



جغرافیا و روابط انسانی، تابستان ۱۴۰۲، دوره ۶، شماره ۱، صص ۱۹۷-۱۷۷

بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن مس سرچشمه با استفاده از تصاویر

ماهواره‌ای سری لندست در بازه زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۷

زهرا حسینیان^۱، رضا حسن زاده*^۲، مهدیه حسینجانی زاده^۳، مهدی هنرمند^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور زمین شناختی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

^۲ استادیار گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و

فناوری پیشرفته، کرمان. (Hassanzadeh22@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

چکیده

در این پژوهش به منظور تعیین تغییرات کاربری اراضی محدوده معدنی مس سرچشمه، از داده‌های ماهواره‌ای سری زمانی لندست در طی دوره ۴۶ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی استفاده شده است. جهت این امر روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای از جمله روش‌های طبقه‌بندی حداکثر احتمال و تعیین تغییرات پس از طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. جهت انجام طبقه‌بندی کاربری اراضی کلاس‌های محدوده معدنی، محدوده صنعتی، پوشش گیاهی و زمین بایر تعریف شدند. نتایج حاصله با داده‌های واقعی با استفاده از روش صحت کلی و ضریب کاپا اعتبارسنجی شدند. نقشه کاربری اراضی در بازه‌های ۵ ساله تهیه گردید و در نهایت با روش تعیین تغییرات پس از طبقه‌بندی برای دوره‌های ۵ ساله، ۱۶ ساله و ۴۶ ساله جهت آشکارسازی میزان تغییرات کاربری از یک طبقه به سایر طبقات مورد تحلیل قرار گرفتند. تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن سرچشمه بین زوج تصویرهای سال‌های در دوره‌های ۵ ساله ۱۹۷۲-۱۹۸۴ و ۱۹۸۴-۱۹۸۸ و ۱۹۸۸-۱۹۹۳-۱۹۸۸ و ۱۹۹۳-۱۹۹۸ و ۱۹۹۸-۲۰۰۳ و ۲۰۰۳-۲۰۰۸ و ۲۰۰۸-۲۰۱۳ و ۲۰۱۳-۲۰۱۸ و دوره‌های ۱۶ ساله ۱۹۷۲-۱۹۸۸ و ۱۹۸۸-۲۰۰۳ و ۱۹۸۸-۲۰۰۳ و ۲۰۰۳-۲۰۱۸ و دوره ۴۶ ساله ۱۹۷۲-۲۰۱۸ میلادی بررسی شد. نتایج حاصله نشان داد که حداکثر تغییرات از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸، در محدوده معدنی به مساحت ۱۵/۴ کیلومتر مربع و در محدوده صنعتی به ۳/۶ کیلومتر مربع و پوشش گیاهی به مساحت ۰/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. با انجام این تحقیق میزان تغییرات در هر کاربری، جهت گسترش معدن، باطله‌ها و ناحیه صنعتی را مشخص و سیاست‌های توسعه‌ای و زیست محیطی لازم را جهت توسعه پایدار معدن در آینده برنامه‌ریزی نمود.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، حداکثر احتمال، تعیین تغییرات، تصاویر OLI، سنجش از دور، منطقه معدنی مس سرچشمه.

۱- مقدمه

از اصلی‌ترین جنبه‌های بررسی مدیریت منابع طبیعی و بازنگری تغییرات محیطی، ارزیابی کاربری اراضی است. شناسایی تغییرات زمانی کاربری اراضی، درک بهتری از ارتباطها و اثر متقابل انسان و منابع طبیعی ارائه و شناخت روابط آنها موجب مدیریت و استفاده پایدار از منابع می‌شود (Gupta, 2017). هدف از تحقیق حاضر بررسی تغییر کاربری اراضی محدوده معدن مس سرچشمه و زمین‌های اطراف در بازه زمانی ۴۶ ساله از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست و بررسی روند تغییرات کاربری طی این دوره می‌باشد. از آنجا که کاربرد روش‌های نوین معدنکاری و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات سنگین به سرعت باعث تغییر پوشش زمین می‌گردد. بنابراین مطالعه تغییرات کاربری اراضی در معادن را ضروری می‌سازد (Gomarasca et al., 1993). روشهای دورسنجی و کاربرد تصاویر ماهواره‌ای بعنوان متداول‌ترین منبع داده برای تشخیص، کمی‌سازی و نقشه‌سازی الگوهای کاربری اراضی و تغییرات آن به شمار می‌رود (Shalaby et al., 2007). با توجه به اهمیت بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی، همچنین تعیین برنامه ریزی هماهنگ و یکپارچه بر استفاده پایدار از منابع اراضی مطالعات متعددی جهت بررسی روند این تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های طبقه‌بندی انجام شده است.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از اطلاعات سنجنده ETM^+ و TM تغییر کاربری‌های اراضی شهرستان مریوان را با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال طی یک دوره ۱۶ ساله، بررسی کردند. نتایج نشان داد طی دوره مورد مطالعه ۲۴/۱۱ درصد از اراضی منطقه دچار تغییر شده است و به دلیل کاهش سطح اراضی جنگلی ناشی از رها شدن اراضی تحت کشت دیم، قسمت اعظم این تغییرات به اراضی کشاورزی و جنگلی مربوط می‌شود. شنائی هویزه و زارعی (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با هدف بررسی میزان تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز ابوالعباس در سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ با استفاده از تصاویر سری لندست با روش شبکه عصبی به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل آنان نشان داد، در طول این دوره زمانی با تبدیل جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه به جنگل‌های تنک و مراتع، ۸/۴۸ درصد از مساحت جنگل‌های انبوه و ۱۲/۲۶ از مساحت جنگل‌های نیمه انبوه کاهش یافته و جای خود را به جنگل‌های ثانویه داده است. ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۰) تغییرات کاربری اراضی شهر دهدشت را مورد بررسی قرار دادند. کرم و همکاران (۱۳۹۶) از تصاویر سنجنده ETM^+ و OLI جهت بررسی تغییرات اراضی در دو دوره ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ میلادی استفاده کردند. نتایج مطالعات آنان بیانگر آن است که طی دوره مورد بررسی دو کاربری: زمین‌های بایر و مراتع به ترتیب کاهش ۳۵ درصد و ۱۱ درصد را داشته‌اند و بیشترین میزان کاربری‌ها مربوط به نواحی کویری و شوره‌زارها می‌باشد که طی ۱۷ سال، رشدی برابر ۹۵ درصد نسبت به سال ۲۰۰۰ میلادی داشته است. سنجرى (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر سال ۱۹۸۷ میلادی سنجنده TM و سال ۲۰۰۵ میلادی ETM^+ و به کارگیری طبقه‌بندی نظارت شده موفق به تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین شهر بم شدند. به

طور کلی نتایج نشان می‌دهد که گرایش غالب روند تغییرات کاربری اراضی منطقه بم افزایش ۳ درصدی باغات خرما می‌باشد.

