



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"

دوره هشتم، شماره هفدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

علمی-پژوهشی

بررسی تغییرات پوشش جنگل و مرتع زیست‌بوم ارسباران طی ۳۴ سال با کاربرد تکنیک سنجش از دور

صابر تقی‌پور^۱، مهرداد قدس‌خواه دریایی^۲، ابوذری حیدری صفری کوچی^۳، سحر غفاری^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

^۲دانشیار گروه علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

^۳دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا

^۴دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰

چکیده

برآورد میزان تغییرات به وقوع پیوسته در پوشش جنگل‌ها و مراتع منجر به ایجاد درکی روشن از رشد یا زوال این عرصه‌های طبیعی و برنامه‌ریزی برای حفاظت مؤثر از این سرمایه‌های ملی می‌شود. پژوهش حاضر باهدف آشکارسازی روند تغییرات پوشش جنگل و مرتع در منطقه حفاظت‌شده دیزمار ارسباران در یک بازه زمانی ۳۴ ساله با استفاده از تصویر سنجنده MSS ماهواره لندست-۵ سال ۱۳۶۴، تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست-۷ سال ۱۳۷۹ و تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست-۸ مربوط به سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ به انجام رسید. به این منظور، طبقه‌بندی تصاویر به صورت نظارت‌شده با الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم حداکثر احتمال در مورد سه کلاسه جنگل، مرتع و سایر کاربری‌ها (هر نوع کاربری به‌جز جنگل و مرتع) به انجام رسید. نتایج نشان داد که روش ماشین بردار پشتیبان با دقت کلی بالاتر نسبت به روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی از کارایی بالاتری در طبقه‌بندی طبقات پوشش جنگل و مرتع در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. برآوردها نشان داد که طی ۳۴ سال، طبقه جنگل به میزان ۱۳۵/۵۳ کیلومتر مربع کاهش و طبقات مرتع و طبقه سایر کاربری‌ها با ۱۰۳/۱۹ و ۳۲/۳۴ کیلومتر مربع افزایش سطح مواجه شده‌اند. همچنین بیشترین نوع تغییر کاربری طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۸ با ۶۴/۱۵ کیلومتر مربع مربوط به تبدیل

* نویسنده مسئول: mdaryaei9@gmail.com

پوشش جنگل بود. نتایج مطالعه حاضر به وضوح نشان دهنده تعرض به اراضی جنگلی منطقه است که نیاز به اجرای عملیات فنی احیای جنگل در این ناحیه رویشی را روشن می‌سازد.
واژه‌های کلیدی: تخریب اراضی، ذخیره‌گاه جنگلی، ماشین بردار پشتیبان، طبقه‌بندی، لندست

مقدمه

تخریب جنگل‌ها یکی از عوامل اصلی تغییر کاربری اراضی به‌شمار می‌رود. جنگل‌زدایی در تعریف، تخریب دائمی جنگل به‌منظور ایجاد زمین در دسترس برای کاربری‌های دیگر است (Iranmanesh et al., 2019). یکی از پیش‌شرط‌های اصلی برای استفاده بهینه از زمین، اطلاع از الگوهای کاربری سرزمین و دانستن تغییرات هرکدام از کاربری‌های در طول زمان است (خزاعی و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به نقش جنگل‌ها در زندگی بشر، لازم است اطلاعات دقیقی از روند تغییرات آن‌ها کسب گردد و نظارت بر روند تغییرات و دسترسی به آمار و اطلاعات بروز و به‌هنگام شده، از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزار مدیریت می‌باشد (قربان‌نیا خیبری و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجاکه تغییرات در کاربری اراضی در سطوح وسیع و گسترده صورت می‌گیرد، تکنولوژی سنجش از راه دور یک ابزار ضروری و باارزش در ارزیابی تغییرات به دلیل پوشش مکرر و تکراری کره زمین است. طبقه‌بندی تصاویر یکی از موضوعات مهم در سنجش از دور بوده و در سال‌های اخیر ظهور الگوریتم‌ها و تکنیک‌های جدید جهت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه آن‌ها با یکدیگر برای دستیابی به یک روش طبقه‌بندی مناسب در یک منطقه خاص ارزشمند کرده است (کاکه‌ممی و همکاران، ۱۳۹۶). به‌طور کلی می‌توان روش‌های طبقه‌بندی را به‌صورت کلی به دو روش نظارت‌شده و نظارت‌نشده تقسیم‌بندی نمود. روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده براساس نمونه‌های تعلیمی سطح تصویر، پیکسل‌هایی از آن را که به لحاظ طیفی مشابه هستند با استفاده از روش‌های مختلف آماری طبقه‌بندی می‌کنند. روش‌های شبکه عصبی مصنوعی^۱ و روش حداکثر احتمال^۲ و ماشین بردار پشتیبان^۳ از جمله روش‌های نظارت‌شده می‌باشند که هر سه تا حد زیادی به نمونه‌های تعلیمی برداشت‌شده توسط کاربر بستگی دارند (شنانی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵).

ناحیه رویشی ارسباران، منطقه‌ای در شمال غربی کشور و در شمالی‌ترین قسمت استان آذربایجان شرقی می‌باشد که از کرانه‌های رود ارس در مرز ایران و کشور آذربایجان آغاز شده و ۹۲۵ هزار هکتار عرصه طبیعی را در شهرستان‌های کلیبر، اهر، جلفا، ورزقان، مرند و بخش کوچکی از استان اردبیل را به خود اختصاص داده است (محمدزاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ قنبری و همکاران، ۱۳۹۷). برخوردار از

¹ Artificial Neural Networks - ANN

² Maximum likelihood classification

³ Support Vector Machine

آب‌وهوای نیمه‌مرطوب و وجود مه در این ناحیه سبب شده است که جنگل‌های نیمه انبوهی در این مناطق شکل گیرد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۵). ارسباران از سال ۱۳۵۴ به‌عنوان یکی از نه ذخیره‌گاه زیست‌کره ایران و یکی از اندوخت‌گاه‌های زیست‌سپهر یونسکو و تحت برنامه انسان و کره مسکون، مورد حمایت جهانی قرار گرفته است (قنبری و همکاران، ۱۳۹۷؛ امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵). جنگل‌های ارسباران با وجود اهمیت زیاد از نظر ذخایر ژنتیکی و نقش بسزای آن در تعادل اقلیمی شمال غرب کشور، از دیرباز مورد بهره‌برداری و تخریب شدید قرار گرفته و جهت تخصیص به منبع تهیه زغال، سوخت و چوب مصرفی صدمات بسیاری به آن وارد شده است (میرآخورلو و اخوان، ۱۳۹۶). این عوامل در کنار ذخایر معدنی کشف‌شده در دل توده‌های جنگلی ضرورت حفاظت از این ذخیره‌گاه ارزشمند زیست‌کره کشور را دوچندان نموده است (خالقی و همکاران، ۱۳۹۶).

