



مدل سازی جنگل زدایی با شبکه عصبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (جنگل های اطراف خرم آباد)

حسن محمودزاده^{۱*}، مجید عزیزمرادی^۲

۱. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۸

پذیرش: ۱۰ مهر ۱۳۹۸

دسترسی اینترنتی: ۲۵ دی ۱۳۹۸

واژه های کلیدی:

جنگل زدایی

پایش تغییرات

مدل چندلایه پرسپترون

سنجش از دور

خرم آباد

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از تصاویر TM و OLI لندست تغییرات روی داده در جنگل های اطراف شهر خرم آباد بین سال های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور پس از انجام تصحیحات هندسی و اتمسفری، تصاویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال در پنج کلاس با دقت کلی ۹۵ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۴ طبقه بندی شدند. با روی هم گذاری تصاویر مقدار جنگل های از بین رفته (۳۴ کیلومتر مربع) مشخص و به عنوان متغیر وابسته برای ورود به شبکه عصبی پرسپترون چندلایه آماده شد. در محیط GIS عوامل مؤثر در روند جنگل زدایی (متغیرهای مستقل) آماده شد و سپس با استفاده از پرسپترون چندلایه روند جنگل زدایی بین سال های مورد مطالعه مشخص شد. با مدل ساز تغییرات زمین، تغییرات کاربری اراضی استخراج شد که بیشترین تغییر، جنگل به اراضی بایر است و در نهایت پیش بینی جنگل زدایی برای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال آینده صورت گرفت، که نشان دهنده کاهش ۴/۶٪ برای سال ۱۴۰۷، ۷/۷٪ برای سال ۱۴۱۷ و ۹/۳٪ برای سال ۱۴۲۷ بود. نتایج حاصله از آزمون شبکه با مشارکت همه متغیرها با توجه به میانگین مربعات خطا با مقدار ۰/۱۳ نشان دهنده این است که مدل سازی حاصل از پرسپترون چندلایه دارای صحت مناسبی بوده و همچنین با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد ROC سیستم مقدار واقعی جنگل زدایی در مقابل نتیجه حاصل از مدل پرسپترون چندلایه قرار گرفت، که با مقدار سطح زیر منحنی مشخصه عملکرد سیستم برابر با ۰/۸۸ نشان دهنده صحت بالای مدل پرسپترون چندلایه بود.

*mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

جنگل سطح وسیعی پوشیده از درخت، درختچه و سایر جانوران است که باهم اشتراک حیاتی دارند (۹)، و بخش مهمی از اکوسیستم زمین است که وظیفه اصلی جذب کربن دی‌اکسید و تولید اکسیژن در چرخه فتوسنتز، برای حفظ تعادل محیط زیست بر عهده دارد (۲۵). در این میان جنگل زدایی یکی از دلایل اصلی کاهش تنوع زیستی در جهان است و منبع اصلی انتشار کربن است (۱۹). همچنین باعث تغییرات اقلیمی، از دست رفتن زیستگاه و سایر اثرات ویران کننده دیگری نیز می شود (۲۰). بنابراین، مدل سازی تغییرات احتمالی استفاده از زمین برای مدیریت، نظارت و ارزیابی جنگل مهم است (۱۵). در واقع جنگل زدایی توسط عوامل محیطی و اجتماعی و اقتصادی به صورت متغیر در فضا توزیع می شود (۱۴). امروزه مدل سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ابزار بسیار مفیدی برای تشریح روابط متقابل بین محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی، برای کمک به تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان در شرایط پیچیده است (۷ و ۱۳). رضایی بنفشه و همکاران (۴) روند تغییر سطوح جنگل‌های ارسباران را با استفاده از تصاویر TM (سال ۱۹۸۷) و SPOT5 (سال ۲۰۰۵) را بررسی کرده‌اند. در این مطالعه با تلفیق پارامترهای مؤثر در تغییر کاربری (نظیر مراکز مسکونی، سطوح ارتفاعی، شیب و مانند آن) میزان تأثیر هرکدام در روند تغییرات جنگل را شناسایی کرده‌اند. با استفاده از عمل همپوشانی ارتباط مناطق تغییر یافته با پارامترهای موجود و نیز مساحت این تغییرات به دست آورده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که از بین عوامل مؤثر در روند تغییر کاربری جنگل‌های ارسباران، مرکز سکونتگاهی مهم‌ترین عامل در روند تغییرات است. هاشمی و همکاران (۱۲) جنگل‌های سیاه مزگی استان گیلان را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان دهنده کاهش مساحت جنگل‌ها بود.

آرخی و همکاران (۱) با استفاده از رگرسیون لجستیک و تصاویر لندست مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۶، به پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های شمال استان ایلام و ردیابی

عوامل مؤثر بر تخریب جنگل پرداخته‌اند. آن‌ها در این پژوهش به بررسی تأثیر هفت فاکتور فاصله از جاده و مناطق مسکونی، شاخص قطعه‌بندی جنگل، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شیب و همچنین فاصله از مرز جنگل و غیر جنگل بر روی تخریب جنگل پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که در طول ۳۱ سال حدود ۱۹۲ کیلومترمربع از سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته است. همچنین نتایج مدل‌سازی نشان داده که در قطعات جنگلی گسسته و در مناطق نزدیک به مرز جنگل و غیر جنگل تخریب بیشتری صورت گرفته است. کیم (۲۰) به ارزیابی مدل‌های تغییرات کاربری اراضی (LCM)، مارکوف (Markova)، شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) و رگرسیون لجستیک در پیش‌بینی تغییرات و جنگل زدایی در منطقه چکیتانیا بولیوی پرداخت و نشان داد که مدل MLP تغییرات را بهتر مدل‌سازی می‌کند.

میرزایی زاده و نیک نژاد (۱۱) به شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش پوشش جنگلی در منطقه بیوره- ایلام با استفاده از رگرسیون چندگانه خطی پرداخته و نتایج نشان داد که حدود ۱۱ هکتار از جنگل‌ها تخریب شد. رستم زاده و همکاران (۵) به آشکارسازی تغییرات جنگل‌های بلوط ایلام با طبقه‌بندی شیء‌گرا پرداختند که نتایج این تحقیق نشان داد که تمام منطقه با جنگل زدایی مواجه بوده است و ۴۲٪ تغییر در کاربری جنگل اتفاق افتاده است.

سینگ و همکاران (۲۴) در آسام هند با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و تجزیه تحلیل چشم‌انداز، تغییرات جنگل و میزان جنگل زدایی را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ پوشش جنگل از ۲۳۷۴۹ کیلومترمربع به ۲۱۱۴۵ کیلومترمربع کاهش یافته است. بونیا-بدویا و همکاران (۱۵) به بررسی تأثیر سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیکی بر جنگل زدایی غرب آمازون باهدف پیش‌گیری و کاهش تلفات جنگل پرداخته‌اند. آن‌ها برای ایجاد یک مدل آماری که تغییرات را نشان دهد از اصل حداکثر آنتروپی استفاده نمودند و از متغیرهای اساسی همچون شیب، ارتفاع و جنگل‌های حفاظت‌شده به‌عنوان عوامل مؤثر

بیشتر مبنی بر داده‌های سنجش از دور و تحلیل‌های موجود در GIS است؛ که رگرسیون لجستیک و مدل‌های شبکه عصبی (پرسترون چندلایه) از پرکاربردها می‌باشند که می‌توان در پیش‌بینی مقدار جنگل‌زدایی از آن‌ها استفاده کرد. هدف این پژوهش بررسی نقش سیستم‌های اکولوژیکی-اجتماعی در میزان تخریب جنگل‌های اطراف شهر خرم‌آباد است. با این فرض که این عوامل نقش مؤثری در میزان جنگل‌زدایی، جنگل‌های منطقه داشته‌اند.

