

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



ارزیابی نتایج حاصل از دستگاه اسپکتروراديو متر موجود در پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی کرمان

◇◇◇◇◇◇◇◇
◇◇◇◇◇◇◇◇

چکیده:

از جمله دستگاه‌هایی که برای اندازه‌گیری طیف مواد استفاده می‌شود اسپکتروراديو مترهای ساخته شده توسط شرکت دستگاه تجزیه طیف (ASD) می‌باشند که دارای مدل‌های مختلف هستند. با استفاده از این دستگاه‌ها می‌توان بسیاری از مواد و کانی‌ها را با دقت و سرعت زیاد در آزمایشگاه و حتی در صحرا و محل نمونه‌برداری شناسایی نمود. در این تحقیق صحت نتایج حاصل از دستگاه تجزیه طیفی مدل FieldSpec3 موجود در پژوهشگاه علوم محیطی دانشگاه تحصیلات تکمیلی کرمان مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و نتایج حاصله با طیف‌های استخراج شده از دستگاه طیفی مدل TerraSpec® دانشگاه باسک اسپانیا مقایسه شده‌اند. سعی بر این است که صحت طیف‌های بدست آمده از دستگاه بررسی و با اعمال روش‌های مختلف پیش پردازشی نویز دستگاه بهینه و راهکار مناسب برای بهبود نتایج ارائه شود. با توجه به اینکه طیف‌نمایی برای شناسایی کانی‌های دگرسانی بسیار مناسب است، به منظور بررسی عملکرد دستگاه و ارزیابی صحت نتایج حاصله، از طیف نمونه‌های دگرسان‌شده استفاده شده است. طیف نمونه‌ها توسط دستگاه‌های اسپکتروراديو متر Field Spec3 و TerraSpec® در فضای باز و آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری طیف در شرایط محیطی مختلف نشان داد که فاکتورهای زیادی روی پاسخ طیفی حاصله تاثیر گذار می‌باشند. برخی از فاکتورها به شرایط جوی و محیطی، ارتفاع تفنگ الکترونی با نمونه، زمان اندازه‌گیری، زاویه دید و محیط مورد آزمایش بستگی دارند. با اجرای این تحقیق یک فضای آزمایشگاهی نسبتاً مناسب فراهم شده که در آن می‌توان به اندازه‌گیری دقیق طیفی با دستگاه اسپکتروراديو متر موجود در پژوهشگاه علوم محیطی پرداخت.

کلید واژه‌ها:

دستگاه تجزیه طیفی (ASD)، سنجش از دور، اسپکتروراديو متر، طیف‌نمایی

Evaluating the results achieved from a spectroradiometer existing at the Institute of Science and High Technology and Environmental Science

Abstract:

Analytical spectral device (ASD), in various models, is one of the instruments which are used for spectra measurement of materials. This device can easily and rapidly identify many of the materials and minerals in the laboratory or in the field and via the aircrafts and satellites. It provides information about mineral composition of altered rocks with lower costs and shorter times. The accuracy of FieldSpec3 analytical spectral device exists at the Institute of Science and High Technology and Environmental Science of Kerman Graduate University has

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

been evaluated for identification of alteration minerals in this research. The spectral results were compared to the extracted spectra of TerraSpec® ASD from Basque university, Spain. The attempt is to investigate the accuracy of the extracted spectra, optimize the noise and offer suitable suggestion for improvement the results through implantation of processing methods. Since spectroscopy is ideal for identification of alteration minerals, the spectra of altered samples were used for evaluation of the device. The spectra were measure in laboratory and open space by Terra Spec4 and Field Spec3. Spectral measurement in different situation revealed that many factors can effect on the spectral response. Some of these factors are dependent on the experimental design, the environmental conditions, the distance of electronic gun with samples, time of measurement, and field of view angle. With implementation of this research an appropriate laboratory space were supplied which can acquire accurate spectral measurement by FieldSpec3 analytical spectral device.

Keywords:

Analytical Spectral Device (ASD), Remote Sensing, Spectroradiometer, Spectroscopy.

