

شناسایی محدوده‌های امیدبخش جهت اکتشاف اورانیوم در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ترک بر مبنای داده‌های ژئوفیزیک هوایی

افشار ضیاء‌ظریفی^۱، پیمان افصل^۲

۱- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، afshar_zarifi@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، peymanafzal@yahoo.com

چکیده

امروزه اطلاعات حاصل از عملیات ژئوفیزیک هوابردی اهمیت فراوانی در اکتشاف مواد رادیواکتیو دارند. در حقیقت این داده‌ها پایه اصلی برای اکتشاف عنصر اورانیوم در مناطق مختلف هستند. در این نوشتار با تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ژئوفیزیک هوایی شمال غربی ایران در برگه ۱:۵۰۰۰۰ ترک به شماره ۵۵۶۵II محدوده‌های امیدبخش برای عنصر اورانیوم مشخص شده‌اند. نخست با تحلیل آماری و ترسیم نقشه‌های هم‌شدت محدوده‌های امیدبخش معین و اولویت‌بندی شده‌اند. سپس با کنترل زمینی داده‌ها در محدوده‌های امیدبخش شامل عملیات ژئوفیزیکی زمینی و برداشت نمونه‌های سطحی از تمام محدوده‌های امیدبخش و انجام آنالیز شیمیایی روی آنها، صحت داده‌های ژئوفیزیک مورد بررسی قرار گرفته‌است. همچنین داده‌های زمین‌شناسی این برگه نیز مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج حاصل از داده‌های ژئوفیزیک هوایی مقایسه شده‌است. در نهایت با تجزیه و تحلیل نقشه‌های حاصل شده، محدوده‌های امیدبخش جهت مراحل بعدی اکتشاف اورانیوم در این برگه معرفی و پیشنهاد شده‌اند.

کلمات کلیدی: اورانیوم، ژئوفیزیک هوابردی، ترک، محدوده امیدبخش

Reconnaissance of Expectation Areas for Uranium Exploration in Tark 1:50,000 Sheet Basis Geophysical Airborne Data

Afshar Zia Zarifi, Peyman Afzal

Abstract

Nowadays, geophysical airborne data have high importance for radioactive mineral exploration. in fact these data is major base for uranium exploration. in this study by airborne radiometric data interpretation collected from tark 1:100,000 sheet No. 5565II situated in NW Iran expectation areas for uranium were recognized. First, by statistical analysis of these data and drawing contour maps these areas were distinguished. Next, these areas were controlled in field by field geophysical operations, sample collection and analyzed and data accuracy was considered. Also, geological data were considered and comprised with geophysical airborne data. Finally by interpretation of drawn maps, expectation areas for uranium exploration in the sheet were introduced and proposed.

Key words: Uranium, Tark, Geophysical airborne, expectation areas

۱- مقدمه

در چرخه تولید سوخت هسته ای شناسایی و ارزیابی ذخایر اورانیوم در سطح کشور بعنوان اولین حلقه زنجیره جهت تأمین سوخت مورد نیاز نیروگاههای اتمی از اهمیت زیادی برخوردار است. بدین منظور حدود ۶۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع از مساحت کشور تحت پوشش اکتشاف هوایی قرار گرفته است. شرکت استیرکس (استرالیایی) یکی از سه شرکت خارجی بود که در سالهای ۱۹۷۷ و ۱۹۷۸ پروژه پراوهای هوایی جهت اکتشاف مواد پرتوزا و مغناطیس سنجی را در ایران اجرا نمود و بیشترین ناحیه پراوای آن در شرق، شمالشرقی و محدوده کوچکی از شمالغربی کشور پهناور ما متمرکز بوده است. اطلاعات رادیومتری و مغناطیس هوایی بدست آمده این شرکت شامل اندازه گیری عناصر اورانیوم، توریوم، پتاسیم، مگنتیک، مجموعه انرژیها و نسبت اورانیوم به توریوم، اورانیوم به پتاسیم، توریوم به پتاسیم، توریوم به پتاسیم است. در این مقاله برگه ۱/۵۰۰۰۰ ترک از محدوده شمالغربی ایران که حاوی ناهنجاریهای اورانیوم بوده، بررسی و پس از پردازش و تحلیل داده های هوایی و تهیه نقشه هم شدت غلظت اورانیوم، کنترل زمینی محدوده های ناهنجاری انجام شد و نتایج آن ارائه شد.

