تهيه نقشه پتانسيل معدني انديس مس چاه‌فيروزه با استفاده از مدل همپوشاني شاخص در GIS

امير عادلی سرچشمه[۱]; غلامرضا الياسی[۲]; عباس بحرودی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشکده فنی دانشگاه تهران; amiradeli@ut.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشکده فنی دانشگاه تهران; rezaelyasi@ut.ac.ir

۳- استادیار دانشکده معدن دانشکده فنی دانشگاه تهران; bahroudi@ut.ac.ir

چکیده

داده‌هاي گردآوري شده از مطالعات انجام شده، حجم عظيمي از اطلاعات را به دست مي‌دهند که تا وقتي به درستي سازماندهي نشوند، نتايج مفيد و قابل اطميناني را نشان نمي‌دهند. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافيايي ضمن آنکه مي‌تواند در ساماندهي اطلاعات مربوط به مطالعات اکتشاف ذخاير معدني مورد استفاده قرار گيرد، توانايي آن را دارد که تهيه و تلفيق لايه‌هاي اطلاعاتي مختلف را در قالب مدلهاي گوناگون، با سرعت و دقت بيشتري انجام داده و به عنوان پشتيباني براي تصميم‌گيري‌هاي فضايي مورد استفاده قرار گيرد.

در اين مقاله به عنوان مطالعه موردي نقشه پتانسيل معدني در انديس چاه‌فيروزه واقع در استان کرمان تهيه شده است. مراحل اصلي تهيه نقشه پتانسيل معدني شامل تعيين فاکتورهاي تشخيص کاني‌سازي، آماده‌سازي اطلاعات، تهيه نقشه‌هاي فاکتور و تلفيق نقشه‌ها و ارزيابي نتايج مي‌باشد. لايه‌هاي مورد استفاده شامل لايه‌هاي تيپ سنگ‌شناسي، ساختار، آلتراسيون، نشانه‌هاي کاني‌سازي، ژئوفيزيک و ژئوشيمي مي‌باشند. نقشه‌هاي فاکتور با استفاده از دانش کارشناسي، وزندهي و در غالب يک شبکه استنتاجي و با بکارگيري مدل همپوشاني شاخص تلفيق شده‌اند. در نهايت با توجه به نقشه پتانسيل معدني، مناطق مستعد کاني‌سازي مس پرفيري در نواحي مرکزی منطقه مورد مطالعه و با گسترش شمالی‌جنوبی بر روي نقشه نهايي مشخص شده است و انجام عمليات حفاری در اين مناطق توصيه مي‌شود.

کلمات کليدي: سامانه اطلاعات جغرافيايي، نقشه پتانسيل معدني، همپوشاني شاخص، چاه‌فيروزه

Mineral Potential Mapping Of The Chahfirozeh Prospect Using Index Overlay Modeling In GIS

Amir Adeli Sarcheshme, Gholamreza Elyasi, Abbas Bahroudi

Abstract

The data gathered from implemented investigations gives enormous information and if not organized properly, they would not deliver useful and credible results. 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, Chahfirozeh mineral potential map has prepared as a case study. Main stages of mineral potential map prepration is including designation of mineralization identifying factors, preparing the information, preparation of factor maps, integration of maps and results evaluation. Used layers includes rock type, structure, alteration, mineralization indicators, geophysics and geochemistry. Factor maps are weighted in the inference network with using expert knowledge and integrated by Index Overlay model. Finally with respet to prepared mineral potential map, mineral potential zones of porphyry copper are located in central parts of studied area with north-south extention and drilling is suggested in these zones.

Keywords: Geographic Information System, Mineral Potential Map, Index Overlay, Chahfirozeh

۱- مقدمه

با توجه به افزايش روزافزون داده‌ها و اطلاعات زمين مرجع و نيز تنوع و ارزش متفاوت آنها در بررسي‌هاي اكتشافي، ديگر روش‌هاي كلاسيك به تنهايي قادر به تجزيه و تحليل منابع اطلاعاتي نمي‌باشند. بدين منظور، امروزه همگام با پيشرفت علوم كامپيوتري، روش‌هاي تجزيه و تحليل داده‌هاي اكتشافي نيز توسعه و قابليت ارزشمندي يافته است. در سال‌هاي اخير GIS تحول انكار ناپذيري را در عرصه مطالعات ذخاير معدني ايجاد نموده است و سازماندهي و مديريت داده‌هاي معدني و اكتشافي را متحول ساخته است. استفاده از علم و فن‌آوري GIS ضمن آنكه مي‌تواند در ساماندهي اطلاعات مربوط به مطالعات اكتشاف ذخاير معدني مورد استفاده قرار گيرد، توانايي آن را دارد كه تهيه و تلفيق لايه‌هاي مختلف اطلاعاتي را در قالب مدل‌هاي مختلف، با سرعت و دقت بيشتري انجام دهد[۱].

