



بررسی عملکرد روش‌های گوناگون بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای در جداسازی واحدهای زمین‌شناسی

ودیعہ برزگری دهج^۱، محمد زارع^{۲*}، محمدحسین مختاری^۲، محمدرضا اختصاصی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناس ارشد منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۲. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۳. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۴ شهریور ۱۳۹۶

پذیرش: ۱۱ اسفند ۱۳۹۶

دسترسی اینترنتی: ۱ خرداد ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

واحدهای سنگ‌شناسی

نسبت‌گیری طیفی

ضریب کاپا

لندست

یزد

چکیده

مطالعات سنگ‌شناسی و نقشه‌های واحدهای زمین‌شناسی به علت کاربردهای فراوان در عرصه‌های گوناگون مدیریت منابع طبیعی از اهمیت خاصی برخوردار است. استفاده از فن‌آوری سنجنش‌ازدور در زمینه جداسازی واحدهای زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی باعث به دست آوردن نتایج دقیق و همچنین صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود. هدف از این پژوهش، مقایسه عملکرد روش‌های گوناگون بارزسازی تصاویر ماهواره برای جداسازی چهار واحد زمین‌شناسی موجود در حوزه آبخیز نفت یزد است. در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شد. عملیات پیش‌پردازش، پردازش تصاویر و طبقه‌بندی تصاویر به دو صورت نظارت‌نشده و نظارت‌شده انجام شد. نقشه‌های زمین‌شناسی منطقه به کمک تصاویر گوگل ارث به هنگام گردید. نتایج مقایسه تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی‌شده با نقشه‌های زمین‌شناسی مینا نشان می‌دهد که ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده در نسبت باندهای $b7/b5$ به ترتیب $0/78$ و $7/86$ دارای بیشترین مقدار است. برای سنجنش صحت نتایج مقایسه، از نمودار QQ برای مقایسه درصد مساحت‌ها استفاده شد. در مقایسه درصد مساحت‌ها، درجه آریبی مربوط به نمودار نسبت باندهای $b7/b5$ از دیگر نسبت‌های باندهای مورد مقایسه، کمتر بود. مقادیر صحت سنجنی انعکاس واحدهای سنگی در محدوده‌های مشاهداتی و برآوردی در نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده $b7/b5$ ، در واحدهای زمین‌شناسی Q^{al} ، K^{t-1} ، gd ، K^s به ترتیب $0/948$ ، $0/980$ ، $0/993$ و $0/985$ است که نشان‌دهنده این است که نسبت باندهای $b7/b5$ نسبت به دیگر روش‌های طبقه‌بندی بهتر می‌تواند چهار واحد مختلف زمین‌شناسی حوزه مورد مطالعه را تفکیک نماید.

مقدمه

از جمله کاربردهای نقشه‌های زمین‌شناسی در شناخت وضعیت آب‌های زیرزمینی در ارتباط با اجرای طرح‌های مهندسی، اکتشاف معادن، ساخت پالایشگاه‌ها و شهرک‌های صنعتی، طرح‌های عمرانی، سدسازی، تونل‌سازی، جاده‌سازی است. از آن جایی که نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، بزرگ مقیاس است، آن‌ها می‌بایست کوچک مقیاس، با جزئیات بیشتر و به هنگام شود. برای تهیه نقشه زمین‌شناسی، تفکیک واحدهای زمین‌شناسی باید صورت گیرد. در قدیم برای شناسایی واحدهای سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی، به صورت حضوری همه بخش‌های منطقه و از همه قسمت‌های آن نمونه‌برداری می‌شد که هزینه برو زمان‌بر بود. امروزه به کمک فنون نوین سنجش از دور همراه با بازدید زمینی در راستای تکمیل روش‌های سنتی، تفکیک واحدهای زمین‌شناسی بهتر، کامل‌تر و در زمان کمتری انجام می‌شود.

زمین‌شناسان از سنجش از دور به عنوان ابزاری برای دستیابی به نتایج بهتر و کامل‌تر در مدت زمان کمتری یاد می‌کنند (۲۳ و ۲۷). سنجش از دور یکی از ابزارهای مناسب مدیریت جامع منابع زمینی است که حجم زیادی از اطلاعات زمینی به روز را در کمترین زمان توسط سنجنده‌های مختلف ثبت می‌کند. این اطلاعات اساس برنامه‌ریزی‌های مختلف را تشکیل می‌دهد (۲۴ و ۴۰). از جمله کاربردهای سنجش از دور می‌توان به آمایش سرزمین، نقشه‌برداری ساختاری، شناسایی زون‌های آلتراسیون، زون دگرسانی، نقشه خاک‌شناسی، شناسایی و تفکیک واحدهای سنگی، نقشه‌های حساسیت سنگ‌ها به فرسایش، خصوصیات سنگ‌ها، نقشه‌برداری خطواره‌های ناحیه‌ای، نقشه‌برداری شکستگی‌های محلی، نقشه‌برداری واحدهای زمین‌شناسی و شناسایی گروه‌های کانی و غیره اشاره نمود (۲۷ و ۳۳). در سنجش از دور، بعد از شناسایی و تفکیک، طبقه‌بندی پدیده‌ها انجام می‌شود. پژوهش‌های زیادی در ارتباط با کاربرد سنجش از دور در مطالعات زمین‌شناسی انجام شده‌است که می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد؛ گومز و همکاران (۳۵) با استفاده از داده‌های

ماهواره‌ای استر، ۱۰ نوع سنگ آهکی و ماسه‌سنگ آبرفتی را جداسازی نمودند. نتایج مطالعه حیات الغیبی و نبئی (۱۲) نشان داد که فنون سنجش از دور در تفکیک نواحی دگرسان شده از نواحی دگرسان نشده، کارایی دارد. بر اساس نتایج سینگ و همکاران (۴۷) سنجش از دور ابزاری مفید برای درک ماهیت سنگ بستر و وضعیت آبرفتی و نفوذ و غیره، است که به درک بهتر وضعیت آب‌های زیرزمینی کمک می‌کند. قائد رحمتی و همکاران (۲۷) با استفاده از تکنیک سنجش از دور، واحدهای سنگی ایران کوه اصفهان را تفکیک نمودند. آن‌ها از تصحیح هندسی و رادیومتری و همچنین از بسط تصویر و فیلتر میانی در پردازش استفاده کردند. بهترین ترکیب رنگی کاذب FCC₈₃₁ از تصویر ماهواره استر، برای تفکیک واحدهای سنگی و تشخیص نوع لیتولوژی مناسب تشخیص انتخاب شد. با استفاده از روش حداقل سهم پارازیت و فیلتر اکثریت، واحدهای سنگی ناحیه ایران کوه اصفهان را جداسازی نمودند. بر اساس نتایج نینومیا و همکاران (۴۱)، سه شاخص سنگ‌شناسی مافیک و کربنات و کوارتز برای شناسایی و تفکیک سنگ‌های سیلیس دار و کربناته و کوارتزی ارائه شد. بهمن‌پور و همکاران (۷) سنگ‌های نفوذی آلموقولاق (شمال غرب همدان) را با استفاده از روش‌های سنجش از دور تفکیک نمودند. صابری و منصف (۲۱) با استفاده از تصاویر سنجنده‌های ASTER و OLI به بارزسازی مناطق دگرسانی در منطقه علی‌آباد در استان یزد پرداختند. بر اساس نتایج، نسبت باندی ۴/۲ تصویر سنجنده OLI، جهت بارزسازی دگرسانی اکسیدهای آهن مناسب است. مختاری و همکاران (۲۸) واحدهای سنگی حساس به فرسایش شامل مارن و شیل و نهشته‌های کوتاه‌تر از واحدهای سنگی مقاوم در برابر فرسایش شامل ماسه‌سنگ و سنگ‌آهک را با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۷ تفکیک نمودند. پیروزفر و مهدی‌زاده تهرانی (۱۱) با تلفیق داده‌های ماهواره لندست و IRS، نقشه واحدهای سنگی در منطقه پنج کوه دامغان را تهیه کردند.

فرهمند و همکاران (۲۶) واحدهای زمین‌شناسی در منطقه میانراهان را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ و به کمک

اعلام نمودند.

مسعودی و همکاران (۲۹) کاربرد سنجنش از دور در پی‌جویی پومیس در پیرامون قله دماوند را بررسی کردند. آن‌ها از ترکیب رنگی کاذب FCC_{751} ، به عنوان بهترین ترکیب، در ماهواره لندست ۷ (سنجنده ETM^+) استفاده کردند.

احمدی و هامس (۳۱) چهار روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده (حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین و فاصله ماحالانوبی) را مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که روش حداکثر احتمال با ضریب کاپا $0/68$ دارای بیشترین دقت است. بر اساس نتایج راهداری و همکاران (۱۶)، در مقایسه روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره IRS، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ضریب کاپا $0/90$ دارای بیشترین دقت است. روش حداکثر احتمال شباهت یکی از کاراترین روش‌های طبقه‌بندی تصاویر است (۳۷). در بیشتر پژوهش‌ها این روش به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی معرفی شده است. از روش حداکثر احتمال نیز در طبقه‌بندی نظارت‌شده استفاده می‌شود (۲۷).

هدف از این پژوهش، شناسایی واحدهای زمین‌شناسی و تفکیک آن‌ها به کمک داده‌های سنجنش از دور در حوزه آبخیز تفت، یزد است. همچنین مقایسه عملکرد روش‌های گوناگون بارزسازی تصاویر سنجنش از دور برای تفکیک چهار واحد زمین‌شناسی و تعیین بهترین روش برای منطقه مطالعاتی از دیگر اهداف این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از حوزه آبخیز تفت در استان یزد است. این منطقه در طول جغرافیایی $0^{\circ} 3' 54''$ تا $0^{\circ} 9' 54''$ و عرض جغرافیایی $0^{\circ} 40' 31''$ تا $0^{\circ} 43' 31''$ واقع شده است (شکل ۱). شهر تفت در جنوب غربی استان یزد و در فاصله ۱۰ کیلومتری شهر یزد واقع شده است. منطقه تفت به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های شیرکوه از آب و هوایی خشک‌تری نسبت به دیگر شهرهای استان برخوردار است.

روش ترکیب باندى و طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده، شناسایی و تفکیک نمودند.

پورمحمدی و همکاران (۸) در منطقه بهادران در استان یزد، با استفاده از سنجنش از دور، واریزه‌های آهکی را از سازندهای غیر آهکی تفکیک کردند. صفری و همکاران (۲۲) جهت تفکیک نواحی دگرسانی در فردوس، از روش‌های ترکیب رنگ، نسبت باندى و آنالیز مؤلفه اصلی استفاده نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که نسبت‌های باندى $1/3$ و $5/7$ (لندست ۷) برای تفکیک دگرسانی اکسیدهای آهن و رسی مناسب است. بختیاری و همکاران (۶) در منطقه انار کرمان با استفاده از ترکیب رنگی و تجزیه مؤلفه‌های اصلی، کانسار پلاسز آهن را شناسایی نمودند. سروی (۱۹) با استفاده از تکنیک سنجنش از دور، واحدهای زمین‌شناسی را در منطقه بخش میانی کمربند دهج ساردوئیه کرمان را جداسازی نمود. دویران و همکاران (۱۵) با استفاده از تصاویر ماهواره ASTER در منطقه فیض‌آباد، با روش‌های ترکیب رنگی کاذب و نسبت‌های باندى و تحلیل مؤلفه اصلی، آلتراسیون‌های هیدروترمال را شناسایی نمودند.

