فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال سیزدهم، شماره ۴۶، بهار۹۸

بررسی آلودگی عناصر رادیواکتیو برپایه اندازه‌گیری‌های ژئوفیزیک رادیومتری هوابرد گلجه زنجان

ایرن حسینی[۱]، شهرام بیک‌پور [*۲]و افشار ضیاظریفی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه زمین‌شناسی زیست‌محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۳- استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

چکیده

محدوده مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در بخش جنوب شرقی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتجین استان زنجان واقع شده است و از نظر موقعیت زمین شناسی البرز غربی و ایران مرکزی گسترش یافته است. در این ناحیه که به نام گلجه/ گلیجه معروف است طیف گسترده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری، توده‌های نفوذی گرانیتی، نهشته‌های تبخیری و رسوبات عهدحاضر رخنمون دارند. وجود عوارض ساختمانی مانند گسل‌ها و همچنین فرسایش تفریقی از دیگر پدیده‌های رمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه است. در این موقعیت زمین‌شناسی آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از عناصر پرتوزای اورانیوم و توریوم و پتاسیم با روش ژئوفیزیک رادیومتری هوابرد و با نمونه‌برداری سیستمانیک بررسی شدند. داده‌های ژئوفیزیک هوابرد اورانیوم و توریوم منطقه در مجموع برای هرعنصر۵۲۱۰۷ داده بوده و از آن‌ها جداول، گراف‌های توزیع فراوانی، متغیرهای آماری و نقشه‌های پراکندگی هریک از عناصر ترسیم شده‌است. بر اساس تجزیه و تحلیل‌های آماری و نقشه‌های هم‌ارزش تهیه شده از نمونه‌های جمع آوری شده بیشترین تمرکز این عناصر (به‌ترتیب ۸، ۴۰ و ۶ پی‌پی‌ام) مربوط به توده‌های نفوذی گرانیتی در غرب ناحیه و کمترین آن متعلق به نواحی مرکزی و بر روی سنگ‌های توفیتی و آذرآواری است. نتایج حاصل از این پژوهش مشخص کردکه در این منطقه احتمال آلودگی زیست محیطی ناشی از عناصر پرتوزای اورانیوم و توریوم وجود ندارد. هرچند که بیشینه تمرکز توریوم در منطقه ورمزیارآباد باعث ایجاد یک بی‌هنجاری قابل توجهی شده که فراتر از حد مجاز استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO) (۲۰ پی‌پی‌ام) است.

واژگان کلیدی : عناصر پرتوزا، رادیومتری هوایی، گلجه، آلودگی رادیواکتیویته.

مقدمه

عناصر پرتوزای طبیعی چه بصورت پراکندگی بیشتر از حدود زمینه در محیط‌های سنگ و خاک و یا بصورت آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های معدن‌کاری و تاثیرات آنها بر محیط اطراف می‌تواند باعث ایجاد آلودگی‌هایی با اثرات زودگذر مانند صدمات جبران ناپذیر به محیط و همچنین اثرات دیرگذر مانند جهش‌های ژنتیکی شیوع برخی سرطان‌های مرتیط با مواد رادیواکتیو و ....شوند. اورانیوم عنصری طبیعی است که تقریبا در تمام سنگ‌ها، آب وخاک

به میزان کم یافت می‌شود وبه نظر می‌رسد که مقدار آن از آنتیموان، برلیوم، کادمیوم، جیوه، طلا، نقره و تنگستن بیشتر باشد و این فراوانی در حد آرسنیک و مولیبدونیوم است(ضیا ظریفی، ۱۳۸۹) . از این رو تجزیه و تحلیل

پراکندگی‌های عناصر رادیواکتیو در خاک‌ها و سنگ‌ها می‌تواند پژوهشی کاربردی در زمینه نگرش زیست‌محیطی اکتشاف معادن محسوب شود. عناصر هدف پژوهش فوق اورانیوم و توریوم‌اند که پراکندگی و توزیع بیشتری در سنگ‌های مختلف آذرین، دگرگونی و رسوبی دارند. بر مبنای ماهیت عناصر رادیواکتیو از خاصیت اندازه‌گیری تابش گامای این عناصر برای شناسایی و تعیین حضور این عتاصر پرتوزا استفاده می‌شود که اساس روش‌های رادیومتری ژئوفیزیکی می‌باشند.. در این پژوهش برگه گلجه زنجان مورد نظر است. منطقه مورد مطالعه در ربع چهارم وجنوب شرقی برگه۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی هشتجین قرار دارد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شامل طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه قرار دارد. وسعت منطقه مورد پژوهش به حدود۸۴۵ کیلومتر مربع (۳۲-۲۶/۴) کیلومتر می‌رسد و از لحاظ زمین‌شناسی قرار گرفته است در شمال شرق-شرق زنجان دو روستا به نام‌های روستای گلجه سفلی از توابع بخش قره‌پشتلو در۴۲ کیلومتری و روستای گلوجا در ۴۷ کیلومتری شمال شهرستان زنجان وجود دارد که ناحیه مورد مطالعه در محدوده آنها قرار گرفته است. پهنه‌های سنگی مورد بررسی در زون‌های زمین‌شناسی البرز غربی و ایران مرکزی قرار گرفته است.