امروزه استفاده از GIS به منظور تهيه نقشه پتانسيل معدني توسط دانشمندان علوم زمين متداول گرديده است. تعدادي از محققين نظير بونهام‌كارتر، رايت و همكاران، كرانزا و هال، باساب موخوپاژايايي و همكاران، گيتكس و بولتمان نيز روش همپوشاني شاخص را به منظور تهيه نقشه پتانسيل معدني به كار برده‌اند[۵]،[۲]،[۴].

اين مقاله در نظر دارد تا با استفاده از پردازش و ارزش‌گذاري لايه‌هاي اطلاعاتي سنگ‌شناسي، آلتراسيون، ساختار، نشانه‌هاي كاني-سازي، ژئوشيمي و ژئوفيزيك تهيه شده در انديس مس چاه‌فيروزه و تلفيق آن‌ها به روش همپوشاني شاخص، متدلوژي تهيه نقشه پتانسيل معدني را در محيط GIS ارائه نمايد.

۲- تهيه نقشه پتانسيل معدني

هدف نهايي از به‌كارگيري GIS فراهم كردن پشتيباني براي تصميم‌گيري‌هاي فضايي است. قابليت‌هاي GIS در پشتيباني از تصميم‌گيري‌هاي فضايي را مي‌توان در بستري از فرايند تصميم‌گيري فضايي مورد تحليل قرار داد. تحليل فرايند تصميم‌گيري فضايي بايد در چهارچوب و قالبي مشخص صورت پذيرد[۳].

اكتشافات معدني مستلزم در نظر گرفتن همزمان چندين نوع نشانگر فضايي براي ذخاير معدني نظير زمين شناسي، ساختار، ويژگي هاي ژئوشيميايي و ژئوفيزيكي منطقه و همچنين محل، موقعيت و نوع اكتشافات معدني گذشته است. هر يک از نشانگرهاي ذكر شده در قالب يک لايه اطلاعاتي در پيكره GIS بكار مي‌روند. مدير اكتشاف مي‌تواند ازGIS به منظور تلفيق كردن داده‌ها و تهيه نقشه پتانسيل معدني براي تصميم‌گيري اولويت‌هاي اكتشافي آينده استفاده كند[۱].

تهيه نقشه پتانسيل معدني فرايندي در جهت تفكيک مناطق مطلوب و داراي پتانسيل معدني از ساير نواحي موجود در يک منطقه مي‌باشد. مناطق موجود بر روي نقشه پتانسيل معدني با توجه به معيارهاي در نظر گرفته شده اعم از معيارهاي زمين شناسي، ژئوفيزيک و ژئوشيمي، از نظر پتانسيل معدني اولويت‌بندي مي‌شوند. مراحل اصلي تهيه نقشه پتانسيل معدني را مي‌توان شامل تعيين فاكتورهاي تشخيص كاني‌سازي، آماده‌سازي اطلاعات، تهيه نقشه‌هاي فاكتور و تلفيق نقشه‌ها و ارزيابي نتايج دانست[۱].

۳- مدل همپوشاني شاخص

هدف از اين بخش ارائه مدل تلفيق همپوشاني شاخص در زمينه اكتشاف ذخاير معدني است كه نشان مي‌دهد چگونه مي‌توان نقشه‌هاي فاكتور مختلف را در محيط GIS با هم تلفيق نمود. ساده‌ترين و شناخته شده ترين مدل GIS بر اساس عمليات منطقي بولين مي‌باشد. اين روش داراي نقايصي از جمله ارزش برابر كليه فاكتورهاي ورودي، عدم امكان استفاده از الگوي هدفمند تلفيق نقشه‌ها، تلفيق فاكتورها در يک مرحله و عدم توانايي در اولويت‌بندي مناطق انتخاب شده در نقشه خروجي مي‌باشد[۱].

همپوشاني شاخص امكان تركيب قابل انعطاف‌تر نقشه‌هاي فاكتور را در مقايسه با عمليات منطقي بولين فراهم مي‌سازد و نقايص موجود در روش بولين را برطرف مي‌نمايد. در اين روش فاكتورهاي تشخيص كاني‌سازي بسته به اهميت آنها از نقطه نظر مدل مفهومي ذخيره معدني، داده‌ها و يا دانش كارشناسي، وزندار مي‌شوند و مطابق با يك الگوي هدفمند با يكديگر تركيب مي‌شوند.

ساده‌ترين نوع وزن‌دار كردن فاكتورها حالتي است كه نقشه‌هاي ورودي بايناري باشند و هر نقشه يك عامل وزني منفرد را داشته باشد. با اين حال وقتي نقشه‌هاي چند كلاسه استفاده مي‌شوند، به هر كلاس از هر نقشه يك وزن متفاوت منتسب مي‌شود. در اين روش به منظور تلفيق نقشه‌هاي فاكتور از رابطه (۱) استفاده مي‌شود.

رابطه (۱) $$\overline{S} = \frac{\sum_{i}^{n} S_{ij} W_i}{\sum_{i}^{n} W_i}$$

در اين رابطه $\overline{S}$ امتياز محاسبه شده براي موضوع يا عارضه، W_i وزن i امين نقشه‌ي ورودي و S_{ij} امتياز j امين كلاس از i امين نقشه است[۱].

