

Dor: [20.1001.1.20089597.1400.12.23.6.6](https://doi.org/10.1001.1.20089597.1400.12.23.6.6)

پایش تغییرات ساختاری در مقیاس زمانی – فضایی بیوم زاگرس ایران با استفاده از مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین

مصطفی کشتکار^۱، شهیندخت برق جلوه*^۲، نغمه مبرقی دینان^۳

۱ کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲ دانشیار، گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳ دانشیار گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹؛ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷)

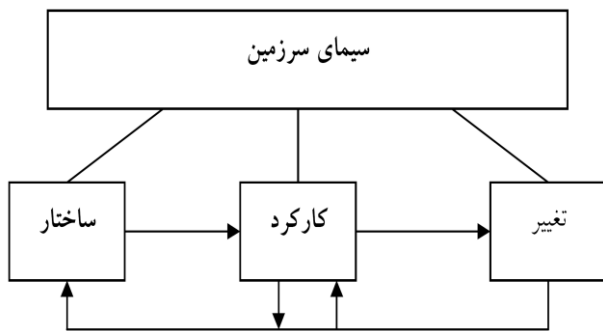
چکیده

اطلاع از روند تغییر الگوهای ترکیب محتوایی و چیدمان فضایی ساختار اکوسیستم در مقیاس فضایی سیمای سرزمین بیوم‌ها، جهت مدیریت بهینه آن‌ها در گذر زمان حایز اهمیت است. در پژوهش حاضر، مطابق با مدل مفهومی برگرفته از اصول بوم‌شناسی سیمای سرزمین، شامل: ساختار، عملکرد و تغییر در مقیاس مکانی، تغییرات چیدمان فضایی عناصر سیستم سیمای سرزمین بیوم زاگرس ایران با مطالعه ۲۶ حوضه‌آبخیز منتهی به استان کهگیلویه و بویراحمد انجام شد. تصاویر سنجنده‌های TM و OLI/TIRS ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ پیش‌پردازش شد و باندهای مناسب با استفاده از آزمون تجزیه مولفه‌های اصلی انتخاب شد و طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از دو روش حداکثر احتمال (MLE) و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون (MLP) با ۷ لایه ورودی، ۶ لایه میانی و ۵ لایه خروجی انجام گرفت. اعتبارسنجی و انتخاب کاربری مناسب با مقایسه ضرایب کاپای کلی، صحت کلی، خطای کاهنده و خطای فزاینده بررسی شد. کاربری اراضی طبقه‌بندی شده روش MLP، با توجه به قدرت تفکیک عوارض و صحت بیشتر، انتخاب گردید و بارزسازی زمانی- مکانی تغییرات انجام شد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان کاهش اراضی بین سال‌های ۲۰۱۷-۱۹۸۷ در کاربری اراضی جنگلی و بیشترین میزان افزایش در کاربری مرتع دیده می‌شود. مساحت کاربری‌های منابع آب و طبقه انسان‌ساخت، دو برابر شده است. گرچه توسعه‌های انسان‌ساخت نقش کمتری در این تغییرات دارند، لیکن آثار اقدامات انسانی، به‌خصوص تغییر اراضی جنگلی به کشاورزی و همچنین ساخت سدهای بزرگ، بسیار وسیع بوده است. از این‌رو مدیریت مبتنی بر مبانی بوم‌شناسی سیمای سرزمین در ارتباط فی‌مابین ساختارشناسی، عملکردشناسی و تغییرپذیری می‌تواند در جهت پایداری دارایی‌های طبیعی و تنوع‌زیستی بیوم زاگرس ایران مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: جنگل‌های زاگرس، شبکه عصبی مصنوعی، ساختار اکوسیستم، بوم‌شناسی سیمای سرزمین، سنجش‌ازدور

سرآغاز

دامنه‌های بوم‌شناسی که شامل محدوده وسیعی از مقیاس‌ها و سیستم‌های خشکی و آبی می‌باشد، کاربرد دارد (Frohn, 1997). این علم، طبیعت و انسان را باهم تلفیق می‌کند و اصول آن در هر سیمایی، از مصنوعی تا طبیعی قابل کاربرد است (Forman, 1990). بوم‌شناسی سیمای سرزمین همان‌طور که از نامش پیداست، مطالعه سیمای سرزمین به‌ویژه ترکیب، ساختار و کارکرد آنهاست (Naveh & Liberman, 2013). مطابق شکل (۱) هر سیمای سرزمین دارای سه ویژگی عمده یعنی ساختار، کارکرد و تغییر می‌باشد. هر سه این ویژگی‌ها بر هم اثرگذار هستند (Forman, 2008).



شکل (۱): ویژگی‌های اصلی سیمای سرزمین: تغییر، کارکرد و ساختار (Forman, 2008)

یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای برنامه‌ریزی پایداری سیمای سرزمین، اطلاع از الگوهای چیدمان کاربری اراضی و دانستن تغییرات هر کدام از آنها در طول زمان در واحد سیمای سرزمین است. آگاهی از نسبت انواع و توزیع چیدمان سیمای سرزمین برای برنامه‌ریزی و قانون‌گذاری به‌منظور استفاده بهتر، شناسایی نواحی و نقاط تحت فشار محیطی و ارزیابی توسعه ناحیه‌ای، اهمیت به‌سزایی دارد (Kazemi et al., 2011). از آنجا که تغییر در ساختار سیمای سرزمین به‌عنوان تغییرات برگشت‌ناپذیر تلقی می‌شود (Mertens & Lambin, 2000)، دسترسی به آمار و اطلاعات به‌روز و به‌هنگام و آگاهی از روند این تغییرات از عوامل کلیدی برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزارهای مدیریت در هر سازمانی است که این امر با کاربرد فرایند آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی میسر خواهد شد (De Vreese et al., 2016). بی‌گمان بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در مطالعات محیطی، برآورد دقیق، صحیح، سریع و اقتصادی این

بیوم‌ها تحت تاثیر عوامل بوم‌شناسی و انسان‌شناسی دستخوش تغییرات می‌شوند. اطلاع از روند تغییرات الگوهای ترکیب محتوایی و چیدمان فضایی عناصر در مقیاس فضایی سیمای سرزمین بیوم‌ها، برای مدیریت بهینه آن‌ها در گذر زمان حایز اهمیت است. از این منظر، چون بیوم‌ها خدمات اکوسیستمی بسیاری به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عرضه می‌نمایند، چنانچه ظرفیت تداوم این خدمات در مضرات برخاسته از تغییرات محتوایی و چیدمان فضایی عناصر سیمای سرزمین آنها نادیده انگاشته شوند، موجب بروز خطا در مدیریت بهینه آن‌ها خواهد شد. کره زمین به‌عنوان مجموعه‌ای اصلی و کلی، دربرگیرنده سیستم‌های زیستی و فیزیکی می‌باشد که با ترکیب عوامل انسان‌شناسی و بوم‌شناسی در کنار یکدیگر مجموعه‌ای وسیع از سامانه‌های جامعه‌شناسی - بوم‌شناسی را در مقیاس فضایی، در قالب اکوسیستم‌های مختلف به نام سیمای سرزمین به وجود آورده است. سیمای سرزمین که منبع طبیعی بنیادی، محدود و تجدیدنپذیری است، در راستای ایجاد تعادل و پایداری محیط فضایی - کالبدی خود، با ایجاد شبکه‌های زیستی - فیزیکی با یکدیگر به تبادل ماده، انرژی و اطلاعات می‌پردازد که این ارتباطات منافع متعددی را برای زیست‌مندان خود فراهم می‌سازد (Barghjelveh and Mobarghaee Dinan, 2013). رویکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین، به‌عنوان علمی نوظهور در سال‌های اخیر در زمینه‌های متفاوت، به مدیران نگرش جامعی در حفاظت و مدیریت محیط‌زیست داده است. یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین که آن را از سایر شاخه‌های علم اکولوژی جدا می‌سازد، استفاده از مفاهیم فضایی به‌عنوان اصول پایه در مدیریت محیط‌زیست است (Makhdoom, 2009). از همین سو با استفاده از مفاهیم بنیادی سیمای سرزمین و داده‌های مکان‌دار خدمات اکوسیستم در سراسر سیمای سرزمین که نشان‌دهنده عملکرد و ساختار اکوسیستم، با پیوستگی کامل اکولوژیکی می‌باشند، می‌توان اطلاعاتی در مورد استفاده از سرزمین و تصمیم‌گیری‌های خرد را تولید کرد (Balmford et al., 2002; MEA, 2005). بوم‌شناسی سیمای سرزمین به‌طور عمده بر اساس این نظریه که فرایندهای بوم‌شناسی، تحت تاثیر الگوهای محیط‌زیستی هستند، بنا نهاده شده است. بوم‌شناسی سیمای سرزمین در همه‌ی

