دانشگاه گنبدکاووس
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*]، ابوذر حیدری‌صفری‌کوچی[۳]، سحر غفّاری[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا
[۲]دانشیار گروه علوم زیستی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا
[۳]دانش‌آموخته دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا
[۴]دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۶/۸

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 به‌صورت 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 کیلومترمربع کاهش و طبقات مرتع و طبقه سایر کاربری‌ها با ۱۰۳/۱۹ و ۳۲/۳۴ کیلومترمربع افزایش سطح مواجه شده‌اند. همچنین بیشترین نوع تغییر کاربری طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۸ با ۶۴/۱۵ کیلومترمربع مربوط به تبدیل

* نویسنده مسئول: mdaryaei9@gmail.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

پوشش جنگل بود. نتایج مطالعه حاضر به‌وضوح نشان‌دهنده 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 به هنگام شده، از عوامل کلیدی در برنامه‌ریزی‌ها، تصمیم‌گیری‌ها و ابزار مدیریت می‌باشد (قربان‌نیا خیبری و همکاران، ۱۳۹۶). ازآنجاکه 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 کرهٔ 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). به‌طورکلی 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[1] و روش حداکثر احتمال[2] و ماشین بردار پشتیبان[3] ازجمله 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 شمال‌غربی کشور و در شمالی‌ترین قسمت استان آذربایجان شرقی می‌باشد که از کرانه‌های رود ارس در مرز ایران و کشور آذربایجان آغازشده 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). برخورداری از

[1] Artificial Neural Networks - ANN
[2] Maximum likelihood classification
[3] Support Vector Machine

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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 اندوخت گاه‌های زیست‌سپهر یونسکو و تحت برنامه انسان و کره مسکون، موردحمایت جهانی قرارگرفته است (قنبری و همکاران، ۱۳۹۷؛ امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵). جنگل‌های ارسباران باوجود اهمیت زیاد ازنظر ذخایر ژنتیکی و نقش بسزای آن در تعادل اقلیمی شمال‌غرب کشور، از دیرباز مورد بهره‌برداری و تخریب شدید قرارگرفته و جهت تخصیص به منبع تهیه زغال، سوخت و چوب مصرفی صدمات بسیاری به آن واردشده 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 مطالعهٔ پایش تغییرات کاربری اراضی پوشش‌های جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور پرداخته‌اند. ازجمله در مطالعه عزیزی قلاتی و همکاران (۱۳۹۴) شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون حداقل مربعات در مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در منطقه کوهمره سرخی مورداستفاده 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 به‌منظور 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 موراياما (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 صحت‌کلی 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 و انتخاب بهترین الگوریتم، میزان تغییرات کاربری‌های موردنظر در محدوده زمانی مطالعه به‌دست خواهد آمد. مطالعه حاضر ازنظر طول دوره مطالعه، روش بررسی و نتایج آن‌که به بهبود روند حفاظت از منطقه

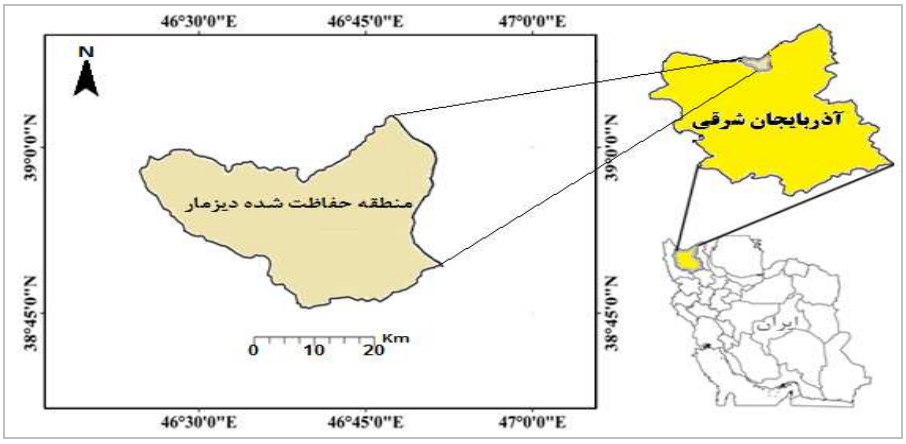
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

موردمطالعه (به‌واسطه 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) ازنظر دمایی معتدل بوده درحالی‌که ارتفاعات منطقه دارای اقلیم سرد کوهستانی می‌باشد (امینی پارسا و نژادی، ۱۳۹۵).