۴- مطالعه موردي

منطقه معدني چاه‌فيروزه (كهتوكرها) در فاصله ۳۵ كيلومتري شهر بابك واقع شده است. اين منطقه تقريباً در بخش مركزي نقشه زمين شناسي به مقياس ۱:۲۵۰,۰۰۰ انار و در شمال باختري نقشه زمين‌شناسي به مقياس ۱:۱۰۰,۰۰۰ شهر بابک واقع شده است. نقشه زمين‌شناسي و آلتراسيون اين منطقه در مقياس ۱:۱۰۰۰ و به وسعت ۳/۸ كيلومترمربع در سال ۱۳۸۵ تهيه شده است.

اين محدوده در بخش جنوب شرقي زون فرورانش (Subduction) ارومیه - دختر واقع شده است. با توجه به پتانسيل قوي كاني-سازي مس در اين زون و قرارگيري كانسارهاي بزرگ مس پرفيري (Porphyry) مانند سرچشمه، ميدوک ، دره زار و سونگون ضرورت پي‌چويي و اكتشاف در اين زون كاملاً منطقي است.

كالبد زمين‌شناسي منطقه از يک پيكره ولكانوپلوتونيسم سازمان يافته كه در آن سنگ‌هاي ولكانيكي متعلق به ائوسن و ماگماتيسم به پي آمد رخداد پيرنه و زمان اليگوسن مربوط است. عامل كاني‌سازي سيالات وابسته به تنش‌هاي ماگماتيسم پيرنه و تشديد كننده آن تنش‌هاي تكتونيكي همزمان است. تقريباً در بخش مركزي ناحيه و با راستاي شمالی- جنوبی، توده‌هاي دايست پرفير به درون سنگهاي ولكانيكي هجوم برده و آنها را آلتره كرده‌اند.

شايان ذكر است كه در پايانه جنوبي و شرقي منطقه نهشته‌هاي ولكانيكي جوان و رسوبات عهد حاضر، سنگ‌هاي مورد سخن را مي-پوشاند. كاني‌سازي بيشتر در سنگ‌هاي دايست پرفير واقع در بخش مركزي و در راستاي شمالی- جنوبی كه در واقع متأثر از عناصر تكتونيكي (گسل‌ها) در منطقه بوده، صورت گرفته است.

نكته قابل توجه در اين منطقه ارتباط قوي بين كاني‌سازي در منطقه با گسل‌هاي اصلي موجود در منطقه است كه فرضيه رگه‌اي بودن انديس چاه فيروزه را نسبت به پرفيري بودن آن ارجحيت مي‌بخشد. لازم به توضيح است كه همچنان بين رگه‌اي و يا پرفيري بودن انديس چاه فيروزه بحث وجود دارد.

در اكتشافات ژئوشيميايي انديس چاه‌فيروزه كه در سال ۱۳۸۴ و در محدوده‌اي به وسعت ۱/۲ كيلومترمربع صورت گرفته است، كارشناسان امور اكتشافات و مهندسي توسعه شركت ملي صنايع مس ايران شبكه نمونه‌برداري به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ (متر مربع) را طراحي و اقدام به نمونه برداري از خاک نموده‌اند. در ترسيم نقشه‌هاي توزيع عناصر از فايل كامل داده‌ها (۱۴۱و۱۴۴ نمونه‌اي) استفاده و براي هر يک از عناصر Cu، Mo، Au، Pb و Zn خطوط تراز مقادير اين عناصر در محدوده انديس چاه‌فيروزه رسم و محدوده‌هاي آنومالي احتمالي و قطعي براي هر يک مشخص شده است.

با توجه به بررسي‌هاي به عمل آمده و انطباق مناسب و هم ژنز بودن عنصر مس با عنصرهاي مولیبدن و طلا، معيار ژئوشيمي به دو زير معيار تک عنصري و چند عنصري تقسيم شد. در زيرمعيار تک عنصري مس به عنوان عنصر اصلي و دو عنصر مولیبدن و طلا به عنوان عناصري كه بيشترين همبستگي را با مس دارا مي‌باشند انتخاب گرديدند. همچنين در زير معيار چند عنصري اقدام به تهيه نقشه انديس‌هاي اديتيو مس و مولیبدن گرديد.

مطالعات ژئوفیزیکی این کانسار، شامل برداشت به روش ژئوالکتریک می‌باشد که در سال ۱۳۸۴ صورت گرفته است. این مطالعات جهت تعیین وجود کانی‌سازي سولفیدي در سطوح عمیق‌تر و درصورت امکان تعیین محل توده‌هاي سولفیدي و همچنین تمرکز کانی‌هاي سولفیدي انجام شده است. در برداشتهاي ژئوالکتریک پارامترهاي شارژابیلیته و مقاومت ظاهري به روش آرایش مستطیلي (Rectangle) اندازه‌گیري شده است و الکترودهاي جریان با فاصله ۱۲۰۰ متر و الکترودهاي پتانسیل با فاصله ۲۰ متر به کار گرفته شده‌اند[۶]. همچنین با استفاده از رابطه (۲) میزان فاکتور فلزي نقاط محاسبه گردید و با استفاده از این پارامتر، نقشه رستري فاکتور فلزي نیز تهیه گردید.

