The 2nd National Conference on
Geospatial Information Technology (NCGIT)

K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering

18 January 2017

دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ دی ماه ۱۳۹۵

# ارزیابی کارایی ادغام داده سنجنده‌های OLI و TIRS در شناسایی دگرسانی های مناطق امیدبخش معدنی بررسی موردی: کانی مس در منطقه علی‌آباد یزد

سحر محمودی‌شاد[۱]، عباس مالیان[۲*]، فرهاد حسینعلی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
۲- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
۳- استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

**چکیده :**

امروزه گستره وسیعی از داده‌های سنجش‌ازدور با تنوع قدرت‌تفکیک مکانی و طیفی وجود دارند که انتخاب و به کارگیری درست آن‌ها می‌تواند در بالابردن ضریب اطمینان شناسایی مناطق معدنی تأثیرگذار باشد. روش‌های ادغام تصویر برای ایجاد داده‌های با توان تفکیک طیفی و مکانی بالا می‌تواند تأثیر بسزایی در شناسایی نواحی موادمعدنی دگرسان و ساختار زمین‌شناسی داشته باشد. در این مقاله با به‌کارگیری قابلیت‌های سنجنده‌های OLI و TIRS لندست ۸ در مطالعات معدنی، به ارزیابی کارایی ادغام داده‌های آن‌ها در شناسایی مناطق با ظرفیت معدنی مس پورفیری در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد یزد پرداخته می‌شود. برای این منظور، روش‌های نسبت گیری باندی و ترکیب رنگی کاذب به عنوان ابزاری برای نقشه‌برداری ناحیه‌های موادمعدنی دگرسان هیدروترمال مرتبط با کانی‌سازی مس پورفیری در سنگ میزبان به کار گرفته شده‌اند. با استخراج نسبت باندی ۴/۲ و ۶/۷ مرتبط با اکسیدآهن و دگرسان‌های آرژیلیک و پورفیری، از ترکیب رنگی کاذب باندهای ۴/۲، ۶/۷ و ۱۰ استفاده شد. لندست ۸ با ۱۱ باند در محدوده مادون قرمز نزدیک، کوتاه و حرارتی با قدرت‌تفکیک مکانی ۳۰ و ۱۰۰ متر در کنار باند پانکروماتیک با قدرت‌تفکیک مکانی ۱۵ متر دلیلی بر بررسی تأثیر ادغام تصویر در نتایج حاصل از روش‌ها پردازش تصویر سنجش‌ازدور در این تحقیق بوده است. در این مقاله از تبدیل HSV در کنار روش پن‌شارپ برای ادغام تصاویر استفاده شده است. نتایج نشان دهنده برجسته سازی خوب واحدها و ساختارهای زمین‌شناسی نسبت به تصویر مرکب کاذب رنگ اولیه می‌باشد

**واژه‌های کلیدی :** لندست۸، سنجنده OLI و TIRS، نسبت‌گیری باندی، ادغام تصویر، مس پورفیری

**نویسنده مکاتبه کننده :** عباس مالیان
**آدرس پستی :** تهران، لویزان، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، دانشکده مهندسی عمران، گروه مهندسی نقشه برداری
**تلفن :** ۲۲۹۷۰۰۲۱
**آدرس پست الکترونیک :** s.mahmoodishad@srttu.edu

## ۱- مقدمه

معادن از سرمایه‌های ملی هر کشور است که به دلیل هزینه بالا و زمان بر بودن مراحل اکتشاف و پی‌جویی، نیازمند روش‌هایی برای بالابردن ضریب اطمینان شناسایی مناطق با ظرفیت ماده معدنی به منظور کاهش ریسک و هزینه است. داده ها و روش های نوین سنجش‌ازدور با به‌کارگیری ماهواره‌های تصویربرداری، امکان برداشت داده‌های سطح زمین درگستره وسیع و پیوسته با صرف هزینه کم را فراهم آورده است.

مواد معدنی مختلف در محدوده طول موج‌های طیف الکترومغناطیس، بسته به ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب کانی‌شناسی و شیمیایی خود، امواج الکترومغناطیس را در طول موج‌های مختلف با شدت‌های متفاوت منعکس و یا جذب می‌کنند. داشتن اطلاعاتی از رفتار طیفی مواد معدنی در طول‌موج‌های گوناگون، بر اساس منحنی‌های شاخص بازتابندگی و جذب طیف، در سنجش‌ازدور از اهمیت زیادی برخوردار است [۱]. با استفاده از تفاوت‌های بازتابندگی طیفی اجسام، می‌توان انواع سازندهای زمین‌شناسی را به وسیله سنجش‌ازدور از یکدیگر تفکیک نمود. کاربرد روش‌های سنجش‌ازدور در اکتشاف ذخایر مس بر اساس ردیابی‌های کانی‌سازی در سنگ میزبان انجام می‌گیرد که در مراحل شناسایی و پی‌جویی پروژه معدنی کاربرد دارد. مطالعات سنجش‌ازدور کاربرد وسیعی در تشخیص ناحیه‌های دگرسانی‌های مختلف، ساختارهای خطی و تفکیک واحدهای سنگی دارد و می‌تواند برای شناسایی ذخایر مختلف مس به‌ویژه انواع پورفیری، اسکارنی، توده ای، ماگمایی و رگه‌ای در تلفیق با سایر داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیک هوابردی بسیار کارساز باشد [۲]. لندست ۸ یکی از نسل‌های اخیر ماهواره‌های چند طیفی با قدرت‌تفکیک طیفی متوسط است که تصاویر سطح زمین در محدوده مرئی، مادون قرمز کوتاه و نزدیک و حرارتی تهیه می‌کند. باندهای طیفی جدید، دو باند حرارتی، بهبود عملکرد سیگنال به نویز سنجنده و بهبود قدرت‌تفکیک رادیومتری مرتبط با آن و بهبود چرخه‌کار از قابلیت‌های افزایش یافته این سنجنده نسبت به سایر سنجنده‌های خانواده لندست است [۳]. با وجود تعداد کم و پهنای زیاد باندهای لندست ۸ در محدوده مادون‌قرمز کوتاه، وجود باندهای طیفی مجزا در لندست ۸ در محدوده‌های رفتار طیفی بیشینه و کمینه بازتاب مواد دگرسان هیدروترمالی، استفاده از روش ساده و کارآمد نسبت باندی را ممکن ساخته است. در ذیل به چند مورد از مطالعات صورت گرفته در ایران و جهان در زمینه شناسایی مناطق دارای ظرفیت معدنی در شرایط محیطی مختلف با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اشاره می‌شود:

در مطالعات اکتشاف معدنی، لیو[1] و همکاران در سال ۲۰۱۴ در منطقه جی‌یافوسرسو در ژاپن برای نقشه‌برداری سنگ‌شناسی و دگرسانی هیدروترمال از داده استر و روش‌های ترکیب رنگی کاذب[2]، تحلیل مؤلفه اصلی[3] و نگاشت‌زاویه‌طیفی[4] استفاده کردند. نتایج به دست‌آمده در این تحقیق نشان داد که روش‌های مبتنی برداده استر به‌عنوان ابزار قوی برای شناسایی اهداف معدنی کوچک توده‌های آذرین نفوذی مفید بوده است [۴]. بیرانوندپور و همکاران در سال ۲۰۱۱ به بررسی ویژگی‌های عملکرد سنجنده استر و کاربرد روش‌های پردازشی تصویر به عنوان ابزاری برای نقشه‌برداری ناحیه‌های موادمعدنی دگرسان هیدروترمال مرتبط با کانی‌سازی طلای اپی‌ترمال و مس پورفیری در سنگ میزبان پرداختند [۵, ۶]. این مطالعه در ناحیه معدنی مس سرچشمه انجام شد و در آن به ارزیابی عملکرد تحلیل مؤلفه اصلی، نسبت باندی و نسبت نویز کمینه برای محدوده مرئی، مادون‌قرمز کوتاه و نزدیک در زیرسامانه‌های داده استر پرداخته شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که مطالعات سنجش‌ازدور بر روی داده استر، به زمین‌شناسی اکتشافی در مناطق معدنی سرچشمه برای شناسایی چشم‌اندازهای جدید کانسار مس پورفیری و طلا در مناطق دست نخورده کمک می‌کند [۷]. بیرانوندپور و همکاران در سال ۲۰۱۴ در محدوده معدنی مس سرچشمه،

[1] Lei Liu
[2] False Colour Composition
[3] Principal Component Analysis (PCA)
[4] Spectral Angle Mapper (SAM)

روش‌های نسبت باندی، ترکیب رنگی کاذب و پالایش سازگاریافته تنظیم اختلاط[1] را در ۹ باند مرئی، مادون قرمز نزدیک و کوتاه تصویر لندست۸ با هدف ارزیابی استفاده از باندهای طیفی این ماهواره برای شناسایی مواد معدنی دگرسان هیدروترمال و واحدهای سنگی مرتبط با کانسار مس در مناطق خشک و نیمه خشک به کارگرفتند [۸]. پاولیک[2] و همکاران در سال ۲۰۰۸ در بررسی وضعیت زمین‌شناسی مسیرخط لوله در کانادا از روش پن‌شارپ با تبدیل IHS برای تهیه تصویر چندطیفی با قدرت‌تفکیک مکانی بالا در تصویر باندهای طیفی لندست $ETM^+$ و باند پانکروماتیک استفاده کردند. ایشان از تصویر ترکیب رنگی کاذب باندها حاصل از ادغام در کنار مدل ارتفاعی رقومی[3]، برای تهیه نقشه زمین شناسی منطقه در محیط سامانه اطلاعات مکانی در این تحقیق بهره بردند [۹].