بخش کوچکی از شمال شرقی استان(کوه‌های طارم) در دامنه‌های جنوبی البرز واقع شده است که ریختی ارتفاع ساز دارد و گستره‌های وسیعی از نواحی مرکزی و جنوب استان متعلق به زون ایران مرکزی است. از نظر سنگ شناسی بیشتر رخنمون‌های شمال زنجان همانند سایر نواحی البرز، از توف‌های سبز همراه با میان‌لایه‌هایی شیلی و گاهی آهکی تشکیل شده است. این مجموعه‌های پیروکلاستیک یا آذرآواری زمان ائوسن از نظر چینه‌نگاری به سازند کرج نسبت داده می‌شوند. در بخشی از استان زنجان که در زون البرز غربی قرار میگیرد بطورکلی نهشته‌های آتشفشانی ائوسن شامل گدازه‌ها و مواد آذرآواری، توده‌های نفوذی ائوسن بالایی –الیگوسن و نهشته‌های رسوبی کواترنری گسترش دارند. سنگ‌های آتشفشانی منطقه عمدتا شامل ریولیت، آندزیت،داسیت، بازالت وتراکی داسیت و سنگ‌های پیروکلاستیک شامل انواع توف‌ها می‌باشد. کهن ترین برونزدهای ناحیه مورد مطالعه سنگ‌های دگرگونی هستند که به همراه شیل‌های غیر دگرگونی و متعلق به سازند کهر و گرانیت(گرانیت دوران) مجموعه‌ای به سن پرکامبرین را ایجاد می‌کنند. بررسی سنگ شناسی، محیط و چرخه‌های رسوبی سازند کهر در ناحیه نزدیک برش الگو(کوه کلنو) توسط قریب(۱۳۸۴) نشان‌گرآن است که اجزاع تشکیل دهنده رخساره‌های سازند کهرقابل تقسیم به دو گروه رسوبی و آذرین است. ستبرای سازند کهربین ۱۰۰۰ تا۱۲۰۰ متر برآورد شده است. (Bolourchi et al, 1970, Alavi et al, 1982) ناحیه به شدت تغیر شکل یافته زنجان در بین دو کمربند چین خورده-رانده البرز در شمال و زاگرس در جنوب واقع است. جابه‌جایی عوارض ریخت شناسی در طول گسل‌های اصلی این ناحیه مبین آن است که همگرایی بین عربستان و اوراسیا عمدتا توسط گسل‌های امتداد لغز راستگرد با روند شمال غرب-جنوب شرق مستهلک گردیده است. همچنین بنظر می‌رسد این گسل‌ها ادامه جنوب شرقی گسل شمال تبریز و دیگر گسل‌های امتداد لغز راستگرد در شمال غرب ایران و جنوب شرق ترکیه باشند.

جابه‌جایی منظم آبراهه‌ها در طول گسل‌های سلطانیه، ماهنشان و منجیل با راستای شمال غرب-جنوب شرق برحرکات امتدادلغز راستگرد در طول آن‌ها دخالت دارد. گسل رورانده سلطانیه یا آرجین توسط اشتوکلین (Stocklin, 1968) معرفی شد. جنبش‌های فشاری

سلطانیه ممکن است در شکل‌گیری فرونشست ابهر–زنجان نقش داشته باشد در ضمن احتمال دارد زمین لرزه‌ی سال ۱۸۰۳ میلادی سلطانیه به سبب جنبش این گسل باشد (بربریان ۱۹۷۶).

تجزیه وتحلیل داده‌های اکتشافی رادیومتری

– ماهیت داده‌های ژئوفیزیک هوابرد گلجه

بهترین روش جهت اکتشاف ناحیه‌ای اورانیوم و سایر عناصر رادیواکتیو در مراحل شناسایی انجام عملیات ژئوفیزیک رادیومتری هوایی است. (Dickson,2004) برداشت ژئوفیزیک هوابرد رادیومتری بر مبنای اندازه‌گیری تابش‌های گامای سنگ‌ها وخاک است که منجر به شناسایی ناهنجاری عناصر پرتوزا و مناطق اکتشافی می‌شود. عناصر پرتوزای موجود در طبیعت در پروسه فروپاشی خود به عناصر دیگر پرتوهای آلفا، بتا و گاما تشعشع می‌کنند..که با توجه به قدرت نفوذی اشعه گاما از اندازه‌گیری‌های این اشعه برای اکتشاف رادیومتری هوایی عناصر رادیواکتیو بخصوص اورانیوم استفاده می‌شود. به دلیل تفاوت‌های موجود میان تشعشعاتی که از واپاشی پتاسیم، اورانیوم و توریوم به دست می‌آید، اندازه‌گیری کل این تشعشعات دریک بازه انرژی معین، با عنوان یک کانال شناخته شده، صورت می‌گیرد (IAEA-OECD, 2008) طیف سنجی پرتوی گامای هوابرد برای سالهای زیادی برای تعین مستقیم کانی‌های معدنی و به عنوان ابزاری برای تعین نقشه‌های لیتولوژیکی استفاده شده است و کاربردهای محیط زیستی آن گسترش زیادی یافته است.یک سوم مساحت خاک ایران تحت پوشش برداشت‌های ژئوفیزیک هوایی رادیومتری توسط سه شرکت ژئوفیزیکی هوایی پراکلای آلمان، استیرکس استرالیا و سی جی جی فرانسه به وسیله هواپیما و بال گرد قرار گرفت که نتیجه آن برداشت داده‌های ژئوفیزیکی هوایی رادیومتری و معرفی ناهنجاردهای اورانیوم این مناطق بود (ضیاظریفی، ۱۳۸۴).

پردازش و تحلیل داده‌های رادیومتری

اطلاعات رادیومتری هوایی منطقه گلجه توسط دوشرکت پرکلا و استیرکس که شامل اندازه‌گیری اورانیوم، توریوم و پتاسیم است صورت گرفته است.

