



DOI:10.52547/GeoSpa.23.3.201

\* یوسف درویشی<sup>۱</sup>  
امید حسینی<sup>۲</sup>  
زینب رزاقی<sup>۳</sup>

## مدلسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با تلفیق شاخص‌های پوشش گیاهی و سناریوهای مبتنی بر مدل زنجیره مارکوف در مناطق حفاظت‌شده پیراشهری

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰

### چکیده

در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند. اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری اراضی امری ضروری است. منطقه کجور به‌موجب مصوبه شورای عالی محیط‌زیست در سال ۱۳۴۶ به‌عنوان یکی از مناطق ارزشمند کشور از نظر تنوع ژنی و گونه‌ای در فهرست شبکه مناطق حفاظت‌شده جهان به ثبت رسیده است. لذا به منظور حفاظت از این منطقه، نه تنها شناخت مناسب از عوامل انسانی، بلکه نقش عوامل طبیعی از جمله پوشش گیاهی بسیار با اهمیت می‌باشد. در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره لندست در ۷ دوره زمانی استفاده شد. به منظور بررسی و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه از شاخصهای پوشش گیاهی EVI، DVI و NDVI بهره گرفته شد. در مطالعه حاضر، بر اساس اهداف مدلسازی، بررسی تغییرات پوشش جنگل در محدوده‌ی مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۵، ۴ و ۸) برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ انجام گردید. تصاویر رنگی کاذب سنجنده OLI مورد استفاده به باند پانکروماتیک با ۲۰ نقطه کنترل زمینی و با رعایت RMSe مناسب (۰/۲۸) زمین مرجع شد سپس تصاویر سنجنده‌های MSS و TM به روش تصویر به تصویر با RMSe کمتر از ۰/۵ زمین مرجع شدند. در همین راستا اجرای مدل سازی پتانسیل انتقال با الگوریتم رویه یادگیری بر مبنای پرسپترون چند لایه و پیش‌بینی تغییرات برای بهترین مدل با استفاده از زنجیره مارکف انجام شد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های پوشش گیاهی بیانگر بهبود وضعیت پوشش در بازه مورد بررسی بودند. نتایج نشان داد که مقدار سطح جنگلهای متراکم و نیمه متراکم در مناطق با شیب زیاد تا سال ۱۴۲۶ کاهش بیشتری می‌یابد. بررسی کاربری اراضی نیز گویای این مطلب بود که با روند فعلی از مساحت اراضی فاقد پوشش کاسته شده و به مساحت طبقه پوشش

E-mail: [phddarvishi@pnu.ac.ir](mailto:phddarvishi@pnu.ac.ir)

\* ۱- گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).

۲- کارشناس ارشد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۳- کارشناسی ارشد گروه اقلیم شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

مرتع و پوشش جنگل افزوده خواهد شد. با استفاده از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان روند تغییرات طولانی مدت تخریب اراضی را در واحد پیکسل با دقت و سرعت بالا برای نقاط مختلف پایش کرد و برنامه‌ها و سیاست‌های لازم برای مقابله با این پدیده را اعمال نمود. بررسی تغییرات کلاس‌های مختلف در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۴ نشان داد که کلاس‌های مرتعی و جنگلی به ترتیب ۱/۲۶ و ۱۷/۹۶ درصد افزایش داشتند.

**کلید واژه‌ها:** شاخص‌های پوشش گیاهی، تغییرات، کاربری اراضی، Gis.

#### مقدمه

تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی امری مهم می‌باشد (Rezaei Moghadam et al., 2014: 163). طی دهه‌های اخیر، افزایش جمعیت شهرنشین و رشد بی‌رویه و کنترل‌نشده شهرها در سرتاسر جهان، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، موجب بروز مسائل زیست‌محیطی بسیاری نظیر نابودی باغات و زمین‌های کشاورزی اطراف شهرها و از بین رفتن منابع طبیعی شده‌است. یکی از اجزای اصلی در استراتژی فعلی برای مدیریت منابع طبیعی و نظارت بر تغییرات زیست‌محیطی، تحلیل و سنجش میزان پوشش و تغییرات کاربری زمین است (Ismaili and Ashjai, 2019: 153). تغییرات ممکن است باعث جابجایی مکانی و زمانی آن‌ها و در نهایت حتی حذف آن‌ها از جوامع گیاهی یک منطقه خاص شود. پوشش گیاهی از زیست‌بوم‌های اصلی زمین است (Weishou et al., 2011: 2438). در نتیجه، هرگونه تغییر در پوشش گیاهی، تأثیر بزرگی بر محیط‌زیست طبیعی خواهد گذاشت (Yaghobzadeh & Akbarpour, 2011: 5-22). پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به‌مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (PourkhAbaz et al., 2019: 24). در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به‌تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری اراضی امری ضروری است. امروزه، فن‌آوری سنجش از راه دور به‌عنوان یک راهکار ارزشمند در جهت شناسایی منابع طبیعی، به‌ویژه در روند تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، در مناطق مختلف جهان به‌صورت علمی مورد استناد قرار می‌گیرد (Iderami et al., 2016: 242). به‌طور کلی اندازه‌گیری میدانی و استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، دو روش عمده برای استخراج درصد پوشش گیاهی می‌باشد. (Jabbari et al., 2014: 28). نقشه‌های پوشش سطح زمین، نمایی واقعی از پدیده زیستی و فیزیکی موجود در سطح زمین مثل پوشش گیاهی، آب، بیابان، یخ، برف و پدیده‌های ایجادشده توسط انسان است (Yaghobzadeh & Akbarpour, 2011: 5-22). جنگل‌زدایی و تخریب پوشش گیاهی یکی از محرکان اصلی تغییرات جهانی زمین به‌شمار می‌رود و پیامدهای بزرگی بر عملکرد اکوسیستم و حفاظت از تنوع زیستی دارد. یکی از راه‌های مطالعه تغییرات پوشش گیاهی به‌عنوان مهمترین شاخص تخریب زمین، سنجش از راه دور است (Nikpour et al., 2017: 21). جوامعی که جنگل‌ها را مدیریت و نگهداری می‌کنند تحت تأثیر جنگل‌زدایی

و تخریب جنگل هستند. از این رو، درک نقش آنها در حمایت یا جلوگیری از جنگل زدایی و تخریب جنگل به عنوان یک تلاش ملی در کاهش انتشار کربن از جنگل امری مهم تلقی می‌گردد (Graham et al, 2019).

Arkhi and Isfahan (2018)، در پژوهشی تحت عنوان پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر چند زمانه و مدل زنجیره‌ای MARKOV (مورد شناسی: شهر ایلام) طی مقطع زمانی ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶، افزایش ۱۹۰۵/۷۳ هکتاری اراضی مسکونی و تخریب ۲۰۶۶/۱۶ هکتاری کاربری جنگل را نشان می‌دهد و مشخص شد که گسترش شهر ایلام تا چه ابعاد و مقیاسی، به ترتیب «شدت عمل کاربری‌های اراضی مسکونی و کشاورزی» با روند افزایشی و «کاربری‌های جنگل، اراضی بایر و باغ» با روند کاهشی، پیرامون خود را تحت گسترش فضایی - کالبدی خود قرار داده است. (Omidwar et al (2014)، در پژوهشی تحت عنوان آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی در شهر یاسوج با استفاده از سنجنش از دور به این نتیجه دست یافته‌اند که تصاویر چند طیفی سنجنش از دور برای به دست آوردن درک بهتری از محیط زمین بسیار کارآمد می‌باشد؛ بنابراین با توجه به دگرگونی‌های گسترده در کاربری اراضی و پوشش گیاهی، استفاده از فناوری سنجنش از دور به یک ابزار مهم در بررسی و پیش‌بینی تغییرات بدل شده است. (Jahani (2018)، در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی ریسک اجرای طرح جنگلداری بر تغییرات تراکم مکانی پوشش گیاهی زیر آشکوب جنگل با رهیافت مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی به این نتیجه دست یافته‌اند که عوامل اکولوژیکی و انسانی شامل تراکم تاج پوشش توده، تراکم دام در جنگل، شدت فرسایش خاک و شدت کوبیدگی آن به ترتیب بیشترین تاثیر را در تغییرات پوشش گیاهی زیر آشکوب جنگل از خود نشان دادند. (Behi et al (2017)، در پژوهشی تحت عنوان بررسی تغییرات و پیش‌بینی وضعیت آبی پوشش گیاهی منطقه دشت فهله استان فارس با تأکید بر ویژگی‌های آب و هوایی به این نتیجه دست یافته‌اند که این بررسی می‌تواند به مدیران مراتع منطقه در بهره برداری بهتر از منابع طبیعی منطقه کمک کرده و مانع از تخریب این اکوسیستم شود. (Rouhani et al (2021)، در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی تغییر کاربری اراضی استان قم همراه با پارامترهای اقلیمی با استفاده از فناوری سنجنش از دور ماهواره‌ای به این نتیجه دست پیدا یکی از روش‌های اصلی مطالعات محیط زیستی، بررسی تغییر پوشش زمین، کاربری اراضی و نیز پوشش گیاهی منطقه است. با بررسی و نمایش کیفی و کمی تغییرات محیط زیستی و پیرامونی می‌توان روند تغییرات کلاسها و عوارض مختلف را شناخت و در آینده این تغییرات را مدل سازی نمود. و (khomami et al (2017)، در مقاله‌ای تحت عنوان طبقه بندی پوشش گیاهی بر اساس شاخص تالابی با استفاده از طبقه بندی شی‌گرا تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: تالاب انزلی) به این نتیجه رسیده‌اند که شناسایی، طبقه بندی، آشکارسازی، پیش‌بینی و پیشرفت تکنولوژی این امکان را داده تا با هزینه‌ای به مراتب کمتر بتوانیم با داده‌های سنجنش از دور و با استفاده از قابلیت‌هایی چون سهل الوصول بودن، دقت بالا، پوشش وسیع و قابل تکراری بودن از نظر زمانی و مکانی و استخراج اطلاعات در زمان نسبتاً کم، محیط‌های طبیعی را با دقت و سرعت بیشتری بررسی کنیم زیرا یکی از مهم‌ترین مشکلاتی که در مسئله بررسی تغییرات پوشش گیاهی وجود دارد عدم وجود اطلاعات مکان‌دار دقیق منطقه در طول زمان است. سلطانی و محمدنژاد (۱۴۰۰) در مقاله‌ای تحت عنوان کارایی سامانه گوگل ارث انجین (GEE) در ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن با

