فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست

سال دهم، شماره ۳٤، بهار۱۳۹۵

بررسی پراکنش عناصر رادیواکتیو اورانیوم، توریوم و پتاسیم در منطقه هشترود با استفاده از داده های رادیومتری هوابرد

علی نوحی[۱] و افشار ضیاء ظریفی[۲]

باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان.(۱-Alinoohi54@yahoo.com)

۲- استادیار گروه مهندسی معدن، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان

چکیده

امروزه اطلاعات حاصل از عملیات ژئوفیزیک هوابردی اهمیت فراوانی در اکتشاف مواد رادیواکتیو دارند. در حقیقت این داده ها پایه اصلی برای اکتشاف عنصر اورانیوم در مناطق مختلف هستند. در این نوشتار با تجزیه و تحلیل داده های حاصل از ژئوفیزیک هوایی شمال غربی ایران در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ سراسکندر به شماره ٥٤٦٤ محدوده های امیدبخش برای عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم مشخص شده و همبستگی بین عناصر رادیواکتیو شناسایی شده اند. نخست با استفاده از روش آمار کلاسیک، محاسبه پارامترهای آماری و رسم هیستوگرام های عناصر رادیواکتیو، در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت و همچنین نقشه های امیدبخش براساس پراکندگی حول میانگین ترسیم شد. در ادامه بر اساس روش فرکتال نمودارهای تمام لگاریتمی عیار_مساحت از داده های رقومی منطقه ترسیم شد و سپس با استفاده از جدایش پله ای محیط های متفاوت (زمینه، حدآستانه، آنومالی) با توجه به ضریب زاویه منحنی عیار _ مساحت، نقشه های مربوط به مناطق آنومالی اورانیوم، توریوم و پتاسیم تهیه شد. سپس با ترسیم نمودارهای پراکنش داده ها، ضرایب همبستگی این عناصر مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه تصویر رادیوالمانی مثلثی منطقه در فضای رنگی GRB بدست آورده شد و در نهایت به پردازش این تصاویر و استخراج اشکال مهم و مشخص شدن مناطق داغ ناهنجاریهای اورانیوم و معرفی اندیسهای معدنی امید بخش کانسارهای پرتو زا برای سیر مراحل اکتشافی پرداخته شد.

واژگان کلیدی: عناصر رادیواکتیو، روش فرکتال، ضرایب همبستگی، رادیوالمانی مثلثی.

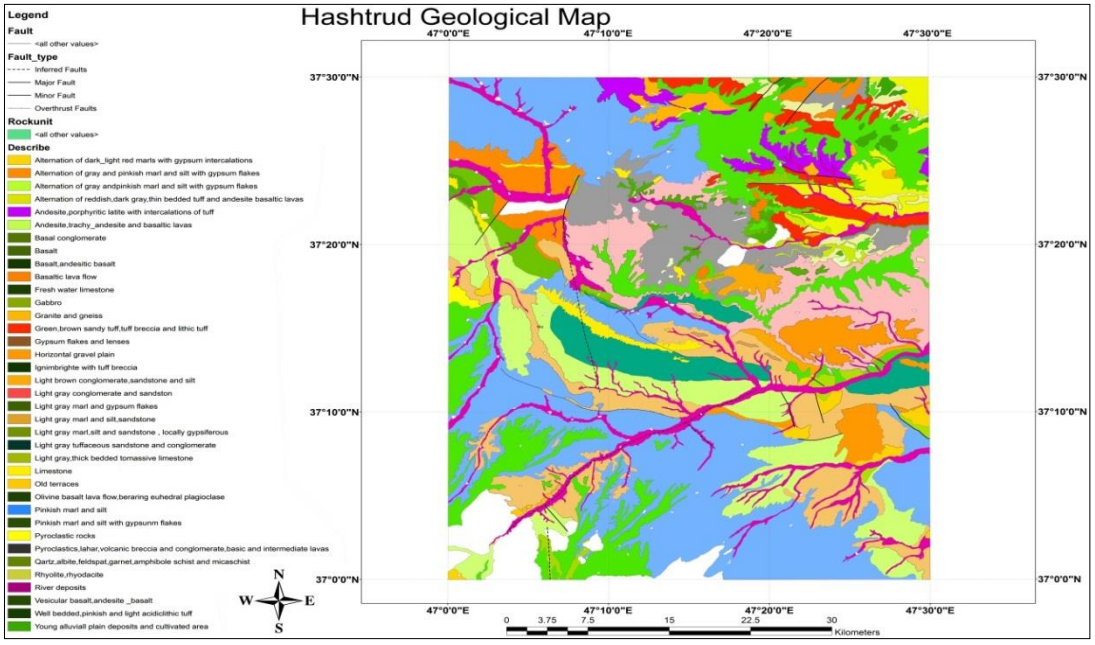
مقدمه

بطور کلی برای شناخت هر جامعه ای نیاز به داشتن داده هایی از آن جامعه است. اگر جامعه مورد بررسی را کل فرض کنیم ، نمونه های برداشت شده از آن جامعه جزء تلقی می شوند. برای شناخت هر یک از خواص کل (جامعه) که مجهول است می توان بر پایهٔ قوانین آماری ، پارامترهای آن خاصیت را روی مقدار اندازه گیری شده آن در اجزاء (نمونه های) برداشت شده از آن کل (جامعه) تخمین زد. اکثر تکنیکهای اکتشافی اساس تجزیه و تحلیل خود را بر احتمال پذیر بودن نتایج و تصمیم گیریهای حاصل از آن قرار داده اند و از تحلیل های قطعیت پذیر اجتناب می کنند. در روش آمار کلاسیک، مبنای کار، محاسبه پارامترهای آماری مربوط به کل منطقه می باشد که با استفاده از پارامترهای مختلف و مقادیر حول میانگین جداسازی جوامع انجام می گیرد. اکثر روش های آماری فرض بر نرمال بودن توزیع داده ها را یدک می کشند. لذا داشتن داده هایی که توزیع نرمال دارند، در حقیقت مجوز استفاده از روش های مورد نظر است. همچنین در آمار کلاسیک توزیع کمیت مورد نظر در یک یا چند جامعه، بدون در نظر گرفتن موقعیت فضایی آنها نسبت به یکدیگر ، مورد بررسی قرار می گیرد(حسنی پاک، ۱۳۸۰). روشهای

مبتنی بر هندسه فرکتال با توجه به خصوصیاتی چون استفاده از تمام داده ها، در نظرگرفتن شکل هندسی در برگیرنده عیارهای گوناگون و توجه به نوع توزیع دادهها از بهترین روشها در جدایش آنومالی ژئوفیزیکی از زمینه می باشد. (Cheng, et al., 1994) برای داشتن معیاری از همبستگی دو متغیر بدون وابستگی به واحد اندازه گیری داده ها، از پارامتر آماری ضریب همبستگی استفاده می شود. مقدار ضریب همبستگی بین ۱- و ۱+ قرار می گیرد. در محاسبه ضریب همبستگی نیز مانند بسیاری از متغیرهای آماری دیگر، فرض نرمال بودن داده ها الزامی است. در این مقاله نخست با استفاده از دو روش آماری فرکتال و کلاسیک، پردازش و تحلیل داده های رادیومتری در محدوده مورد مطالعه جهت دستیابی به مدل پراکندگی عناصر پرتوزا مورد بررسی قرار گرفت. سپس با ترسیم نمودارهای پراکنش، ضرایب همبستگی مثبت و یا منفی بین عناصر رادیواکتیو معرفی گردید و در نهایت با استفاده از مدل همپوشانی رادوالمان مثلثی، مناطق بی هنجاری مشترک بین عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم معرفی شد.