شهریاری و همکاران (۲۰) برای مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری گستره جنوب باختری ایران در سازند آسماری، از داده‌های سنجنش از دور استفاده نمودند. از روش فیلتر پایین گذر برای از بین بردن نویزهای تصویر کمک گرفته شد. اکبری و همکاران (۴) با استفاده از سنجنش از دور و روش فیلترگذاری، نواحی مستعد کانی‌زایی ناحیه در بروجرد را شناسایی نمودند.

پیروان و همکاران (۱۰) به شناسایی و تفکیک زون‌های آلتراسیون هیدروترمال و سنگ‌های ماگمایی با استفاده از فن و دانش سنجنش از دور با تصاویر ماهواره لندست ۵ انجام پرداختند. ترکیب رنگی 531 (سنجنده TM) را جهت تفکیک واحدهای سنگی مناسب تشخیص داده شد.

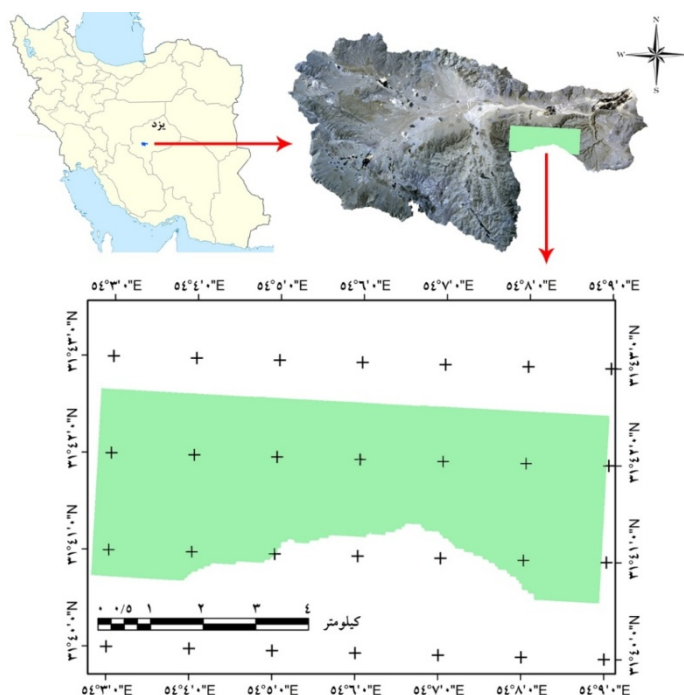
رنگزن و همکاران (۱۷) ارتباط بین کانی‌زایی مس و عناصر ساختاری برای تعیین مناطق با پتانسیل مناسب به کمک تکنیک‌های سنجنش از دور و GIS را تعیین و ترکیب رنگی کاذب FCC_{741} و FCC_{754} از سنجنده TM را بهترین ترکیب

متوسط دما ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین میزان بارش سالانه، منطقه ۶۷ میلی‌متر است. منطقه مورد مطالعه در ارتفاعات شیرکوه بین ارتفاع ۱۲۰۰ تا ۴۰۷۵ متر از سطح دریا واقع شده است. تنوع واحدهای سنگ‌شناسی در حوزه آبخیز تفت بسیار زیاد است. حوزه آبخیز تفت دارای آهک تفت، ماسه‌سنگ، شیل، کنگلومرا، گرانودیوریت، آهک مارنی، تراورتن، شیل ماسه‌ای و غیره است (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات واحدهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز تفت

نهشته‌های آبرفتی جوان و بادبزنی آبرفت	Q^{t2}		
نهشته‌های آبرفتی قدیمی و بادبزنی آبرفت	Q^{t1}	کواترنری	
نهشته‌های بستر رودخانه	Q^{al}		ترشیاری
آندزیت با میانه لایه‌هایی از توف خاکستری رنگ	E^{an}		
تناوب کنگلومرا و سنگ ماسه به رنگ خاکستری تیره	E^c	ائوسن	
مارن ارغوانی رنگ	E^m		
آهک مارنی، مارن و شیل به رنگ خاکستری تا خاکستری مایل به سبز (سازند دره زنجیر)	K^{dz}		
آهک متوسط تا سبتر لایه، خاکستری رنگ (آهک تفت)	K^{t-l}		
دولومیت و دولومیت آهکی	K^{t-d}		
آهک خاکستری رنگ (سازند تفت)	K_t	کرتاسه بالایی	
ماسه‌سنگ و کنگلومرای خاکستری تا خاکستری تیره (سازند سنگستان)	K^s		
آهک تخریبی خاکستری مایل به زرد	K_s^l		
شیل و ماسه‌سنگ دانه‌ریز، ارغوانی رنگ	K_s^{sh}		مزوزوئیک
شیل، ماسه‌سنگ، ماسه‌سنگ کوارتزی (سازند شمشک)	J_s	ژوراسیک	
آهک توده‌ای سفید رنگ	TR_n^{ll}		
دولومیت خاکستری مایل به زرد	TR_n^d		
شیل ماسه‌ای خاکستری رنگ	TR_n^{sh}	تریاس	
دولومیت چگالی در پایینی قهوه‌ای رنگ و در بخش بالایی زرد رنگ (سازند شتری)	TR^{sh}		
دولومیت سبتر لایه خاکستر مایل به زرد	P_j^d		
آهک و آهک دولومیتی خاکستری تا خاکستری مایل به زرد	P_j^l	پرمین	
ماسه‌سنگ کوارتزیتی روشن رنگ	PL^c		پالئوزوئیک
شیل ماسه‌ای، کوارتز آرنایت و سنگ ماسه با میان لایه‌هایی از دولومیت آهکی	D	دونین	
دولومیت خاکستری مایل به زرد - کهار	P_k^d	پرکامین	
سنگ‌های	gd		سنگ‌های نفوذی
شیرکوه	$g-gd$		

محدوده مورد مطالعه نیز دارای چهار نوع واحد زمین‌شناسی است شامل gd (گرانودیوریت)، K^s (کنگلومرا، سنگ‌ماسه خاکستری تا خاکستری تیره، شیل)، K^{t-l} (آهک تفت: آهک متوسط تا سبتر لایه و خاکستر رنگ)، Q^{al} (آبرفت بستر رودخانه)، است.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان یزد و در حوزه آبخیز تفت

داده‌های مورد استفاده

مربوط به گذار ۱۶۲ و ردیف ۳۸ به تاریخ ۲۳ آگوست ۲۰۱۵ کمک گرفته شد. به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی نقشه زمین‌شناسی از نقشه سازمان زمین‌شناسی کشور با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی به روز شده با مقیاس ۱:۱۳۰۰۰ استفاده شد.

با پرتاب ماهواره لندست ۸ در سال ۲۰۱۳، به علت مزیت‌های آن، از تصاویر این ماهواره برای تحقیق در زمینه‌های مختلف استفاده شده است (۱، ۲، ۱۳، ۲۴ و ۳۰) (جدول ۲). در این پژوهش، از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ (سنجنده OLI)

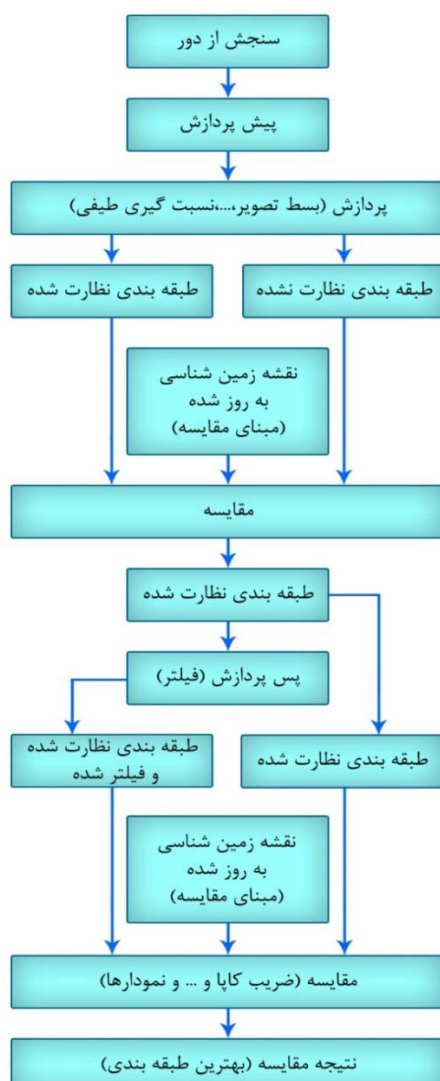
جدول ۲. مشخصات باندهای طیفی سنجنده‌های OLI و TIRS در ماهواره لندست ۸

نام سنجنده	نام باندهای طیفی	طول موج (μm)	قدرت تفکیک مکانی (m)	عرض تصویربرداری (km)
OLI	باند ۱ - Coastal/Aerosol	۰/۴۳۳ - ۰/۴۵۳	۳۰	۱۸۵
	باند ۲ - آبی	۰/۴۵۰ - ۰/۵۱۵	۳۰	۱۸۵
	باند ۳ - سبز	۰/۵۲۵ - ۰/۶۰۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۴ - قرمز	۰/۶۸۰ - ۰/۶۳۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۵ - مادون قرمز نزدیک	۰/۸۸۵ - ۰/۸۴۵	۳۰	۱۸۵
	باند ۶ - مادون قرمز طول موج کوتاه	۱/۶۶۰ - ۱/۵۶۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۷ - مادون قرمز طول موج کوتاه	۲/۱۰۰ - ۲/۳۰۰	۳۰	۱۸۵
	باند ۸ - Panchromatic	۰/۵۰۰ - ۰/۶۸۰	۱۵	۱۸۵
	باند ۹ - Cirrus	۱/۳۶۰ - ۱/۳۹۰	۳۰	۱۸۵
TIRS	باند ۱۰ - مادون قرمز حرارتی	۱۰/۳۰ - ۱۱/۳۰	۱۰۰	۱۸۵
	باند ۱۱ - مادون قرمز حرارتی	۱۱/۵۰ - ۱۲/۵۰	۱۰۰	۱۸۵

روش تحقیق

مرحله؛ ارزش پیکسلی اولیه به رادیانس بالای اتمسفر تبدیل گردید، سپس رادیانس به انعکاس بالای اتمسفر تبدیل و در نهایت با حذف اثر اتمسفر، انعکاس از سطح زمین) به انعکاس تبدیل شد. با انجام تصحیح رادیومتری، ارزش پیکسلی اولیه به انعکاس تبدیل شد. پس از عملیات پیش پردازش، روش‌های گوناگون به شرح ذیل، برای بارسازی استفاده شد.