◇◇◇◇◇◇◇◇

مقدمه :

طیف نمایی کاربرد وسیعی در اکتشاف مواد معدنی، نقشه برداری منابع زمینی، بررسی پوشش گیاهی، تفکیک گونه های گیاهی، مطالعات محیط زیست، شناسایی ترکیبات مواد مختلف مانند سنگ ها، کانی ها، خاک، انواع مواد ارگانیکی و غیر ارگانیکی و تلفیق با داده های دورسنجی دارد. از جمله دستگاه هایی که برای اندازه گیری طیف مواد استفاده می شود دستگاه تجزیه طیفی (ASD) می باشد که دارای مدل های مختلف است و محققین دانشگاهی، سازمانی، دولتی و آزمایشگاهی برای اندازه گیری های طیفی از مدل های مختلف آن استفاده می کنند. با استفاده از این دستگاه می توان بسیاری از مواد و کانی ها را با دقت و سرعت زیاد در آزمایشگاه و حتی در صحرا و محل نمونه برداری شناسایی نمود. شناسایی کانی ها در چند ثانیه صورت می گیرد که باعث افزایش کارایی، بهره وری و کاهش هزینه می شود. با توجه به کاربرد طیف نمایی در بسیاری از رشته ها از جمله سنجش از دور، معدن، اکتشاف نفت، کشاورزی و محیط زیست اطمینان از صحت نتایج بدست آمده توسط این دستگاه می تواند بسیار موثر و راهگشای محققین مختلف باشد. یکی از چالش های کلیدی اندازه گیری دقیق در محدوده فرسرخ موج کوتاه ($2/5-1/1 \mu m$) است. این ناحیه بر اساس اندازه گیری های آزمایشگاهی به عنوان یکی از مهمترین بخش های طیف الکترومغناطیس در کاربردهای زمین شناختی شناخته شده است. اسپکترورادایومترها قادر به ثبت خصوصیات طیفی مواد در این محدوده از طیف الکترومغناطیس می باشند. در سال ۱۹۷۵ گوتز اولین اسپکترورادایومتر قابل حمل (طیف سنج بازتابی صحرائی قابل حمل (PFRS)) در محدوده مرئی- فرسرخ نزدیک و فرسرخ موج کوتاه را طراحی کرد (Goetz, 1975). داده های حاصل از این دستگاه در طراحی طیف سنج های تصویربرداری اولیه و توسعه طیف سنج های صحرائی قابل حمل مانند اسپکترورادایومتر صحرائی PIDAS آزمایشگاه پیشران جت (JPL) موثر بودند (Goetz, 1987). به دنبال آن گوتز شرکت دستگاه تجزیه طیفی را با همکاری برایان کورتیس راه اندازی نمود که تا امروز به عنوان تولید کننده برجسته اسپکترورادایومترهای صحرائی فعالیت دارد و نقش مهمی در توسعه روش ها در این موضوع دارد (Curtiss, 1994). اندازه گیری های طیف نمایی صحرائی در کالیبراسیون داده های سنجش از دور، شناسایی خصوصیات طیفی مواد و تصحیحات جوی تصاویر سنجش از دور نقش مهمی دارند (Smith and Milton, 1999). امروزه سنجش از دور از