بررسی زمین شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد بررسی از لحاظ جغرافیایی در شمال باختری کشور در استان آذربایجان خاوری و در تقسیم بندی ساختمانی ارائه شده توسط (نبوی ،۱۳۷۵) در زون البرز _ آذربایجان واقع شده است. از نقطه نظر اقتصادی منطقه نشان داده شد که محدوده مورد بررسی از پتانسیل در خور توجهی برخوردار است. مواد معدنی فلزی و غیر فلزی چون پیریت و کالکوپیریت، مالاکیت، منگنز، پرلیت، گچ، آهک، نمک و زئولیت از جمله اندیس های قابل مطالعه می باشند. همانطور که در (شکل ۱) ملاحظه می کنید به تقریب بخش عمده رخنمون های این ورقه را سنگ های آتشفشانی و رسوبی سنوزوئیک می سازد. نیمه شمال و شمال خاوری منطقه به طور عمده از سنگ های آتشفشانی و رسوبی _ائوسن، الیگومیوسن و میوسن به جنس ایگنمبریت ها، توف های برشی و ماسه ای ، گدازه های آندزیت و بازالت، ریولیت، کنگلومرا و آذرآواری ها و به مقدار ناچیزی سنگ های پلوتونیک از نوع گرانیت پدید آمده است و آبراهه های ژرف و **V** مانند در این مجموعه پدیدار شده است. نیمه جنوبی و غرب ورقه از نهشته های مارنی و تبخیری میوسن تشکیل شده و به علت نفوذ ناپذیری زهکشی ها از تراکم زیاد برخوردارند. پایین ترین بخش جنوبی منطقه که سنگ های دگرگونی آلبیت، آمفیبول شیست و گنایس رخنمون دارند از زون سنندج_سیرجان می باشند.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه هشترود

اثرات زیست محیطی مواد پرتوزا و نگرشی به آنها در فرایند ژئوفیزیک رادیومتری

چرخه زندگی روی زمین بطور مداوم تحت اثر تابش از منابع طبیعی است .در حالت اول تابش کیهانی و در حالت دوم تابش حاصل از رادیونوکلیدی ورودی به بدن بوسیله بلعیدن یا تنفس می باشد. منابع طبیعی عوامل اصلی در پرتوگیری انسان است. چندین زنجیره واپاشی رادیونوکلیدها وجود دارند که به طور طبیعی رخ داده و رادیونوکلوئید مادر دارای نیمه عمر های قابل مقایسه با عمر زمین است.تنها سری های قابل ملاحظه برای پرتوگیری انسان اورانیوم ۲۳۸ و توریوم ۲۳۲ هستند که با نام عنصر مادر شناخته شده هستند. در میان این زنجیره ها یا سریها زیر گروه های حاوی محصولات رادون ۲۲۲ و رادون ۲۲۰ هستند. رادون به عنوان یک منبع تابش طبیعی، عامل قابل ملاحظه ای از میزان مرگ و میر سرطان ریه را به خود اختصاص داده است .احتمال اینکه یک سلول در نتیجه پرتوگیری تابش کشته شده یا از تقسیم آن جلوگیری گردد به عوامل متعددی بستگی دارد .عوامل آهنگ دز و قدرت توقف برخوردی هستند .دزهای داده شده در آهنگ دز پایین اجازه می دهد مکانیسم بازیابی طبیعی برخی از تخریب ها را بازیابی نموده و در این صورت نتایج زیان بار آن معمولاً بشدتی که آهنگ های بالایی از دز بوجود می آورند، نیست .اثرات قطعی که با مطالعه در ایالات متحده ارائه شده حاکی از اثرات سرطانی و ژنتیکی تابش ها می باشد.(قنادی مراغه ۱۳۸٦) جذب اورانیوم در ضمن تنفس، شدیداً تابع اندازه و وزن مخصوص ذرات و نیز خواص شیمیایی و نهایتاً راه ورودی هوا (دهان یا بینی) می باشد .آلودگی داخلی بدن از طریق پوست تنها در صورتی خطرناک است که ضمن یک خراش یا آسیب پوستی این ترکیبات وارد بدن شوند .ترکیبات اورانیوم که وارد بدن شوند سریعا توسط جریان خون در سرتاسر بدن منتشر شده و ترجیحا در اسکلت و کبد موجود زنده ذخیره می شود. حدود ۸۵ درصد اورانیوم در استخوان ٦/٥ درصد در کبد و مابقی در سایر ارگانها تقریبا بطور یکنواخت انباشته می شوند.(IAEA_OECD,2008) با مطالعاتی که بر روی حیوانات مختلف بعمل آمده معلوم شده است، اورانیوم ٦ ظرفیتی به داخل جریان خون وارد می شود و دو نوع کمپلکس تشکیل می دهد یکی کمپلکس غیرقابل انتشار که با پروتئین پلاسما ترکیب شده و دیگری کمپلکس بی کربناته. این دو فرم با یکدیگر در حال تعادل هستند ولی در شرایط و اسیدیته مختلف تغییراتی می کند.

اثرات پرتوگیری تابش یونساز ممکن است بطور گسترده ای بصورت اثرات ژنتیکی و اثرات بدنی تقسیم بندی شوند. تخریب ماده ژنتیکی در سلولهای نطفه، ممکن حیاتی آنزیمها را مختل می سازد و بر سلولها آسیب وارد است بدون اثر روی شخص پرتو دیده، در نسلهای آینده در آنها ایجاد می شود بالاخره در کلیه ها کمپلکس بی کربناته اورانیوم بعلت پایین بودن اسیدیته تجزیه و اعمال منجر به ناهنجاری های مادرزادی گردد.

اثرات بدنی اثراتی روی فرد پرتو دیده می باشد که ممکن است بوسیله طبیعت پرتوگیری، بصورت حاد یا مزمن در دستگاه گوارشی، تنفسی و سیستم های خونی اختلال ایجاد کنند. (IAEA_ (TECDOC,2003 اثرات ناشی از مواد رادیواکتیو بر انسان از طریق تشعشع به دو دسته آثار زودرس و دیررس تقسیم می شوند.

آثار زودرس پرتوها شامل اختلال در دستگاه گوارش، عروق، چشم و گوش، استخوان، سیستم تنفسی، دستگاه ادرار و سیستم عصبی می باشد. دسته دیگر آثار مواد پرتوزا تاثیرات دیررس اند که شامل آثار ژنتیکی و کاهش طول عمر می باشند(ضیا ظریفی ۱۳۸۷).

روش فرکتال عیار_ مساحت

روش فرکتال عیار مساحت در اکتشافات ژئوفیزیکی برای جدایش جوامع آنومالی از زمینه، نخستین بار توسط (Cheng, et al., 1994) براساس رفتار فرکتالی توزیع های ژئوفیزیکی در طبیعت ارائه شده است. نمودار لگاریتمی عیار در برابر مساحت تجمعی در نقاطی میشکند یا به عبارتی تغییر شیب تند می‌دهد که این نقاط نمایانگر تغییر از زمینه به آنومالیهای درجات مختلف و به تبع آن تغییرات در شرایط زمین شناسی به خصوص کانی سازی است. به طورکلی دادههای ژئوفیزیکی رفتار مولتی فرکتال یا چندفرکتالی دارند که این نشانگر میزان تغییرات در شرایط زمین شناسی، ژئوشیمیایی، دگرسانی، هوازدگی سطحی، کانی سازی و به دنبال آن مراحل غنی شدگی یک عنصر است (Goncalves, et al., 2001)