تنوع‌زیستی یکی از مناطق مهم و باارزش کشور است. بنابراین، به دلیل استقرار سیستم‌های ناپایدار تولید و بهره‌برداری و ضریب بالای آسیب‌پذیری منابع طبیعی، روند فرسایش و تخریب محیط‌زیست در این ناحیه رویشی، نگران‌کننده است و استمرار این روند تبعات منفی زیادی خواهد داشت. این اکوسیستم با غنای بیولوژیکی بالا از منابع مهم و حیاتی کشور بوده، نقش مهمی در توسعه پایدار دارد که تا کنون مدیریت اعمال شده با اصول توسعه پایدار سازگاری نداشته است و نتوانسته تاثیر چندانی در جلوگیری از روند تخریب این زیستگاه جنگلی داشته باشد (Henareh Khalyani et al., 2012). از همین رو، پژوهش حاضر در نظر دارد با مطالعه ساختار چیدمان کاربری بیوم زاگرس در مقیاس فضایی سیمای سرزمین، روند تغییرات زمانی و مکانی کاربری و پوشش اراضی را در بیوم زاگرس به کمک تکنیک‌های سنجش‌ازدور بررسی نماید. چرا که مطالعه در مقیاس فضایی سیمای سرزمین؛ شامل واحدهای زیستی و غیرزیستی در یک فضای سه بعدی از سطح کره زمین است و اگر ساختار اکوسیستمی و مضرات روند تغییرات آن نادیده گرفته شود، موجب بروز خطا در تصمیم‌گیری و مدیریت سیمای سرزمین خواهد شد.

مواد و روش‌ها

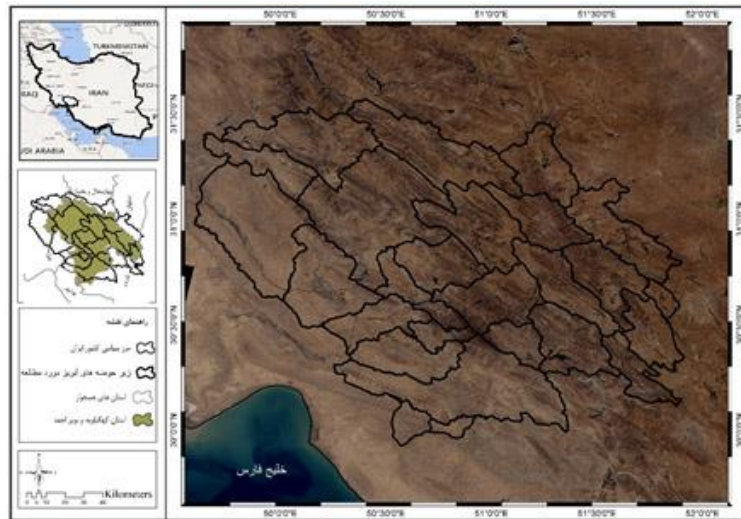
منطقه مورد مطالعه

برای پایش اکوسیستم زاگرس، از مفهوم سیمای سرزمین برای تعیین مقیاس مکانی استفاده شده است، چرا که سیمای سرزمین با در نظر گرفتن ساختار، عملکرد و تغییرپذیری، واحدی کامل برای تعیین مقیاس شناخته می‌شود (Barghjelveh & Mobarghaee Dinan, 2013). بر این اساس ابتدا برای تعیین مرز انسان‌شناسی، استان کهگیلویه و بویراحمد با توجه به ویژگی‌های طبیعی و انسانی که به‌عنوان منطقه‌ای که معرف اکوسیستم زاگرس می‌باشد، انتخاب شد. در ادامه با توجه به این که محدوده سیاسی جوابگوی فرآیندهای اکولوژیکی نمی‌باشد، از مرز حوضه آبخیز استفاده شد. برای این کار زیرحوضه‌های آبخیز درجه سه منتهی به استان کهگیلویه و بویراحمد، انتخاب شدند و در انتها پس از ترکیب زیرحوضه‌ها، مرزی واحد بر اساس معیارهای سیمای سرزمین انتخاب گردید. پژوهش حاضر بر روی ۲۶ زیر حوضه آبخیز کارون بزرگ، هندیجان - جراحی و قسمت کوچکی از حوضه آبخیز حله و همچنین زیرحوضه آبخیز مهارلو و

تغییرات غیرممکن می‌باشد (Stürck et al., 2015). سنجش‌ازدور و فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی از جمله تکنولوژی‌های برتر و کارآمد در بررسی تغییرات محیطی و مدیریت منابع است که اطلاعات به روز را برای اهداف مدیریتی فراهم می‌آورند. از آنجا که تغییر کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، بنابراین تکنولوژی سنجش‌ازدور ابزاری ضروری و با ارزش جهت آشکارسازی این تغییرات است (Taleshian et al., 2018). آشکارسازی تغییرات^(۱) فرایندی است که امکان مشاهده و تشخیص تفاوت‌ها و اختلافات سری زمانی پدیده‌ها، عارضه‌ها و الگوهای سطح زمین را فراهم می‌کند (Lu et al., 2004). اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی از منابع مهم و حیاتی هر کشوری است و توالی این منابع در دوره‌های مختلف اقلیمی و انسانی برای برنامه‌ریزی‌های آینده مهم است (Attarod et al., 2016). اکوسیستم‌های خشکی جهان ۱۴ بیوم دارد که در این میان کشور ایران شش بیوم را به خود اختصاص داده است و بیوم زاگرس به‌عنوان بیوم معتدله و خزان‌کننده بخش وسیعی از کشور ایران را پوشش می‌دهد (Yousefi et al., 2012). بیوم زاگرس با در بر گرفتن مساحتی برابر با یک‌چهارم مساحت کشور ایران و به‌واسطه ویژگی‌های مکانی منحصربه‌فرد، تنوع زیستی بالا، اکوسیستم‌های مختلف و اقلیم‌های گوناگون، پوشش‌های گیاهی گوناگونی را به وجود آورده است (Giti, 2011). بیوم زاگرس در مواجهه با روند فزاینده دخالت‌های ناشی از نیازهای انسانی، با تغییرات چشم‌گیری روبه‌رو شده است. به‌موازات این افزایش نیازهای انسانی که منجر به کاهش منابع طبیعی در قبال تغییر کاربری، افزایش چرای دام و تامین سوخت و افزایش سطح زیر کشت کشاورزی شده است، شرایط لازم برای تشدید بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع محیطی فراهم شده است (Torahi & Rai, 2013). بدین منظور مطالعات مختلفی بر تغییر کاربری و پوشش اراضی و نیز روش‌های طبقه‌بندی کاربری پوشش اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در مناطق مختلف جهان و نواحی مختلف از جمله قسمت‌هایی از رشته‌کوه زاگرس، مانند (Prakasam, 2010; Singh & Khanduri, 2011; Aguirre-Gutiérrez, 2012; Kelishadi et al., 2014; Salehi et al., 2008; Moghadam et al., 2015) مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این که سیمای سرزمین بیوم زاگرس از نظر وسعت و

و مابقی مساحت به میزان ۳۴/۸۸ درصد از مساحت در چهار استان اصفهان، فارس، چهارمحال و بختیاری، خوزستان قرار گرفته است و از نظر جغرافیایی مطابق شکل (۲) بین طول‌های ۵۱°۵۳ تا ۴۹°۳۵ شرقی و عرض ۲۹°۵۵ تا ۳۱°۳۴ شمالی قرار دارد.