میزان کاربری تصاویر ماهواره‌ای مختلف در مطالعات معدنی متأثر از نوع ماده معدنی مورد پی‌جویی و منطقه مورد مطالعه است. از آن‌جایی که تاکنون کارایی تصاویر لندست ۸ برای شناسایی مناطق دارای مس پورفیری خضرآباد یزد بررسی نشده است، در این مطالعه به ارزیابی استفاده از باندهای طیفی لندست ۸ در کنار به کارگیری روش ادغام تصویر و روش پردازش تصویر نسبت باندی برای شناسایی مناطق امیدبخش معدنی پرداخته می‌شود. در ادامه مقاله در بخش ۲، ۳ و ۴ به ترتیب به معرفی منطقه مطالعاتی و توضیح مختصری از داده‌ها و روش‌های به‌کارگرفته شده در این تحقیق پرداخته می‌شود. بخش ۴ و ۵ به ترتیب به روش پردازش، مراحل پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج به دست آمده اختصاص داده شده است. در بخش ۶ نیز پیشنهادهایی برای ادامه تحقیق ارائه شده است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه برگ ۱:۱۰۰۰۰۰ خضرآباد در چهارگوش آباده استان یزد است که بین دشت کویر مرکزی در ایران، در شمال شرقی زاگرس و در جنوب غرب رشته کوه‌های شیرکوه قرار دارد و از عوامل تأثیرگذار بر تحولات زمین‌شناسی، گسل دهشیر در منطقه است. وجود پهنه‌های دگرگونه پی سنگی (ناحیه بافق ـ پشت بادام)، قوس ماگمایی (ناحیه ارومیه ـ بزمان) و محیط‌های ریفتی (ناحیه بافق ـ پشت بادام) سبب گردیده تا توان معدنی استان یزد در خور توجه باشد [۱۰]. این منطقه برروی کمربندی آتشفشانی ایران مرکزی قرار دارد که از مناطق مناسب برای تحقیقات سنجش‌ازدور برای اکتشاف مس پورفیری و رگه کانی‌ساز طلا اپی‌ترمال است. محدوده خضرآباد با وجود معادن مسی مثل علی‌آباد و دره زرشت بستر مناسبی در وجود کانسارهای مس پورفیری از خود نشان داده است.

## ۳- داده های مورد استفاده

### ۳-۱- تصویر سنجنده لندست۸

تصویر مورد استفاده دراین پژوهش از داده‌های سطح 1T ماهواره لندست ۸ به شماره LC81620382013149LGN00 مربوط به چهاردهم ماه سپتامبر ۲۰۱۳ است که با اعمال تصحیحات رادیومتری و هندسی با دستگاه مختصات UTM ناحیه ۳۹ و سطح مبنای WGS84 تهیه گردیده است. ماهواره لندست ۸ بخشی از ماموریت LDCM[4] است که در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد[۳]. لندست ۸ دارای دو سنجنده OLI[5] و TIRS[6] با قدرت‌تفکیک مکانی متوسط است. تصاویر سنجنده OLI در ۹ باند طیفی در طول موج‌های مرئی، مادون قرمز نزدیک و کوتاه درعرض نوار ۱۸۵ کیلومتر برداشت می‌شود. این سنجنده تصاویر زمین را با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ تا ۳۰ متر تهیه می‌کند. سنجنده TIRS نیز ابزاری ارزشمند است که تصاویری با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰ متر در دو باند حرارتی تهیه می‌کند [۱۱].

[1] Mixture Tuned Matched Filtering (MTMF)
[2] Goran Pavlic
[3] Digital Elevation Model (DEM)
[4] Landsat Data Continuity Mission (LDCM)
[5] Operational Land Imager (OLI)
[6] Thermal Infrared Sensor (TIRS)

### ۳-۲- پیش‌پردازش تصویر

تصویر لندست ۸ استفاده شده مربوط به مسیر/ ردیف ۳۸/۱۶۰ است که محدوده خضرآباد یزد با برش از تصویر اصلی جدا شده است. کلیه پردازش‌های صورت گرفته در این تحقیق در نرم‌افزار ENVI نسخه ۵/۳ انجام شده است. در این تحقیق از روش بازتاب نسبی متوسط داخلی[1] برای تصحیح اتمسفری تصویر و تبدیل داده ها به بازتاب سطح استفاده شده است [۸].

## ۴- پردازش تصویر

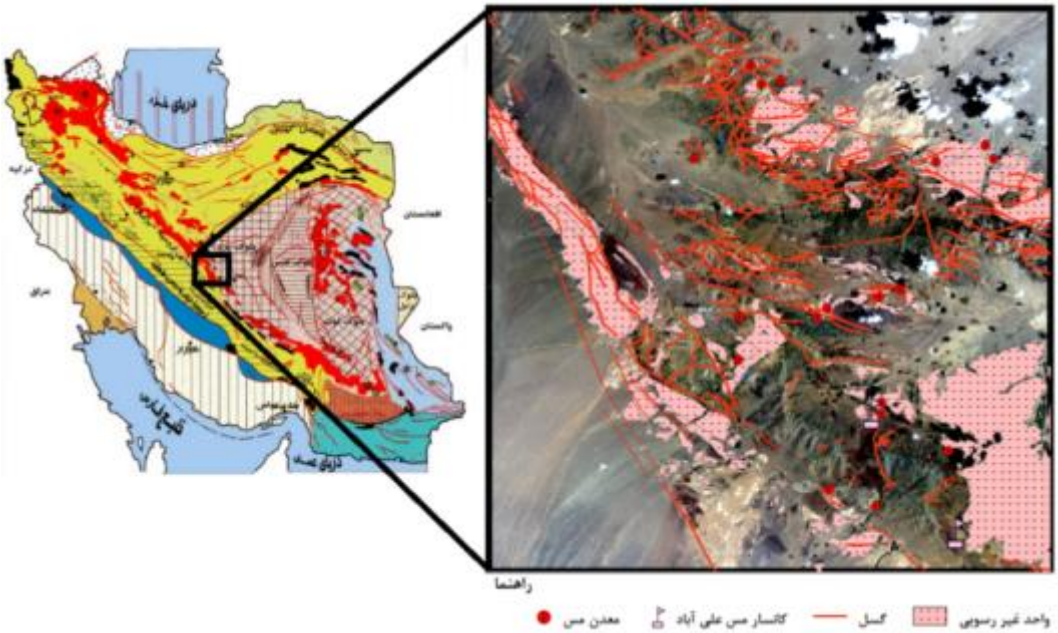
مطالعات زمین‌شناسی و پروژه‌های اکتشافی در هر مرحله‌ای برای کسب اطلاعات و کمّی‌سازی الگوهای توزیع عناصر، کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و هندسی و ساختمانی است. سنجش‌از دور توانسته در کمّی‌سازی الگوهای نامبرده در مطالعات معدنی تأثیرگذار باشد. کانی‌ها معرف محیط‌های خاص زمین‌شناسی مانند هوازدگی، دگرسانی، اکسیداسیون، رسوب‌گذاری و پهنه‌های دگرگونی هستند که به کمک داده‌های چندطیفی و فراطیفی و روش‌های پردازش تصویر طیفی مانند نسبت گیری باندی، ترکیب رنگی کاذب، نگاشت زاویه طیفی و مانند آن قابل آشکارسازی هستند. ساختارهای خطی و هندسی در واقع همان اثرات نیروهای درونی و بیرونی زمین است که با تغییر شکل چین‌خوردگی‌ها، گسل‌ها و تغییر ارتفاعی همراه هستند. این ساختارها منجر به شناسایی خطواره‌های ناحیه‌ای و تعیین الگوی مکانی پیدایش و توزیع کانسارها و فعالیت‌های آذرین می‌شوند [۱۲]. برای آشکارسازی خطواره‌ها می‌توان از فیلترهای آشکارساز لبه مانند فیلتر بالاگذر، سوبل[2] و گرادیان استفاده کرد.