مواد و روش‌ها

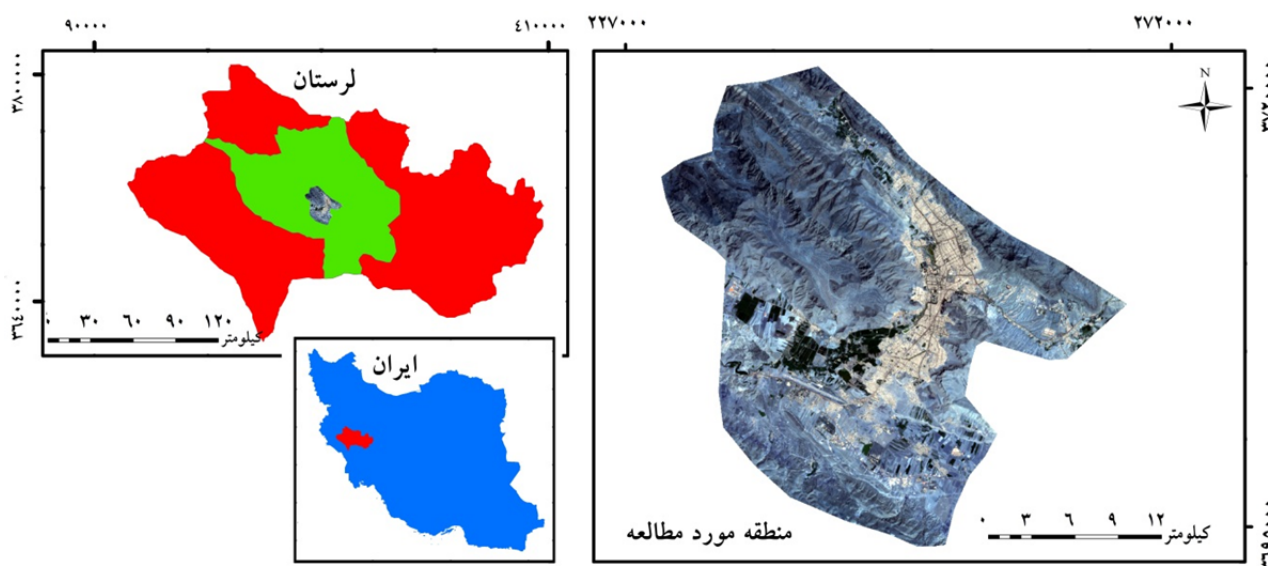
منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در موقعیت $26^{\circ} 32'$ تا $28^{\circ} 41'$ عرض شمالی و $48^{\circ} 33'$ تا $49^{\circ} 40'$ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). جنگل‌های مورد پژوهش در اطراف شهر خرم‌آباد، مرکز استان لرستان است، که گونه اصلی این جنگل‌ها بلوط است. منطقه مورد مطالعه بر این اساس انتخاب شد که بتوان نقش عوامل اجتماعی-اکولوژیکی (شهر، جمعیت، جاده، اراضی کشاورزی و ...) مؤثر در جنگل‌زدایی را بررسی کرد، لذا شهر خرم‌آباد با جنگل‌های اطراف انتخاب شد.

استفاده کرده‌اند. برای اعتبارسنجی مدل از راک ROC (Receiver Operating Characteristic) و آزمون جک‌نایف Jackknife استفاده شد. نتایج نشان داد که شرایط محیطی، اجتماعی، جمعیتی و اقتصادی منطقه مورد مطالعه رابطه مستقیمی با جنگل‌زدایی بالقوه چشم‌انداز دارند.

آنتیو-سوارز و جونیور (۱۴) برای پیش‌بینی جنگل‌زدایی در آمازون برزیل، به بررسی یک روش یادگیری ماشین بر اساس اصل حداکثر آنتروپی پرداختند؛ و از متغیرهای مختلفی همچون اقتصادی اجتماعی، زیرساخت‌ها و جنگل‌زدایی واقعی استفاده نموده‌اند و اذعان داشته‌اند که مدل‌های مبتنی بر اصل حداکثر آنتروپی برای پیش‌بینی مناطق جدید جنگل‌زدایی بسیار مؤثر است.

شوشتری و غلامعلی فرد (۲۳) باهدف مقایسه پرسپترون چندلایه و رگرسیون لجستیک در حوزه آبریز رودخانه نکا شمال ایران تغییرات پوشش زمین را برای سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ بررسی نمودند. نتایج این تحقیق کاهش اراضی جنگلی و افزایش مناطق مسکونی را نشان داد. با مطالعه پیشینه پژوهش می‌توان گفت که جنگل‌زدایی به صورت کلی از دو نوع عوامل طبیعی و اجتماعی تأثیر می‌پذیرد؛ و همچنین روش‌ها و مدل‌های که جنگل‌زدایی را می‌توان با آن‌ها مورد بررسی قرارداد



شکل ۱. موقعیت جنگل‌های مورد مطالعه و شهر خرم‌آباد

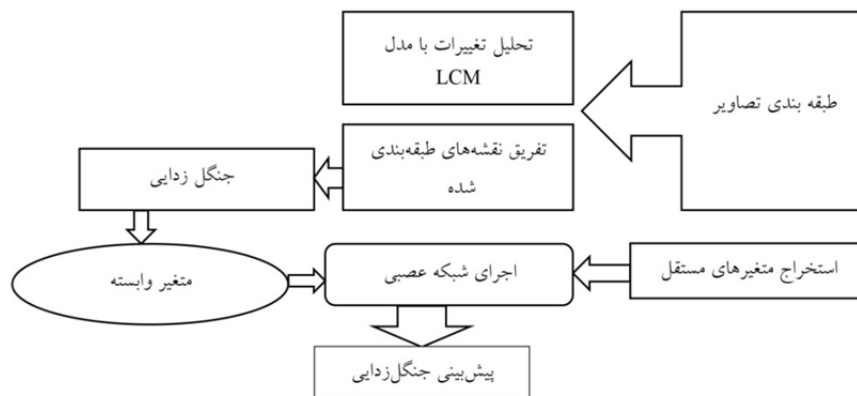
داده‌های مورد استفاده

از تصویر لندست سنجنده TM مربوط به تاریخ ۹ مرداد ۱۳۶۵ و سنجنده OLI مربوط به تاریخ ۶ شهریور ۱۳۹۷ با ردیف ۳۷ و گذر ۱۶۶، نقشه کاربری اراضی تهیه شد. از داده‌های میانگین بارش و دما مربوط به ایستگاه‌های خرم‌آباد (۳۰ سال)، ایمان‌آباد، بدرآباد، چم انجیر (۱۰ سال) سازمان هواشناسی جهت تهیه نقشه‌های بارش و دما استفاده شد. از مدل رقومی ارتفاعی با پیکسل سایز ۳۰ متری از سنجنده استر شبکه آبراهه، شیب، جهت شیب منطقه استخراج شد. با استفاده از نقشه‌های OSM جاده‌ها و مسیرهای ارتباطی استخراج گردید و با نرم‌افزار ENVI تصحیحات و طبقه‌بندی تصاویر انجام شد. از نرم‌افزار ArcGIS به منظور آماده‌سازی متغیرها، آماده‌سازی نقشه‌های خروجی؛ و نرم‌افزار TerrSet اجرای

شبکه عصبی و تحلیل تغییرات جنگل استفاده شد.

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا تصاویر لندست طبقه‌بندی شد و سپس طبقه جنگل مشخص و مقدار جنگل‌های تخریب‌شده به دست آمد. سپس متغیرهای تأثیرگذار در جنگل زدایی مشخص و در محیط ArcGIS آماده و در نهایت مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (MLP) اجرا شد. که با خروجی آن پیش‌بینی تغییرات جنگل صورت گرفت. در کنار این با مدل تغییرات کاربری اراضی (LCM) تغییرات جنگل مورد بررسی قرار گرفت. مراحل انجام تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است.