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

داده‌های مورداستفاده

در این پژوهش داده‌های سنجش‌ازدوری منطقه موردمطالعه شامل تصاویر سنجنده TM[1] ماهواره لندست-۵ مربوط به سال ۱۳۶۴، سنجنده ETM^{+}[2] مربوط به سال ۱۳۷۹، ماهواره لندست-۷، سنجنده

[1] Thematic Mapper

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

OLI[3] ماهواره لندست-۸ مربوط به سال ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸ استفاده شد. ازآنجایی‌که هدف از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات پوشش اراضی ناحیه رویشی ارسباران است از میان تصاویر قابل‌دسترس، داده‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که تقریباً ازنظر ماه به هم نزدیک باشند. ازاین‌رو، باهدف عدم مواجهه با پوشش ابر و برف وهمچنین افزایش شدت تابش نور خورشید، هر چهار تصویر با ده روز اختلاف در تیرماه انتخاب شد (جدول ۱). به‌منظور ارزیابی صحت و اصلاح هندسی نقشه‌های پوشش اراضی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. همچنین برای پردازش، طبقه‌بندی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای ENVI 5.1، ArcGIS 10.1، Google Earth و Excel 2013 استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در پژوهش

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

روش پژوهش

پیش‌پردازش و تهیه تصاویر

به‌طورکلی پیش‌پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی تصحیحات رادیومتریک و هندسی است (Richards, 2013). با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و انطباق راه‌های ارتباطی استخراج‌شده از نقشه توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری با تصویر ماهواره‌ای، این تصاویر فاقد خطای هندسی قابل‌توجهی 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 به‌منظور کاهش اثرات اتمسفری که معمولاً به‌صورت خطای جمع شونده، ظاهرشده و باعث روشنی بیش‌ازحد تصویر و کاهش وضوح می‌شوند، از روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره[4] 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.

[2] Enhanced Thematic Mapper
[3] Operational Land Imager
[4] Dark subtraction

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

به دلیل اینکه طبقه‌بندی با روش نظارت‌شده نسبت به نظارت‌نشده بیشتر تحت کنترل کاربر می‌باشد، جهت تهیهٔ نقشه کاربری اراضی، از روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده ماشین بردار پشتیبان، حداکثر احتمال و شبکه عصبی استفاده گردید (Wan et al., 2018). به‌این‌ترتیب که برای کاربری‌های موجود در منطقه (سه‌طبقه کلی شامل جنگل، مرتع و سایر کاربری‌ها (هر نوع کاربری غیر از جنگل و مرتع) با استفاده از بازدیدهای میدانی و دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS[5]) 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 موردمطالعه برای به کمک ENVI هر الگوریتم با استفاده از نرم‌افزار، نمونه‌های تعلیمی، نقشهٔ کاربری اراضی برای منطقه مطالعاتی تهیه گردید.

روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی

پرسپترون چندلایه‌ای[6] با استفاده از الگوریتم تعلیمی انتشار بازگشتی از رایج‌ترین شبکه‌های عصبی مصنوعی است. بدین‌صورت که لایه ورودی برخلاف دیگر لایه‌ها، هیچ محاسباتی را انجام نمی‌دهد. در پژوهش حاضر جهت استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی پس از آزمون‌وخطا 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

فضای ویژگی داده‌های آموزشی، کلاس‌های مختلف را با حداکثر جدایی بین آن‌ها، تفکیک می‌نماید. ازجمله 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

درروش حداکثر احتمال دقت شد که کلاس‌بندی از توزیع نرمال گوسی پیروی کند چراکه این روش برای کلاس‌های چند طیفی مناسب‌تر است. درروش 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 طیفی 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 درروش 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

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

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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 ظاهرشده، سطر بیانگر ارقام تصویر ثانویه و ستون آن، ارقام تصویر اولیه می‌باشند. براساس این جدول می‌توان میزان تغییرات طبقه به طبقه به‌صورت منفرد و نیز میزان تغییر هر طبقه به طبقات دیگر یعنی هر طبقه از تصویر اولیه به چه طبقاتی تغییریافته را مشخص نمود. در سربرگ میزان تغییرات یا سطح برحسب درصد در هر کلاس براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود (Han et al., 2019).