### ۴-۱ گزینش باند[3]

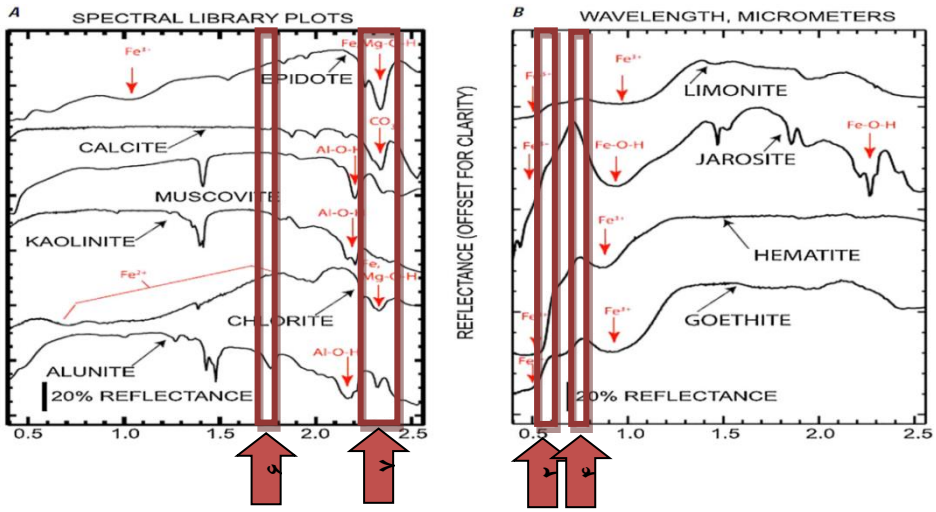
موضوع گزینش باندمناسب برای انجام یک تحلیل ویژه برپایه داده‌های چندطیفی یک ضرورت است. این گزینش بر اساس بررسی رفتار طیفی مواد مختلف انجام می‌شود. ایجاد تمایز بین سنگ‌های دگرسان هیدروترمال و سنگ‌های دگرسان نشده برای اکتشاف معدن امری ضروری است که توسط روش‌های سنجش‌ازدور قابل انجام است. این کار با استفاده از تفاوت رفتارهای طیفی در بیشینه و کمینه جذب مواد معدنی گوناگون در محدوده امواج الکترومغناطیس انجام می‌گیرد. سنگ بستر محدوده دگرسانی‌های شناسایی شده مرتبط با مس در محدوده‌های غیر رسوبی می‌تواند بیانگر مناطق با ظرفیت معدنی مس باشند. شکل(۱) نمایشی از محدوده‌های دارای سنگ بستر غیر رسوبی منطقه مطالعاتی است. دگرسانی‌های مرتبط با کانسارهای مس این محدوده مانند مس علی‌آباد و دره زرشک، دگرسانی‌های آرژیلیک، فیلیک و پروپیلیک است [۱۳ و ۱۴]. سنگ‌های دگرسان شده شامل سریسیت، مسکویت با وجود هیدروکسیدآلومینیم دارای ویژگی جذب متمایز در ۲/۲ میکرومتر و ویژگی‌های جذب کمتر در ۲/۳۵ میکرومتر است و کائولنیت و آلونیت، اجزاء اصلی معمول دگرسان‌های آرژیلیک پیشرفته، با وجود هیدروکسیدآلومینیوم دارای ویژگی جذب کمتر در ۲/۱۶۵ و ۲/۲ میکرومتر است. سنگ‌های دگرسان پورفیری معمولا" شامل مقادیر مختلف از کلریت، اپیدوت و کلسیت با وجود آهن، اکسید منیزیم و کربنات دارای ویژگی جذب کمینه در ۲/۳۱-۲/۳۳ میکرومتر است. در نتیجه این رفتار طیفی، باند۷ لندست۸ محدوده رفتار کمینه جذب تمامی کانی‌های این دگرسان‌ها را پوشش می‌دهد. اکسید آهن و مواد معدنی هیدروکسید مانند لیمونیت، ژاروسیت و هماتیت تمایل به ویژگی جذب طیفی در مرئی و مادون قرمز میانی در ۰/۴-۱/۱ میکرومتر دارند [۸]. در نتیجه باند ۲ و ۴ رفتارهای کمینه و بیشینه جذب کانی‌های دگرسان اکسیدآهن را پوشش می‌دهد. مواد معدنی سیلیکاتی ویژگی‌های طیفی خاص در بخش حرارتی