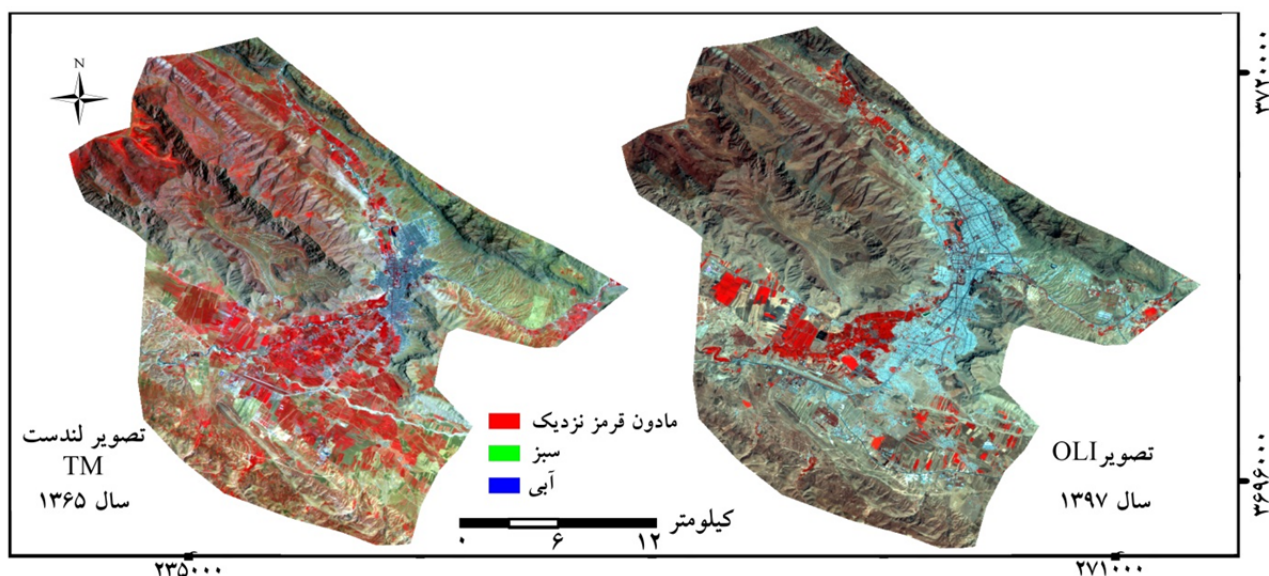


شکل ۲. مراحل انجام تحقیق

طبقه‌بندی تصاویر

همان‌گونه که در فلوجارت مراحل پژوهش (شکل ۲) مشاهده می‌شود ابتدا طبقه‌بندی تصاویر صورت گرفت. طبقه‌بندی و تهیه نقشه کاربری اراضی یکی از پرکاربردترین موارد استفاده از داده‌های سنجنش ازدور است (۸). تصاویر مورد استفاده برای این پژوهش مربوط به دو سال ۱۳۶۵ و ۱۳۹۷ بوده است که مربوط به سنجنده‌های TM و OLI لندست ۵ و ۸ می‌باشند (شکل ۳)؛ که چون تصاویر دریافت شده دارای مختصات زمینی صحیح بود نیاز به زمین مرجع کردن دوباره

نبوده لذا فقط تصحیحات اتمسفری با روش کاهش ارزش عددی پیکسل‌های تیره (Dark Subtract) روی آن‌ها صورت گرفت. با بررسی تصاویر و شناخت منطقه مورد مطالعه، پنج کلاس جنگل، شهر، آب، اراضی کشاورزی و اراضی بایر در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که از طریق گوگل ارث (برای تصویر سال ۱۳۹۷) و همچنین خود تصاویر برداشت‌شده بودند فرایند طبقه‌بندی با روش حداکثر (Maximum Likelihood) احتمال صورت گرفت.



شکل ۳. تصاویر ماهواره لندست با ترکیب رنگی کاذب (باندهای آبی، سبز، مادون قرمز نزدیک)

دارای اهمیت است که این تغییرات به طور عمده منجر به جنگل زدایی، از دست رفتن تنوع زیستی، گرم شدن کره زمین و افزایش فاجعه طبیعی می شود (۲۲). به این منظور در این تحقیق با مدل تغییرات کاربری اراضی (LCM) تغییرات جنگل بررسی گردید.

جنگل زدایی

یکی از رایج ترین روش ها در علوم اطلاعات جغرافیایی، تبدیل یک متغیر واقعی در فاصله (۰ و ۱) به یک متغیر بولین صفر یا یک است. اگر مقدار واقعی بیشتر از یک آستانه مشخص شده باشد، متغیر قطعی مقدار یک را تعیین می کند، در غیر این صورت متغیر قطعی مقدار صفر را تعیین می کند (۲۱). برای رسیدن به مقدار جنگل زدایی، تصاویر طبقه بندی در نرم افزار ArcGIS فراخوانی و فرایند استانداردسازی روی آن ها صورت گرفت؛ که ابتدا با طبقه بندی مجدد یک تصویر بولین (۰ و ۱) آماده شد که طبقه جنگل یک و سایر طبقات صفر در نظر گرفته شد. لذا با استفاده از عملیات روی هم گذاری و تفریق دو نقشه پوشش اراضی سال های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۷ حاصل از طبقه بندی مقدار جنگل زدایی استخراج گردید؛ که در آن

طبقه بندی حداکثر احتمال یک روش پارامتریک پیکسل پایه بر اساس قضیه بیز (Bayes' theorem) است و این احتمال شرطی $p(\omega|x)$ را محاسبه می کند که یک پیکسل به طور صحیح به یک کلاس طیفی ω اختصاص داده می شود و سپس پیکسل را به کلاسی با بالاترین احتمال اختصاص می دهد. این احتمال شرطی با قانون بیز طبق رابطه ۱ تشریح می شود.

$$P(\omega | \chi) = P(\omega) p(\chi | \omega) / P(\chi) \quad [1]$$

در این رابطه؛ $P(\omega)$ احتمال پیشین را نشان می دهد که یک طبقه در منطقه مورد مطالعه واقع شده است. $P(\chi)$ احتمال پیدا کردن یک پیکسل از هر کلاس با بردار ویژگی χ است (که از طبقه بندی حذف می شود زیرا برای همه کلاس ها یکسان است) (۱۷).

تحلیل تغییرات جنگل

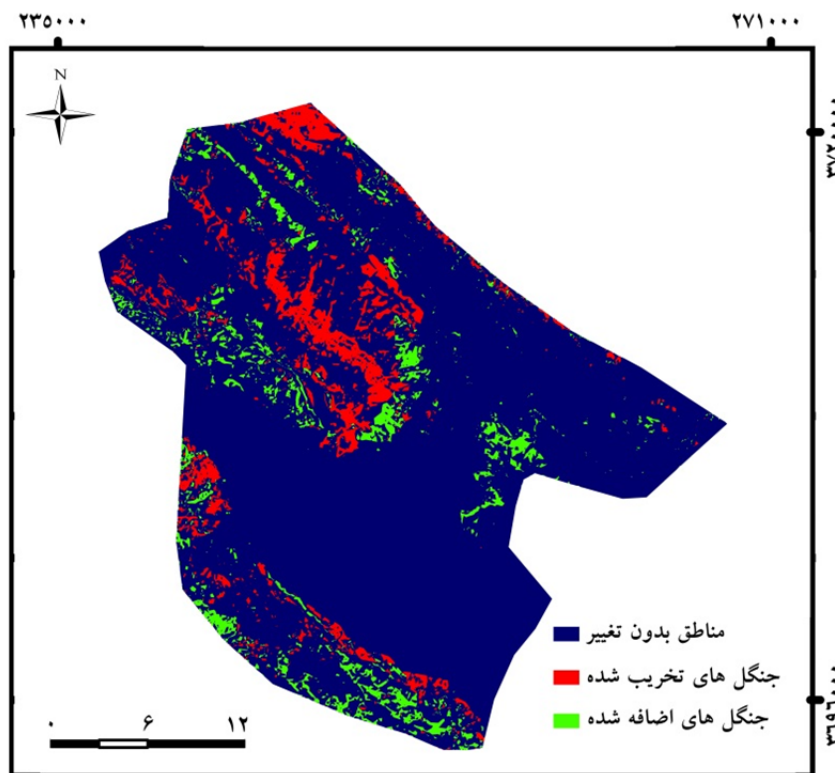
تجزیه و تحلیل تغییرات، به شناسایی تغییرات بین دو یا چند نقشه پوشش اراضی در دو یا چند زمان از یک منطقه گفته می شود که در آن پوشش زمین از یک کاربری به کاربری دیگری انتقال داده شده است. شناسایی این تغییرات از این نظر

برداشت چوب، چاه‌های نفتی، مناطق حفاظت‌شده، جنگل‌های حفاظت‌شده، شبکه جاده‌ها، نرخ رشد جمعیت و نرخ فقر)، برخی از متغیرها پیوسته (ارتفاع و شیب) و متغیرهای طبقه‌بندی‌شده (کیفیت خاک و مناظر جغرافیایی)، به‌عنوان عوامل مؤثر بر جنگل‌زدایی در این تحقیق انتخاب شد. عواملی که در این پژوهش مؤثر بر جنگل‌زدایی در نظر گرفته شد شامل فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از نقاط روستایی، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از آبخوان‌ها، فاصله اراضی کشاورزی، فاصله از معادن، شیب، جهت شیب، ارتفاع، نوع خاک، تراکم جمعیت، دما و بارندگی می‌باشند (جدول ۱؛ شکل ۵).