در این پژوهش مراحل تحقیق طی مراحل طی نمودار جریان (شکل ۲) انجام شد. از عملیات پیش پردازش تصحیح هندسی (۵، ۳۴) و تصحیح رادیومتری (۳ و ۲۵) بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای آماده‌سازی داده‌ها استفاده شد (۹). اعداد روشنایی یا ارزش پیکسلی اولیه (DN)، قدرت تفکیک رادیومتریکی نرمال شد. ارزش پیکسلی اولیه (طی سه



شکل ۲. نمودار جریان مراحل مختلف پژوهش

کاهش فرکانس اجزای تصویر با فرکانس بالا می‌شود و اجزای تصویر با فرکانس کم را نگه می‌دارد. ترکیب رنگی کاذب (FCC) برای بدست آوردن بهترین

بسط تصویر در صورت انجام عملیات بسط تصویر، دیگر نمی‌توان محاسبات کمی و عددی بر روی تصویر انجام داد. فیلتراسیون انجام فیلتر پایین گذر (Lowpass)، باعث

نظارت نشده دقیق‌تر است و معمولاً آن را به صورت مستقل برای آنالیز تصاویر ماهواره‌ای استفاده می‌کنند (۹). روش حداکثر احتمال یا حداکثر شباهت (Maximum Likelihood classification) معروف‌ترین و دقیق‌ترین روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده است (۹، ۱۴، ۱۸، ۳۶ و ۴۴). تعیین مقدار حد آستانه که در این روش رایج است، بر پایه نوع کلاس‌ها و مقدار هم‌پوشانی طیفی آن‌ها انجام می‌شود (۳ و ۴۵). مقادیر احتمال کمتر از حد آستانه، به عنوان پیکسل طبقه‌بندی نشده در نظر گرفته می‌شود (۴۲). همواره در طبقه‌بندی پیکسل‌های نویز وجود دارد. برای حذف این نویزها، از فیلتر اکثریت (Majority) استفاده می‌شود (۳ و ۹). با اعمال این فیلتر، پیکسل‌های پراکنده در یک کلاس بزرگ به همان کلاس تعلق می‌گیرد (۲۷)؛ بنابراین فیلتر اکثریت ۳×۳ بر روی نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت شده صورت گرفت.

برای مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده، باید یک نقشه مبنا وجود داشته باشد. نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی کشور در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و قدیمی است؛ بنابراین با استفاده از تصاویر گوگل ارث و بازدید زمینی و نقشه زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور و به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه زمین‌شناسی به‌روز و با دقت بالا با مقیاس ۱:۶۳۰۰۰ (هم‌مقیاس نقشه‌های طبقه‌بندی شده) و محدود به منطقه مطالعاتی تهیه شد. به منظور مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه زمین‌شناسی به‌روز شده از سه روش؛ ضریب کاپا و صحت کلی، مقایسه درصد مساحت‌ها با استفاده از نمودار QQ و معادله خطی و اختلاف زاویه نمودارها با زاویه خط انطباق و محاسبه نسبت صحت سنجی برای بهترین نقشه استفاده گردید.

ضریب کاپا و صحت کلی ضریب صحت کلی (Overall accuracy) و ضریب کاپا (Kappa coefficient) برای بررسی صحت طبقه‌بندی استفاده شد (۳۸). دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها مطابق رابطه زیر محاسبه گردید.

ترکیب رنگی کاذب، فاکتور شاخص بهینه (Optimum Index Factor) OIF از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^{n=3} \delta}{\sum [C_c]} \quad [1]$$

در این رابطه؛ δ انحراف معیار و C_c ضریب همبستگی است (۴۶). بهترین ترکیب رنگی مربوط به باندهای ۵، ۶ و ۷ است که ترکیب رنگی‌های کاذب FCC_{576} ، FCC_{567} ، FCC_{657} ، FCC_{675} ، FCC_{756} ، FCC_{765} را می‌سازد.

تجزیه مؤلفه اصلی (Principal Component Analysis) PCA با انجام تجزیه مؤلفه اصلی، تنوع رنگی زیادی ایجاد می‌شود و اطلاعات بیشتری می‌دهد. تجزیه مؤلفه اصلی جزء روش فیوژن بوده که خود زیرمجموعه روش‌های بارزسازی است.

حداقل سهم پارازیت (Minimum Noise Fraction) MNF در تصاویر ماهواره‌ای معمولاً درصدی پارازیت وجود دارد و هدف اصلی شناسایی و جداسازی سهم پارازیت است. روش حداقل سهم پارازیت، روش اصلاح شده تجزیه مؤلفه اصلی است (۲۷).

نسبت‌گیری طیفی گاهی باندهای اصلی به صورت مجزا، نیاز کاربران را جوابگو نیستند؛ بنابراین، نیاز به پردازش‌هایی از جمله محاسبات تصویر است. نسبت‌گیری طیفی، جهت آشکارسازی تفاوت میان باندهای مختلف انجام می‌گیرد (۳).

برای انجام پردازش و روش‌های بارزسازی تصاویر از نرم‌افزار ENVI[®] 5.1 استفاده شد. سپس طبقه‌بندی تصاویر به کمک نرم‌افزار ERDAS[®] 2014 بر روی تصاویر بارز شده صورت گرفت.

طبقه‌بندی نظارت نشده این روش طبقه‌بندی تنها متکی به اطلاعات تصویری بوده و کاربر در کل فرآیند آن نقشی ندارد (۹). در این پژوهش روش Iso Data clustering که یکی از پرکاربردترین روش طبقه‌بندی نظارت نشده است کمک گرفته شد (۳ و ۹).

طبقه‌بندی نظارت شده این روش نسبت به طبقه‌بندی

محاسبه و با هم مقایسه شد.

$$OA = \frac{1}{n} \sum P_x \quad [2]$$

محاسبه نسبت صحت سنجی برای بهترین نقشه به منظور اطمینان از درستی انتخاب بهترین نقشه، سه محدوده در منطقه مطالعاتی (محدوده مشاهداتی) و همچنین سه محدوده در خارج از منطقه مطالعاتی (محدوده برآوردی)، انتخاب شد. سپس میانگین انعکاسها محاسبه و به کمک رابطه ۴، صحت سنجی هر طبقه از بهترین نقشه تعیین گردید.

$$\text{برآوردی/ مشاهداتی} = \text{صحت سنجی} \quad [4]$$

نتایج و بحث

در عملیات پیش‌پردازش، تصحیح هندسی (۵) و تصحیح رادیومتریک (۳ و ۶) بر روی تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای آماده‌سازی داده‌ها انجام شد (۹). با انجام تصحیح رادیومتریک، DN تبدیل به انعکاس از سطح زمین شد. پس از پیش‌پردازش روش‌های زیر برای بارزسازی استفاده شد.

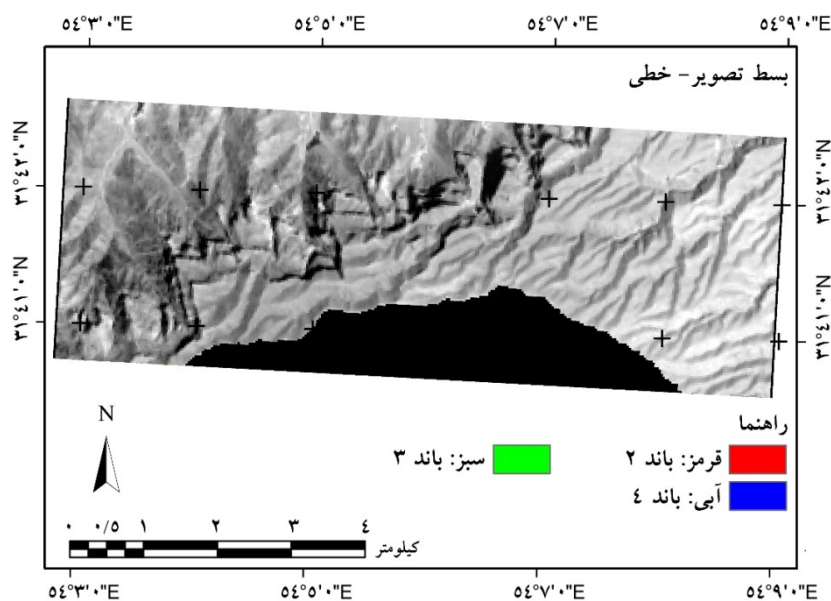
بسط تصویر در این پژوهش از روش خطی برای بسط تصویر استفاده شد. در این تصویر جداسازی واحد مشخص نیست (شکل ۳).

در این رابطه؛ OA صحت کلی، n تعداد پیکسل‌های آزمایش و P_x جمع عناصر قطر اصلی ماتریس است. به دلیل ایراد وارد شده به دقت کلی در کارهایی که دقت طبقه‌بندی دارای اهمیت است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را در نظر می‌گیرد و به کمک رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$\text{kappa} = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [3]$$

در این رابطه؛ P درستی مشاهده شده و P_c توافق مورد انتظار است (۳۹، ۴۳ و ۴۹). در این پژوهش ضرایب کاپا و صحت کلی برای نقشه‌های طبقه‌بندی شده محاسبه گردید.

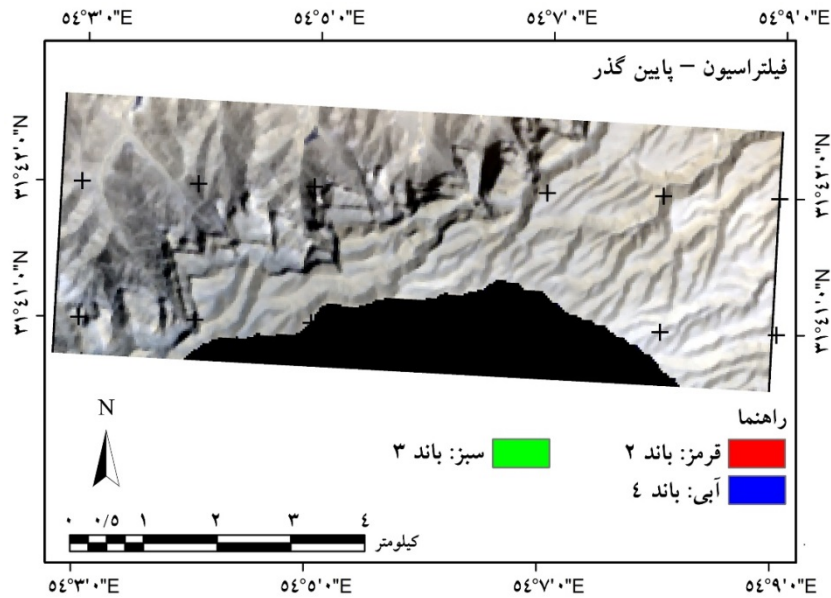
مقایسه درصد مساحت‌ها با استفاده از نمودار QQ و معادله خطی و اختلاف زاویه نمودارها با زاویه خط انطباق (درجه اریبی) به این منظور، مساحت و درصد مساحت‌ها برای نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نقشه‌های فیلتر شده طبقه‌بندی نظارت‌شده و نقشه مبنا (نقشه زمین‌شناسی به‌روز شده) محاسبه شد. سپس نمودار QQ و خط انطباق هر کدام نیز تهیه و معادله خط و اختلاف زاویه نمودارها با زاویه خط انطباق



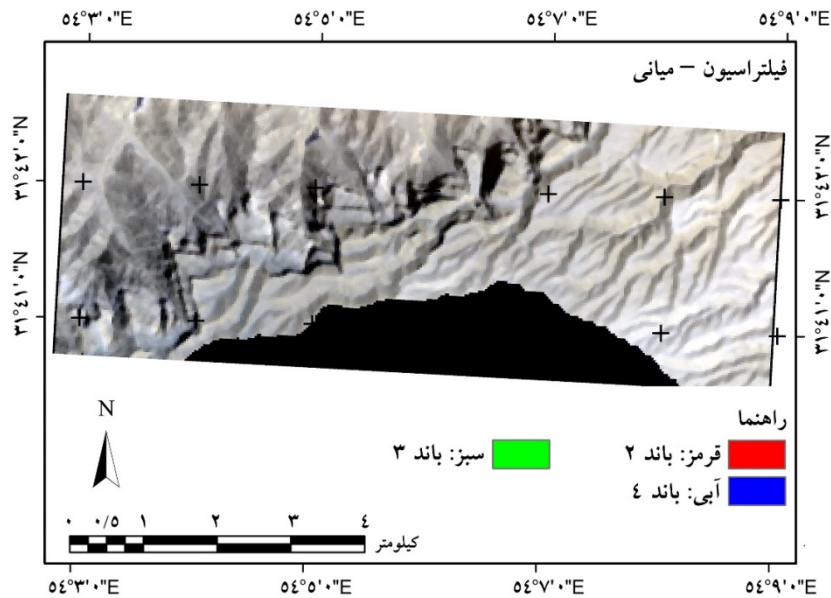
شکل ۳. بسط تصویر

۴) و فیلتر میانی (شکل ۵)، بر روی تصویر اعمال شد. در این تصاویر نیز تفکیک واحد مشخص نیست.

