدهای سنگی مطلوب، در ابتدا بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰ و عملیات صحرایی، واحدهای سنگی مناسب استخراج گردید. سپس بر اساس اینکه هر کدام از واحدهای سنگی چه مقدار در کانه زایی مس تأثیر دارند، درجه عضویت فازی به آن ها تعلق گرفت (Wang, ۱۹۹۶, ۵۸۰). برای سنگ های ولکانیکی  $kv1$  و  $kv2$  که تأثیرشان در کانه زایی قطعی شده است درجه عضویت یک داده می شود. واحد  $Kt$  که پتانسیل تبدیل به سنگ های میزان را دارا است، درجه عضویت ۰/۵ گرفته و به سنگ هایی که دارای این پتانسیل نیز نیستند درجه عضویت صفر می دهند (شکل ۱۰).

برای واحدهای آلتراسیونی که از تصویر ASTER استخراج شده اند نیز درجه عضویت فازی در نظر گرفته می شود. در این نقشه برای واحدهای آلتراسیونی درجه عضویت فازی ۰/۹ و به مناطق غیردگرگون درجه عضویت ۰/۱ تعلق می گیرد (شکل ۱۱). همانطوری که در شکل دیده می شود اختلاف فضایی قابل توجهی در سطح منطقه وجود دارد به طوری که در قسمت های مرکزی درجه عضویت بالا وجود ندارد ولی به صورت لکه ای در بخش هایی از شمال و شمال غرب و سپس جنوب شرقی منطقه پراکنده شده اند.

#### – ترکیب لایه های اطلاعاتی

همانطوری که در شکل ۱۲ نشان داده شده است، پس از تهیه نقشه های نشانگر، در ابتدا با ترکیب سه نقشه نشانگر مربوط به شکستگی ها، کانی های سنگین و عامل ژئوشیمیایی نقشه حد واسط زون های مناسب برای جایگیری محدوده های مناسب به لحاظ ژئوشیمیایی ایجاد و سپس با ترکیب دو

**فهرست منابع و مراجع**

- ۱- سازمان صنایع و معادن استان مازندران، ۱۳۸۶، "اکتشاف مس و پاراژنز همراه در منطقه سیاه بیشه تا پنجاب آمل".
- 2 - Allison, K.T., Mohamed, G.A., John, B.T., 2006, 'Optical-radar-DEM remote sensing data integration for geological mapping in the Afar Depression' Ethiopia Journal of African Earth Sciences, Volume 44, Issue 2, Pages 134-119.
- 3 - Bonham-Carter, G.F., Agterberg, F.P. and Wright, D.F., 1989, 'Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential' Statistical Applications in the Earth Sciences: Geol. Survey Canada Paper 90-89.
- 4 - Chica-Olma, M., Abarca F., Rigol, G.P., 2002, 'Development of a decision support system based on Remote Sensing & GIS techniques for Gold-rich area identification in SE spin' Journal of Remote Sensing, Volume 23, No 22, Pages 4814-4801.
- 5 - El Desouky, H.A., Muchez, P., Tyler, R., 2008, 'The sandstone-hosted stratiform copper mineralization at Mwitapile and its relation to the mineralization at Lufukwe' Ore Geology Reviews, Volume 34, Issue 4, Pages 579-561.
- 6 - Givanat, S., 2000, Introduction to Boolean Algebras, Springer.
- 7 - Hamdy, A., Muchez, P., Tyler, R., 'mineralization at Lufukwe, Lufilian foreland, Democratic Republic of Congo', 2008, Ore Geology Reviews, Volume 34, Issue 4, Pages 579-561 .
- 8 - John, E., Carranza, M., 2009, 'Controls on mineral deposit occurrence inferred from analysis of their spatial pattern and spatial association with geological features' Ore Geology Reviews, Volume 35, Issues 4-3, Pages 400-383.
- 9 - Levitz, K., 1979, Logic and Boolean Algebra, Baron's Educational series.
- 10 - Malczewski, J., 1997, 'GIS and Multicriteria Decision Analysis' John Wiley & Sons INC, PP 392.
- 11 - Morcol, G., 2007, Handbook of decision making, Taylor & Francis group.
- 12 - Turner, D.D., 1997, 'Predictive GIS model for sediment-hosted gold deposits, North-Central Nevada' Fourth Decennial Intern. Conf. on Mineral Exploration (Toronto, Canada), PP 126-115.
- 13 - WWW.google.net 'Fuzzy Logic, 2009.
- 14 - Zhang, J.G. et al, 2007, Multi objective Decision making methods, Software and application with fuzzy set techniques, Imperial College Press.