[1] Internal Average Relative Reflection (IARR)
[2] Sobel
[3] Band Selection

دارند. منحنی ساطع مقدار قابل توجه‌ای از گسیل را در محدوده ۸/۵۰-۹/۳۰ و ۱۰/۳۰-۱۱/۷۰ میکرومتر برای کانی‌های سیلیکاتی نشان می‌دهد. محدوده طول‌موجی ۸/۵۰-۹/۳۰ میکرومتر مربوط به کمینه مقدارگسیل است درحالی که ارزش گسیل بالا در ۱۰/۳۰-۱۱/۷۰ دیده می‌شود [۸]. باندهای ۱۰ و ۱۱ حرارتی لندست ۸ بازرکننده این مواد معدنی هستند.




**شکل ۱: نمایش موقعیت واحدهای زمین‌شناسی غیر رسوبی به همراه گسل های موجود در منطقه برروی تصویر ترکیب رنگی باندهای مرئی ( باند۲، ۳، ۴)**




**شکل ۲: منحنی طیفی کانی‌های مرتبط با دگرسان‌های آرژلیتی، پورفیری و اکسید آهن. شکل A نمایش منحنی‌های طیفی آزمایشگاهی کانی‌های مرتبط با دگرسانی‌های آرژلیتی و پورفیری با بیشینه جذب در باند۷ و بیشینه بازتاب در باند۶ لندست۸. شکلB نمایش منحنی طیفی آزمایشگاهی کانی‌های مرتبط با دگرسانی اکسیدآهن با بیشینه جذب در باند۲ و بیشینه بازتاب در باند۴.**

### ۴-۲- نسبت گیری باندی[1]

در روش نسبت باندی مقدار عدد رقومی[2] یک باند به مقدار عدد رقومی باند دیگر تقسیم می‌شود. نسبت باندی برای برجسته‌سازی برخی ویژگی‌ها یا مواد معدنی که در باندهای اولیه قابل تشخیص نیستند، بسیار مفید می‌باشد [۱۵]. رفتار طیفی کانی‌های مرتبط با دگرسان‌های مس پورفیری در محدوده باندهای سنجنده لندست ۸ در شکل(۲) نشان داده شده است. بیشینه و کمینه بازتابش این کانی‌ها در هم‌پوشانی با باندهای این سنجنده امکان استفاده از روش نسبت باندی را برای شناسایی مناطق دگرسان آرژیلیک و پورفیری و اکسیدهای آهن فراهم می‌کند.

### ۴-۳ ادغام تصویر[3]

قدرت تفکیک‌های مکانی و طیفی بالا به همراه یکدیگر به افزایش قابلیت اطمینان و وضوح تصویر منجر می‌شود و در نتیجه می‌توان تصاویر دارای باندهای طیفی را با تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی زیاد ادغام کرد تا تصویر چندطیفی با وضوح زیاد به دست آید. سنجنده لندست ۸ به دلیل باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک مکانی بالا، امکان ادغام در سطح پیکسل (تصویر) با سایر باندها برای ایجاد تصویر با قدرت‌تفکیک مکانی و طیفی بالا را فراهم کرده است. روش ادغام پن‌شارپ یکی از روش‌های در سطح پیکسل مبتنی بر تبدیل تصویر است که برای افزایش قدرت‌تفکیک مکانی در باندهای تصاویر چندطیفی از ترکیب کردن آن با باند پانکروماتیک با قدرت‌تفکیک مکانی بالا استفاده می‌شود [۱۶]. در تحقیقات صورت گرفته مشخص شده است که روش‌های ادغام تصویر مبتنی بر تبدیل مرسوم مانند HIS و تحلیل مؤلفه اصلی دارای اعوجاج رنگی بالا هستند که در اطلاعات طیفی تصویر ایجاد می‌شوند [۱۷]. در تحقیق حاضر از روش تبدیل HSV[4] استفاده شده است. در روش ادغام پن‌شارپ با تبدیل HSV، سه باند با قدرت‌تفکیک مکانی پایین از فضای تصویری آبی، سبز و قرمز به سه باند مقدار[5]، رنگمایه[6] و اشباع[7] تبدیل می‌شوند. رابطه‌های (۱، ۲ و ۳) نحوه محاسبه این سه مؤلفه را نشان می‌دهد. این روش می‌تواند رنگ‌های مختلف را به خوبی مجزا سازد [۱۸].

$$H1 = \cos\left(\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right.$$ رابطه (۱)

که درآن اگر B≤G آنگاه H=H1 و در غیر اینصورت H= 360º-H1 منظور می شود.

$$S = \frac{\max(R.G.B)-\min(R.G.B)}{\max(R.G.B)}$$ رابطه(۲)

$$V = \frac{\max(R.G.B)}{255}$$ رابطه (۳)