محققان زیادی به مطالعه پایش تغییرات کاربری اراضی پوشش‌های جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. از جمله در مطالعه عزیزی قلاتی و همکاران (۱۳۹۴) شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون حداقل مربعات در مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در منطقه کوهمره سرخی مورد استفاده قرار گرفت که نتایج در یک دوره زمانی حاکی از بیشترین افزایش مساحت در ناحیه پوشش مرتع (۱۸۷۱/۸۲ هکتار) و بیشترین کاهش مساحت در ناحیه جنگل (۳۰۸۲/۰۵ هکتار) بود. اسکندی (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به منظور مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در رویشگاه‌های حساس زاگرس دریافت که روش الگوریتم ماشین بردار با صحت کلی ۷۹ درصد و ضریب کاپای ۰/۷، دقت بیشتری نسبت به روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال دارد. خوی و مورایاما (Khoi and Murayama, 2010) با مدل‌سازی تغییرات پوشش جنگل در کشور ویتنام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی دریافتند که تخریب جنگل‌های منطقه در مرز جنگل و زمین‌های کشاورزی، سطوح جنگلی نزدیک به منابع آب و مناطق کم ارتفاع بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. همچنین میتانی و همکاران (Maithani et al., 2009) برای تهیه نقشه کاربری شهری از سه لایه ورودی پنهان و خروجی استفاده کردند که نتایج ارزیابی عملکرد مدل از صحت کلی ۶۶/۵ درصد برخوردار بود و آن را برای پیش‌بینی رشد مناطق شهری کارآمد عنوان کردند.

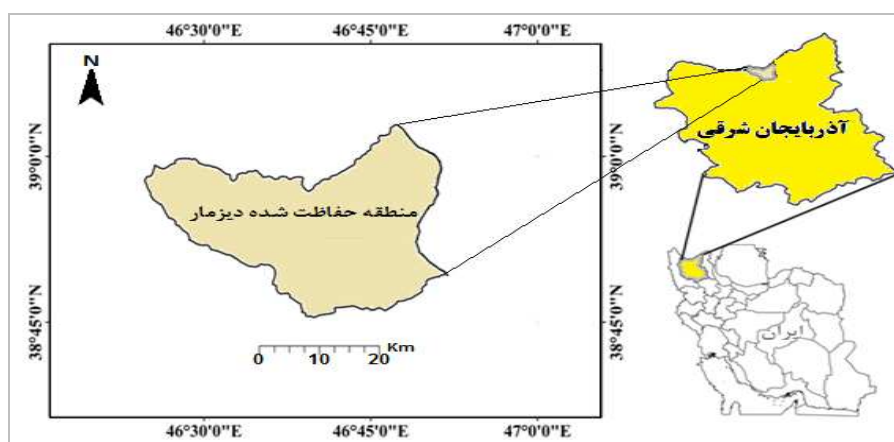
با توجه به مقدمه فوق هدف از مطالعه حاضر، تعیین میزان تغییرات پوشش جنگلی منطقه حفاظت‌شده دیزمار واقع در ناحیه رویشی ارسباران با کاربرد تکنیک سنجش از دور و الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر در می‌باشد. بنابراین در پژوهش حاضر پس از آزمون الگوریتم‌های مختلف انتخاب بهترین الگوریتم، میزان تغییرات کاربری‌های موردنظر در محدوده زمانی مطالعه به‌دست خواهد آمد. مطالعه حاضر از نظر طول دوره مطالعه، روش بررسی و نتایج آن که به بهبود روند حفاظت از منطقه

مورد مطالعه (به واسطه تعیین کانون‌های بحران و تشریح عوامل تخریب عرصه‌های طبیعی) منجر خواهد شد حائز اهمیت است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده دیزمار با مساحت تقریبی ۷۵۱/۳۳ کیلومترمربع و با مختصات عرض جغرافیایی ۴۱' و ۳۸° الی ۵۷' و ۳۸° شمالی و طول جغرافیایی ۱۸' و ۴۰° الی ۴۶' و ۴۰° شرقی در شمال استان آذربایجان شرقی واقع و با ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران همسایه است (شکل ۱). حداقل ارتفاع آن ۴۰۰ متر از سطح دریاهای آزاد در دره بزرگ ارس و حداکثر ارتفاع ۲۶۰۰ متر در کوه قاضی بلاغ می‌باشد (امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵). با توجه به منحنی‌های همباران حداقل بارندگی منطقه دیزمار ۲۵۰ میلی‌متر در ضلع شمال‌غربی و حداکثر بارندگی به میزان ۴۰۰ میلی‌متر در ضلع شرقی منطقه می‌باشد. در منطقه دیزمار دره ارس به دلیل ارتفاع کم و محصور بودن توسط ارتفاعات (نزول اجباری) از نظر دمایی معتدل بوده درحالی‌که ارتفاعات منطقه دارای اقلیم سرد کوهستانی می‌باشد (امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منطقه حفاظت‌شده دیزمار - سال تصویب: ۱۳۹۰)

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش داده‌های سنجش‌ازدوری منطقه مورد مطالعه شامل تصاویر سنجنده TM^۱ ماهواره لندست-۵ مربوط به سال ۱۳۶۴، سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۱۳۷۹، ماهواره لندست-۷، سنجنده

^۱ Thematic Mapper

OLI^۳ ماهواره لندست-۸ مربوط به سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استفاده شد. از آنجایی که هدف از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات پوشش اراضی ناحیه ریشی ارسباران است از میان تصاویر قابل دسترس، داده‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که تقریباً از نظر ماه به هم نزدیک باشند. از این رو، با هدف عدم مواجهه با پوشش ابر و برف و همچنین افزایش شدت تابش نور خورشید، هر چهار تصویر با ده روز اختلاف در تیرماه انتخاب شد (جدول ۱). به منظور ارزیابی صحت و اصلاح هندسی نقشه‌های پوشش اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. همچنین برای پردازش، طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.1، ENVI 5.1، Google Earth و Excel 2013 استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده در پژوهش