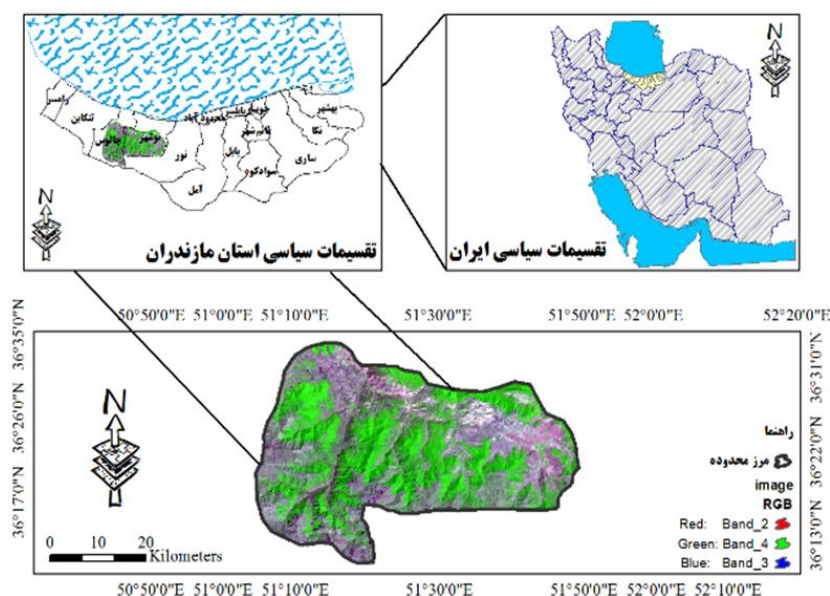
مدل مارکوف (مطالعه موردی دشت ارومیه) به این نتیجه رسیده‌اند که نقش کاربری اراضی یکی از فاکتورهای اساسی در مطالعات منابع طبیعی و مدیریت محیط زیست است. اطلاع از تغییرات کاربری اراضی و بررسی علل و عوامل آنها در یک دوره زمانی می‌تواند مورد توجه برنامه ریزان و مدیران باشد. (Nikpour et al (2017) در مقاله-ای تحت عنوان پایش و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به روش سلول-های خودکار و زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: منطقه عباس‌آباد، استان مازندران) به این نتیجه رسیده‌اند که تلفیق مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف برای پایش و پیش بینی تغییرات در سطح کشور بسیار موثر خواهد بود، همچنین خروجی نقشه پیش‌بینی ۱۳ ساله برای سال ۲۰۳۰ در این پژوهش از دقت مناسب مدل CA-MARKOV حکایت دارد. علاوه بر این خروجی نشان می‌دهد می‌توان به این روش برای برنامه ریزی کوتاه‌مدت اعتماد نمود. (Chobin et al cited in sigaroodi et (2014)، در تحقیقی در برزلیت تغییرات پوشش گیاهی در ارتباط با شرایط اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که زمان بارندگی منجر به تغییرات در پوشش گیاهی منطقه میشود. به طوری که بارندگی در فصل تابستان همبستگی ۷۰ درصد و در فصل بهار ۹۱ درصد با تغییرات پوشش گیاهی نشان میدهد. (yin et al (2017)، در تحقیقی در شمال چین به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی و میزان بارندگی از تصاویر ماهواره‌های لندست (yin et al (2017)، ETM<sup>+</sup> استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در مناطق علفزار همبستگی بسیار زیادی بین پوشش گیاهی و بارندگی وجود دارد. در تحقیقی تحت عنوان پوشش گیاهی قطب جنوب به این نتیجه رسیده‌اند که طبقه بندی NDVI برای طبقه بندی پوشش گیاهی کریپتوگامیک مناسب است. (Roy et al (2021) در پژوهشی تحت عنوان انتخاب الگوریتم یادگیری ماشین بهینه برای پیش‌بینی شاخص‌های پوشش گیاهی: (MODIS NDVI, Roy et al (2021) و EVI به این نتیجه رسیده‌اند که تکنیک‌های روش‌های یادگیری نظارت شده مورد استفاده می‌توانند NDVI را با دقت ۹۸.۴٪ پیش‌بینی کنند. انسان با جنگل‌زدایی و از بین بردن پوشش گیاهی باعث انتشار گازهای گلخانه‌ای که یکی از عوامل تغییر اقلیم است، می‌شود. در مناطق بیابانی که در عرض‌های میانی قرار گرفته‌اند، تغییرات اقلیمی باعث افزایش درجه حرارت و کاهش نزولات جوی در این مناطق می‌شود که با شاخص‌های پوشش گیاهی می‌توان تغییرات اقلیمی را در این مناطق مورد ارزیابی قرارداد. پایش تغییر عموماً جهت ارزیابی فرآیندهای طبیعی، از قبیل اثرات بلندمدت تغییر اقلیم که متأثر از اندرکنش مولفه‌های سازنده سامانه اقلیمی از قبیل بیوسفر، لیتوسفر و یا عواملی که خارج از سامانه اقلیمی، تغییرات آب‌وهوایی را در بازه زمانی درازمدت کنترل می‌نمایند، باشد. در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند. اصولاً برای استفاده بهینه از قابلیت‌های منابع طبیعی، کسب اطلاعات دقیق از پتانسیل‌های کاربری اراضی همچنین تغییرات پوشش گیاهی ابزاری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت امری ضروری است. به همین خاطر موضوع تغییرات کاربری اراضی از دغدغه‌های اصلی مدیریت سرزمینی در مناطق حفاظت شده است.

بر این اساس اثرات کاهش پوشش های جنگلی و گیاهی خود می تواند پتانسیل برخی دیگر از رخدادهای طبیعی نظیر افزایش سیل، افزایش فرسایش ها، شکل گیری نقاط و هسته های دمایی، و غیره را بدنال داشته باشد. از این رو توجه برنامه ریزان برای آینده باید بیشتر به این سمت معطوف شود، بدون تردید مناطق حفاظت شده، و به طور کلی زیستگاه های زیست کره میراث های با ارزش طبیعی هر سرزمین و کشور محسوب می شوند. حفاظت پایدار از چنین مناطقی تنها درگرو درک و شناخت واقعی ارزش های نهفته در آنها امکان پذیر است. و لذا جهت مدیریت و حفاظت پایدار از این منابع پایش این تغییرات ضروری است.

لذا در این تحقیق، ما به دنبال آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی منطقه و پیش بینی روند تغییر پذیری این فرایند برای دهه های آینده می باشیم. بطوری که با پیش بینی های مناسب از تغییرات کاربری اراضی در این ناحیه مطالعاتی می توان، مدیریت ریسک را جایگزین مدیریت بحران در عرصه های طبیعی، منجمله حفاظت از این سرمایه ملی اعمال نمود. در بخش دوم میتوان نوآوری این پژوهش را نسبت به پژوهش های پیشین در این دانست که تا کنون به سنجش تغییرات پوشش های گیاهی مناطق حفاظت به عنوان میراث با ارزش طبیعی کمتر توجه شده و این پژوهش سعی دارد با نگاهی آینده نگرانه به این مبحث بپردازد.

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده البرز مرکزی با مساحت ۳۹۹ هزارهکتار به موجب مصوبه شورای عالی محیط زیست ایران در سال ۱۳۴۶ به عنوان یکی از مناطق ارزشمند ایران از نظر تنوع ژنی و گونه ای در فهرست شبکه مناطق حفاظت شده جهان به ثبت رسیده بر این اساس منطقه مورد مطالعه در حریم منطقه البرز مرکزی واقع گردیده است (منبع، مصوبه شماره ۴ شورای عالی محیط زیست مورخ ۱۳/۷/۱۳۴۶). لذا به منظور حفاظت از این منطقه، نه تنها شناخت مناسب از عوامل انسانی، بلکه نقش عوامل طبیعی منجمله اقلیم بسیار با اهمیت می باشد. منطقه مورد بررسی حدود ۱۸۳۵.۳۵۱ کیلومتر مربع است. و بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه در بخش محدوده مورد مطالعه در حریم شهرستان نوشهر قرار دارد. منطقه مورد بررسی در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۳ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع متوسط حدود ۲۰۰۲ متر از سطح دریا قرار گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده سطوح ارتفاعی ۴۳۲ تا ۱۲۲۰ متر بیشترین تعداد نقاط سکونتگاهی را به خود اختصاص داده اند. در این طبقه ۷۵ نقطه سکونتگاهی جای گرفته است که ۳۷/۵ درصد از کل سکونتگاه های منطقه را شامل می شود. به طوری که در این منطقه اراضی پست کمتر از ۱۷۵۰ متر بیشترین گسترش را دارند. این اراضی که جزو اراضی نسبتا پست استان نیز به شمار می روند. بیشتر در بخش های شمال و شمال غربی شرقی منطقه قابل مشاهده است. در مجموع ارتفاع در این منطقه بیشتر از سطح دریا های آزاد است. بیشترین ارتفاع مشاهده در سطح منطقه در بخش های جنوبی می باشد که ارتفاعی در حدود ۳۸۰۰ متر را شامل می شوند (منبع، پردازش مدل ارتفاعی توسط نویسندگان، ۱۳۹۹). در همین منطقه حفاظت شده کجور چهار گونه جنگلی (زربین، شمشاد، توسکای قشلاقی، توس، غان) وجود دارد که خود نشان دیگری از ارزش طبیعی این منطقه است (منبع، سازمان هواشناسی ایران ۱۳۹۸). شکل (۱) محدوده جغرافیایی منطقه مطالعاتی را نشان می دهد.



شکل ۱: نقشه منطقه مورد مطالعه

Figure 1: Map of the study area

### مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره لندست در ۷ دوره زمانی استفاده شد که بترتیب برای بازه ۲ ژوئن ۱۹۸۵ ردیف ۱۶۴ و گذر ۰۳۵، ۲۸ می ۱۹۹۰، ۱۳ جولای ۱۹۹۵، ۸ ژوئن ۲۰۰۰ از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ استفاده گردید. همچنین برای تاریخ ۴ ژوئن ۲۰۱۰ از تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۷ و برای بازه ۱۷ می ۲۰۱۵، ۷ ژوئن ۲۰۱۷ از تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ استفاده می‌شود. (جدول ۱)

به‌منظور بررسی و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی در حوضه آبخیز نوشهر و چالوس استان مازندران از شاخص‌های NDVI، EVI، DVI و بهره گرفته شد. در گزارش حاضر جهت پایش تغییرات پوشش زمین از طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر شباهت استفاده شد. برای رسیدن به هدف تحقیق ابتدا اقدام به برداشت نمونه‌های آموزشی شد. برداشت نمونه‌های آموزشی به‌منظور انجام طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth و نقاط برداشت شده با GPS در عملیات میدانی بوده و سعی گردید تا حد امکان پراکنش نمونه‌های آموزشی در سطح منطقه مطالعاتی در داخل منطقه همگن و با پراکنش مناسب باشند. لازم به توضیح بوده که تعداد پیکسل-های انتخاب شده در هر نمونه آموزشی حداقل باید به اندازه ده برابر تعداد باندهای طیفی تصویر مورد استفاده باشد که این نکته بخوبی در مطالعه حاضر رعایت شد.