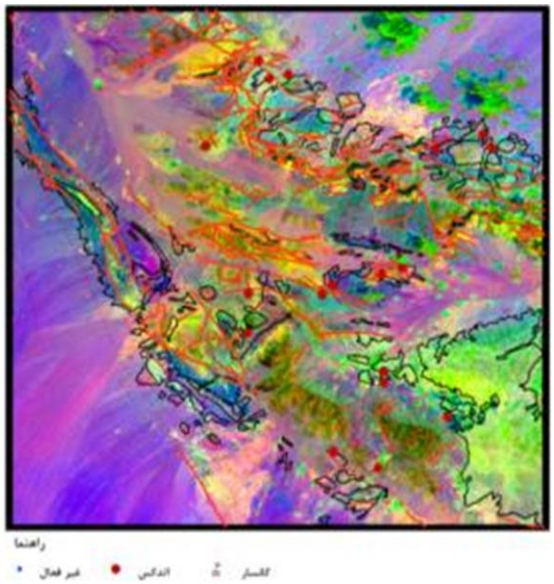
در این تحقیق، ابزار image sharpening-HSV در نرم‌افزار ENVI برای ادغام تصویر پانکروماتیک و باندهای طیفی لندست ۸ با به‌کارگیری روش نزدیک‌ترین همسایه، استفاده شده است. در این ابزار بعد از تبدیل HSV، با انجام بازنمونه‌برداری[8] خودکار باندهای شکل و اشباع به اندازه پیکسل قدرت‌تفکیک مکانی بالا، باند پانکروماتیک جایگزین مؤلفه مقدار شده و در نهایت به تصویر ترکیب رنگی تبدیل می‌شود [۱۹].

---

[1] Band Ratio
[2] Digital Number
[3] Image Fusion
[4] Hue-Saturation-Value
[5] Value
[6] Hue
[7] Saturation
[8] Resampling