نوع سنجنده	ردیف و گذر	تاریخ برداشت (میلادی)	سال برداشت (خورشیدی)
MSS	۱۶۸-۳۳	۱۹۸۵/۰۷/۱۰	۱۳۶۴
ETM ⁺	۱۶۸-۳۳	۲۰۰۰/۰۷/۱۴	۱۳۷۹
OLI	۱۶۸-۳۳	۲۰۱۵/۰۶/۳۰	۱۳۹۴
OLI	۱۶۸-۳۳	۲۰۱۹/۰۷/۱۱	۱۳۹۸

روش پژوهش

پیش‌پردازش و تهیه تصاویر

به‌طور کلی پیش‌پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی تصحیحات رادیومتریک و هندسی است (Richards, 2013). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و انطباق راه‌های ارتباطی استخراج شده از نقشه توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری با تصویر ماهواره‌ای، این تصاویر فاقد خطای هندسی قابل توجهی بود؛ اما دارای خطای رادیومتریکی بودند. تصحیحات رادیومتریکی برای کاهش و یا حذف دو نوع خطای عمده، اتمسفری و دستگاهی به کار می‌روند. ابتدا تصحیح رادیومتریک بر با استفاده از عمل کالیبراسیون انجام گرفت سپس به منظور کاهش اثرات اتمسفری که معمولاً به صورت خطای جمع شونده، ظاهر شده و باعث روشنی بیش از حد تصویر و کاهش وضوح می‌شوند، از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره^۴ استفاده شد (شنائی هویزه و زراعی، ۱۳۹۵). برای انجام تصحیح رادیومتریکی از ابزار Calibration Radiometric و تصحیح اتمسفری از روش FLAASH در نرم‌افزار ENVI استفاده شد.

^۲ Enhanced Thematic Mapper

^۳ Operational Land Imager

^۴ Dark subtraction

به دلیل اینکه طبقه‌بندی با روش نظارت‌شده نسبت به نظارت‌نشده بیشتر تحت کنترل کاربر می‌باشد، جهت تهیه نقشه کاربری اراضی، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی استفاده گردید (Wan et al., 2018). به این ترتیب که برای کاربری‌های موجود در منطقه (سه طبقه کلی شامل جنگل، مرتع و سایر کاربری‌ها) هر نوع کاربری غیر از جنگل و مرتع) با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS⁵) نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری در هر منطقه تهیه گردید. نمونه‌های تعلیمی به دودسته تقسیم‌بندی گردید، بخشی از این نمونه‌های تعلیمی انتخاب‌شده برای طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی و بخشی دیگر برای برآورد صحت نتایج حاصل از الگوریتم‌های طبقه‌بندی ذکرشده استفاده شد. لازم به ذکر است که برای اینکه مقایسه‌ی مناسبی بین این روش‌ها انجام گیرد، نمونه‌های تعلیمی و صحت سنجی برای تمامی روش‌های طبقه‌بندی یکسان در نظر گرفته شد. پس از اعمال تصحیحات تصاویر با توجه به الگوریتم‌های مورد مطالعه برای به کمک ENVI هر الگوریتم با استفاده از نرم‌افزار، نمونه‌های تعلیمی، نقشه کاربری اراضی برای منطقه مطالعاتی تهیه گردید.

روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی

پرسپترون چندلایه‌ای⁶ با استفاده از الگوریتم تعلیمی انتشار بازگشتی از رایج‌ترین شبکه‌های عصبی مصنوعی است. بدین صورت که لایه ورودی برخلاف دیگر لایه‌ها، هیچ محاسباتی را انجام نمی‌دهد. در پژوهش حاضر جهت استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پس از آزمون و خطا و همچنین با توجه به نتایج صحت سنجی تنها از دولایه پنهان استفاده شد. انتشار بازگشتی با دو مرحله انتشار روبه‌جلو و انتشار رو به عقب تا زمانی که وضعیت عصبی آن بهتر شود تداوم پیدا کرد. در طول مرحله تعلیمی، هر نمونه در داخل لایه ورودی تغذیه‌شده و فعالیت عصب‌ها از لایه ورودی تا لایه خروجی در قالب برخی توابع نگاشت به‌طور پی‌درپی بروز شده و وزن گرفتند. شبکه عصبی یکی از روش‌های غیرپارامتری است که نیازی به فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها ندارد و این روش می‌تواند توصیف دقیقی از پردازش داده‌های ورودی در خروجی ارائه دهد (Sehgal, 2012).

روش ماشین بردار پشتیبان

روش دیگر استفاده‌شده برای طبقه‌بندی کاربری اراضی در مطالعه حاضر، روش ماشین بردار پشتیبان است یک روش طبقه‌بندی دو دویی است که با تعیین یک صفحه تفکیک‌کننده بهینه در

⁵ Global Positioning System

⁶ Multilayer perceptron

فضای ویژگی داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر جدایی بین آن‌ها، تفکیک می‌نماید. از جمله قابلیت‌های ماشین بردار پشتیبان، توانایی غلبه بر مشکل توزیع غیرخطی داده‌های آموزشی است. مزیت ماشین‌های بردار پشتیبان در قابلیت آن‌ها در حداقل کردن ریسک ساختاری یا خطای طبقه‌بندی هنگام حل مسئله طبقه‌بندی است (Hsu, et al. 2003).

روش حداکثر احتمال

در روش حداکثر احتمال دقت شد که کلاس‌بندی از توزیع نرمال گوسی پیروی کند چراکه این روش برای کلاس‌های چند طبقه مناسب‌تر است. در روش مذکور فرض بر این است که همه‌ی مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال هستند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طبقه‌بندی در این گستره پیوسته قرار گیرد. در طبقه‌بندی حداکثر احتمال پیکسل موردنظر به کلاسی نسبت داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. بنابراین در این پژوهش شرط توزیع نرمال در روش حداکثر احتمال در اولویت قرار گرفت (Yuqi, 2013).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای کلاس کاربری نقاط کنترل زمینی (نقاط مرجع) با کلاس کاربری پیش‌بینی‌شده آن‌ها توسط طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی ایجادشده باهم مقایسه گردید. بدین منظور از شاخص‌های صحت کلی (رابطه ۱)، صحت کاربر، صحت تولیدکننده و ضریب کاپا (رابطه ۲) استفاده شد. این شاخص‌ها از ماتریس خطا به دست آمدند (Barakat et al., 2018).