رابطه (۲) $MF=2000*(CH/RS)$

در این رابطه منظور از Rs ,CH و MF به ترتیب مقدار شارژابیلیتیه، مقاومت ظاهري و فاکتورفلزي نقاط برداشت ژئوالکتریکي مي-باشد. با تطابق سه نقشه فوق با یکدیگر مشخص گردید که آنومالي فاکتور فلزي همپوشاني نسبتا خوبي با آنومالهاي شارژابیلیتیه و مقاومت ظاهري دارا مي‌باشد. با توجه به اطلاعات ژئوفیزیکي موجود در این قسمت از نقشه‌هاي منفرد (شارژبیلیته, مقاومت ظاهري) و همچنین از نقشه‌هاي ترکیبي (فاکتورفلزي) استفاده شده است.

۴-۱- تعیین فاکتورهاي تشخیص کانی‌سازي در منطقه چاه‌فیروزه

در این مرحله کلیه فاکتورهاي موثر در رخداد کانی‌سازي مشخص شدند. این مرحله از کار اصولاً با توجه به مدل مفهومي ذخیره مورد نظر امکان‌پذیر مي‌باشد. با توجه به نتایج بررسي‌هاي فوق و بکارگیري دانش کارشناسي، فاکتورهاي تشخیص کاني سازي اندیس چاه‌فیروزه شامل فاکتورهای زون منشأ حرارت و سنگ میزبان، گسلهاي اصلي، آلتراسیون هیدروترمال، نشانه‌هاي کاني سازي، توزیع میزان عیار عنصر مس، توزیع میزان عیار عنصر مولیبدن، توزیع میزان عیار عنصر طلا، توزیع میزان ادیتیو عناصر مس و مولیبدن، توزیع میزان شارژابیلیتیه، توزیع میزان مقاومت ظاهري و توزیع میزان فاکتور فلزي مي‌باشد.

۴-۲- آماده سازي اطلاعات

در این مرحله کلیه لایه‌هاي اطلاعاتي موردنظر که در مرحله تعیین فاکتورهاي تشخیص کانی‌سازي تعیین گردیدند، جمع‌آوري و مطابق با استاندارد پایگاه داده‌هاي مکاني و دستورالعملهاي تدوین شده، آماده‌سازي شدند. لایه هاي اطلاعاتي آماده سازي شده شامل تیپ سنگ شناسي، گسل، آلتراسیون، نشانه‌هاي کاني سازي، نقاط برداشت ژئوشیمي، منحني هم عیار عنصر مس، آنومالي عنصر مس، منحني هم عیار عنصر مولیبدن، آنومالي عنصر مولیبدن، منحني هم عیار عنصر طلا، آنومالي عنصر طلا، منحني شارژابیلیتیه، زون ناهنجاري شارژابیلیتیه، منحني مقاومت ظاهري و زون ناهنجاري مقاومت ظاهري مي‌باشد. نقشه زمین‌شناسي منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.

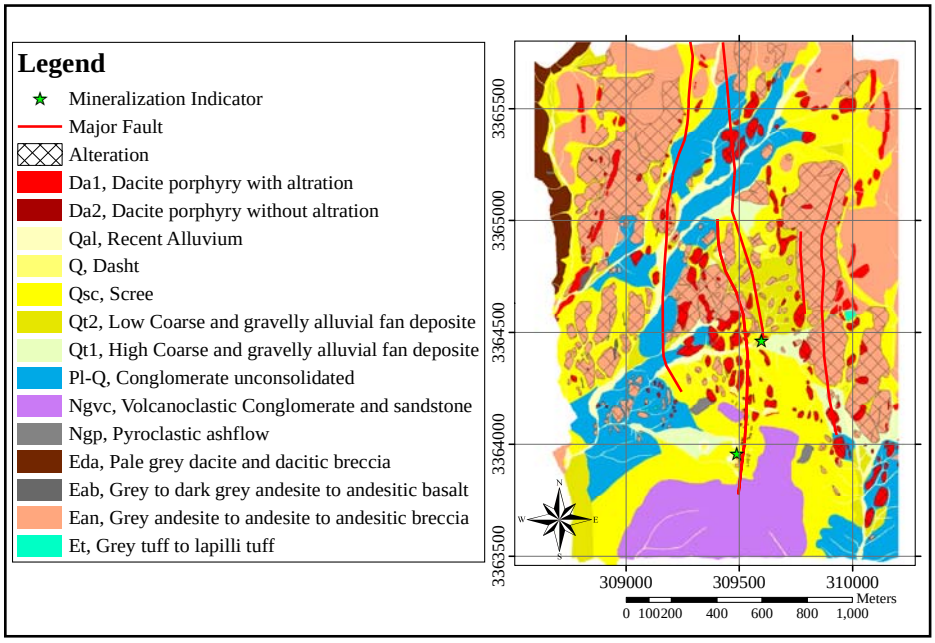
۴-۳- تهیه نقشه هاي فاکتور تشخیص کانی‌سازي