۲- بحث

۲-۱- موقعیت و راههای دسترسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در برگه ۱/۵۰۰۰۰ ترک (2-5565) یکی از چهار برگه ۱/۵۰۰۰۰ نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب (5565) بوده که در شمال غرب ایران در استان آذربایجان شرقی، در بین عرضهای جغرافیایی 37°.30' تا 37°.45' شمالی و طولهای جغرافیایی 47°.45' تا 48°.00' غربی واقع شده است. وسعت تقریبی محدوده مورد مطالعه حدود ۶۱۴ کیلومتر مربع می باشد. این منطقه به لحاظ قرار گیری در بخش شمالی و کوهستانی آذربایجان دارای آب و هوای معتدل در تابستان و سرد در زمستان می باشد. رشته کوههای مهم ناحیه با ارتفاع حداکثر ۳۲۰۶ متر در رشته بزقوش و تپه ماهور و دشتهای نسبتاً وسیع به ارتفاع ۱۶۵۶ متر در بخش شمال و ۱۲۰۰ متر در قسمت جنوبی است. از مهمترین روستاهای منطقه می توان به روستاهای بنیان آباد، دیوانلیق، تازه کند، همپا، کندوان، برنلیق، نقاباد و النجارق را نام برد. وجود توپوگرافی ملایم در محدوده آنومالی از نکات قابل توجه است. دسترسی به منطقه و محدوده آنومالی عناصر پرتوزا از طریق شهر میانه به راحتی امکان پذیر است. راه میانه به هروآباد در قسمت جنوبی ناحیه پس از عبور از ترک با چرخشی بطرف شمال خاور تا هرو آباد ادامه دارد که بهترین راه دسترسی منطقه است.

۲-۲- زمین شناسی عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی در قسمت جنوب شرقی برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ سراب قرار می گیرد. پی سنگ این منطقه سنگهای دگرگونی و توده های نفوذی گرانیتوئید است. تکوین زمین شناسی این منطقه تلفیقی از رویدادهای مؤثر بر ففقا از سوی شمال، ایران مرکزی و زون سنندج سیرجان و کمربند افیولیتی چین خورده زاگرس است. بطور کلی تشکیل کانسارهای اورانیوم از نوع رگه ای به رخدادهایی که از ائوسن پسین روی داده، محدود می گردد چه حوادث قدیمی تر مناسب کانی سازی اورانیوم نیست. اگر توده پرکامبرین بیجار - میانه، تکاب را بعنوان بلوکی پایدار تصور کنیم در حاشیه بخصوص شمالی آن که روند شمالغربی - جنوبشرقی دارد فعالیت ماگماتیسیم بصورتهای ۱- توده گرانیتوئیدی قوشه داغ - شیورداغ - مگری - اردوباد ۲- سینیت های الکالن دچان - کلیبر ۳- ولکانیک های ریولیتی - بازالتی ریفتی حوضه میانه در زمان میوسن ۴- تراکیت های الکالن و آتشفشانی مؤثر در حاشیه پی سنگ پرکامبرین روی داده است. کانی سازی رگه ای مس، مولیبدن، روی، آرسنیک، جیوه، کبالت، بیسموت در ارتباط با رخدادهای فوق است. موقعیت زمین شناسی، پارائز عناصر با یکدیگر، آلتراسیون حاصل از محلولهای هیدروترمال، رخساره سنگهای آذرین و ارتباط آنها با ویژگیهای تکتونیکی حکایت از آن دارد که رخساره های فوق مناسب کانی سازی اورانیوم است. وجود آثار مواد پرتوزا در نفیلین سینیت دچان، معدن چند فلزی بایچه باغی حاصل از فعالیت آتشفشانی، آثار اورانیوم در نواحی بزقوش، قوشه داغ، ولیلو، مزرعه، انگرد، سرخانلو (ساری کانلو) و غیره. .. این ناحیه را به عنوان منطقه ای دارای پتانسیل معرفی می نماید که می توان کانسارهای رگه ای

(هیدروترمال)، پورفیری به همراه مس و مولیبدن در ناحیه انداب جدید و رسوبی (حوضه تلخه رود، میانه و مراغه) و آتشفشانی را انتظار داشت.