رابطه ۱

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk}$$

در رابطه‌ی فوق، OA نشان‌دهنده‌ی صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی‌شده و $\sum_{k=1}^N a_{kk}$ نمایه‌ی مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده) است (۲۵).

رابطه ۲ احتمال توافق - ۱ / (احتمال توافق) - (صحت مشاهده‌شده) = آماره کاپا

تهیه نقشه تغییرات کاربری

برای تهیه نقشه تغییرات کاربری پس از اعمال مراحل طبقه‌بندی برای هر تصویر ماهواره‌ای در دو زمان مختلف، طی فرآیند تناظریابی طبقات مشابه موجود در دو تصویر طبقه‌بندی اولیه و ثانویه انتخاب گردید (کلاس‌های دلخواه که در تحلیل تغییرات زمانی مدنظر می‌باشند). سپس نوع گزارش تغییرات کاربری اراضی به سه صورت پیکسل، درصد و مساحت تعیین و خروجی گرفته شد (Noghreh Alizadeh Deravi et al., 2020). در جدول تغییرات کاربری اراضی ظاهر شده، سطر بیانگر ارقام تصویر ثانویه و ستون آن، ارقام تصویر اولیه می‌باشند. براساس این جدول می‌توان میزان تغییرات طبقه به طبقه به صورت منفرد و نیز میزان تغییر هر طبقه به طبقات دیگر یعنی هر طبقه از تصویر اولیه به چه طبقاتی تغییر یافته را مشخص نمود. در سربزرگ میزان تغییرات یا سطح برحسب درصد در هر کلاس براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود (Han et al., 2019).

$100 \times \text{مقدار پیکسل در تصویر اولیه} / (\text{مقدار پیکسل در تصویر اولی} - \text{مقدار پیکسل در تصویر ثانویه})$
 رابطه ۳ = میزان تغییرات

همچنین با توجه به سطح تخریب و واضح بودن تغییرات در منطقه فعالیت معدن مس سونگون این معدن به‌عنوان یک طبقه جداگانه مورد بررسی قرار گرفت (Costa et al., 2020).

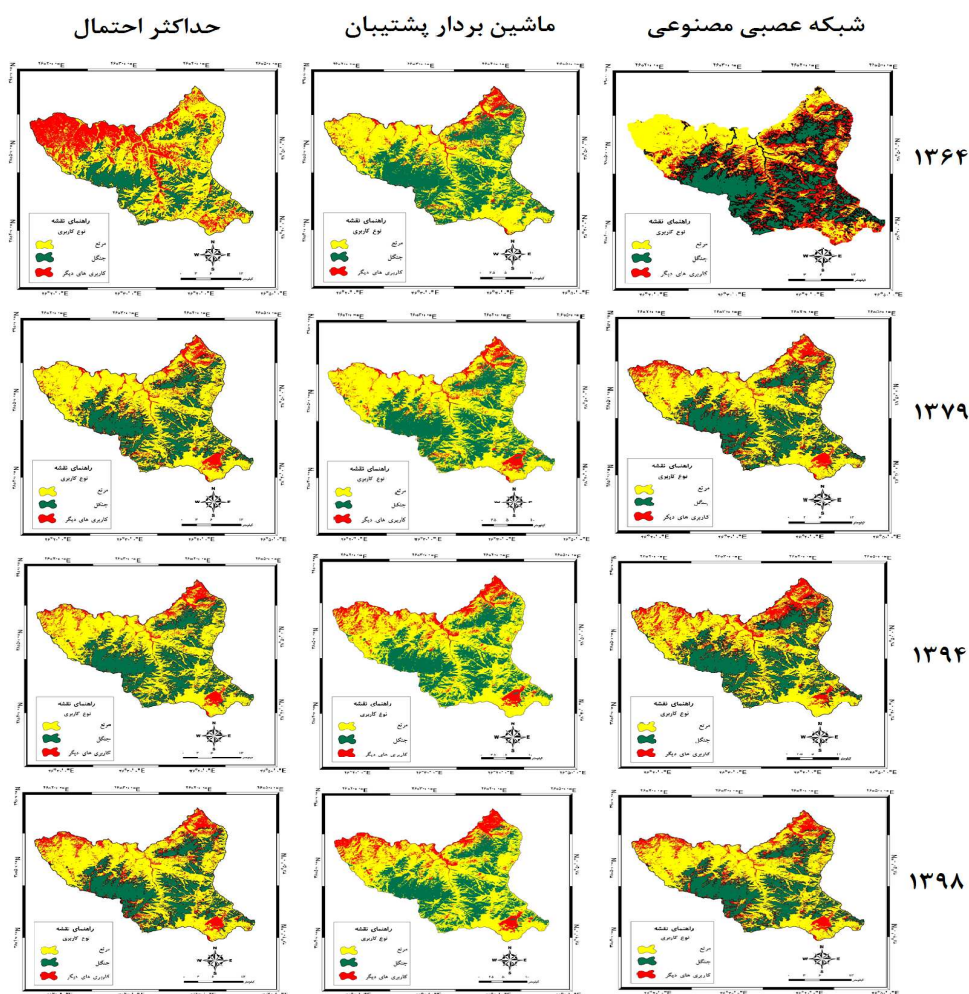
نتایج

در جدول ۲ نتایج به‌دست‌آمده از ضرایب صحت کلی و ضریب کاپا انواع روش‌های طبقه‌بندی ارائه شده است. نتایج حاصل از آنالیز آماری ضرایب صحت نشان داد که ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپا و صحت کلی بالاتری در مقایسه با طبقه‌بندی با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال ارائه نموده است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی صحت در روش‌های مختلف طبقه‌بندی در سال‌های مختلف