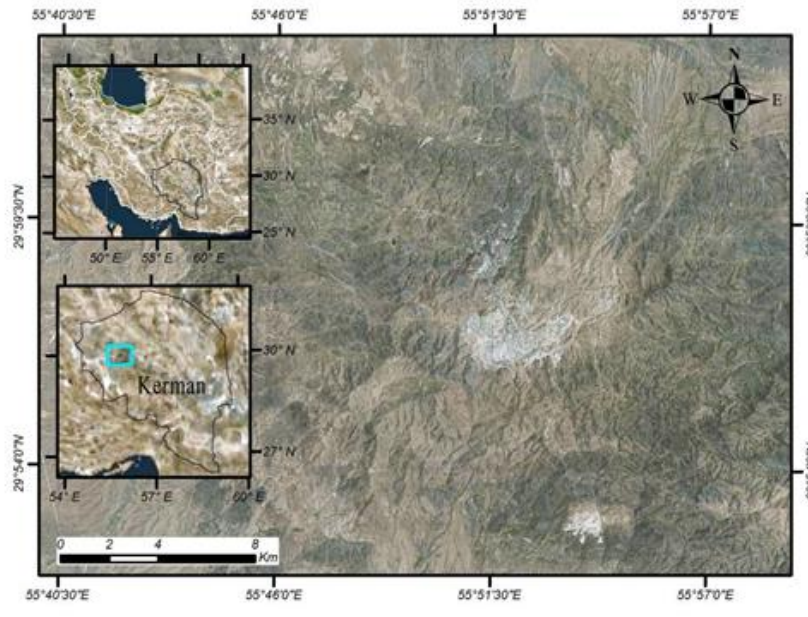
Shalaby and Tateishi (2007)، از تصاویر ماهواره‌ای سری لندست سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی در مناطق ساحلی مصر را بارز سازی نمودند. Thapa and Murayama (2006) در مطالعه‌ای در کشور نپال، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای IRS مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۵ وضعیت تغییرات اراضی کاربری را با روش نظارت شده حداکثر احتمال مطالعه نموده و بیان کردند که تغییرات زمین‌های کشاورزی بیش از سایر کاربری‌ها بوده است. در سال ۱۹۸۹ میلادی ۲۳ درصد کل منطقه مربوط به اراضی مسکونی بوده است، در حالی که در سال ۲۰۰۵ این مقدار ۱۷ درصد رشد داشته است و زمین‌های کشاورزی از ۳۶ درصد کل حوزه در سال ۱۹۸۹ میلادی، به ۲۲ درصد کاهش یافته اند. Townsend et al. (2009) از تصاویر لندست در سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۶ جهت تعیین تغییرات صورت گرفته در کوه‌های آپالانچیز در غرب ایالات متحده استفاده کردند و با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم‌گیری و سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که باطله‌های معدن از ۳۵/۱ درصد به ۹۹/۴ درصد افزایش داشته و بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل جنگل به محدوده معدنی بوده است. Luethje et al. (2017) از تصاویر لندست در سپتامبر ۲۰۱۰ تا مارچ ۲۰۱۱ میلادی در استان کیوو جهت اجرای درست قانون ممنوعیت استخراج استفاده کردند و با استفاده از روش آنالیز چند مقیاسه مشخص شد که در پی ممنوعیت فعالیت‌های معدن حجم تولید کاهش یافت است. Pericak et al. (2018) از تصاویر لندست و گوگل ارث بین سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ میلادی استفاده کردند، جهت تهیه نقشه‌های میزان استخراج و افزایش سطح معدن زغال سنگ منطقه آپالاجی ایالت متحده که مشخص شد در بازه زمانی ۳۱ ساله ۲۹۰۰ کیلومتر مربع از زمین‌های منطقه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. Vasuki et al. (2019) از تصاویر لندست بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۴ میلادی جهت بررسی تغییرات محدوده پوشش گیاهی در محدوده معدن بوکسیت در دارلینگ کشور استرالیا با استفاده از روش نظارت شده ماشین بردار پشتیبان، جنگل تصادفی و طبقه‌بندی بیز ساده استفاده کردند که الگوریتم جنگل تصادفی با دقت کلی بیش از ۹۵ درصد برای همه سال‌ها نتیجه بهتری بدست داد که نشان‌دهنده تغییرات بسیار زیاد در منطقه بود.

بنابر مطالعات پیشین ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی در مناطق معدنی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. معدن مس پورفیری سرچشمه یکی از بزرگترین معادن روباز مس دنیا و بزرگترین معدن روباز در خاورمیانه می‌باشد و تا کنون چنین تحقیقی در این معدن به انجام نرسیده است. بنابراین تحقیق حاضر جهت تکمیل تحقیقات در این راستا و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در این منطقه معدنی با استفاده از داده‌های سری زمانی لندست از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۷ انجام شد.

۲- روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه محدوده معادن مس سرچشمه و مس دره زار را در بر می گیرد. ذخیره زمین شناسی آن، بالغ بر یک میلیارد و دویست تن سنگ سولفوری با عیار ۰/۷ درصد برآورد شده است. معدن مس پورفیری سرچشمه یکی از بزرگترین معادن روباز مس دنیا و بزرگترین معدن روباز در خاورمیانه می باشد. معدن مس سرچشمه با مختصات $20^{\circ} 52' 55''$ طول شرقی و $40^{\circ} 56' 29''$ عرض شمالی در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غربی کرمان و ۵۰ کیلومتری رفسنجان قرار گرفته است شکل (۱). این معدن از طریق جاده آسفالت به رفسنجان، شهربابک و سیرجان مرتبط بوده و فاصله آن تا بندرعباس ۴۳۷ کیلومتر است. ارتفاع این ناحیه از سطح دریا به طور متوسط ۲۶۲۰ متر است و بلندترین نقطه آن از سطح دریا ۳۲۸۰ متر می باشد. تغییرات سالیانه درجه حرارت در این ناحیه از ۱۵- تا ۳۲+ درجه سانتی گراد می باشد. میزان بارندگی در ارتفاعات ۵۵۰ میلی متر در سال گزارش شده و سرعت باد در این ناحیه گاهی به بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت می رسد (شرکت ملی صنایع مس ایران).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲- داده‌ها و روش‌های مورد نیاز

الف) داده‌های ماهواره‌ای

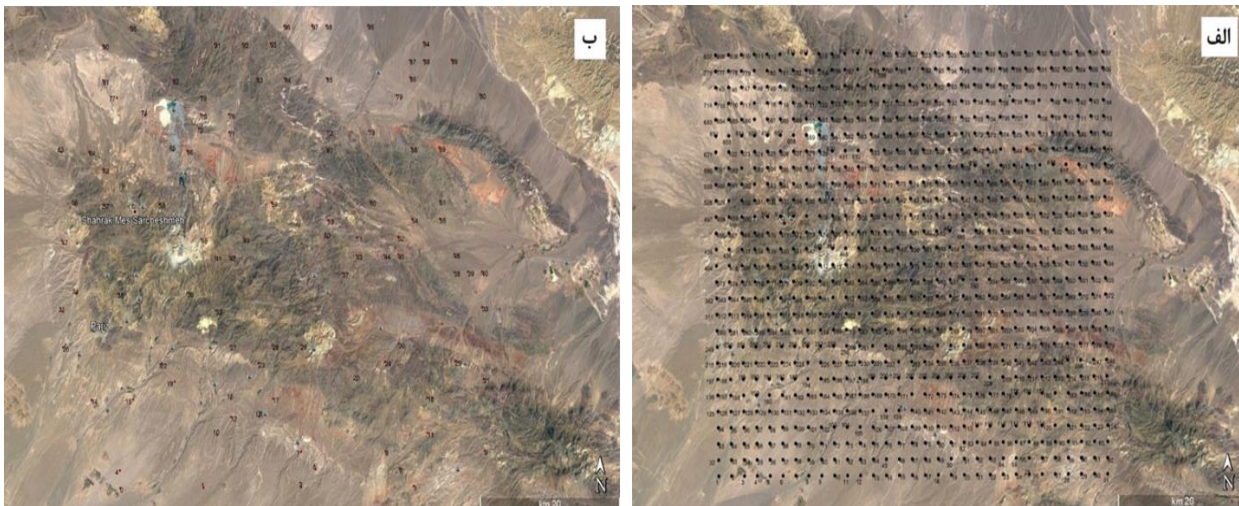
تصاویر ثبت شده با ماهواره‌های سری لندست با توجه به سابقه طولانی و استمرار داده‌ها قابلیت ثبت تغییرات انسانی را در مدت زمان بیش از ۴۰ سال را داراست. در این تحقیق جهت ارزیابی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره سری لندست استفاده شده است. این تصاویر از پایگاه سازمان زمین شناسی آمریکا قابل دسترسی می‌باشد. در این پژوهش ۹ تصویر در دوره زمانی ۱۹۷۲-۲۰۱۸ میلادی مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱). سپس بر این شد تا تصاویر در یک محدوده زمانی ثابت (ماه آگوست) دانلود شوند و در مواردی بدلیل وجود ابر یا در دسترس نبودن تصاویر در این محدوده زمانی، نزدیکترین زمان جهت دانلود تصاویر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱. تاریخ تصاویر ماهواره‌ای سری لندست مورد استفاده