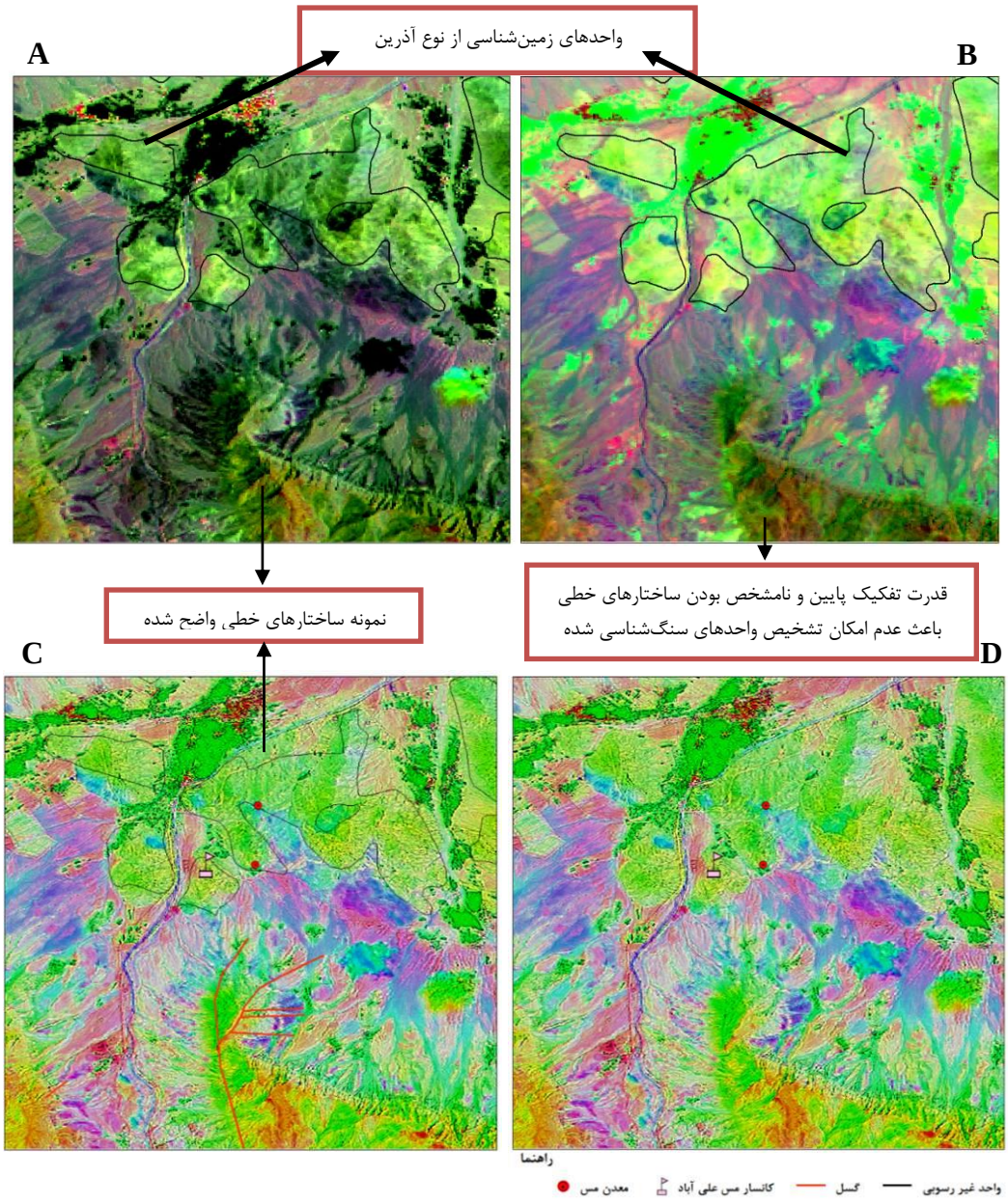
## ۵- ارزیابی نتایج

برای شناسایی مواد معدنی دگرسان مرتبط با کانی‌سازی مس از دو نسبت باندی براساس رفتارطیفی کانی‌های مرتبط با دگرسان‌های اکسیدآهن و دگرسان‌های پورفیری و آرژیلیک مدنظر قرار داده شد. اکسیدآهن یا هیدروکسیدهایی مانند هماتیت و لیمونیت بازتاب بالا در ۰/۶۳-۰/۶۹میکرومتر و جذب بالا در ۵۲/۴۵-۰/۰ میکرومتر دارند که در نتیجه اکسیدآهن در نسبت باندی ۴ به ۲ نقشه برداری می‌شود. نقشه‌برداری مواد معدنی کربنات و رس در نسبت باندهای ۶ به ۷ به دلیل بازتاب بالا در محدوده ۱/۵۵-۱/۷۵میکرومتر و جذب بالا در ۰۸/۳۵-۲/۲ میکرومتر انجام می‌شود. گسیل حرارتی ساختارهای زمین‌شناسی و مواد معدنی سیلیکاتی در ناحیه حرارتی به بافت و ویژگی شیمیایی وابسته است، بنابراین باندهای حرارتی به طور قابل توجهی کیفیت و توانایی داده سنجش‌ازدور را در نقشه‌برداری زمین‌شناسی افزایش می‌دهد [۸]. ازاین‌رو ترکیب رنگی کاذب RGB باندهای ۴/۲، ۶/۷ و ۱۰ شناسایی صخره‌های دگرسان و واحدهای زمین‌شناسی و پوشش گیاهی را نتیجه می‌دهد. صخره‌های دگرسان هیدروترمال و کانی‌سازی‌های مس پورفیری در تصویر مرکب تولیدشده به رنگ زرد نمایان می‌شوند. پوشش گیاهی به رنگ قرمز و سامانه زهکشی و پس زمینه صورتی و بنفش است. شکل۳ نمایش موقعیت معادن موجود خضرآباد بر روی تصویر ترکیب رنگی کاذب است. این موقعیت‌ها از پایگاه داده‌های علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور استخراج شده است.




**شکل۳: تصویرمرکب کاذب رنگ باندهای ۴/۲، ۶/۷ و ۱۰ تصویر لندست۸ با نمایش معادن موجوددر خضرآباد**

شکل(۳) نشان می‌دهد که مناطق زرد رنگ در بستر واحدهای زمین‌شناسی با ماهیت غیر رسوبی و سنگ‌های آذرین و دگرگونی قراردارند. کانسار مس علی‌آباد نیز در مناطق دگرسان هیدروترمالی زرد رنگ این ترکیب باندی با سنگ بستر آذرین قرار دارند. با اعمال تبدیلHSV و ادغام با تصویر پانکروماتیک به طورمؤثری امکان جداسازی صخره‌های دگرسان هیدورترمال، واحدهای سنگ‌شناسی و به خصوص شناسایی ساختارهای خطی زمین‌شناسی فراهم گردیده است. شکل(۴) نمایشی از ترکیب رنگی کاذب نسبت باندی ۴/۲، ۶/۷ و ۱۰ پیش و پس از اعمال روش ادغام پن‌شارپ است.




**شکل۴: تصویر ترکیب رنگی پیش از ادغام (A)، تصویر ترکیب رنگی پس از ادغام (B)، تصویر ترکیب رنگی حاصل از ادغام با خروجی فیلتر بالاگذر تصویر پانکروماتیک (C). خطوط مشکلی بروی تصاویر B و D واحدهای زمین‌شناسی آذرین هستند. تصویر D نشان می‌دهد که آشکارسازی ساختارهای خطی باعث افزایش دقت جداسازی واحدهای سنگ‌شناختی و دگرسانی مرتبط با کانی‌سازی شده که با نقشه زمین‌شناسی و گسلی منطقه هماهنگی دارد.**

تصویر حاصل از ادغام تغییرات رنگی نسبت به تصویر ترکیب رنگی کاذب اولیه دارد و علت آن محدوده طیفی باند پانکروماتیک ۰/۵۰-۰/۶۸ است که با باند ۲ و ۴ هماهنگی دارند و در نتیجه با جایگذاری آن به جای مؤلفه مقدار، مقدار بسیار کمی از اطلاعات طیفی تصاویر اولیه از دست می‌رود که با کمی تغییر رنگ در تصویر نهایی همراه است. آنچه با افزایش قدرت تفکیک مکانی تصویر حاصل از ادغام با تصویر پانکروماتیک به دست می‌آید آشکارسازی ساختارهای خطی است که باعث آشکارشدن مرز میان دگرسان‌های آشکارشده با مناطق غیر دگرسان شده است. آشکارسازی دقیق‌تر ساختارها در جداسازی مرز مناطق دگرسان و غیر دگرسان تأثیرگذار است. ارزیابی نتایج به‌دست آمده از تصاویر حاصل از ترکیب باندی نشان می‌دهد که مناطق دگرسان شده با رنگ زرد با موقعیت سنگ