از نقطه‌نظر اکتشاف یك نوع ذخیره معدني خاص، نحوه تاثیر و ارزش لایه‌هاي اطلاعاتي آماده‌سازي شده، متفاوت مي‌باشد. نقشه پتانسیل معدني از تلفیق لایه‌هاي اطلاعاتي با توجه به نحوه تاثیر و ارزش لایه‌ها تهیه مي‌شود. به همین منظور لازم است با انجام یکسري پردازش‌ها، نقشه یا نقشه‌هاي فاکتور هر لایه اطلاعاتي تهیه شود. با توجه به تنوع تاثیر و ارزش‌دهي لایه‌هاي اطلاعاتي مختلف، پردازش‌هاي مورد نیاز براي تهیه نقشه‌هاي فاکتور متفاوت و شامل برخي از موارد کلاسه‌بندي مجدد نقشه، تولید نقشه‌هاي مجاورت، انجام عملیات بر روي جداول اطلاعات توصیفي، وزن‌دهي به کلاسهاي مختلف هر نقشه فاکتور، تبدیل فرمت نقشه‌هاي فاکتور به فرمت رستر و تهیه نقشه فاکتور واسط و ..... مي‌باشد[۱].

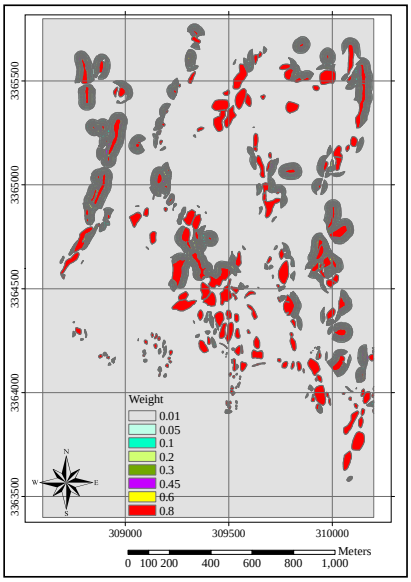
در تهیه نقشه‌هاي فاکتور یك کانسار خاص، علاوه بر استفاده از مدل مفهومي زمین‌شناسي و کانی‌سازي ذخیره معدني مربوطه، نیاز به وارد نمودن دانش کارشناسي در تعیین نحوه تاثیر و ارزش اطلاعات مي‌باشد. در این راستا با برگزاري جلسات کارشناسي مختلف با کارشناسان شرکت ملي صنایع مس ایران، وزن مربوط به هر یک از فاکتورها مشخص شده است. نقشه‌هاي مربوط به تعدادي از فاکتورهاي موثر در کانی‌سازي در شکل‌هاي (۲) تا (۷) آورده شده است.

۴-۴- تلفيق نقشه‌ها و ارزيابي نتايج

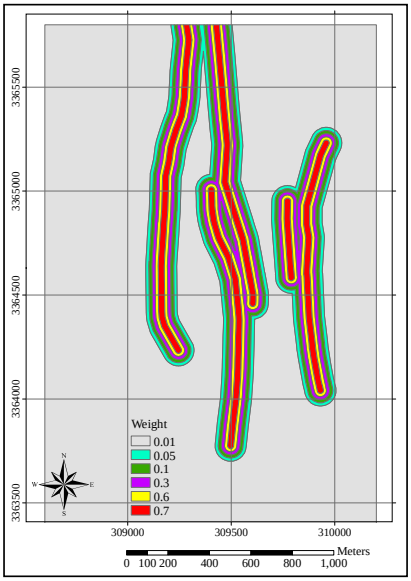
به منظور تهيه نقشه پتانسيل معدني در مرحله تفصيلي بايستي نقشه هاي فاکتور را مطابق با شبکه استنتاجي مناسبي با هم تلفيق نمود. در شبکه استنتاجي مورد استفاده از مدل همپوشاني شاخص استفاده شده است. با توجه به درجه اهميت هر يک از فاکتورهاي زمين‌شناسي، ژئوشيمي و ژئوفيزيک، وزن لايه‌هاي مورد استفاده براي هر يک از اين فاکتورها در مدل همپوشاني شاخص به ترتيب ۰/۹، ۰/۸۵ و ۰/۷۵ در نظر گرفته شده است. نقشه پتانسيل معدني انديس چاه‌فيروزه مطابق با شبکه استنتاجي ارائه شده در شکل (۸) تهيه گرديده است. نقشه‌هاي فاکتور زمين‌شناسي، ژئوشيمي و ژئوفيزيک تهيه شده با استفاده از مدل همپوشاني شاخص در شکل‌هاي (۹) تا (۱۱) و نقشه نهايي پتانسيل معدني انديس چاه‌فيروزه در شکل (۱۲) ارائه شده است.