اختلاف تاریخ اخذ با تصویر قبلی	ماهواره	سنجنده	زمان اخذ تصویر
۰	لندست ۱	MSS	۱۹۷۲/۱۰/۷
۱۲	لندست ۴	TM	۱۹۸۴/۱۰/۲۲
۴	لندست ۵	TM	۱۹۸۸/۰۸/۳۰
۵	لندست ۵	TM	۱۹۹۳/۰۸/۲۸
۵	لندست ۵	TM	۱۹۹۸/۰۸/۲۶
۵	لندست ۷	ETM+	۲۰۰۳/۰۴/۲۶
۵	لندست ۷	ETM+	۲۰۰۸/۰۸/۲۹
۵	لندست ۸	OLI	۲۰۱۳/۰۸/۱۸
۵	لندست ۸	OLI	۲۰۱۸/۰۸/۲۱

ب) داده های میدانی

به منظور ارزیابی و صحت سنجی نتایج این تحقیق در بازه ۲۹ تا ۳۱ خرداد ماه سال ۱۳۹۷ از منطقه مورد مطالعه (منطقه معدنی) بازدید میدانی به عمل آمد. از طریق مشاهدات زمینی و ارزیابی منطقه در نرم افزار گوگل ارث، داده های میدانی برای این تحقیق بدست آمد. سپس برای هر نقطه محدوده ROI ترسیم گردید. بازدید میدانی از تعدادی از مناطقی که بر اساس شبکه بندی فیش نت در نرم افزار GIS طراحی شده بود، انجام گرفت. این شبکه شامل ۸۳۷ محدوده (شکل ۲ الف) بر روی شیپ فایل منطقه مورد مطالعه به طول ۶۵ و عرض ۵۲ کیلومتر می باشد. در مرحله دوم ۱۰۰ محدوده به صورت تصادفی از تعداد ۸۳۷ محدوده در نظر گرفته شد و سپس این نقاط بعنوان نقاط و محدوده های واقعی مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۲ ب). بعد از مشاهده محدوده ها در نرم افزار گوگل ارث اطلاعات کاربری هر محدوده تعیین و به نرم افزار اکسل وارد شد. همچنین برای هر نقطه بر اساس کاربری تعیین شده ROI تعریف گردید.

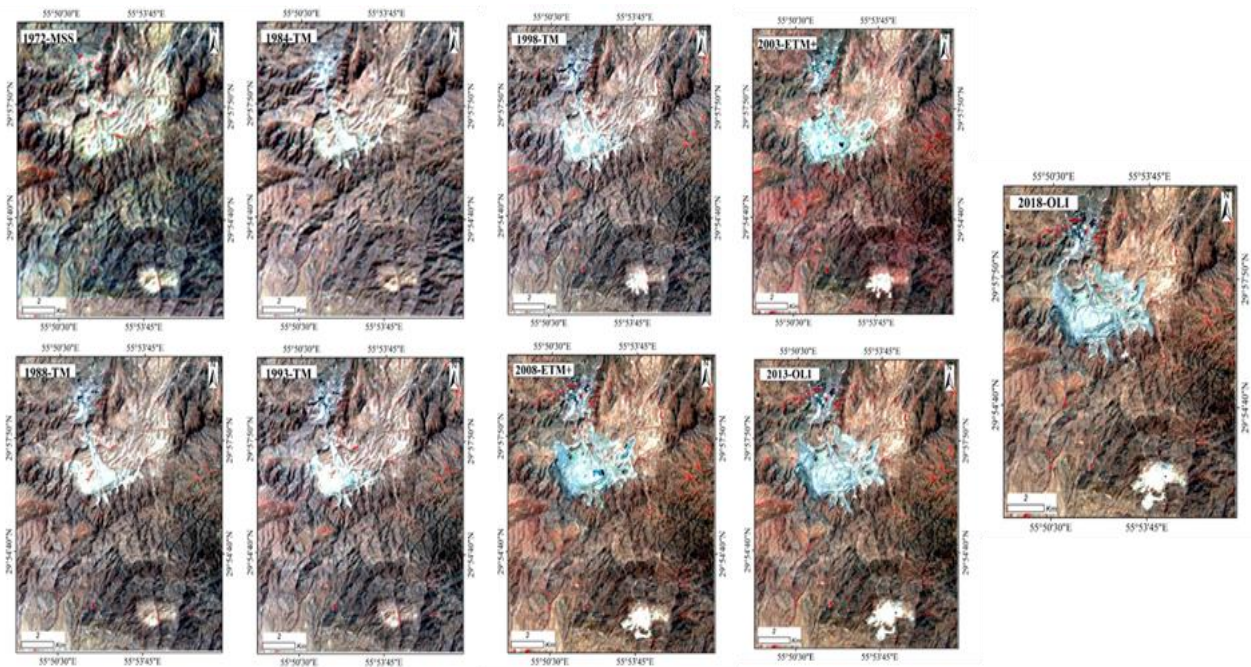


شکل ۲. الف- ۸۳۷ محدوده در شبکه بندی فیش نت بر روی نرم افزار گوگل ارث، ب- ۱۰۰ محدوده در شبکه بندی فیش نت بر روی نرم افزار گوگل ارث

۳-۲- پیش پردازش داده های ماهواره ای

برای استفاده و استخراج اطلاعات مورد نیاز از تصاویر ماهواره ای لازم است پیش پردازش هایی به منظور کاهش خطاهای احتمالی، نویز و اعوجاج های هندسی بر روی تصاویر اعمال شود (Richards et al., 1999). جهت استفاده از این تصاویر باید پیش پردازش هایی انجام گیرد. در این تحقیق به دلیل انجام تصحیحات هندسی تصاویر توسط سایت ارائه کننده اطلاعات

نیازی به انجام این عملیات بر روی تصاویر دانلود شده نبود. برای انجام تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر سری لندست پس از ترکیب باندهای محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR) و مادون قرمز کوتاه موج (SWIR) از مدل طیفی فوق مکعبی با استفاده از آنالیز تسریع خط دید جوی (FLAASH) موجود در نرم افزار ENVI استفاده شده است. کلیه تصاویر پردازش یافته با تصویر ترکیب رنگی کاذب در شکل (۳) نمایش داده شده است.



شکل ۳. تصاویر پیش پردازش شده ماهواره‌های سری لندست از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی

۴-۲- پردازش داده های ماهواره ای

الف) روش طبقه بندی (حداکثر احتمال)

در تحقیق حاضر جهت پردازش تصاویر ماهواره ای از روش های طبقه بندی استفاده شده است. در این راستا الگوریتم‌های مختلفی جهت استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای معرفی شده‌اند که هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایبی دارند (Adams et al.m 1995). روش‌های طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای به دو دسته اصلی، تقسیم بندی می شوند، طبقه بندی نظارت شده و طبقه بندی نظارت نشده، در این تحقیق برای تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه از روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال استفاده گردید زیرا روش مورد استفاده یکی از روش‌های رایج و پرکاربردترین روش‌ها در بررسی و

آشکار سازی تغییرات می باشد و همچنین در این روش ماهیت تغییرات از یک طبقه به طبقه دیگر قابل شناسایی است (Gupta, 2017).