بختگان که در مجموع از زیرحوضه آبریز درجه یک خلیج فارس و دریای عمان و فلات مرکزی می‌باشد، صورت پذیرفت. مساحت محدوده مورد مطالعه برابر با ۲۵۲۱۳/۹۶ کیلومتر مربع می‌باشد که مساحتی برابر با ۱۵۵۱۹/۷۵ کیلومتر مربع که معادل ۶۱/۵۵ درصد از مساحت مورد مطالعه در استان کهگیلویه و بویر احمد می‌باشد



شکل (۲): نقشه موقعیت حوضه‌های آبریز مورد مطالعه در استان‌های و کشور ایران

روش پژوهش

اطلاعات مورد استفاده

در این پژوهش با توجه به هدف بررسی تغییرات ۳۰ ساله و نیز توجه به مقیاس مکانی زمانی، از تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست استفاده شد. بدین ترتیب از پنج بلوک تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ سال ۱۹۸۷ و سنجنده OLI-TIRS تصاویر لندست ۸ استفاده شد، که در جدول (۱) مشخصات تصاویر مورد استفاده ارائه شده است. این تصاویر در سیستم تصویر UTM در ناحیه ۳۹ شمالی با قدرت تفکیک مکانی ۲۸/۵ قرار دارند.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

تصحیح رادیومتریک و تصحیح هندسی و برآزش باندها

تصحیح رادیومتریک برای بارسازی و از بین بردن نویزهایی که به هنگام برداشت تصاویر اتفاق می‌افتد و سنجنده به اشتباه آن را برداشت می‌کند (Kondratyev et al., 2013)، صورت پذیرفت. تصحیحات هندسی نیز بر اساس درجه توابع چندجمله‌ای از رابطه (۱) بررسی شد (Wolberg, 1990).

جدول (۱): اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در مطالعه

Row	Path	سنجنده	تاریخ	ماهواره
۳۸	۱۶۳	TM	۱۹۸۷-۰۶-۱۴	لندست ۵
۳۹	۱۶۳	TM	۱۹۸۷-۰۶-۱۴	
۳۸	۱۶۴	TM	۱۹۸۷-۰۷-۰۷	
۳۹	۱۶۴	TM	۱۹۸۷-۰۷-۰۷	
۳۸	۱۶۵	TM	۱۹۸۷-۰۷-۱۴	لندست ۸
۳۸	۱۶۳	OLI/TIRS	۲۰۱۷-۰۶-۱۶	
۳۹	۱۶۳	OLI/TIRS	۲۰۱۷-۰۶-۱۶	
۳۸	۱۶۴	OLI/TIRS	۲۰۱۷-۰۶-۲۳	
۳۹	۱۶۴	OLI/TIRS	۲۰۱۷-۰۶-۲۳	
۳۸	۱۶۵	OLI/TIRS	۲۰۱۷-۰۶-۱۴	

اجزای ساده محاسباتی به نام نرون تشکیل شده که با یکدیگر از طریق اتصالات وزنی با ساختاری خاص در ارتباط بوده و به صورت موازی کار می‌کنند. در واقع ساختار آن‌ها از ساختار نرون‌های عصب بیولوژیکی انسان شبیه‌سازی شده است (Heimy and El-Taweel, 2010).

انتخاب نمونه آموزشی^(۵) و خالص‌سازی نشانه‌های طیفی

انتخاب داده‌های آموزشی، مشکل‌ترین و بحرانی‌ترین قسمت روند طبقه‌بندی با نظارت می‌باشد (Canty et al, 2008). هدف از عملیات آموزشی آن است که به یک مجموعه آماری که بیانگر الگوی طیفی پوشش زمینی موجود در تصویر باشد دست یافت (Alavi Panah, 2003). تقسیم‌بندی انواع کاربری اراضی در منطقه، با توجه به شرایط و محدودیت‌ها با بازدید میدانی، و کمک افزونه ArcBruTile در نرم افزار ArcMap طبقات هر کاربری ترسیم و سپس به محیط نرم‌افزار TerrSet انتقال داده شد (جدول ۲).

جدول (۲): تقسیم‌بندی طبقات کاربری اراضی و توصیف آن‌ها

عنوان طبقات کاربری اراضی	شرح
انسان ساخت	مناطق شهری، روستایی و به‌طور کلی مناطق انسان ساخت
اراضی جنگلی	تمام اراضی جنگلی و باغات
مرتع و کشاورزی دیم	مراتع تنک تا انبوه و زراعی دیم
اراضی کشاورزی	اراضی کشاورزی آبی و شالیزارها
محیط آبی	سدها و همچنین رودخانه‌های دارای آب

خالص‌سازی نمونه‌های طیفی به دو روش پارامتریک و غیرپارامتریک انجام می‌شود. برای خالص‌سازی نمونه‌های آموزشی، نمونه‌های طیفی با تصاویر پردازش نشده، قطع داده شدند. سپس کاربری‌های اضافی حذف شده تا نشانه طیفی خالص شود و در روش پارامتریک، سلول‌های آموزشی تعریف شده و مقادیر مربوط به اطلاعات پدیده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. مقادیر معمول سلول‌های آموزشی مربوط به هر کلاس با استفاده از فاصله ماهالانویس^(۶) تا میانگین کلاس محاسبه و

$$K = \frac{(N+1)(N+2)}{2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

K حداقل نقاط مورد نیاز و N درجه تابع چندجمله‌ای پس از انجام تصحیح هندسی، برای ایجاد تصویر جدید بایستی نمونه‌برداری انجام پذیرد. و بدین منظور از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد (Yang and Lo, 2002). در همین راستا قدرت تفکیک مکانی برای یکنواختی تصاویر به ۳۰ متر کاهش پیدا کرد. تصحیحات رادیو متریک با استفاده از روش تصحیح رادیو متریک نسبی و متد Dark subtract dark در محیط نرم‌افزار ENVI 5.1 انجام شد. تصحیح هندسی با زمین مرجع قرار دادن تصاویر لندست ۸ به‌عنوان تصویر مرجع و انتخاب ۱۵ نقطه نمونه با ضریب خطای ۰/۰۳ برای تصاویر لندست ۵ صورت پذیرفت.

تجزیه مولفه‌های اصلی^(۷) در تفسیر داده‌های رقومی سنجنش‌ازدور حایز اهمیت بسیار است (Novelli et al., 2016). این روش با آزمون‌های آماری، درجه همبستگی، واریانس و ضریب همبستگی مربوط به اطلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف را بررسی می‌کند و در نهایت اطلاعات را جمع‌آوری، متراکم و در لایه‌ی اطلاعاتی یکنواخت‌تر ارائه می‌کند. بدین‌منظور از نرم‌افزار TerrSet و دستور رگرسیون استفاده شد این آزمون با بررسی روش‌های آماری، بهترین ترکیب را در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در روش‌های سنجنش‌ازدور ارائه می‌کند (Rogan et al., 2003).