در ادامه به‌این منظور برای اراضی فاقد پوشش گیاهی از ۱۲۰ نمونه آموزشی، اراضی با پوشش گیاهی مرتعی ۱۰۰ نمونه و پوشش گیاهی جنگلی ۱۵۰ نمونه جهت تهیه نقشه پوشش اراضی استفاده شد. برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین شباهت در محیط نرم‌افزار ERDAS IMAGINE استفاده شد. شایان ذکر بوده که تغییرات کاربری

اراضی برای پوشش جنگلی به غیر جنگلی در بین سالهای ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶، شناسایی گردید. سپس با استفاده از روش شبکه عصبی MLP این تغییرات در محیط مدلسازی تغییر سرزمین برای سال ۱۴۲۶ پیش بینی گردید.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره ای مورد استفاده

Table 1- Specifications of satellite images used

ردیف	سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
۱	TM	۱۶۴	۰۳۵	۲ ژوئن ۱۹۸۵	۱۲ خرداد ۱۳۶۴
۲	TM	۱۶۴	۰۳۵	۲۸ می ۱۹۹۰	۷ خرداد ۱۳۶۹
۳	TM	۱۶۴	۰۳۵	۱۳ جولای ۱۹۹۵	۲۲ تیر ۱۳۷۴
۴	TM	۱۶۴	۰۳۵	۸ ژوئن ۲۰۰۰	۱۹ خرداد ۱۳۷۹
۵	TM	۱۶۴	۰۳۵	۴ ژوئن ۲۰۱۰	۱۴ خرداد ۱۳۸۹
۶	OLI	۱۶۴	۰۳۵	۱۷ می ۲۰۱۵	۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۴
۷	OLI	۱۶۴	۰۳۵	۷ ژوئن ۲۰۱۷	۱۷ خرداد ۱۳۹۶

#### آشکار سازی تغییرات سرزمین

در مطالعه حاضر به منظور برآورد درصد پوشش های گیاهی از شاخص های EVI، NDVI و DVI استفاده گردید. همچنین از زنجیره مارکوف برای پیش بینی تغییرات این پوشش های گیاهی برای آینده و در نهایت بعنوان داده ای ورودی برای آنالیز انتشار گازهای گلخانه ای با توجه به پروژه REDD برای دهه های آینده استفاده خواهد شد. در ادامه هر یک از روشهای فوق توضیح داده شده اند:

شاخص پوشش گیاهی EVI: این شاخص برای بهینه سازی سیگنال پوشش گیاهی با بهبود سازی حساسیت در مناطق با بيموس بالا و بهبود پایش پوشش گیاهی از طریق ایجاد ارتباط بین سیگنال پس زمینه تاج و پوشش و کاهش اثرات اتمسفری عمل می کند. این شاخص براساس رابطه ۱ محاسبه می شود (Huete et al., 2002).

$$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + C_1 \times \rho_{red} - C_2 \times \rho_{blue} + L} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن  $\rho$  اصلاحات جوی و یا اصلاحات جزئی جوی ( تصحیح ریلی و جذب اتمسفری) مربوط به بازتاب سطحی،  $L$  اصلاحات مربوط به پس زمینه تاج و پوشش که غیر خطی می باشد.  $red$  و  $NIR$  به ترتیب باند مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک،  $C_1, C_2$  ضرایب مقاومت آئروسل که برای تصحیحات مربوط به باند آبی و تاثیر اثرات جوی در باند قرمز استفاده می شوند. ضرایب ثابت در این شاخص  $L=1$ ،  $C_1=6$ ،  $C_2=7/5$  و  $G=2/5$  می باشد. همچنین آستانه عدد این شاخص بین ۱ تا ۱- می باشد.

شاخص پوشش گیاهی NDVI: جهت شناسایی مناطق پوشیده از پوشش گیاهی از شاخص گیاهی NDVI بهره گرفته شد. شاخص NDVI براساس رابطه ۲ محاسبه می شود (Rouse et al., 1974).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و MIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک است. مقدار این شاخص بین ۱- و ۱+ تغییر می‌کند. مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سمت ۱+ میل می‌کند و برای آب، ابرها و برف مقدار آن منفی است.

شاخص DVI: شاخص پوشش گیاهی تفاضلی که اولین بار توسط اوریت و ریچاردسون در سال ۱۹۹۲ پیشنهاد شد، از کسر کردن مقادیر انعکاس باند قرمز از باند مادون قرمز بدست می‌آید (Hadjimitsis et al., 2010).

مدل CA MARKOV: احتمال تغییرات پوشش اراضی یک سیستم به یک وضعیت در یک زمان خاص ( $t_2$ ) از اطلاعات مربوط به همان سیستم در زمان گذشته ( $t_1$ ) به دست می‌آید و به اطلاعات زمان‌های قبل از  $t_1$  بستگی ندارد که آن را یک فرآیند یک مرتبه‌ای گویند. در مدل مارکوف تغییرات کاربری و پوشش اراضی در زمان دوم با استفاده از توزیع آن در زمان اول با محاسبه ماتریس انتقال به دست می‌آید. زنجیره مارکوف به صورت رابطه (۳) نشان داده می‌شود (Eastman, 2003; Rajitha, 2010).

$$Vt_2 = Mvt_1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه  $v_{t1}$  بردار پوشش زمین در زمان اول،  $v_{t2}$  بردار پوشش زمین در زمان دوم،  $M$  ماتریس احتمال انتقال  $m \times m$  برای فاصله زمانی  $\Delta t = t_2 - t_1$  می‌باشد.

احتمال انتقال بین دو وضعیت ( $P_{ij}$ ) از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad \text{رابطه (۴)}$$

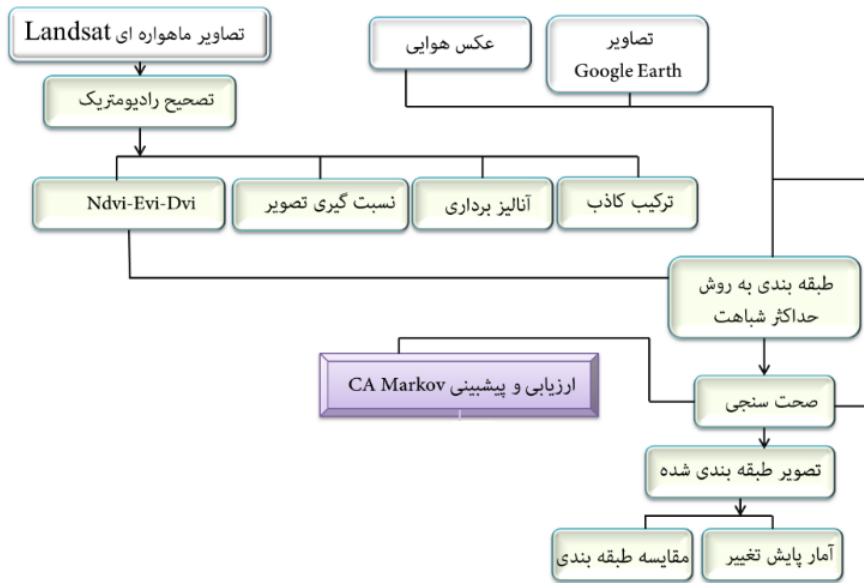
در این رابطه  $n_i$  برابر است با:

$$n_i = \sum_{j=1}^q n_{ij} \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در رابطه ۵  $n_{ij}$  تعداد پیکسل‌های کلاس  $i$  از زمان اول که به کلاس  $j$  در زمان دوم تبدیل شده‌اند و  $q$  تعداد کل کلاس‌ها می‌باشد.

زنجیره مارکوف سه خروج دارد که عبارت‌اند از: ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود مشخص شده است، ماتریس مساحت انتقال که نشان دهنده تعداد پیکسل‌هایی از هر کلاس که محتمل است به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند. مدل مارکوف همچنین موقعیت هر کاربری را با تولید مجموعه‌ای از تصاویر احتمال وضعیت از ماتریس احتمال انتقال نشان می‌دهد. در مرحله آخر از مدل‌سازی با استفاده از ماتریس مساحت انتقال در مدل CA مارکوف می‌توان نقشه شبیه سازی شده از کاربری اراضی در آینده را به دست آورد (Pontius, 2000; Fan, 2008). در این مطالعه پیش‌بینی وضعیت سه کلاس پوشش زمین، شامل اراضی فاقد پوشش، اراضی دارای پوشش گیاهی مرتعی و طبقه دارای پوشش جنگلی در منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۲۶ بر اساس نقشه‌های پوشش زمین سال ۱۳۶۴ به عنوان نقشه دوره اول و نقشه پوشش زمین سال ۱۳۹۶ به عنوان نقشه دوره دوم به مدل مدلساز تغییر سرزمین (LCM) معرفی و با استفاده از شبکه عصبی MLP با مقدار صحت ۷۰ درصد ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها برای ۳۰ سال آینده محاسبه گردید.





شکل ۲: فلوچارت فرآیند انجام کار

Figure 2: Flowchart of the work process

## یافته‌ها و بحث

## پایش تغییرات پوشش اراضی

جهت طبقه‌بندی تصویر سنجنده TM از ترکیب باندهای ۲۴۶۷ و برای تصویر سنجنده OLI از ترکیب باندهای ۲۳۵۷ استفاده و طبقات اراضی فاقد پوشش گیاهی، اراضی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ تهیه شد. براساس نتایج به‌دست آمده تغییرات رخ داده در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۹ برای طبقه فاقد پوشش و طبقه پوشش مرتعی به ترتیب بصورت ۰/۶۵ درصد و ۱/۳۸ درصد کاهش مساحت را نشان می‌دهد و برای کلاس پوشش جنگل نیز ۲/۰۳ درصد افزایش مساحت حادث شده است. در بازه بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۶۹ تغییرات رخ داده برای طبقات فاقد پوشش و پوشش مرتعی به ترتیب ۵/۸۹ و ۳/۹۷ درصد و بصورت افزایشی بوده است. برای کلاس پوشش جنگل نیز تغییرات بصورت ۹/۸۶ درصد کاهش در مقدار مساحت حادث شده است. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۷۴ تغییرات برای کلاس فاقد پوشش مقداری در حدود ۶/۸۴ درصد افزایش در مقدار مساحت و برای کلاس پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تغییرات به ترتیب مقداری در حدود ۴/۸۱ و ۲/۰۳ و بصورت کاهش در مقدار مساحت رخ داده است. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۹ تغییرات برای طبقه فاقد پوشش گیاهی مقدار در حدود ۱۳/۶ درصد کاهش در مقدار مساحت حادث شده و برای طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تغییرات به ترتیب مقداری در حدود ۴/۶۹ و ۸/۹۱ درصد و بصورت افزایش در مقدار

مساحت حادث شده است. تغییرات در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۸۹ برای طبقات پوشش اراضی فاقد پوشش و اراضی دارای پوشش مرتعی به ترتیب مقداری در حدود ۱/۸۷ و ۳/۹۹ و بصورت کاهش در مقدار مساحت حادث شده است برای طبقه پوشش اراضی جنگلی تغییرات بصورت ۵/۸۷ درصد افزایش در مقدار مساحت بوده است. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ تغییرات برای طبقات پوششی اراضی فاقد پوشش و طبقه پوششی جنگل به ترتیب مقداری در حدود ۱/۵ و ۰/۴ درصد بصورت کاهش در مقدار مساحت حادث شده است. طبقه پوشش مرتع نیز ۱/۹۳ درصد افزایش در مقدار مساحت رخ داده است براساس نتایج بدست آمده از مقدار کل مساحت طبقه فاقد پوشش مساحتی در حدود ۲۵۴۸۲ هکتار بدون تغییر باقی مانده و ۲۵۱۹ و ۲۱ هکتار به ترتیب از طبقه بدون پوشش به طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگلی تبدیل شده‌اند. از کل مساحت طبقه پوشش مرتعی ۲۳۴۷۲ هکتار به طبقه بدون پوشش و ۱۳۶۶ هکتار به طبقه پوشش جنگلی تبدیل شده است. از طبقه پوششی جنگل ۱۰۷۳ هکتار به طبقه بدون پوشش و ۱۸۰۰۷ به طبقه پوشش گیاهی مرتعی تبدیل شده است.