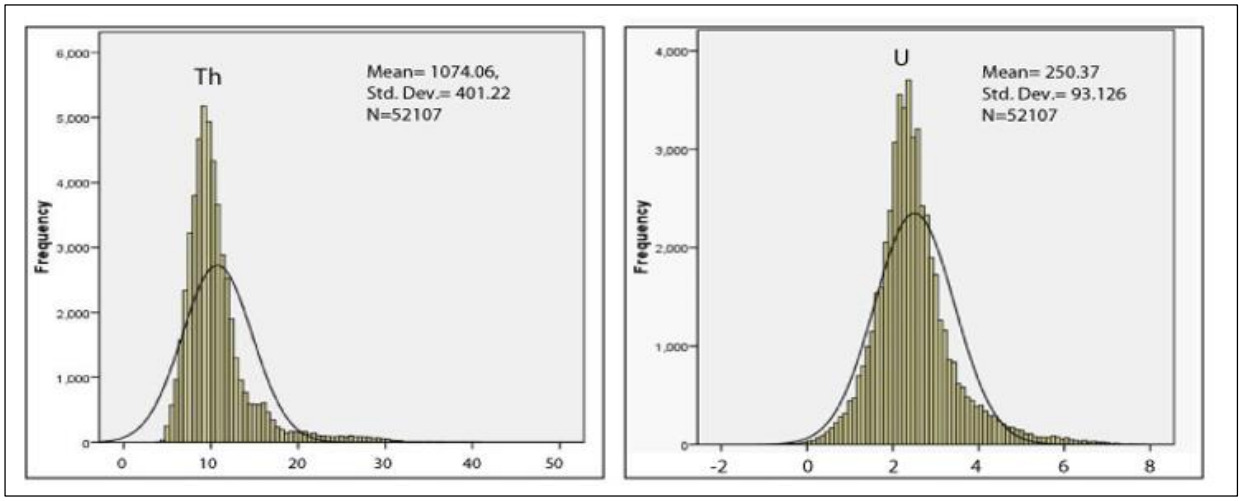
این داده‌ها در قالب سه متغیر: X,Y و Z عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم می‌باشند که دو متغیر اول نمایانگر موقعیت جغرافیایی هر نقطه در سیستم مختصاتیUTM بوده و واحد متغیر سوم غلظت(عیار) معادل ppm است. داده‌های رادیومتری هوابرد خام به صورت فایل‌های جداگانه‌ای از عنصرهای اورانیوم، توریوم و پتاسیم مربوط به ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ هشتجین با پسوند XYZ با فرمت WordPad است که اطلاعات هر فایل در محیط نرم افزار Excel تغیر فرمت داده شده و دیتاهای خارج از رده حذف شده‌اند و سپس غلظت عناصر پرتوزا جهت معادل سازی به واحد ppm در عدد ۰/۰۱ ضرب شده و آن‌ها را به صورت نزولی مرتب کرده و آماده پردازش شدند. سپس فیلترینگ و کلاس‌بندی روی داده‌های عناصر پرتوزای اورانیوم،توریوم و پتاسیم صورت گرفت. در مراحل بعدی توسط نرم افزارهای مربوطه جداول توزیع فراوانی و هیستوگرام‌های توزیع فراوانی ترسیم شد. متغیرهای آماری که در تعبیر وتفسیر داده‌ها و جدایش جوامع ناهنجاری از زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از میانگین، میانه، مد(نما) انحراف معیار، حداکثر و حداقل که این متغیرها در مورد رادیومتری هوایی منطقه گلجه یرای عناصر پرتوزای اورانیوم، توریوم و پتاسیم محاسبه شد. با استفاده از متغیرهای نامبرده می‌توان حد آستانه، حد زمینه، حد بی۲هنجاری ممکن و حد بی‌هنجاری احتمالی عناصر اورانیوم، توریوم و پتاسیم را در برگه۱:۱۰۰۰۰۰ هشتجین تهیه کرد.

نمودارهای توزیع فراوانی

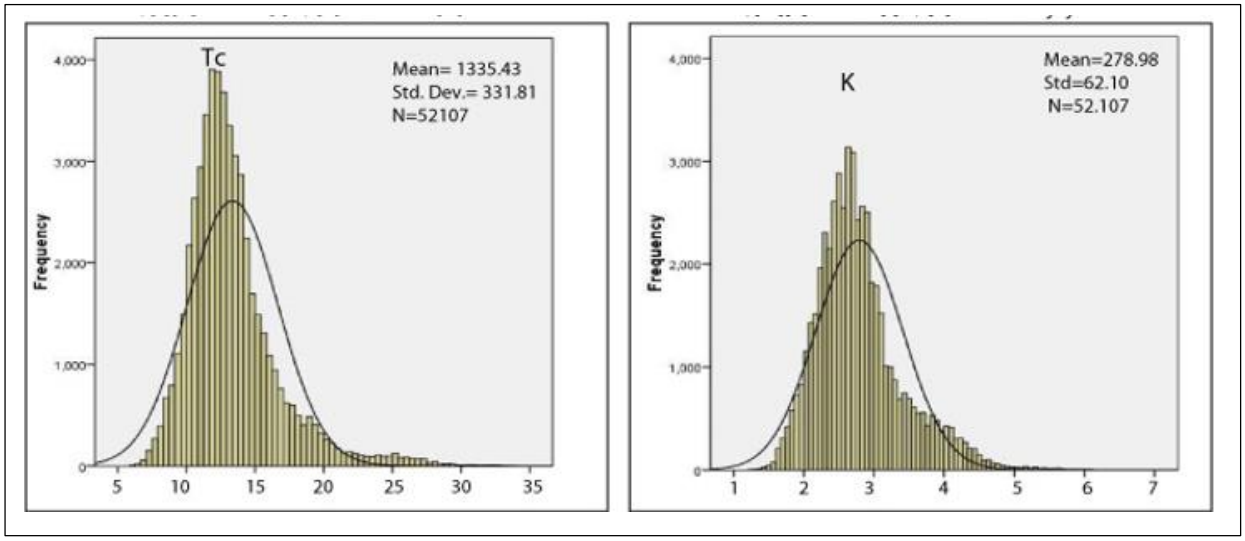
در آمار کلاسیک توزیع کمیت مورد نظردر یک یا چند جامعه، بدون در نظر گرفتن موقعیت فضایی آنها نسبت به یکدیگر، مورد بررسی قرار می‌گیرد(حسنی پاک، ۱۳۸۰). در زیر به منظور توصیف هندسی مشاهدات، برای هر عنصر یک نمودار آماری رسم شده است. چون داده‌ها عددی و دارای مقیاس نسبی هستند،