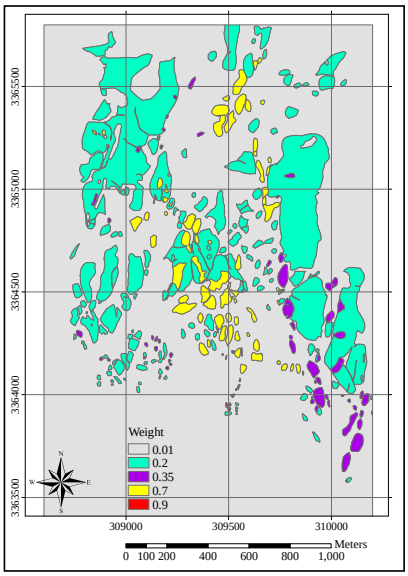
شکل۱- نقشه زمين‌شناسی



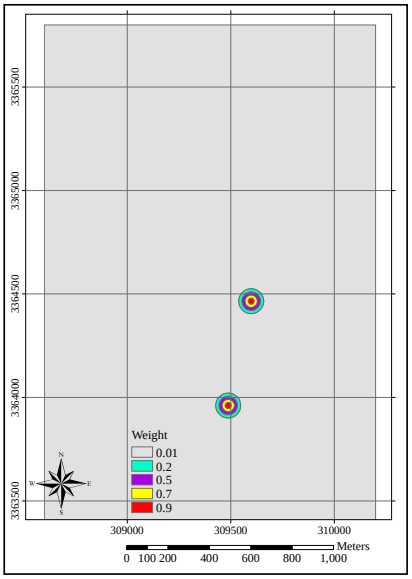
شکل ۲- نقشه فاکتور سنگ ميزبان



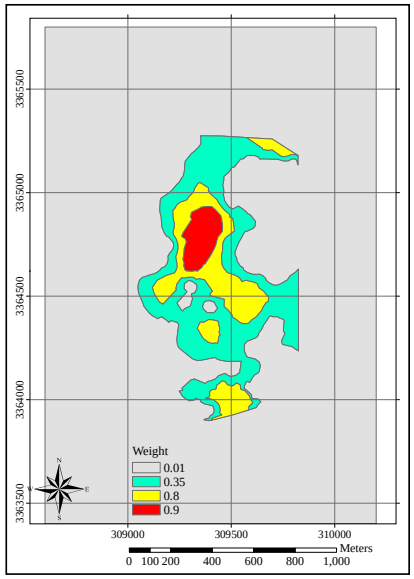
شکل ۳- نقشه فاکتور گسلهاي اصلي



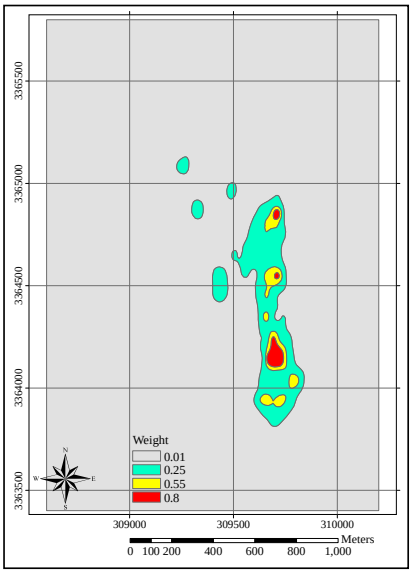
شکل ٤- نقشه فاکتور آلتراسيون



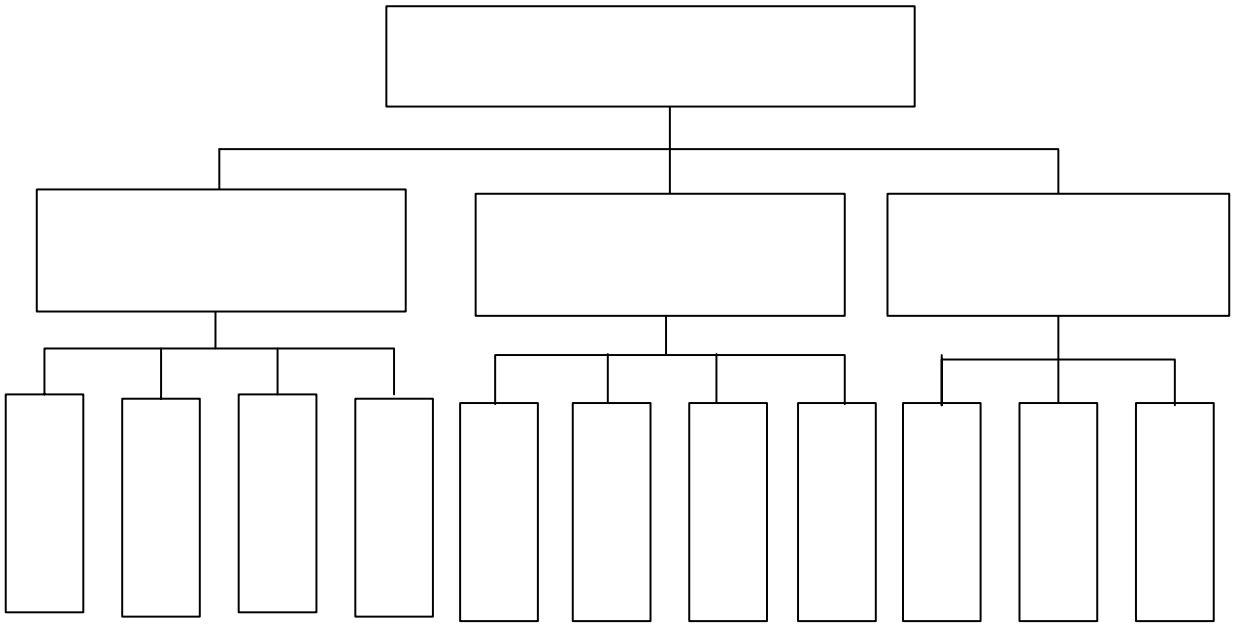