ارزیابی صحت طبقه‌بندی یک پارامتر مهم جهت مدلسازی و پیش بینی دقیق

نتایج بدست آمده برای آزمون صحت طبقه بندی پوشش اراضی سال ۱۳۶۴ نشان دهنده دقت کلی ۸۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۲ می‌باشد. برای سال ۱۳۶۹ دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۸۷ درصد و ۰/۸ بدست آمد. برای سال ۱۳۷۴ دقت کلی ۸۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۸ برآورد شد. نتایج بدست آمده از ارزیابی شاخص های دقت کلی و ضریب کاپا برای سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ به ترتیب ۸۹ درصد، ۰/۸۲، ۹۱ درصد و ۰/۸۶، ۹۲ درصد و ۸۷ و در نهایت ۹۱ درصد و ۰/۸۶ برآورد شد (جدول ۲).

جدول ۲- ماتریس ارزیابی خطای طبقه‌بندی برای دوره های مطالعاتی

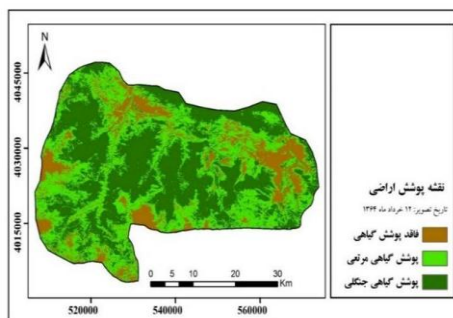
Table 2- Classification error evaluation matrix for study courses

	پوشش اراضی	نمونه مرجع	کل نمونه	نمونه صحیح	دقت تولید کننده	دقت کاربر	دقت کلی	ضریب کاپا
۱۳۸۱	فاقد پوشش	۱۴	۱۴	۱۲	۸۵	۸۵	۸۹/۴۱	۰/۸۲
	پوشش مرتعی	۲۴	۲۷	۲۱	۸۷	۷۷		
	پوشش جنگلی	۴۷	۴۴	۴۳	۹۱	۹۷		
	جمع	۸۵	۸۵	۷۶	-	-		
۱۳۸۹	فاقد پوشش	۱۵	۱۶	۱۳	۸۶	۸۱	۸۷/۷۸	۰/۸
	پوشش مرتعی	۲۶	۳۰	۲۳	۸۸	۷۶		
	پوشش جنگلی	۴۹	۴۴	۴۳	۸۷	۹۷		
	جمع	۹۰	۹۰	۷۹	-	-		

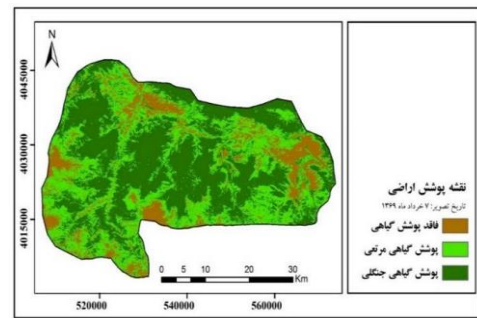
Continue of table 2						ادامه جدول ۲		
۱۳۸۴	فاقد پوشش	۱۲	۱۶	۱۲	۱۰۰	۷۵	۸۸/۸۹	۰/۸۱
	پوشش مرتعی	۲۹	۳۰	۲۵	۸۶	۸۳		
	پوشش جنگلی	۴۹	۴۴	۴۵	۸۷	۹۷		
	جمع	۹۰	۹۰	۸۰	-	-		
۱۳۷۸	فاقد پوشش	۱۲	۱۶	۱۲	۱۰۰	۷۵	۸۹/۴۷	۰/۸۲
	پوشش مرتعی	۳۱	۳۲	۲۷	۸۷	۸۴		
	پوشش جنگلی	۵۲	۴۷	۴۶	۸۸	۹۷		
	جمع	۹۵	۹۵	۸۵	-	-		
۱۳۷۱	فاقد پوشش	۱۴	۱۶	۱۴	۱۰۰	۸۷	۹۱/۵۸	۰/۸۶
	پوشش مرتعی	۳۳	۳۲	۲۹	۸۷	۹۰		
	پوشش جنگلی	۴۸	۴۷	۴۴	۹۱	۹۳		
	جمع	۹۵	۹۵	۸۷	-	-		
۱۳۷۱	فاقد پوشش	۱۷	۱۹	۱۷	۱۰۰	۸۹	۹۲	۰/۸۷
	پوشش مرتعی	۳۵	۳۴	۳۵	۸۸	۹۱		
	پوشش جنگلی	۴۸	۴۷	۴۸	۹۱	۹۳		
	جمع	۱۰۰	۱۰۰	۹۲	-	-		
۱۳۶۱	فاقد پوشش	۱۷	۲۰	۱۷	۱۰۰	۸۵	۹۱/۸۲	۰/۸۶
	پوشش مرتعی	۴۲	۴۰	۳۷	۸۸	۹۲		
	پوشش جنگلی	۵۱	۵۰	۴۷	۹۲	۹۴		
	جمع	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۱	-	-		

## پایش تغییرات پوشش اراضی

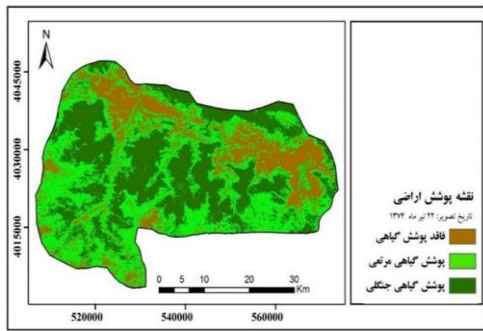
جهت طبقه بندی تصویر سنجنده TM از ترکیب باندهای ۲۴۶۷ و برای تصویر سنجنده OLI از ترکیب باندهای ۲۳۵۷ استفاده و طبقات اراضی فاقد پوشش گیاهی، اراضی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی برای سال های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ تهیه شد که به ترتیب در شکل های (۳ تا ۱۰) آورده شده اند.



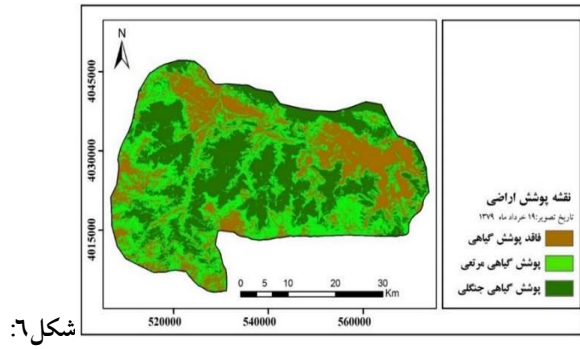
شکل ۳: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۶۴  
Figure 3: Land cover map for 1885



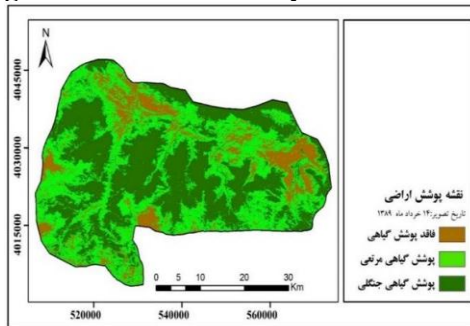
شکل ۴: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۶۹  
Figure 4: Land cover map for 1990



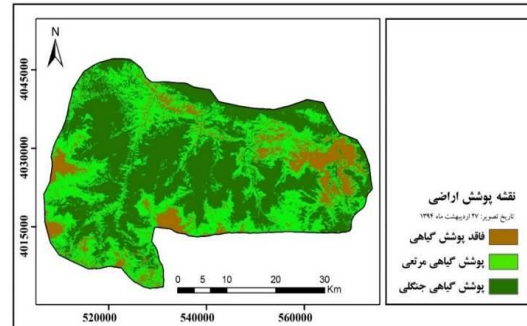
شکل ۵: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۷۴  
Figure 5: Land cover map for 1995



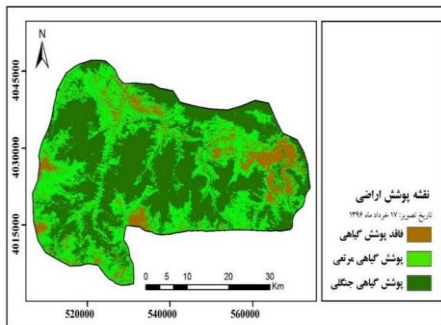
شکل ۶:  
نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۷۹  
Figure 6: Land cover map for 2000



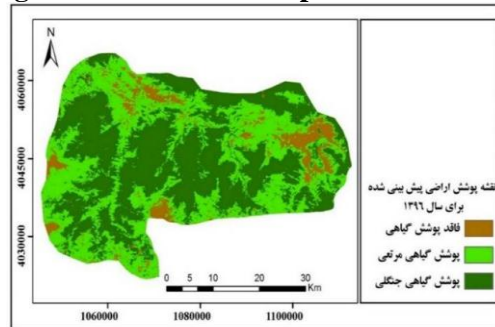
شکل ۷: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۸۹  
Figure 7: Land cover map for 2010



شکل ۸: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۹۴  
Figure 8: Land cover map for 2015



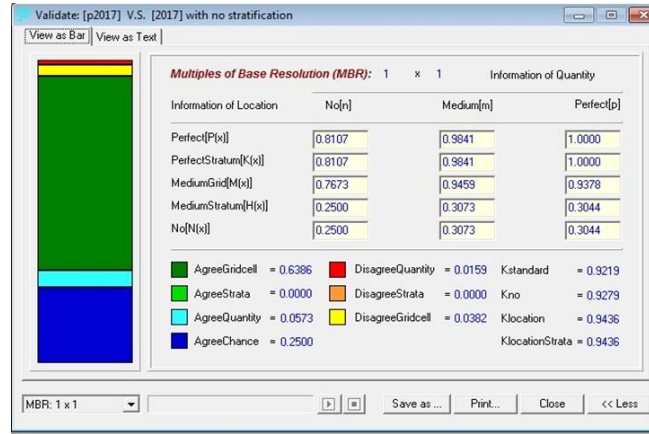
شکل ۹: نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۳۹۶  
Figure 9: Land cover map for 2017



شکل ۱۰: نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین ۱۳۹۶  
Figure 10: Prediction map of land use changes and land cover 2017