جدول ۱- شاخص های آماری مربوط به عناصر پرتوزای اورانیوم، توریوم و پتاسیم

عناصر	تعداد	میانگین	میانه	مد	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	دامنه تغییرات	چولگی	کشیدگی
اورانیوم U	۵۲۱۰۷	۲۵۰,۳۷	۲۳۹	۲۲۴	۹۳,۱۲۵	-۵۰	۷۸۷	۸۳۷	۱,۱۷	۳,۰۷
اورانیوم بدون مقادیر منفی	۵۲۱۰۷	۲۵۰,۶۴	۲۳۹	۲۲۴	۹۲,۷۹۱	۰	۷۸۷	۷۸۷	۱,۱۷	۳,۰۷
توریوم Th	۵۲۱۰۷	۱۰۷۴,۱	۹۸۳	۹۲۶	۴۰۱,۲۲	۳۸۴	۴۰۷۳	۳۶۸۹	۲,۴۴	۸,۳۱
پتاسیم K	۵۲۱۰۷	۲۸۹,۹۸	۲۶۹	۲۷۲	۶۲,۱۰۳	۱۲۲	۶۱۳	۴۹۱	۰,۹۹	۱,۳۸
TC	۵۲۱۰۷	۱۳۳۵,۴	۱۲۷۳	۱۲۶۲	۳۳۱,۸۱	۵۸۹	۳۳۵۲	۲۷۶۳	۱,۵۹	۴,۰۳



شکل۱- نمودار هیستوگرام مربوط به عنصر اورانیوم و توریم



شکل۲- نمودار هیستوگرام مربوط به عنصر پتاسیم و تکنسیم

جدول ۲-حد مجاز عناصر اورانیوم و توریوم در خاک مطابق با استاندارد(WHO) و بیشینه مقدار در منطقه گلجه

عنصر رادیواکتیو	حد مجاز عنصر در خاک (بر اساس حد مجازWHO)	بیشینه مقدار اندازه‌گیری دربرگه گلجه(ppm)
اورانیوم	۱۰	۷/۸۸
توریوم	۲۰	۴۰/۷۳

جدول۳- نتایج آماری میانگین عناصر پرنوزای اورانیوم و توریوم

عنصر	میانگین	آماره t	مقداراحتمال	نتیجه
اورانیوم	۲۵۰,۶۴	-۱۸۴۳	۰,۰	معنی داراست.
توریوم	۱۰۷۴,۱	-۵۲۶,۷۹	۰,۰	معنی‌دار است.

نمودار هیستوگرام (بافت‌نگار، مستطیلی) یک نمودار مناسب است. جهت نمایش پراکندکی داده‌ها غالبا نمودار به‌کار گرفته می‌شود. نمودارها کمک می‌کنند تا توزیع و پراکندکی به تصویر کشیده شده و تحلیل آن راحت‌تر صورت کیرد. باتوجه به اینکه داده‌های رادیومتری هوابرد از نوع کمی هستند، لذا بهترین نمودارهایی که می‌توان برای آن‌ها استفاده کرد نمودارهای هیستوگرام(مستطیلی) می‌باشند.

آزمون تی

باتوجه به معیار واستاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) که حد مجاز عناصر در طبیعت، برای اورانیوم ۱۰ و توریوم ۲۰ می‌باشد. حال می‌توان آزمون کرد که عناصر تحقیق حاضر از این نظر در چه وضعیتی بوده‌اند. برای این فرضیه، چون تعداد داده ها زیاد بوده و بنابراین میانگین آنها طبق قضیه حد مرکزی به سمت نرمال میل می‌کند، از آزمون تی استفاده می شود. فرضیه های این آزمون بصورت زیرند:

فرضیه صفر: مقدار عنصر مورد نظر برابر حد مجاز است.

فرضیه مقابل: مقدار عنصر مورد نظر برابر حد مجاز نیست.

نحوه داوری: چون برای هر دو عنصر، مقدار احتمال (Sig) از سطح معنی داری ۵ درصد کوچکتر و میانگین آن‌ها از مقدار مجاز کمتر و آماره t منفی است، پس فرضیه صفر رد می‌شود. یعنی با احتمال ۹۵ هر دو عنصر فوق از مقدار مجاز کمتر است.

توزیع مکانی عناصر پرتوزا

عناصر پرتوزا مورد بحث این تحقیق شامل اورانیوم، پتاسیم، توریم هستند که در زیر نحوه نوزیع آنها در منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی و جغرافیایی مورد بحث و یررسی واقع می شوند. علاوه بر تفسیر نقشه توزیع هر عنصر بطور جداگانه، توزیع مجموع این عناصر نیز در یک نقشه مناطق پرتوزا ناحیه را مشخص می‌کند. منطقه‌ای که در آن نمونه برداری عناصر پرتوزا انجام شده تقریبا در ربع چهارم (جنوب شرق) برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ نقشه زمین‌شناسی هشتچین واقع شده است (شکل ۱تا۴). همانطور که در نقشه زمین شناسی ناحیه مورد نظر دیده می‌شود بطورکلی دو نوع سنگ رسوبی و آذرین در ناحیه دیده می‌شوند. سنگ های رسوبی بیشتر مربوط به بازه زمانی ائوسن و جوان‌تر هستند که بطور کلی کمترین میزان پرتوزایی را دارا هستند ولی سنگ‌های آذرین که عمدتا توزیع توده‌ای و محلی دارند بیشترین بی‌هنجاری‌های پرتوزایی را نشان می‌دهند. در زیر بصورت جزئی‌تر و دقیق‌تر نحوه توزیع آنها توضیح داده می‌شود.

اورانیوم: جامعه آماری نمونه‌های برداشت شده برای عنصر اورانیوم شامل ۵۲۱۰۷ نمونه است که دارای توزیع منظم و سیستماتیک است. نقشه هم‌ارزش ترسیم شده برای عنصر اورانیوم (شکل۱) توزیع متفاوت تمرکز این عنصر پرتوزا را نشان می‌دهد. حداکثر تمرکز اورانیوم در چهارگوش