لذا، در انتخاب روشی معیّن از میان روشهای مختلف موجود جهت تعیین آنومالی های ژئوفیزیکی، باید به این نکته توجه نمود که هیچ یک از روشهای موجود جهت تعیین و شناسایی آنومالی ها، مستقل از دانش زمین شناسی نبوده و جهت هر گونه تفسیری از نتایج بدست آمده، بایستی آنها را با اطلاعات زمین شناسی منطقه منطبق نمود روش فرکتال عیار مساحت مبتنی بر میزان مساحتی است که هر عیار خاص در منطقه مورد مطالعه اشغال نموده است .هر چه عیارعنصر افزایش یابد، میزان مساحت اشغالی توسط آن کاهش می یابد. یکی از رایجترین روشها برای نمایش توزیع عیار یک عنصر در یک منطقه ترسیم نقشه کنتوری(منحنی- میزان) هم عیار عنصر مربوطه در منطقه موردمطالعه است. اگر مقدار هرکنتور عیاری برابر با νدر نظر گرفته شود، می توان یک معادله توانی بصورت زیر برای تمرکز مواد با خواص فرکتال ارائه نمود. (Cheng, et al., 1994; Carranza, 2009)

$$A(\geq\nu) \propto \nu^{-\alpha}$$

$A(\geq\nu)$ مساحت تجمعی محصورشده توسط خطوط هم عیاری است که عیارمتناظر آنها بزرگتر یا مساوی ν است مقدار α نیز در حقیقت نمایانگر بُعدفرکتال مربوط به دامنه های متفاوت ν میباشد. با ترسیم تغییرات مساحت دربرابر عیار در نموداری لگاریتمی میتوان بُعد هرجامعه را از طریق شیب خط برازش شده به آن حساب نمود . نقاط شکست (تغییرشیب خط برازش شده) در این نمودار بیانگر تغییر یک جامعه به جامعه دیگر است، به گونه ای که علاوه بر جداکردن زمینه، می‌توان آنومالی های با درجات شدت مختلف یک عنصر و حتی دربرخی موارد کانی سازی های اصلی و فرعی مربوط به آن عنصر را از یکدیگر جدانمود (Li, et al., 2003) تغییر از جامعه ای به جامعه ای دیگر نشان دهنده شرایط زمین شناسی، ژئوشیمیایی و کانی شناسی است . این توانایی منحصربه فرد به خاطر ماهیت فرکتالی توزیع عناصر درطبیعت است. این مسأله سبب میشود که نیازی به حذف مقادیر خارج از ردیف نباشد زیرا به دلیل ماهیت فرکتالی داده ها به طورخودکار این دادهها خنثی می‌شوند (Agterberg, et al., 1996;)

پردازش و تحلیل داده های ژئوفیزیک رادیومتری هوایی منطقه سراسکندر

جهت پردازش داده های رادیومتری، اطلاعات رادیومتری عناصر اورانیوم،توریوم و پتاسیم درمحاسبات و فرایند مطالعه و بررسی مورد استفاده قرار گرفتند. که این داده ها در سالهای ۱۹۷۸ – ۱۹۷٦ برای سازمان انرژی اتمی و با روش برداشت هوایی تهیه گشته است. برداشت داده ها در یک شبکه m ۱۰۰۰× ۵۰۰ و فاصله خطوط کنترلیkm ۱۵ و ارتفاع پرواز m ۱۰۰ توسط شرکت پراکلا سایزموس آلمان در نواحی هشترود برداشت شده است(ضیاء ظریفی، ۱۳۸۹). این اطلاعات بوسیله هلیکوپتر و تبعیت از ارتفاع توپوگرافی برداشت شده اند. داده های آماده پردازش از پروازهای انجام شده در منطقه مورد نظر حاصل شد. این داده ها توسط نرم افزار RtiCad به صورت رقومی در آمده و شامل سه مولفه طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و غلظت (عیار) اندازه گیری شده مورد نظر است. برای بدست آوردن توزیع فراوانی عناصر پرتوزا در منطقه هشترود، ابتدا داده ها به صورت صعودی از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار، مرتب شدند. داده های موجود در این منطقه شامل ۱۷۷۵۳۷ داده رقومی است که این داده ها مرتب سازی و همچنین با فیلترینگ، داده های کاذب از میان آنها حذف گردید و آماده مراحل محاسبات آماری شد (حسنی پاک، ۱۳۸۰).

تجزیه و تحلیل آمار کلاسیک

اولین قدم در مطالعات آماری یک توده معدنی یا یک محدوده مورد مطالعه، ترسیم نمودار هیستوگرام نمونه ها (فراوانی عنصر مورد نظر یا عامل اندازه گیری) می‌باشد. این منحنی ها نشان دهنده چگونگی توزیع و پراکندگی عناصر در منطقه مورد نظر می باشد. هیستوگرام های توزیع فراوانی عناصر اورانیوم و توریوم برای منطقه هشترود با استفاده از نرم افزارExcel بدست آمده اند که در شکلهای۲ تا ۵ مشاهده می گردد. مهم ترین پارامترهای آماری که در تعبیر و تفسیر داده ها، مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از کمترین و بیشترین داده، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس که این پارامترها برای داده های رادیومتری هوایی منطقه هشترود برای عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم محاسبه گردید. این پارامترهای آماری در جداول ۱ تا ۳ لیست شده اند. اکنون با توجه به پارامترهای آماری محاسبه شده، به تفکیک جوامع زمینه و آنومالی برای منطقه سیاهکل می پردازیم. میانگین عناصر رادیواکتیو در این منطقه برابر با ۱.۸۸(U) ، ٦.٥٠ (TH)و ۱.۹٤ eppm (K) هستند که نشانگر پتانسیل مناسب عناصر رادیواکتیو در این منطقه است. همچنین در این منطقه حد آستانه ای عناصر برابر با مجموع میانگین(M) و انحراف معیار(S) بوده که برابر با ۲.۳٥(U)، ۸.۳۷ (TH) و ۲.٤۸ ppm(K) می باشد. حد آنومالی ممکن (M+2S) به ترتیب برابر۲.۸۲(U)، ۱۰.۲٤(TH) و۳.۰۲(K) eppm و حد آنومالی احتمالی(M+3S) برابر ۳.۲۹(U)، ۱۲.۱۱ (TH) و ۳.٥٦(K)eppm برای عناصر رادیواکتیو می باشد. با توجه به توضیحات بالا، تفکیک و جداسازی جوامع آنومالی برای داده های رادیومتری منطقه هشترود انجام شد که و سپس از روی این مقادیر بدست آمده نقشه های تفکیک بی هنجاری عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم از مقادیر زمینه، توسط نرم افزار surfer تهیه شده است.(شکل های ٦تا ۸)

جدول ۱- پارامترهای آماری عنصر اورانیوم محدوده اکتشافی هشترود

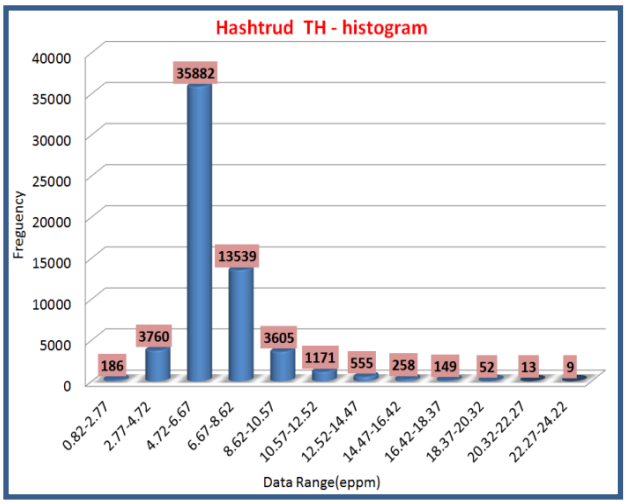
Statistical parameter	U(eppm)
Mean	۱.۸۸
Median	۱.۸٥
SD	۰.۴۷
SV	۰.۲۳
Maximum	٥.۶٥
Minimum	۰