با توجه به اشکال فوق، این نتایج برای سال ۱۳۹۶ استنباط می‌گردد که توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده  $[M(m)]$  برابر  $۰/۹۳$  است. عدم توافق بین دو نقشه نیز با توجه به رابطه  $[M(m)] - ۱$  برابر  $۰/۰۷$  است، توافق ناشی از شانس  $[N(n)]$  که بدون داشتن هیچ اطلاعاتی از موقعیت و کمیت به‌دست می‌آید برابر  $۰/۲۵$  است، توافق ناشی از کمیت (تعداد سلول‌ها برای هر کلاس در دو نقشه) که از رابطه  $[M(m)] - [N(n)]$  برابر  $۰/۶۸$  محاسبه شد، عدم توافق ناشی از کمیت نیز با توجه به رابطه  $[P(p)] - [P(m)]$  برابر  $۰/۰۲$  و همین‌طور توافق و عدم توافق مکانی (مکان کلاس‌ها در دو نقشه واقعی و پیش‌بینی شده) به ترتیب  $۰/۶۳$  و  $۰/۲۵$  برآورد شد. شاخص Klocation که توانایی مدل در پیش‌بینی مکان پیکسل‌ها را نشان می‌دهد، برابر  $۰/۹۴$  و شاخص Kquantity که توانایی مدل در پیش‌بینی تعداد پیکسل‌ها را نشان می‌دهد براساس رابطه ۶ محاسبه شد.

$$K_{quantity} = \frac{M(m) - NQML}{PQML - NQML} = \frac{0.9459 - 0.7673}{0.9378 - 0.7673} = 1 \quad \text{رابطه (۶)}$$



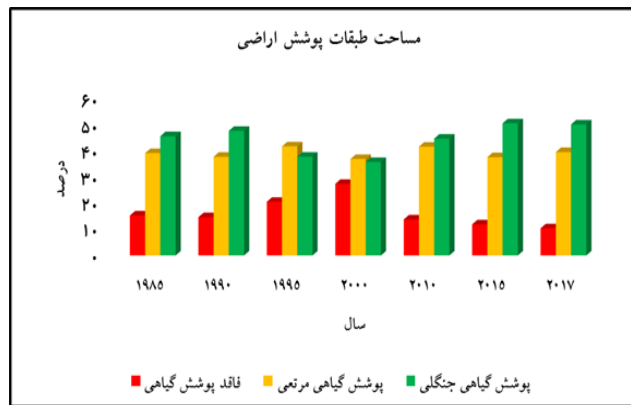
شکل ۱۱: توافق و عدم توافق نقشه واقعی و پیش بینی شده سال ۱۳۹۶

Figure 11: Agreement and non-agreement of the actual and predicted map of 2017

جدول ۳- مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف پوشش اراضی بر حسب هکتار

Table 3- Area and percentage of different land cover classes in hectares

پوشش جنگلی		پوشش مرتعی		فاناد پوشش		کلاس سال
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۴۵/۵۹	۸۳۶۸۲	۳۹/۱۱	۷۱۷۸۴	۱۵/۲۹	۲۸۰۷۱	۱۳۶۴
۴۷/۶۳	۸۷۴۲۴	۳۷/۷۲	۶۹۲۴۵	۱۴/۶۳	۲۶۸۶۹	۱۳۶۹
۳۷/۷۶	۶۹۳۱۴	۴۱/۷	۷۶۵۴۳	۲۰/۵۳	۳۷۶۸۰	۱۳۷۴
۳۵/۷۳	۶۵۵۸۵	۳۶/۸۸	۶۷۷۰۱	۲۷/۳۷	۵۰۲۵۱	۱۳۷۹
۴۴/۶۴	۸۱۹۴۱	۴۱/۵۸	۷۶۳۳۴	۱۳/۷۶	۲۵۲۷۲	۱۳۸۹
۵۰/۵۲	۹۲۷۳۰	۳۷/۵۸	۶۸۹۸۳	۱۱/۸۹	۲۱۸۲۴	۱۳۹۴
۵۰/۰۸	۹۱۹۳۲	۳۹/۵۲	۷۲۵۴۰	۱۰/۳۸	۱۹۰۶۴	۱۳۹۶



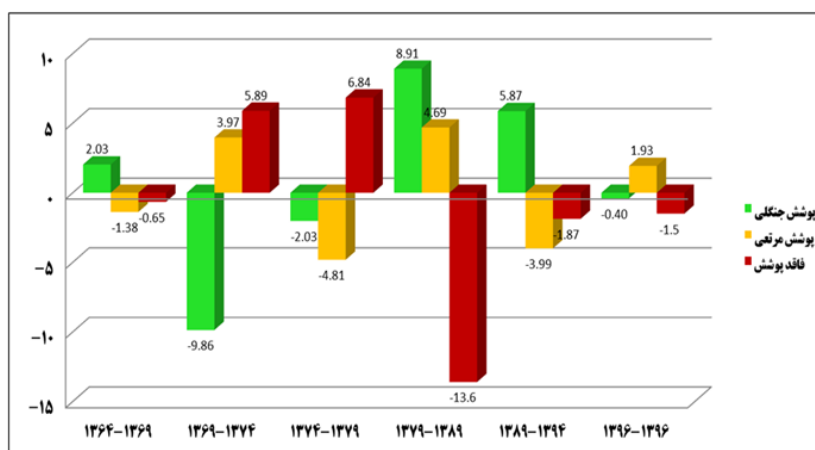
شکل ۱۲: مساحت طبقات پوشش اراضی بر حسب درصد

Figure 12: Area of land cover classes in percentage

جدول ۴- تغییرات طبقات پوشش اراضی برحسب درصد

Table 4- Changes in land cover classes in percentage terms

پوشش جنگلی	پوشش مرتعی	فاقد پوشش	کلاس سال
۲/۰۳	-۱/۳۸	-۰/۶۵	۱۳۶۴-۱۳۶۹
-۹/۸۶	۳/۹۷	۵/۸۹	۱۳۶۹-۱۳۷۴
-۲/۰۳	-۴/۸۱	۶/۸۴	۱۳۷۴-۱۳۷۹
۸/۹۱	۴/۶۹	-۱۳/۶	۱۳۷۹-۱۳۸۹
۵/۸۷	-۳/۹۹	-۱/۸۷	۱۳۸۹-۱۳۹۴
-۰/۴	۱/۹۳	-۱/۵	۱۳۹۴-۱۳۹۶



شکل ۱۳: تغییرات مساحت پوشش اراضی برحسب درصد

Figure 13: Changes in the area of land cover in percentage

پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی DVI نقشه های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۱، بین ۰/۱ تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۳ و بیش از ۰/۳ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در قالب جدول (۵) برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. نتایج این بخش از مطالعه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۴ بیشترین سطح این شاخص (۳۵ درصد) در کلاس ۰/۱ تا ۰/۲ قرار گرفته است. کمترین سطح این شاخص با اندازه ۰/۵۳ درصد از کل سطح منطقه متعلق به کلاس کمتر از صفر می‌باشد. با بررسی جدول (۲) می‌توان پی برد که همواره بیشترین سطح اشغال شده در این شاخص در کلاس ۰/۱-۰/۲ می‌باشد (بجز سال ۱۳۹۶) و کمترین سطح منطقه نیز در کلاس کمتر از صفر می‌باشد که این کلاس شامل نواحی آبی یا پوشش برفی می‌باشند. لازم به ذکر است که در سال ۱۳۹۶ کلاس بزرگتر از ۰/۳، بیشترین سطح از منطقه را به خود اختصاص داده است. این امر حاکی از آن است که سطح پوشش گیاهی متراکم در سال ۱۳۹۶ بیشتر شده است.

جدول ۵- مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی DVI

Table 5- Area and area percentage of different classes of DVI vegetation index

شاخص پوشش گیاهی DVI										کلاس سال
>۰/۳		۰/۲-۰/۳		۰/۱-۰/۲		۰-۰/۱		<۰		
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۶/۱	۱۱۲۵۳	۲۷/۸	۵۱۰۸۸	۳۵/۴	۶۵۰۶۲	۳۰	۵۵۱۵۲	۰/۵۳	۹۸۳	۱۳۶۴
۱۶	۲۹۳۶۳	۳۲/۸	۶۰۳۳۴	۳۵/۱	۶۴۵۴۲	۱۵/۸	۲۹۱۲۲	۰/۰۹	۱۷۷	۱۳۶۹
۱/۴	۲۵۵۵	۲۵/۹	۴۷۵۹۸	۴۵/۳	۸۳۲۰۰	۲۷/۳	۵۰۱۸۲	۰	۴	۱۳۷۴
۱۱/۸	۲۱۷۸۹	۲۵/۴	۴۶۶۴۴	۳۴/۴	۶۳۲۲۳	۲۸/۲	۵۱۸۸۱	۰	۲	۱۳۷۹
۱۶/۴	۳۰۱۴۴	۳۴/۱	۶۲۵۹۵	۳۵/۸	۶۵۷۰۹	۱۳/۶	۲۵۰۵۵	۰/۰۱	۳۶	۱۳۸۹
۲۴/۳	۴۴۷۱۶	۲۹/۸	۵۴۶۸۲	۳۳/۹	۶۲۲۰۶	۱۱/۷	۲۱۵۳۳	۰/۲	۴۰۲	۱۳۹۴
۳۵/۱	۶۴۴۷۷	۲۳/۶	۴۳۴۳۷	۳۲/۵	۵۹۶۷۰	۸/۶	۱۵۸۷۸	۰/۴۰	۷۷	۱۳۹۶