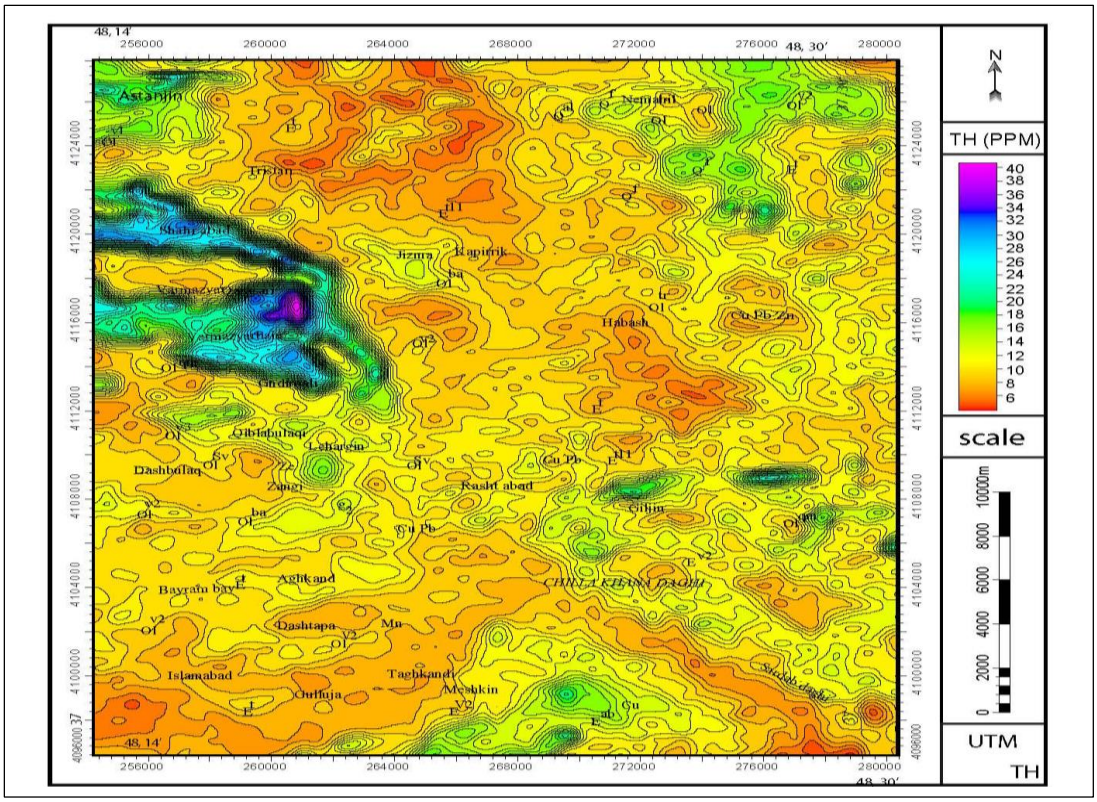
مورد مطالعه به حدود 8 PPM می‌رسد. بیشترین تمرکز عنصر اورانیوم که مربوط به توده‌های آذرین رخنمون یافته در سطح زمین است که مقادیر مربوط به آنها بیش از 4 PPM است. در عوض پهنه‌های رسوبی که در این جا سنگ‌های رسوبی توفیتی مربوط به ائوسن هستند دارای کمترین تمرکز عنصر اورانیوم، بین صفر تا 4 PPM هستند. مشاهده مناطق دارای تمرکز در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بزرگترین بی‌هنجاری در غرب ناحیه در منطقه ورمزیارآباد بر روی یک توده آذرین گرانیتی، گرانودیوریتی و کوارتز مونزونیتی متعلق به زمان الیگوسن (Ol^{qm}) واقع شده است. علاوه بر این بی‌هنجاری که بصورت خیلی شاخص قابل مشاهده است. یکسری بی‌هنجاری‌های ضعیف تر هم در جنوب نقشه (منطقه مشکین) و در دو گوشه شمال غربی و شمال شرقی ناحیه مورد مطالعه دیده می‌شود که در آن مقدار عنصر اورانیوم به حدود 6-4 PPM می‌رسد. سنگ‌های زمینه در این بی‌هنجاری‌ها شامل سنگ‌های آذرین تراکی بازالت و تراکی آندزیت با رنگ هوازده قهوه‌ای و همچنین سنگ‌های ریولیتی، ریوداسیتی و سنگ‌های آذرآواری هستند.

توریوم:نمونه‌های برداشت شده برای عنصر توریوم نیز همانند عنصر اورانیوم شامل ۵۲۱۰۷ نمونه می‌باشد که به صورت سیستماتیک انجام شده است. نقشه ارائه شده در تغییرات غلظت عنصر توریوم را در برگه ناحیه مورد بررسی نشان می‌دهد. بیشترین مقدار توریوم در این چهارگوش حدود ۴۰ PPM می‌باشد. برای عنصر پرتوزای توریوم نیز همانند اورانیوم بیشترین مقدار بی‌هنجاری در غرب ناحیه مورد نظر واقع در ورمزیارآباد است که در آنجا توده‌های آذرین گرانیتی، گرانودیوریتی و کوارتز مونزونیتی(Ol^{qm}) متعلق به زمان الیگوسن گسترش دارند. در سایر بخش‌های ناحیه مذکور بی‌هنجاری‌های دیگری به میزان کمتر وجود دارد که از آن جمله می توان به منطقه مشکین در جنوب نقشه و نیز گوشه شمال غربی وشمال-شرقی نقشه اشاره کرد که در این ناحیه مقدار توریوم به حدود ۶ PPM است. این بی‌هنجاری‌ها اغلب بر روی سنگ‌های زمینه آذرین تراکی بازالت و تراکی آندزیت قهوه‌ای رنگ و همچنین سنگ‌های ریولیتی، ریوداسیتی و سنگ‌های آذرآواری واقع شده‌اند .