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

طیف‌نمایی صحرایی در زمینه‌های مختلف مانند زمین‌شناسی، علوم خاک، تجزیه و تحلیل گیاهان، آب‌شناسی و اقیانوس‌شناسی بهره برده است (Croft et al., 2012; Hosseinjani Zadeh et al., 2014b; Kruse, 2012; Carrino et al., 2015; Legleiter et al., 2009; Shahriari et al., 2015). طیف‌عضوهای انتهایی تهیه شده توسط اسپکتروراديو مترها و داده‌های طیفی مرجع برای ناآمیختگی‌های طیفی و رده‌بندی تصاویر نیز می‌توانند استفاده شوند (Asner and Lobell, Ahn et al., 2008; Hosseinjani Zadeh and Tangestani, 2011; Hosseinjani Zadeh et al., 2014a; Hosseinjani Zadeh et al., 2000; Hosseinjani Zadeh and Tangestani, 2011; Hosseinjani Zadeh et al., 2014a; Hosseinjani Zadeh et al., 2014b; Hosseinjani Zadeh et al., 2014c; Mars and Rowan, 2010; Shahriari et al., 2015; Tayebi and Tangestani, 2014). بنابراین نیاز به مجموعه داده‌های طیفی با کیفیت بالا برای بسیاری از محققین لازم است. برای ثبت ویژگی‌های طیفی مواد مختلف و تهیه منحنی طیفی دستگاه‌های اسپکتروراديو متر مختلفی مانند تجزیه‌گر کانی فروسرخ قابل حمل (PIMA) و دستگاه تجزیه طیفی (ASD) وجود دارد. دستگاه تجزیه طیفی (ASD) توسط شرکت خصوصی دستگاه تجزیه طیفی که سال ۱۹۹۰ در کلرادو تاسیس گردیده، به جامعه محققین معرفی شده است. این دستگاه دارای مدل‌های مختلفی است که برای اندازه‌گیری‌های انرژی تابشی در محدوده VNIR و SWIR استفاده می‌شود. نوع صحرایی آن به راحتی قابل حمل بوده، جهت تهیه طیف نمونه‌های صحرایی، کالیبره کردن داده‌های سنجنده و پشتیبانی تصاویر سنجنش از دور استفاده می‌شود. این دستگاه طیف داده‌ها را با سرعت بالا (۰/۱ ثانیه بر طیف) اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین داده‌های زیادی را در مدت زمان کم می‌توان تهیه کرد. علاوه بر آن میزان خطا در آن بسیار پایین است و برای اندازه‌گیری‌های طیفی احتیاج به تخریب و آماده‌سازی نمونه نیست. در این دستگاه برای کنترل داده‌های جمع‌آوری شده از یک کامپیوتر قابل حمل استفاده می‌شود در نتیجه امکان تصویرسازی داده‌های جمع‌آوری شده در زمان تهیه داده‌ها فراهم است. از تجهیزات این دستگاه می‌توان به نوسانگر دیجیتالی و آنالوگ، ژنراتور، باتری، فیبر نوری، تکفام‌سازها، کامپیوتر و نرم‌افزارهای CAD اشاره نمود. محققین دانشگاهی، سازمانی، دولتی و آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری‌های طیفی از مدل‌های مختلف این دستگاه استفاده می‌کنند (Calvin and Kratt, 2005; Clark, 2004; Hosseinjani Zadeh et al., A. Kerr et al., 2011; King P.L et al., 2004; Velasco et al., 2007).

در این تحقیق از دستگاه ASD مدل TerraSpec⁴ و FieldSpec³ برای اندازه‌گیری طیف نمونه‌ها استفاده شده است. در این تحقیق به منظور اطمینان از صحت نتایج دستگاه موجود در پژوهشکده علوم محیطی کرمان، طیف‌های اندازه‌گیری شده با طیف‌های دستگاه طیفی مدل TerraSpec⁴ دانشگاه باسک اسپانیا مقایسه شده‌اند. هدف این بوده که با اعمال روش‌های مختلف اندازه‌گیری طیف و اجرای پردازش مناسب روی طیف‌های اندازه‌گیری شده نویز حاصل از دستگاه بهینه و داده‌های دقیق‌تری بدست آید. همچنین به منظور افزایش طول عمر مفید دستگاه سعی شده تا شرایط مورد نیاز دستگاه مشخص و فضای مناسبی برای آن فراهم آید.