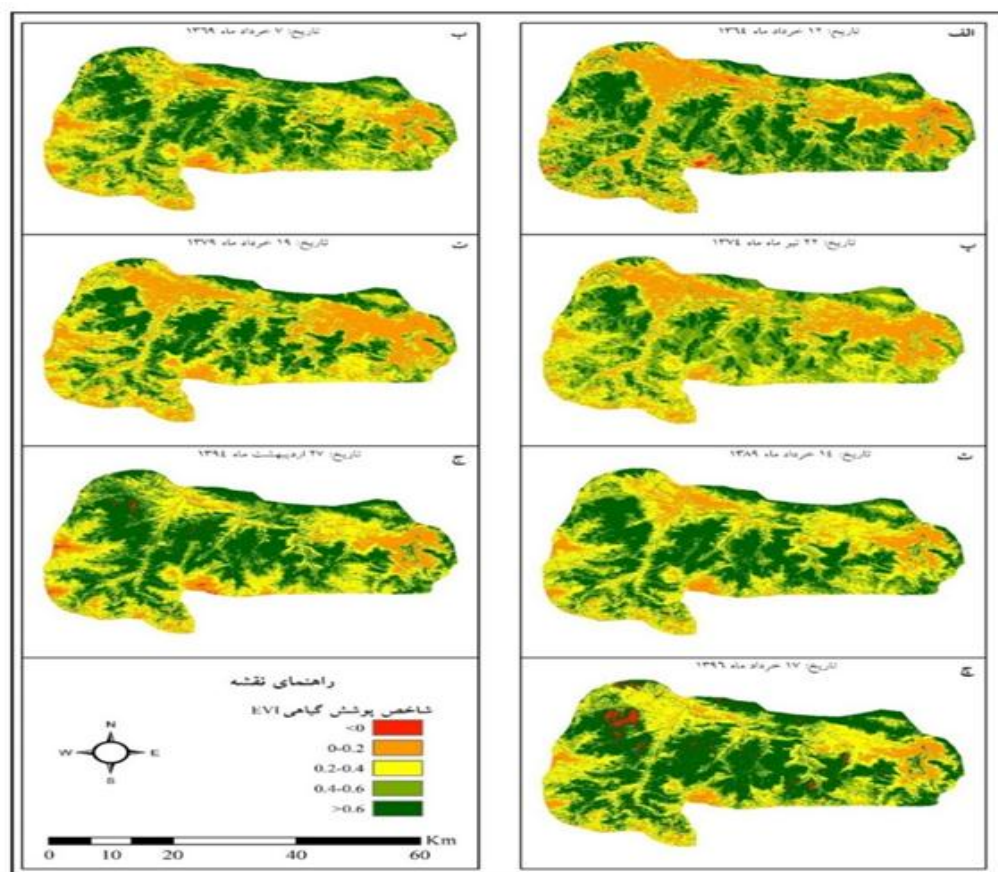
نقشه شاخص پوشش گیاهی EVI برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۴ الف تا ج به ترتیب برای سال های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ آورده شده است. پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی EVI نقشه های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۴، بین ۰/۴ تا ۰/۶، و بیش از ۰/۶ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در قالب جدول ۶) برای سال های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. نتایج حاصل از طبقه بندی شاخص EVI در جدول ۶) نشان می دهد که بیشترین سطح در سال های مختلف در کلاس های مختلفی قرار گرفته اند اما همواره کمترین سطح در کلاس کمتر از صفر قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که بیشترین سطح در سال ۱۳۶۴ در کلاس بیشتر از ۰/۶ می باشد. بیشترین سطح در سال ۱۳۶۹، ۱۳۷۴ و ۱۳۷۹ در کلاس ۰/۲ تا ۰/۴ قرار دارد. همچنین بیشترین سطح در سایر سال ها (۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶) برای شاخص EVI در کلاس بیشتر از ۰/۶ قرار گرفته است

جدول ۶- مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی EVI

Table 6- Area and area percentage of different classes of EVI vegetation index

شاخص پوشش گیاهی EVI										کلاس سال
>۰/۶		۰/۴-۰/۶		۰/۲-۰/۴		۰-۰/۲		<۰		
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۲۹/۸	۵۴۷۹۰	۲۴/۹	۴۵۷۳۳	۲۲/۷	۴۱۶۷۶	۲۲	۴۰۳۵۵	۰/۵	۹۸۲	۱۳۶۴
۲۷/۸	۵۱۱۵۷	۲۸/۱	۵۱۷۰۶	۲۹/۴	۵۳۹۳۶	۱۴/۴	۲۶۴۷۰	۰/۱	۲۶۷	۱۳۶۹
۱۳/۸	۲۵۳۵۲	۳۲/۷	۶۰۰۰۶	۳۲/۱	۵۹۰۸۳	۲۲	۳۹۰۹۱	۰	۳	۱۳۷۴
۲۴/۳	۴۴۷۰۲	۱۸/۸	۳۴۴۷۲	۳۰/۶	۵۶۱۴۷	۲۶	۴۸۲۱۴	۰	۱	۱۳۷۹
۳۲/۵	۵۹۶۶۴	۲۴/۹	۴۵۷۴۱	۳۰/۸	۵۶۵۳۷	۱۱/۷	۲۱۵۵۷	۰	۳۷	۱۳۸۹
۳۶/۹	۶۷۷۷۳	۲۳/۳	۴۲۸۹۶	۲۸/۷	۵۲۶۶۳	۱۰/۴	۱۹۲۰۷	۰/۵	۹۹۸	۱۳۹۴
۴۱/۱	۷۵۵۶۳	۱۹/۷	۳۶۱۶۱	۲۹/۷	۵۴۵۰۲	۷/۸	۱۴۳۴۱	۱/۶	۲۹۷۰	۱۳۹۶





منطقه مورد مطالعه: الف) سال ۱۳۶۴، ب) سال ۱۳۶۹، EVI شکل ۱۴: شاخص پوشش گیاهی

پ) سال ۱۳۷۴، ت) سال ۱۳۷۹، ث) سال ۱۳۸۹، ج) سال ۱۳۹۴ و چ) سال ۱۳۹۶

Figure 14: EVI vegetation index of the study area: a) 1985, b) 1990, p) 1995, t) 2000, c) 2010, j) 2015 and h) 2017

### شاخص پوشش گیاهی NDVI

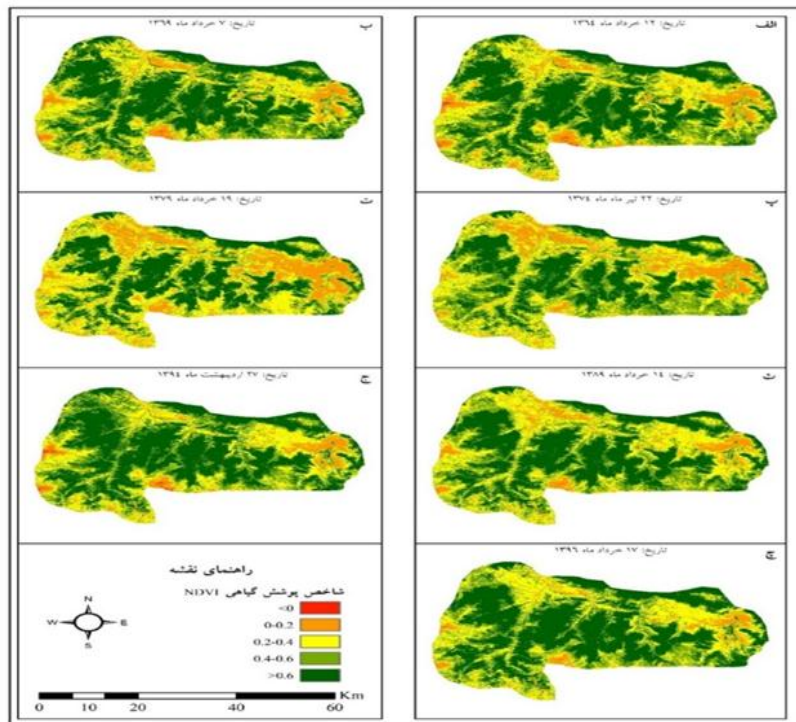
نقشه شاخص پوشش گیاهی NDVI برای منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۵ الف تا چ به ترتیب برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۶۹، ۱۳۷۴، ۱۳۷۹، ۱۳۸۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۶ آورده شده است. پس از ارزیابی شاخص پوشش گیاهی NDVI نقشه های حاصل در پنج کلاس کمتر از صفر، بین صفر تا ۰/۲، بین ۰/۲ تا ۰/۴، بین ۰/۴ تا ۰/۶ و بیش از ۰/۶ طبقه بندی شدند که نتایج حاصل از آنها در قالب جدول (۷) برای سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۶ ارائه شده است. همانطور که نتایج این بخش از مطالعه نشان می دهد این شاخص همانند سایر شاخص ها کمترین سهم درصد مساحت در تمامی دوره ها را در کلاس کمتر از صفر نشان داده است اما بیشترین مقدار این شاخص بجز در سال ۱۳۷۹ که در کلاس ۰/۲ تا ۰/۴ نشان داده است در سایر دوره ها بیشترین سهم مربوط به کلاس بیشتر از ۰/۶ می باشد



NDVI جدول ۷- مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف شاخص پوشش گیاهی

Table 7- Area and area percentage of different classes of NDVI vegetation index

شاخص پوشش گیاهی NDVI										کلاس
>۰/۶		۰/۴-۰/۶		۰/۲-۰/۴		۰-۰/۲		<۰		
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	سال
۳۸/۴	۷۰۵۰۰	۲۶/۹	۴۹۳۶۵	۲۵/۴	۴۴۶۴۰	۹/۱	۱۶۷۲۸	۰/۱	۳۰۳	۱۳۶۴
۴۱/۲	۷۵۶۲۶	۲۵/۱	۴۶۰۹۰	۲۵	۴۵۹۶۸	۸/۵	۱۵۶۷۵	۰	۱۷۷	۱۳۶۹
۲۹	۵۳۳۵۲	۲۹/۷	۵۴۴۸۶	۲۸/۴	۵۲۱۴۲	۱۲/۸	۲۳۵۵۳	۰	۳	۱۳۷۴
۳۱	۵۶۸۹۲	۱۸/۶	۳۴۲۴۴	۳۳	۶۰۶۳۶	۱۷/۳	۳۱۷۶۳	۰	۱	۱۳۷۹
۳۸	۶۹۸۶۲	۲۶/۳	۴۸۳۵۹	۲۸/۱	۵۱۶۹۴	۷/۴	۱۳۵۸۵	۰	۳۶	۱۳۸۹
۴۴/۵	۸۱۸۰۱	۲۴/۴	۴۴۹۰۵	۲۴	۴۴۱۱۵	۶/۷	۱۲۲۶۸	۰/۲	۴۴۷	۱۳۹۴
۴۵/۱	۸۲۸۰۸	۲۳/۴	۴۲۹۳۰	۲۶/۳	۴۸۴۰۷	۵	۹۳۱۳	۰	۷۹	۱۳۹۶



شکل ۱۵. شاخص پوشش گیاهی NDVI منطقه مورد مطالعه: الف) سال ۱۳۶۴، ب) سال ۱۳۶۹، پ) سال ۱۳۷۴، ت) سال ۱۳۷۹، ث) سال

۱۳۸۹، ج) سال ۱۳۹۴، چ) سال ۱۳۹۶

Figure 15: NDVI vegetation index of the study area: a) 1985, b) 1990, p) 1995, t) 2000, c) 2010, j) 2015 and ch) 2017

مقایسه سه شاخص DVI، EVI و NDVI نشان می‌دهد که اگرچه این سه شاخص در تعیین مناطق برفی و آبی کاملاً مشابه هم عمل کردند اما در تعیین تراکم و سبزی‌نگی پوشش گیاهی یکسان نبودند. با بررسی درصد مساحت در جداول ارائه شده می‌توان پی برد که با وجود اینکه در دوره ای به علت کمبود بارش و خشک‌سالی بارش کاهش پیدا کرده و در نتیجه آن بیوماس و سبزی‌نگی کم شده اما در چند سال اخیر به دلیل از بین رفتن خشک‌سالی وضعیت رویش و سبزی‌نگی پوشش گیاهی مجدداً به حالت قبلی برگشته است. همچنین مقایسه نتایج این سه شاخص نشان می‌دهد که بیشترین درصد مساحت در سال‌های مختلف برای کلاس پوشش خیلی متراکم (کلاس بیشتر از ۰/۶ برای NDVI و EVI و کلاس بیشتر از ۰/۳ برای DVI) در سال ۱۳۹۶ بوده است. لازم به ذکر است که علاوه بر افزایش بارندگی در سال‌های اخیر، طرح‌های آبخیزداری و حفاظت از مراتع و جنگل‌ها می‌تواند یکی از دلایل افزایش پوشش گیاهی در منطقه باشد.