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و اختصاص دادن هر سلول به کلاس یا پدیده خاصی را طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای گویند (Alavi Panah, 2003). روش‌های طبقه‌بندی به دودسته طبقه‌بندی شی گرا و سلول پایه تقسیم می‌شوند؛ طبقه‌بندی سلول پایه نیز به دو روش نظارت شده و نظارت نشده تقسیم می‌شود. در این پژوهش از دو روش نظارت شده شامل طبقه‌بندی حداکثر احتمال^(۸) و طبقه شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون^(۹) و نرم افزار TerrSet استفاده شد. در روش اول، احتمال این که هر سلول به یک کاربری تعلق گیرد را بررسی و سلول‌هایی را به کاربری با بالاترین درجه احتمال عضویت، اختصاص می‌یابد (Areekhi and Isfahani, 2015). شبکه عصبی که شکلی از هوش مصنوعی است، از

شامل اعمال فیلترها، ادغام کلاس‌ها و حذف کاربری‌های اضافی با استفاده از نرم افزار ArcMap و TerrSet انجام شده است.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی

معمول‌ترین روش برای ارزیابی صحت در کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور ایجاد ماتریس خطا یا ماتریس درهم می‌باشد (Foody, 2002). در این پژوهش با استفاده از ماتریس خطا شاخص‌هایی مانند: دقت کلی^(۷)، ضریب کاپا^(۸)، دقت تولیدکننده^(۹)، دقت مصرف‌کننده^(۱۰)، خطای کاهنده^(۱۱) و خطای افزایشنده^(۱۲) مطابق معادله‌های زیر تعیین گردید.

خالص‌سازی نشانه طیفی در دو مرحله شامل محاسبه فاصله ماهالانویس مطابق رابطه (۲) و تبدیل فاصله ماهالانویس به توزیع مربع کای محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۲)} \quad (Xk - Ui)TVi - 1 (Xk - Ui)$$

که در آن Xk یک بردار سلول برای تمام سلول‌های تصویر و Ui بردار متوسط برای کلاس i و Vi ماتریس وارپانس-کواریانس کلاس i است.

عملیات پس پردازش

در تحقیق حاضر اقدامات انجام شده در مرحله پس پردازش

جدول (۳): شاخص‌های ارزیابی صحت مورد استفاده در این پژوهش و معادلات مربوط به آن

معادله	شاخص ارزیابی صحت
$O \cdot A = \frac{\sum_i^c E_{ii}}{N}$ C تعداد طبقات، N تعداد سلول‌های معلوم، E_{ii} تعداد سلول‌های صحیح طبقه‌بندی شده	دقت کلی (O.A)
$KIA = \frac{Po - Pc}{1 - Pc} \times 100$ $Pc = \sum X_i + \sum X + \frac{i}{N^2}$ P_0 دقت کلی و P_c توافق مورد انتظار که بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود: X_1 جمع ستون‌ها، $X + i$ جمع ردیف و N تعداد کل ستون می‌باشد.	ضریب کاپا (KIA)
$P \cdot A = \frac{X_{jj}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}}$ X_{jj} عناصر قطری یک کلاس و $\sum_{i=1}^r X_{ij}$ مقادیر ستون همان کلاس	دقت تولیدکننده (P.A)
$U \cdot A = \frac{X_{ii}}{\sum_{i=1}^r X_{ij}}$ X_{ii} عناصر قطری یک کلاس و $\sum_{i=1}^r X_{ij}$ مقادیر سلول‌های سطر همان کلاس	دقت مصرف‌کننده (U.A)
$O \cdot E = U \cdot A - 1$	خطای کاهنده (O.E)
$C \cdot E = P \cdot A - 1$	خطای افزایشنده (C.E)

کاربری اراضی اشاره دارد. روش دوم، روش مبتنی بر مشخص کردن مناطق تغییر یافته می‌باشد. در این روش‌ها ماهیت تغییر مشخص نمی‌شود و فقط تغییر یا عدم تغییر نشان داده می‌شود (Vaclavik and Rogan, 2009).

یافته‌ها

برای مقایسه و ارزیابی باندها از روش ماتریس همبستگی و تجزیه مولفه‌های اصلی بهره گرفته و در نهایت برای مقایسه متغیرهایی از ماتریس Correlation T-Mode Forward استفاده شد. لازم به ذکر است از باند ۸ لندست ۸ با توجه به

بارسازی تغییرات زمانی و پراکندگی فضایی تغییرات بارسازی تغییرات در سنجش‌ازدور شامل کاربرد دو یا چند تصویر ماهواره‌ای از یک منطقه جغرافیایی با هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل تغییرات در منطقه در دو بازه زمانی است (Leh et al., 2007). دو روش مختلف برای پایش تغییرات کاربری اراضی وجود دارد که هر دوی این روش‌ها از تصاویر دو یا چند زمانه استفاده می‌کنند. روش اول مبتنی بر مشخص کردن نوع و ماهیت تغییرات می‌باشد. بدین معنا که چه کاربری نسبت به کاربری دیگر و به چه میزان تغییر پیدا کرده است. این نوع بررسی از تغییر نیاز به طبقه‌بندی

استفاده از نتایج این ماتریس انتخاب شدند بدین صورت که از ترکیب باندهای ۱ و ۲ و ۳ تصاویر لندست ۵ و همچنین ترکیب باندهای ۲ و ۳ و ۴ تصاویر ماهواره لندست ۸ برای تصویر رنگی کاذب استفاده گردید.

تفاوت ماهیت آن در آزمون تجزیه مؤلفه‌های اصلی استفاده نشده است. بر اساس این آزمون، باندهای ۱ تا ۵ و ۷ ماهواره لندست ۵ (جدول ۵) و همچنین باندهای ۱ تا ۷ لندست ۸ (جدول ۶) دارای بیشترین همبستگی بودند و بر همین اساس در عملیات طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. باندهای رنگی کاذب نیز با

جدول (۵): ماتریس حاصل از برازش باندهای تصاویر لندست ۵ با استفاده از آزمون تجزیه مؤلفه‌های اصلی

B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	باندهای مورد استفاده
						۱۰۰	B1
					۱۰۰	۹۸/۴۹۷۵	B2
				۱۰۰	۹۸/۶۶۹۴	۹۶/۱۰۴۴	B3
			۱۰۰	۹۶/۶۶۰۲	۹۵/۲۸۹۸	۹۲/۶۰۵۸	B4
		۱۰۰	۹۵/۷۷۲۳	۹۴/۷۸۵۳	۹۲/۴۵۶۳	۸۹/۳۵۱۶	B5
	۱۰۰	۹۰/۳۵۴۷	۸۹/۶۷۱۶	۸۹/۱۶۳۹	۸۹/۸۰۰۴	۹۰/۱۸۳۱	B6
۱۰۰	۸۸/۹۷۹	۹۸/۲۶۶	۹۴/۳۷۹۲	۹۵/۲۱۵۶	۹۲/۸۱۰۸	۸۹/۶۱۳۸	B7

جدول (۴): ماتریس حاصل از برازش باندهای تصاویر لندست ۸ با استفاده از آزمون تجزیه مؤلفه‌های اصلی

B11	B10	B9	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	باندهای مورد استفاده
									۱۰۰	B1
								۱۰۰	۹۹/۹۴۳	B2
							۱۰۰	۹۹/۸۱۵	۹۹/۵۸۹	B3
						۱۰۰	۹۹/۷۹۵	۹۹/۳۰۳	۹۸/۹۲۶	B4
					۱۰۰	۹۸/۹۶۹	۹۹/۲۳۶	۹۹/۱۳۲	۹۹/۰۰۷	B5
				۱۰۰	۹۹/۲۴۷	۹۹/۵۷۳	۹۹/۴۶۳	۹۹/۱۰۶	۹۸/۸۱۹	B6
			۱۰۰	۹۹/۷۵۶	۹۸/۶۴۴	۹۹/۵۶۳	۹۹/۳۵۲	۹۸/۸۹۰	۹۸/۵۵۵	B7
		۱۰۰	۹۶/۰۸۱	۹۶/۸۲۳	۹۷/۸۳۹	۹۶/۲۶۲	۹۷/۳۳۳	۹۸/۲۳۱	۹۸/۶۵۴	B9
	۱۰۰	۹۹/۰۸۸	۹۷/۲۰۸	۹۷/۶۶۹	۹۸/۱۹۶	۹۷/۴۰۰	۹۸/۱۸۳	۹۸/۸۶۶	۹۹/۱۵۲	B10
۱۰۰	۹۹/۹۵۶	۹۹/۴۱۲	۹۷/۱۲۵	۹۷/۶۴۱	۹۸/۲۵۱	۹۷/۲۸۸	۹۸/۱۱۹	۹۸/۸۳۸	۹۹/۱۴۷	B11