سال	ارزیابی	روش طبقه‌بندی		
		حداکثر احتمال	شبکه عصبی مصنوعی	ماشین بردار پشتیبان
۱۳۶۴	صحت کلی (درصد)	۸۷/۶۴	۸۰/۲۹	۹۰/۲۸
	کاپا	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۸۲
۱۳۷۹	صحت کلی (درصد)	۸۵/۶۸	۸۲/۹۱	۹۴/۱۸
	کاپا	۰/۸۲	۰/۷۶	۰/۹۱
۱۳۹۴	صحت کلی (درصد)	۸۹/۷۱	۹۰/۸۳	۹۷/۱۴
	کاپا	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۹۵
۱۳۹۸	صحت کلی (درصد)	۹۳/۴۹	۹۴/۸۲	۹۸/۱۱
	کاپا	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۹۷

نقشه کاربری اراضی براساس الگوریتم‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ در شکل ۲ نشان داده شده است. مرور بصری نتایج طبقه‌بندی با روش‌های مختلف به‌طور کلی نشان‌دهنده زوال تدریجی عرصه‌های جنگلی و افزایش سطوح مراتع است. بین سه روش مورد استفاده در طبقه‌بندی تصاویر سال اول اختلاف بیشتری وجود دارد اما در تصاویر مورد استفاده مربوط به سال‌های بعد، این اختلاف کاهش یافته است و طبقه‌بندی‌ها مطابقت بیشتری یافته‌اند.



شکل ۲- کاربری اراضی بر اساس طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و روش حداکثر احتمال در سال‌های مختلف

صحت تهیه‌کننده و صحت کاربر

صحت تهیه‌کننده و کاربر در دونقطه زمانی مورد مطالعه و برای تصاویر طبقه‌بندی‌شده براساس روش ماشین بردار پشتیبان نشان‌دهنده صحت بالا برای سایر کاربری‌ها می‌باشد و برای دو کاربری دیگر نیز صحت قابل قبولی به دست آمده است. با توجه به ضرایب جدول (۳) درصد صحت طبقه‌بندی به‌طور مناسب و با دقت قابل قبولی تعیین وضعیت تعیین کاربرهای مورد بررسی را تأیید نمود.

جدول ۳- صحت تولیدکننده و صحت کاربر برای تصویر طبقه‌بندی‌شده براساس روش ماشین بردار پشتیبان در طول بازه

مطالعه			
طبقه	سال	صحت تهیه‌کننده (درصد)	صحت کاربر (درصد)
جنگل		۱۰۰	۹۹/۵۳
مرتع	۱۳۶۳	۷۷/۶۱	۶۸/۳۴
سایر کاربری‌ها		۹۲/۱۴	۷۹/۵۲
جنگل		۹۴/۷۵	۹۷/۱۸
مرتع	۱۳۷۹	۷۶/۷۰	۷۳/۱۸
سایر کاربری‌ها		۷۶/۷۳	۷۸/۵۷
جنگل		۹۸/۹۴	۹۵/۳۶
مرتع	۱۳۹۴	۹۳/۲۵	۹۹/۴۸
سایر کاربری‌ها		۹۲/۹۷	۶۲/۱۹
جنگل		۹۹/۷۳	۹۸/۹۴
مرتع	۱۳۹۸	۷۶/۸۰	۵۹/۹۷
سایر کاربری‌ها		۹۲/۷۵	۸۹/۲۶

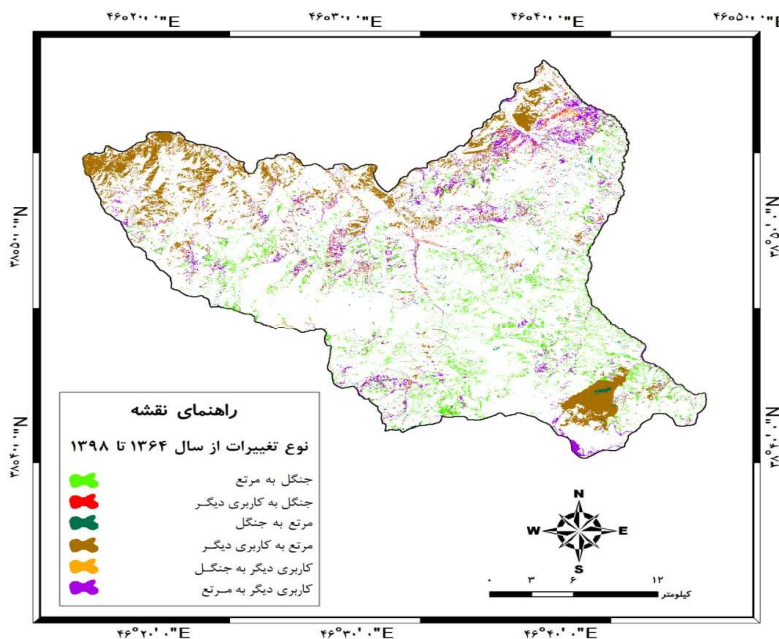
در جدول ۴ با استفاده از آنالیز، جداول اطلاعاتی تغییرات رخ داده در هر یک از کاربری‌ها براساس روش ماشین بردار پشتیبان تعیین شد. با توجه به نقشه حاصل از طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۱۳۶۴، پوشش جنگلی بیشترین سطح اشغال شده از منطقه حفاظت‌شده دیزمار را شامل می‌شده است. پس از جنگلی، اراضی مرتعی بیشترین سطح منطقه و درنهایت سایر کاربری‌ها که شامل مناطق مسکونی، تأسیسات، معادن و غیره می‌شوند کمترین سطح را از اراضی این منطقه در سال ۱۳۶۳ شمسی به خود اختصاص داده بودند؛ که به‌طور کلی بیانگر وضعیت مناسب پوشش گیاهی در این منطقه می‌باشد. وضعیت کاربرهای مختلف جنگل، مرتع و سایر کاربری‌ها در طول بازه زمانی سال‌های

۱۳۶۳ تا ۱۳۹۸ در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده کاهش سطوح جنگلی و پیشروی مراتع و کاربری‌های انسان‌ساخت در منطقه دارد.