مناطق دچار جنگل‌زدایی (۳۴ کیلومترمربع) یک و سایر مناطق صفر در نظر گرفته شد (شکل ۴). مقدار جنگل‌های اضافه‌شده ۱۹ کیلومترمربع به دست آمد که البته از متغیر وابسته حذف گردید.

عوامل مؤثر بر جنگل‌زدایی

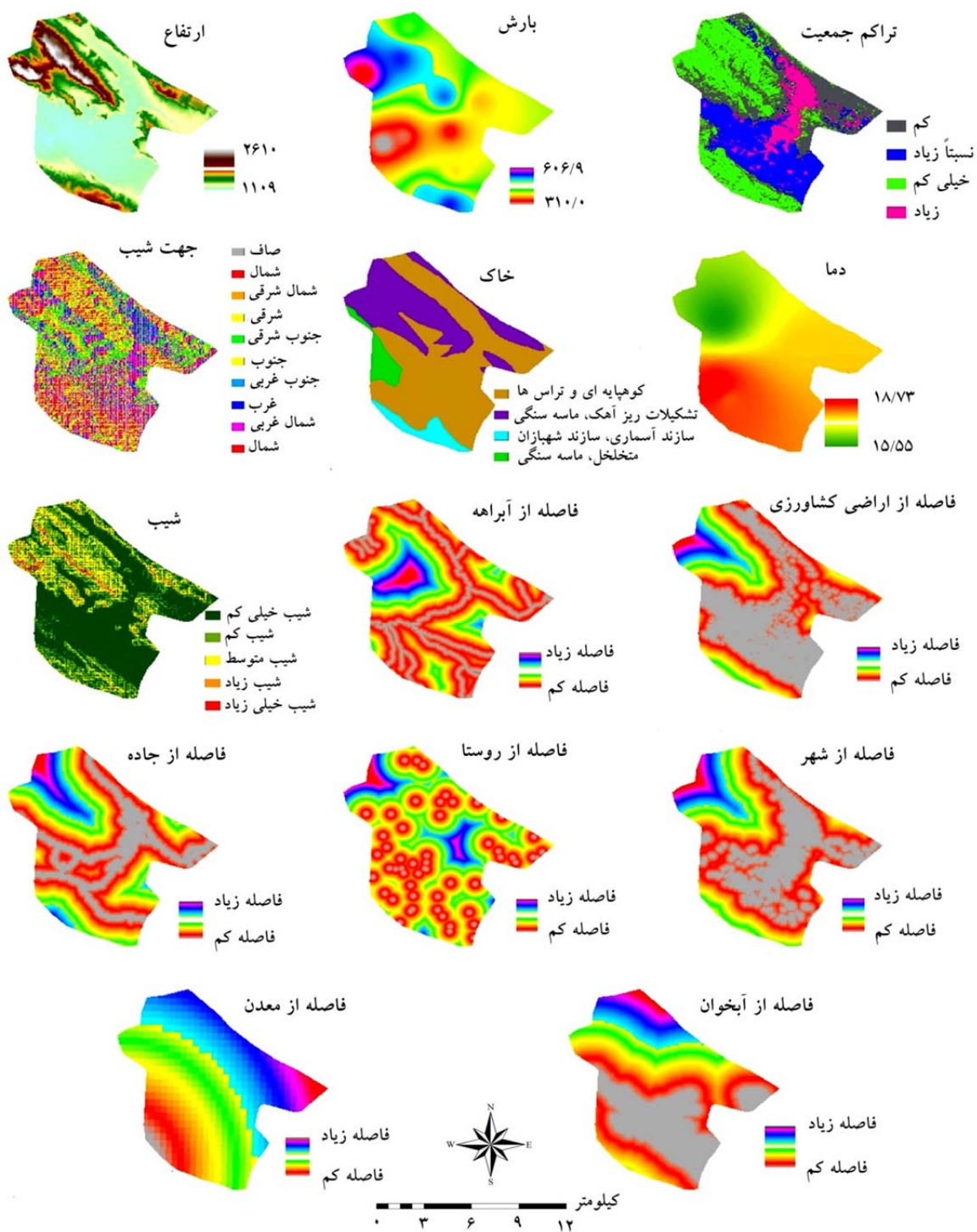
مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در جنگل‌زدایی با مروری بر مطالعات پیشین شامل؛ متغیرهای بیوفیزیکی (دما، بارش، ارتفاع، شیب، مناظر ژئومورفولوژیکی، حوزه آب، کیفیت خاک و مناظر جنگل)، متغیرهای اقتصادی اجتماعی (برنامه‌های



شکل ۴. وضعیت جنگل‌ها در طول سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷

جدول ۱. متغیرهای مستقل (عوامل مؤثر بر جنگل زدایی) (۱۵)

متغیر	لایه	نام متغیر	ماهیت متغیر	نحوه تهیه نقشه موردنیاز و منبع داده
	-	جنگل زدایی	بولین (۰ و ۱)	تابع تفریق (تصاویر طبقه بندی شده)
		شیب	پیوسته (درصد)	تابع Slope (مدل رقومی ارتفاعی)
		جهت شیب	پیوسته	تابع Aspect (مدل رقومی ارتفاعی)
		ارتفاع	پیوسته	مدل رقومی ارتفاعی DEM
وابسته	طبیعی	دما	پیوسته	تابع IDW (سازمان هواشناسی و آمار ایستگاه های هواشناسی)
		بارش	پیوسته	تابع IDW (سازمان هواشناسی و آمار ایستگاه های هواشناسی)
		نوع خاک	گسسته (چهار طبقه)	تابع Reclass (نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی)
		فاصله از آبراهه ها	پیوسته	تابع Euclidean Distance (مدل رقومی ارتفاعی؛ فیزیوگرافی حوزه)
		فاصله از آبخوان	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی)
		فاصله از جاده	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه جاده های آزاد)
		فاصله از شهر	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه طبقه بندی شده تصویر لندست سال ۱۳۹۷) (استخراج طبقه شهر)
		فاصله از نقاط روستایی	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه کاربری اراضی)
مستقل	اجتماعی	فاصله از اراضی کشاورزی	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه طبقه بندی شده تصویر لندست سال ۱۳۹۷) (استخراج طبقه اراضی کشاورزی)
		فاصله از معادن	پیوسته	تابع Euclidean Distance (نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی)
		تراکم جمعیت	گسسته (پنج طبقه)	تابع Reclass (آمار جمعیت و نقشه طبقه بندی شده ۱۳۹۷ و رتبه بندی کاربری ها) (شهر بیشترین جمعیت و اراضی بایر و جنگل کمترین جمعیت)



شکل ۵. متغیرهای مستقل تحقیق مؤثر در روند تغییرات از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷

لجستیک استفاده می شود. در این میان داده های اکولوژیکی به طور کلی فرضیات را در مورد نرمال بودن و همگنی واریانس را برآورد نمی کنند. در چند مورد، تأیید شده است که متغیرهای محیطی مشاهده شده دارای چندین مؤلفه هستند. از این رو،

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

به طور سنتی برای پیش بینی عملکرد یک متغیر که وابسته به متغیر یا متغیرهای دیگری است از مدل های رگرسیون آماری مانند رگرسیون ساده، رگرسیون چندگانه و یا رگرسیون

$$g(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad [۳]$$

ارزیابی با منحنی مشخصه عملکرد ROC

راک یک روش کمی بسیار عالی برای ارزیابی اعتبار یک مدل است. منحنی راک یک نمودار یا شمای گرافیکی است که با استفاده از میزان مثبت واقعی (حساسیت) بر روی محور X و میزان مثبت کاذب (۱-ویژگی) بر روی محور Y در آستانه‌های مختلف (نقاط برش متفاوت) ایجاد می‌شود (۶). برای حساسیت سنجی، میزان راک مدل پس از اجرای مدل سازی با مجموعه داده های کامل، با تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحله اجرا درآمد با این تفاوت که این بار در هر مرحله اجرای مدل، یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با باقیمانده متغیرهای مستقل اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت سنجی متغیرها و کشف میزان اثر متغیرها در مدل نهایی است (۱۰). بر اساس یک سیستم طبقه‌بندی قراردادی، سطح زیر منحنی راک را می‌توان به شرح زیر دسته‌بندی و تفسیر نمود؛ عالی (۹۰-۱۰۰)، خوب (۸۰-۹۰)، نسبتاً خوب (۷۰-۸۰)، ضعیف (۶۰-۷۰) و بی‌فایده (۵۰-۶۰)؛ که سطح زیر منحنی طبق رابطه ۴ مشخص گردید (۶).