بحث و روش تحقیق:

با توجه به اینکه طیف‌نمایی برای شناسایی کانی‌های دگرسانی بسیار مناسب است به منظور بررسی عملکرد دستگاه و ارزیابی صحت نتایج حاصله، از طیف نمونه‌های دگرسان شده استفاده شده است. از مناطق دگرسانی مهم مانند سرچشمه، سریدون و دره‌زار نمونه‌برداری انجام شده است. پس از بررسی‌های صحرایی، جمع‌آوری نمونه‌ها و انتقال آنها به آزمایشگاه، نمونه‌ها ابتدا دسته‌بندی و

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



در معرض هوا قرار گرفته تا خشک شوند و در مرحله بعد اندازه گیری های طیفی روی آنها انجام گرفته است. در این تحقیق تعداد ۲۸ نمونه از سنگ های دگرسان و غیردگرسان شامل دگرسانی های فلیک، آرژلیک، پتاسیک، پروپیلیتیک، آرژلیک پیشرفته و زون اکسیدی انتخاب شده اند. طیف نمونه ها توسط دستگاه های اسپکترومتر $Field\ Spec^3$ پژوهشکده علوم محیطی کرمان و $Terra\ Spec^4$ دانشگاه باسک (EHU/UPV) در فضای باز و آزمایشگاه اندازه گیری شدند. بازتاب های تابشی از نمونه ها در محدوده ۲۵۰۰-۳۵۰۰ نانومتر با فواصل طول موجی ده نانومتر توسط این دو دستگاه و با کمک نرم افزار RS^3 ثبت شدند. در اندازه گیری نمونه ها به کمک دستگاه ASD به منظور کاهش اثر عوامل محیطی از هر نمونه ۳ اسکن پیاپی در کمتر از ۱ دقیقه انجام شده که بلافاصله به طور خودکار توسط نرم افزار RS^3 موجود بر روی نوت بوک دستگاه میانگین گیری شده و به صورت منحنی طیفی بر روی صفحه نمایش نوت بوک نشان داده شده است. به طور معمول هر اندازه گیری طیفی بدون در نظر گرفتن زمان آماده سازی و کالیبراسیون دستگاه کمتر از یک دقیقه طول می کشد. سپس طیف های اندازه گیری شده دستگاه پژوهشکده علوم محیطی با طیف های دانشگاه باسک اسپانیا مقایسه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

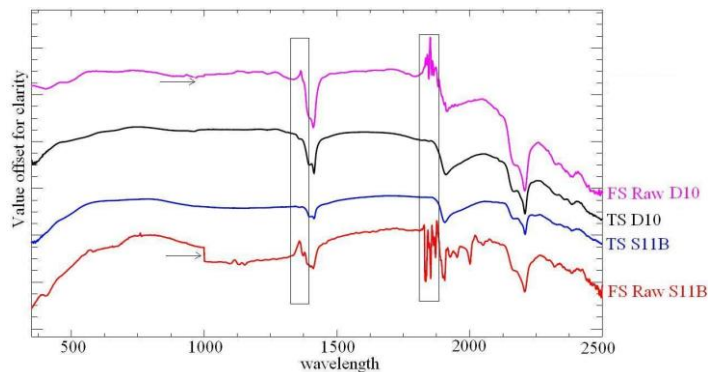
تجزیه و تحلیل داده ها

پس از اندازه گیری های طیفی مشخص شد که طیف های اندازه گیری شده با دستگاه $FiledSpC^3$ در بخش های مختلف دارای نویز می باشند. همچنین در محدوده ۱۰۰۰ و ۱۸۳۰ نانومتر عدم پیوستگی در طیف ها مشاهده می شود که به ترتیب بدلیل نویزهای حاصل از گذر از آشکارسازهای بخش مرئی-فروسرخ موج کوتاه با فروسرخ ۱ و فروسرخ ۱ با ۲ است. برای تصحیح این نویزها از نرم افزار SAMS استفاده شده است. طیف های اندازه گیری شده ابتدا با نرم افزار ViewSpec Pro V6.0 به فرمت متنی ASCII تبدیل شدند. سپس این طیف ها وارد محیط نرم افزار SAMS V3.2 شده و تصحیحات و محاسبات مختلف مانند پرش و هموارسازی طیف روی آنها انجام و طیف های اندازه گیری شده به فرمت کتابخانه طیفی ENVI تبدیل شدند. در نهایت طیف های اندازه گیری شده توسط دو دستگاه با هم مقایسه و مورد بررسی قرار گرفتند.