شکل ۱- نمایی از سنگهای دولومیتی با پرتوزایی بالا در منطقه ترک (cps=750 C/S)

۲-۳- تحلیل آماری و تهیه نقشه های هم شدت عنصر اورانیوم

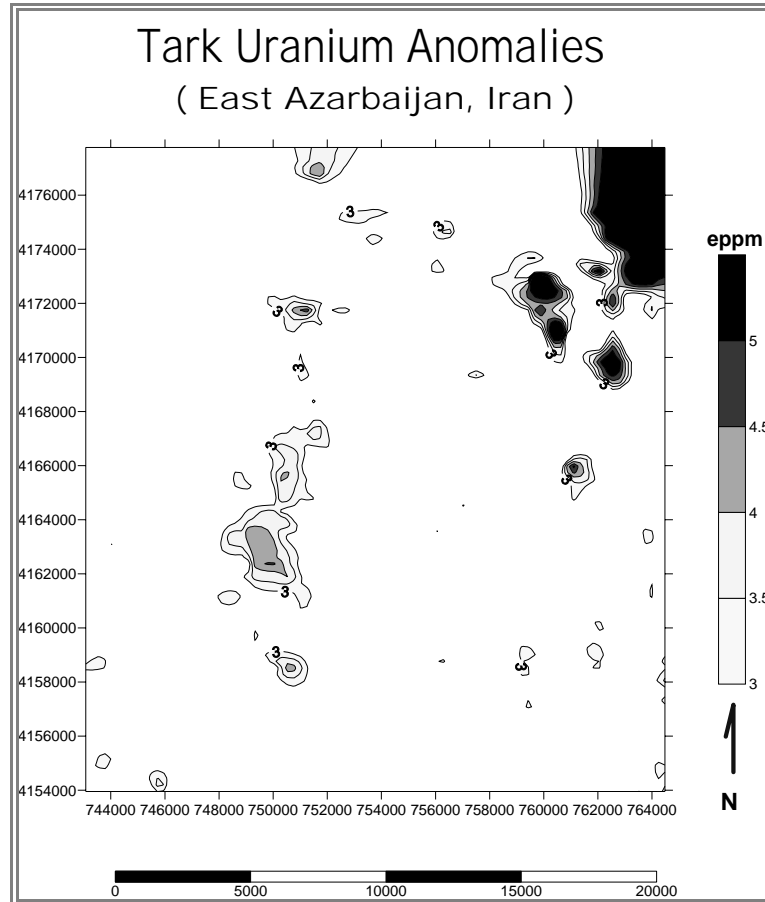
داده های بدست آمده، از پروازهای انجام شده در منطقه توسط نرم افزار RtiCad به صورت دیجیتالی در آمده و شامل سه مولفه x ، y و z ، به ترتیب شامل طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و غلظت (عیار) اندازه گیری شده مورد نظر است. برای بدست آوردن توزیع فراوانی عناصر اورانیوم و توریوم در منطقه ترک، ابتدا باید داده ها را به صورت صعودی از کمترین مقدار تا بیشترین مقدار، مرتب کنیم. داده های موجود در برگه ترک شامل ۱۱۶۹۵ داده میباشد که این داده ها پردازش، مرتب سازی و همچنین با فیلترینگ، داده های کاذب از میان آنها حذف گردید. [۳] در جدول (۱) نتایج محاسبات آماری داده های رادیومتری هوایی منطقه ترک لیست شده است. در جدول محاسبات آماری به ترتیب برای داده های مجموع انرژی گامای اندازه گیری شده، معادل اورانیوم، معادل توریوم و پتاسیم اعمال شده است و نتایج محاسبات آماری پارامترهای مورد نیاز عنوان شد.