جدول ۴- سطح کاربری‌های مختلف در سال‌های مورد مطالعه (کیلومتر مربع)

سال	۱۳۹۸	۱۳۹۴	۱۳۷۹	۱۳۶۴	انواع کاربری
	۲۵۳/۴۳	۲۵۴/۰۶	۳۰۰/۸۴	۳۸۸/۹۶	جنگل
	۳۹۷/۹۱	۴۰۲/۵۶	۳۷۶/۲۹	۲۹۴/۷۲	مرتع
	۹۹/۹۸	۹۴/۷۰	۷۴/۱۹	۶۷/۶۴	سایر کاربری‌ها

بارزترین تغییر در بخش سایر کاربری‌ها نیز در بخش جنوب شرقی منطقه قابل مشاهده است که مربوط به تشدید فعالیت و تخریب سطحی معدن سونگون در سال‌های اخیر می‌باشد. همچنین تبدیل سایر کاربری‌ها به مرتع در بخش جنوب شرقی منطقه نیز قابل توجه است (شکل ۳). نقشه تغییرات کاربری اراضی و نوع پراکنش آن در منطقه مورد مطالعه واضح‌ترین بخش تخریب اراضی دیزمار در دوره مطالعه را در ناحیه جنوب شرقی منطقه و در محل احداث معدن مس سونگون نشان می‌دهد. همچنین تغییرات قابل ملاحظه در کاربری اراضی سایر بخش‌های این منطقه نیز قابل مشاهده است (شکل ۵).



شکل ۳- نقشه اراضی تغییر یافته منطقه دیزمار در طول دوره ۳۱ ساله

جدول (۵) میزان تغییرات در سه طبقه کاربری اراضی بررسی شده در این پژوهش را نشان می‌دهد. با توجه به جدول تغییرات کاربری اراضی، طبقه جنگل با ۵۷/۹ کیلومترمربع با تخریب و کاهش گستره‌ای مواجه شده است. همچنین طبقه مرتع با ۵۴/۱۵ کیلومترمربع و طبقه سایر کاربری‌ها با ۸۰/۰۱ با افزایش مواجه شده است. همچنین در این جدول نوع و درصد تبدیل اراضی اولی در سال ۱۳۶۴ به طبقات ثانویه در سال ۱۳۹۸ مشخص شده است. بیشترین نوع تبدیل طبقات مربوط به تبدیل جنگل به مرتع و مرتع به سایر کاربری‌ها می‌باشد.

جدول ۵ - نوع و میزان تغییرات طبقات موردبررسی در منطقه مورد مطالعه

تغییرات کاربری (درصد)	مجموع تغییرات کاربری (کیلومترمربع)	طبقات پایانی (سال ۱۳۹۸)	طبقه اولیه (سال ۱۳۶۴)
۲۲/۸۸	۶۴/۱۵	مرتع	جنگل
	۳/۷۵	سایر کاربری‌ها	
۱۶/۷۶	۲۲۸/۸۱	بدون تغییر	مرتع
	۲/۹۵	جنگل	
۳/۴۴	۶۲/۲۶	سایر کاربری‌ها	سایر کاربری‌ها
	۳۲۳/۷۵	بدون تغییر	
	۰/۸۵	جنگل	سایر کاربری‌ها
	۱/۰۲	مرتع	
	۶۸/۳۶	بدون تغییر	

در شکل ۴ نمونه‌ای از تخریب اراضی جنگلی و تبدیل آن به مرتع در شکل نشان داده شده است. در این تصویر عقب‌نشینی جنگل و ایجاد فرسایش در دامنه تخریب‌یافته به وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۴- نمایی از اراضی تخریب‌شده در حریم روستای کرنگان

بحث و نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن اینکه منطقه دیزمار از مناطق حفاظت‌شده کشور می‌باشد و با توجه به اهمیت جنگل‌ها و مراتع در زمینه حفاظت آب‌وخاک و جلوگیری از فرسایش، تمرکز اصلی این مطالعه بر روی تعیین وضعیت تغییرات اراضی جنگلی و مراتع قرار گرفت و دیگر کاربری‌های موجود اعم از راه‌ها، تأسیسات، معادن و موارد مشابه دیگر همگی در طبقه سایر کاربری‌ها قرار گرفت.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، طبقه‌بندی کاربری‌های در نظر گرفته‌شده در پژوهش حاضر با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بیشترین دقت را در طبقه‌بندی حاصل نمود و بهترین نتایج را ارائه داد. در این مورد، مطالعات مشابه انجام‌شده در این زمینه نیز به نتایج مشابهی با مطالعه حاضر دست‌یافته‌اند. از جمله آرخی و ادیب‌نژاد (۱۳۹۰) قابلیت الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با چهار هسته را برای تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ETM⁺ را در حوضه سد ایلام ارزیابی و با نتایج طبقه‌بندی با روش حداکثر احتمال مورد مقایسه قراردادند. نتایج نشان داد که ماشین بردار پشتیبان به‌ویژه با سه کرنل خطی و چندجمله‌ای و شعاعی، دقت کلیباتری نسبت به روش حداکثر احتمال در طبقه‌بندی ارائه داده است.

همچنین، با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در محدوده زمانی بین سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۸ یعنی در طی ۳۴ سال، جنگل‌های منطقه با کاهشی معادل ۱۳۵/۵۳ هکتار مواجه شده است. با توجه به این موضوع که منطقه حفاظت‌شده دیزمار به وسعت ۶۸۶۴۵ هکتار تنها هشت سال است که به‌عنوان منطقه حفاظت‌شده معرفی شده است (امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵) می‌توان متصور شد که غالب این تغییرات در دوره مطالعه، بین سال‌های ۱۳۶۳ شمسی تا ۱۳۹۰ صورت گرفته باشد که تغییرات به وقوع پیوسته در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ مؤید این موضوع است. از طرفی با توجه به اینکه در طی دهه ۶۰ و ۷۰ هنوز بسیاری از مناطق شمال غرب کشور به‌ویژه مناطق عشایری و روستایی دسترسی مناسبی به سوخت‌های فسیلی نداشته‌اند و در طی این مدت هنوز طرح‌های خروج دام از جنگل‌ها و کاهش بهره‌برداری از جنگل‌های طبیعی با جدیت فعلی دنبال نمی‌شده است (شامخی، ۱۳۹۰)؛ تبدیل اراضی جنگلی به مراتع که در این مطالعه نرخ بالایی را داراست، امری دور از ذهن نمی‌باشد (خالقی و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین در این مطالعه شدت تبدیل اراضی جنگلی به سایر کاربری‌های غالباً انسان‌ساخت با شیب ملایم‌تری انجام‌شده است که دلیل آن را می‌توان به ضعف امکانات تأسیس زیرساخت‌ها در دو دهه اول و همچنین توپوگرافی شدید و فشار کمتر عوامل انسانی و ویلاسازی در این منطقه دانست؛ اما این نوع تبدیل کاربری در مورد مراتع که عاری از پوشش درختی بوده و تغییر کاربری در آن آسان‌تر صورت می‌گیرد بیشتر از جنگل‌ها بوده است. تنها استثناء موجود مربوط به معدن مس سونگون می‌باشد که تخریب و پاک‌تراشی متمرکز و قابل‌توجهی در منطقه داشته است و