طیف های اندازه گیری شده در فضای باز نویز زیادی را نشان دادند و در محدوده ۱۰۰۰ و ۱۸۳۰ نانومتر نیز یک افتادگی در طیف قابل مشاهده بود. علاوه بر این شرایط اندازه گیری در فضای باز بسیار مشکل است به طوریکه در برخی موارد نور آفتاب مانع از دیدن صفحه مانیتور می شود. در این شرایط دستگاه نیاز به کالیبراسیون بیشتری دارد و بویژه زمانی که نمونه ها زیاد است لازم است چندین ساعت در برابر آفتاب ایستاد. همچنین باید در ساعات مشخصی که زاویه خورشید مناسب و به طور مستقیم تابش می کند اندازه گیری طیفی را انجام داد و در مواقعی که شرایط جوی مناسب نیست امکان اندازه گیری وجود ندارد.

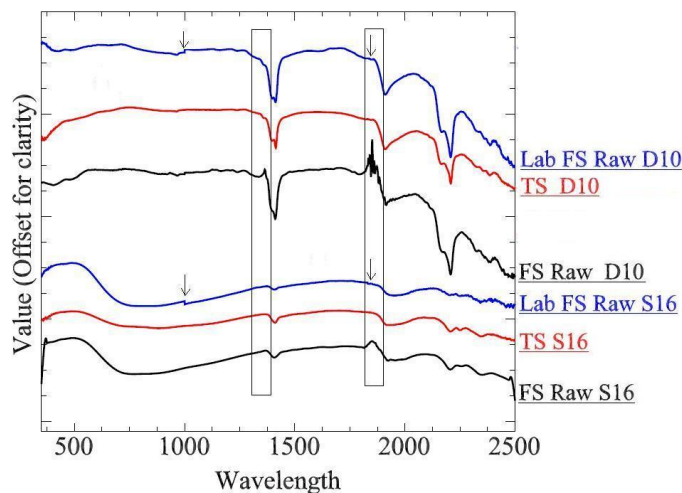
طیف های تهیه شده با دستگاه پژوهشکده علوم محیطی در مقایسه با طیف های دانشگاه باسک و طیف کتابخانه های استاندارد مانند USGS در محدوده تقریبی ۱۹۰۰-۱۸۰۰ و ۱۴۰۰-۱۳۰۰ نانومتر یک سری پیک نشان می دهند (مستطیل های عمودی نشان داده شده در شکل ۱). این پیک ها احتمالاً بدلیل وجود بخارات آب موجود در اتمسفر ایجاد شده است. همچنین در طول موج ۱۸۳۰ و ۱۰۰۰ نانومتر نیز یک جهش و ناهمواری دیده می شود که در شکل با علامت فلش مشخص شده است.

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۳ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۱- طیف اندازه گیری شده با اسپکتروراديو متر مدل Field Spc3 از دو نمونه سنگ در فضای باز و مقایسه آن با طیف اسپکتروراديو متر دانشگاه باسک. D10، TS، S11B و FS Raw به ترتیب نشاندهنده شماره نمونه های مربوط به معادن دره زار، سرچشمه، طیف خام اسپکتروراديو متر مدل Terra Spec⁴ و طیف خام اسپکتروراديو متر مدل Field Spc³ است.