ب) روش تعیین تغییرات (پس از طبقه بندی)

تعیین تغییرات به صورت بصری یا تجزیه و تحلیل پیکسل به پیکسل، کار بسیار وقت گیر است و می تواند منجر به ایجاد خطاهایی ناخواسته شود. در حال حاضر روش های بررسی تغییرات کار خود را از طریق شناسایی میزان و نوع تغییرات انجام شده در کسری از زمان محاسبه می کند. برای آشکار سازی تغییرات با استفاده از تصاویر ماهواره ای از روش تعیین تغییرات پس از طبقه بندی استفاده شده است. مبنای این روش بررسی تغییرات ذکر شده بر تفاضل مقادیر پیکسلی در دو بازه زمانی متفاوت بین کلاس های مختلف طبقه بندی به صورت جداگانه است. محصول نهایی این روش نرخ تبدیلات هر یک از کلاس های معرفی شده در طبقه بندی را نشان می دهد. در این تحقیق با استفاده از نقشه های کاربری اراضی تهیه شده برای بازه های زمانی سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی و استفاده از این روش نرخ تبدیلات هر یک از کلاس های انتخابی بین زوج تصاویر انتخابی برای بازه ۵ ساله، ۱۶ ساله، ۴۶ ساله مشخص گردید.

۵-۲- اعتبار سنجی نتایج

برای ارزیابی صحت طبقه بندی معمولاً از دو روش برآورد ماتریس خطا و ضریب کاپا استفاده می شود که در ادامه شرح داده می شوند.

الف) روش برآورد ماتریس خطا

ساختن ماتریس خطای طبقه بندی یکی از رایج ترین شیوه های بیان صحت طبقه بندی صورت گرفته، است. ماتریس خطا رابطه بین داده واقعی زمینی و نتایج طبقه بندی روش پردازشی مورد نظر را به صورت مقایسه ای انجام می دهد. در این نوع ماتریس پیکسل های قرار گرفته بر روی قطر اصلی، آن دسته از پیکسل هایی هستند که به درستی طبقه بندی شده اند و پیکسل هایی که خارج از قطر اصلی ماتریس هستند، به درستی طبقه بندی نشده اند. در یک ماتریس خطا صحت کلی محاسبه می شود. با تقسیم کل پیکسل هایی که درست طبقه بندی شده بر تعداد کل پیکسل های مورد طبقه بندی صحت کلی حاصل می شود.

ب) روش ضریب کاپا

این روش از اعتبار بالاتری در مقایسه با صحت کلی برای ارزیابی دقت طبقه بندی برخوردار است. که از رابطه زیر بدست می آید.

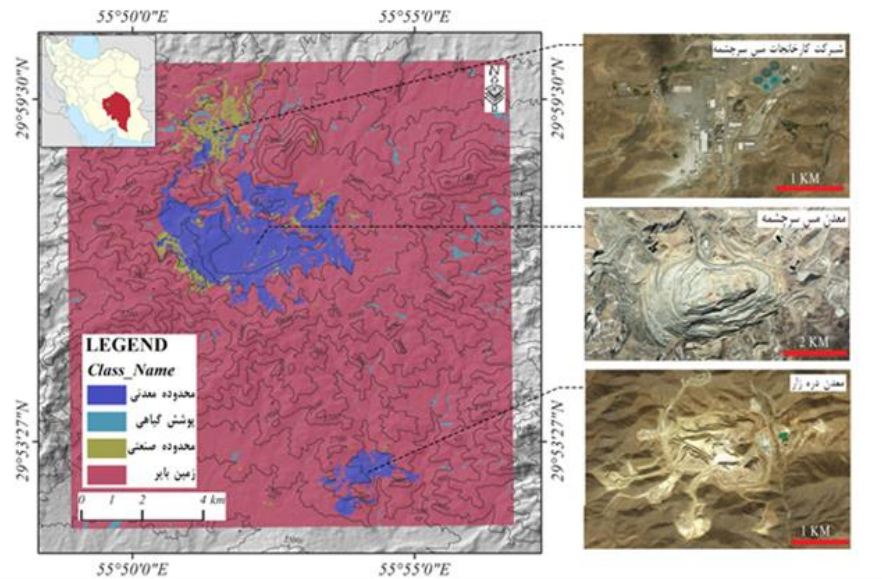
$$K = \frac{2AB}{C^2 + D^2 + 2A + B + (A+B)(C+D)}$$

در این رابطه A و B تعداد پیکسل‌ها با طبقه بندی منطبق، C و D تعداد پیکسل‌ها با طبقه بندی غیر منطبق است. مقدار ضریب کاپا کمتر از ۰/۲ (ضعیف)، ۰/۴۰ - ۰/۲۱ (متوسط)، ۰/۶۰ - ۰/۴۱ (متوسط خوب)، ۰/۸۰ - ۰/۶۱ (خوب) و ۱ - ۰/۸۱ بسیار خوب طبقه بندی می‌شوند.

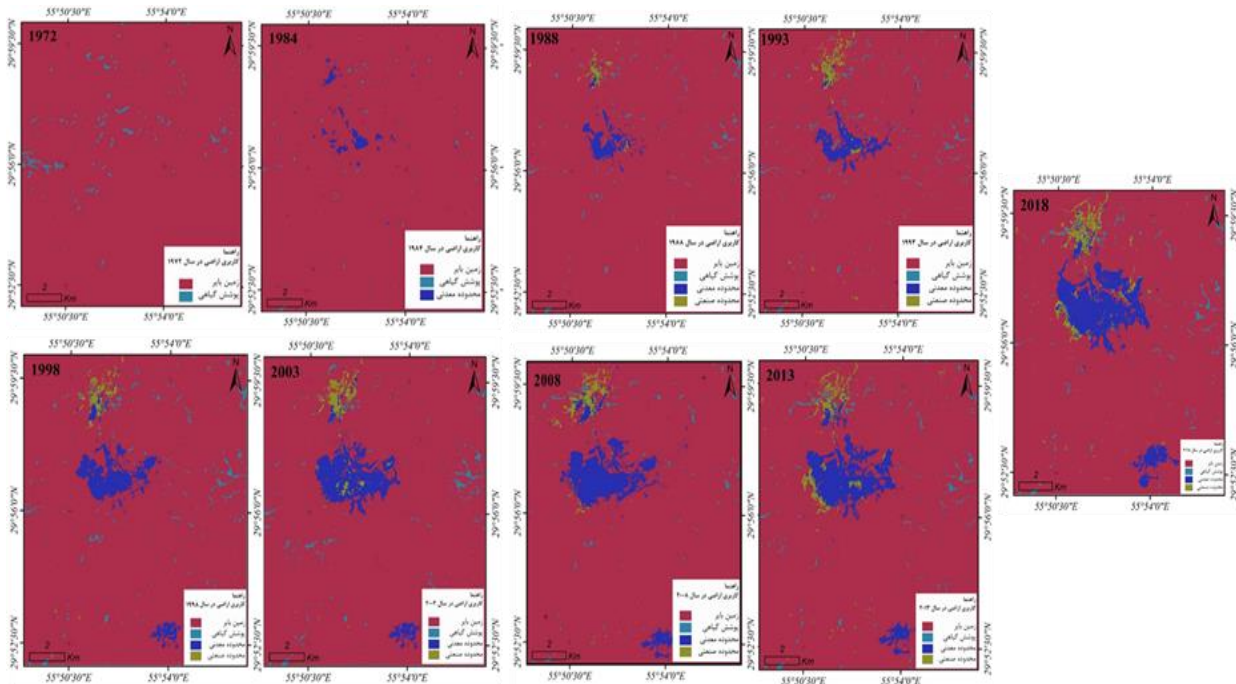
۳- نتایج و بحث

الف) نتایج کاربری اراضی

در پژوهش پیش رو جهت ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه معدنی سرچشمه با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۱۸ میلادی در ماه اگوست استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی محدوده معدنی سرچشمه از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی در بازه های زمانی ۵ ساله با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال برای ۴ کلاس شامل محدوده معدنی، محدوده صنعتی، پوشش گیاهی و زمین بایر تهیه گردیده است که صحت کلی ۹۵/۱ و ضریب کاپای ۰/۹۴ نشاندهنده درستی طبقه بندی کاربریها با این روش می باشد (شکل ۴ و ۵). جدول ۳ مساحت هر یک از کلاس ها از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۷ در بازه زمانی ۵ ساله را نشان می دهد.