ادامه فعالیت آن در یک منطقه حفاظت شده جای سؤال است. دلیل دیگری که می توان مفروض دانست و مطلوب است که در مطالعات آتی به آن پرداخته شود، مسئله تغییر اقلیم و اثرات آن بر تغییر کاربری اراضی است که در سال های اخیر مورد توجه متخصصان علوم طبیعی قرار گرفته است. به نظر می رسد که این مسئله با اعمال تغییر بر کمیت و کیفیت و یکنواختی بارش، دما و رطوبت نسبی موجب عقب نشینی پوشش جنگلی شده باشد (Heidari Safari Kouchi et al., 2017; رضانی و همکاران، ۱۳۹۷).

در مطالعه ای مشابه، امیر انتخابی و همکاران (۱۳۹۶) نیز آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و عوامل مؤثر بر آن را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در شهرستان تالش مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که کاربری های اراضی جنگلی در بازه زمانی ۱۴ سال در شهرستان تالش روند کاهشی داشته است که با نتایج مطالعه حاضر نیز تطابق دارد. در مطالعه ای دیگر آرخی (۱۳۹۳) روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS و بر پایه شبکه های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف را در منطقه سرابله استان ایلام مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج مطالعه ایشان، در طول دوره زمانی بین سال های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۴۶۹۱ هکتار از جنگل های منطقه تخریب شده است. تخریب صورت گرفته یک طرفه بوده و سایر کاربری های موجود به جنگل تبدیل نشدند. با توجه به شباهت نسبی طول دوره مطالعه و نرخ مشابه تخریب جنگل در دو منطقه (با وجود تفاوت در نوع جنگل ها) هجمه به جنگل های طبیعی کشور و تخریب قابل توجه آن ها در دوره بررسی قابل توجه است که دلایل آن عمدتاً به مسائل اقتصادی و اجتماعی مربوط می شود و ناشی از نیاز بومیان منطقه به سوخت و زمین های زراعی در طول دوره مطالعه می باشد. در مطالعه ای مشابه اسلام و همکاران (Islam et al., 2018) مدل سازی تغییرات کاربری اراضی را در منطقه حفاظت شده چوناتی (Chunati) در کشور بنگلادش مورد مطالعه قرار دادند. نتایج طبقه بندی اراضی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که در سال ۲۰۰۵ تقریباً ۷۶ درصد منطقه حفاظت شده معادل ۸۲۵۸ هکتار دارای پوشش گیاهی بوده است که با ۱۵ درصد کاهش به ۶۱ درصد معادل ۶۶۳۷ هکتار در سال ۲۰۱۵ رسیده است. در مطالعه ایشان اثرات عوامل انسانی اعم از قانونی و غیرقانونی به عنوان دلایل تخریب جنگل ها معرفی شده است که در مطالعه حاضر نیز افزایش سایر کاربری ها و تخریب جنگل به نفع افزایش مرتع را می توان تحت تأثیر عوامل انسانی دانست. در قاره آفریقا و کشور اریتره، مطالعات قبرزگبر و همکاران (Ghebregabher et al., 2016) نشان داد که بررسی تغییرات پوشش جنگلی و اراضی مشجر بر اساس تصاویر ماهواره Landsat دارای دقت قابل قبولی بوده. ایشان روند تخریب این جنگل ها و تبدیل آن به مراتع مشجر را دارای نرخ بالایی ارزیابی نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده کاهش سطوح جنگلی منطقه مورد مطالعه در بازه پژوهش است. با در نظر گرفتن نتایج این مطالعه و حساسیت و ارزش ژنتیکی جنگل‌های ارسباران مطلوب است روند حفاظت از توده‌های جنگلی منطقه تقویت گردد. همچنین با عنایت به اینکه نرخ تبدیل اراضی جنگل به مرتع در این منطقه بالا بوده است؛ انجام عملیات جنگل‌کاری در برخی عرصه‌های مرتعی، با گونه‌های بومی در حفاظت مناسب‌تر آب‌و‌خاک منطقه و حفظ تعادل تاریخی جنگل و مرتع در این منطقه عملی‌سنجیده و ارزشمند خواهد بود. در نهایت با توجه به ظرفیت بالای کشور از نظر تولید مس در فلات مرکزی که غالباً فاقد پوشش گیاهی است و نظر به حساسیت و ارزش بالای جنگل‌های ارسباران توصیه می‌گردد که نحوه مدیریت و فعالیت کارخانه مس سونگون مورد تجدیدنظر و بازبینی قرار گیرد.

منابع

- اسکندری، س. ۱۳۹۸. مقایسه الگوریتم‌های مختلف تهیه نقشه پوشش زمین در رویشگاه‌های حساس زاگرس با استفاده از تصویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (مطالعه موردی: بخشی از استان ایلام). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۸۷-۷۲.
- امیرانتخابی، ش.، جوان، ف.، حسنی مقدم، ح. ۱۳۹۶. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: شهرستان تالش). کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی، ۸(۳): ۱-۱۱.
- امینی پارسا، و.، نژادی، ا. ۱۳۹۵. کاربرد مدل CA-Markov در پیش‌بینی پویایی ساختار سرزمین مناطق حفاظت‌شده (مطالعه موردی: منطقه حفاظت‌شده دیزمار). پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۴۸(۴): ۴۷۴-۴۶۱.
- آرخی، ص. ۱۳۹۳. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سراپله). تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۲۱(۱): ۱۹-۱.
- آرخی، ص.، ادیب‌نژاد، م. ۱۳۹۰. ارزیابی کارایی ماشین بردار پشتیبان جهت طبقه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM⁺ لندست (مطالعه موردی: حوضه سد ایلام). تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۸(۳): ۴۴۰-۴۲۰.
- خالقی، ب.، عوافی همت، م.، شامخی، ت.، شیروانی، ا. ۱۳۹۶. همزیستی با جنگل: دانش سنتی اکولوژیکی جنگل‌نشینان ارسباران در استفاده از درختان جنگلی. جنگل ایران، ۹(۱): ۸۵-۱۰۰.