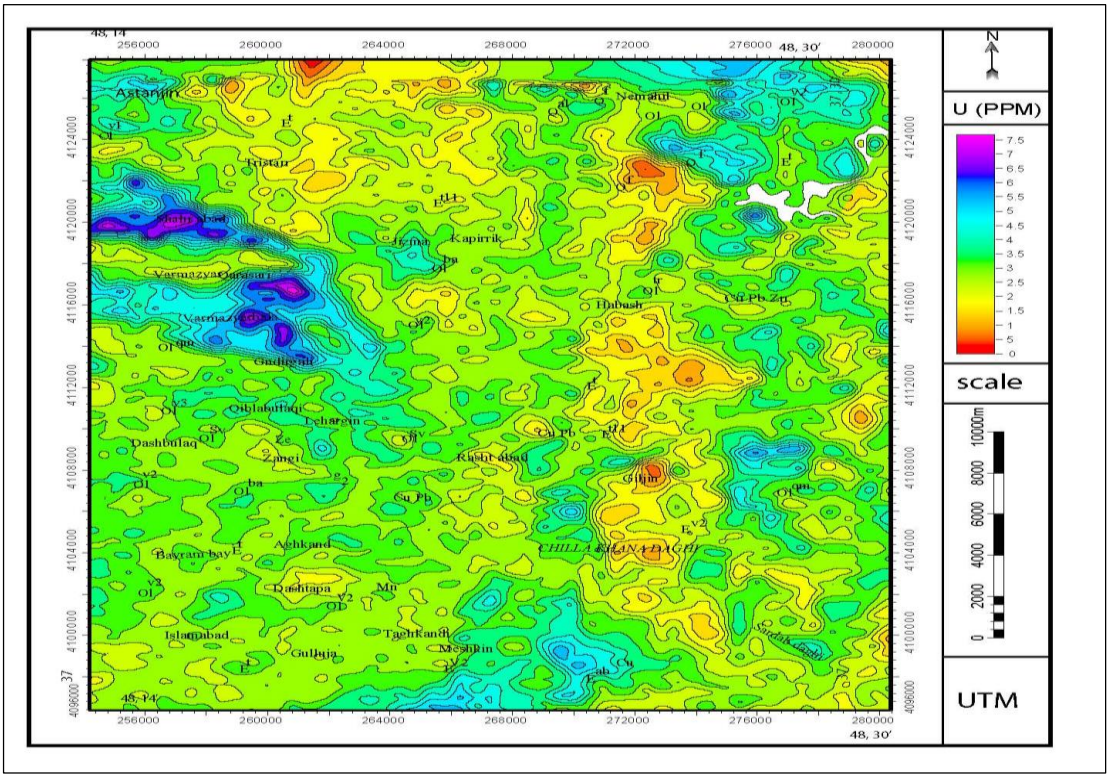
پتاسیم: در همان نقاطی که عناصر پرتوزای اورانیوم و توریوم برداشت شده است نمونه برداری سیستماتیک عنصر پتاسیم نیز صورت گرفته است (تعداد ۵۲۱۰۷) نمونه‌های برداشت شده برای این عنصر پرتوزا کماکان بی‌هنجاری‌ها را در نواحی با گسترش سنگ‌های آذرین نشان می دهد .طیف تغییرات تمرکز پتاسیم از کمتر از 1 PPM تا 6 PPM در تغییر است. در ناحیه مورد مطالعه بیشینه تمرکز در مناطق آستانجین در شمال غرب و رشت آباد و دشتپا در نواحی مرکزی و جنوبی است که به ۵ تا ۶ پی‌پی‌ام می‌رسد. عنصر پتاسیم یکی از عناصر اصلی تشکیل دهنده کانی فلدسپار پتاسیم و کانی‌های فیلوسلیکاتی است که در ترکیب سنگ‌های آذرین یافت می‌شود.

جمع کل عناصر پرتوزا

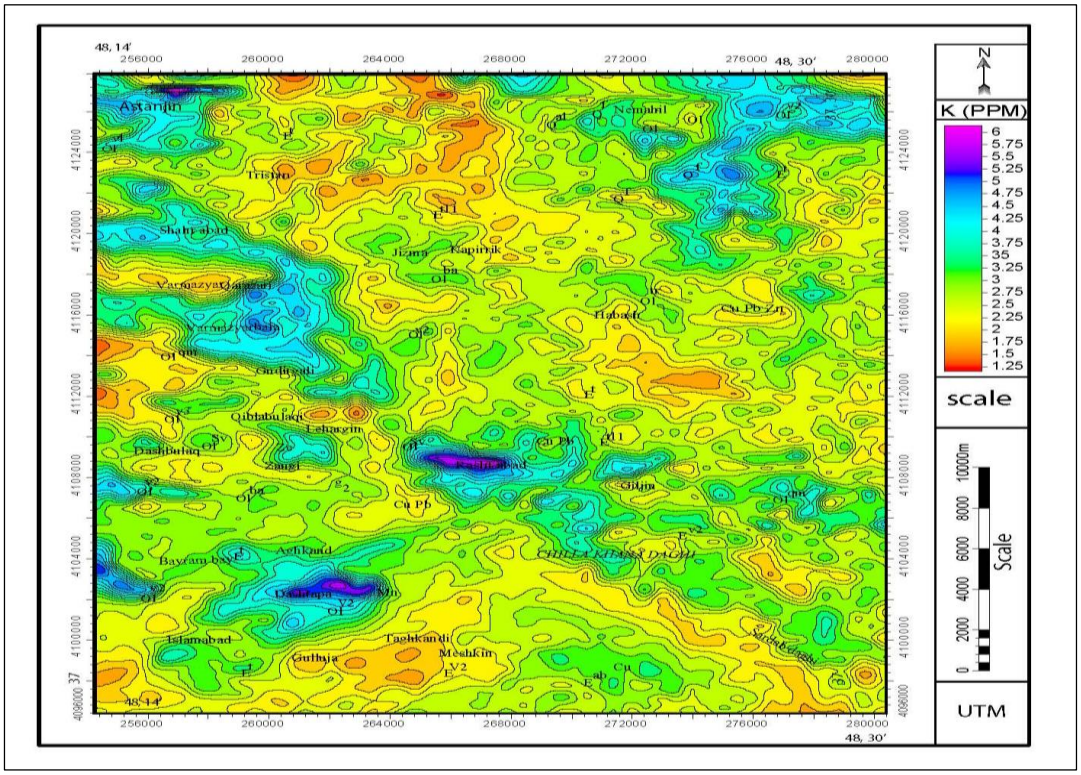
علاوه بر توزیع جداگانه هرکدام از عناصر پرتوزای اورانیوم، توریوم و پتاسیم در نقشه توزیع تجمعی همه این عناصر ترسیم شده است. در این نقشه که طیف آن از کمتر از ۶ تا بیش از۳۲ PPM در تغییر است بیشترین بی‌هنجاری همانند نقشه‌های عناصر پرتوزای مورد بررسی در غرب نقشه مشاهده می‌شود. منطقه دارای تمرکز یا بی‌هنجاری بر روی یک توده آذرین گرانیتی، گرانودیوریتی و کوارتز مونزونیتی متعلق به زمان الیگوسن (Ol^{qm}) در منطقه ورمزیارآباد واقع شده است .در این منطقه تمرکز این عناصر به بیش ۲۶PPM می‌رسد. تمرکزهای متوسطی از این عناصر در چهارگوش مورد مطالعه از ۲۶PPM-۲۰ دیده میشود از آن جمله می توان اطراف شهرهای آستانجین و تویستان را نام برد. کمترین تمرکز عناصر پرتوزا برای هرکدام از این عناصر و برای مجموع آنها اغلب بر روی نواحی دارای سنگهای رسوبی توفیتی قرار دارد.



