



خنثی‌سازی اثر محیط سنگی از داده‌های ژئوشیمیایی با استفاده از منطق فوشه‌بندی فازی میان مرکز-مطالعه‌ی موردی ورقه‌ی شرق ایران، بیرجند

مسعود اخیانی^۱ و اامد آریافار^۲

(۱) گروه معدن، دانشکده‌ی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

(۲) دانشجوی دکتری مهندسی اکتشاف معدن، دانشکده‌ی معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

چکیده

در مطالعه‌ی حاضر داده‌های ۲۰ عنصری از ۱۷۵ نمونه‌ی ژئوشیمیایی ورقه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ خوسف که در شرق ایران و در ۳۵ کیلومتری غرب شهرستان بیرجند واقع شده به منظور شناسایی مناطق کانی‌سازی احتمالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از منطق فازی استفاده گردید. در این روش داده‌ها توسط منطق فازی FCMC که در آن عضویت هر نمونه به خوشه‌ها فازی می‌باشد، مورد بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به واحدهای سنگی موجود در منطقه و انجام آنالیز خوشه‌ای تعداد ۸ خوشه انتخاب و گروه‌بندی شدند، که در نتیجه این خوشه‌بندی درجه‌ی عضویت هر یک از نمونه‌ها به خوشه‌ها و مراکز هر یک از خوشه‌ها به دست آمد. سپس با استفاده از روابط موجود، مقادیر بازماند محاسبه گردید. در انتها جهت شناسایی نواحی امیدبخش نقشه‌های مربوط به مقادیر بازماند رسم گردید که در این تحقیق برای مثال نقشه‌ی مربوط به عنصر Zn آورده شده است.

واژه‌های کلیدی: ژئوشیمیایی، سنیژنتیک، اپی ژنتیک، خنثی‌سازی، فازی.

Elimination of syngenetic components from geochemical data using Fuzzy C-means clustering, case study: an example from east of Iran, Birjand

M. Akhyani¹ & A. Aryafar²

1) Department of Mining, Islamic Azad University, Shahrood Branch, Shahrood, I. R. Iran

2) Faculty of Mining and Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, I. R. Iran

Abstract

In this research, 175 geochemical samples collected from Khusf (1:50000 sheet), which is located 35 km west of Birjand, were analyzed for 20 elements. Fuzzy c-means cluster analysis (FCMC) was applied to the results. Using this method, each sample belonged to clusters with specific membership. In this method, with regard to lithologic units in the area and the results of k-mean clustering, 8 clusters were selected and samples were grouped in clusters. As a result of the clustering the membership and cluster centers values were obtained and the residual values were calculated. Finally, for recognition of the prospecting area the related maps were depicted, for example, the Zn related map.

Key words: Geochemistry, syngenetic, epigenetic, components, fuzzy.

۱- مقدمه

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای و یا لیتوژئوشیمیایی تغییرپذیری عناصر دارای دو مؤلفه‌ی اساسی می‌باشند: یکی مؤلفه سنزنتیک که مربوط به سنگ زایی است و دیگری مؤلفه‌ی اپی ژنتیک که در ارتباط با فرایندهای کانی سازی است. دومی به عنوان مؤلفه‌ی مفید اکتشافی شناخته می‌شود (حسنی پاک ۱۳۸۰). بنابراین آنچه به دنبال آن هستیم مؤلفه‌ی اپی ژنتیک است که وابسته به فرایندهای کانی سازی اقتصادی است. گاهی مؤلفه‌ی سنزنتیک چنان قوی است که اثر مؤلفه‌ی اپی ژنتیک را کاملاً محو می‌کند که این رخداد شناسایی مؤلفه‌ی مرتبط با کانی سازی را دچار مشکل می‌کند (Shiva 1998).

یکی از روش‌های خنثی سازی، استفاده از منطق فازی است. از زمانی که پروفسور لطفی در سال ۱۹۷۶ تئوری فازی را بیان نمود تا به امروز بیش از ۴۰۰۰۰ مقاله در زمینه‌های مختلف علمی منتشر شده است (کاوایی ۱۳۷۹). منطق فازی در زمین شناسی و به ویژه ژئوشیمی کاربرد دارد. در این مقاله به طور مثال، کاربرد آن به خوبی مشخص است. مسائل زمین شناسی و مهندسی معدن، به علت پیچیدگی، در استفاده از این منطق فازی مستثنی نیستند. یکی از مسائل مهم معدنی، خنثی سازی اثر مؤلفه‌ی سنزنتیک می‌باشد که یکی از روش‌های کاهش و یا حذف آن استفاده از منطق خوشه بندی می‌باشد. تقسیم بندی خوشه‌ای افزای یک مجموعه از داده‌ها یا اشیاء به چند خوشه می‌باشد. این افزای بایستی دارای دو خاصیت همگنی در داخل هر خوشه و ناهمگنی در بین خوشه‌ها برخوردار باشد. خوشه بندی فازی گونه‌ی دیگری از خوشه بندی است که در آن عضویت هر نمونه به خوشه‌ها فازی می‌باشد (طاهری ۱۳۷۵). در روش خوشه بندی میان

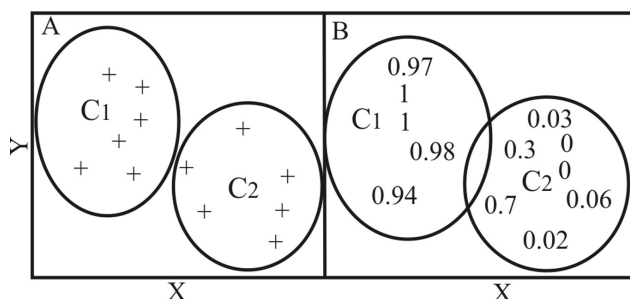
مرکز هدف آن است که برای داده‌ها تعدادی مرکز خوشه مشخص کنیم. سپس نمونه‌ها بر اساس شباهت، که این میزان شباهت از طریق تابع پیوسته‌ای به نام تابع عضویت با تولید مقادیر بین ۰ تا ۱ مشخص می‌شود، در خوشه‌ها قرار می‌گیرند (حسنی پاک ۱۳۸۰). در این مطالعه تعداد ۱۷۵ نمونه ژئوشیمیایی مربوط به ورقه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ زمین شناسی خوسف (وحدتی و خلفی ۱۳۶۵) که در شرق ایران و در ۳۵ کیلومتری غرب شهرستان بیرجند واقع شده، توسط منطق فازی جهت خنثی سازی اثر سنزنتیک از آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه‌ی روش منطق فازی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۲- زمین شناسی منطقه