جدول ۲- پارامترهای آماری عنصر توریوم محدوده اکتشافی هشترود

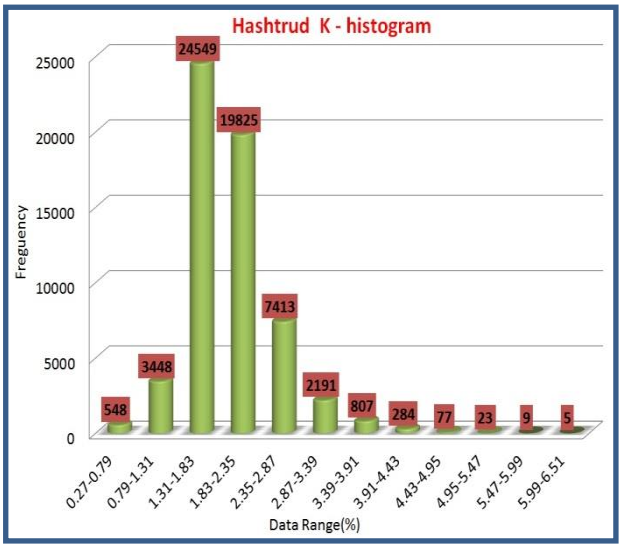
Statistical parameter	TH(eppm)
Mean	۶.٥۰
Median	۶.۰٥
SD	۱.۸۷
SV	۳.٥۱
Maximum	۲۴.۱۹
Minimum	۰.۸۲

جدول ۳- پارامترهای آماری عنصر پتاسیم محدوده اکتشافی هشترود

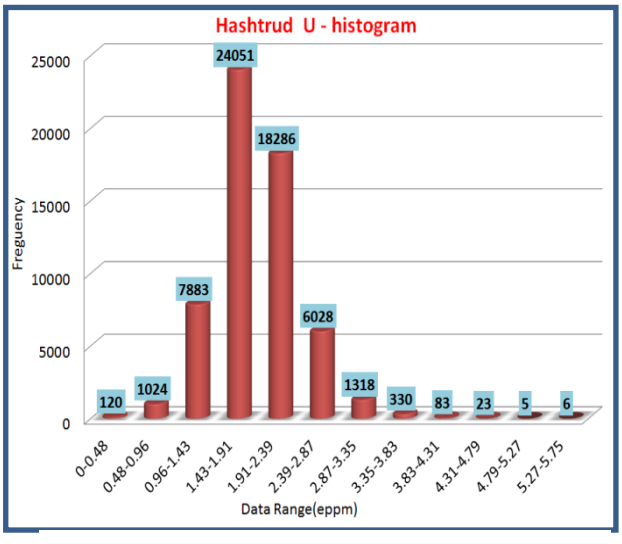
Statistical parameter	K(%)
Mean	۱.۹۴
Median	۱.۸۴
SD	۰.٥۴
SV	۰.۲۹
Maximum	۶.۴۲
Minimum	۰.۲۷



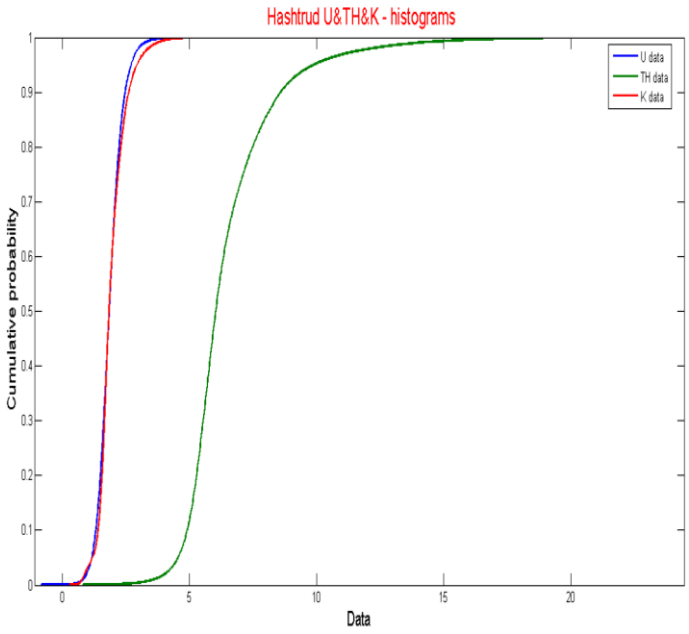
شکل ۳- نمودار هیستوگرام عنصر توریوم منطقه هشترود



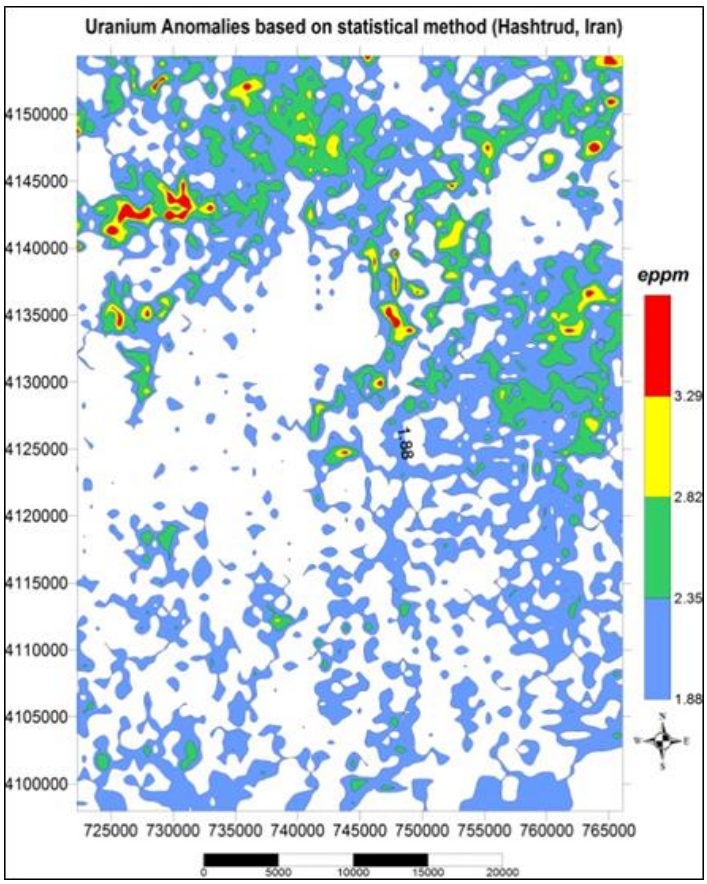
شکل ٤ - نمودار هیستوگرام عنصر پتاسیم منطقه هشترود



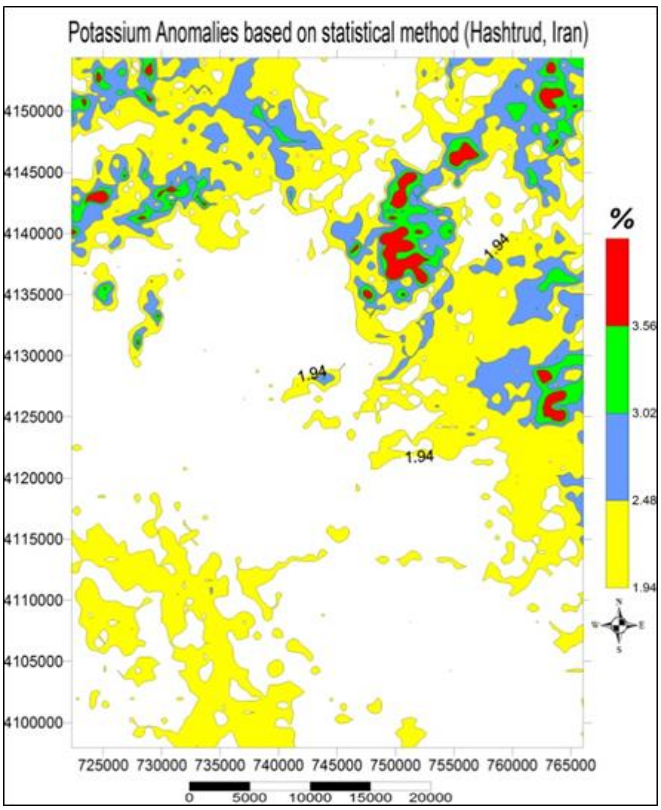
شکل ۲- نمودار هیستوگرام عنصر اورانیوم منطقه هشترود