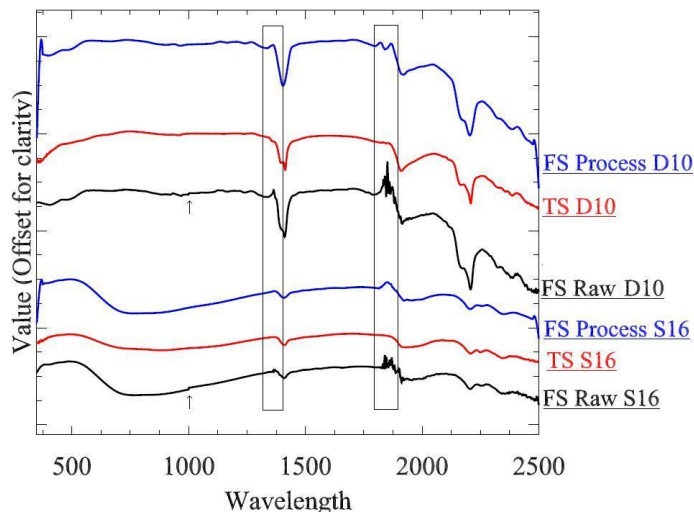
طیف های اندازه گیری شده در آزمایشگاه نويز کمتری در محدوده جذب آب نشان دادند ولی پرش ۱۰۰۰ و ۱۸۳۰ در طیف قابل مشاهده است (شکل ۲).



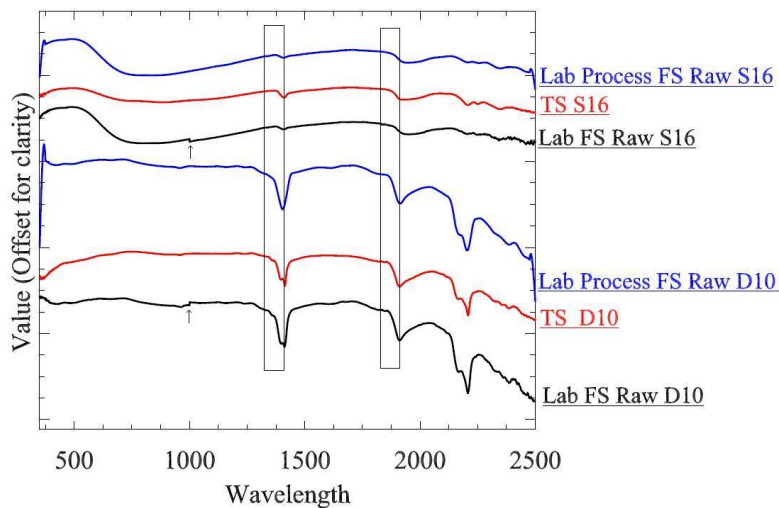
شکل ۲- طیف اندازه گیری شده با اسپکتروراديو متر مدل Field Spc3 از دو نمونه سنگ در آزمایشگاه در مقایسه با طیف اسپکتروراديو متر دانشگاه باسک و فضای باز. D10، S16، TS و Lab FS Raw به ترتیب نشاندهنده شماره نمونه های مربوط به معادن دره زار، سرچشمه، طیف آزمایشگاهی خام اسپکتروراديو متر مدل Terra Spec⁴ و طیف آزمایشگاهی خام اسپکتروراديو متر مدل Field Spc³ است.

در این تحقیق برای حذف ناپیوستگی در طول موج ۱۰۰۰ و ۱۸۳۰ نانومتر تصحیح جهش روی داده ها اجرا شده است. بعد از اجرای تصحیح جهش فیلتر هموارسازی ساوزکی - گولای اعمال شد و برخی از نویزها موجود در طیف از بین رفتند. با اجرای این روشها خطای موجود در طیف ها از بین رفت و طیف دستگاه پژوهشکده علوم محیطی مشابه نتایج طیفی دستگاه باسک اسپانیا گردید. در شکل ۳ و ۴ طیف اندازه گیری شده در فضای باز و آزمایشگاهی قبل و بعد از انجام تصحیح برای دو نمونه نشان داده شده است.

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران



شکل ۳- طیف اندازه گیری شده با اسپکترورادیومتر مدل Field Spc³ از دو نمونه سنگ در فضای باز قبل و بعد از انجام تصحیح. FS و FS Raw و TS, S16, D10. Process به ترتیب نشاندهنده شماره نمونه های مربوط به معادن دره زار، سرچشمه، طیف خام اسپکترورادیومتر مدل Terra Spec⁴، طیف خام اسپکترورادیومتر مدل Field Spc³ و طیف پردازش شده اسپکترورادیومتر مدل Field Spc³ است.