فیلتراسیون انجام فیلتر پایین گذر، باعث کاهش فرکانس اجزای تصویر با فرکانس بالا می‌شود و اجزای تصویر با فرکانس کم را نگه می‌دارد. هر دو نوع فیلتر پایین گذر (شکل



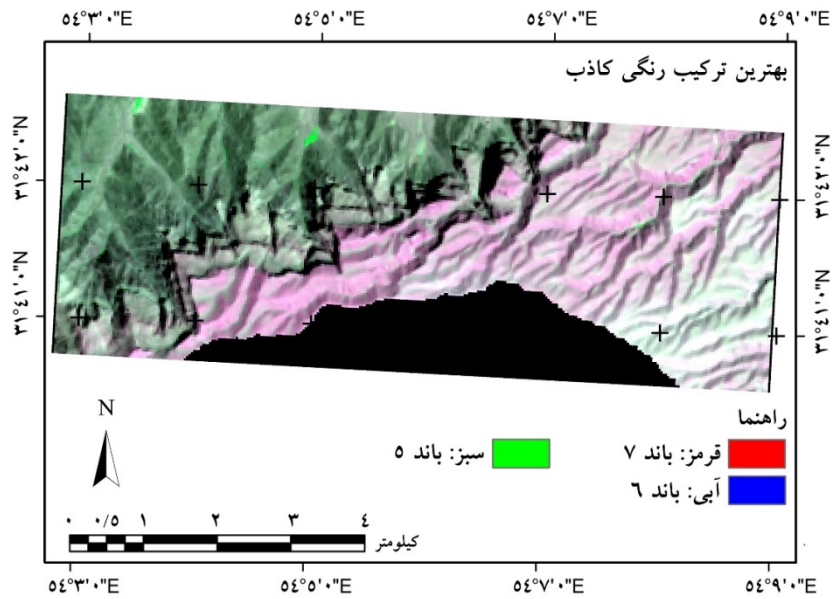
شکل ۴. فیلتراسیون - پایین گذر RGB₂₃₄



شکل ۵. فیلتراسیون - میانی RGB₂₃₄

ترکیب‌های رنگی کاذب FCC_{567} , FCC_{576} , FCC_{657} , FCC_{675} می‌سازد (شکل ۶).

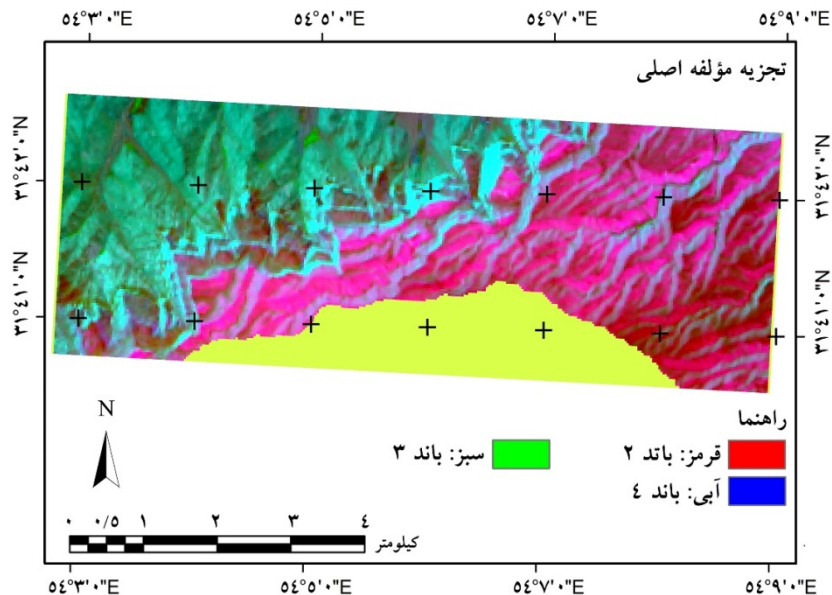
ترکیب رنگی کاذب (FCC) بهترین ترکیب رنگی از ماهواره لندست ۸ مربوط به باندهای ۵، ۶ و ۷ است که



شکل ۶. بهترین ترکیب رنگی کاذب FCC₇₅₆

را با دو رنگ قرمز و سبز به خوبی تفکیک نموده است، دو واحد دیگر واضح نبوده می‌بایست آن‌ها را بعد از طبقه‌بندی بررسی نمود (شکل ۷).

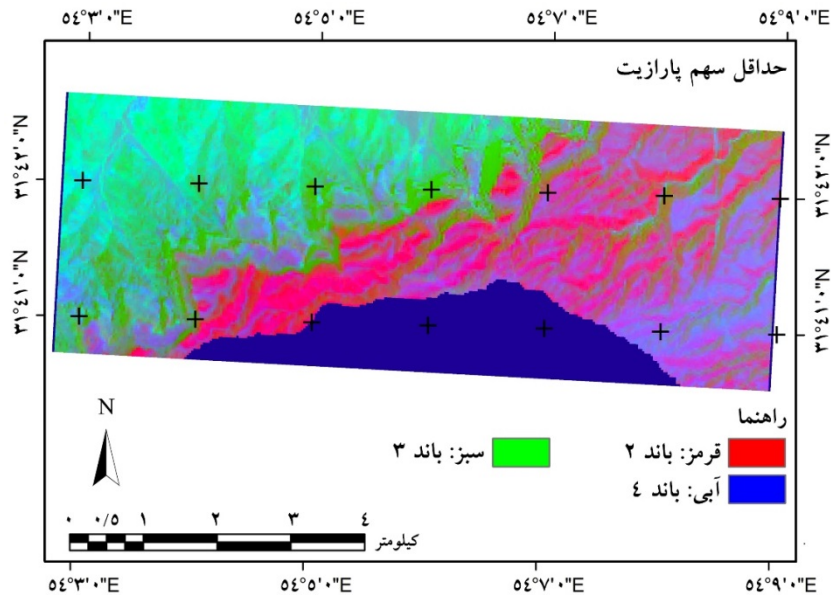
تجزیه مؤلفه اصلی (PCA) با انجام تجزیه مؤلفه اصلی، تنوع رنگی زیادی ایجاد می‌شود. روش تجزیه مؤلفه اصلی برای تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی به‌کاربرده شده است (۳۲، ۳۴، ۳۵ و ۴۸). در اینجا، این روش دو واحد



شکل ۷. تجزیه مؤلفه اصلی PCA₂₃₄

معمولاً درصدی پارازیت وجود دارد و هدف اصلی شناسایی و حداقل سهم پارازیت (MNF) در تصاویر ماهواره‌ای

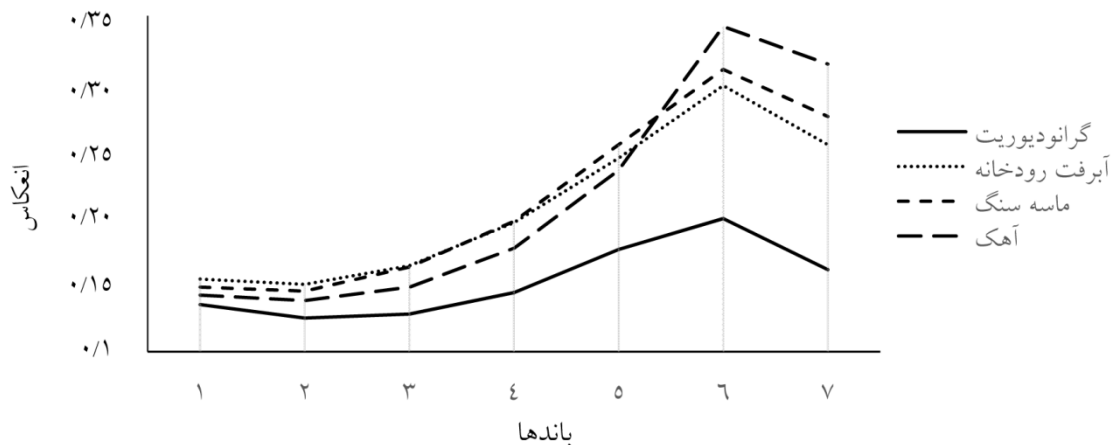
جداسازی سهم پارازیت است. هر چند این روش نیز دو واحد را به خوبی تفکیک کرده است، ولی دو واحد دیگر واضح نیست و می‌بایست بررسی گردد (شکل ۸).



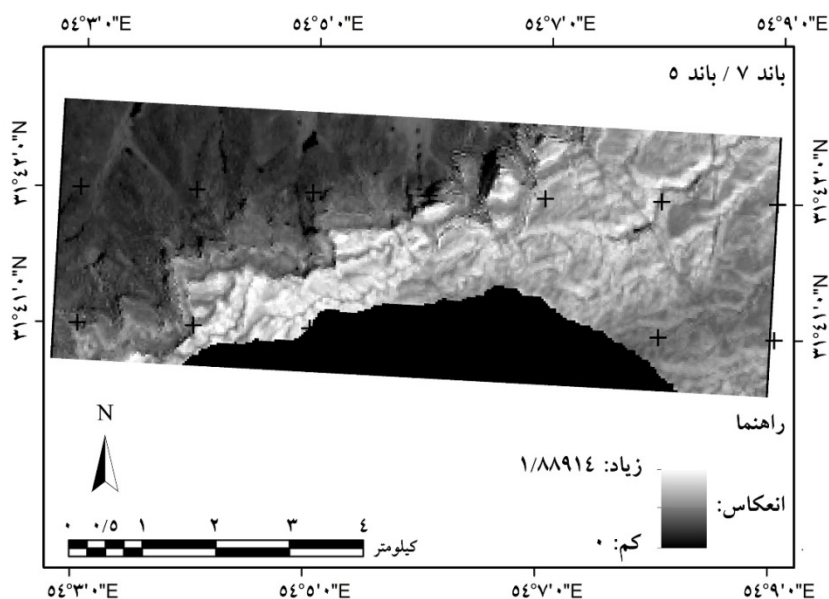
شکل ۸. حداقل سهم پارازیت MNF₂₃₄

6/band 3, band 6/band 4, band 6/band 5, band 7/band 3, band 7/band 4, band 7/band 5 بهترین نتیجه مربوط به ترکیب باندهای b7/b5 بدست آمد (شکل ۱۰). نقشه زمین‌شناسی به‌روز که به کمک تصاویر گوگل ارث و بازدید صحرایی تهیه شد و مبنای مقایسه‌ها قرار گرفت (شکل ۱۱).