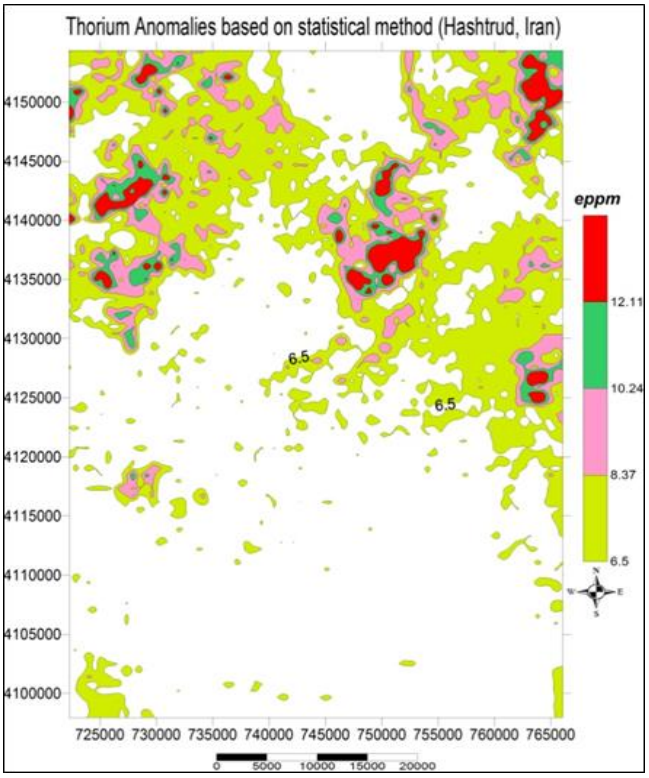
شکل ۵- نمودارفراوانی تجمعی عناصررادیواکتیو منطقه هشترود



شکل ٦- نقشه معرفی بی هنجاری اورانیوم در منطقه هشترود



شکل ۸ – نقشه معرفی بی هنجاری پتاسیم در منطقه هشترود



شکل ۷– نقشه معرفی بی هنجاری توریوم در منطقه هشترود

معرفی اندیس های معدنی عناصر پرتوزا به روش هندسه فرکتال

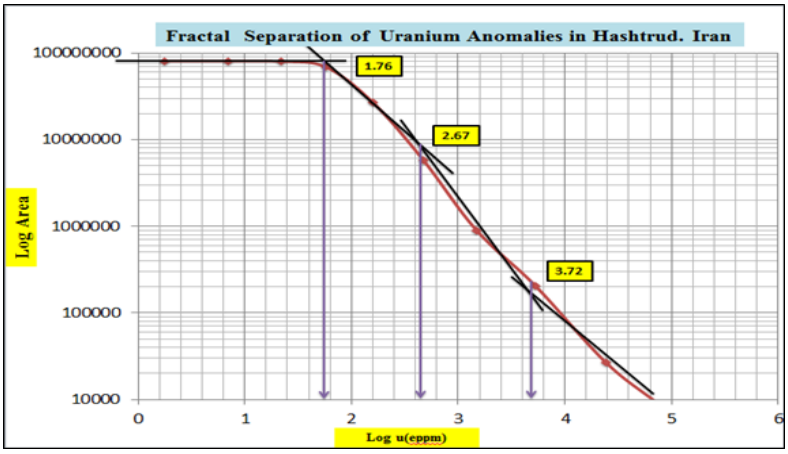
در روش جدیدتر هندسه فرکتال ساختار فضایی داده ها نیز مورد توجه قرار می گیرد، در صورتی که در روش های آمار کلاسیک، به ساختار فضایی داده ها توجه نمی شد. تعیین حد آستانه، بی هنجاری ممکن و بی هنجاری احتمالی در هندسه برخال به روش های گوناگونی صورت میگیرد که یکی از آنها روش عیار- مساحت است . این روش تغییرات سطح محصور منحنی ها را نسبت به تغییرات غلظت (عیار) می سنجد که در نتیجه به یک تابع نمایی می رسیم که این تابع ساختار برخالی دارد (Turcotte, D. L., 1986) برای به دست آوردن منحنی عیار_مساحتِ داده های اورانیم، توریم و پتاسیم ابتدا باید نقشه کنتوری آنها را در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به دست آوریم تا از روی این نقشه کنتوری مساحت محصور به هر عیار را به دست آید. و این کار با نرم افزار Arc View صورت می گیرد و درون یابی داده ها و ترسیم نقشه کنتوری نیز به انجام می رسد. عیار هر کنتور نیز به دست آید. با توجه به مساحت های محاسبه شده برای هر عیار، منحنی عیار- مساحت را به صورت تجمعی ترسیم می کنیم که نتیجهٔ آن در شکل های ۹ تا ۱۱ است. اکنون با توجه به شکل های پیش گفته و خط های برازش شده مورد نظر، اولین خط برازش شده، جامعه زمینه را برای ما مشخص می کند و نقطه تلاقی آن با خط دوم مشخص کنندهٔ حد آستانه ای است که ممکن است در دو مقیاس ناحیه ای و محلی، خود را نشان دهد و دو خط بر حد آستانه برازش خواهد شد. خطوط بعدی نشان دهنده جوامع بی هنجاری اند. نتایج محاسبات در جدول ٤ خلاصه شد ه است. با توجه به مقادیر به دست آمده از روش فرکتال ، نقشه معرفی بی هنجاری ها برای عناصر اورانیم، توریم و پتاسیم، مشخص شده است که به ترتیب در شکل های ۱۲ تا ١٤ مشاهده می شود.

نمودار پراکنش عناصر پرتوزا

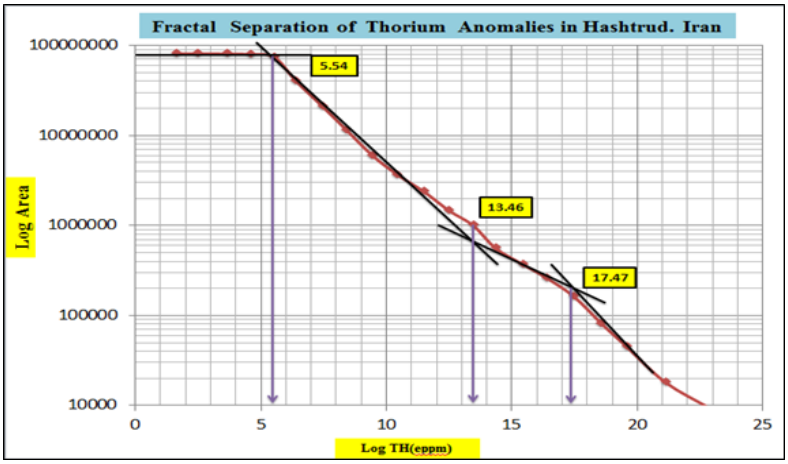
برای تعیین اینکه آیا ارتباط معنی‌داری میان تغییرات متغیرهای آماری وجود دارد، ضرایب همبستگی میان آنها محاسبه می‌شود. این عمل به دو منظور کشف همبستگی بین عناصر و تخمین مقدار یک عنصر از روی عنصر یا عناصر دیگر صورت می‌گیرد. یکی از راه های بررسی ارتباط تغییرات عناصر با یکدیگر، رسم نمودار پراکنش می‌باشد. نمودار زوج مرتب‌هایی از مقادیر دو عنصر که تقریبا دارای تابع توزیع یکسان باشند در یک نمودار دو بعدی ترسیم می‌گردند. هر چه پراکندگی نقاط در نمودارهای پراکنش بیشتر باشد پیوند بین متغیرها ضعیف‌تر است(عابدیان ۱۳۸۹). دراین مقاله با استفاده از نرم افزار SPSS نمودارهای پراکنش عنصر اورانیوم با سایر عناصر رادیواکتیو در منطقه تهیه شده است که در شکل های ۱۵تا ۱۷مشاهده می شود.