جدول ۱- محاسبات آماری برگه ۱/۵۰۰۰۰ ترک

پارامتر (eppm)	حداقل داده	حداکثر داده	میانگین	انحراف معیار	حد آنومالی	آنومالی ممکن	آنومالی احتمالی
T.C.	4.61	36.65	11.82	3.25	15.07	18.32	21.57
eU	0.0	10.23	2.17	0.84	3.01	3.85	4.69
eTh	2.66	36.1	8.34	3.4	11.7	15.1	18.5
K	0.78	6.08	2.18	0.59	2.77	3.36	3.95

با توجه به پارامترهای آماری محاسبه شده، تفکیک جوامع زمینه و آنومالی منطقه ترکانجام شد. معمولاً $\bar{x} + \sigma$ را به عنوان حد آستانه ای، $\bar{x} + 2\sigma$ را به عنوان آنومالی ممکن و $\bar{x} + 3\sigma$ را به عنوان آنومالی احتمالی در نظر می گیرند. [۵] با توجه به توضیحات بالا، تفکیک و جداسازی جوامع آنومالی برای داده های اورانیوم منطقه ترک انجام شد و سپس از روی این مقادیر بدست آمده نقشه تفکیک ناهنجاریهای عنصر اورانیوم از مقادیر زمینه، توسط نرم افزار surfur تهیه شده است. مبنای تفکیک مقادیر زمینه، حد آستانه و ناهنجاریها روش آماری است و برای درون یابی داده های عنصر اورانیوم و تهیه نقشه هم شدت، روش درون یابی معکوس فاصله^{۱۱} انتخاب شد. در شکل (۲) نقشه معرفی ناهنجاریهای اورانیوم مشاهده می شود

۱- Inverse distance



شکل ۲- نقشه تفکیک آنومالی عناصر اورانیوم در منطقه ترک

۲-۶- برداشت های ژئوفیزیک زمینی در محدوده های ناهنجاری عنصر اورانیوم

برای شناسایی محدوده های «داغ» کانسارهای پرتوزا از اطلاعات رادیومتری موجود و مطالعات زمین شناسی منطقه استفاده شد و با استفاده از روش آمار کلاسیک، مناطقی را که احتمالاً می توانیم در آنها بدنبال کانسارهای پرتوزا باشیم شناسایی و مشخص شد. برای مراحل فوق بیشتر مطالعات در مقیاس ناحیه ای مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نتایج حاصله از تحلیل دانسته های رادیومتری هوایی برای تعیین آنومالیها، مناطق کوچک با اولویت بندی از لحاظ وجود کانسارهای پرتوزا مشخص شد و مرحله بعدی کار یعنی مطالعات در مقیاس محلی و کوچک انجام شد. بعد از مشخص شدن محدوده های کانسارهای پرتوزا از دانسته های رادیومتری هوایی و نتایج روشهای مختلف تعیین آنومالیها و مقایسه آنها با هم و در نهایت رسیدن به نتیجه مطلوب، مرحله جدیدی از مطالعات که در واقع برداشتهای رادیومتری زمینی در محدوده های مشخص شده روشهای تعیین آنومالیها است شروع شد. در این مرحله، از اطلاعات بسیار گوناگون و متنوعی نظیر سنگ شناسی، فازهای تکتونیکی مختلف کانی سازی، زمین شناسی و برداشتهای ژئوفیزیکی برای تایید مناطق کوچک مشخص شده توسط روشهای تعیین آنومالی استفاده شد. روشهای اکتشافی برای یافتن کانسارهای پرتوزا و به خصوص کانسارهای اورانیوم همچون سایر پروژه های اکتشافی تابعی از هدف و وسعت منطقه مورد مطالعه است. ولی از جمله اختصاصات روشهای اکتشاف کانسارهای پرتوزا که اورانیوم در راس آنها قرار دارد، استفاده از تکنیکهای خاص به منظور شناسایی مواد رادیو اکتیو می باشد. [۲] از جمله این تکنیکهای خاص می توان از اندازه گیری تشعشعات رادیواکتیو ساختارها و واحدهای سنگی منطقه نام برد. با توجه به اینکه کانسارهای پرتوزا از خود تشعشع رادیو اکتیو دارند، بنابراین بهترین و راحت ترین راه شناخت این کانسارها اندازه گیری تشعشع رادیو اکتیو آنهاست. در برداشتهای رادیومتری زمینی در ابتدا، رادیو متری دستی به وسیله سنتیلومتر انجام می شود و بعد از تشخیص مناطق با تشعشع بالای رادیواکتیو در مرحله بعدی در مناطق مشخص شده توسط سنتیلومتر بدلیل اینکه در بین