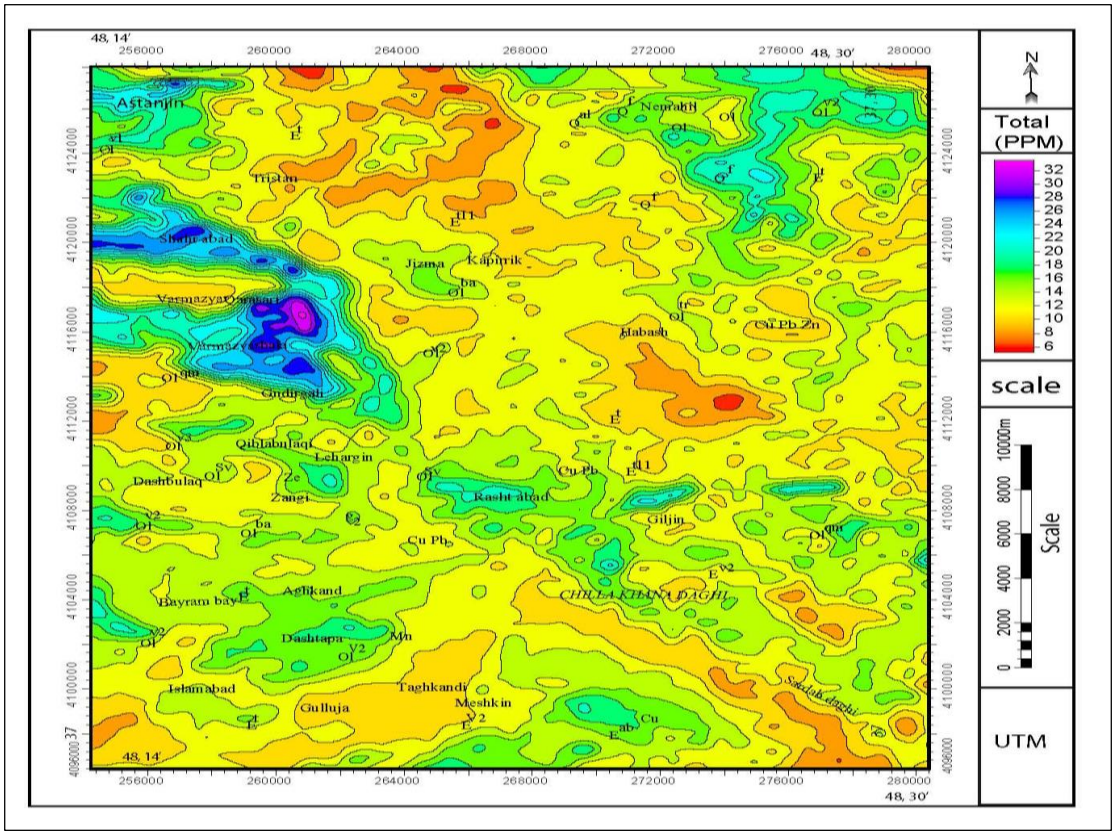
شکل ۳- نقشه بی هنجاری عنصر پرتوزای اورانیوم در برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ هشتجین واقع در شمال غرب گلجه حداکثر مقدار اورانیوم در منطقه مورد نظر ۷/۵ ppm است که واقع در شمال غرب (ورمزیار آباد) است.سنگ های این منطقه کوارتز مونزونیت می باشد.



شکل ۴-نقشه بی هنجاری عنصر پرتوزای توریوم در برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ گلجه. حداکثر مقدار توریوم در منطقه مورد مطالعه ۴۰ ppm می باشد که در شمال شرق منطقه واقع شده است .بیشتر سنگ‌های این منطقه کوارتز مونزونیت و گرانودیور است.



شکل ۵- نقشه توزیع و پراکندگی عنصر پرتوزای پتاسیم که بیشترین مقدار آن ppm ۶می‌باشد. جنس سنگ های این منطقه شامل داسیت، شیشه آتشفشانی، ریولیت، ریوداسیت و ته نشست های آذرآوری موجی است که متعلق به دوره پالئوژن می باشد.



شکل ۶- حداکثر تجمع و پراکندگی عنصر پرتوزای اورانیوم، توریوم و پتاسیم در غرب منطقه (ورمزیار بالا) مورد مطالعه واقع شده است. و شامل سنگ های کوارتز مونزونیت و گرانیت متعلق به زمان الیگوسن می باشد.