بسترهای از نوع آذرین طبق نقشه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی همخوانی دارد. از بررسی تصویر حاصل از ادغام با نقشه زمین‌شناسی منطقه مشخص گردید که دگرسانی‌های شناسایی شده، با تصاویر حاصل از ادغام با دقت بیشتری قابل جداسازی هستند، به طوری که دگرسان‌های به دست آمده با محدوده سنگ میزبان آذرین و معادن موجود در محدوده مطالعاتی تطبیق کامل دارند. افزایش قدرت‌تفکیک مکانی باعث آشکارسازی دقیق‌تر ساختارهای خطی منطقه می‌شود. تصویر حاصل از اعمال فیلتر بالاگذر برای استخراج لبه بر روی تصویر پانکروماتیک، می‌تواند برای آشکارسازی دقیق‌تر توزیع کانساری و واحدهای آذرین در تصاویر ادغام شده تأثیرگذار باشد.

## ۶- پیشنهادها

با بررسی نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که برخی از پوشش‌های گیاهی در تصویر منطقه رفتار متفاوت با منحنی طیفی گیاهان در محدوده طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک از خود نشان داده‌اند. انجام مطالعات ژئوبوتانی برای بررسی علت این تغییر رفتار ممکن است به شناسایی گیاهان نشانگر[1] در محدوده‌های معدنی منجر شود. مطالعات ژئوبوتانی، استفاده از فیلترهایی چون گرادیان و کنی[2] برای استخراج دقیق‌تر خطواره‌ها و انجام سایر روش‌های ادغام در سطح پیکسل مبتنی بر تبدیل مانند روش نسبت نویز کمینه برای مقایسه با نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود.

## مراجع

[1] R. Gupta, "Remote Sensing Geology", 655 p., Springer Verlag", Berlin, 2003.

[2] Ministry of Industry and Mines, "List of Services for Copper Ore Exploration", Iranian Mining Engineering Organization, vol. 25, No. 541, p. 68, 11, in persian.

[3] D. Roy, M. Wulder, T. Loveland, C. Woodcock, R. Allen, M. Anderson, "Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research", Remote Sensing of Environment, vol. 145, pp. 154-172, 2014.

[4] L. Liu, J. Zhou, F. Yin, M. Feng, and B. Zhang, "The reconnaissance of mineral resources through aster data-based image processing, interpreting and ground inspection", Journal of Earth Science, vol. 25, pp. 397-406, 2014.

[5] A. B. Pour and M. Hashim, "The application of ASTER remote sensing data to porphyry copper and epithermal gold deposits", Ore Geology Reviews, vol. 44, pp. 1-9, 2012.

[6] A. B. Pour, M. Hashim, and M. Marghany, "Characterization of ASTER Data for Mineral Exploration", 2010.

[7] A. B. Pour and M. Hashim, "Identification of hydrothermal alteration minerals for exploring of porphyry copper deposit using ASTER data", Journal of Asian Earth Sciences, vol. 42, pp. 1309-1323, 2011.

[8] A. B. Pour and M. Hashim, "Hydrothermal alteration mapping from Landsat-8 data, Sar Cheshmeh copper mining district, south-eastern Islamic Republic of Iran", Journal of Taibah University for Science, vol. 9, pp. 155-166, 2015.

[9] G. Pavlic, V. Singhroy, A. Duk-Rodkin, and P. Alasset, "Satellite data fusion techniques for terrain and surficial geological mapping", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. III-314-III-317, 2008.

[10] National Geoscience Database of TRAN, "State: Yazd, Geological and exploration studies", http://www.ngdir.ir/States/PStateComment.asp?PStateCode=27&PID=125, in persian.

[11] K. Zanter, "LANDSAT 8 (L8) Data users handbook", ed: USGS, 2016.

[12] Ministry of Industry,"List of Services and Guidelines for Remote Sensing Studies in Mineral Exploration", Iranian Mining Engineering Organization, vol. 45, No. 615, p. 116, 2013, in persian.

[13] F. hoseinali, "Calibrating and weighting information layers in geospatial information systems", Tehran university, 1385, in persian.

[1] Indicator Plant
[2] Canny

[14] National Geoscience Database of Iran, "Explorational Abstract, Yazd", http://www.ngdir.ir/geoportalinfo/PSubjectInfoDetail.asp?PID=101&index=26, in persian.

[15] J. Inzana, T. Kusky, G. Higgs, and R. Tucker, "Supervised classifications of Landsat TM band ratio images and Landsat TM band ratio image with radar for geological interpretations of central Madagascar", Journal of African Earth Sciences, vol. 37, pp. 59-72, 2003.

[16] F. Samadzadegan, F. T Mahmoudi, B. Bidgoli, Data fusion in remote sensing, description and methods. Tehran: Tehran university, 1393, in persian.

[17] Z. Wang, D. Ziou, C. Armenakis, D. Li, and Q. Li, "A comparative analysis of image fusion methods", IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol. 43, pp. 1391-1402, 2005.

[18] D. Androutsos, K. Plataniotis, and A. Venetsanopoulos, "A novel vector-based approach to color image retrieval using a vector angular-based distance measure", Computer Vision and ImageUnderstanding, vol. 75, pp. 46-58, 1999.

[19] E. API and E. API, "Image Change Tutorial," 2015