نقشه‌ی زمین شناسی منطقه نشان می‌دهد که واحدهای موجود در منطقه از تنوع بسیار زیادی برخوردار می‌باشند و سن این واحدها از پالئوزوئیک تا کواترنر تغییر می‌کند. واحدهای رسوبی و رسوبی-آتشفشانی عمدتاً شامل ماسه سنگ و کنگلومرا، مارن و توف در قسمت‌های مرکزی منطقه موجود هستند. واحدهای آتشفشانی ائوسن-اولیگوسن عمدتاً شامل آندزیت-توف و داسیت‌ها هستند و در شمال و شمال غرب نقشه دیده می‌شوند. واحدهای آذرین درونی در شمال شرق نقشه و رسوبات عهد حاضر که عمدتاً رسوبات آبرفتی به شکل پادگانه‌ها و مخروط افکنه‌ها و آبرفت‌های سست می‌باشند در بخش‌های مرکزی تا شمال شرق وجود دارند (وحدتی و خلفی ۱۳۶۵).

۳- تحلیل فوشه‌ای فازی میان مرکز

این روش نیز یکی از روش‌های تحلیل خوشه‌ای فازی است که کاربرد زیادی در علوم مختلف پیدا کرده است. روش‌های تحلیل خوشه‌ای کرسپ (krisp: خشک و انعطاف ناپذیر) مرز قطعی بین خوشه‌ها قرار می‌دهند به نحوی که یک نمونه یا به یک خوشه قطعاً تعلق دارد یا قطعاً تعلق ندارد (برداشت شده از حسنی پاک و شرف الدین ۱۳۸۰). به عبارت دیگر هر نمونه باید به یک خوشه تعلق داشته باشد. به این گونه روش‌ها که در آن یک نمونه یا متغیر فقط باید به یک خوشه نسبت داده شود روش‌های خوشه بندی بی انعطاف گفته می‌شود. تصویر ۱ مقایسه‌ی روش تحلیل خوشه‌ای بی انعطاف و فازی را نشان می‌دهد.



تصویر ۱- (A) تحلیل خوشه بندی معمولی، (B) تحلیل خوشه‌ای فازی.

در روش خوشه بندی میان مرکز هدف آن است که بر اساس داده‌ها تعدادی مرکز خوشه مشخص کنیم. این مراکز باید مرکز ثقل خوشه‌های مورد نظر باشند. روش خوشه بندی میان مرکز بی انعطاف

فاصله‌ی نمونه‌ی k ام تا مرکز خوشه‌ی i ام است که به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$(d_{ik})^2 = \sum_{j=1}^m [(X_{kj} - C_{ij}) / S_j]^2 \quad (3)$$

که در آن X_{kj} مقدار متغیر j ام در نمونه‌ی k ام، C_{ij} مقدار متغیر j ام از خوشه‌ی i ام و S_j انحراف معیار متغیر j ام است. (Kramar 1995)

(4) محاسبه‌ی تابع هدف: تابع هدف متغیر J در محیطی که به درجه‌ی q فازی شدگی یا شولایی دارد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$J_q = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^q (d_{ik}^2)^q \quad (4)$$

که در آن مقادیر μ_{ki} و d_{ik}^2 از روابط قبلی محاسبه می‌شود.

(5) تکرار محاسبات از مرحله‌ی دوم تا چهارم تا جایی که اختلاف بین دو مرحله‌ی متوالی محاسبه‌ی J_q کمتر از دقت مورد نیاز شود.

یکی از کاربردهای روش تحلیل خوشه‌ای میان مرکز حذف مؤلفه‌ی سنزنتیک است (Rantitsch 2000). در این جا مهم است که تعداد خوشه‌ها با توجه به تنوع واحدهای سنگی و چگونگی توزیع آن‌ها در منطقه در نظر گرفته شوند. این عامل اهمیت زیادی در نتایج به دست آمده از این روش دارد.

پس از محاسبه‌ی مرکز خوشه‌ها، مقدار هریک از متغیرهای ژئوشیمیایی در مرکز هر خوشه برابر با میانگین وزن دار همان متغیر در نمونه‌های موجود در آن خوشه است. در این جا اوزان، همان درجه‌ی عضویت نمونه‌ها به خوشه‌ی مربوطه است. پس از محاسبه‌ی مقدار متغیر در تمام مرکز خوشه‌ها می‌توان به محاسبه‌ی مقدار متغیر در نقاط نمونه برداری شده با درجه‌ی عضویت معلوم نسبت به خوشه‌ها اقدام کرد. به عنوان مثال اگر نمونه به خوشه‌های A ، B و C با درجه عضویت $0/2$ ، $0/5$ و $0/3$ تعلق داشته باشد، مقدار روی آن می‌تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$Z_{nx} = 0.2Z_{nA} + 0.5Z_{nB} + 0.3Z_{nC} \quad (5)$$

معمولاً مقدار محاسبه شده‌ی متغیر در هر نقطه با مقدار اندازه‌گیری شده آن برابر نمی‌باشد. این امر می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. از آن جمله می‌توان به اثر آلودگی‌ها، خطای اندازه‌گیری، وجود مؤلفه‌های اپی ژنتیک کانی سازی در منطقه اشاره کرد. در این صورت لازم است مقادیر بازماند از رابطه زیر محاسبه شوند:

$$\sigma_{kj} = X_{kj} - \sum_{i=1}^c \mu_k C_{ij} \quad (6)$$

مبتنی بر فرآیند تکرار است. هدف آن‌ها به حداقل رساندن بزرگترین فاصله‌ی یک نمونه (یا متغیر) تا مرکز خوشه است. در این روش، در نهایت، هر نمونه یا متغیر به یک خوشه تعلق می‌گیرد. این اصل فازی که هیچ نمونه و یا متغیر را به طور مطلق متعلق به یک خوشه نمی‌داند در اینجا به کمک می‌آید و مشکل را حل می‌کند (Vriend 1987).