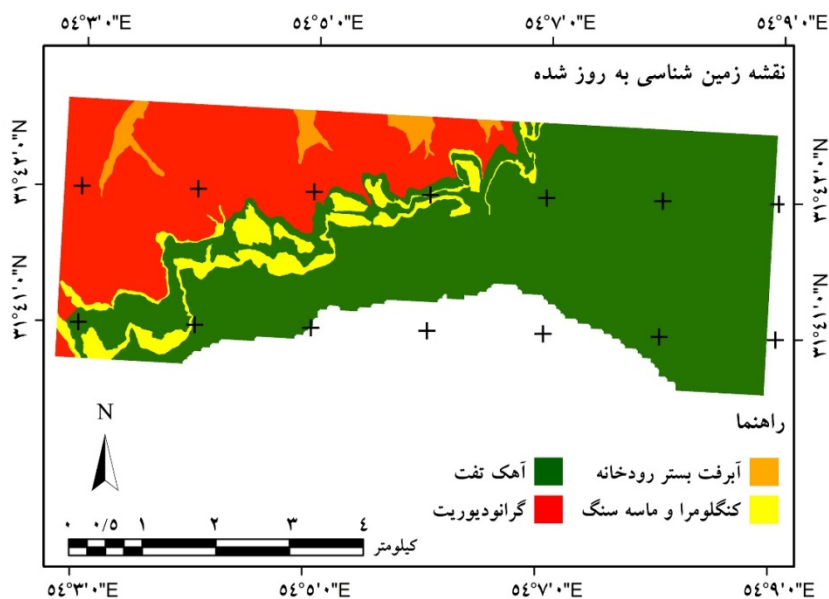
نسبت‌گیری طیفی برای آشکارسازی تفاوت میان باندهای مختلف انجام می‌گیرد (۳). بر اساس شکل ۹، باندهای ۳ و ۴ و ۵ نمودارهای انعکاس همدیگر را قطع کرده‌اند، بنابراین باندهای تعیین‌کننده هستند. در مجموع، از عدد نسبت‌گیری طیفی (band 1/band 3, band 1/band 4, band 1/band 5, band 2/band 3, band 2/band 4, band 2/band 5, band



شکل ۹. پروفیل‌های طیفی چهار واحد زمین‌شناسی در باندهای چند طیفی سنجنده OLI



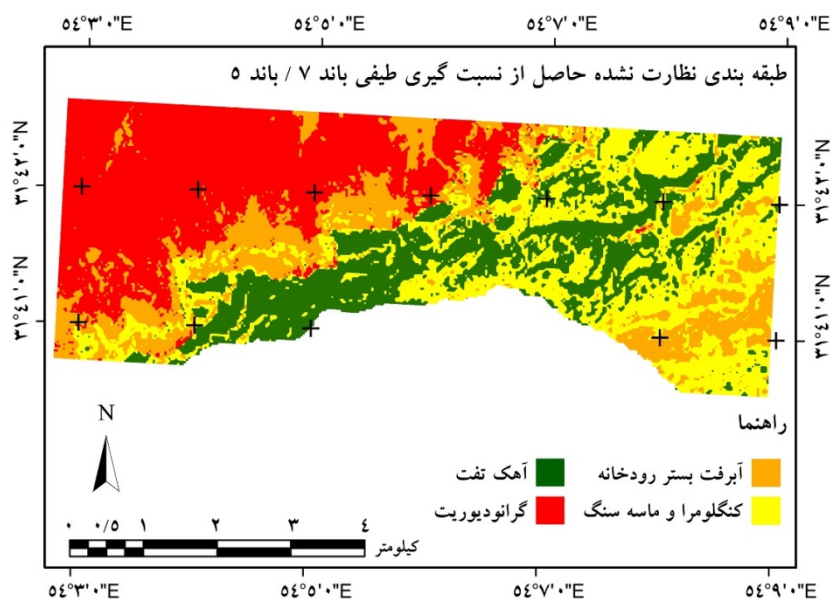
شکل ۱۰. نسبت گیری طیفی در ترکیب بانندی b7/b5



شکل ۱۱. نقشه زمین شناسی به روز شده منطقه مورد مطالعه

طبقه بندی نظارت نشده در این پژوهش روش Iso Data که یکی از پرکاربردترین روش طبقه بندی نظارت نشده است، به کار گرفته شد (۳ و ۹). در مجموع، ۱۸ تصویر پردازش شده، با چهار کلاس طبقه بندی شد. مقایسه ۱۸ تصویر طبقه بندی نظارت نشده با نقشه زمین شناسی به روز شده، نشان دهنده این است که تصاویر حاصل از نسبت گیری طیفی (b6/b4)، (b6/b5)، (b7/b3)، (b7/b4) و (b7/b5) بهتر توانسته اند این چهار واحد زمین شناسی را تفکیک کنند؛ بنابراین در طبقه بندی نظارت شده و مراحل بعدی مقایسه، تنها از پنج تصویر نسبت گیری طیفی استفاده شد. از میان این پنج تصویر، ترکیب بانندی b7/b5 بهترین تفکیک واحدهای زمین شناسی را دارد (شکل ۱۲).

طبقه بندی نظارت نشده در این پژوهش روش Iso Data که یکی از پرکاربردترین روش طبقه بندی نظارت نشده است، به کار گرفته شد (۳ و ۹). در مجموع، ۱۸ تصویر پردازش شده، با چهار کلاس طبقه بندی شد. مقایسه ۱۸ تصویر طبقه بندی نظارت نشده با نقشه زمین شناسی به روز شده، نشان دهنده این است که تصاویر حاصل از نسبت گیری طیفی (b6/b4)، (b6/b5)، (b7/b3)، (b7/b4) و (b7/b5) بهتر توانسته اند این چهار واحد زمین شناسی را تفکیک کنند؛ بنابراین در طبقه بندی نظارت شده و مراحل بعدی مقایسه، تنها از پنج تصویر نسبت گیری طیفی استفاده شد. از میان این پنج تصویر، ترکیب بانندی b7/b5 بهترین تفکیک واحدهای زمین شناسی را دارد (شکل ۱۲).

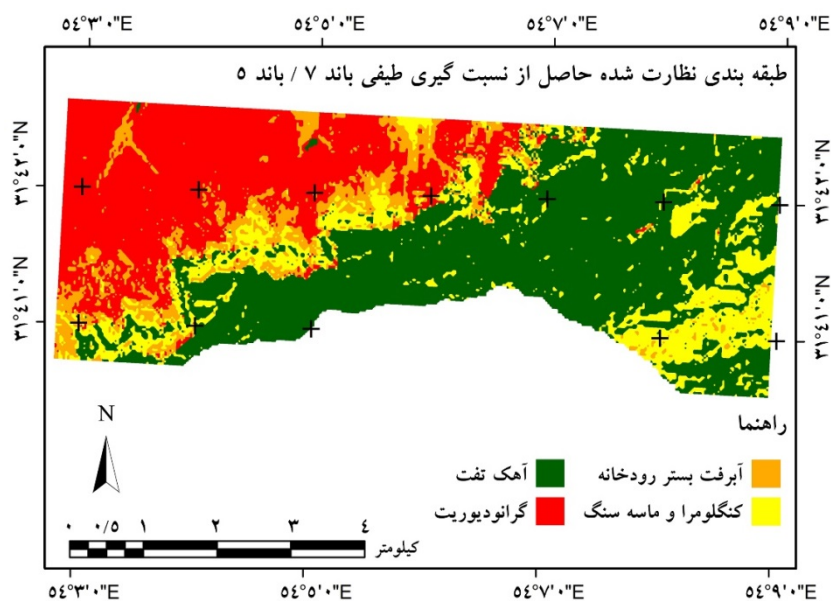


شکل ۱۲. طبقه‌بندی نظارت‌نشده حاصل از نسبت‌گیری طیفی مربوط به ترکیب باندی b7/b5

طیفی با روش حداکثر احتمال در چهار کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۱۳). مقایسه نقشه‌ها به صورت چشمی نیز نشان‌دهنده این است که طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال از نظارت‌نشده نتیجه دقیق‌تری دارد.

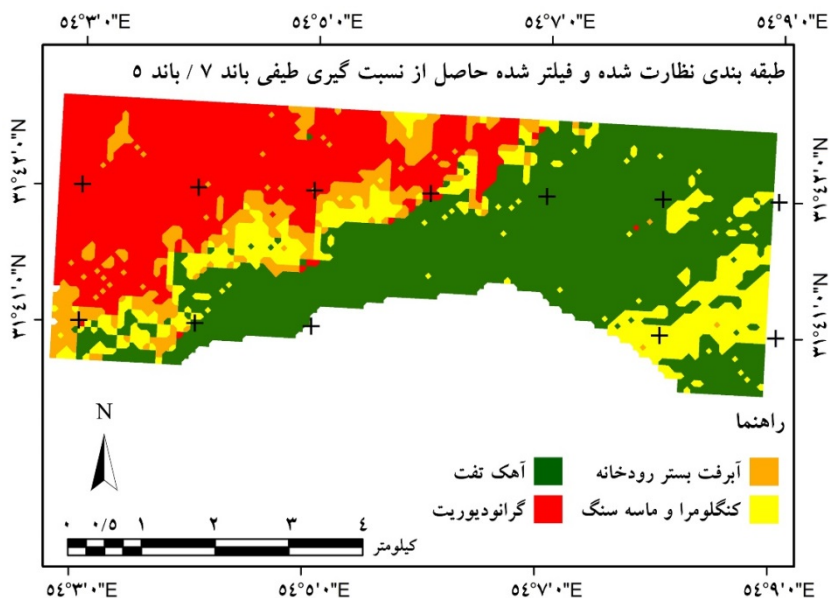
طبقه‌بندی نظارت شده این روش نسبت به طبقه‌بندی

نظارت نشده دقیق‌تر است (۹). در بیشتر پژوهش‌ها این روش به عنوان دقیق‌ترین روش طبقه‌بندی معرفی شده است (۱۴، ۱۸، ۳۶ و ۴۴). با توجه به نتایج طبقه‌بندی نظارت نشده، از میان ۱۸ تصویر پردازش شده، تنها پنج تصویر نسبت‌گیری



شکل ۱۳. طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل از نسبت‌گیری طیفی

با استفاده از فیلتر اکثریت نویزها حذف و فیلتر اکثریت (شکل ۱۴). تا زمانی که مقایسه‌ها صورت نگیرد، نمی‌توان اثر مثبت یا منفی فیلتر اکثریت بر طبقه‌بندی را بیان کرد. ۳×۳ بر روی نقشه‌های طبقه‌بندی نظارت شده اعمال شد



شکل ۱۴. طبقه‌بندی نظارت شده و فیلتر شده حاصل از نسبت گیری طیفی b7/b5

دارد. ضریب کاپا و صحت کلی نقشه طبقه‌بندی نظارت شده و فیلتر شده حاصل از b7/b5، کمتر از ضریب کاپا و صحت کلی در نقشه طبقه‌بندی نظارت شده نسبت باندی b7/b5 است. نتایج مقایسه درصد مساحت‌ها در جدول‌های ۴ و ۵ و نمودارهای QQ در شکل ۱۵ ارائه شده است.

