



جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۹، دوره ۳، شماره ۲

نقشه برداری زاویه طیفی با استفاده از طیف های کتابخانه *USGS* و *JHU* (مطالعه

موردی: گنبد های نمکی فیروزآباد، فارس)

حمید توکلی

موسسه آموزش عالی امین، گروه جغرافیا، فولادشهر، اصفهان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۲

چکیده

امروزه با پیشرفت فناوری دورسنجی، کاربرد آن در زمینه های مختلف نظیر مدیریت منابع، کشاورزی، اکتشافات معدنی و ... نیز توسعه یافته است. ثبت اطلاعات طیفی پدیده های مختلف با تعداد باند فراوان و پهنای بسیار کم، ایجاد نیمرخ طیفی پیوسته ای تحت عنوان منحنی طیفی است. در شرایط آزمایشگاهی منحنی های حاصل در یک بانک اطلاعاتی تحت عنوان کتابخانه طیفی ذخیره سازی می شوند و به عنوان طیف مرجع جهت مقایسه با منحنی های بازنویسی شده توسط سنجنده های مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. سنجنده استر به دلیل داشتن تعداد باندهای بیشتر نسبت به سنجنده های چند طیفی قدیمی تر دارای توانایی بیشتری برای انجام پردازش های طیفی است و می توان پردازش های پیشرفته طیفی را که بیشتر مختص پردازش داده های ابرطیفی هستند روی آن ها انجام داد. پردازش نقشه برداری زاویه طیفی، برای بارزسازی واحدهای سنگ شناختی و کانی شناسی گنبد های نمکی فیروزآباد، فارس (کنارسیاه و جهانی) با استفاده از طیف های آزمایشگاهی (*USGS, JHU*) اجرا شد. با توجه به این که ترکیب کانی شناسی و سنگ شناختی گنبد های نمکی اساساً از ژپس، انیدریت، هالیت، آهک، شیل، رس و مارن است؛ حاصل پردازش؛ بارزسازی واحدهای رسی، آهکی و گچی می باشد. نتایج با نقشه زمین شناسی، مشاهدات صحرائی و میدانی مقایسه و صحت پردازش بررسی شد.

واژگان کلیدی:

نقشه برداری زاویه طیفی، طیف های کتابخانه *USGS* و *JHU*، داده های استر، گنبد های نمکی

کنار سیاه و جهانی

۱. مقدمه

ساخت طیف‌سنج‌های فراطیفی این امکان را به وجود آورده که ثبت اطلاعات طیفی پدیده‌های مختلف در هزاران باند طیفی بوده و منحنی‌های طیفی به طور اختصاصی در سنجش از دور میدانی و آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یک کتابخانه طیفی آزمایشگاهی استاندارد شامل نمونه‌های خالص، پوشش گسترده از مواد، محدوده طیفی وسیع با دقت بسیار بالا، تجزیه نمونه‌ها (نظیر آنالیز *XRD*) و شرح کیفیت آنها می‌باشد. کتابخانه طیفی سازمان زمین‌شناسی آمریکا (*USGS*) کیفیت بالایی داشته و هر طیف از موادی با درجه خلوص بالا تهیه شده‌اند. این کتابخانه شامل طیف آزمایشگاهی گیاهان و کانی‌هاست که دقت طول موج آن در محدوده مرئی ۰/۲ و در ناحیه فروسرخ موج کوتاه ۰/۵ نانومتر می‌باشد. کتابخانه طیفی دانشگاه جان هوپکینز (*JHU*) نیز مجموعه‌ای شامل طیف بسیاری از پدیده‌های طبیعی و مصنوعی است [۲].