در این مدل چیزی که مطرح نیست تعلق کامل یک نمونه یا متغیر به یک خوشه است، زیرا وجود یا عدم چنین تعلق ملاک کار نیست بلکه میزان شباهت هر نمونه یا متغیر به خوشه‌ی مفروض مورد توجه است. میزان این شباهت از طریق تابع پیوسته‌ای به نام تابع عضویت با تولید مقادیر بین صفر (که متناظر با عدم عضویت یک نمونه یا متغیر در خوشه است) تا یک (که متناظر با تعلق کامل نمونه یا متغیر در یک خوشه است) مشخص می‌شود.

فرض می‌کنیم n نمونه داریم که برای هریک m متغیر اندازه‌گیری شده است. می‌خواهیم نمونه‌ها را به C کلاستر با مرکز معلوم تقسیم کنیم. برای این کار از الگوریتم تحلیل خوشه‌ای فازی میان مرکز به صورت زیر استفاده می‌شود. (Kramar 1995).

(1) درجه‌ی عضویت هر نمونه به هر خوشه را به طور تصادفی تعیین می‌کنیم. برای این منظور کافی است برای هر نمونه به تعداد خوشه‌ها عدد تصادفی تولید کنیم.

(2) با استفاده از درجه‌ی عضویت و مختصات مرکز خوشه‌ها، مختصات جدید مرکز خوشه‌ها از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$C_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ki})^q x_{kj}}{\sum_{k=1}^n (\mu_{ki})^q} \quad (1)$$

که در آن C_{ij} مقدار متغیر j ام از مرکز خوشه i ام، μ_{ki} درجه عضویت نمونه‌ی k ام به خوشه‌ی i ام و X_{kj} مقدار متغیر j ام در نمونه‌ی k ام است. q معرف درجه‌ی شدت شولایی یا فازی شدگی متغیر j در نمونه‌ی k ام است. که از $1/5$ تا 3 تغییر می‌کند.

(3) پس از محاسبه مراکز جدید خوشه‌ها لازم است درجه‌ی عضویت هر نمونه به هر مرکز، خوشه‌ی جدید بر مبنای فاصله‌ی اقلیدسی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\mu_{ik} = \frac{(d_{ik}^2)^{-1/(q-1)}}{\sum_{k=1}^c (d_{ij}^2)^{-1/(q-1)}} \quad (2)$$

که در آن k درجه‌ی عضویت نمونه‌ی k ام به خوشه‌ی i ام، d_{ik}

جدول ۱- ماتریس مربوط به درجه عضویت تعدادی از نمونه‌ها در خوشه‌ها.