کانسارهای پرتوزا اورانیوم از اهمیت ویژه ای برخوردار است و در واقع هدف اکتشاف مواد رادیو اکتیو نیز به اکتشاف اورانیوم منتج می شود، چون تابش اشعه گاما می تواند از عناصر اورانیوم و ایزوتوپهای آن (U²³⁴-U²³⁵-U²³⁸)، توریم (Th²³²) و پتاسیم (K⁴⁰) صورت گیرد، بنابراین باید مشخص شود که تابش اشعه گامای اندازه گیری شده توسط سنتیلومتر مربوط به کدام یک از این عناصر می باشد. به لحاظ دلایلی که ذکر شد باید پس از اندازه گیری تشعشع مواد رادیواکتیو توسط سنتیلومتر، تفکیک عناصر ساطع کننده اشعه گاما صورت گیرد تا مشخص شود این تشعشع بیشتر مربوط به کدام عنصر رادیواکتیو می باشد و برای این کار از دستگاه اسپکترومتر اشعه گاما استفاده می کنند که در این دستگاه تفکیک تابش اشعه گاما از عناصر مختلف صورت می گیرد. [۱]

هر چند در بعضی از موارد باید متذکر شد که گاز رادون هم بدلیل داشتن توان انرژی مشابه در محدوده پنجره های اندازه گیری اورانیوم تداخل می کند که این امر تنها با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی نمونه های زمینی (XRF) محقق خواهد شد. دستگاه اسپکترومتر جهت اندازه گیری عناصر پرتو زا استفاده شد و اندازه گیریهای از تابش اشعه گاما و تفکیک عناصر ساطع کننده این تشعشع انجام شد. ماده آشکار کننده اشعه گاما در این دستگاه بلور یدور سدیم در مجاورت تالیوم NaI(Tl) می باشد. اساس کار دستگاه اسپکترومتر اشعه گاما بر متناسب بودن پالسهای الکتریکی خارج شده از فتومولتی پلایر با پالسهای نورانی وارده به آن و نیز متناسب بودن این پالسهای الکتریکی با انرژی اولیه اشعه گامای برخورد کننده با آشکار ساز می باشد. [۶]

اسپکترومتر اشعه گامایی که در اندازه گیری زمینی منطقه ترک استفاده شد، مدل MGS 150 و ساخت کشور چک می باشد. واحد اندازه گیری اسپکترومتر اشعه گاما شمارش در ثانیه برای تابش گاما و برای مقادیر تفکیک شده عناصر ساطع کننده تابش اشعه گاما، معادل p.p.m یا eppm می باشد. مهمترین مزیت این دستگاه جدا کردن تشعشعات تابش گاما از انواع ایزوتوپها است که این امر کمک مهمی در تشخیص و شناسایی منابع ساطع کننده تابش گاما می کند. [۵] در اسپکترومتر تعیین مقدار تشعشعات ناشی از اورانیوم، پتاسیم، توریم و نیز مجموع تشعشعات رادیواکتیو مورد نظر است. با توجه به محدوده های مشخص شده برای کنترل رادیومتری زمینی بر اساس نقشه های هم شدت عناصر پرتوزا در مرحله بعدی رادیومتری زمینی برای تفکیک عناصر منتشر کننده تابش گاما قرائتهای اسپکترومتری اشعه گاما انجام شد و مختصات جغرافیایی هر نقطه نیز شامل طول و عرض جغرافیایی آن نقطه (X, Y) توسط GPS اندازه گیری شد و برای تمام نقاطی که در آنها اسپکترومتری اشعه گاما انجام شد مشخص گردید که نتایج فوق در جدول (۳) مشاهده می شود. در جدول (۳) به ترتیب، شماره گذاری نقاط برداشت شده توسط اسپکترومتر اشعه گاما، سپس مختصات جغرافیایی نقاط قرائت اسپکترومتری شامل (X, Y)، مقادیر عناصر بر حسب eppm برای مجموع انرژی - عنصر پتاسیم - عنصر اورانیوم و عنصر توریم به تفکیک آورده شده است.