نتیجه‌گیری

منطقه گلجه درشیت ۱:۱۰۰۰۰۰زمین‌شناسی در شمال‌غرب کشور و در استان زنجان واقع شده است. درمنطقه گلجه برداشت‌های ژئوفیزیک هوابردتوسط دوشرکت آستیرکس و پراکلا انجام شده‌است.این برداشتها شامل سه متغیر طول، عرض جغرافیایی و غلظت عنصر مورد نظر است. و کل داده‌های برداشت‌شده عناصر پرتوزای اورانیوم وتوریوم۵۲۱۰۷ داده می-باشد.از داده‌های رادیومتری هوابرد منطقه گلجه دربدست آوردن جداول و گراف‌های توزیع فراوانی،متغیرهای آماری، تعیین بیهنجاری وتهیه نقشه‌های پراکندگی عناصر اورانیوم و توریوم استفاده شد. در تحقیق حاضر جهت تعیین بی هنجاری عناصر پرتوزا، از روش میانه و مقدار انحراف معیار (Md+nSd) استفاده شده‌است.مطابق سازمان بهداشت جهانی(WHO)، حد مجاز عنصر اورانیوم در خاک برابرPPm ۱۰است. در منطقه گلجه حداکثرغلظت اورانیوم ppm۷/۸۸ درشمال غربی نقشه است و در مرکزآن منطقه به صورت نقطه‌ای و ناچیز است و در نواحی شرقی کاهش می‌یابد وبه حدودppm۴ میرسد.. .طبق نتایج آماری بیشترین مقادیر غلظت اورانیوم بین ۲تاppm۳ است و میانگین غلظت اورانیوم در منطقه مورد مطالعه کمتر از حد استاندارد سازمان بهداشت جهانی می باشد و در نتیجه آلودگی زیستمحیطی ایجاد نمی‌کند. حد مجازعنصر پرتوزای توریوم در خاکPPm ۲۰ است. در منطقه حداکثرغلظت توریومPPm ۴۰/۷۳ در غرب چهارگوش است ودر سمت شمال و مرکز کاهش می‌یابد وبه حدودppm ۶ می‌رسد ودرکل منطقه به صورت ناچیز وجود دارد .نتایج آماری نشان می‌دهد بیشترین مقادیر غلظت توریوم حدودppm ۹ تا ۱۱ است و به سبب اینکه تعداد داده‌ها زیاد بوده میانگین آن‌ها به سمت نرمال میل می‌کند یعنی بیشتر مناطق دارای آلودگی کمتری نسبت به حالت متوسط بوده‌اند و آلودگی ناچیزی ایجاد می‌کنند. عنصر پرتوزای پتاسیم دارای یی هنجاریهایی در نواحی با گسترش سنگ‌های آذرین است و روند گسترش پراکندگی آن از شمال غرب به سمت جنوب غرب می‌باشد. طیف تغیرات تمرکز این عنصر پرتوزا از کمتر ازppm ۱ تاppm ۶در تغییر است.بنابراین با توجه به ناچیزبودن آن آلودگی زیست محیطی ایجاد نمی‌کند. در مجموع منطقه دارای میزان کمی اورانیوم و توریوم است که باتوجه به نتایج آماری بی هنجاری‌های بالای عناصر پرتوزا درصد ناچیزی را شامل می‌شوند و مخاطرات زیست محیطی زیادی ایجاد نمی‌کنند. با توجه به این‌که نتایج حاصل از رادیومتری هوابرد، مقدار پراکنش عناصر پرتوزای اورانیوم و توریوم را در سطح زمین نشان می‌دهند و موید میزان آلودگی‌های عمیق نیستند، در نتیجه مناطقی که بیشترین تمرکز عناصر پرتوزا در سطح را دارند، امکان اینکه مناطق عمقی در خاک، آب‌های زیرزمینی و به دنبال آن در اکوسیستم گیاهی و جانوری و جوامع انسانی را آلوده کنند وجود دارد.

منابع

-حسنی پاک، ع.، شرف الدین، م.، (۱۳۸۰). "تحلیل داده‌های اکتشافی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۱۳ص

- ضیا ظریفی، ا.۱۳۸۹(۱۳۸۹)." کتاب مبانی اکتشافات رادیومتریک ژئوفیزیکی"، انتشارات دانشگاه آزاد واحد لاهیجان، ص۳۰۸

– **ضیا ظریفی، ا. (۱۳۸۴)** ."مقایسه روش‌های آمار کلاسیک و فرکتال در معرفی اندیس‌های معدنی اورانیوم با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی هوایی در فاز شناسایی منطقه برندق"، مجموع مقالات دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

– **قنادی مراغه، م.،(۱۳۸۶).**"چرخه سوخت هسته‌ای از معدن تا پسمانداری"، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران.

- Alavi, M., Bolourchi, M, H., (1979). "Explanatory text of the Maku quadrangle Map. 1:250000", Geological and Mineral Survery of Iran.

- Berberian, M., (1976), "Seismotectonic Map of Iran 1:2, 500, 000", Geological Survay of Iran.

-Bruce, L.D., (2011). "Recent advances in aerial gamma ray surveying". Journal of Environmental 76, PP225-236.

- 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).

- Stocklin, J.,(1963) ."Structural history and tectonics of Iran". A review. AAPG Bulletin 52. 7:1229

Investigating the Pollution of Radioactive Elements Based on Airborn Radiometric Geophysical Measurements in Goljeh (Zanjan province)

Iren Hosseini[1], Shahram Baikpour*[2] &Afshar Ziazarifi[3]

1-Master's student, Islamic Azad University, Tehran Branch of Science and Research, Tehran, Iran

2-Assistant Professor, Department of Environmental Biology, Islamic Azad University, Tehran Science and Research Branch, Tehran, Iran

3-Assistant Professor, Mining Engineering Department, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran

Abstarct

The study area is located in the southeastern quarter of Hashtjin 1:100000 geological map in Zanjan province. The area is located in both Eastern Alborz and Central Iran geological settings and known as Gollejeh/ Gulluja region. A wide spectrum of extrusive and intrusive igneous rocks as well as volcanoclastic sediments are exposed in the investigated area. Structural elements such as faults along with lithological heterogenities led to differential erosion and creation a various topography. The aim of the study is to measure the contamination of the radioactive elements of uranium, thorium and potassium in such geological setting. A total of 52107 samples were systematically gathered by airborn radiometric geophysical method. Statistical analysis and iso-concentrational mapping overlain on the satellite and geological map of the area show that the high concentration of these radioactive elements is generally associated with the igneous rocks such as granitic rocks distributed in the eastern part of the study area (e.g. Varmaziarabd village). The low concentrations of the U, Th and K could mainly be observed over volcanoclastic rocks in the middle parts of the study area (e.g. Habash and Tristan villages). Average concentration of the radioactive elements does not show a serious contamination in the area, while the maximum concentration of the thorium elements exceeds the standard of WHO.

Keywords: Gollejeh/Gulluja, radioactive contamination, airborn radiometric geophysics.