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

تصحیح آن‌ها، ۵۶۰ عدد و ۶۰ درصد از آن‌ها به‌عنوان نقاط آموزشی سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ انتخاب شد. با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون با ۷ لایه ورودی، ۶ لایه میانی و ۵ لایه خروجی، نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ در پنج طبقه، مناطق انسان‌ساخت، جنگل، اراضی کشاورزی، مراتع و منابع آبی تولید شد؛ اما به دلیل وسعت زیاد منطقه و همپوشانی زیاد، کاربری دیم از مراتع جدا نشد. نقشه‌های تولیدی جهت انجام پس پردازش‌ها، ابتدا از فیلتر میان ۳*۳ گذر داده شد. سپس

لازم به ذکر است به‌منظور تهیه نمونه‌های آموزشی روی تصاویر سال ۱۹۸۷ با توجه به این که اطلاعات زمینی مربوط به این سال در دسترس نیست از تفسیر چشمی تصویر رنگی کاذب و نمونه‌هایی که معرف بازتاب کاربری موردنظر بود، استفاده شد. این مرحله بسیار مهمی است که باید با سعی و خطا، آزمون‌های مختلف و تعریف‌های مناسب از کلاس‌ها، مشکل ناشی از کلاس‌های طیفی و کلاس‌های اطلاعاتی حل شود. بنابراین، در مجموع ۶۸۰ نقطه آموزشی شناسایی و بعد از غربال‌گری و

تصویر ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷، مشخصات آماری شامل شاخص کاپا و صحت کلی برای هر کدام از کلاس‌ها استخراج شد. همان‌طور که مطابق جدول (۶) نمایان است، نتایج ارزیابی صحت حاکی از این امر می‌باشد که طبقه‌بندی شبکه عصب مصنوعی پرسپترون، کاربری اراضی با دقت و صحت بهتری را نسبت به طبقه‌بندی حداکثر احتمال در سال‌های مختلف ارائه می‌کند. اما تفاوت در صحت طبقه‌بندی‌های سال‌های مختلف را می‌توان در قدرت جداسازی عارضه در تصاویر لندست ۸ نسبت به لندست ۵ دانست چرا که این تصاویر با داشتن باندهای بیشتر قابلیت تفکیک عوارض گوناگون را دارند.

نقشه‌های خروجی آن به نرم‌افزار ArcMap انتقال داده شد تا پس پردازش‌های نهایی با استفاده از ابزار ArcBru tile و نقشه‌های Bing هر طبقه از کاربری به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی

برای انتخاب روش مناسب طبقه‌بندی کاربری اراضی از ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد. بر همین اساس برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، ۴۰ درصد از نمونه‌های آموزشی برای هر کدام از کلاس‌ها به صورت تصادفی از سطح منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری شد، پس از پیاده‌سازی نمونه‌های آموزشی بر سطح

جدول (۶): ارزیابی صحت روش‌های مختلف در طبقه‌بندی کاربری و پوشش اراضی

شبکه عصب مصنوعی پرسپترون		حداکثر احتمال		کاربری اراضی
صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا	
۸۷/۳	۸۵/۸۲	۷۷/۸	۷۴/۸۸	طبقه‌بندی سال ۱۹۸۷
۸۸/۲۶	۸۶/۶	۷۹/۰۱	۷۷/۶	طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷

کاربری، کاهش پیدا کرده است. دلیل آن را می‌توان در شالیزار بودن کاربری کشاورزی این منطقه دانست. اما صحت طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۷ نشان می‌دهد؛ که با تفکیک عوارض مختلف و افزایش دامنه برداشت باز تابش‌ها، قدرت شناسایی کاربری‌ها بیشتر شده است به نحوی که شاخص کلی افزایش یافته است. اما باز در طبقه کشاورزی کاهش دقت به وضوح دیده می‌شود. در نهایت می‌توان بیان کرد که بیشترین خطای فزاینده و خطای کاهنده در نقشه‌های کاربری اراضی تولیدشده به طبقه کاربری کشاورزی اختصاص می‌یابد.

در نهایت از نقشه‌های کاربری اراضی طبقه‌بندی شده با روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون با توجه به قابل قبول‌تر بودن نتایج آن به عنوان خروجی نهایی نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شد. بر همین اساس ماتریس خطا و مشخصات آماری برای هر طبقه کاربری اراضی سال‌های مختلف در روش طبقه‌بندی شبکه عصب پرسپترون استخراج و مطابق جدول (۷) نمایش داده شد. دقت کلی طبقه‌بندی تصویر سال ۱۹۸۷ برابر با ۸۶/۶ بود که بیشترین خطا در تفکیک کاربری منابع آبی با کشاورزی بوده است. علاوه بر آن به دلیل دشواری تفکیک کاربری کشاورزی از منابع آبی، دقت تولیدکننده در این دو

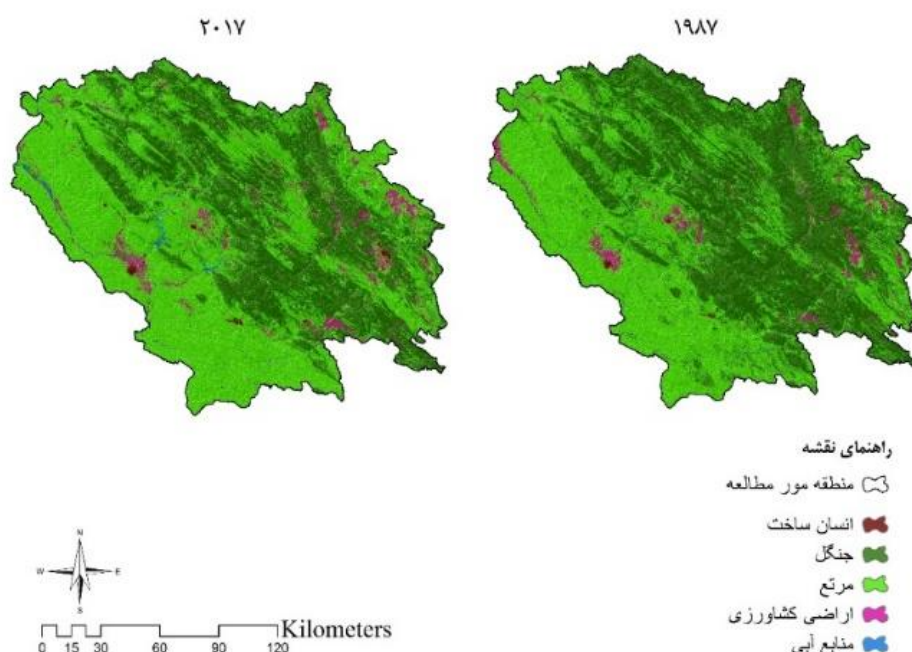
جدول (۷): ارزیابی صحت طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی

۲۰۱۷				۱۹۸۷				طبقات کاربری
خطای کاهنده	دقت تولیدکننده	خطای فزاینده	دقت استفاده‌کننده	خطای کاهنده	دقت تولیدکننده	خطای فزاینده	دقت استفاده‌کننده	
۰/۱۰۹	۸۹/۱	۰/۰۷۱	۹۲/۹۱	۰/۰۹۴	۹۰/۶	۰/۰۳۳	۹۶/۶۶	انسان ساخت
۰/۱۰۵	۸۹/۴۵	۰/۰۷۹	۹۲/۰۹	۰/۱۲۵	۸۷/۴۵	۰/۱۰۶	۸۹/۴۵	جنگل
۰/۱۰۴	۸۹/۶۲	۰/۰۷۴	۹۲/۶	۰/۱۲	۸۸/۰۳	۰/۰۸۴	۹۱/۶۵	مرتع و دیم‌زار
۰/۲۰۳	۷۹/۶۸	۰/۴۳۵	۵۶/۵	۰/۱۷۷	۸۲/۲۵	۰/۳۹۸	۶۰/۱۹	کشاورزی
۰/۱۹۴	۸۰/۶۲	۰/۱۸۳	۸۱/۶۶	۰/۱۷۹	۸۲/۱۴	۰/۲۱۸	۷۸/۲۳	منابع آبی