$$AUC = \sum_{i=1}^n [X_{i+1} - X_i] \times (Y_i + (Y_{i+1} - Y_i) / 2) \quad [۴]$$

نتایج

جدول ۲ ارائه شده است. نتایج این ارزیابی نشان‌دهنده صحت کلی به ترتیب ۹۰ و ۹۵ درصد برای نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۷ است که نشان‌دهنده تناسب نقشه‌های طبقه‌بندی شده برای تهیه نقشه جنگل‌زدایی برای سال‌های مورد مطالعه است. با توجه به صحت قابل قبول، نقشه‌های طبقه‌بندی برای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۷ تهیه گردید (شکل ۶). با روی هم گذاری نقشه‌های طبقه‌بندی شده از هم تفریق و میزان تخریب جنگل مشخص شد؛ که میزان جنگل‌زدایی طی ۳۲ برابر با ۳۴ کیلومتر مربع به دست آمد.

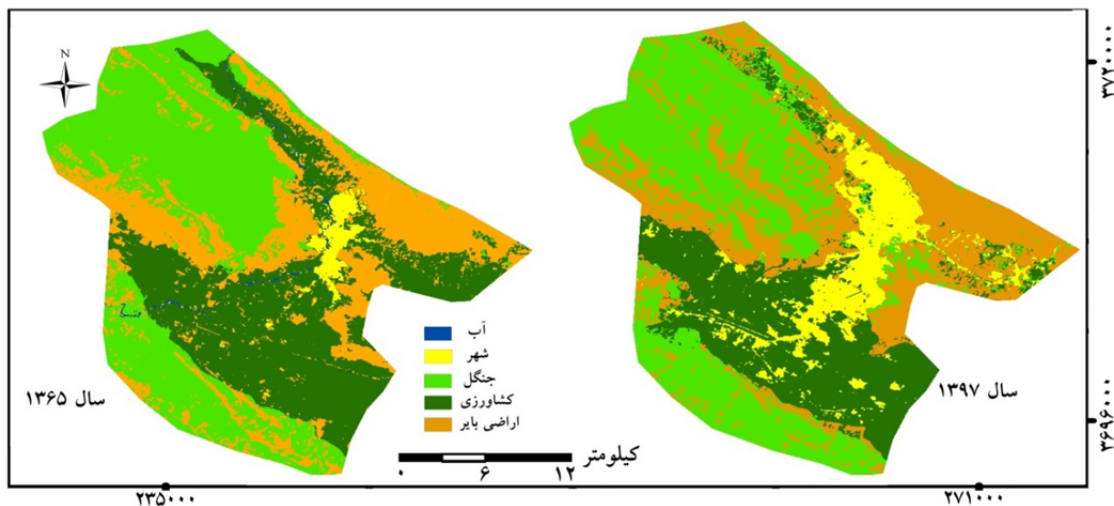
مدل‌های رگرسیون چندگانه برای تحلیل داده‌های مربوط به این مطالعه مناسب نیستند و به تدریج، مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ابزار پیش‌بینی و طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۸). عموماً هر شبکه عصبی از سه لایه تشکیل شده که عبارت‌اند از؛ لایه ورودی شامل چند نرون، لایه پنهان شامل تعدادی نرون متغیر است که تعداد بهینه آن‌ها برای حداقل شدن خطای RMS از طریق آزمایش و تکرار تعیین می‌گردد، لایه خروجی که برای افزایش سرعت شبکه در این لایه از تابع فعال‌ساز استفاده می‌شود تا با استفاده از آن هم سرعت یادگیری و هم مقادیر خروجی بدون تغییر به شبکه ارائه شده و در نهایت خروجی مطلوب را بسازد (۱۴). در حقیقت، ANNها به عنوان تکنیک‌های آماری غیر پارامتری مفهوم شده‌اند زیرا آن‌ها نیازی به تحقق مفروضات نظری آمار پارامتری ندارند. در آن‌ها همچنین تکنیک‌های رگرسیون غیرخطی در نظر گرفته می‌شوند (۱۸). پرسپترون چندلایه با استفاده از یک الگوریتم یادگیری پس از انتشار (BP) یکی از پر استفاده‌ترین مدل‌های شبکه عصبی است. یک شبکه معمولی MLP شامل یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه یا چند لایه پنهان است. MLP از طریق تجزیه و تحلیل رگرسیون نا پارامتری بین متغیرهای ورودی و یک متغیر وابسته با خروجی حاوی یک نورون خروجی، پیش‌بینی انجام می‌دهد (۲)؛ و از لحاظ ریاضی برای درک یک الگوی خاص از داده‌های پیچیده شبیه به مغز انسان عمل می‌کند (۱۶). این گونه مدل‌ها از سه لایه پردازش ساده اطلاعاتی متصل به هم تشکیل شده‌اند. رابطه بین خروجی (Y_t) و ورودی (X_1, X_2, \dots, X_p) طبق رابطه ۲ است.

$$y_t = b_0 + \sum_{j=1}^Q w_j \cdot g \left(b_{0j} + \sum_{j=1}^p w_{ij} \cdot x_i \right) + \varepsilon_t \quad [۲]$$

در این رابطه؛ W_j و W_{ij} پارامترهای مدل بوده که غالباً وزن‌های اتصالی نامیده می‌شوند، p تعداد گره‌های ورودی و Q تعداد گره‌های مخفی هستند. تابع سیگموندی اغلب به عنوان تابع فعال‌سازی لایه مخفی (رابطه ۳) مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳).

جدول ۲. نتایج ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

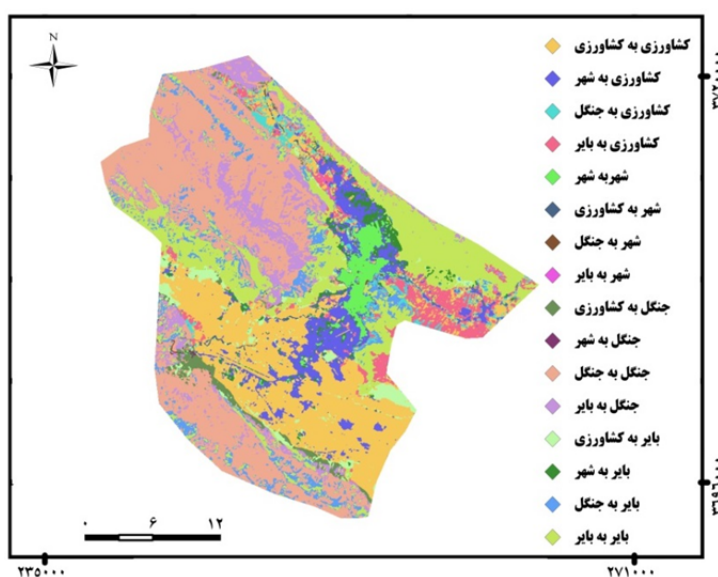
تصویر OLI (سال ۱۳۹۷)		تصویر TM (سال ۱۳۶۵)	
صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا
۹۵ درصد	۰/۹۴	۹۰ درصد	۰/۸۸



شکل ۶. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی سال‌های مورد مطالعه

است به دلیل کاشت درخت و سایر عوامل در سال‌های اخیر باشد. همچنین بیشترین تغییر کاربری مربوط به جنگل است که به اراضی بایر تغییر یافته است (شکل ۷).