جدول ۲- قرائتهای اسپکترومتری اشعه گاما و تفکیک آن برای عناصر اورانیوم، پتاسیم و توریم منطقه ترک

نام نمونه	X	Y	CPS	TC(eppm)	U(eppm)	K(%)	Th(eppm)
86-AZ-T -01	762312	4169579	400	87.1	16.3	6.2	88.1
86-AZ-D-02	750470	4158154	270	45.3	38.1	1.1	4.7
86-AZ-T -03	750300	4158416	250	38.4	31.2	1	4.9
86-AZ-T -04	750751	4158394	500	94.2	68.3	4	10.5

بر مبنای قرائتهای بدست آمده مقادیر اورانیوم در اندازه گیری با اسپکترومتر و سنتیلومتر قابل توجه است. در محدوده نمونه برداری شماره (۱) که در نزدیکی روستای بنیان آباد قرار داشت، سنگهای توف به رنگ سبز روشن پرتوزا است. در محدوده نمونه برداری شماره (۲) که در میان روستاهای دیوانلیق و تازه کند است دارای تنوع سنگی شامل پیروکلاستها و توفهای ریولیتی است که مقادیر اندازه گیری شده از این سنگها نشان از پرتوزایی این سنگها است. در محدوده نمونه برداری (۳) که نزدیک روستای تازه کند است تناوبی از پیروکلاستها، توف ریولیتی و شیل های سبز دیده شد. در محدوده نمونه برداری (۴) که مقادیر بالایی از تشعشع گاما ثبت شد بیشتر سنگهای شیل سبز پرتوزایی بالایی از خود را نشان می داد. در شکل (۳) نمایی از محدوده نمونه برداری شماره (۴) نشان داده شده است.



شکل ۳- نمایی از سنگهای شیل سبز در لایه های میانی (cps=500C/S)

با توجه به اندازه گیری مقادیر قابل توجهی از وجود عناصر پرتوزا در منطقه ترک نمونه های برداشت شده از محدوده های ناهنجار جهت اندازه گیری دقیق عناصر پرتوزا به آزمایشگاه آنالیز شیمیایی جهت انجام آنالیز XRF ارسال شد. پس از انجام آزمایش آنالیز شیمیایی به روش فلورسانس اشعه ایکس نتایج برداشت های زمینی تایید شد. در جدول (۳) مقادیر حاصل از آزمایش آنالیز شیمیایی برای عناصر پرتوزا ملاحظه می شود.

جدول ۳- نتایج آنالیز شیمیایی به روش XRF نمونه های برداشت شده منطقه ترک

نام نمونه	Rb(ppm)	Sr (ppm)	Zr (ppm)	U(ppm)	Th(epm)
86-AZ-T -01	300	18	288	22	78
86-AZ-D-02	20	1099	57	36	2
86-AZ-T -03	10	691	30	248	-
86-AZ-T -04	2	1643	65	156	-