نتایج مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده با نقشه زمین‌شناسی به‌روزشده نشان می‌دهد که ضریب کاپا و صحت کلی در نقشه طبقه‌بندی نظارت شده حاصل از b7/b5 از دیگر نقشه‌ها بیشتر است (جدول ۳). همچنین اعمال فیلتر اکثریت بر روی طبقه‌بندی، بسته به نوع پردازش، گاهی اثر مثبت و گاهی اثر منفی

جدول ۳. ضرایب کاپا و صحت کلی در نقشه‌ها

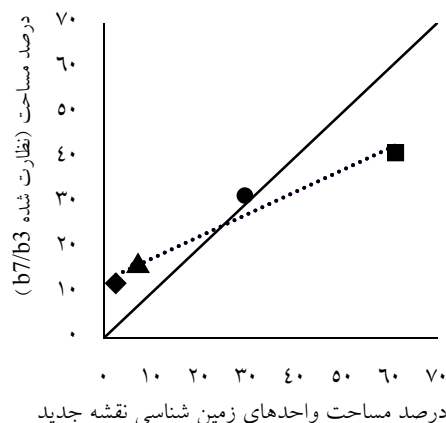
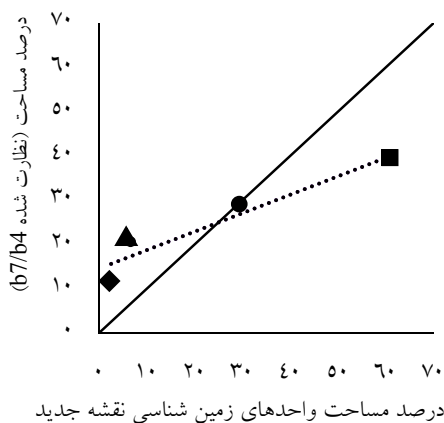
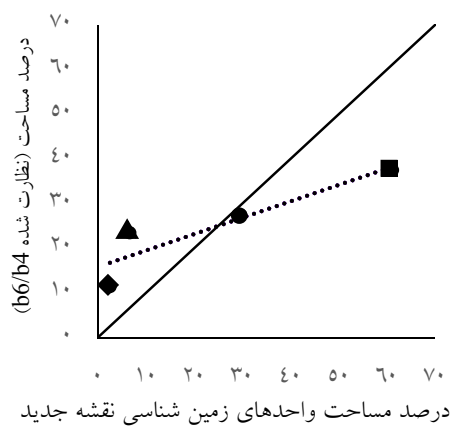
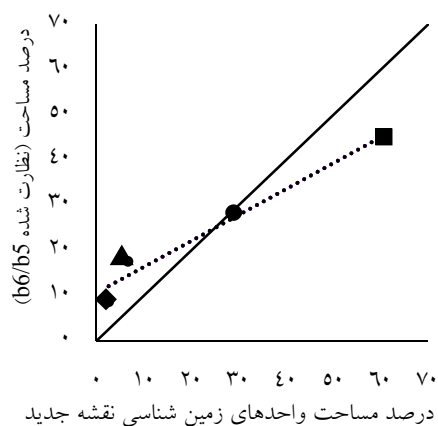
نوع طبقه‌بندی	نسبت باندی	ضریب کاپا	صحت کلی (%)
نظارت شده	b6/b4	۰/۴۶	۶۳/۷۹
	b6/b5	۰/۵۸	۷۳/۳۹
	b7/b3	۰/۵۶	۷۱/۶۷
	b7/b4	۰/۶۱	۷۴/۳۶
	b7/b5	۰/۷۹	۸۶/۷۳
نظارت شده و فیلتر شده	b6/b4	۰/۵۸۲	۷۲/۴۲
	b6/b5	۰/۶۴	۷۷/۲۱
	b7/b3	۰/۵۴	۶۹/۵۴
	b7/b4	۰/۵۸۳	۷۲/۵۰
	b7/b5	۰/۶۷	۷۹/۱۷

جدول ۴. درصد مساحت‌های هر طبقه در نسبت‌های بلندی گوناگون

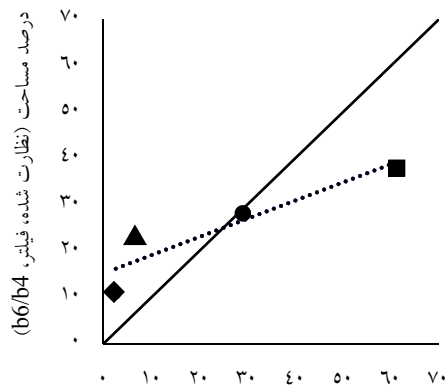
K^{t-1}	K^s	gd	Q^{al}	نسبت باندی	نوع طبقه‌بندی
۳۷/۵۲	۲۳/۵۲	۲۷/۴۶	۱۱/۵۰	b6/b4	نظارت شده
۴۵/۱۵	۱۷/۶۶	۲۸/۴۸	۸/۷۱	b6/b5	
۴۰/۷۵	۱۵/۹۹	۳۱/۶۴	۱۱/۶۲	b7/b3	
۳۹/۰۱	۲۰/۷۱	۲۸/۷۱	۱۱/۵۷	b7/b4	
۴۶/۸۶	۱۴/۷۸	۲۹/۲۷	۹/۰۹	b7/b5	
۳۸/۱۲	۲۲/۷۴	۲۸/۴۰	۱۰/۷۵	b6/b4	نظارت شده و فیلتر شده
۴۶/۳۱	۱۶/۰۱	۳۰/۱۲	۷/۵۶	b6/b5	
۴۲/۰۲	۱۴/۹۹	۳۲/۸۶	۱۰/۱۴	b7/b3	
۴۰/۱۲	۲۰/۰۱	۲۹/۳۵	۱۰/۵۲	b7/b4	
۴۶/۴۵	۱۴/۲۹	۳۰/۱۹	۹/۰۷	b7/b5	

جدول ۵. درصد مساحت‌های هر طبقه در نقشه زمین‌شناسی به‌روزشده (مبنا)

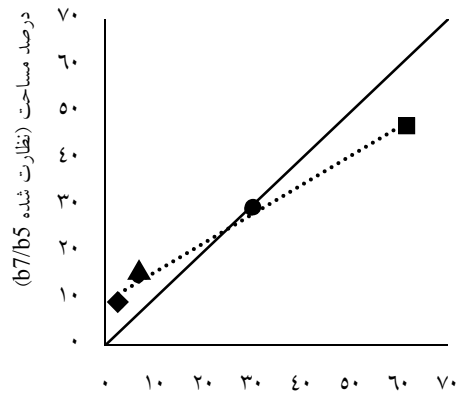
K^{t-1}	K^s	gd	Q^{al}	واحدهای زمین‌شناسی
۶۱/۱۲	۶/۶۴	۲۹/۶۶	۲/۵۸	درصد مساحت



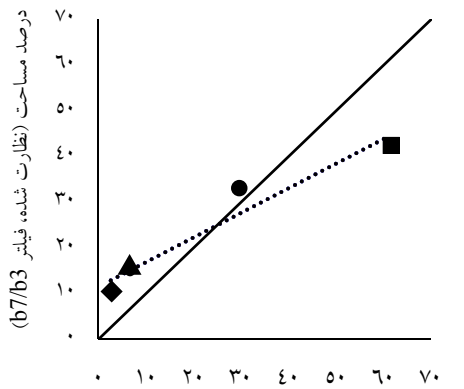
شکل ۱۵. نمودارهای QQ نقشه‌های طبقه‌بندی شده



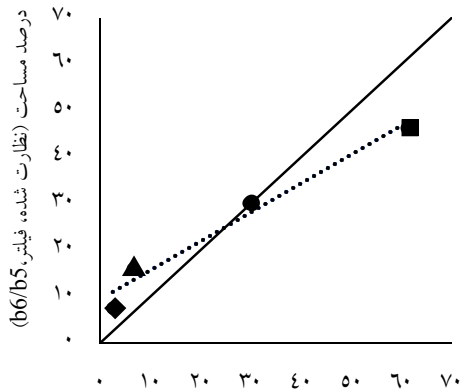
درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید



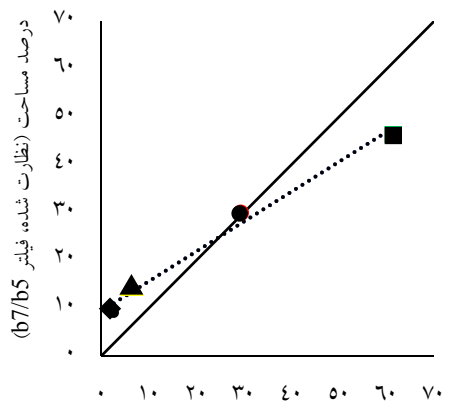
درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید



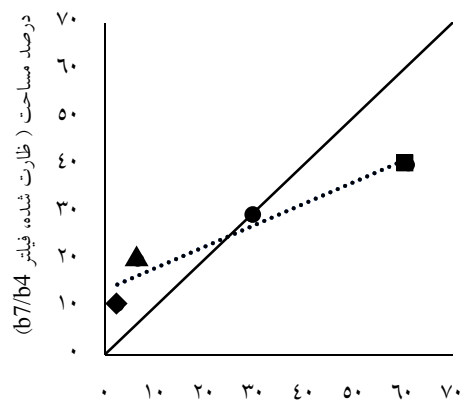
درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید



درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید



درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید



درصد مساحت واحدهای زمین شناسی نقشه جدید

نمودار QQ Q^{al} \blacklozenge gd \bullet
 Linear (1:1) ————— K^s \blacktriangle K^{t-1} \blacksquare

ادامه شکل ۱۵. نمودارهای QQ نقشه‌های طبقه‌بندی شده

مربوط به نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده b7/b5، بیشترین زاویه (۳۲ درجه) و کمترین اختلاف زاویه با زاویه خط انطباق (۱۳ درجه) دارد؛ بنابراین نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده ترکیب بانندی b7/b5 بهتر توانست چهار واحد زمین‌شناسی (K^{al} ، K^s ، K^{t-l} ، gd) را تفکیک نماید.

نتایج معادله خطی و اختلاف زاویه نمودارها با زاویه خط انطباق و نمودارهای QQ نشان می‌دهد که هرچه زاویه نمودار نقطه‌چین به ۴۵ درجه (زاویه قطر محور مختصات یا زاویه خط انطباق) نزدیک‌تر باشد، بیانگر دقیق‌تر بودن روش در جداسازی واحدهای زمین‌شناسی است (جدول ۶).

جدول ۶. معادله خطی و زاویه نمودارها و درجه اریبی (اختلاف زاویه نمودارها با خط انطباق)

درجه اریبی	زاویه نمودار (درجه)	معادله خطی	نسبت بانندی	نوع طبقه‌بندی
-۲۴/۸۸	۲۰/۱۲	$y = ۰/۳۶۶۴ x + ۱۵/۸۴۱$	b6/b4	
-۱۵/۱۴	۲۹/۸۶	$y = ۰/۵۷۴۳ x + ۱۰/۶۴۴$	b6/b5	طبقه‌بندی
-۱۸/۸۱	۲۶/۱۹	$y = ۰/۴۹۱۸ x + ۱۲/۷۰۴$	b7/b3	نظارت‌شده
-۲۲/۳۷	۲۲/۶۳	$y = ۰/۴۱۶۹ x + ۱۴/۵۷۶$	b7/b4	
-۱۳	۳۲/۰۰۵	$y = ۰/۶۲۵ x + ۹/۳۷۵$	b7/b5	
-۲۳/۵۶	۲۱/۴۴	$y = ۰/۳۹۲۷ x + ۱۵/۱۸۳$	b6/b4	
-۱۳/۰۸	۳۱/۹۲	$y = ۰/۶۲۳ x + ۹/۴۲۵۲$	b6/b5	طبقه‌بندی
-۱۶/۶۶	۲۸/۳۴	$y = ۰/۵۳۹۳ x + ۱۱/۵۱۸$	b7/b3	نظارت‌شده و
-۲۰/۶	۲۴/۴	$y = ۰/۴۵۳۷ x + ۱۳/۶۵۸$	b7/b4	فیلتر شده
-۱۳/۰۲	۳۱/۹۸	$y = ۰/۶۲۴۶ x + ۹/۳۸۵۹$	b7/b5	
۰	۴۵	$y = x$		خط انطباق

۸. بر اساس نتایج جدول‌های ۷ و ۸، نسبت‌گیری طیفی (b7/b5) در تفکیک چهار واحد زمین‌شناسی مورد نظر، نسبت به سایر ترکیب‌های بانندی کاراتر و دقیق‌تر است.