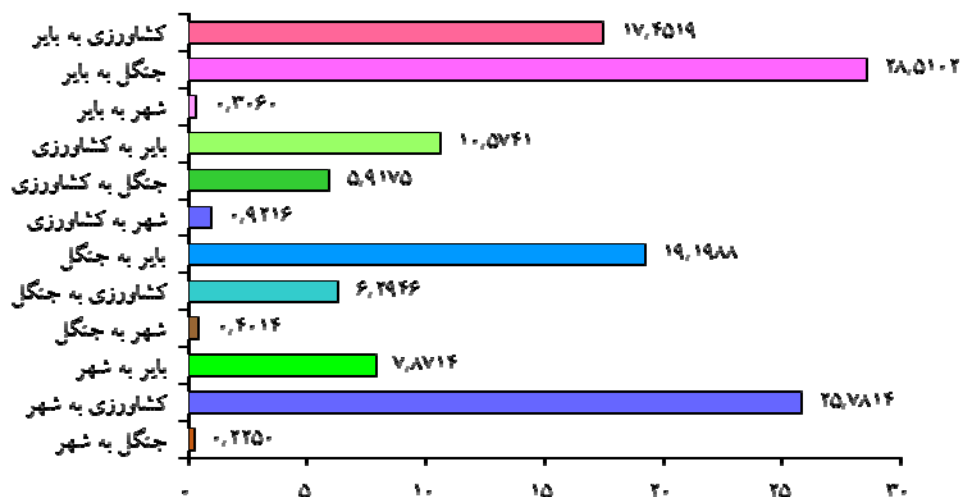
تجزیه و تحلیل تغییرات جنگل با مدل تغییرات کاربری اراضی (LCM) در طول سال‌های مورد مطالعه نشان داد که مقدار ۳۴ کیلومتر مربع جنگل از بین رفته است؛ و مقدار ۲۵ کیلومتر مربع به مساحت جنگل‌ها اضافه شده است که ممکن



شکل ۷. تغییرات کاربری رخ داده در منطقه مورد مطالعه با مدل تغییرات کاربری اراضی LCM

فعالیت‌های انسانی است؛ که تبدیل به اراضی بایر و کشاورزی شده است.

همان‌گونه که در شکل ۸ دیده می‌شود و با توجه به نتایج مدل تغییرات کاربری اراضی LCM بیشتر مناطقی از جنگل تخریب شده است؛ که لبه جنگل است که در ارتباط بیشتر با

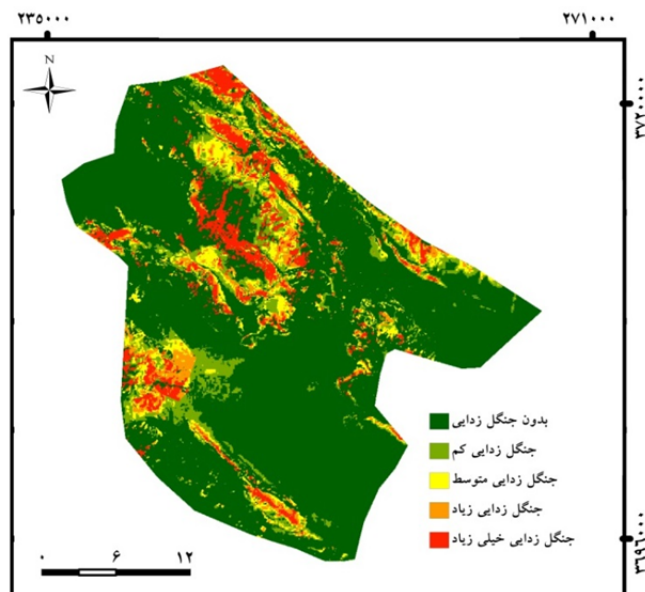


شکل ۸. مقدار تغییرات کاربری با مدل تغییرات کاربری اراضی LCM (کیلومتر مربع)

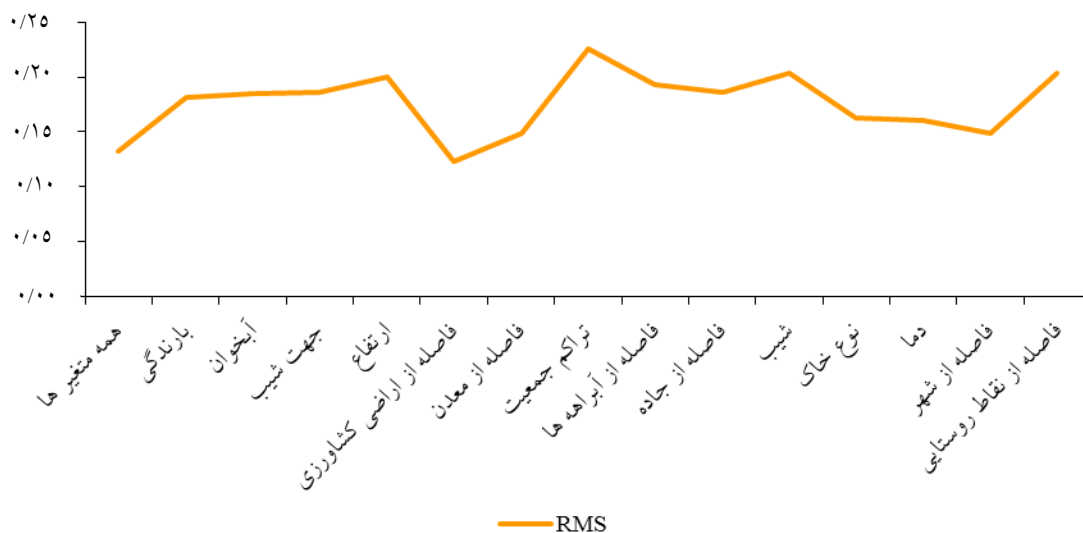
شد. لایه‌های ورودی شامل یک متغیر وابسته و چهارده متغیر وابسته است؛ که در جدول ۱ به آن‌ها اشاره شد.

همان‌گونه که در شکل ۱۰ مشخص است فاصله از اراضی کشاورزی دارای کمترین مقدار RMS و بیشترین مربوط به تراکم جمعیت است. همچنین میزان RMS برای حذف همه متغیرها به صورت کلی مناسب است چون مقدار آن از ۰/۲۵ عبور نکرده و به صفر نزدیک می‌باشند؛ و میزان آن با اشتراک همه متغیرها برابر با ۰/۱۳۲۲ است که برای شروع فاز پیش‌بینی مناسب است. در شکل نقشه حاصل از آموزش شبکه با اشتراک همه متغیرها با کمترین میزان خطای RMS نمایش داده شده است که با رتبه‌بندی پیکسل‌های آن، پیکسل‌های مستعد برای جنگل‌زدایی را مشخص نمودیم؛ و از آن برای پیش‌بینی جنگل‌زدایی استفاده شد.

تجزیه و تحلیل نتایج مدل عصبی پرسپترون چندلایه
 (MLP) با فراخوانی متغیرهای مستقل (شکل ۵ و جدول ۱) و متغیر وابسته (جنگل‌زدایی)، به مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، الگوی پیشروی جنگل‌زدایی در طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ شبیه‌سازی گردید (شکل ۹). بدین منظور ابتدا تمام متغیرهای مستقل در مدل دخالت داده شد که در شکل نتیجه حاصل نشان داده شده است. سپس هر کدام از متغیرهای مستقل را یکی یکی از مدل حذف گردید و میزان کمترین خطای RMS حاصل از حذف هر یک از متغیرها مشخص شد که از آن برای پیش‌بینی الگوی جنگل‌زدایی مورد استفاده قرار گرفت که در شکل ۱۰ مقدار آن‌ها مشخص است. در روند اجرای مدل از یک‌لایه پنهان برای آموزش شبکه و با شرایط توقف در ده هزار تکرار، میزان RMS ۰/۰۱ و میزان صحت ۱۰۰ درصد استفاده