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۴۹۶	۰/۰۳۹	۰/۰۵۸	۰/۶۸۰	۰/۰۳۴	۰/۰۸۸	۰/۰۱۹	۰/۰۶۵	۰/۰۱۶
۴۹۷	۰/۰۷۳	۰/۰۲۶	۰/۲۲۱	۰/۰۳۸	۰/۰۲۵	۰/۰۹۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹
۴۹۸	۰/۰۹۸	۰/۰۶۴	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۵	۰/۰۵۵۶	۰/۰۰۷
۴۹۹	۰/۲۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۳۱	۰/۰۵۶	۰/۰۱۶۰	۰/۰۲	۰/۲۳۹	۰/۰۲۳
۵۰۰	۰/۰۳	۰/۰۴۱	۰/۶۹۱	۰/۰۲۱	۰/۰۳۴	۰/۰۱۳	۰/۰۶	۰/۰۰۹
۵۰۱	۰/۰۷۱	۰/۰۶۵	۰/۰۹۹	۰/۰۲۵	۰/۰۳۲۲	۰/۰۱۲	۰/۲۹۶	۰/۰۱
۵۰۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۸	۰/۰۶۸	۰/۰۱۷	۰/۰۴۰۵	۰/۰۰۷	۰/۰۳۱۳	۰/۰۰۷
۵۰۳	۰/۰۴۷	۰/۰۷۷	۰/۰۵۸۸	۰/۰۵۲	۰/۰۱۲	۰/۰۳۱	۰/۰۷۶	۰/۰۲۷
۵۰۴	۰/۰۳۷۵	۰/۰۵۳	۰/۰۴۴	۰/۰۲۱	۰/۰۲۰۸	۰/۰۰۹	۰/۲۸۲	۰/۰۰۸
۵۰۵	۰/۰۳۴۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۳	۰/۰۲۲	۰/۰۱۹۱	۰/۰۰۹	۰/۰۳۱۲	۰/۰۰۸
۵۰۶	۰/۰۴۰۷	۰/۰۷۵	۰/۰۴۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳۳۳	۰/۰۰۸
۵۰۷	۰/۰۳۰۳	۰/۰۶۲	۰/۰۵۵	۰/۰۲۲	۰/۰۱۷۴	۰/۰۰۸	۰/۰۳۶۸	۰/۰۰۸
۵۰۸	۰/۰۹۴	۰/۰۷۵	۰/۰۴۲	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴۷	۰/۰۰۸	۰/۰۳۰۳	۰/۰۰۸
۵۰۹	۰/۰۷۸	۰/۰۹۱	۰/۰۳۴	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳۷	۰/۰۱۲	۰/۰۳۰۲	۰/۰۱۲
۵۱۰	۰/۰۵	۰/۰۷۶	۰/۰۴۷۶	۰/۰۳۸	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۱۰۸	۰/۰۱۵
۵۱۱	۰/۰۹۳	۰/۰۲۶	۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹۹	۰/۰۶۶	۰/۰۳۹	۰/۰۵۷
۵۱۲	۰/۰۳۰۵	۰/۰۹۹	۰/۰۹۴	۰/۰۳۹	۰/۰۱۶۷	۰/۰۱۶	۰/۲۶۵	۰/۰۱۵
۵۱۳	۰/۰۷۳	۰/۰۷۶	۰/۲	۰/۰۵۶	۰/۰۶۳	۰/۲۹۵	۰/۰۱۰	۰/۰۳۵
۵۱۴	۰/۰۴۶	۰/۰۲۸	۰/۰۵۵	۰/۰۱۱	۰/۰۷۴	۰/۰۰۶	۰/۰۱۰۹	۰/۰۰۴
۵۱۵	۰/۰۵	۰/۰۳۷	۰/۰۸۲	۰/۰۱۷	۰/۰۶۹	۰/۰۱۱	۰/۰۱۰۷	۰/۰۰۷
۵۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۴۶	۰/۰۶۵	۰/۰۲	۰/۰۵۶۶	۰/۰۱۱	۰/۰۱۸۳	۰/۰۰۸
۵۱۷	۰/۰۶۶	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸	۰/۰۲۳	۰/۰۴۱۴	۰/۰۱۲	۰/۰۱۸۳	۰/۰۰۹
۵۱۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۸	۰/۲۳۳	۰/۰۴۶	۰/۰۱۹۲	۰/۰۱۳	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۶
۵۱۹	۰/۰۸۷	۰/۰۵۸	۰/۰۷۶	۰/۰۲۲	۰/۰۳۴۷	۰/۰۱۱	۰/۲۴۴	۰/۰۰۹
۵۲۰	۰/۰۶۰	۰/۰۵	۰/۰۳۸	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰۵	۰/۰۰۶	۰/۲۹۰	۰/۰۰۶
۵۲۱	۰/۰۹۲	۰/۴۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶۳	۰/۰۱۲	۰/۴۱۸	۰/۰۴۰
۵۲۲	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۰۴
۵۲۳	۰/۰۶۱	۰/۰۷۳	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۶۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰
۵۲۴	۰/۰۴۱	۰/۰۹۵	۰/۰۵۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۶	۰/۰۰۷	۰/۰۱۵۹	۰/۰۱۹
۵۲۵	۰/۰۲۴۴	۰/۰۷۷	۰/۰۶۶	۰/۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۵
۵۲۶	۰/۰۵۸۸	۰/۰۵۸	۰/۰۲۷	۰/۰۲۲	۰/۰۷۹	۰/۰۰۶	۰/۲۹۸	۰/۰۰۷
۵۲۷	۰/۰۱۲۷	۰/۰۳۵	۰/۰۱۶	۰/۰۰۹	۰/۰۶۶	۰/۰۰۲	۰/۲۰۳	۰/۰۰۳
۵۲۸	۰/۰۲۵	۰/۰۸۲۱	۰/۰۲۵	۰/۰۳۲	۰/۰۳۰	۰/۰۰۳	۰/۰۵۸	۰/۰۰۶
۵۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۸۰۴	۰/۰۲۳	۰/۰۴۷	۰/۰۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۵۶	۰/۰۰۸

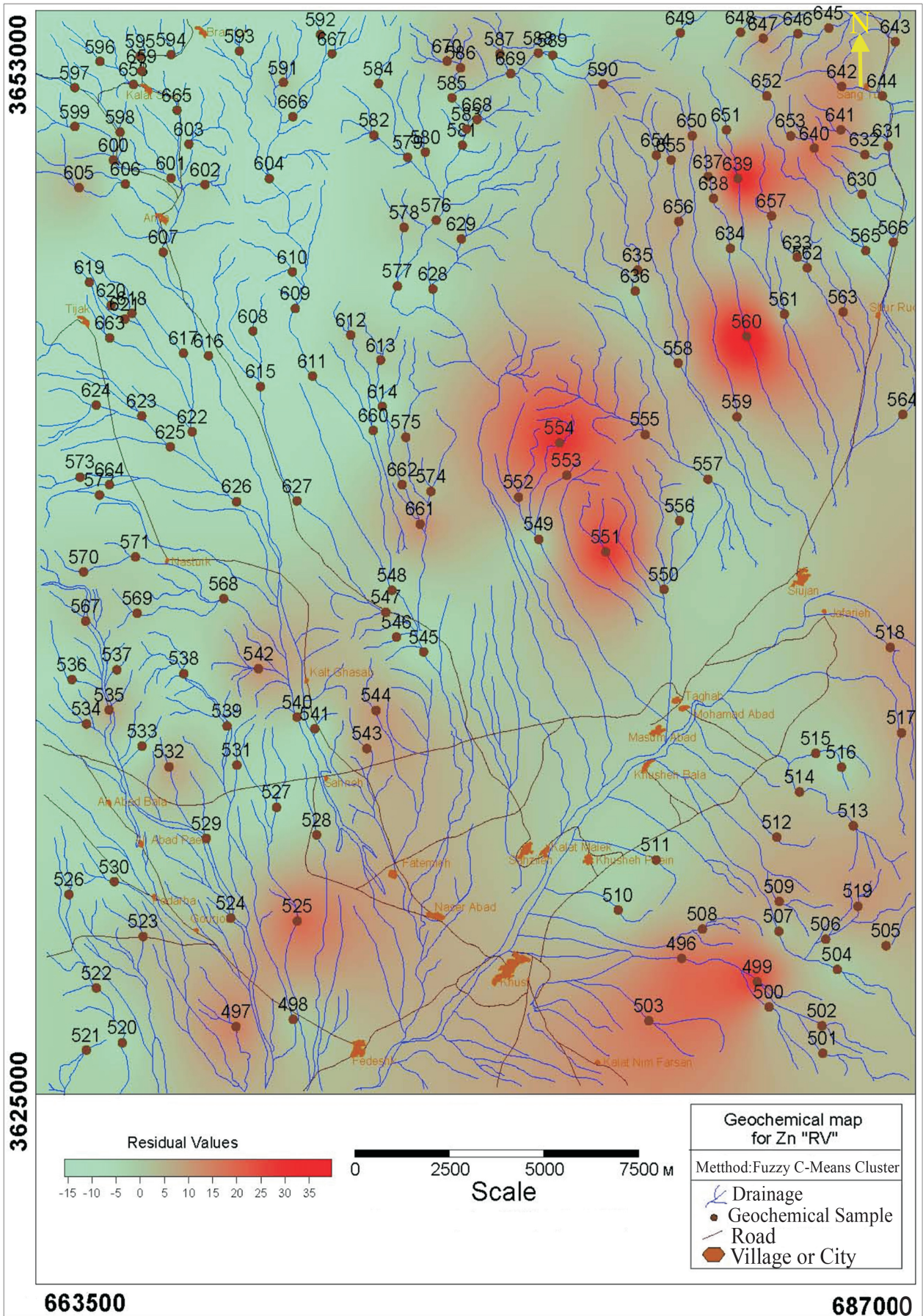
که در آن X_{kj} مقدار اندازه گیری شده و \sum مقدار محاسبه شده می‌باشد. پس از محاسبه‌ی مقادیر بازماند، می‌توان نقشه‌ی مقادیر بازماند را تهیه نمود. با توجه به این که در این نقشه‌ها اثر مؤلفه‌ی سنزیتیک خنثی شده است می‌توانند شفاف‌تر موقعیت مؤلفه‌های اپی ژنتیک کانی‌سازی را که همان موقعیت آنومالی‌های واقعی در منطقه است را به نمایش بگذارند (حسنی پاک ۱۳۸۰).