نتایج میانگین انعکاس‌ها در واحدهای زمین‌شناسی در محدوده‌های مشاهداتی و برآوردی در جدول ۷ ارائه شده است. صحت‌سنجی برای بهترین ترکیب بانندی برای جداسازی چهار واحد زمین‌شناسی، به کمک رابطه ۴ انجام شد (جدول

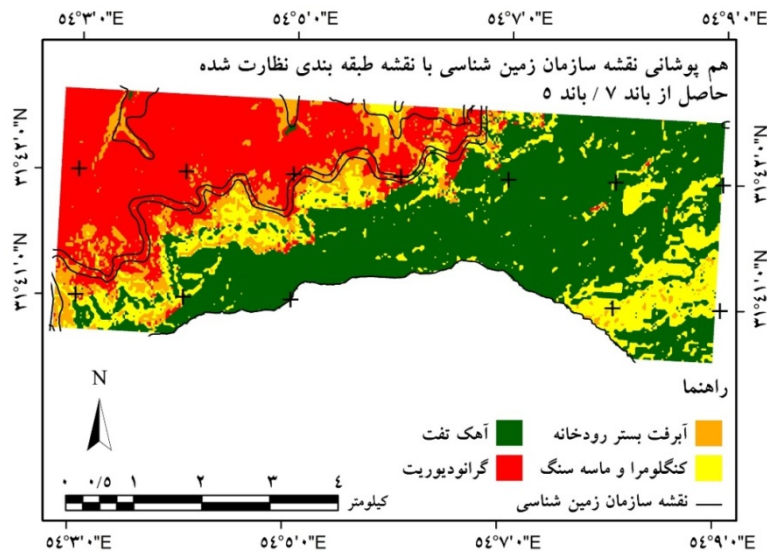
جدول ۷. میانگین انعکاس‌ها در محدوده‌های مشاهداتی و برآوردی در واحدهای زمین‌شناسی

میانگین	محدوده سوم	محدوده دوم	محدوده اول	نام واحد	نوع مقایسه
۱/۰۶۰	۱/۰۶۰	۱/۰۵۰	۱/۰۷۱	Q^{al}	میانگین انعکاس‌های مشاهداتی
۰/۸۶۰	۰/۷۷۸	۰/۸۹۸	۰/۹۰۶	gd	
۱/۱۴۸	۱/۱۵۳	۱/۱۴۷	۱/۱۴۳	K^s	
۱/۴۵۶	۱/۴۷۲	۱/۴۵۱	۱/۴۴۶	K^{t-l}	
۱/۰۷۶	۱/۰۷۶	۱/۰۶۹	۱/۰۸۴	Q^{al}	میانگین انعکاس‌های برآوردی
۰/۸۷۸	۰/۸۶۰	۰/۸۸۴	۰/۸۸۹	gd	
۱/۱۵۶	۱/۱۶۸	۱/۱۵۰	۱/۱۵۰	K^s	
۱/۵۳۶	۱/۶۸۶	۱/۴۷۹	۱/۴۴۵	K^{t-l}	

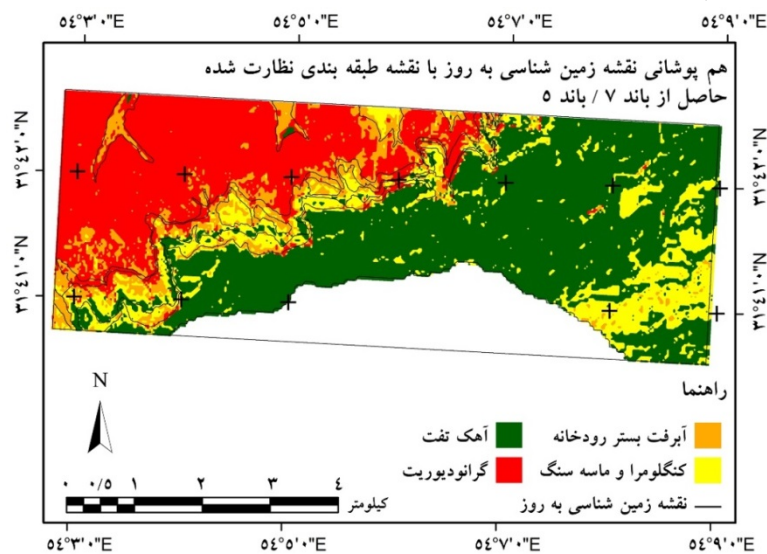
جدول ۸. نتیجه نسبت صحت سنجی نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده نسبت بانندی b7/b5

نسبت صحت سنجی	واحد زمین‌شناسی
۰/۹۹۳	K ^s
۰/۹۸۰	Gd
۰/۹۴۸	K ^{t-l}
۰/۹۸۵	Q ^{al}

هم‌پوشانی نقشه زمین‌شناسی با نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل از نسبت بانندی b7/b5 نشان‌دهنده تطبیق خوب این دو نقشه و مناسب بودن نتایج هم‌پوشانی نقشه زمین‌شناسی به‌روزشده بر روی نقشه زمین‌شناسی برای مقایسه مناسب نیست (شکل ۱۶). نوبت‌گیری طیفی b7/b5 است (شکل ۱۷).



شکل ۱۶. هم‌پوشانی نقشه سازمان زمین‌شناسی با نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل از b7/b5



شکل ۱۷. هم‌پوشانی نقشه زمین‌شناسی به روز با نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل از b7/b5

بنابراین، نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده نسبت باندی b7/b5 نسبت به دیگر روش‌ها، بهتر توانست چهار واحد زمین‌شناسی (gd, K^{+l}, K^s, Q^{al}) را تفکیک کند. هر چهار طبقه در نقشه تهیه‌شده با نسبت باندی b7/b5 آن داری نسبت صحت سنجی بسیار خوب است؛ بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت در میان روش‌های بارزسازی مورد مقایسه، نسبت‌گیری طیفی b7/b5 بهتر می‌تواند چهار واحد زمین‌شناسی (gd, K^{+l}, K^s, Q^{al}) و واحدهای سنگ‌شناسی (نهشته‌های رودخانه، کنگلومرا و ماسه‌سنگ، آهک تفت، گرانودیوریت) را در حوزه آبخیز تفت از هم تفکیک کند.

منابع مورد استفاده

۱. اختری، د. و ا. اسدی می‌آبادی. ۱۳۹۵. تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تحلیل طیفی داده‌های سنجنده OLI و داده‌های میدانی (مطالعه موردی: جنوب دشت ملایر). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۲): ۸۷-۱۰۰.
۲. اسلمی، ف.، ا. قربانی، ب. سبحانی و م. پناهنده. ۱۳۹۴. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و شیء‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): ۱-۱۴.
۳. اکبری، ا. و ع. شکاری بادی. ۱۳۹۵. پردازش و استخراج اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ENVI. چاپ سوم. تهران، انتشارات ماهواره. ۲۴۰ صفحه.
۴. اکبری، ز.، ا. رسا و ع. یارمحمدی. ۱۳۸۹. شناسایی نواحی مستعد کانه‌زایی ناحیه محسن ابن علی بروجرد با استفاده از داده‌های سنجش از دور. دانش زمین، ۱(۲): ۱-۱۸.
۵. بابا احمدی، ع. ۱۳۹۰. کاربردهای سنجش از دور (RS) در زمین‌شناسی. انتشارات آوای قلم. ۱۷۶ صفحه.
۶. بختیاری، س.، ح. ا. رنجبر، ج. شهاب‌پور و س. یوسفی‌زارع. ۱۳۹۱. تعیین نواحی امیدبخش معدنی با استفاده از دورسنجی مطالعه موردی انار. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور. کرمان - دانشگاه پیام‌نور مرکز کرمان. ۱۸ الی ۲۰ آبان ماه.

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که نسبت‌گیری طیفی (b7/b5) در بین روش‌های مقایسه شده، بهترین روش برای تفکیک این چهار واحد زمین‌شناسی (gd, K^{+l}, K^s, Q^{al}) و واحدهای سنگ‌شناسی (نهشته‌های رودخانه، کنگلومرا و ماسه‌سنگ، آهک تفت، گرانودیوریت) در حوزه آبخیز تفت است.

نتیجه‌گیری

بررسی واحدهای زمین‌شناسی، تفکیک واحد سنگ‌شناسی و تهیه نقشه زمین‌شناسی در مطالعات منابع طبیعی، دارای اهمیت زیادی است. نقشه زمین‌شناسی به‌روز و دقیق می‌تواند در تعیین و شناسایی مقاومت سنگ‌ها، فرسایش‌پذیری منطقه (فرسایش بادی یا آبی)، وضعیت آبدوستی، نقشه خاک‌شناسی، وضعیت حاصلخیزی، وضعیت منابع آب زیرزمینی و مکان‌یابی محل‌های برداشت از آب‌های زیرزمینی و محل‌های مناسب تغذیه سفره آب زیرزمینی و وضعیت شوری خاک مفید و مؤثر باشد. تفکیک واحدهای زمین‌شناسی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور علاوه بر صرفه‌جویی در زمان، موجب به‌دست آمدن نقشه‌ای به‌روز و دقیق می‌شود. در این پژوهش جهت تفکیک واحدهای سنگی و زمین‌شناسی، روش‌های گوناگون بارزسازی تصویر ماهواره لندست ۸ باهم مقایسه گردید. برای مقایسه عملکرد این روش‌ها، از نقشه زمین‌شناسی به‌روزشده، کمک گرفته و مبنای مقایسه قرار گرفت. مقایسه بین نتایج تصاویر بارز سازی شده با تکنیک‌های گوناگون با به‌کارگیری سه روش آزمون، ضریب کاپا و صحت کلی، درصد مساحت به کمک نمودار QQ و زاویه نمودارها، نسبت صحت سنجی بدست آمده از نتایج میانگین انعکاس‌ها در محدوده مشاهداتی و برآوردی، انجام شد. صحت کلی و ضریب کاپای نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل از نسبت b7/b5 بیشترین مقدار را در برای این چهار واحد زمین‌شناسی داشته است. نمودار مربوط به نقشه طبقه‌بندی نظارت‌شده b7/b5، بیشترین زاویه (۳۲ درجه) و کمترین اختلاف زاویه با زاویه خط انطباق (۱۳ درجه) را دارد؛