شکل ۹. نقشه حاصل از آموزش شبکه MLP با مشارکت همه متغیرها



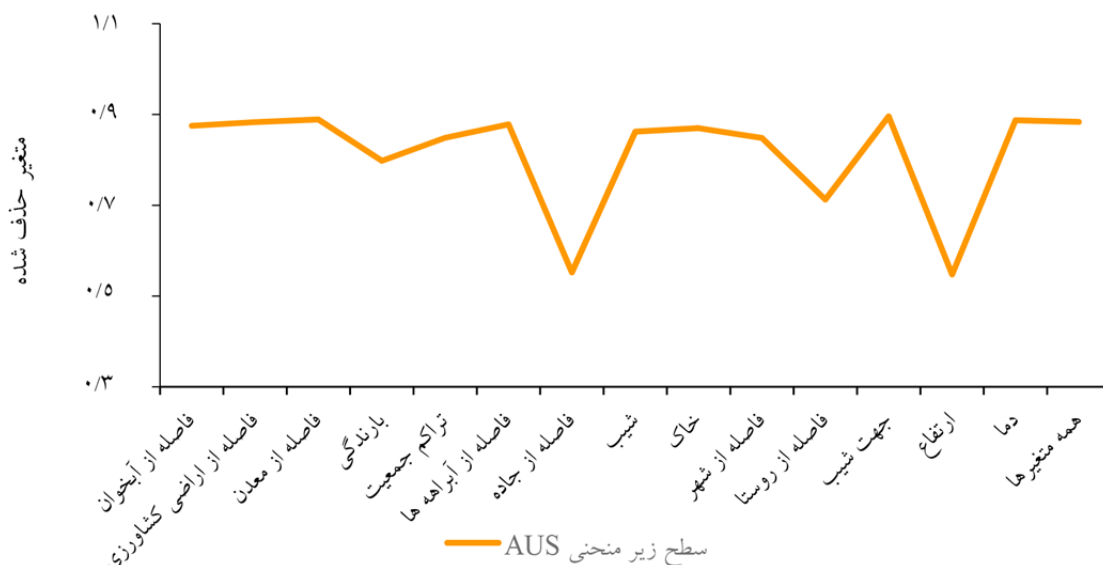
شکل ۱۰. جذر میانگین مربعات خطا (RMS) حاصل از آموزش شبکه

حساسیت سنجی مدل با راک

به منظور حساسیت سنجی نتیجه حاصل از شبکه عصبی، میزان راک مدل پس از اجرای مدل سازی با مجموعه داده های کامل، به تعداد متغیرهای مستقل دوباره به مرحله اجرا درآمد. با این تفاوت که این بار در مرحله اجرای مدل، یکی از متغیرهای مستقل حذف و مدل با سایر متغیرهای مستقل اجرا شد. مزیت این کار در حساسیت سنجی متغیرها و کشف میزان اثر متغیرها در مدل نهایی است. در مطالعه حاضر پس از هر بار

اجرای مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP)، میزان سطح زیر منحنی راک مدل استخراج و بر اساس میزان تفاوت با مدلی که همه متغیرها مشارکت دارند، اثر متغیر مستقل حذف شده محاسبه گردید.

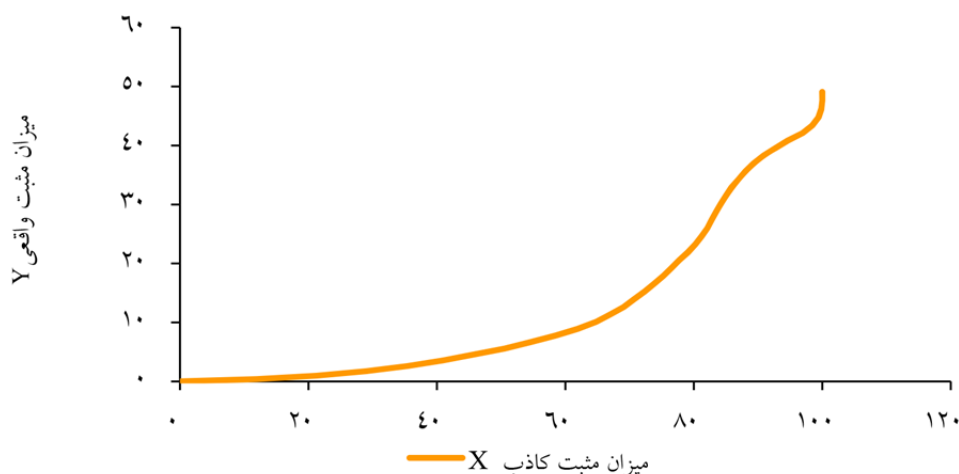
با توجه به شکل ۱۱ حذف متغیرهای فاصله از جاده، ارتفاع، فاصله از روستا دارای میزان پایینی از سطح زیر منحنی راک می باشد که نشان دهنده این است که مدل با حذف این متغیرها دارای صحتی بیشتر است.



شکل ۱۱. مقدار سطح زیر منحنی راک برای حذف هر یک از متغیرها

تشخیص برابری دارند؛ که در این مطالعه میزان سطح زیر منحنی راک برای مشارکت همه متغیرها، ۰/۸۸ است که به دلیل قرار گرفتن در محدوده موردقبول یعنی بالای ۰/۴ مدل‌سازی حاصل از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) موردقبول است (شکل ۱۲).

بدیهی است هنگامی که حساسیت افزایش پیدا کند، میزان مثبت کاذب نیز افزایش می‌یابد؛ بنابراین منحنی راک به ما اجازه می‌دهد تا میزان مثبت واقعی (مقدار واقعی جنگل‌زدایی) و مثبت کاذب (خروجی MLP) را در هر نقطه بر روی منحنی بررسی و مقایسه کنیم. سطح زیر منحنی یکسان عملکرد کلی



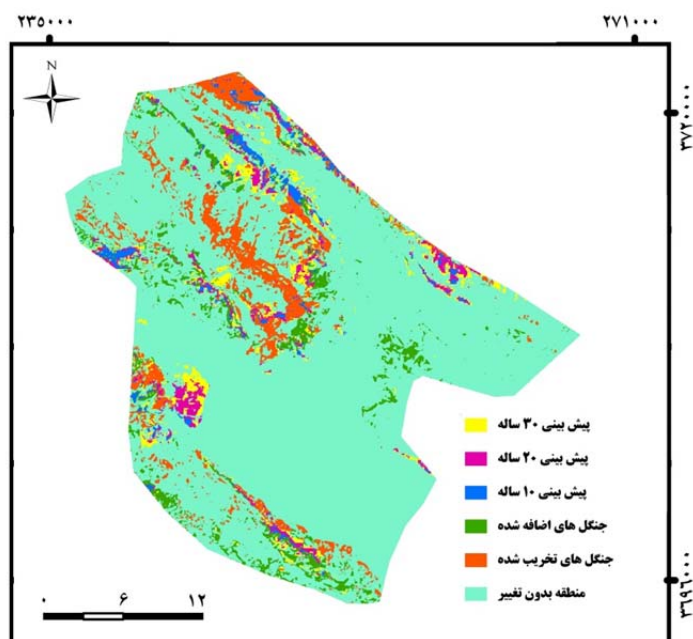
شکل ۱۲. حساسیت سنجی MLP برای مشارکت همه متغیرها با منحنی راک

رتبه‌بندی شد که در آن پیکسل‌های مستعد جنگل‌زدایی در رتبه اول قرار گرفتند و همچنین مناطقی که در بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ دچار جنگل‌زدایی بود صفر در نظر گرفته شد تا

پیش‌بینی جنگل‌زدایی نقشه خروجی حاصل از مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) با مشارکت همه متغیرها بر اساس پیکسل‌ها

جنگلی موجود در سال ۱۳۹۷ تخریب خواهد شد؛ یعنی با برقراری تناسب بین تعداد پیکسل‌های تخریب شده در طول ۳۲ سال با کل پیکسل‌ها جنگل در سال ۱۳۹۷، تعداد پیکسل‌های که امکان تخریب را در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال آینده رادارند از بین پیکسل‌های که در طول سال‌های مورد مطالعه دچار جنگل‌زدایی نشده‌اند مشخص شد (شکل ۱۳).