شکل ۵- نقشه فاکتور نشانه‌هاي معدني



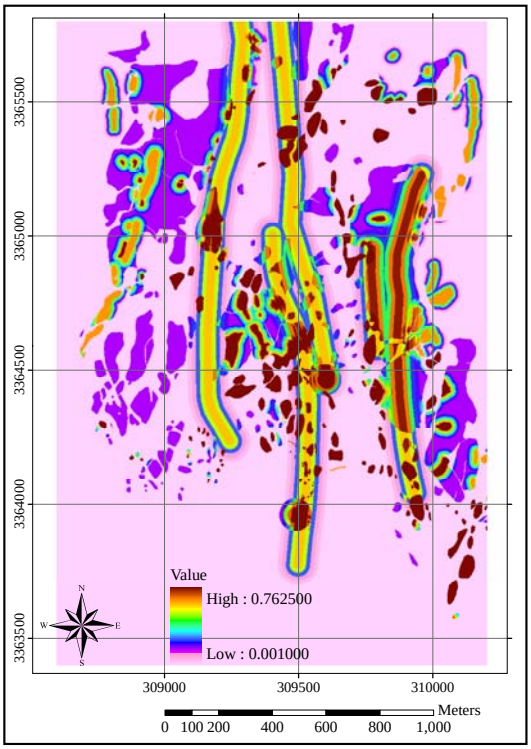
شکل ٦- نقشه فاکتور ادیتیو مس و مولیبدن



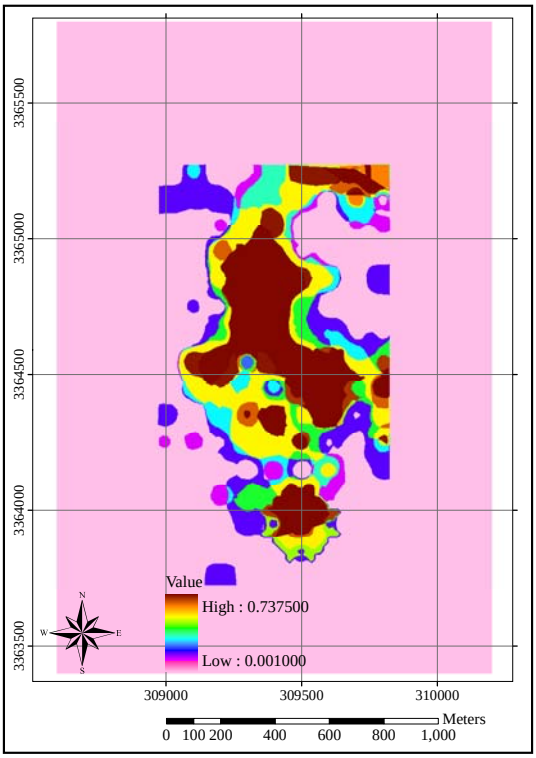
شکل ۷- نقشه فاکتور فاکتورفلزي



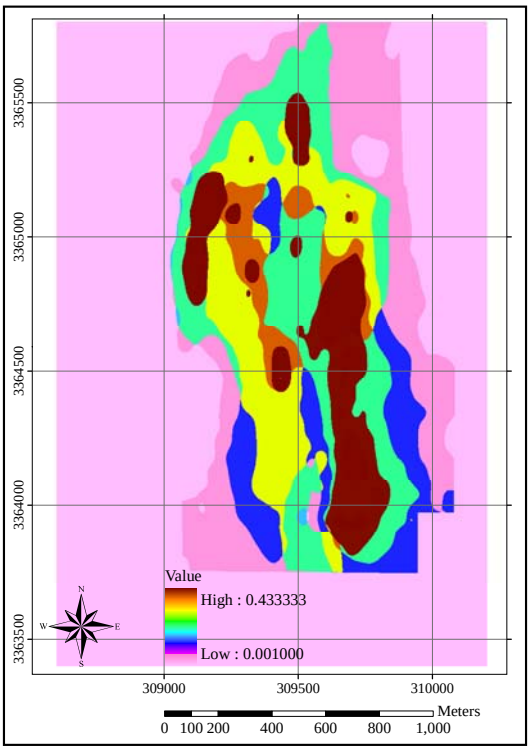
شکل۸- شبکه استنتاجي مورد استفاده در تهیه نقشه پتانسیل معدني اندیس چاه‌فیروزه