بارسازی تغییرات کاربری اراضی

پس از تهیه نقشه‌های نهایی کاربری اراضی به روش شبکه عصب مصنوعی پرسپترون، مساحت و درصد طبقات هر کاربری سیمای سرزمین محاسبه و مطابق جدول (۸) ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که طبقات کاربری جنگل و مرتع در سال ۱۹۸۷ با اختصاص دادن بیش از ۹۷ درصد مساحت منطقه به صورت برابر، کاربری‌های غالب را به خود اختصاص داده‌اند. این روند طی مدت زمان ۳۰ سال به

میزان ۹۵ درصد رسیده است که در این میان سهم اراضی مرتعی افزایش پیدا کرده است. شکل (۳) نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. چنانچه این جدول نشان می‌دهد که طبقه کاربری انسان ساخت و منابع آبی همزمان به دو برابر مساحت فعلی افزایش پیدا کرده‌اند. اما این رشد در مقابله با کاهش مساحت جنگل چندان واضح نیست.



شکل (۳): نقشه کاربری و پوشش اراضی به روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون

جدول (۸): مساحت و درصد کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

تغییرات بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۱۷		کاربری سال ۲۰۱۷		کاربری سال ۱۹۸۷		طبقات کاربری
درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	
۰/۲۳۹	۶۰۱۶/۹۵۰	۰/۴۸۲	۱۲۱۳۶/۴۱	۰/۲۴۳	۶۱۱۹/۴۶	انسان ساخت
-۱۲/۷۷۵	-۳۲۱۹۶۸/۷۰۰	۳۶/۱۶۸	۹۱۱۵۵۵/۵۵	۴۸/۹۴۲	۱۲۳۳۵۲۴/۲۵	جنگل
۱۱/۲۸۷	۲۸۴۴۶۵/۲۵۰	۵۹/۴۵۴	۱۴۹۸۴۶۸/۷۷	۴۸/۱۶۸	۱۲۱۴۰۰۳/۵۲	مرتع و دیم‌زار
۰/۹۹۷	۲۵۱۲۴/۱۳۰	۳/۳۹۵	۸۵۵۷۶/۷۷	۲/۳۹۹	۶۰۴۵۲/۶۴	کشاورزی
۰/۲۵۲	۶۳۶۲/۳۷۰	۰/۵۰۱	۱۲۶۲۹/۸۸	۰/۲۴۹	۶۲۶۷/۵۱	منابع آبی

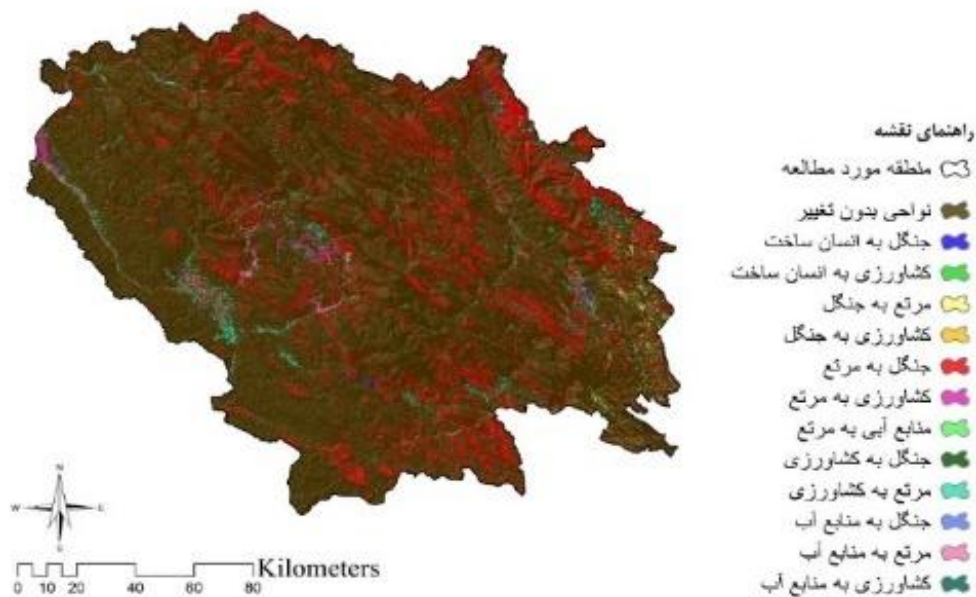
بوده است، مساحت مراتع، ۱۱ درصد رشد داشته و مساحت انسان ساخت ۶۰۲۳/۹۷ هکتار افزایش پیدا کرده است. اراضی کشاورزی و منابع آبی به ترتیب رشدی معادل ۲۵۱۲۴ هکتار و ۶۳۶۳ هکتار داشته‌اند. هر چند که این تغییرات نسبت به مساحت

بررسی میزان فراوانی تغییرات را می‌توان این‌گونه تحلیل کرد که بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ مساحتی معادل با ۳۳۲۰۲۲/۱۶ هکتار از عرصه‌های جنگلی به سایر کاربری‌ها تغییر پیدا کرده است. این مساحت چیزی حدود ۱۲/۷ درصد از مساحت جنگل

کل منطقه چشم‌گیر نبوده است ولیکن این مساحت‌ها بسیار زیاد و غیرقابل اغماض است (جدول ۹). بدیهی است که مساحت زیادی از مراتع به منابع آب و کشاورزی تبدیل شده است. شکل

جدول (۹): ماتریس مساحت انتقال کاربری‌ها در روش شبکه عصبی مصنوعی

۲۰۱۷						۱۹۸۷
منابع آبی	کشاورزی	مرتع و دیم‌زار	جنگل	انسان ساخت	طبقه کاربری اراضی	
۱/۰۸	۳۲/۷۶	۱۹۳/۹۵	۱۱۸/۴۴	۵۷۷۳/۲۳	انسان ساخت	
۱۹۸۱/۰۸	۱۷۸۹۸/۰۳	۳۲۸۸۴۳/۹۸	۸۸۳۶۷۳/۱	۱۱۲۸/۰۶	جنگل	
۶۴۹۸/۴۵	۳۳۴۳۱/۷۶	۱۱۴۹۵۵۶/۴۱	۲۰۸۷۶/۵۸	۳۶۴۰/۳۲	مرتع و دیم‌زار	
۱۵۶۷/۲۶	۳۳۲۹۱/۵۴	۱۷۷۰۶/۰۶	۶۳۱۹/۹۸	۱۵۶۷/۸	کشاورزی	
۲۵۸۲/۰۱	۹۲۲/۶۸	۲۱۶۸/۳۷	۵۶۷/۴۵	۲۷	منابع آبی	



شکل (۴): نقشه مکانی تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۱۷

در منطقه را فقر اقتصادی می‌توان عنوان کرد چرا که معیشت مردم مبتنی بر دامداری و کشاورزی سنتی یا دیم است که این دو عامل سبب تخریب در جنگل‌ها و افزایش سطح مراتع می‌شوند.