۱۰۰ × مقدار پیکسل در تصویر اولیه / (مقدار پیکسل در تصویر اولی – مقدار پیکسل در تصویر ثانویه) = میزان تغییرات رابطه ۳

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

نتایج

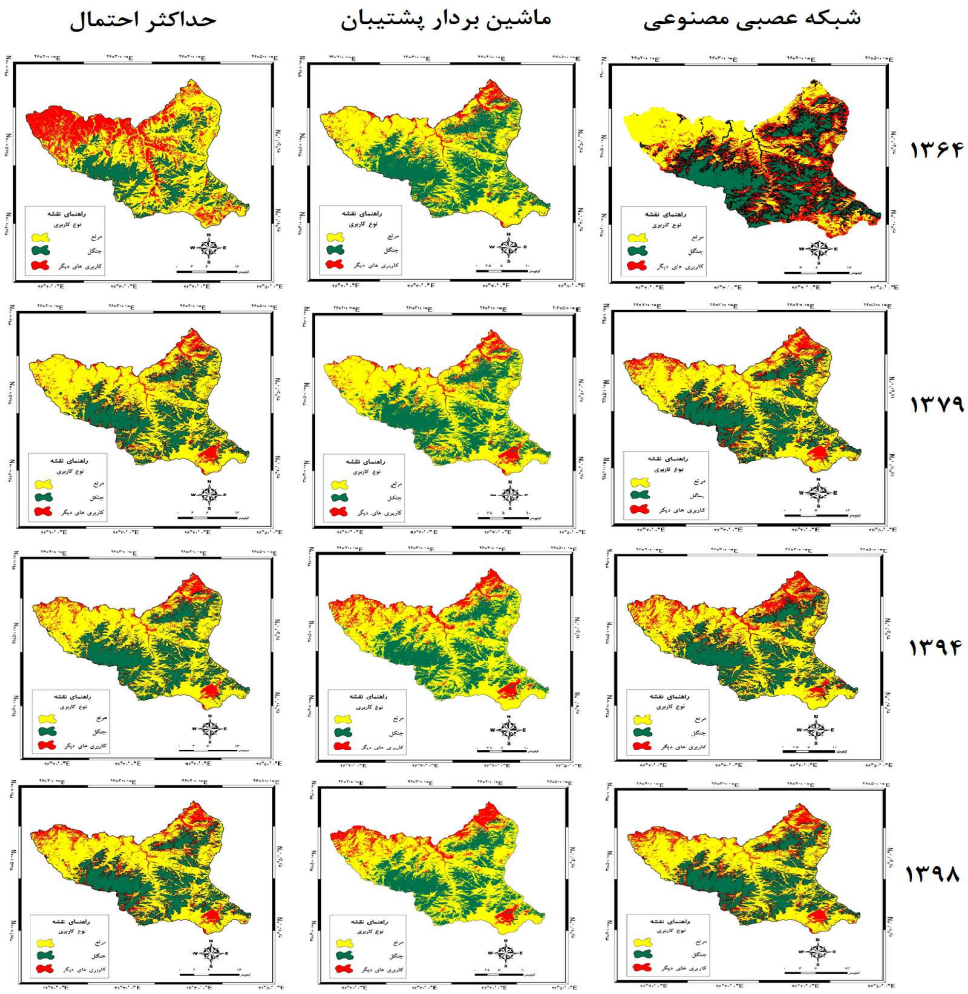
در جدول ۲ نتایج به‌دست‌آمده از ضرایب صحت کلی و ضریب کاپا انواع روش‌های طبقه‌بندی ارائه‌شده است. نتایج حاصل از آنالیز آماری ضرایب صحت نشان داد که ماشین بردار پشتیبان با ضریب کاپا و صحت کلی بالاتری در مقایسه با طبقه‌بندی با روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال ارائه نموده است.