نقشه های رایوالمانی مثلثی

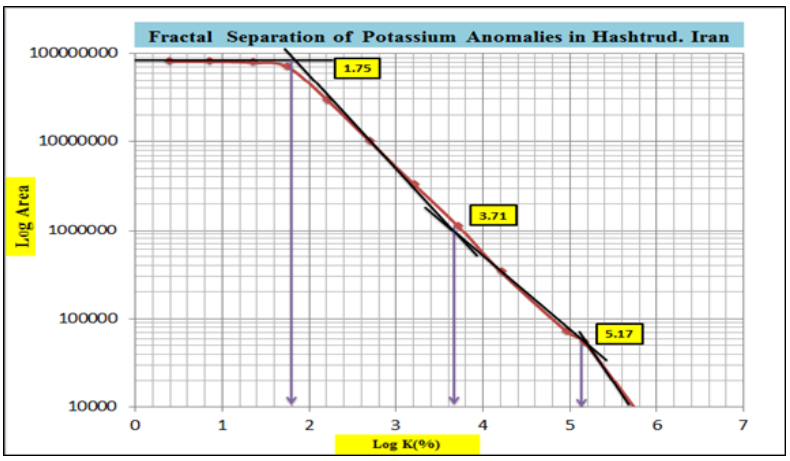
یکی از پرکاربردترین نقشه های اکتشافی در مراحل ژئوفیزیکی شناسایی عناصر پرتوزا، استفاده از نقشه های رادیوالمانهای مثلثی رادیواکتیو است. یک نقشه رادیوالمان مثلثی یک تصویر ترکیبی رنگی است که توسط تنظیم کردن فسفرهای قرمز، سبز و آبی علائم نمایش دهنده، یا رنگ های زرد، سرخابی و فیروزه ایی یک خروجی متناسب با مقادیر غلظت رادیوالمانی شبکه های مجموع تابش گاما، تابش تفکیک شده عنصر اورانیوم، تابش تفکیک شده عنصر توریوم و تابش تفکیک شده عنصر پتاسیم تولید می شوند. این نقشه ها برای ارزیابی محدوده اکتشافی در مراحل اولیه اکتشاف بر مبنای هم پوشانی ناهنجاری های عناصر رادیواکتیو بر روی یکدیگر، راهگشای اکتشافی مناسبی برای یافتن ارتباط کانه زایی عناصر مختلف رادیواکتیو در واحدهای سنگی متفاوت خواهد بود (Milligan, 1997) شکل ۱۸ نقشه رادیوالمان مثلثی را برای بررسی های طیف سنجی پرتو گامای مرتبط با منطقه هشترود در استان آذربایجان شرقی نشان می دهد.



شکل ۹- نمودار عیار _ مساحت داد ه عنصر اورانیوم متطقه هشترود



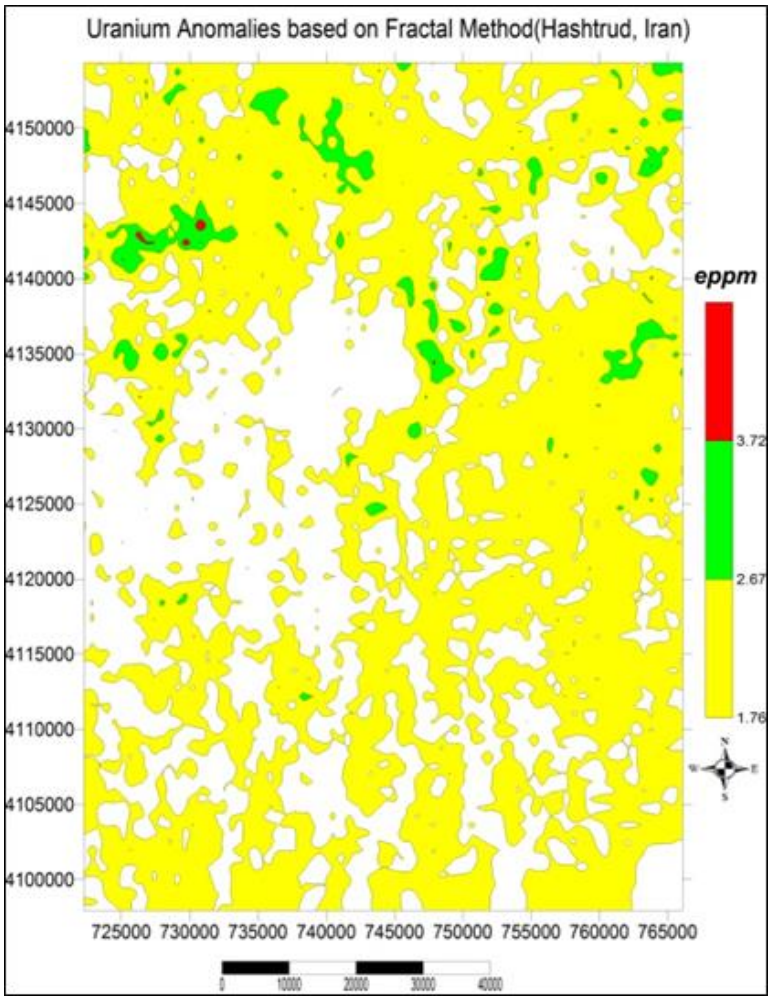
شکل۱۰ - نمودار عیار _ مساحت داد ه عنصر توریوم متطقه هشترود



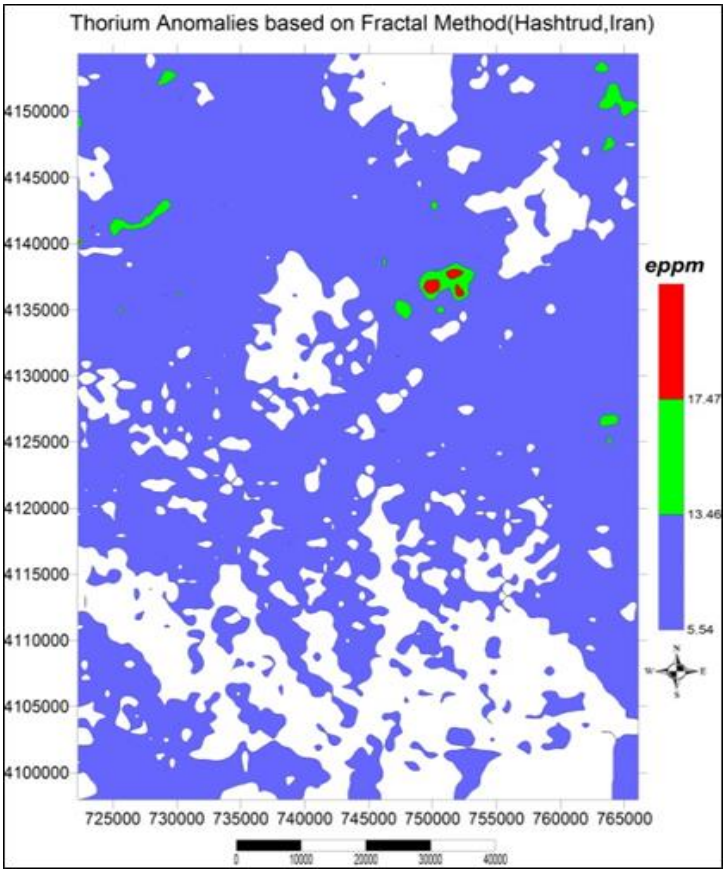
شکل ۱۱- نمودار عیار _ مساحت داده عنصر پتاسیم متطقه هشترود