بحث و نتیجه‌گیری

تغییر در ساخت سیمای سرزمین می‌تواند به‌عنوان تغییرات کارکرد و یا عملکرد در طول زمان باشد. مهم‌ترین موضوع برای برنامه‌ریزان در مواجهه با تغییر سیمای سرزمین فهم درست این

در حد فاصل زمانی طبقه کاربری منابع آبی، با توجه به ساخت سد کوثر، سد مارون و شاه قاسم در محدوده مورد مطالعه، رشد چشم‌گیری معادل با ۶۳۶۲/۳۷ هکتار داشته است. اما از طرفی مشاهده می‌شود که در این بازه زمانی طبقات کاربری منابع آب به طبقات کاربری کشاورزی و مرتع تبدیل شده است که علت آن را خشک شدن رودخانه‌ها و تغییر کاربری آن‌ها می‌توان دانست. جدول (۸) میزان تغییر مساحت هر کلاس کاربری را نشان می‌دهد. علت کمتر توسعه پیدا کردن مناطق انسان‌ساخت

این رودخانه‌ها که منبع اصلی تامین آب کشور هستند به شدت مورد تهدید قرار می‌گیرند. در پژوهش حاضر از روش آنالیز مولفه‌های اصلی برای انتخاب باندهای موثر در انجام پژوهش استفاده شد. در این زمینه (Alavi Panah, 2001; Sanai, 2011; Nejad et al., 2011). بر لزوم استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی تصاویر لندست برای استفاده و شناسایی عوارض تاکید می‌کنند و بیان می‌کنند که آنالیز مولفه‌های اصلی از قابلیت بیشتری برای شناسایی پدیده‌ها برخوردار می‌باشد. (Niyazi et al., 2010; Akbari et al., 2014). با مقایسه روش طبقه‌بندی شبکه عصب مصنوعی و روش حداکثر احتمال به وسیله ارزیابی صحت طبقه‌بندی این نتیجه را ارایه می‌دهند که روش طبقه‌بندی شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه، نسبت به روش حداکثر احتمال، از توان تفکیک و قابلیت بیشتری برای تهیه نقشه پوشش اراضی برخوردار می‌باشد. نتایج مطالعه آن‌ها با پژوهش حاضر همخوانی دارد. نقطه قوت مفهوم بررسی ساختار سیمای سرزمین این است که با شناسایی و تعیین کمیت‌ها و پراکنش‌ها در بعد فضایی و نیز شناسایی ارتباطات و روابط همکنشی میان آن‌ها می‌توان موضوعات اکوسیستمی را در فرایندهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری وارد نمود (Wittmer & Gundmeda, 2012). چنانچه شناسایی نحوه تغییرات و پیش‌بینی اثرات حاصل از آن بر اکوسیستم به‌عنوان نیاز اساسی در برنامه‌ریزی مکانی شناخته می‌شود (Jently, 2013). از این رو با بررسی تغییرات و پایش روند آبی و ایجاد سناریوهای تصمیم‌گیری بر سیمای سرزمین در بعد فضایی - زمانی، می‌توان به ارزیابی اکوسیستمی پرداخت و با استفاده از اطلاعات تولیدی و نتایج حاصل از آن، به تصمیم سازی سامانه‌های بوم‌شناسی - انسان‌شناسی در بعد مکانی برای ارایه برنامه‌ریزی پایدار محیط پرداخت و به‌عنوان ابزار مدیریتی از آن استفاده کرد (Geneletti, 2012; Ericksen et al., 2013).

یادداشت‌ها

1. Change Detection
2. Principal Component Analyses
3. Maximum Likelihood Estimation
4. Perceptron Artificial Neural Networks
5. Training data
6. Mahalanobis
7. Overall Accuracy
8. Kappa Coefficient
9. Producer's Accuracy

موضوع است که گزینه‌ها و نتایج مرتبط ناشی از به‌کارگیری آن‌ها چه تاثیری در حال و آینده دارد (Leitao et al., 2006). این تغییرات می‌تواند ناشی از توسعه انسانی و یا جزیی از مراحل تکامل خود طبیعت باشد (Leitao et al., 2006; Forman, 2003). چنانچه (Mokhtari & Sayahnia, 2017) بیان می‌کنند به دلیل افزایش وسعت اثرات انسانی، انسان ۹۵ درصد از بوم‌سازگان‌های خشکی جهان را تبدیل به جنگل‌های مدیریت شده و سیمای شهری و روستایی کرده است؛ اما آشفتگی‌های ناشی از آن اشکال مختلفی دارد، مانند آلودگی، تغییر فرایند بوم‌شناسی، تخریب زیستگاه برای تامین نیازهای اولیه انسان مانند غذا، سوخت که سیستم‌های طبیعی تبدیل به سیستم‌های کشاورزی یا شهری می‌شود (Forman, 2003; Leitao 2006) و به‌نوبه خود توانایی ارایه خدمات سیمای سرزمین را تحت تاثیر قرار می‌دهد (MEA, 2005). این نوع تغییرات نیز به‌وضوح در بیوم زاگرس دیده می‌شود؛ چنانچه در این پژوهش نشان داده شد، کاربری جنگل بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷ تخریب گسترده داشته است. بیشتر این تغییرات منوط به تغییر به پوشش مرتعی بوده است؛ و در صورت ادامه روند تخریب به همین منوال مساحت کاربری جنگل به میزان زیادی کاهش پیدا می‌کند. نتایج به‌دست آمده از پژوهش بیان می‌کند که توسعه‌های انسان‌ساخت نقش ناچیزی در تخریب جنگل و تغییر سیمای سرزمین دارد؛ اما در عوض نوع استفاده‌های انسانی نقش بسیار مهمی در این تخریب‌ها داشته است. این نوع تغییر بسیار حایز اهمیت است چرا که نشان‌دهنده وابستگی مردم به منابع طبیعی غیر تجدیدشونده می‌باشد. این نوع وابستگی می‌تواند به‌صورت برداشت چوب و تولید زغال یا چرای بی‌رویه و یا حتی تخریب جنگل‌ها برای تولید اراضی دیم باشد. از همین رو در پژوهش‌هایی همچون (Torahiand Rai, 2011; Salehi et al., 2012; Henareh Khalyani et al., 2008) که به مطالعه قسمت‌هایی از بیوم زاگرس با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند، نتایج مشابهی ارایه شده است. بدین‌صورت که تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی و مرتعی در اثر تخریب‌های آگاهانه انسانی را علت اصلی کاهش مساحت جنگل‌ها می‌دانند. از طرفی شاهد افزایش سطح منابع آبی در منطقه می‌باشیم؛ اما خشک شدن و تغییر کاربری رودخانه‌ها، در اثر خشک‌سالی‌های مداوم و بهره‌برداری‌های بی‌رویه نباید نادیده گرفته شود چرا که اکوسیستم‌های شکننده

12. Omission Error

10. User's Accuracy

11. Commission Error

فهرست منابع

Aguirre-Gutiérrez, J.; Seijmonsbergen, A. C. & Duivenvoorden, J. F. 2012. Optimizing land cover classification accuracy for change detection, a combined pixel-based and object-based approach in a mountainous area in Mexico. *Applied Geography*, 34:29-37.

Akbari, E.; Ebrahimi, M. & AmirAhmadi, A. 2014. Land Use Mapping of Sabzevar using Maximum Likelihood and Artificial Multilayer Perceptron Neural Network. *Environment planning*, 23(6): 127-148. (In Persian).

Alavi Panah, S.K. 2001. Study of natural phenomena using principal component analysis method. *Natural Resources*. 54 (3): 221-234. (In Persian).

Alavi Panah, S.K. 2003. Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences). First Edition. Institute of Publishing and Printing of Tehran University, 393p. (In Persian).

Areekhi, S. & Isfahani, M. 2015. Video tutorial of Idrisi Selva software. Golestan University: 336pp. (In Persian).

Attarod, P.; Sanai Nejad, H.; Moein Sadeghi, S M.; Taheri Sarteshnizi, F.; Saroyi, S.; Abbasian, P.; Masihpoor, M. & Kordrostami, F. 2016. Meteorological parameters and evapotranspiration affecting the Zagros forests decline in Lorestan province. *Forest and Range Protection Research*, 13(2): 97-112. (In Persian)

Balmford, A.; Beresford, J.; Green, J.; Naidoo, R.; Walpole, M. & Manica, A. 2009. A global perspective on trends in nature-based tourism. *PLoS biology*, 7(6): 100_144.