۴- تحلیل خوشه‌ای میان مرکز بر روی داده‌های ورقه‌ی ۱:۵۰۰۰۰ (ومدتی و ملفی ۱۳۶۵)

تحلیل خوشه‌ای میان مرکز با استفاده از نرم افزار Matlab بر روی داده‌های ورقه‌ی ۱:۵۰۰۰۰۰ خوشه انجام گردید. برای تعیین تعداد خوشه‌های مناسب، با توجه به لیتولوژی منطقه و همچنین توسط روش آنالیز خوشه‌ای k-mean تعداد ۸ خوشه مناسب تشخیص داده شد. با اجرای برنامه‌ی تحلیل خوشه‌ای میان مرکز در نرم افزار Matlab، پس از ۱۰۰ بار تکرار درجه‌ی عضویت هر نمونه به خوشه‌ها (جدول ۱) و همچنین مرکز هریک از خوشه‌ها (جدول ۲) به دست آمد. ماتریس مربوط به مراکز خوشه‌ها، یک ماتریس ۸×۲۰ و همچنین ماتریس مربوط به درجه‌ی عضویت نمونه‌ها یک ماتریس ۱۷۵×۸ می‌باشد. با دقت در جدول مربوط به ماتریس درجه‌ی عضویت‌ها مشاهده می‌شود که مجموع درجه‌ی عضویت‌های یک نمونه در خوشه‌ها برابر یک می‌باشد. سپس با استفاده از رابطه‌ی (۶) داده‌ها از حالت خوشه‌ای خارج و مقادیر بازماند محاسبه گردید (جدول ۳). ماتریس حاصل نیز یک ماتریس ۱۷۵×۲۰ می‌باشد. در نهایت با استفاده از این مقادیر نقشه‌های مناطق آنومال برای برخی عناصر رسم گردید. نقشه‌ی مقادیر بازماند مربوط به عنصر Zn در تصویر ۲ آورده شده است.