جدول ٤- برآورد حد آستانه ، بی هنجاری ممکن و احتمالی
برای عناصر اورانیم، توریم و پتاسیم با توجه به روش فرکتال

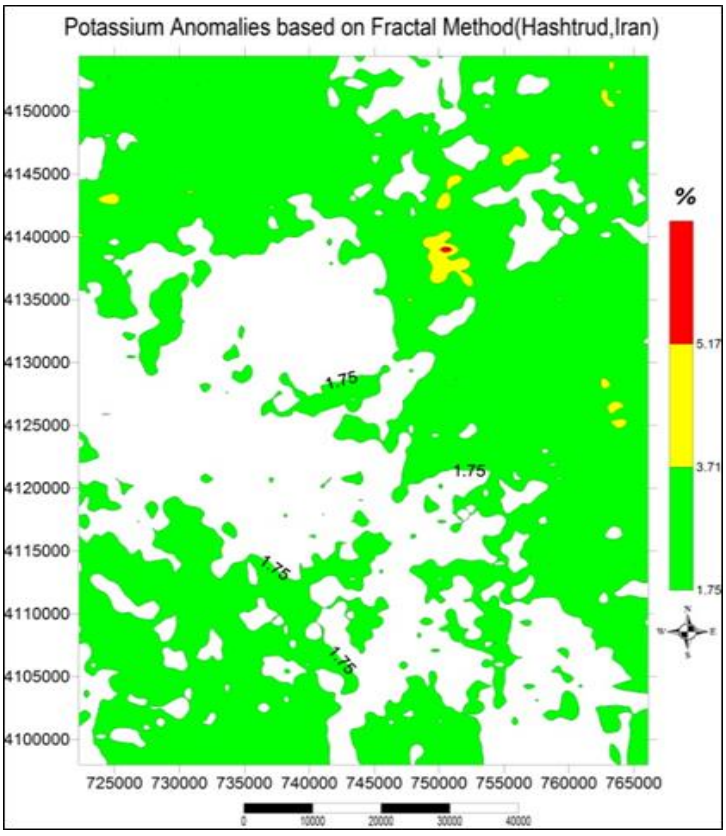
K	TH	U	Thresholds
۱.۷	۵.۵	۱.۷	Low intensity threshold
۳.۷	۱۳.۶	۲.۶	Moderate intensity threshold
۵.۱	۱۷.۶	۳.۷	High intensity threshold



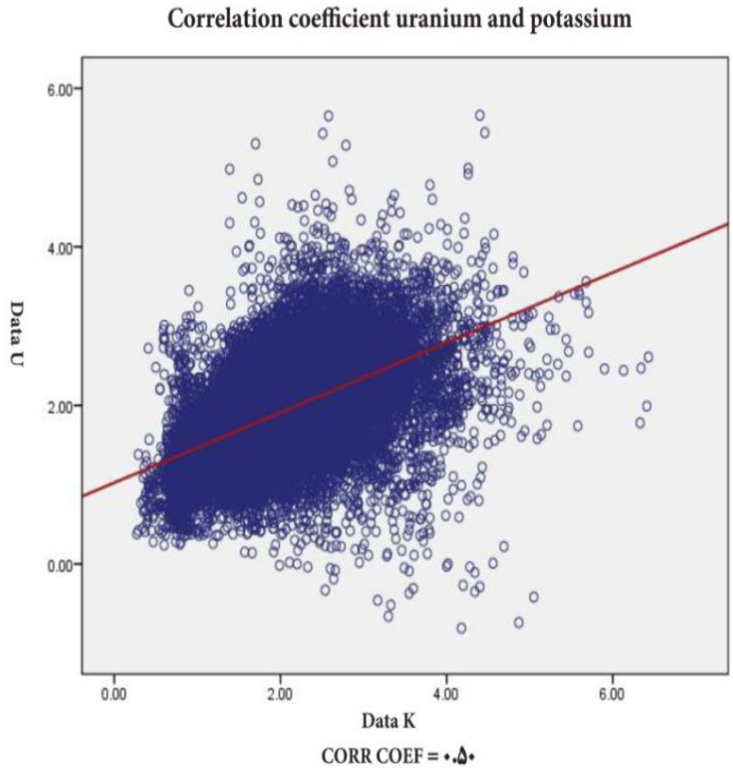
شکل ۱۲- محدوده های به دست آمده برای عنصراورانیوم با توجه به روش فرکتال



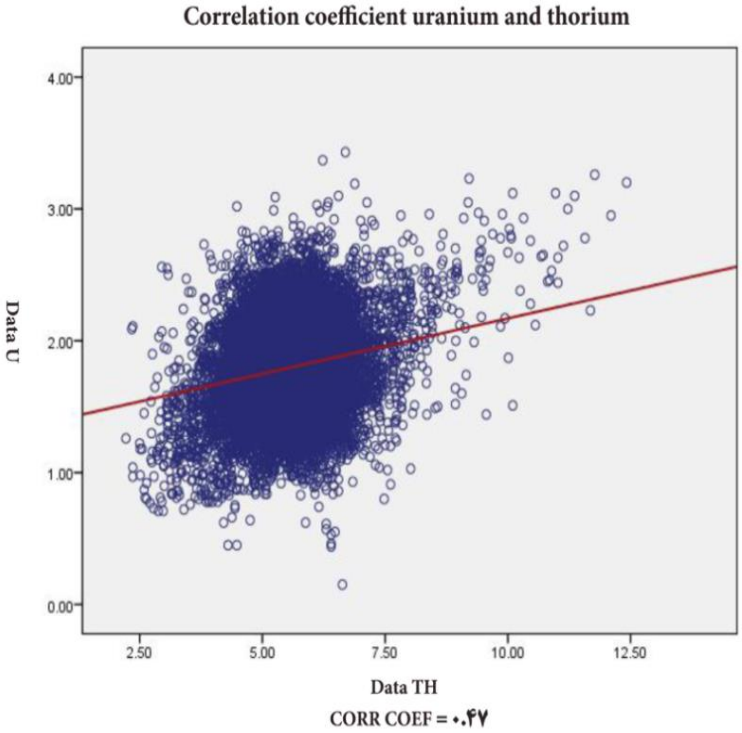
شکل ۱۳- محدوده های به دست آمده برای عنصر توریوم با توجه به روش فرکتال