شکل ۴. موقعیت ۴ کلاس اصلی جهت تعیین کاربری اراضی



شکل ۵. نقشه‌های کاربری اراضی محدوده معدن سرچشمه در سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی

جدول ۳) مساحت کلاس‌های به دست آماده از نقشه کاربری اراضی بر حسب کیلومتر مربع در سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی در بازه زمانی ۵ ساله

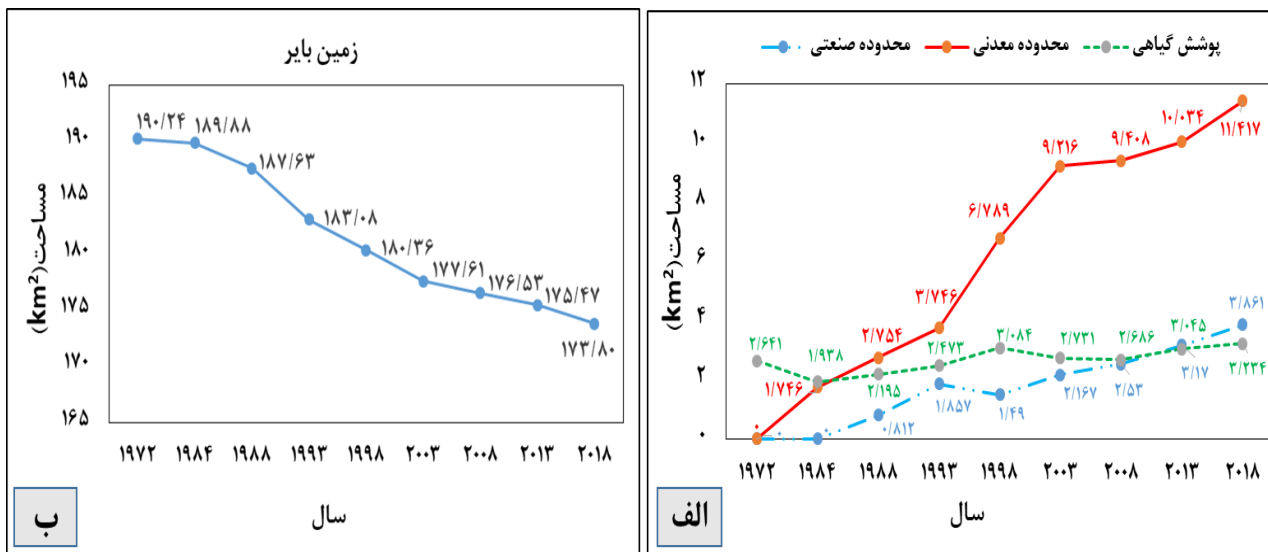
سال / کلاس	۱۹۷۲	۱۹۸۴	۱۹۸۸	۱۹۹۳	۱۹۹۸	۲۰۰۳	۲۰۰۸	۲۰۱۳	۲۰۱۸
محدوده صنعتی	۰	۰	۰/۸	۱/۸	۱/۴	۲/۱	۲/۵	۳/۱	۳/۸
محدوده معدنی	۰	۱/۷	۲/۷	۳/۷	۶/۷	۹/۲	۹/۴	۱۰	۱۱/۴
پوشش گیاهی	۲/۶	۱/۹	۲/۱	۲/۴	۳	۲/۷	۲/۶	۳	۳/۲
زمین بایر	۱۹۰/۲	۱۸۹/۸	۱۸۷/۶	۱۸۳	۱۸۰/۳	۱۷۷/۶	۱۷۶/۵	۱۷۵/۴	۱۷۳/۸

بر اساس شکل ۵ و نتایج جدول ۳، در نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۷۲ و ۱۹۸۴ میلادی با توجه به جدول مساحت‌های به دست آمده در طول ۱۲ سال و در حین بهره برداری معدن مس سرچشمه وسعت محدوده معدنی به ۱/۷ کیلومتر مربع رسیده است. با شروع بهره برداری پوشش گیاهی در محل معدن از بین رفته و وسعت کل پوشش گیاهی در سال ۱۹۷۲ میلادی از ۲/۶ کیلومتر مربع به ۱/۹ کیلومتر مربع در سال ۱۹۸۴ میلادی کاهش یافته است. در تصویر طبقه بندی شده سال ۱۹۸۸ میلادی محدوده صنعتی به عنوان طبقه بندی جدید ظاهر می‌گردد. در نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۳ میلادی وسعت محدوده صنعتی و واحدهای کارخانه‌های مس افزایش یافته است و نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در طی این دوره ۱۰ ساله وسعت محدوده معدنی و محدوده صنعتی هر کدام تقریباً یک کیلومتر مربع بیش‌تر شده است.

نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ میلادی وسعت محدوده معدنی از ۳/۷ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۳ به ۶/۷ کیلومتر مربع در سال ۱۹۹۸ افزایش یافته است. با افزایش بهره‌برداری از معدن در سال ۲۰۰۳ مساحت سطحی محدوده معدنی به ۹/۲ کیلومتر مربع افزایش یافته است و مساحت محدوده صنعتی نیز از ۱/۴ به ۲/۱ رسیده است. نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۳ میلادی نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ میلادی تقریباً ۰/۶ متر مربع به وسعت محدوده معدنی اضافه شده است و مساحت محدوده صنعتی از ۲/۵ کیلومتر به ۳/۱ کیلومتر رسیده است.

نقشه کاربری اراضی تهیه شده در سال ۲۰۱۸ میلادی نشان می‌دهد که حداکثر مساحت معدن و محدوده صنعتی به ترتیب به ۱۱/۴ و ۳/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. در طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۸ میلادی محدوده معدنی گسترش قابل توجهی در

حدود ۱/۳ کیلومتر مربع داشته است. در سال‌های اخیر رشد معدن مس سرچشمه با توجه به نقشه‌های تهیه شده به سمت شمال و شمال شرق بوده و همچنین معدن مس دره زار نیز رشد بیشتری در قسمت غربی نشان می‌دهد. شکل ۶ نمودار مساحت نتایج طبقه بندی تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری مساحت کلاس پوشش گیاهی تغییر چندانی نشان نمی‌دهد. هر چند پوشش گیاهی در محدوده معدن از بین رفته ولی با گسترش فعالیت‌های صنعتی و درختکاری و ایجاد پوشش گیاهی اطراف معدن به نظر می‌رسد مساحت از بین رفته به نحوی جبران شده است.