جدول ۲- جدول مربوط به مراکز خوشه‌ها

کلاستر	Zn	Pb	Ag	Cr	Ni	Bi	Sc	Cu	As	Sb	Cd	Co	Sn	Ba	V	Sr	Hg	Fe ₂ O ₃	Mno	TiO ₂
۱	۵۶/۹۷۴	۳۹/۰۰۹	۰/۱۹۳۱	۸/۰۰۲	۶۲/۸۱۴	۰/۳۰۱۰۲	۲۶/۳۳۹	۴۳/۸۵۶	۵/۵۳۴	۶/۶۰۲	۴۴/۹۹۶	۸/۷۱۶۹	۳/۲۸۲۱	۱۱۹/۵۷	۱۴۵/۳۵	۱۷۳/۱۶	۰/۰۲۳۷۱۶	۳/۳۲۲	۰/۰۹۰۸۹۱	۲/۶۳۰۵
۲	۵۴/۳۱۱	۴۵/۰۸۵	۰/۱۳۵۸	۲۶/۳۵۱	۶۲/۸۶۶	۰/۳۰۱۴۷	۳۲/۶۸۹	۴۱/۵۱۲	۶/۰۶۱	۶/۸۱۳	۰/۷۳۶۲۱	۱۵/۱۳۵	۴/۲۹۶۱	۱۱۲/۶۸	۱۹۶/۳	۱۸۱/۹۳	۰/۰۲۲۲۰۲	۳/۱۸۱۱	۰/۰۹۲۹۸۹	۴/۱۵۸۸
۳	۷۳/۳۹۳	۴۹/۰۶۱	۰/۱۷۷۴	۰/۰۸۹۸	۹/۰۱۷۷	۰/۴۴۵۹۳	۳/۰۵۹۷	۵۸/۷۵۲	۸/۶۶۹	۶/۷۴۳	۰/۹۹۷۳۳	۱۴/۳۴۸	۳/۳۹۳۷	۶۷/۸۴۵	۱۸۱/۳۲	۲۱۳/۷۷	۰/۰۲۶۷۵۶	۴/۷۰۱۶	۰/۰۳۵۸	۲/۷۲۵۸
۴	۴۴/۸۲۸	۴۹/۲۶۹	۰/۰۸۹۸	۳۷/۶۳	۵۴/۰۷۵	۰/۲۵۱۰۵	۳۶/۳۸	۳۴/۵۶۹	۶/۰۸۷	۶/۹۳۰	۰/۷۹۴۸۳	۱۷/۲۹۸	۵/۰۳۸۷	۱۱۶/۴۲	۲۳۲/۵۹	۱۸۶/۵۹	۰/۰۲۰۷۴۵	۲/۵۶۷۷	۰/۰۹۱۱۳۱	۵/۴۴۷۸
۵	۶۰/۲۵۴	۵۳/۲۷۸	۰/۰۸۹۸	۰/۱۸۵۹	۱۲/۴۶	۷۴/۲۰۲	۰/۳۸۸۱۹	۴۷/۹۶۲	۷/۷۱۵	۶/۵۸۱	۰/۹۲۵۵۴	۰/۱۲۴۴	۳/۳۶۵	۶۹۸	۱۵۴/۱۲	۴۰/۳۱	۰/۰۲۴۴۳۱	۳/۷۰۲۸	۰/۰۹۴۸۶۱	۲/۶۳۳۷۸
۶	۵۸/۷۳۴	۸۷/۵۴۳	۰/۱۷۹۹	۱۸/۲۵۳	۶۷/۳۳۵	۰/۶۱۷۵۲	۲۹/۷۴۲	۴۴/۹۹۶	۱۳/۳۸۸	۶/۷۱۹	۱/۵۴۰۸	۱۲/۱۶۹	۳/۲۲۱	۵۸۱/۰۴	۱۷/۰۸۱	۲۷/۶۲۷	۰/۰۳۰۴۵۹	۳/۴۶۸۱	۰/۰۹۳۲۹۴	۳/۳۲۹۴
۷	۵۷/۹۸۲	۴۵/۱۷۳	۰/۱۷۷۵	۱۳/۵۱۱	۶۸/۴۱۵	۰/۳۳۶۲۷	۲۸/۴۴	۴۵/۱۷۲	۶/۵۶۰	۶/۶۷۰	۰/۷۳۳۳۲	۱۰/۷۶۴	۳/۵۱۱۹	۷۰۹/۸	۱۵۹/۵۷	۱۸۸/۹۴	۰/۰۲۳۳۴۸	۳/۴۷۰۸	۰/۰۹۲۸۲۷	۲/۹۲۴۶
۸	۴۳/۰۱۵	۵۲/۳۵۸	۰/۰۴۹۵	۶/۰۲۵۵	۵۳/۴۷۱	۰/۲۲۸۲۵	۴۲/۹۴۸	۳۳/۱۰۹	۶/۶۵۱	۷/۰۹۴	۲۳/۴۶۲	۵/۹۷۹۶	۱۱۲/۵۶	۲۹۵/۴۷	۱۹۶/۲۵	۰/۰۱۹۴۰۲	۲/۴۶۳۶	۰/۰۲۳۳۴۸	۰/۰۹۵۲۶۷	۷/۰۳۲۱