شکل ۴- طیف اندازه گیری شده با اسپکترورادیومتر مدل Field Spc 3 از دو نمونه سنگ در آزمایشگاه قبل و بعد از انجام تصحیح. TS, S16, D10 و Lab FS Raw و Lab Process FS Raw به ترتیب نشاندهنده شماره نمونه های مربوط به معادن دره زار، سرچشمه، طیف آزمایشگاهی خام اسپکترورادیومتر مدل Terra Spec⁴، طیف آزمایشگاهی خام اسپکترورادیومتر مدل Field Spc³ و طیف پردازش شده اسپکترورادیومتر مدل Field Spc³ است.

◇◇◇◇◇◇

نتیجه گیری :

بررسی منحنی های طیفی حاصل از نمونه های مختلف در فضای باز و آزمایشگاهی نشان داد که در شرایطی که دستگاه در فضای باز استفاده شود طیف های حاصله دارای نویز بیشتری بویژه در محدوده جذب آب هستند. در شرایط آزمایشگاه بدلیل کم بودن بخار آب و امکان کنترل بیشتر شرایط محیطی نتایج بهتری بدست آمد و در این حالت نویز دستگاه کمتر می باشد. ناپوستگی در طیف

کارگاه های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنفرانس بین المللی تخصصی علوم زمین ۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

بدلیل نویزهای حاصل از گذر از آشکارسازهای بخش مرئی-فروسرخ موج کوتاه با فرسرخ ۱ و فروسرخ ۱ با ۲ (طول موج ۱۰۰۰ و ۱۸۳۰ نانومتر) در هر دو شرایط بویژه در فضای باز مشاهده می شود. زمانی که شرایط محیطی مناسب باشد و دستگاه به خوبی کالیبره شده باشد باندهای جذب و بازتاب اصلی نمونه های یکسان مشابه بوده اما شدت بازتابش و نویز در آنها با هم متفاوت است. تغییر در میزان بازتاب به دلیل اختلاف اندازه دانه ها و شرایط محیطی ممکن است ایجاد شده باشد. در مجموع می توان بیان کرد که با اعمال پردازش مناسب بر روی طیف های حاصله، طراحی و فراهم آوردن شرایط آزمایشگاهی بهینه، امکان کاهش و در مواردی حذف بسیاری از نویزها وجود دارد و می توان نتایج دقیق تری بدست آورد. بنابراین در اندازه گیری طیف ها باید دقت لازم را به عمل آورد و فاکتورهای موردنظر و عوامل محیطی که می توانند روی کیفیت طیف تاثیر بگذارند را به حداقل رساند.

◇◇◇◇◇◇◇◇

References:

- A. Kerr, H. Rafuse, G. Sparkes, Hinchey, J., Sandeman, H., 2011. Visible/Infrared Spectroscopy (VIRS) as a Research Tool in Economic Geology: Background and Pilot Studies from Newfoundland and Labrador. Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources Geological Survey, Report 11-1, pp. 145-166.
- Ahn, Y.H., Shanmugam, P., Moon, J.E., Ryu, J.H., 2008. Satellite remote sensing of a low-salinity water plume in the East China Sea. *Annales Geophysicae* 26, 2019–2035.
- Asner, G.P., Lobell, D.B., 2000. A biogeophysical approach for automated SWIR unmixing of soils and vegetation. *Remote Sensing of Environment* 74, 99–112.
- Calvin, W.M., Kratt, C., Faulds, , 2005. Infrared spectroscopy for drillhole lithology and mineralogy, Proceedings, Thirtieth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, SGP-TR-176.
- Carrino, T.A., Crósta, A.P., Toledo, C.L.B., Silva, A.M., 2015. Unveiling the hydrothermal mineralogy of the Chapi Chiara gold prospect, Peru, through reflectance spectroscopy, geochemical and petrographic data. *Ore Geology Reviews* 64, 299-315.
- Clark, R.N., 2004. Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy., in: King, P.L., Ramsey, M.S., and Swayze, G.A. (Eds.) , (Ed.), *Infrared Spectroscopy in Geochemistry, Exploration Geochemistry, and Remote Sensing – Short Course Series*. Mineralogical Association of Canada, London, Ontario, Canada.
- Croft, H., Kuhn, N.J., Anderson, K., 2012. On the use of remote sensing techniques for monitoring spatio-temporal soil organic carbon dynamics in agricultural systems. *Catena* 94, 64-74.
- Curtiss, B., & Goetz, A. F. H. , 1994. Field spectrometry: Techniques and instrumentation., Proceedings of an International Symposium on Spectral Sensing Research., Dangel, S., Kneubühler.,
- Goetz, A.F.H., 1975. Portable field reflectance spectrometer., JPL Technical Report, Pasadena, California Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology., p. 183–188.
- Goetz, A.F.H., 1987. The Portable Instant Display and Analysis Spectrometer (PIDAS). , Proceedings of the Third Airborne Imaging Spectrometer Data Analysis Workshop., Pasadena, California. JPL Publication., pp. 8-17.
- Hosseinjani Zadeh, M., Tangestani, M.H., 2011. Mapping alteration minerals using sub-pixel unmixing of ASTER data in the Sarduiyeh area, SE Kerman, Iran. *International Journal of Digital Earth* 4, 487-504.