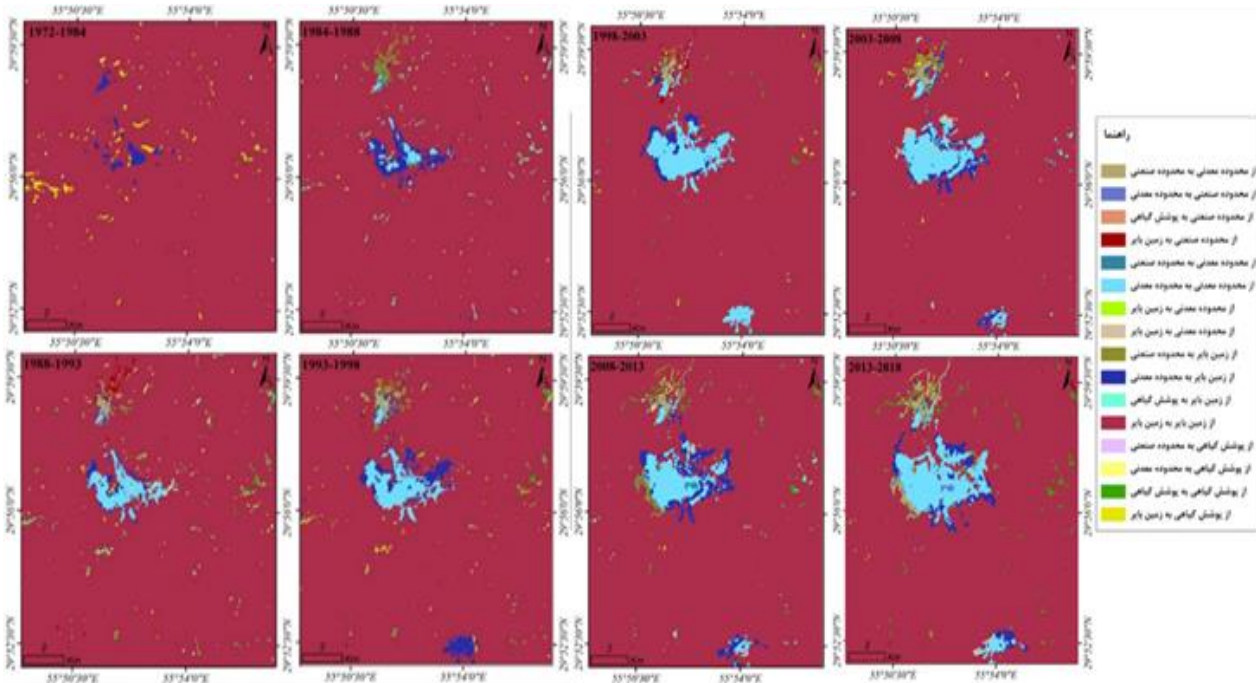
شکل ۶ الف- نمودار تغییرات مساحت پوشش گیاهی، محدوده معدنی، محدوده صنعتی از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی،

ب - نمودار تغییر مساحت زمین بایر از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی

ب) نتیجه تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی ۵، ۱۶ و ۴۶ ساله

با استفاده از روش پس از طبقه بندی آشکار سازی تغییرات، میزان تغییرات محلی در دوره‌های ۵ ساله مورد بررسی قرار گرفته است. شکل ۷ نتایج بررسی تغییرات را برای دوره ۵ ساله نشان می‌دهد که جهت تفسیر بهتر نقشه‌ها از ترکیب رنگی یکسان استفاده شده است. جدول ۴ نتایج بدست آمده که نرخ تبدیلات کلاس‌های انتخابی را نمایان می‌سازد. قسمت‌های آبی تیره مربوط به تغییر کاربری اراضی از زمین بایر به محدوده معدنی می‌باشند و بیشترین تغییرات کاربری مربوط به تبدیل

زمین بایر به معدن بوده است. بیشترین نرخ تبدیل زمین بایر به معدن بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۳ میلادی با مساحت ۵/۲ کیلومتر مربع بوده است. با توجه به نمودارهای میزان تغییرات کاربری اراضی مختلف (شکل ۸)، هم‌زمان با تغییرات کاربری اراضی گسترده زمین بایر به محدوده معدنی و محدوده صنعتی رشد چشمگیری داشته اند.



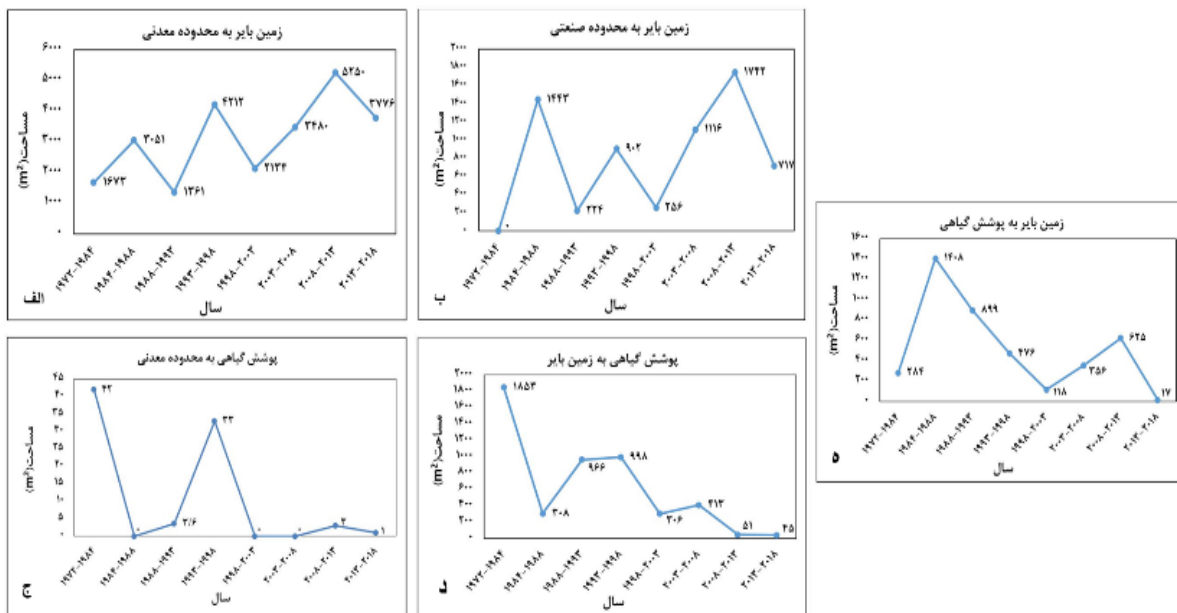
شکل ۷. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن سرچشمه بین زوج تصویرهای سال‌های ۱۹۸۴-۱۹۷۲، ۱۹۸۸-۱۹۸۴، ۱۹۹۳-۱۹۸۸، ۱۹۹۸-۱۹۹۳، ۲۰۰۳-۱۹۹۸، ۲۰۰۸-۲۰۰۳، ۲۰۱۳-۲۰۰۸ و ۲۰۱۸-۲۰۱۳.

جدول ۴. محاسبه میزان تغییر کاربری‌های مختلف به یکدیگر در بازه‌های زمانی ۱۹۷۲-۱۹۸۴، ۱۹۸۸-۱۹۸۴، ۱۹۹۳-۱۹۸۸،

۱۹۹۸-۱۹۹۳، ۲۰۰۳-۱۹۹۸، ۲۰۰۸-۲۰۰۳، ۲۰۱۳-۲۰۰۸، ۲۰۱۸-۲۰۱۳ بر حسب متر مربع

تغییرات کاربری‌ها	۱۹۸۴- ۱۹۷۲	۱۹۸۸- ۱۹۸۴	۱۹۹۳- ۱۹۸۸	۱۹۹۸- ۱۹۹۳	۲۰۰۳- ۱۹۹۸	۲۰۰۸- ۲۰۰۳	۲۰۱۳- ۲۰۰۸	۲۰۱۸- ۲۰۱۳
زمین بایر به محدوده معدنی	۱۶۷۳	۳۰۵۱	۱۳۶۱	۴۲۱۲	۲۱۳۴	۳۴۸۰	۵۲۵۰	۳۷۷۶
زمین بایر به پوشش گیاهی	۲۸۴	۱۴۰۸	۸۹۹	۴۷۶	۱۱۸	۳۵۶	۶۲۵	۱۷
زمین بایر به محدوده صنعتی	---	۱۴۴۳	۲۲۴	۹۰۹	۲۵۶	۱۱۱۶	۱۷۴۲	۷۱۷