۲. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در ۴۵ کیلومتری غرب فیروزآباد قرار دارد. به طور کلی منطقه عشایر نشین و جمعیت ساکن آن بسیار اندک است که در روستاهای کوچک پراکنده بوده و به کشت گندم، جو و کمی نخل اشتغال دارند. این منطقه از نظر اقلیمی گرم و خشک و دارای پوشش گیاهی کم تراکمی است. هیچ مرکز صنعتی در منطقه

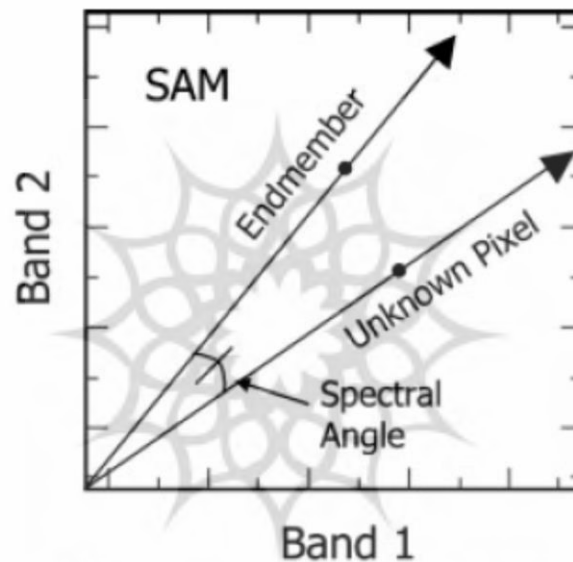


وجود ندارد و مهمترین مرکز جذب نیروی کار منطقه پالایشگاه گاز در دست احداث آغار- دالان در جنوب فراشبند است. این منطقه از نظر مرفولوژی دو چهره کاملاً متفاوت را داراست؛ یکی دشت فراشبند که دارای امتداد شمال شرقی، جنوب غربی است و بقیه را کوهستان‌های نسبتاً مرتفع تشکیل می‌دهد. کهنسال‌ترین سنگ‌هایی که در این منطقه بیرون زدگی دارند سنگ‌های سری هرمز هستند که بصورت گنبد‌های نمکی با نام‌های کنارسیاه و جهانی در این منطقه رخنمون دارند [۱]. مساحت کوه جهانی که در جنوب گنبد نمکی کنارسیاه و در حاشیه دشت آزادگان قرار دارد حدود ۵۰ کیلومتر مربع و مساحت گنبد نمکی کنارسیاه ۳۰ کیلومتر مربع است (شکل ۱).

شکل ۱- گنبد‌های نمکی فیروزآباد، استان فارس

۳. نقشه برداری زاویه طیفی

نقشه برداری زاویه طیفی (*SAM*) یک روش رده بندی طیفی نظارت شده است. در این روش شباهت بین طیف مرجع با طیف پیکسل به وسیله محاسبه زاویه بین طیف ها تعیین می شود و زوایایی که به صفر نزدیک تر باشند بهترین نتیجه را در اختیار کاربر قرار می دهند. این طیف ها به صورت بردارهایی در فضایی برابر با تعداد باندها در نظر گرفته می شوند. یک مثال ساده از این روش با در نظر گرفتن طیف مرجع و طیف پیکسل در شکل ۲ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل دیده می شود زاویه بین بردار طیف پیکسل و مرجع، نشان دهنده زاویه طیفی است.



شکل ۲- طرح شماتیک برای نشان دادن زاویه طیفی بین طیف پیکسل و مرجع

طیف مرجع می تواند از آزمایشگاه های طیفی، اندازه گیری های طیفی صحرائی و یا از تصویر استخراج شود. استفاده از روش *SAM* در سنجنده های با توان تفکیک طیفی بالا نتایج بهتری را ارائه می دهد زیرا هر چه فواصل بین طول موج های دو باند مجاور کمتر شود تفاوت هایی که در شکل طیفی کانی با کانی دیگر وجود دارد، مشخص شده و مقایسه بین طیف ورودی به عنوان طیف مرجع و طیف پیکسل های تصویر با دقت بالاتر انجام می گیرد.

در رده بندی *SAM* شباهت بین طیف مرجع و طیف ناشناخته با معادله ۱ تعیین می شود:

$$\alpha = \left(\frac{\vec{t} \cdot \vec{r}}{\|\vec{t}\| \|\vec{r}\|} \right) \quad \text{معادله ۱}$$

تواند نوشته شود:

این معادله به صورت معادله ۲ نیز می

$$\alpha = \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{\frac{1}{2}}} \right) \quad \text{معادله ۲}$$

در این رابطه nb تعداد باندها، t_i طیف ناشناخته و r_i طیف مرجع می باشد. خروجی این محاسبات یک تصویر رده بندی شده و تصاویر *Rule* به تعداد عضوهای انتهایی است. تصویر رده بندی شده بهترین تطابق و تصاویر *Rule* زاویه طیفی بین طیف مرجع و طیف تصویر را نشان می دهند. در تصاویر *Rule* پیکسل هایی که زاویه طیفی کوچکتری دارند تیره تر بوده و بیشترین جورشدگی و پیکسل های روشن کمترین جورشدگی را با طیف مرجع نشان می دهند. با استفاده از آستانه برش چگالی می توان نواحی با بیشترین انطباق با طیف مرجع را مشخص کرد [۳، ۴].