کارگاه های آموزشی و چهارمین گردهمایی
و دومین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین
۲ الی ۵ اسفند ۱۳۹۴ ایران - تهران

- Hosseinjani Zadeh, M., Tangestani, M.H., Roldan, F.V., Yusta, I., 2014a. Sub-pixel mineral mapping of a porphyry copper belt using EO-1 Hyperion data. *Advances in Space Research* 53, 440-451.
- Hosseinjani Zadeh, M., Tangestani, M.H., Velasco Roldan, F., Yusta, I., 2014b. Mineral Exploration and Alteration Zone Mapping Using Mixture Tuned Matched Filtering Approach on ASTER Data at the Central Part of Dehaj-Sarduiyeh Copper Belt, SE Iran. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of* 7, 284-289.
- Hosseinjani Zadeh, M., Tangestani, M.H., Velasco Roldan, F., Yusta, I., 2014c. Spectral characteristics of minerals in alteration zones associated with porphyry copper deposits in the middle part of Kerman copper belt, SE Iran. *Ore Geology Reviews* 62, 191-198.
- King P.L, Ramsey M, Swayze G.A, 2004. *Infrared Spectroscopy in Geochemistry, exploration Geochemistry and Remote Sensing.*
- Kruse, F.A., 2012. Mapping surface mineralogy using imaging spectrometry. *Geomorphology* 137, 41-56.
- Legleiter, C.J., Roberts, D.A., Lawrence, R.L., 2009. Spectrally based remote sensing of river bathymetry. *Earth Surface Processes and Land forms* 34, 1039-1059.
- Mars, J.C., Rowan, L.C., 2010. Spectral assessment of new ASTER SWIR surface reflectance data products for spectroscopic mapping of rocks and minerals. *Remote Sensing of Environment* 114, 2011-2025.
- Shahriari, H., Honarmand, M., Ranjbar, H., 2015. Comparison of multi-temporal ASTER images for hydrothermal alteration mapping using a fractal-aided SAM method. *International Journal of Remote Sensing*, 36, 1271-1289.
- Smith, G.M., Milton, E.J., 1999. The use of the empirical line method to calibrate remotely sensed data to reflectance. *International Journal of Remote Sensing* 20, 2653-2662.
- Tayebi, M.H., Tangestani, M.H., 2014. Sub pixel mapping of alteration minerals using SOM neural network model and hyperion data. *Earth Sci Inform.*
- Velasco, F., Alvaro, A., Suarez, S., Herrero, J.M., 2007. Mapping Fe-bearing hydrated sulphate minerals with short wave infrared (SWIR) spectral analysis at San Miguel mine environment, Iberian Pyrite Belt (SW Spain). *ournal of Geochemical Exploration* 87, 45-72.