۳- نتیجه گیری

با توجه به اطلاعات برداشت های ژئوفیزیکی رادیومتری هوایی اشعه گاما، این روش طی سالهای اخیر برای تعیین کانیهای معدنی بخصوص سه عنصر پرتوزای اورانیوم، توریم و پتاسیم که خاصیت پرتوزایی دارند بکار رفته است. [۴] پردازش داده های بدست آمده از مهمترین مراحل کار اکتشافی هوابرد می باشد، چون داده هایی که بدست می آیند، داده های خام هستند و استخراج اطلاعات مفید از داده های خام مشکل می باشد. برای تفسیر کمی داده های طیف سنجی پرتو گامای هوابرد روشهای زیادی وجود دارد که از جمله آنها روش آمار کلاسیک می باشد که ما در اینجا با استفاده روش آماری، تفسیر را انجام داده ایم. با استفاده از محاسبات میانگین و انحراف معیار برای کل مقادیر داده ها بر اساس قواعد موجود که در چهارچوب مشخص و استاندارد تعاریف حد آنومالی ($\bar{x} \pm S$)، آنومالی ممکن ($\bar{x} \pm 2S$) و آنومالی احتمالی ($\bar{x} \pm 3S$) مشخص شده است مقادیر حد آستانه، آنومالی ممکن و احتمالی تنها براساس میانگین و انحراف معیار مقادیر کل محاسبه شد. تهیه نقشه آنومالیهای منطقه و معرفی مناطق امیدبخش با صحت و دقت قابل قبول برای ادامه کار اکتشاف اورانیوم در منطقه مورد نظر، انجام شد. بعد از مشخص شدن محدوده های ناهنجاری عناصر پرتوزا، برداشت و اندازه گیری زمینی عناصر اورانیوم و توریم انجام شد. مقادیر قابل توجهی از عناصر پرتوزا در منطقه ترک ثبت شد و برای اطمینان از وجود عناصر پرتوزا نمونه هایی جهت انجام آزمایش آنالیز شیمیایی برداشت و به آزمایشگاه ارسال شد. بر اساس نتایج بدست آمده محدوده های ناهنجاری منطقه ترک در مرحله اول مطالعات امید بخش بوده است. از چهار نمونه برداشت شده در محدوده های آنومالی نمونه های شماره (۳) و (۴) از اهمیت بیشتری برخوردار است. همانطور که در جدول آنالیز شیمیایی نیز ملاحظه شد مقادیر بالای از عنصر اورانیوم حاصل شد. این محدوده نمونه برداری در نزدیکی روستای تازه کند واقع شده و سنگهای پرتوزای آن شیل های سبزی می باشد که بصورت میان لایه ای در پیروکلاستها و سنگها توف منطقه وجود دارند. به همین دلیل مناطق نمونه برداری شماره (۳) و (۴) جهت ادامه عملیات اکتشاف اورانیوم در منطقه ترک مد نظر است و پیشنهاد می شود کارهای اکتشافی ژئوفیزیک زمینی و برداشتهای اشعه آلفا توسط دستگاههای ژئوفیزیکی انجام گیرد و در مناطقی که نتایج مثبت حاصل شد چند حلقه حفاری عمیق جهت بررسی وجود اورانیوم و مغزه برداری آن انجام شود و در انتها در چاههای اکتشافی حفر شده عملیات چاه پیمایی به روش گاما برای دستیابی به افق های پرتوزای داخل چاه انجام شود.

۴- مراجع

- [۱] ضیاء ظریفی افشار، ۱۳۸۴، بررسی نقشه های رادیومتری و مغناطیس هوایی (شرکت استرالیایی استیرکس) در ناحیه شمال غربی ایران و معرفی ناهنجاریهای مواد پرتوزا مخصوصاً اورانیوم در ۲۳ نقشه ۱/۵۰۰۰۰ با طبقه بندی و اولویت آنها از دیدگاه آماری و ژئوفیزیکی، گزارش اکتشافی شماره ۶۹۰-۸۴، شرکت تولید مواد اولیه و سوخت هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران.
- [۲] ضیاء ظریفی افشار، ۱۳۸۵، بررسی ناهنجاریهای ژئوفیزیکی هوایی اورانیوم در نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ بندر انزلی، گزارش اکتشافی شماره ۷۳۷-۸۵، شرکت تولید مواد اولیه و سوخت هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران.
- [۳] حسنی پاک علی اصغر - شرف الدین محمد، ۱۳۸۰، تحلیل داده های اکتشافی (جدایش زمینه از آنومالی، آمار و احتمال مهندسی، تخمین ذخیره)، انتشارات دانشگاه تهران.

[4] Bruce L. Dickson, 2004, "Recent advance in aerial gamma ray surveying" Journal of Environmental Radioactivity 76(2004) 225-236

[5] IAEA-TECDOC, 2003, "Guidelines for radio element mapping using gamma ray spectrometry data".

[6] Sami, H, Abd, N, 2001, " Evaluation of airborne gamma ray spectrometric data for the Missikat Uranium deposit, Eastern desert Egypt". Applied Radiation and Isotopes 54(2001) 497-507.