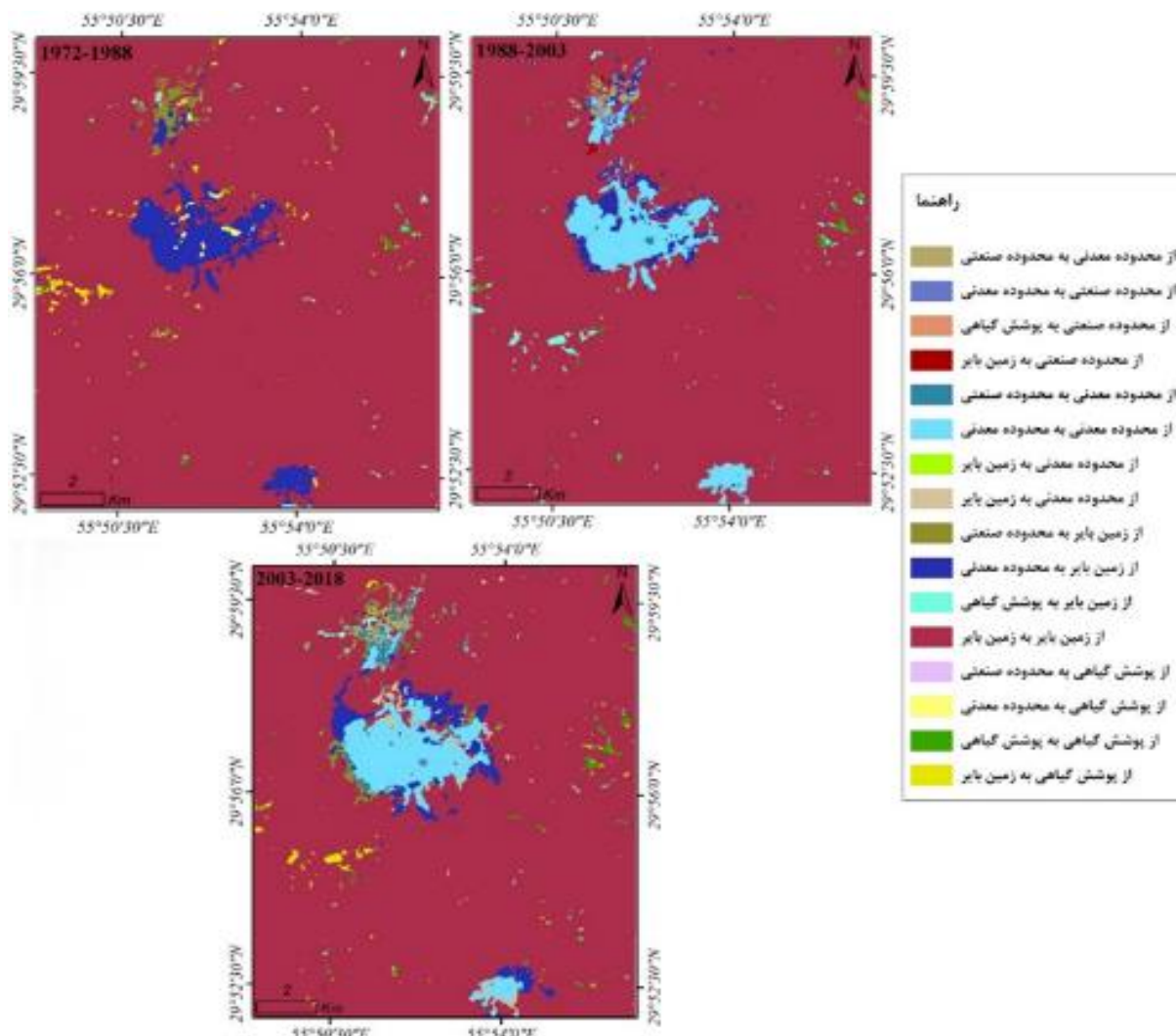
پوشش گیاهی به محدوده معدنی	۴۲	۰	۳/۶	۳۳	۰	۰	۳	۱
پوشش گیاهی به محدوده صنعتی	---	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰
پوشش گیاهی به زمین بایر	۱۸۵۳	۳۰۸	۹۶۶	۹۹۸	۳۰۶	۴۱۳	۵۱	۴۵
محدوده معدنی به محدوده صنعتی	---	۲۹۷	۲۳	۷۶	۱۳	۵۶	۳۵۶	۲۱۵
محدوده معدنی به پوشش گیاهی	---	۷	۱	۱۴	۰	۰	۰	۰
محدوده صنعتی به پوشش گیاهی	---	---	۰	۰	۰	۰	۰	۰



شکل ۸. نمودارهای تغییرات کاربری اراضی مختلف در محدوده معدن سرچشمه از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی (الف) زمین بایر به محدوده معدنی، (ب) زمین بایر به محدوده صنعتی، (ج) پوشش گیاهی به محدوده معدنی، (د) پوشش گیاهی به زمین بایر، (ه) زمین بایر به پوشش گیاهی

بررسی‌ها در بازه‌های زمانی بیشتر بین جفت تصاویر می‌توان میزان تغییرات کاربری اراضی را بهتر نشان دهد. از این رو نقشه تغییرات کاربری اراضی در بازه‌های زمانی تقریباً ۱۶ ساله از ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۸، ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۳ و ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ میلادی و بازه ۴۶ ساله (۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی) تهیه گردیدند. شکل ۹ تغییرات کاربری اراضی در دوره ۱۶ ساله در منطقه را به خوبی نشان می‌دهد که نشان دهنده جهت پیشروی محدوده معدنی سرچشمه و دره زار و همچنین محدوده صنعتی می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی‌های دوره ۱۶ ساله (جدول ۵) بیشترین مقدار تغییرات برای پوشش گیاهی به معدن را در سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۸ میلادی را نشان داد. برای پوشش گیاهی به زمین بایر نیز در سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۸ میلادی با مساحت ۸۸۵ متر مربع بیشترین تغییرات، همچنین زمین بایر به معدن در سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۳ میلادی با مساحت ۹۵۶۹ متر مربع بیشترین تغییرات را دارا می‌باشد. در دوره ۴۶ ساله نتایج (شکل ۱۰ و جدول ۶) پوشش گیاهی به معدن در سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ میلادی با مساحت ۴۱۷ متر مربع و زمین بایر به معدن با مساحت ۱۵۴۸۳ متر مربع بیشترین تغییرات را نشان می‌دهند.

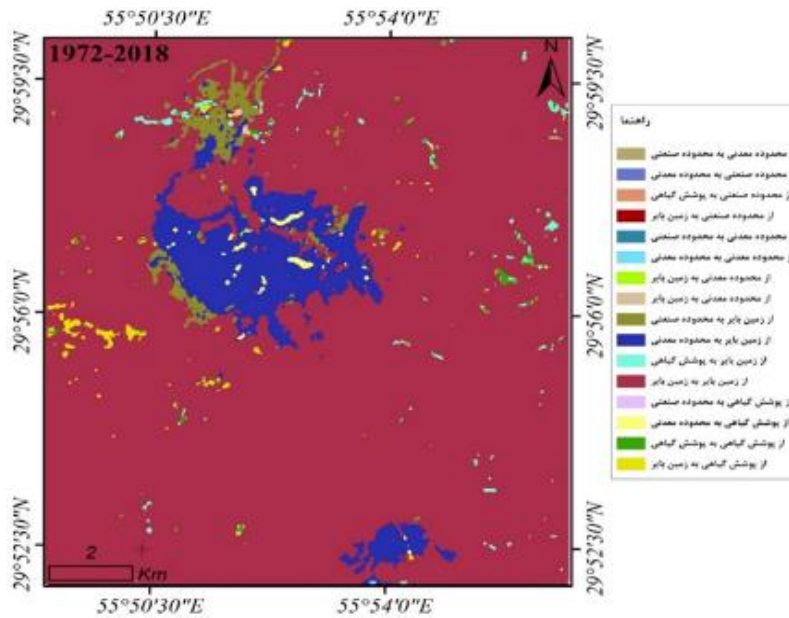


شکل ۹. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن سرچشمه بین زوج تصویرهای سال‌های

۱۹۷۲-۱۹۸۸، ۱۹۸۸-۲۰۰۳، ۲۰۰۳-۲۰۱۸، ۲۰۱۸-۲۰۱۸ میلادی

جدول ۵. محاسبه میزان تغییر کاربری‌های مختلف به یکدیگر در بازه‌های زمانی ۱۶ ساله از ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۸، ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۳ و ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ بر حسب متر مربع