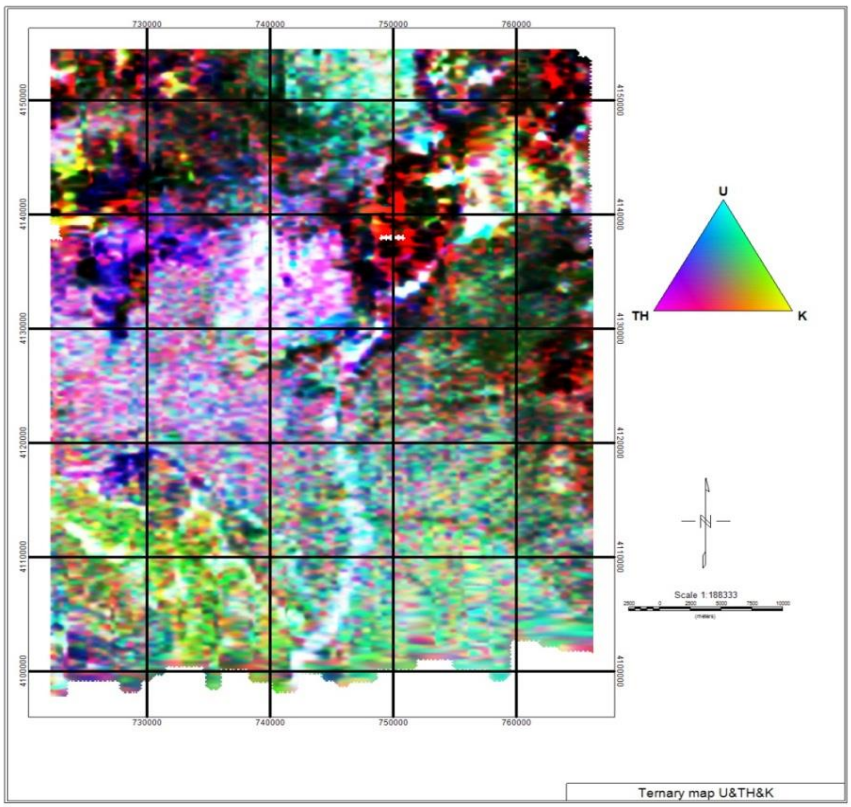
شکل ١٤- محدوده های به دست آمده برای عنصرپتاسیم با توجه به روش فرکتال



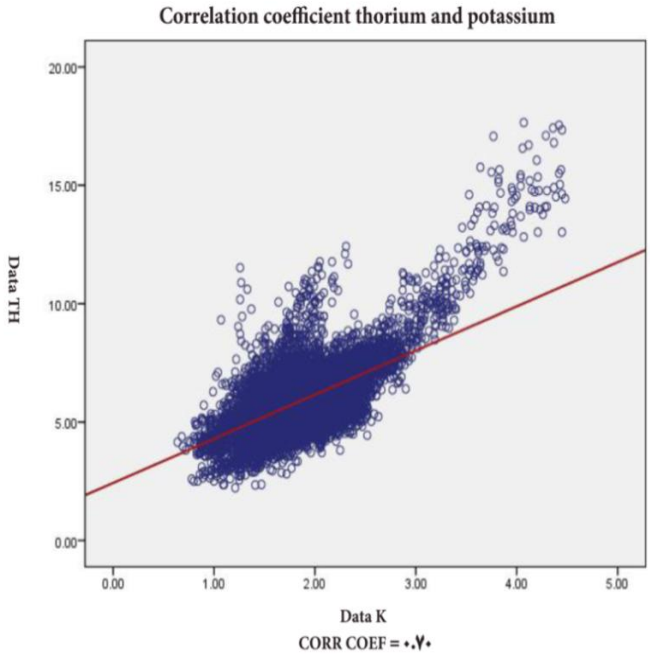
شکل ۱۵- نمودارهای پراکنش عناصر اورانیوم و پتاسیم در منطقه هشترود



شکل ١٦- نمودارهای پراکنش عناصر اورانیوم و توریوم در منطقه هشترود



شکل ۱۷- نمودارهای پراکنش عناصر توریوم و پتاسیم در منطقه هشترود



شکل ۱۸- نقشه رادیوالمانی مثلثی داده های رادیومتری اورانیوم، توروریم و پتاسیم در منطقه هشترود

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصله از دو روش آماری و فرکتال برای جدایش جوامع بی هنجاری از زمینه، مهم ترین نتیجه حاصل، استفاده از چند روش متفاوت برای جدایش بی هنجاری از زمینه است، تا محدوده های معرفی شده برای ادامه مراحل اکتشافی از بیشترین احتمال وجود عناصر پرتوزا برخوردار باشند. همان طور که در منطقه هشترود دو روش آماری و فرکتال هر کدام معرف محدوده های متفاوتی بودند که با هم پوشانی این دو روش، نتایج بهتری برای معرفی بی هنجاری ها حاصل شد. . با توجه به مقایسه دو روش کلاسیک و فرکتال مشخص شد که نقشه های آنومالی دو عنصر پتاسیم و توریوم در منطقه شباهت زیادی دارند. این مساله منطبق بر ضریب همبستگی مثبت بین عناصر است و نشان دهنده منشاء و زایش مشترک این دو عنصر در منطقه است. همچنین با تطبیق نقشه زمین شناسی با محدوده های بی هنجاری عناصر پرتوزای منطقه هشترود، مشخص شد که بی هنجاری های اورانیوم بیشتر در سنگ های مارن، سیلت و ماسه سنگ های خاکستری وجود داشته و ناهنجاری های توریوم و پتاسیم در ارتباط با واحدهای سنگی گرانیت، توف های خاکستری و بازالت ها که مربوط به دوران ائوسن و الیگومیوسن می باشند قرار دارند. با ترسیم هیستوگرام ها و نمودار تجمعی عناصر پرتوزا در منطقه نشان داده شد که نمودار فراوانی عناصر اورانیوم و پتاسیم و به صورت نرمال یا زنگوله ایی شکل است که نشان دهنده توزیع و پراکندگی طبیعی این عناصر در منطقه و همچنین نمودار فراوانی عنصر توریوم به صورت لاگ نرمال به سمت چپ دیده شده که نشان دهنده پراکندگی غیر طبیعی این عنصر در منطقه مورد مطاله است. در نهایت همچنین با تهیه نقشه رادیوالمان مثلثی داده های رادیومتری مشخص شد که جوامع بی هنجاری مشترک بین عناصر به رنگ مشکی در شمال شرقی منطقه منطبق با آنومالی های توریوم وپتاسیم و جامعه زمینه به رنگ سفید در جنوب هشترود نمایان می‌شود.

منابع

-**حسنی پاک، ع .، شرف الدین، م.** ،(۱۳۸۰)، "تحلیل داده های اکتشافی"، انتشارات دانشگاه تهران ، تهران ، ایران ، فصول اول ، دوم ، نهم و دوازدهم.

_**ضیاء ظریفی، ا.، (۱۳۸۹)** ، "کتاب مبانی اکتشافات رادیومتریک ژئوفیزیکی"، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ۳۰۸ ص.

_**عابدیان، ن.، (۱۳۸۹)** ، "پی جویی به روش اکتشافات ژئوشیمیایی در ورقه ۱:۲۵۰۰۰ رفسنجان"

_**قنادی مراغه، م.،(۱۳۸٦)** ، "مبانی علوم و مهندسی هسته ای"، پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران.ص ۲۳-۳۱.

_**ضیاء ظریفی، ا.، (۱۳۸۷)** ، "اکتشاف ناحیه ای اورانیوم در برگه های ترک و اونلیق آذربایجان شرقی"، رساله دکتری زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، ایران _ تهران.

_ **Agterberg, F.P., et al., (1996),"** Multifractal modeling of fractures in the Lac du Bonnet batholiths Manitoba", Comput. Geosci. 22(5), pp497-507.

_ **Cheng, Q., et al., (1994),** "The separartion of geochemical anomalies from background by fractal methods, Journal of Geochemical Exploration", vol. 5, pp. 109–130.

_ **Goncalves, M.A., et al., (2001),"** Geochemical anomaly separation by multifractal modeling", Journal of Geochemical Exploration, pp. 91-114.

_Li, C., Ma, T., and Shi., (2003)," J.: Application of a fractal method relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background", J. Geochem. Explor., 77,pp 167–175,.

_Turcotte, D. L., (1986), "A Fractal Approach to the Relationship between ore grade and Tonnage", Econ. Geol., l81, pp1528-153

-Milligan, p., Gunn, P., (1997), "enhancement and interpretation of airborne geophysical data" AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics, v.17, n.2, pp63-75.

_IAEA_OECD,2008,Uranium,(2007):"Resources, Production and Demand, A Jolnt Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency(Read book 2007)".

IAEA TECDOC,(2003),"Guidelines for radio element mapping using gamma ray spectrometery data"

.