#### پیش‌بینی تغییرات کاربری برای آینده

چنانچه روند تغییرات آینده را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول (۸) ماتریس احتمال به‌دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۶ با بهره‌گیری از LCM و MLP برای پیش‌بینی تغییرات ۳۰ سال آینده (۱۴۲۶) را نشان می‌دهد. در ماتریس مذکور، سطرها نشان‌دهنده طبقات پوشش سال ۱۳۹۶ و ستون‌ها مربوط به طبقات پوشش سال ۱۴۲۶ است. لازم به ذکر است که این مدل، پیش‌بینی طبقات پوشش در سال ۱۴۲۶ را با فرض ثابت ماندن فرایندهای تغییر پوشش اراضی در طی ۳۰ سال بعد (بازه ۱۳۹۶ تا ۱۴۲۶) انجام داده است.

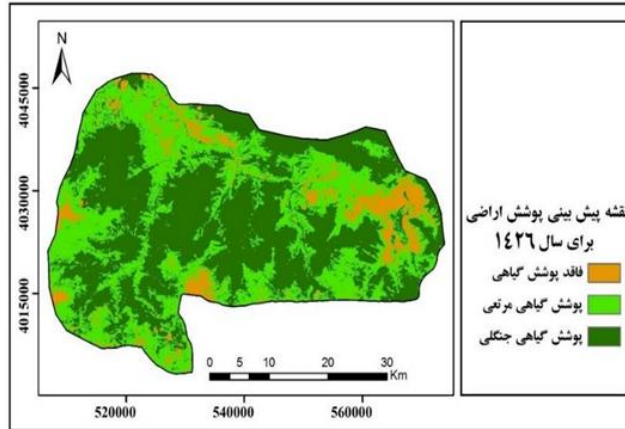
جدول ۸- ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۶

Table 8- Transfer probability matrix calculated based on land cover maps in 1985 and 2017

طبقه پوشش جنگلی	طبقه پوشش مرتعی	طبقه فاقد پوشش	۱۳۹۶:۱۳۶۵
۰/۰۱	۰/۵	۰/۴۷۷	طبقه فاقد پوشش
۰/۲۹	۰/۶۵	۰/۰۵	طبقه پوشش مرتعی
۰/۷۸	۰/۱۹	۰/۰۱	طبقه پوشش جنگلی

همان‌طور که در جدول (۸) مشاهده می‌شود با احتمال ۰/۴۷۷ پیکسل‌های مربوط به طبقه فاقد پوشش در سال ۱۳۹۶، در سال ۱۴۲۶ نیز بدون پوشش باقی بماند و ۰/۵ احتمال دارد که به اراضی با پوشش مرتعی تبدیل شود. همچنین احتمال می‌رود، طبقه پوشش مرتعی ۰/۶۵ و طبقه پوشش جنگلی ۰/۷۸ بدون تغییر باقی بمانند. احتمال می‌رود که ۰/۲۹ از طبقه پوشش مرتعی در سال ۱۳۹۶، به طبقه پوشش جنگل در سال ۱۴۲۶ تبدیل شود. همچنین پیش‌بینی می‌شود که ۰/۱۹ از طبقه پوشش جنگل در سال ۱۳۹۶، به طبقه پوشش مرتعی در سال ۱۴۲۶ تبدیل شود. در نهایت با استفاده از عملگر مارکوف و با لحاظ نقشه پوشش زمین سال ۱۳۹۶ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت

انتقال حاصل از مرحله قبل اجرا و نقشه پوشش زمین برای سال ۱۴۲۶ پیش بینی شد که در شکل ۱۶ آورده شده است. مساحت و درصد مساحت طبقات مختلف پوشش اراضی در سال ۱۴۲۶ در جدول (۹) و شکل ۱۷ نیز نشان داده شده اند. براساس نتایج بدست آمده طبقات پوشش اراضی فاقد پوشش مساحتی در حدود ۱۴۸۱۶ هکتار معادل ۸ درصد، طبقه پوشش مرتعی مساحتی در حدود ۷۴۹۱۴ هکتار معادل ۴۰/۸ درصد و طبقه پوششی جنگل مساحتی در حدود ۹۳۸۰۷ هکتار معادل ۵۱/۱ درصد خواهند داشت.



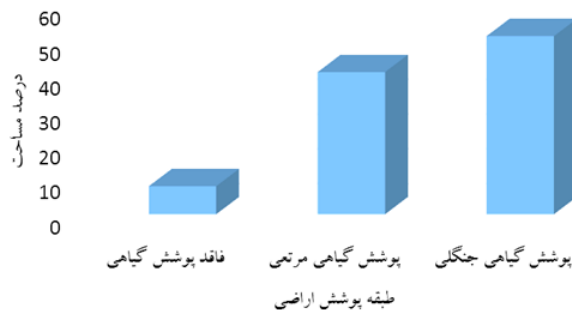
شکل ۱۶: نقشه پیش بینی شده پوشش اراضی برای سال ۱۴۲۶

Figure 16: Predicted land cover map for 2047

جدول ۹- مساحت و درصد مساحت طبقات پوشش اراضی در سال ۱۴۲۶ برحسب هکتار

Table 9- Area and percentage of land cover classes in 2047 in terms of hectares

پوشش گیاهی جنگلی		پوشش گیاهی مرتعی		فاقد پوشش گیاهی		کلاس سال
درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	
۵۱/۱۱	۹۳۸۰۷	۴۰/۸۱	۷۴۹۱۴	۸/۰۷	۱۴۸۱۶	۱۴۲۶



شکل ۱۷: مساحت طبقات پوشش اراضی در سال ۱۴۲۶ برحسب درصد

Figure 17: The area of land cover classes in 2047 in terms of percentage

## نتیجه‌گیری و پیشنهاد

### نتایج حاصل از بررسی روند شاخص‌های پوشش گیاهی

در مطالعه حاضر روند تغییرات شاخص‌های پوشش گیاهی DVI، EVI و NDVI و در بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۶۴ در شکل‌های ۳ تا ۹ آورده شده است. براساس نتایج بدست آمده سه شاخص مذکور در بازه تحقیق روند مشابه افزایش پوشش گیاهی و کاسته شدن از طبقه بدون پوشش را نشان می‌دهد که دلیل آن را عامل انسانی و قرار گرفتن سطح وسیعی از منطقه مورد مطالعه در فهرست مناطق حفاظت شده سازمان محیط زیست دانست.

### نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات پوشش اراضی

جهت تهیه نقشه پوشش اراضی در سه کلاس فاقد پوشش، پوشش مرتعی و پوشش جنگلی از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی پوشش اراضی در سال ۱۳۶۴ مساحت کلاس اراضی فاقد پوشش، پوشش گیاهی مرتعی و پوشش گیاهی جنگلی به‌ترتیب ۲۸۰۷۱ هکتار، ۷۱۷۸۴ هکتار و ۸۳۶۸۲ هکتار بوده است. در سال ۱۳۶۹ مساحت کلاس اراضی فاقد پوشش ۲۶۸۶۹ هکتار، کلاس اراضی دارای پوشش مرتعی ۶۹۲۴۵ هکتار و کلاس پوشش جنگل ۸۷۴۲۴ هکتار بوده است. مساحت طبقات پوشش اراضی در سال ۱۳۷۴ برای اراضی فاقد پوشش ۳۷۶۸۰ هکتار، اراضی دارای پوشش گیاهی مرتعی ۷۶۵۴۳ هکتار و مساحت کلاس پوشش جنگل ۶۹۳۱۴ هکتار بوده است. برای سال ۱۳۷۹ مساحت طبقات پوششی اراضی فاقد پوشش، اراضی دارای پوشش

مرتعی و اراضی دارای پوشش جنگلی به‌ترتیب ۵۰۲۵۱ هکتار، ۶۷۷۰۱ هکتار و ۶۵۵۸۵ هکتار بوده است. در سال ۱۳۸۹ مساحت اراضی فاقد پوشش گیاهی ۲۵۲۷۲ هکتار، مساحت طبقه پوششی مرتعی ۷۶۳۲۴ هکتار و مساحت طبقه پوششی جنگل نیز ۸۱۹۴۱ هکتار بوده است. در سال ۱۳۹۴ مساحت طبقه بدون پوشش، طبقه پوشش مرتعی و طبقه پوشش جنگلی به‌ترتیب ۲۱۸۲۴ هکتار، ۶۸۹۸۳ هکتار و ۹۲۷۳۰ هکتار بوده است. و در نهایت در سال ۱۳۹۶ طبقه فاقد پوشش گیاهی مساحتی در حدود ۱۹۰۶۴ هکتار، طبقه پوشش گیاهی مرتعی مساحتی در حدود ۷۲۵۴۰ هکتار و مساحت طبقه پوشش جنگل ۹۱۹۳۲ هکتار معادل بوده است. جهت پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی برای سال ۱۴۲۶ از نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۶۴ و ۱۳۹۶ به عنوان لایه‌های ورودی به مدل ساز تغییر سرزمین استفاده شد. با استفاده از این دو لایه و با کاربرد شبکه عصبی MLP ماتریس احتمال انتقال کاربری‌ها با صحت بالای ۷۰ درصد تهیه شد و در نهایت با استفاده از مدل مارکوف نقشه پوشش زمین برای سال ۱۴۲۶ پیش‌بینی شد. براساس نتایج بدست آمده طبقه اراضی فاقد پوشش مساحتی در حدود ۱۴۸۱۶ هکتار، طبقه پوشش مرتعی مساحتی در حدود ۷۴۹۱۴ هکتار و طبقه پوششی جنگل مساحتی در حدود ۹۳۸۰۷ هکتار خواهند داشت. نتایج بررسی پوشش اراضی در بازه بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۴۲۶ بیان‌گر روند کاهشی در مقدار مساحت طبقه فاقد پوشش و روند افزایشی مقدار مساحت در طبقات پوشش مرتعی و پوشش جنگل می‌باشد که باتوجه به ثابت بودن الگوی دما و بارش در

منطقه عامل رخداد این وضعیت را می توان به وجود قسمت وسیعی از منطقه در فهرست مناطق حفاظت شده عنوان کرد. نتایج این پژوهش در خصوص حال و آینده تغییرات پوشش گیاهی با نتایج تحقیقات (Arkhi et al (2018) ، (Omidvar et al (2014) مبنی بر جلوگیری از تخریب جنگل با تاکید بر پایداری زیست محیطی همخوانی نزدیکی داشته است. در همین راستا نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات (Nikpour et al (2017) در خصوص رابطه بین فعالیت های جنگل زدایی با سیاست های واگذاری زمین همخوانی داشته است. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق (Soltani and Mohammadnejad(2021) در مورد درک بهتر محیط زیست و استفاده از فرصت ها برای پرداختن به تغییرات کاربری اراضی، بهبود دانش در مورد اثرات ناشی از تخریب پوشش گیاهی همخوانی داشته است.