۳-۱- نقشه برداری زاویه طیفی با استفاده از طیف های *JHU* و *USGS*

با توجه به این که ترکیب کانی شناسی و سنگ شناختی گنبدهای نمکی اساساً از ژپس، انیدریت، هالیت، آهک، شیل، رس و مارن است برای انجام پردازش *SAM* طیف این کانی ها و سنگ ها در پردازش فوق مورد استفاده قرار گرفت.

در کتابخانه طیفی از هر کانی یا سنگ چند طیف وجود دارد. برای اینکه طیف مناسب انتخاب شود طیف کانی های مشابه تحت پردازش *SAM* قرار گرفته و کانی ها و سنگ هایی که زوایای کمتری نشان می دادند برای بررسی انتخاب و ارزیابی شدند.

۱- انیدریت (*Anhydrite GDS42*) با زاویه طیفی: ۰/۰۱۷۱۰۱ - ۰/۰۷۱۶۹۳

۲- کلسیت ۳ با زاویه طیفی: ۰/۰۷۶۵۱۹ - ۰/۱۱۷۱۸۵

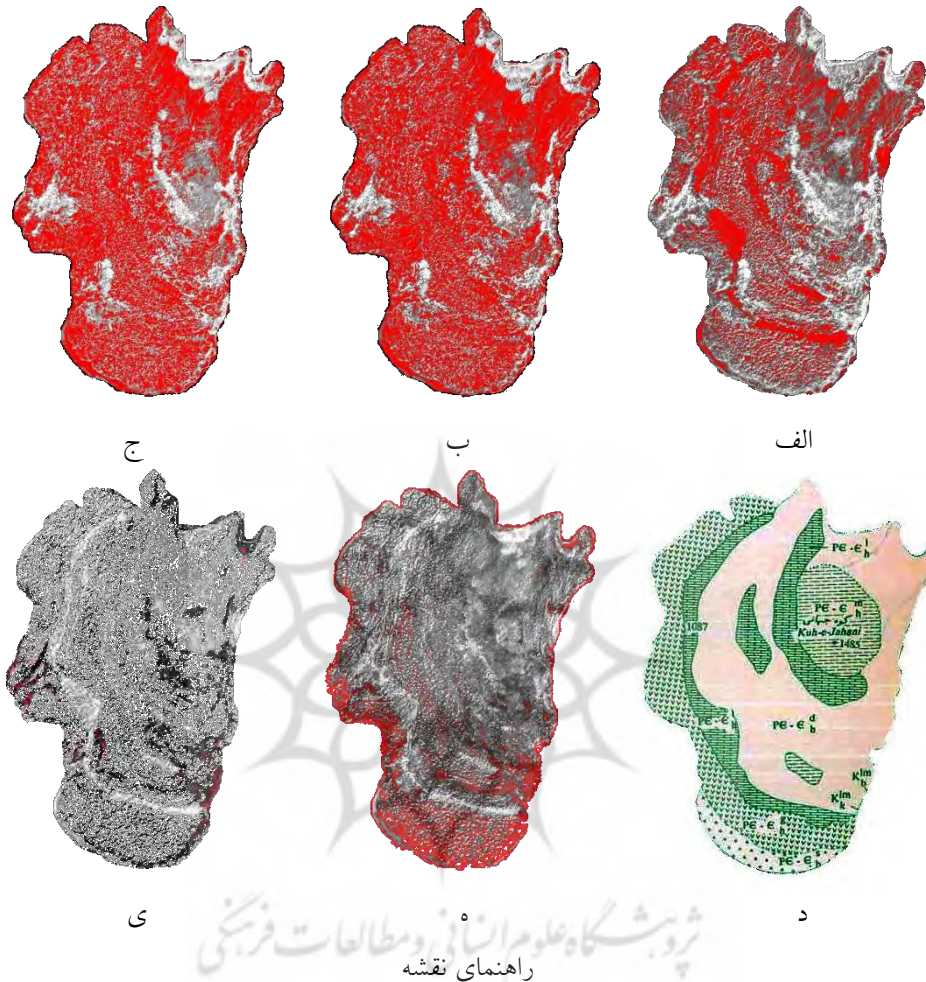
۳- ژپس ۲ با زاویه طیفی: ۰/۱۶۲۸۴۱ - ۰/۱۹۹۸۱۲