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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 داده‌شده است. مرور بصری نتایج طبقه‌بندی با روش‌های مختلف به‌طورکلی نشان‌دهنده زوال تدریجی عرصه‌های جنگلی و افزایش سطوح مراتع است. بین سه روش مورداستفاده در طبقه‌بندی تصاویر سال اول اختلاف بیشتری وجود دارد اما در تصاویر مورداستفاده مربوط به سال‌های بعد، این اختلاف کاهش‌یافته 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

صحت تهیه‌کننده و صحت کاربر

صحت تهیه‌کننده و کاربر در دونقطه زمانی موردمطالعه 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 به‌دست‌آمده است. با توجه به ضرایب جدول (۳) درصد صحت طبقه‌بندی به‌طور مناسب و با دقت قابل قبولی تعیین وضعیت تعیین کاربرهای موردبررسی 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 رخداده 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 اشغال‌شده 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 به‌طورکلی بیانگر وضعیت مناسب پوشش گیاهی در این منطقه می‌باشد. وضعیت کاربرهای مختلف جنگل، مرتع و سایر کاربری‌ها در طول بازه زمانی سال‌های

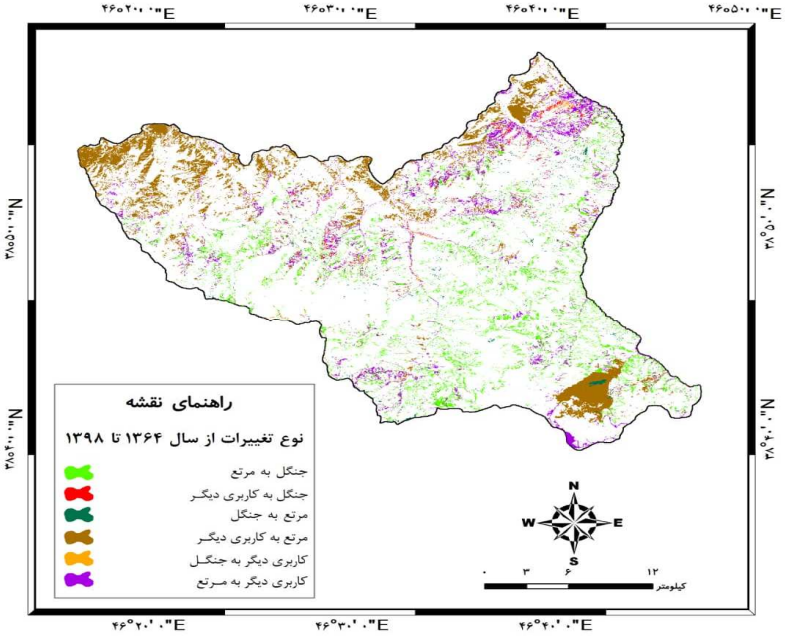
[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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

جدول ۴- سطح کاربری‌های مختلف در سال‌های موردمطالعه (کیلومترمربع)

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

بارزترین تغییر در بخش سایر کاربری‌ها نیز در بخش جنوب شرقی منطقه قابل‌مشاهده 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 قابل‌توجه است (شکل ۳). نقشه تغییرات کاربری اراضی و نوع پراکنش آن در منطقه موردمطالعه 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 قابل‌ملاحظه در کاربری اراضی سایر بخش‌های این منطقه نیز قابل‌مشاهده است (شکل ۵).



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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

جدول (۵) میزان تغییرات در سه‌طبقه کاربری اراضی بررسی‌شده 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 مشخص‌شده 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 موردمطالعه

طبقه اولیه (سال ۱۳۶۳)	طبقات پایانی (سال ۱۳۹۸)	مجموع تغییرات کاربری (کیلومترمربع)	تغییرات کاربری (درصد)
جنگل	مرتع	۶۴/۱۵	۲۲/۸۸
	سایر کاربری‌ها	۳/۷۵	
	بدون تغییر	۲۲۸/۸۱	
مرتع	جنگل	۲/۹۵	۱۶/۷۶
	سایر کاربری‌ها	۶۲/۲۶	
	بدون تغییر	۳۲۳/۷۵	
سایر کاربری‌ها	جنگل	۰/۸۵	۳/۴۴
	مرتع	۱/۰۲	
	بدون تغییر	۶۸/۳۶	