- در این مطالعه برای تمامی دوره ها از داده های لندست استفاده گردید درحالی که در سال های اخیر تصاویر ماهواره ای با کیفیت مناسب تری نسبت به سری ماهواره لندست ارائه شده است، بنابراین پیشنهاد می شود که همراه با سری تصاویر لندست از تصاویر ماهواره هایی مثل سنتینل ۲ استفاده شود و تصاویر این دو ماهواره با همدیگر جهت افزایش صحت آشکارسازی به کار گرفته شوند.
- از آنجایی که روش های مختلف طبقه بندی تصاویر به منظور تهیه پوشش سطح و کاربری اراضی دارای دقت های مختلفی هستند، پیشنهاد می شود روش های مختلف برای تهیه کاربری اراضی بررسی گردد. این کار با دو هدف انجام می گیرد، اول تهیه تصویر طبقه بندی با کیفیت مناسب تر برای پایش منطقه و هدف دوم ارزیابی روش های مختلف و انتخاب بهترین روش طبقه بندی برای منطقه مورد مطالعه.
- به منظور پیش بینی پوشش سطح و کاربری اراضی روش های مختلفی مانند LCM، CA-Markov و روش های رگرسیون وزنی وجود دارد که هر کدام از این روش ها با دقت کاربری سطح زمین را پیش بینی می کنند که پیشنهاد می شود برای ارزیابی بهتر چندین روش با هم مورد استفاده قرار گیرد تا نتایج دقیق تری حاصل گردد.

## References

- Arkhi, D., & Esfahani, M. (2019). Forecasting land use changes using multi-temporal images and the Marko chain model (Case Study: Ilam city). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 9(30), 95-112.. [In Persian]. doi. 10.22111/GAIJ.2019.4529.
- Nikpour, N., Fotoohi, S., Hosseini, S. Z., & Bahrami, S. (2019). Monitoring the trend of vegetation changes one of the most important indicators of land degradation (in Ilam province). *Journal of Spatial Analysis Environmental hazarts*, 5(4), 21-48. [In Persian]. dio:10.29252/jsaeh.5.4.21
- Graham, V., Nurhidayah, L., & Astuti, R. (2020). Reducing emissions from tropical deforestation and forest degradation. In D. A. DellaSala, & D. A. DiPaolo (Eds.), *Encyclopedia of the world's biomes* (Vol. 3, pp. 260-268). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11928-1> doi:org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11928-1
- Ismaili, A, Ashjazai, H. (2018)." Modeling land use changes through Markov chain and using geographic information systems and remote sensing (case study: Qom province)", **Geography and Regional Urban Planning**,31, 153-172. . [In Persian].dio:10.22111/GAIJ.2019.4710
- Ilderami, A, Nouri, H, Naderi, M., Aghabeigi, A., Soheila, Zainiwand, H (2016)." Prediction of land use changes using Markov chain model and CA Markov (case study: Green watershed). **Watershed Management Research**, 8(16):232-240. [In Persian]. doi:10.29252/jwmr.8.16.232
  - Jabbari, Samia, Khajehuddin, S ., Jafari, R.,& Soltani, Saeed. (2014), "Investigation of changes in the vegetation percentage of pastures using satellite images in the Semiram region of Isfahan", **Applied Ecology Journal**, , 10, 27-38. . [In Persian]. dio:20.1001.1.24763128.1393.3.10.3.7
- Jahani, A. (2018), "Assessing the risk of implementing the forestry plan on changes in the spatial density of vegetation under Ashkob forest with an artificial neural network modeling approach". **Spatial Analysis of Environmental Hazards**, 6 (2), 21-34. . [In Persian].dio: 0.29252/jsaeh.6.2.21
- Omidhar, Dr. Kamal, Narangi Fard, Mahdi, Abbasi, Hojatullah (2014). Revealing land use and vegetation changes in Yasouj using remote sensing, **Geography and Regional Urban Planning**, 5(16), 111-126. . [In Persian]. doi:10.22111/gaij.2015.2166
  - Rouhani, Nima, Moradi Faraj, Afsanah, Magdari, Barat, Rajaei, Taher, Jabari, Ehsan (2021). Investigating land use change in Qom province along with climatic parameters using satellite remote sensing technology. **Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources**, 12(4), 28-46. In Persian].dio: 10.30495/girs.2021.681122
- Rezaei Moghadam, Mohammad Hossein, Valizadeh Kamran, Khalil, Andriani, Soghari, Almaspour, Farhad. (2014). Comparison of neural network and support vector machine methods in extracting land use and land cover maps using Landsat 8 images (case study: Sufi Chai Basin), **Scientific Journal of Geography and Planning**, 19(52), 163-183. . [In Persian].[https://journals.tabrizu.ac.ir/article\\_3698\\_136.html](https://journals.tabrizu.ac.ir/article_3698_136.html)
- Roy, B. (2021). Optimum machine learning algorithm selection for forecasting vegetation indices: MODIS NDVI & EVI. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100582. doi:10.1016/j.rsase.2021.100582.

- Soltani, Naser, Mohammadnejad, Vahid (2021). The efficiency of Google Earth Engine (GEE) system in evaluating land use changes and its prediction with Markov model (case study of Urmia Plain), **Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources**, 12(3), 101-114. [In Persian].doi : (10.30495/girs.2021.679276
- Sigaroodi, S. K., Chen, Q., Ebrahimi, S., Nazari, A., & Choobin, B., (2014). Long-term precipitation forecast for drought relief using atmospheric circulation factors: a study on the Maharloo Basin in Iran. **Hydrology and Earth System Sciences**, 18(5): 1995-2006. doi:org/10.5194/hess-18-1995-2014
- Sotille, M. E., Bremer, U. F., Vieira, G., Velho, L. F., Petsch, C., & Simões, J. C. (2020). Evaluation of UAV and satellite-derived NDVI to map maritime Antarctic vegetation. **Applied Geography**, 125, 102322. doi:10.1016/j.apgeog.2020.102322
- Weishou, Shen. , Zhang Hui, Ji. , Di, Shouguang. , Yan, Haidong. , Li , Naifeng. , Lin.(2011) , The Response Relation between Climate Change and NDVI over the Qinghai-Tibet plateau, World Academy of Science, **Engineering and Technology, International Science**, Vol 5, No 11, P 2438-2444.doi.org/10.5281/zenodo.1055110
- Yaghobzadeh, M. , and Akbarpour, A. , (2011) , The effect of satellite image classification algorithm based on curve number runoff and maximum flood discharge using GIS and RS, **Geography and Development** 9 (22):5-22.[In Persian]. doi:10.22111/GDIJ.2011.567
- Yin G, Hu Z, Chen X, Tiyp T., (2016). Vegetation dynamics and its response to climate change in Central Asia. **Journal of Arid Land**, 8(3): 375-388. doi:10.1007/s40333-016-0043-6

## Modeling and forecasting land use changes by integrating vegetation indicators and scenarios based on Markov chain model in peri-urban protected areas

Yousef Darvishi<sup>۴</sup>  
Omid Hosseini<sup>۵</sup>  
Zainab Razaghi<sup>۶</sup>

### Extended Abstract

#### Introduction

Findings The preparation of land use and land cover maps is important for planning and managing natural resources (Rezaei Moghadam et al., 2015: 163). Vegetation has changed for various reasons and over time due to natural or human factors that affect the conditions and functioning of the ecosystem. Therefore, the need to detect, predict and care for such changes in an ecosystem is very important (PourkhAbaz et al., 2019: 24). Deforestation and destruction of vegetation is one of the main drivers of global earth changes and has great consequences on ecosystem functioning and biodiversity conservation

One of the ways to study vegetation changes as the most important indicator of land degradation is remote sensing (Nikpour et al., 2018: 21). Communities that manage and maintain forests are affected by deforestation and forest destruction. Therefore, understanding their role in supporting or preventing deforestation and forest destruction is considered important as a national effort to reduce carbon emissions from the forest (Graham, et al, 2019).

Therefore, in this research, we seek to reveal the changes in vegetation in the region and predict the variability of this process for the next decades. So that with appropriate predictions of land use changes in this study area, risk management can be applied instead of crisis management in natural areas, including the protection of this national capital. In the second part, the innovation of this research compared to the previous researches can be seen in the fact that so far less attention has been paid to the measurement of the changes in the vegetation cover of protected areas as a heritage with natural value, and this research tries to look at this issue with a forward-looking perspective. to pay

#### Materials and methods

In the current research, Landsat satellite images were used in 7 time periods, respectively, for the period of June 2, 1985, row 164 and passage 035, May 28, 1990, July 13, 1995, and June 8, 2000, the TM sensor image of Landsat 5 satellite was used. Also, for the date of June 4, 2010, the TM sensor

<sup>۱</sup>.Department of Geography, Faculty of Social Sciences, Payam Noor University, Tehran, Iran. (Author).

E-mail: phddarvishi@pnu.ac.ir

<sup>۲</sup>. Master's degree, Department of Geography and Urban Planning, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan, Iran.

<sup>۶</sup>. Master's degree, Department of Climatology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.



image of the Landsat 7 satellite is used, and for the period of May 17, 2015, June 7, 2017, the OLI sensor image of the Landsat 8 satellite is used.

For the classification method, the most similar algorithm was used in the ERDAS IMAGINE software environment. It is worth mentioning that land use changes from forest cover to non-forest cover were identified between 1364 and 1396. Then, using the MLP neural network method, these changes were predicted in the land change modeling environment for 1426

### Discussion

After evaluating the EVI vegetation index, the resulting maps were classified into five classes: less than zero, between zero and 0.2, between 0.2 and 0.4, between 0.4 and 0.6, and more than 0.6. The results of which are presented in Table 6 for the years 1364 to 1396. The results of EVI index classification in Table 6 show that the highest level in different years are in different classes, but the lowest level is always in the class less than zero. The results show that the highest level in 2014 in the class is more than 0.6. The highest level in 1369, 1374 and 1379 is in the class of 0.2 to 0.4. Also, the highest level in other years (1389, 1394 and 1396) for the EVI index is in the class greater than 0.6.

After evaluating the NDVI vegetation index, the resulting maps were classified into five classes: less than zero, between zero and 0.2, between 0.2 and 0.4, between 0.4 and 0.6 and more than 0.6. The results of which are presented in Table 7 for the years 1364 to 1396. As the results of this part of the study show, this index, like other indices, has shown the lowest share of the percentage of area in all periods in the class less than zero, but the highest value of this index except in 2019, which is in the class 0.2 to 0.4. 0.0 has shown that in other courses, the largest share related to the class is more than 0.6

### Conclusion

The results of the survey of land cover in the period between 1364 and 1426 show a decreasing trend in the area of the uncovered layer and an increasing trend of the area in the pasture and forest cover classes, which can be attributed to the constant temperature and precipitation patterns in the region. He stated that there is a large part of the region in the list of protected areas. Net

In order to predict land cover and land use, there are various methods such as LCM, CA-Markov and weighted regression methods, each of these methods accurately predict land use, which is suggested for better evaluation of several method