۴- هالیت (*Halite HS433*) با زاویه طیفی: ۰/۰۱۰۸۰۶ - ۰/۰۶۶۴۴۴

۵- ایلیت ۳ با زاویه طیفی: ۰/۰۸۴۷۹۳ - ۰/۱۴۱۹۰۰

همچنین طیف سنگ آهک (*Limestone*) و شیل سیاه (*Black shale*) از کتابخانه طیفی *JHU* به ترتیب زوایای ۰/۰۴۷۳۲۱ - ۰/۰۸۸۳۹۷ و ۰/۰۳۷۳۴۶ - ۰/۰۸۷۷۴۶ را نشان داد. با توجه به اینکه طیف این گروه

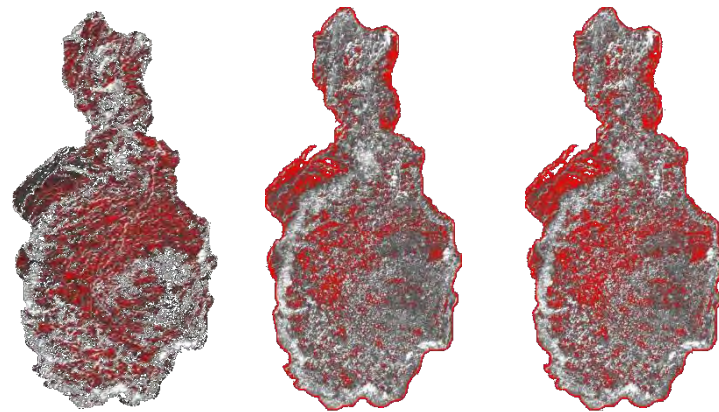
کانی ها و سنگ ها زاویای کمتری نشان داد؛ برای انجام رده بندی تصویر به کار برده شدند. پس از انجام پردازش SAM، بر روی این گروه از کانی ها و سنگ ها، با استفاده از آستانه برش چگالی، نواحی با بیشترین انطباق با طیف مرجع با پیکسل های سرخ رنگ مشخص شد. نتایج پردازش با نقشه زمین شناسی گنبد های مورد مطالعه مقایسه شد (شکل ۳- الف، ب، ج).



شکل ۳- الف- پردازش SAM با استفاده از طیف آزمایشگاهی USGS.

بارزسازی انیدریت (الف)، هالیت (ب)، ایلیت (ج)، ژپس (د) و کلسیت (ه) و نقشه زمین شناسی گنبد نمکی جهانی

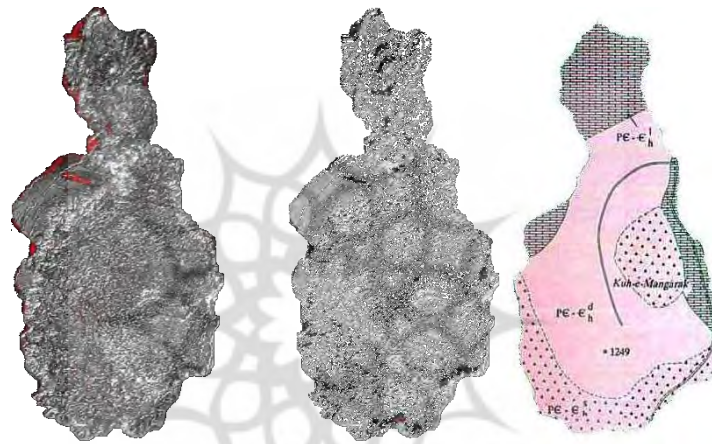
(ی)