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



شکل ۴- نمایی از اراضی تخریب‌شده در حریم روستای کرنگان

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

بحث و نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن اینکه منطقه دیزمار از مناطق حفاظت‌شده کشور می‌باشد و باتوجه به اهمیت جنگل‌ها و مراتع درزمینهٔ 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 بامطالعه حاضر دست‌یافته‌اند. ازجمله 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 کلیبالاتری 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 معرفی‌شده 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 موئید 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

ادامه فعالیت آن در یک منطقه حفاظت‌شده جای سؤال است. دلیل دیگری که می‌توان 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 سال‌های اخیر موردتوجه متخصصان علوم طبیعی قرارگرفته است. به نظر می‌رسد که این مسئله با اعمال تغییر بر کمیت و کیفیت و یکنواختی بارش، دما و رطوبت نسبی موجب عقب‌نشینی پوشش جنگلی شده باشد (Heidari Safari Kouchi et al., 2017 ; رمضانی و همکاران، ۱۳۹۷).

در مطالعه‌ای 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 موردبررسی قراردادند. نتایج ایشان نشان داد که کاربری‌های اراضی جنگلی در بازه زمانی ۱۴ سال در شهرستان تالش روند کاهشی داشته است که با نتایج مطالعه حاضر نیز تطابق دارد. در مطالعه‌ای دیگر آرخی (۱۳۹۳) روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS و بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف را در منطقه سرابله استان ایلام موردبررسی قراردادند. بر اساس نتایج مطالعه ایشان، در طول دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۴۶۹۱ هکتار از جنگل‌های منطقه تخریب‌شده است. تخریب صورت گرفته یک‌طرفه بوده و سایر کاربرهای موجود به جنگل تبدیل نشدند. با توجه با شباهت نسبی طول دوره مطالعه و نرخ مشابه تخریب جنگل در دو منطقه (باوجود تفاوت در نوع جنگل‌ها) هجمه به جنگل‌های طبیعی کشور و تخریب قابل‌توجه آن‌ها در دوره بررسی قابل‌توجه است که دلایل آن عمدتاً به مسائل اقتصادی و اجتماعی مربوط می‌شود و ناشی از نیاز بومیان منطقه به سوخت و زمین‌های زراعی در طول دوره مطالعه می‌باشد. در مطالعه‌ای مشابه اسلام و همکاران (Islam et al., 2018) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی را در منطقه حفاظت‌شده چوناتی (Chunati)در کشور بنگلادش موردمطالعه قراردادند. نتایج طبقه‌بندی اراضی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که در سال ۲۰۰۵ تقریباً ۷۶ درصد منطقه حفاظت‌شده 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 به‌عنوان دلایل تخریب جنگل‌ها معرفی‌شده است که در مطالعه حاضر نیز افزایش سایر کاربری‌ها و تخریب جنگل به نفع افزایش مرتع را می‌توان تحت تأثیر عوامل انسانی دانست. در قاره آفریقا و کشور اریتره، مطالعات قبرزگبر و همکاران (Ghebrezgabher et al., 2016) نشان داد که بررسی تغییرات پوشش جنگلی و اراضی مشجر بر اساس تصاویر ماهواره Landsat دارای دقت قابل‌قبولی بوده. ایشان روند تخریب این جنگل‌ها و تبدیل آن به مراتع مشجر را دارای نرخ بالایی ارزیابی نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

نتایج مطالعه حاضر نشان‌دهنده کاهش سطوح جنگلی منطقه موردمطالعه 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 عملی سنجیده و ارزشمند خواهد بود. درنهایت با توجه به ظرفیت بالای کشور ازنظر 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 (موردمطالعه: 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 (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۸ (۴): ۴۶۱-۴۷۴.

آرخی، ص. ۱۳۹۳. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سرابله). تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۲۱(۱): ۱-۱۹.

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.، عواطفی 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

خزاعی، م.، زارع، م.، مختاری، م.ح.، رشتیان، آ.، عربی علی‌آباد، ف. ۱۳۸۹. مقایسه دقت انواع روش‌های طبقه‌بندی در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: شهر یزد). کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۷(۱): ۱۹-۱.

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 خیبری، 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): ۹۱-۷۹.

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. مقایسهٔ روش‌های تفسیر چشمی و رقومی در تهیهٔ 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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.

Ghebrezgabher, 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, JC., 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, KH., 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 daryaee, 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-04]