تغییرات کاربری‌ها	۱۹۸۸-۱۹۷۲	۲۰۰۳-۱۹۸۸	۲۰۱۸-۲۰۰۳
زمین بایر به محدوده معدنی	۴۲۳۷	۹۵۶۹	۵۴۲۵
زمین بایر به پوشش گیاهی	۳۹۴	۸۲۹	۴۰۷
زمین بایر به محدوده صنعتی	۱۵۶۶	۲۸۱	۱۳۷۰
پوشش گیاهی به محدوده معدنی	۹۹	۸۷	۴۱
پوشش گیاهی به محدوده صنعتی	۸۰	۰	۰
پوشش گیاهی به زمین بایر	۸۸۵	۲۰۳	۷۱۳
محدوده معدنی به محدوده صنعتی	---	۵۹	۱۴۱۸
محدوده معدنی به پوشش گیاهی	---	۰	۰
محدوده صنعتی به پوشش گیاهی	---	۰	۱۲



شکل ۱۰. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در محدوده معدن سرچشمه بین زوج تصویرهای سال‌های ۲۰۱۸-۱۹۷۲ میلادی که دوره‌ای ۴۶ ساله است را نشان می‌دهد.

جدول ۶. محاسبه میزان تغییر کاربری‌های مختلف به یکدیگر در بازه‌ی زمانی ۴۶ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۸ بر حسب متر

مربع	
تغییرات کاربری‌ها	۲۰۱۸-۱۹۷۲
زمین بایر به محدوده معدنی	۱۵۴۸۳
زمین بایر به پوشش گیاهی	۸۹۷
زمین بایر به محدوده صنعتی	۳۶۲۱
پوشش گیاهی به محدوده معدنی	۴۱۷
پوشش گیاهی به محدوده صنعتی	۴۳
پوشش گیاهی به زمین بایر	۸۵۲
محدوده معدنی به محدوده صنعتی	---
محدوده معدنی به پوشش گیاهی	---
محدوده صنعتی به پوشش گیاهی	---

نتیجه گیری

تصاویر سری لندست با قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب، اطلاعات و جزئیات خوبی را از عوارض و پدیده‌های سطح زمین فراهم می‌آورد. روش طبقه بندی حداکثر احتمال، روشی قابل قبول برای تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق معدنی می باشد. تعیین تغییرات بر اساس روش پس از طبقه بندی، کارآمد در تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی می باشد و نرخ تبدیلات را به خوبی مشخص می نماید. بیشترین تغییر کاربری اراضی از پوشش گیاهی به محدوده معدنی مربوط به شروع بهره‌برداری در سال های ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۴ می باشد. بیشترین میزان تغییرات در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۱۹۷۲ در محدوده معدنی به مساحت ۱۵/۴ کیلومتر مربع و در محدوده صنعتی به ۳/۶ کیلومتر مربع و پوشش گیاهی به مساحت ۰/۸ کیلومتر مربع می باشد. کاهش پوشش گیاهی، تغییر سیمای توپوگرافیک و تغییر رژیم هیدرولوژیک منطقه از اثرات مستقیم معدنکاری در این منطقه می باشند. همچنین این نتایج نشان‌دهنده بیشترین میزان توسعه معدنی از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۳ و بیشترین میزان توسعه صنعتی از ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ در این منطقه می باشد. با انجام این تحقیق میزان تغییرات در هر بخش مشخص و می توان جهت گسترش معدن، باطله ها و ناحیه صنعتی را مشخص و سیاست های توسعه ای و زیست محیطی لازم را جهت توسعه پایدار معدن در آینده برنامه ریزی نمود.

منابع

ابراهیمی، م.، ابرکار، ت.، ابراهیمی، م. (۱۴۰۰). ارزیابی کاربری اراضی شهری، شهر دهدشت جغرافیا و روابط انسانی ۴(۳)، ۱۲۲-۱۴۶.

سنجری، ص.، ۱۳۹۵، بررسی روند تغییرات کاربری اراضی منطقه بم، نشریه مدیریت اراضی، ۱، ۲۱-۳۱.

شنانی هویزه، م.، زارعی، ح.، ۱۳۹۵، بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس)، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۷: ۱۴، ۲۳۷-۲۴۴.

کرم، ا.، ضیاییان، پ.، یمانی، م.، عنایتی، م.، ۱۳۹۶، آشکارسازی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر توزیع فضایی گرد و غبار در شمال غرب ایران مرکزی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۳، ۹۰-۱۰۴.

شرکت ملی صنایع مس ایران، تاریخچه معدن مس سرچشمه، ۱۳۹۷، قابل دسترس در سایت:

<http://sarcheshmeh.nicico.com/index.jsp?siteid=3&fkeyid=&siteid=3&pageid=231>.

یوسفی ص، مرادی ح، حسینی س ح، میرزایی س، پایش تغییرات کاربری اراضی مریوان با استفاده از سنجنده های ETM+ و TM ماهواره LandSat، کاربرد سنجنش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۱۳۹۰، ۳، ۹۷-۱۰۵.

Adams, J.B., Sabol, D.E., Kapos, V., Almeida Filho, R., Roberts, D.A., Smith, M.O., Gillespie, A.R., 1995, Classification of multispectral images based on fractions of end members: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon, *Remote Sensing of Environment*, 52, 137-154.

Gomarasca, M., Brivio, P., Pagnoni, F., Galli, A., 1993, One century of land use changes in the metropolitan area of Milan (Italy), *International Journal of Remote Sensing*, 14, 211-223.

Gupta, R.P., 2017, *Remote sensing geology*, Springer, Germany, 5-25.

Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J., 2014, *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons.

Luethje, F., Kranz, O., Schoepfer, E., 2014, Geographic object-based image analysis using optical satellite imagery and GIS data for the detection of mining sites in the Democratic Republic of the Congo, *Remote Sensing*, 6, 6636-6661.

Pericak, A.A., Thomas, C.J., Kroodsma, D.A., Wasson, M.F., Ross, M.R., Clinton, N.E., Campagna, D.J., Franklin, Y., Bernhardt, E.S., Amos, J.F., 2018, Mapping the yearly extent of surface coal mining in Central Appalachia using Landsat and Google Earth Engine, *PloS one*, 13, e0197758.

Richards, J.A., Richards, J., 1999, *Remote sensing digital image analysis*, Springer.

Shalaby, A., Tateishi, R., 2007, Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt, *Applied Geography*, 27, 28-41.

Thapa, R.B., Murayama, Y., 2006, Land use change analysis using remote sensing and GIS: a case study of Kathmandu Metropolitan, Nepal. *Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS*.

Townsend, P.A., Helmers, D.P., Kingdon, C.C., McNeil, B.E., de Beurs, K.M., Eshleman, K.N., 2009, Changes in the extent of surface mining and reclamation in the Central Appalachians detected using a 1976–2006 Landsat time series, *Remote Sensing of Environment*, 113, 62-72.

Vasuki, Y., Yu, L., Holden, E-J., Kovesi, P., Wedge, D., Grigg, A.H., 2019, The spatial-temporal patterns of land cover changes due to mining activities in the Darling Range, Western Australia: A Visual Analytics Approach, *Ore Geology Reviews*. 108, 23-32.

Tonge, J, A. Moore, S & Taplin, R. (2011). Visitor satisfaction analysis as a tool for park managers: a review and case study. *ResearchGate, Annals of Leisure Research*, 14(4), 289- 303.

Townsend, M, Henderson-Wilson, C, Warner, E & Weiss, L (2015). *Healthy Parks Healthy People: the state of the evidence 2015*. School of Health and Social Development, Deakin University, 4- 6.

Xia, W. Jie, Z. Chaolin, G. & Feng, Z. (2009). Examining antecedents and consequences of tourist satisfaction: A structural modeling approach. *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 14(3), 397-404