Barghjelveh, S. & Mobarghaee Dinan, N. 2013. Developing Sustainability Indicators of Greenways Network Based on Landscape Ecology Principles. *Environmental Science and Technology*, 15(1), 167-184. (In Persian).

Canty, M. J. & Nielsen, A. A. 2008. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation. *Remote Sensing of Environment*, 112(3): 1025-1036.

Daily, G. (Ed.). 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.

De Vreese, R.; Leys, M.; Fontaine, C. M. & Dendoncker, N. 2016. Social mapping of perceived ecosystem services supply—The role of social landscape metrics and social hotspots for integrated ecosystem services assessment, landscape planning and management. *Ecological indicators*, 66: 517-533.

DeFries, R. S.; Asner, G. P. & Houghton, R. 2004. Trade-offs in Land-Use Decisions: Towards a Framework for Assessing Multiple Ecosystem Responses to Land-Use Change. *American Geophysical Union*: 1-9.

Foley, J. A.; DeFries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R. ... & Helkowski, J. H. 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309(5734): 570-574.

Foody, G. M. 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote sensing of environment*, 80(1): 185-201.

Forman, R. T. 1990. 14. Ecologically Sustainable Landscapes: The Role of Spatial Configuration. *Changing landscapes: an ecological perspective*, 261.

Forman, R. T. 2003. *Road ecology: science and solutions*. Island Press.

Frohn, R. C. 1997. *Remote sensing for landscape ecology: new metric indicators for monitoring, modeling, and assessment of ecosystems*. CRC Press.

Giti, A. 2011. Desert, desertification and desertification. *Iranian agricultural science*, 672 pp. (In Persian).

- Gould, R. K. & Lincoln, N. K. 2017. Expanding the suite of Cultural Ecosystem Services to include ingenuity, perspective, and life teaching. *Ecosystem Services*, 25: 117-127.
- Helmy, A. K. & El- Taweel, G. S. 2010. Neural network change detection model for satellite images using textural and spectral characteristics. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(4).
- Henareh Khalyani, A.; Falkowski, M. J. & Mayer, A. L. 2012. Classification of Landsat images based on spectral and topographic variables for land-cover change detection in Zagros forests. *International journal of remote sensing*, 33(21): 6956-6974.
- Jiang, L.; Huang, X.; Wang, F.; Liu, Y. & An, P. 2018. Method for evaluating ecological vulnerability under climate change based on remote sensing: A case study. *Ecological Indicators*, 85: 479-486.
- Kazemi, M.; Mahdavi, Y.; Nohegar, A. & Rezaei, P. 2011. Estimation of cover and land use changes using Remote Sensing and GIS technique (Case study: Tang Bostanak watershed, Shiraz). *Application of Remote Sensing and GIS in Natural Resources Sciences*.1: 101-111. (In Persian).
- Kelishadi, H.; Mosaddeghi, M. R.; Hajabbasi, M. A. & Ayoubi, S. 2014. Near-saturated soil hydraulic properties as influenced by land use management systems in Koohrang region of central Zagros, Iran. *Geoderma*, 213: 426-434.
- Kondratyev, K. Y.; Kozoderov, V. V. & Smokty, O. I. 2013. Remote sensing of the Earth from space: atmospheric correction. Springer Science & Business Media.
- Leh, M.; Bajwa, S. & Chaubey, I. 2013. Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology. *Land Degradation & Development*, 24(5): 409-421.
- Leitão, R. C.; Van Haandel, A. C.; Zeeman, G. & Lettinga, G. 2006. The effects of operational and environmental variations on anaerobic wastewater treatment systems: a review. *Bioresource Technology*, 97(9): 1105-1118.
- Lu, D.; Mausel, P.; Brondizio, E. & Moran, E. 2004. Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12): 2365-2401.
- Makhdoom, M. 2009. The foundation of land Use Planning. Tehran University. 283 pp. (In Persian).
- Mertens, B. & Lambin, E. F. 2000. Land-cover-change trajectories in southern Cameroon. *Annals of the association of American Geographers*, 90(3): 467-494.
- Moghadam, B. K.; Jabarifar, M.; Bagheri, M. & Shahbazi, E. 2015. Effects of land use change on soil splash erosion in the semi-arid region of Iran. *Geoderma*, 241: 210-220.
- Naveh, Z. & Lieberman, A. S. 2013. Landscape ecology: theory and application. Springer Science & Business Media.
- Nilsson, C.; Aradottir, A. L.; Hagen, D.; Halldórsson, G.; Høegh, K.; Mitchell, R. J.; Raulund-Rasmussen, K.; Svavarsdóttir, K.; Tolvanen, A. & Wilson, S. D. 2016. Evaluating the process of ecological restoration. *Ecology and Society* 21(1):41-58.
- Niyazi, Y.; Malekinezhad, H.; Ekhtesasi, M.; Morshedi, J. & Hosseini, S. 2010. Comparibson Between two Classification Methods of Maximum likelihood and Artificial Neural Network for Providing Land use Maps Case Study: Ilam Dam Area. *Geography And Development*, 8(20), 119-132. (In Persian).
- Novelli, A.; Tarantino, E.; Caradonna, G.; Apollonio, C.; Balacco, G. & Piccinni, F. 2016. Improving the ANN classification accuracy of landsat data through spectral indices and linear transformations (PCA and TCT) aimed at LU/LC monitoring of a river basin. In *International Conference on Computational Science and Its Applications Springer, Cham*. 420-432.

- Rogan, J.; Miller, J.; Stow, D.; Franklin, J., Levien, L. & Fischer, C. 2003. Land-cover change monitoring with classification trees using Landsat TM and ancillary data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(7):793-804.
- Salehi, A.; Wilhelmsson, E. & Söderberg, U. 2008. Land cover changes in a forested watershed, southern Zagros, Iran. *Land Degradation & Development*, 19(5):542-553.
- Sanai Nejad, H.; Astaraii, A. & Ghaemi, M. 2011. Using ETM+ band ratios and principal component analysis for monitoring of vegetation cover in Neyshabour area. *Agricultural Ecology*, 2(1): 103-110. (In Persian).
- Singh, P. & Khanduri, K. 2011. Land use and land cover change detection through remote sensing & GIS technology: case study of Pathankot and Dhar Kalan Tehsils, Punjab. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(4): 839.
- Stürck, J.; Schulp, C. J. & Verburg, P. H. 2015. Spatio-temporal dynamics of regulating ecosystem services in Europe—The role of past and future land use change. *Applied Geography*, 63: 121-135.
- Taleshian Jeloudar, F.; Ghajar Sepanlou, M. & Emadi, M. 2018. Impact of land use change on soil erodibility. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4(1): 59-70.
- Torahi, A. A. & Rai, S. C. 2011. Land cover classification and forest change analysis, using satellite imagery—a case study in Dehdez area of Zagros Mountain in Iran. *Journal of Geographic Information System*, 3(01):324-346
- Torahi, A. A. & Rai, S. C. 2013. Modeling for prediction of land cover changes based on bio-physical and human factors in Zagros Mountains, Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41(4): 845-854.
- Václavík, T. & Rogan, J. 2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe: a case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIScience & Remote Sensing*, 46(1): 54-76.
- Wolberg, G. 1990. *Digital image warping* Los Alamitos, CA: IEEE computer society press. (Vol. 1066); 90720-1264
- Yang, X. & Lo, C. P. 2002. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. *International Journal of Remote Sensing*, 23(9):1775-1798.
- Yousefi, M.; Shahrab, A.; Shoemaker, & Davar, L. 2012. Protected Area Coverage for Terrestrial Biomes in Iran. *Natural Environment (Natural Resources)*, 69(2):581-598. (In Persian).