ج

ب

الف



ی

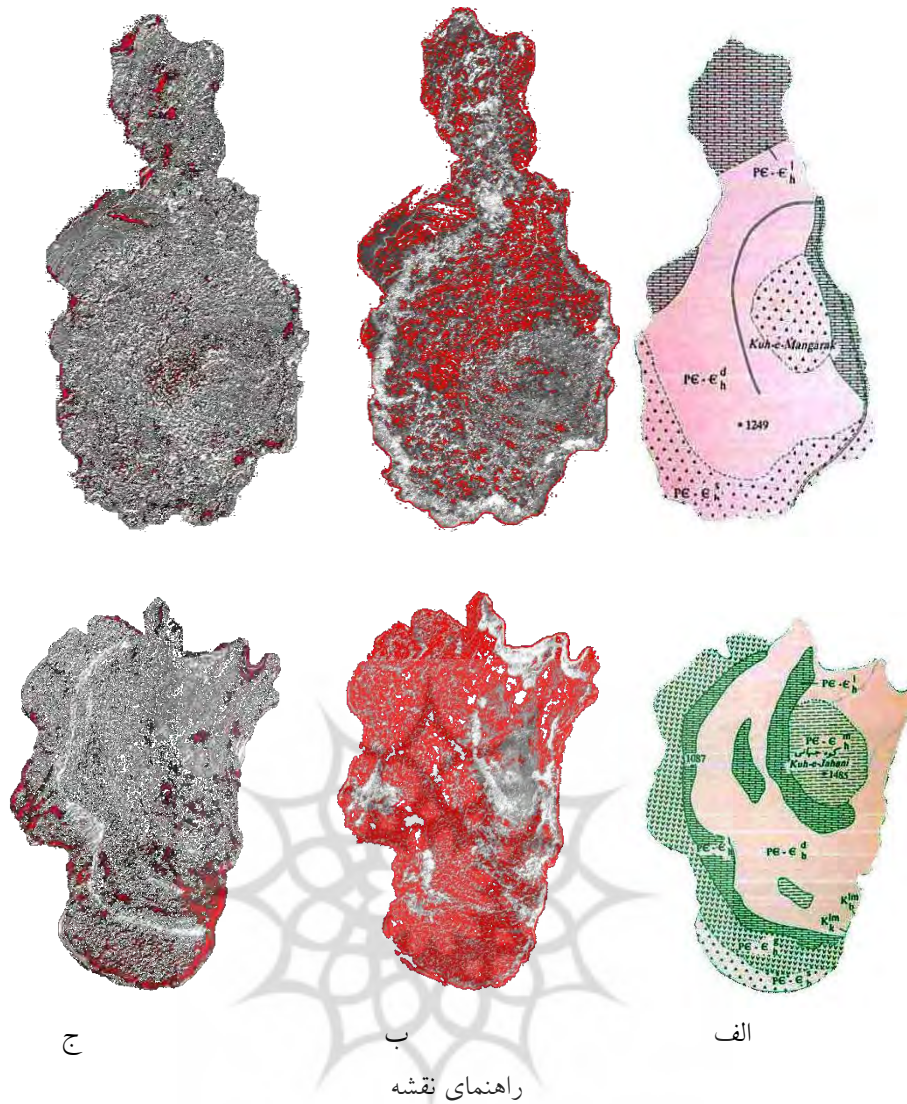
ه

د

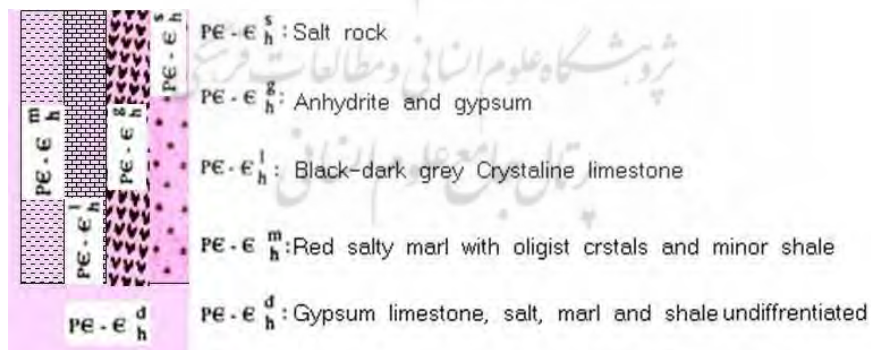


شکل ۳- ب- پردازش SAM با استفاده از طیف آزمایشگاهی USGS.