تصویر ۲- نقشه‌ی مربوط به نواحی امید بخش برای عنصر Zn

جدول ۳- مقادیر بازماند عناصر در برخی نمونه ها

شماره نمونه	TiO2	MnO	Fe2O3	Hg	Sr	V	Ba	Sn	Co	Cd	Sb	As	Cu	Sc	Bi	Ni	Cr	Ag	Pb	Zn
۴۹۶	۰/۷۷۹	۰/۰۱۲	۱/۶۲۲	۰/۰۰۲	۳/۶۵۳	۴/۸۸۱	۲۱/۱۵۷	-۰/۳۵۶	۱/۳۲۲	۰/۱۴۳	۰/۰۷۴	۰/۱۸۱	۱۶/۶۵۴	۰/۲۰۰	۰/۰۸۴	۱۶/۴۱۳	۴/۳۳۲	۰/۰۰۱	-۰/۸۰۵	۱۸/۲۴۰
۴۹۷	۰/۱۴۵	۰/۰۱۰	۱/۱۲۹	۰/۰۰۱	۷۵/۳۹۷	۴۱/۴۳۲	۷/۳۸۵	۰/۲۶۴	۸/۸۱۲	۰/۶۴۷	۰/۰۹۶	۴/۹۱۰	۱۲/۴۱۲	۴/۴۵۷	۰/۰۶۶	۲۴/۲۴۴	۱۷/۱۹۲	-۰/۰۲۳	-۴/۸۴۲	۱۴/۹۵۹
۴۹۸	۰/۳۹۶	۰/۰۰۱	۰/۱۲۴	۰/۰۰۱	۰/۷۹۹	۴/۹۲۶	۱/۹۴۹	۰/۲۳۹	۱/۱۱۲	۰/۰۰۹	۰/۱۰۳	۰/۱۰۰	۱/۶۷۵	۰/۷۰۰	۰/۰۲۸	۳/۷۷۱	۱/۴۲۶	-۰/۰۱۳	-۱/۶۸	-۱/۵۹۴
۴۹۹	۰/۷۹۱	۰/۰۰۶	۱/۶۹۶	۰/۰۰۶	۲۹/۷۵۵	۱۲/۲۶۵	۴/۱۸۹	۰/۳۰۴	۱/۳۹۵	۰/۲۳۲	۰/۱۴۵	۱/۳	۱۶/۲۳۴	۱/۲۴۲	۰/۰۶۶	۲/۴۰۹	۳/۷۳۸	-۰/۰۰۸	-۱۶/۶۱۵	۲۹/۰۸
۵۰۰	۰/۲۶۸	۰/۰۰۴	۰/۲۸۵	۰	۱۷/۰۱۷	۴/۷۶۷	۵/۲۲۳	۰/۱۴۶	۰/۳۹۸	۰/۱۶۰	۰/۰۸۱	۱/۰۱۹	۲/۸۳۱	۰/۴۵۰	۰/۰۲۷	۱/۵۲۲	۱/۳۸۶	۰/۰۰۱	۱/۴۸۹	۳/۱۳۴
۵۰۱	۰/۸۱۷	۰/۰۰۴	۰/۴۲۳	۰/۰۰۶	۸/۷۸۱	۱۷/۶۰۸	۲۱/۵۴۸	۰/۳۷۴	۲/۵۴۷	۰/۸	۰/۰۳۲	۰/۱۲۵	۵/۳۷۸	۰/۱۴۵	۰/۰۵۹	۱۲/۶۶۷	۶/۴۷۷	۰/۰۰۷	-۴/۹۲۹	۳/۶۵۶
۵۰۲	۰/۷۲۶	۰/۰۰۵	۰/۶۲۷	۰/۰۰۵	۲/۶۷۸	۱۴/۲۳۳	۱/۵۱۱	۰/۰۷۶	۱/۷۳	۰/۰۹	۰/۴۲۶	۰/۲۳۶	۶/۹۷۶	۱/۷۰۱	۰/۰۹۴	۹/۶۱۵	۵/۳۰۴	۰/۰۰۲	-۰/۶۲۹	۷/۱۵۹
۵۰۳	۰/۵۶۵	۰/۰۱۳	۱/۵۴۶	۰/۰۰۴	۱۵/۹۵۷	۱۴/۲۳۲	۴/۹۵۲	۰/۱۱۴	۳/۸۱۶	۰/۱۳۱	-۰/۰۳۹	۱/۵۳۴	۱۶/۷۸۵	۱/۶۲۹	۰/۰۷۸	۲۶/۳۶۸	۷/۹۰۴	-۰/۰۰۸	-۷/۲۱۳	۱۶/۹۹۸
۵۰۴	۰/۵۶۶	۰/۰۰۳	۰/۰۹۲	۰	۲۵/۷۷۴	۲/۷۸۳	۲/۷۳۷	۰/۲۳۷	۳/۴۱۸	۰/۰۱	۰/۱۱۵	۰/۱۴۷	۱/۰۸۳	۰/۱۱۵	۰/۰۴۴	۳/۷۱۴	۹/۵۶۶	۰/۰۰۸	۵/۹۵۱	-۰/۲۰۱
۵۰۵	۰/۷۸۲	۰/۰۰۳	۰/۳۷۹	۰	۱۰/۳۰۱	۱۹/۸۳۴	۰/۹۷۵	۰/۴۳۶	۲/۷۳۵	۰/۰۶۸	۰/۱۳۱	۰/۳۶۸	۳/۶۸۳	۰/۳۶۸	۰/۰۵۳	۲/۵۳۱	۷/۷۱۰	۰/۰۰۷	۱/۷۶۶	۴/۶۳۷
۵۰۶	۰/۳۴۳	۰/۰۰۳	۰/۳۱۹	۰/۰۰۳	۱۷/۲۰۷	۵/۹۳۵	۶/۶۶۸	۰/۱۷۸	۰/۵۴۸	۰/۱۳۸	۰/۰۵۸	۰/۱۱۵	۳/۵۰۸	۰/۶۹۳	۰/۰۲۱	۴/۸۶۷	۱/۹۶۷	۰/۰۰۱	-۰/۶۴۸	۳/۴۷۹
۵۰۷	۰/۵۱۳	۰/۰۰۲	۰/۵۱۳	۰/۰۰۳	۱۱/۶۷۶	۱۳/۹۷۳	۸/۸۷۴	۰/۳۰۳	۲/۱۶۳	۰/۰۸۷	۰/۰۸۲	۰/۲۵۶	۲/۱۶۹	۱/۶۵۳	۰/۰۴۶	۱/۱	۵/۳۸۶	۰/۰۰۷	-۴/۳۲۱	-۰/۵۵۴
۵۰۸	۰/۳۷۲	۰/۰۰۴	۰/۵۴۴	۰/۰۰۴	۳/۱۰۳	۸/۴۸۰	۲/۶۵۹	۰/۰۹۹	۰/۱۴۰	۰/۰۲۹	۰/۱۴۴	۰/۱۴۶	۶/۳۱۹	۰/۵۶۱	۰/۰۰۹	۱۱/۷۲۳	۱/۰۹۶	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۹	۶/۷۱۲
۵۰۹	۰/۷۱۰	۰/۰۰۵	۰/۷۲۵	۰/۰۰۴	۱۲/۵۷۳	۱۲/۰۸۸	۵/۵۳۹	۰/۱۱۶	۱/۰۴۴	۰/۱۴۷	۰/۲۴۹	۰/۲۹۹	۹/۲۰۸	۱/۴۵۰	۰/۰۸۸	۲۱/۶۹۱	۳/۶۱	-۰/۰۰۲	-۰/۲۹۵	۹/۳۸۷
۵۱۰	۰/۱۶۱	۰/۰۰۴	۰/۱۷۱	۰/۰۰۱	۲۲/۴۰۹	۲/۸۹۳	۲/۱۷۹	۰/۰۷۸	۰/۱۷۴	۰/۱۷۴	۰/۱۱۵	۱/۲۹۵	۲/۳۵۴	۰/۰۷۸	۰/۰۰۴	۱۱/۴۱۴	۱/۲۰۷	۰/۰۰۷	-۰/۶۲۴	-۲/۲۸۸
۵۱۱	۰/۰۷۸	۰/۰۰۴	۰/۲۶۶	۰/۰۰۴	۷۷/۲۵۷	۱۷/۶۱	۷/۴۸۷	۰/۲۴۹	۱/۱۴۶	۰/۶۷۱	۰/۳۶۹	۴/۴۴۹	۲/۹۶۴	۰/۲۸۲	۰/۱۲۳	۱/۱۹۸	۱/۷۰۲	۰/۰۰۵	-۱/۵۳۶	-۱/۶۳۴
۵۱۲	۰/۷۷۳	۰/۰۰۱	۰/۳۵۰	۰/۰۰۴	۲۸/۲۰۱	۱۹/۷۳۴	۶/۳۳۱	۰/۴۸۷	۲/۲۹۵	۰/۲۰۷	۰/۲۲۴	۰/۸۸۵	۵/۱۰۱	۰/۲۰۶	۰/۰۵۶	۱۴/۳۴۱	۷/۵۶۴	۰/۰۰۸	-۱/۵۰۱	۵/۶۸۶
۵۱۳	۱/۴۰۰	۰/۰۰۵	۰/۵۶۱	۰/۰۰۴	۳۶/۴۱۶	۲۶/۵۳۳	۰/۳۵۱۵	۰/۶۵۸	۳/۳۳۶	۰/۳۰۸	۰/۰۰۲	۱/۹۳۴	۷/۵۰۴	۰/۰۰۲	۳/۰۳۷	۱۹/۴۹۴	۹/۴۰۶	۰/۰۲۹	۲۶/۱۳۳	۵/۹۰
۵۱۴	۰/۴۵۴	۰/۰۰۳	۰/۴۳۰	۰/۰۰۵	۰/۷۷۳	۹/۸۴۱	۶/۸۲۹	۰/۰۰۱	۱/۲۳۱	۰/۰۷۳	۰/۵۰۳	۰/۳۶۶	۴/۱۶۶	۱/۴۱۲	۰/۰۷۰	۱/۹۶۴	۳/۷۳۴	۰/۰۰۱	۸/۶۸۲	۳/۴۱۰
۵۱۵	۰/۳۳۱	۰	۰/۰۶۰	۰	۱۶/۲۸۴	۱/۰۸۷۷	۶/۷۰۴	۰/۲۵۷	۱/۹۰۷	۰/۱۴۴	۰/۰۲۲	۰/۸۸۶	۰/۳۸۳	۱/۷۱۹	۰/۰۴۴	۰/۰۶۴	۴	۰/۰۱۳	۸/۸۳۱	-۰/۷۷۳
۵۱۶	۰/۵۶۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۵۶	۰/۰۰۱	۱۳/۳۰۷	۲/۳۰۷	۶/۶۳۱	۰/۱۴۵	۳/۰۳۶	۰/۰۷۸	۰/۲۴۶	۰/۶۱۲	۲/۵۳۱	۰/۰۴۸	۰/۰۳۹	۵/۵۳۸	۹/۹۷۶	۰/۰۰۶	۳/۸۷۲	-۳/۳۴۳
۵۱۷	۰/۵۰۴	۰/۰۰۴	۰/۵۲۰	۰/۰۰۴	۴/۲۴۶	۸/۸۹۶	۵/۱۸۰	۰/۱۴۶	۱/۱۴۵	۰/۰۰۸	۰/۲۷۹	۰/۳۸۵	۶/۷۵۵	۱/۴۲۱	۰/۰۷۵	۱۴/۴۵۲	۱/۹۶۶	۰/۰۱۰	-۲/۰۰۷	۸/۸۰۱
۵۱۸	۰/۵۶۶	۰/۰۰۸	۰/۹۱۸	۰/۰۰۶	۱/۰۹۳۴	۱/۰۸۹	۳/۲۲۸	۰/۳۰۷	۰/۶۷۱	۰/۱۲۴	۰/۱۷۷	۰/۲	۱۰/۴۷۵	۰/۴۵۸	۰/۰۳۲	۲/۰۸۳	۱/۹۸۴	۰/۰۱۹	-۱۲/۵۰۲	۹/۳۱۹