- خزاعی، م.، زارع، م.، مختاری، م.ح.، رشتیان، آ.، عربی علی آباد، ف. ۱۳۸۹. مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر یزد). کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۷(۱): ۱-۱۹.
- رضایی، ح.، جعفرزاده، ع.ا.، علیجانپور، ا.، شهبازی، ف.، ولیزاده کامران، خ. ۱۳۹۵. تکامل ژنتیکی خاک‌های جنگلی ارسباران در امتداد یک نیم‌رخ ارتفاعی زیر حوضه کلیبرچای سفلی. دانش آب‌و‌خاک، ۲۶: ۱۶۶-۱۵۱.
- رمضانی، س.، ناجی، ح.ر.، مهدوی، ع. ۱۳۹۷. اثرات تغییر اقلیم و گردوغبار بر اکوسیستم‌های جنگلی، دومین همایش بین‌المللی گردوغبار، دانشگاه ایلام، ایلام، ۸ ص.
- شامخی، ت. ۱۳۹۰. قوانین و مدیریت منابع طبیعی (جنگل‌ها و مراتع). انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۶ صفحه.
- شنانی هویزه، س.م.، زارعی، ح. ۱۳۹۵. مقایسه الگوریتم‌های طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال در استخراج نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز ابوالعباس. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۰(۳۳): ۸۴-۷۳.
- عزیزی قلاتی، س.، رنگزن، ک.، تقی زاده، ا.، احمدی، ش. ۱۳۹۴. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون حداقل مربعات معمولی در مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین. جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۸(۱): ۱-۱۶.
- قربان‌نیا خبیری، و.، میرسنجری، م.م.، آرمین، م. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییرات کاربری جنگل در حوزه آبخیز چالوس‌رود. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۲): ۷۹-۹۱.
- قنبری، س.، مرادی، غ.، نصیری، و. ۱۳۹۷. ویژگی‌های کمی و ساختار گونه‌های درختی در دو وضعیت متفاوت حفاظتی در جنگل‌های ارسباران. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۶(۳): ۳۵۵-۳۶۷.
- کاکه‌ممی، آ.، قربانی، ا.، کیوان‌بهجو، ف.، میرزایی موسیوند، ا. ۱۳۹۶. مقایسه روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استان اردبیل. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۸(۳): ۱۳۴-۱۲۱.
- محمدزاده، ا.، بصیری، ر.، تراهی، ع.ا. ۱۳۹۶. رابطه بین گروه گونه‌های اکولوژیک با شاخص‌های غیرپارامتریک تنوع زیستی و عامل‌های محیطی در ارسباران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ایلگنه‌چای و کلیبرچای). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۵(۴): ۶۰۹-۶۲۱.
- میرآخورلو، خ.، اخوان، ر. ۱۳۹۶. ارزیابی تغییرات سطح جنگل‌های هیرکانی از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵. طبیعت ایران، ۲(۳): ۴۵-۴۰.

- Barakat, A., Khellouk, R., El Jazouli, A., Touhami, F., Nadem, S. 2018. Monitoring of forest cover dynamics in eastern area of Béni-Mellal Province using ASTER and Sentinel-2A multispectral data. *Geology, Ecology and Landscapes*, 3: 203-215.
- Costa, L., Nunes, L., Ampatzidis, Y. 2020. A new visible band index (vNDVI) for estimating NDVI values on RGB images utilizing genetic algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*. 172: 105334.
- Ghebregabher, M.G., Yang, T., Yang, X., Wang, X., Khan, M. 2016. Extracting and analyzing forest and woodland cover change in Eritrea based on landsat data using supervised classification. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 19 (1): 37-47.
- Han, J.C., Huang, Y., Zhang, H., Wu, X. 2019. Characterization of elevation and land cover dependent trends of NDVI variations in the Hexi region, northwest China. *Journal of Environmental Management*, 232: 1037-1048.
- Hsu, C.W., Chang, C.C., Lin, C.J. 2003. A Practical Guide to Support Vector Classification. Technical Report, Department of Computer Science and Information Engineering. University of National Taiwan, Taipei, 1-12.
- Iranmanesh, Y., Sohrabi, H., Sagheb-Talebi, K.H., Hosseini, S.M., Heidari Safari Kouchi, A. 2019. Biomass, Biomass Expansion Factor (BEF) and Carbon Stock for Brant's Oak (*Quercus brantii* Lindl.) Forests in West-Iran. *Annals of Silvicultural Research*, 43 (1): 2019: 15-22.
- Islam, K., Rahman, M.F., Jashimuddin, M. 2018. Modeling land use change using Cellular Automata and Artificial Neural Network: The case of Chunati Wildlife Sanctuary, Bangladesh. *Ecological Indicators*, 88: 439-453.
- Khoi, D. D., Murayama, Y., 2010. Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing*, 2(5): 1249-1272.
- Maithani, S., Jain, R.K., Arora, M.K. 2009. An artificial neural network based approach for modelling urban spatial growth. *Institute of Town Planners, India*, 4: 43-51.
- Noghreh Alizadeh Deravi, B., ghodskhah daryae, M., heidari safari kouchi, A. 2020. 'Prioritization of forest degradation factors in West Gilan during 24-years, using remote sensing techniques. *Natural Geography*, 13(49): 23-34.
- Richards J., A. 2013. *Remote sensing digital image analysis*, fifth edition, springer, 494 pp.
- Sehgal, S. 2012. Remotely sensed landsat image classification using neural network approaches. *Engineering Research and Applications*. 2(5): 043-046.
- Wan, Ji-Zh., Wang, Ch-J., Qu, H., Liu, R., Xi-Zh, Zh. 2018. Vulnerability of forest vegetation to anthropogenic climate change in China. *Science of the Total Environment*, 621: 1633-1641.

Yuqi T. 2013. Object-oriented change detection with multi-feature in urban high-resolution remote sensing imagery. Wuhan University, Wuhan, China. 162 pp.