۷. بهمن پور، ا. ح. شهبازی، ا. ترکیان و م. نورمحمدی. ۱۳۹۳. تفکیک واحدهای سنگ شناسی سنگ های نفوذی آلموقولا، شمال غرب همدان. مجموعه مقالات دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی در علوم شیمی، زیست شناسی و زمین شناسی. تهران- دانشگاه جامع علمی کاربردی. ۱۶ بهمن ماه.
۸. پورمحمدی، س.، م. ر. اختصاصی و م. ح. رحیمیان. ۱۳۹۴. شناسایی و تفکیک واریزه های آهکی از سازندهای غیر آهکی با کاربرد تلفیقی علوم دورسنجی و مشخصات لیتولوژی (مطالعه موردی: منطقه بهادران در استان یزد). نشریه زمین شناسی مهندسی، ۹(۴): ۳۱۱۳-۳۱۳۰.
۹. پیر نظر، م. و آ. زند کریمی. ۱۳۹۴. راهنمای کاربردی نرم افزار ENVI و پردازش تصاویر ماهواره ای ENVI 5.1. انتشارات ناقوس. ۲۴۲ صفحه.
۱۰. پیروان، ح. ر. ج. غیومیان، ص. ا. امینی و م. لطفی. ۱۳۸۲. شناسایی و تفکیک زون های آلتراسیون هیدروترمال و سنگ های ماگمایی با استفاده از فن و دانش سنجش از دور. پژوهش و سازندگی، ۱۶(۳): ۸۰-۸۷.
۱۱. پیروزفر، پ. و س. مهدی زاده تهرانی. ۱۳۸۴. تهیه نقشه واحدهای سنگی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ لدر منطقه پنج کوه دامغان، با بهره گیری از تلفیق داده های ماهواره ای ندست و IRS. مجموعه مقالات بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین. تهران - سازمان زمین شناسی. ۸ الی ۱۰ اسفند ماه.
۱۲. حیات الغیبی، ف. و ت. نبئی. ۱۳۹۳. تفکیک نواحی دگرسان شده شمال قزوین با استفاده از پردازش داده های ماهواره ای لندست ۷ (ETM⁺). مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی تخصصی زمین شناسی دانشگاه پیام نور. اراک - دانشگاه پیام نور اراک. ۱ الی ۲ آبان ماه.
۱۳. حیدریان، پ. ک. رنگزن، س. ملکی و ا. تقی زاده. ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مقایسه پس از طبقه بندی تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: اراضی شهر تهران). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۴(۴): ۱-۱۰.
۱۴. درویش صفت، ع. ا. و ش. شتایی جویباری. ۱۳۷۶. تهیه نقشه جنگل به کمک داده های لندست TM به روش رقومی. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۰(۲): ۳۵-۴۰.
۱۵. دویران، م. ر. قوامی ریایی، ع. مقصودی و ر. قزلباش. ۱۳۹۶. استفاده از تصاویر ASTER جهت شناسایی آلتراسیون های هیدروترمال در شمال گسل درونه، ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ فیض آباد. مجموعه مقالات دهمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور. تبریز - دانشگاه پیام نور استان آذربایجان شرقی - مرکز تبریز. ۱۳ الی ۱۴ اردیبهشت ماه.
۱۶. راهداری، و.، س. ملکی نجف آبادی و م. رهنما. ۱۳۸۸. مقایسه روش های طبقه بندی تصاویر ماهواره (نظارت شده و نظارت نشده) در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی پناهگاه حیات وحش موته). مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک ۸۸. تهران، سازمان نقشه برداری کشور. ۲۰ الی ۲۱ اردیبهشت ماه.
۱۷. رنگزن، ک. ع. زراسوندی و ع. مهرابی. ۱۳۸۶. تعیین ارتباط بین کانه زائی مس و عناصر ساختاری به منظور تعیین مناطق با پتانسیل مناسب با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS. مطالعه موردی منطقه شهر بابک، استان کرمان. مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۷: ۱۶-۳۲.
۱۸. ساروئی، س. ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه بندی جنگل به لحاظ تراکم در جنگل های زاگرس به کمک داده های ماهواره ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران. ۱۱۰ صفحه.
۱۹. سروی، ف. ۱۳۹۳. تفکیک واحدهای سنگ شناسی با استفاده از تکنیک نقشه بردار زاویه طیفی در محدوده داده های گرمایی (TIR) سنجنده استر، مطالعه موردی بخش میانی کمربند دهج ساردوئیه کرمان. مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی تخصصی زمین شناسی دانشگاه پیام نور. اراک - دانشگاه پیام نور اراک. ۱ الی ۲ آبان ماه.
۲۰. شهریاری، س.، م. عزیززاده، س. شایان و و. ا. سجادیان. ۱۳۸۶. کارایی مطالعات سنجش از دور در مدل سازی مخازن هیدروکربوری گستره جنوب باختری ایران: مطالعه موردی از سازند آسماری. برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۱(۵۳): ۱۸۳-۲۱۴.
۲۱. صابری، ا. و ا. منصف. ۱۳۹۴. بارزسازی مناطق دگرسانی با استفاده از تصاویر سنجنده های ASTER و OLI در منطقه علی آباد، استان یزد. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی علوم جغرافیایی. شیراز - موسسه عالی علوم و فناوری خوارزمی. ۱۵ مرداد ماه.
۲۲. صفری، م. ع. هوشمند و ح. حسنی. ۱۳۹۴. مطالعات

31. Al-Ahmadi F, Hames A. 2009. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, kingdom of Saudi Arabia. *Earth*, 20(1): 167-191.
32. Amer R, Kusky T, Ghulam A. 2010. Lithological mapping in the Central Eastern Desert of Egypt using ASTER data. *Journal of African Earth Sciences*, 56(2-3): 75-82
33. Dalati m. 2000. application of remote sensing to geology tectonic and mineral exploration case study: EL-Rouge Depression. In: Proceedings of the Fourteenth International Conference, Applied Geologic Remote Sensing. Las Vegas, Nevada, USA. 6-8 November.
34. Girouard G, Bannari A, El Harti A, Desrochers A. 2004. Validated spectral angle mapper algorithm for geological mapping: comparative study between QuickBird and Landsat-TM. In: XXth ISPRS Congress, Geo-Imagery Bridging Continents. Istanbul, Turkey. 12-23 July.
35. Gomez C, Delacourt C, Allemand P, Ledru P, Wackerle R. 2005. Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(1-3): 97-108.
36. Huang C, Davis L, Townshend J. 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4): 725-749.
37. Jensen J. 2005. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective (3rd ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. 526 pp.
38. Jensen J. 1986. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective. 3rd ed. prentice hall , Inc. old tappan , NJ. University of South Carolina, Columbus. 544 pp.
39. Lu D, Weng Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5): 823-870.
40. Masser I. 2001. Managing our urban future: the role of remote sensing and geographic information systems. *Habitat International*, 25(4): 503-512.
41. Ninomiya Y, Fu B, Cudahy TJ. 2005. Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared "radiance-at-sensor" data. *Remote Sensing of Environment*, 99(1-2): 127-139.
42. Otukey JR, Blaschke T. 2010. Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12: 27-31.
43. Prates-Clark CDC, Saatchi SS, Agosti D. 2008. Predicting geographical distribution models of دورسنجی جهت تفکیک نواحی دگرسانی در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فردوس خراسان جنوبی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی. تهران - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. ۲۹ الی ۳۰ دی ماه.
۲۳. عسگرزاده، پ.، ع. درویشی بلورانی، ح. ع. بهرامی و س. حمزه. ۱۳۹۵. مقایسه برآورد دمای سطح زمین در روش‌های تک‌باندی و چندباندی با استفاده از تصویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۳): ۱۸-۲۹.
۲۴. علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۸. سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۲۴ صفحه.
۲۵. فاطمی، س. ب. و ی. رضایی. ۱۳۹۳. مبانی سنجش از دور. انتشارات آزاده. ۲۹۶ صفحه.
۲۶. فرهمند، ح.، م. ع. آرین و ح. خاکزاد. ۱۳۹۴. شناسایی واحدهای ساختاری و زمین‌شناسی منطقه میانراهان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS). کنفرانس بین‌المللی علوم و مهندسی. امارت - دبی - موسسه ایده‌پرداز پایتخت ویرا. ۱۰ آذر ماه.
۲۷. قاندرحمتی، ر.، ن. فتحیان‌پور، و ح. امیری. ۱۳۸۶. تفکیک واحدهای سنگی ناحیه ایران‌کوه اصفهان با استفاده از الگوریتم تهیه تصاویر طبقه‌بندی شده داده‌های ماهواره‌ای ناحیه. زمین-شناسی مهندسی، ۲(۲): ۳۹۵-۴۱۳.
۲۸. مختاری، ا.، ج. غیومیان و س. فیض‌نیا. ۱۳۸۴. تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی با استفاده از تحلیل‌های همبستگی غیرخطی داده‌های ماهواره‌ای لندست ETM⁺. مجموعه مقالات چهارمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران. تهران، دانشگاه تربیت مدرس. ۴ الی ۶ اسفند ماه.
۲۹. مسعودی، س. م.، ف. فریدونی و ع. ا. متکان. ۱۳۸۹. کاربرد سنجش از دور در پی‌جویی پومیس در پیرامون قله دماوند. علوم زمین، ۱۹(۷۶): ۳-۸.
۳۰. میرزایی‌زاده، و.، م. نیک‌نژاد و ج. اولادی قادی‌کلایی. ۱۳۹۴. ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده غیرپارامتریک در تهیه نقشه پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): ۲۹-۴۴.

- high-value timber trees in the Amazon Basin using remotely sensed data. *Ecological Modelling*, 211(3-4): 309-323.
44. Richards JA. 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Springer-Verlag, Berlin, 240 pp.
45. Richards JA. 2012. *Remote sensing digital image Analysis: An introduction*. 2nd ed, Springer Science & Business Media. 494 pp.
46. Sheffield C. 1985. Selecting band combinations from multispectral data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 51: 681-687.
47. Singh P, Gupta A, Singh M. 2014. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(2): 111-121.
48. Souza Filho PWM, Paradella WR. 2005. Use of RADARSAT-1 fine mode and Landsat-5 TM selective principal component analysis for geomorphological mapping in a macrotidal mangrove coast in the Amazon Region. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 31(3): 214-224.
49. Wentz EA, Stefanov WL, Gries C, Hope D. 2006. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30(3): 320-346.



Evaluation of different satellite image enhancement techniques in separating of geological units

V. Barzegari Dehaj¹, M. Zare^{2*}, M. H. Mokhtari², M. R. Ekhtesasi³

1. MSc. Graduated of Natural Resources, Yazd University

2. Assis. Prof. College of Natural Resources, Yazd University

3. Prof. College of Natural Resources, Yazd University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 5 September 2017

Accepted 2 March 2018

Available online 22 May 2018

Keywords:

Lithological units

Spectral rationing

Kappa coefficient

Landsat

Yazd

ABSTRACT

Lithological studies and geological units' mapping are generally applicable to the many fields of natural resources management. Satellite remote sensing images have been widely used for separating of geological units which can generate accurate results, as well as time and cost saving. This research aims at comparing the performance of different enhancement techniques in order to separate four geological units in the study area of Taft watershed, Yazd. In this study, Landsat 8 satellite images (OLI sensor) were used, analyzed and classified. Geological maps were also up to dated using google earth images. A comparison of the results of the satellites classified images and base geological maps, indicates the Kappa coefficient and overall accuracy of the classified supervised maps of the ration of b7/b5 have the highest values of 0.78 and 86.7%, respectively. To verify the accuracy of the comparison results, QQ plots were used to compare the percentage of areas. Comparing the percentage of areas, the oblique angle of the b7/b5 bands ratio was lower (i.e. better) than the other different ratio combinations. Finally, the values of accuracy assessment for the reflection of lithological units in the observation and estimation range of supervised classification map of the ratio bands of the b7/b5 in the geological units K^s , gd , K^{t-1} , and Q^{al} were 0.993, 0.980, 0.948, and 0.985, respectively, indicates that the b7/b5 band ratio separate four different geological units of the study area more precisely, and easily than the other classification methods.

* Corresponding author e-mail address: mzernani@yazd.ac.ir