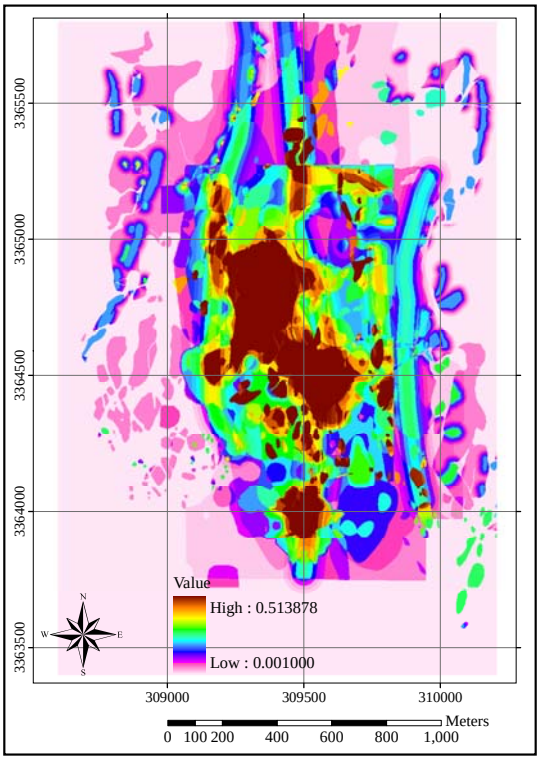
شکل۹- نقشه فاکتور زمین‌شناسي اندیس چاه‌فیروزه



شکل۱۰- نقشه فاکتور ژئوشیمي اندیس چاه‌فیروزه



شکل۱۱- نقشه فاکتور ژئوفیزیک اندیس چاه‌فیروزه



شکل۱۲- نقشه نهایي پتانسیل معدني اندیس چاه‌فیروزه

۵- نتیجه گیري و پیشنهادات

سیستم اطلاعات جغرافیایي (GIS) داراي قابلیت‌هاي مختلفي از جمله امکان ذخیره‌سازي، نمایش، بازیابي، پردازش، تلفیق و تبادل اطلاعات مکان مرجع مي‌باشد. این سیستم مي‌تواند بعنوان علم و فناوري بهینه در جهت ساماندهي، پردازش، تحلیل و تلفیق نتایج مطالعات زمین‌شناسي، ژئوشیمي و ژئوفیزیك به منظور شناسایي و ارزیابي پتانسیل‌هاي معدني مس مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به بررسي‌های انجام شده مدل همپوشاني شاخص امکان ترکیب قابل انعطاف‌تر نقشه‌هاي فاکتور را در مقایسه با عملیات منطقي بولین فراهم مي‌سازد و نقایص موجود در روش بولین از جمله ارزش برابر کلیه فاکتورهاي ورودي، عدم امکان استفاده از الگوي هدفمند تلفیق نقشه‌ها، تلفیق فاکتورها در یک مرحله و عدم توانایي در اولویت‌بندي مناطق انتخاب شده در نقشه خروجي را برطرف مي‌نماید.

در نهایت با توجه به نقشه پتانسیل معدني تهیه شده در این مقاله، مناطق مستعد کاني‌سازي مس پرفیري در نواحي مرکزی منطقه مورد مطالعه و با گسترش شمالی- جنوبی بر روي نقشه نهایي مشخص شده است و انجام عملیات حفاری در این مناطق توصیه مي‌شود.

۶- تشکر و قدرداني

نگارندگان این مقاله بر خود لازم مي‌دانند تا از همکاري مدیریت امور اکتشافات و مهندسي توسعه شرکت ملي صنایع مس ایران علي الخصوص مهندس حیدري و مهندس صاحب الزماني به دلیل در اختیار قرار دادن داده‌هاي مورد نیاز و همچنین همکاري در تشکیل جلسات کارشناسي تشکر و قدرداني نمایند. در پایان از مهندس محمد کریمي به دلیل کمک‌هاي بي‌دریغشان نهایت تشکر و سپاسگذاري را داریم.

۷- مراجع

1. Bonham-Carter, G.F., (1994): *"Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS"*, Pergamon Press, Ontario, Canada.

2. Carranza, J., (2002): "*Geographically-Constrained Mineral Potential Mapping"*, PhD Thesis, Delft University of Technology, The Netherlands, 480 pp.

3. Malczewski, J., (1999): *"GIS and Multicriteria Decision Analysis"*, John Wiley & Sons INC.

4. 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.

5. Wright, D.F., Bonham-Carter, G.F., (1996): "*VMS Favourability Mapping with GIS-based Intergration Models, Chisel Lake-Anderson Lake area"*, Geological Survey of Canada.