بارزسازی انیدریت (الف)، هالیت (ب)، ایلیت (ج)، ژپس (د) و کلسیت (ه) و نقشه زمین شناسی گنبد نمکی کنار سیاه (ی)



راهنمای نقشه



شکل ۳- ج- پردازش SAM با استفاده از طیف آزمایشگاهی JHU

بارزسازی شیل سیاه (الف)، سنگ آهک (ب). و نقشه زمین شناسی گندهای نمکی کنار سیاه (بالا) و جهانی (پایین)

(ج)

۴. نتیجه گیری

نتایج نشان داد نقشه برداری زاویه طیفی (SAM) با استفاده از طیف های آزمایشگاهی USGS کانی های رس (ایلیت)، اندریت و هالیت را در سرتا سر گنبد نمکی جهانی بجز در نقاط مرکزی، شمال و غرب بطور غیر عادی بارزسازی کرد. همچنین این بارزسازی بجز در حاشیه گنبد نمکی کنار سیاه در تمام نقاط و بخصوص مرکز گنبد نمکی یاد شده ایجاد شد. قابل ذکر است واحد رس بطور مستقل در نقشه زمین شناسی تفکیک نشده بلکه به شکل مخلوط با کانی های دیگر در واحد سنگ مارن وجود دارد. ژپس و کلسیت نیز تحت این پردازش قرار گرفتند. بارزسازی ژپس در حاشیه غربی، شمال و جنوب شرقی گنبد نمکی جهانی و کنار سیاه با نقشه زمین شناسی مطابقت نشان نمی دهد. کلسیت در جنوب و جنوب غربی گنبد نمکی جهانی و برای گنبد نمکی کنار سیاه در حاشیه شمالی تا شمال غربی بارزسازی نشان داده است. بارزسازی این کانی ها با واحدهای سنگ شناختی و کانی شناسی تفکیک شده در نقشه زمین شناسی گنبد های نمکی مورد مطالعه مطابقت نشان نداد. همچنین طیف های JHU جهت بارزسازی سنگ آهک و شیل سیاه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد طیف شیل در سرتا سر گنبد نمکی جهانی بجز در نقاط مرکزی، شمال و غرب بطور غیر عادی این کانی را بارزسازی کرد. همچنین این بارزسازی بجز در حاشیه گنبد نمکی کنار سیاه در تمام نقاط و بخصوص مرکز گنبد نمکی یاد شده ایجاد شد. بارزسازی سنگ آهک نیز در جنوب و جنوب غربی گنبد نمکی جهانی و حاشیه ها و قسمت های مرکزی گنبد نمکی کنار سیاه بوجود آمده است. بارزسازی های ایجاد شده در حاشیه های شمالی و شرقی گنبد نمکی کنار سیاه تقریباً با نقشه زمین شناسی مطابقت نشان می دهد و در بقیه موارد این بارزسازی ها با نقشه زمین شناسی گنبد های مورد مطالعه تطابقی نشان نمی دهد. نتایج این پردازش نشان داد تفکیک واحدهای سنگی گنبد های نمکی با استفاده از روش نقشه برداری زاویه طیفی بجز در بعضی موارد با توجه به نقشه زمین شناسی آنها انجام نشده است. اگر چه مشاهدات میدانی و صحرایی انطباق واحدهای بارز شده نظیر واحدهای رسی، آهکی و گچی را در بسیاری موارد بر روی زمین نشان می دهد.

۵. مراجع

۱. سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹۷۷، نقشه زمین شناسی منطقه فرشبند ۱:۱۰۰۰۰۰
۲. Clark, R.N. (1999). *Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principal of Spectroscopy.* [Online]. <http://speclab.cr.usgs.gov>.
3. ENVI V. 4.8 Tutorial
4. ENVI V. 4.8 User guide