۵- نتیجه گیری

نقشه ها مناطق امیدبخش قابل شناسایی می باشند. به منظور ارزیابی توانایی این روش پیشنهاد می گردد که نتایج این روش با سایر روش های خنثی سازی اثر سنژنتیک مقایسه گردد. با توجه به این که روش تفکیک جوامع سنگی یک روش دستی و وقت گیر می باشد می توان گفت که نتایج حاصل از روش فازی با توجه به این که سلیقه ی کارشناس دخالت ندارد، قابل اعتماد می باشد.

خنثی سازی اثر سنژنتیک از داده های ژئوشیمیایی یکی از مهم ترین مراحل پردازش داده ها به منظور آشکار سازی اثر ابری ژنتیک می باشد. با توجه به تنوع واحدهای سنگی در منطقه و انجام آنالیز خوشه ای K-mean تعداد ۸ خوشه مناسب تشخیص داده شد و با انجام تحلیل خوشه ای میان مرکز بر روی داده ها، داده ها در ۸ خوشه گروه بندی شدند که در نتیجه این خوشه بندی در جهی عضویت هریک از نمونه ها به هریک از خوشه ها و مراکز هر یک از خوشه ها به دست آمد. سپس با استفاده از رابطه ی (۵) مقادیر بازماند محاسبه گردید. در ادامه نقشه ی مربوط به مقادیر بازماند رسم گردید که بر روی این

۶- مراجع

حسینی پاک، ع.ا.، شرف الدین، م.، ۱۳۸۰، تحلیل داده های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران، ۹۸۷ ص.
طاهری، م.، ۱۳۷۵، آشنایی با نظریه ی مجموعه های فازی، انتشارات جهاد

دانشگاهی مشهد، ۱۰۸ ص.

کاویانی، د.، ۱۳۷۹، کاربرد تئوری فازی در اکتشافات معدنی، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

وحدتی دانشمند، ف.، خلقی، م. ح.، ۱۳۶۵، نقشه ی زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه ی خوسف، سازمان زمین شناسی کشور.

Kramar, U., 1995, "Application of limited fuzzy clusters to anomaly recognition in complex geological environment", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 55: 81-92.

Askar Zadeh, L. A., 1976, "A fuzzy-algorithmic approach to the definition of complex or imprecise concepts", *Jour. Man-Machine Studies*, Vol. 8: 249-291.

Rantitsch, G., 2000, "Application of fuzzy clusters to quantify litho logical background concentrations in stream-sediment geochemistry", *Journal of Geochemical Exploration*, Vol. 71: 73-82.

Shiva, M., 1998, "A stream sediment geochemical exploration in the arid environment of east Iran", *PHD Thesis, the university of Natingham, UK*. 246p.

Vriend, S. P., 1987, "The application of fuzzy C-means cluster analysis and non-linear mapping to geochemical dataset: examples from Portugal", *Journal of Applied Geoscience*, Vol. 3: 213-224.