در روند پیش‌بینی درگیر نشوند؛ و بر اساس تعداد پیکسل‌های که در طول سال‌های مورد مطالعه از جنگل تخریب شده‌اند به پیش‌بینی تعداد پیکسل‌های که قابلیت بیشتری برای تخریب دارند پرداخته شود، که این پیش‌بینی به صورت ۱۰ ساله برای ۱۴۰۷، ۲۰ ساله برای ۱۴۱۷ و ۳۰ ساله برای ۱۴۲۷ است. که به ترتیب مقدار ۶ کیلومترمربع برای سال ۱۴۰۷، ۱۰ کیلومترمربع برای سال ۱۴۱۷ و ۱۲ کیلومترمربع برای سال ۱۴۲۷ از اراضی



شکل ۱۳. نقشه پیش‌بینی جنگل‌زدایی برای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سال آینده

تخریب در لبه‌های جنگل اتفاق افتاده است. همچنین میزان تغییرات بین کاربری‌های مختلف با LCM به دست آمد که بیشترین تغییر مربوط به جنگل به بایر با مقدار ۲۸ کیلومترمربع است. با توجه به نتایج پژوهش‌های کیم (۲۰) و سینگ و همکاران (۲۴) با مدل MLP روند جنگل‌زدایی در طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۷ با مشارکت پارامترهای تأثیرگذاری از جمله شیب، جهت شیب، ارتفاع، دما، بارش، نوع خاک، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از آبخوان، فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از نقاط روستایی، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از معادن و تراکم جمعیت مشخص نمودیم. نتایج حاصله از آزمون شبکه با مشارکت همه متغیرها با توجه به

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور بررسی نقش عوامل اجتماعی و اکولوژیکی در تخریب جنگل‌های اطراف شهر خرم‌آباد و مدل‌سازی روند جنگل‌زدایی با توجه به این عوامل صورت گرفت؛ که ابتدا به طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای برای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۷ با روش پیکسل پایه حداکثر احتمال پرداختیم و مناطق جنگلی را برای دو سال مذکور به دست آوردیم؛ که در سال ۱۳۶۵ برابر با ۱۴۰ کیلومترمربع و در سال ۱۳۹۷ برابر با ۱۰۶ کیلومترمربع است؛ که با تفریق تصاویر، میزان جنگل‌زدایی طی ۳۲ برابر با ۳۴ کیلومترمربع به دست آمد؛ که بیشترین

نتایج مطلوبی می توان دست یافت.

منابع مورد استفاده

۱. آرخی، ص.، ع. ا. جعفر زاده و ص. یوسفی. ۱۳۹۱. شبیه سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک، GIS و سنجش از دور مورد: جنگل های شمال ایلام. جغرافیا و توسعه، ۱۰(۲۹): ۳۱-۴۲.
۲. جمعه زاده، ب.، س. هاشمی، ع. درویشی بلورانی و م. کیاورز. ۱۳۹۴. کاربرد تجزیه و تحلیل طیف مخلوط نرمال شده (NSMA) جهت استخراج مناطق ساخته شده شهری و استفاده از آن در شبکه عصبی مصنوعی (MLP) برای پیش بینی رشد آبی شهر. اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۴(۱۶): ۵۶-۷۷.
۳. خاشعی، م.، م. بیجاری و ف. مخاطب رفیعی. ۱۳۹۳. انتخاب متغیر در شبکه های عصبی پرسپترون چندلایه به منظور پیش بینی با استفاده از نگاهت های خودسازمان ده (SOM). روش های عددی در مهندسی، ۳۳(۱): ۱۲۵-۱۳۹.
۴. رضایی بنفشه، م.، ه. رستم زاده و ب. فیضی زاده. ۱۳۸۶. بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS مطالعه موردی جنگل های ارسباران (۱۹۸۷-۲۰۰۵). پژوهش های جغرافیایی، ۳۹(۶۲): ۱۴۳-۱۵۹.
۵. رستم زاده، ه.، ص. دارابی و ه. شهابی. ۱۳۹۶. آشکارسازی تغییرات جنگل بلوط با استفاده از طبقه بندی شی گرا تصاویر چند زمانه لندست (مطالعه موردی جنگل های شمال استان ایلام). نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۸(۲): ۹۲-۱۱۰.
۶. صفری، س و ع. براتلو. ۱۳۹۵. پزشکی مبتنی بر شواهد، قسمت پنجم: ویژگی عملکردی تست و سطح زیر منحنی راک. مجله طب اورژانس ایران، ۳(۳): ۱۱۹-۱۲۱.
۷. فاطمی طلب، س.، م. معدنی پورکرمانشاهی و س. هاشمی. ۱۳۹۴. برآورد تغییرات سطح پوشش جنگل های رودسر با استفاده از روش های شبکه عصبی مصنوعی و حداکثر احتمال. نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۶(۲): ۳۳-۴۴.
۸. عظیمی نجارکلایی، ا.، ع. جمالی و س. حسینی. ۱۳۹۶.

RMS با مقدار ۰/۱۳۲۲ نشان دهنده این است که مدل سازی حاصل از MLP دارای صحت مناسبی است؛ و همچنین با استفاده از ROC مقدار واقعی جنگل زدایی را در مقابل مقدار پیش بینی حاصل از مدل MLP قرارداد شده؛ که در شکل ۱۲ نشان داده شده است و مقدار سطح زیر منحنی ROC برابر با ۰/۸۸۳۴۹۴ شد؛ که نشان دهند صحت بالای مدل MLP است. از بین متغیرهای شرکت داده شده در مدل سازی، حذف متغیرهای فاصله از جاده، ارتفاع و فاصله از روستا، سطح زیر منحنی راک را پایین آوردند. در حالی که حذف سایر متغیرها و مشارکت همه متغیرها AUS بالا بردند. نتیجه حاصل از پیش بینی جنگل زدایی نشان دهنده این است که ۴/۶ درصد (۶/۱۸ کیلومترمربع) از اراضی جنگلی موجود در طی ۱۰ سال آینده تخریب خواهد شد؛ و همچنین این مقدار برای ۲۰ سال و ۳۰ سال آینده به ترتیب برابر با ۷/۷ درصد (۱۰/۲۰ کیلومترمربع) و ۹/۳ درصد (۱۲/۲۵ کیلومترمربع) خواهد بود. با توجه به این پژوهش و پژوهش های گذشته در این زمینه می توان گفت که عوامل اجتماعی بیشترین تأثیر را بر تخریب جنگل داشته است؛ که از جمله آن ها می توان به افزایش جمعیت، گسترش شهرها و جاده ها و اراضی کشاورزی را نام برد؛ که با نتایج پژوهش رضایی بنفشه و همکاران (۴) و بونیا-بدویا و همکاران (۱۵) تطابق دارد. از بین عوامل طبیعی می توان کاهش سطح آبخوان ها و فاصله از آبراه ها را نام برد. همچنین بیشترین تخریب در لبه های جنگل اتفاق افتاده که با نتایج آرخی و همکاران (۱) مشابه است؛ و در این پژوهش به این نتایج دست یافتیم که با استفاده از سنجش از دور و داده های ماهواره ای و همچنین ابزارها و مدل های موجود در علوم اطلاعات جغرافیایی می توان روند تغییرات جنگل ها را به خوبی بررسی نمود و تغییرات آن ها را دنبال کرد. در این میان شبکه های عصبی توانایی زیادی در مدل سازی تغییرات را دارند. همچنین پیش بینی تخریب جنگل نیز می تواند برای برنامه ریزی حفاظت جنگل بسیار مؤثر باشد. لذا پیشنهاد می شود که در پژوهش های آینده از شبکه های عصبی با پارامترهای مختلف و مقایسه نتایج آن با سایر مدل های که در این زمینه هستند. به

- comparing genetic programming with maximum likelihood and classification and regression trees. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 142: 94-105.
18. Canziani G, Ferrati R, Marinelli C, Dukatz F. 2008. Artificial neural networks and remote sensing in the analysis of the highly variable Pampean shallow lakes. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 5(4): 691-711.
 19. Higginbottom TP, Collar NJ, Symeonakis E, Marsden SJ. 2019. Deforestation dynamics in an endemic-rich mountain system: Conservation successes and challenges in West Java 1990–2015. *Biological Conservation*, 229: 152-159.
 20. Kim OS. 2010. An assessment of deforestation models for reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD). *Transactions in GIS*, 14(5): 631-654.
 21. Pontius Jr RG, Batchu K. 2003. Using the relative operating characteristic to quantify certainty in prediction of location of land cover change in India. *Transactions in GIS*, 7(4): 467-484.
 22. Reis S. 2008. Analyzing land use/land cover changes using remote sensing and GIS in Rize, North-East Turkey. *Sensors*, 8(10): 6188-6202.
 23. Shooshtari SJ, Gholamalifard M. 2015. Scenario-based land cover change modeling and its implications for landscape pattern analysis in the Neka Watershed, Iran. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1: 1-19.
 24. Singh S, Reddy CS, Pasha SV, Dutta K, Saranya K, Satish K. 2017. Modeling the spatial dynamics of deforestation and fragmentation using Multi-Layer Perceptron neural network and landscape fragmentation tool. *Ecological Engineering*, 99: 543-551.
 25. Ya'acob N, Azize ABM, Mahmon NA, Yusof AL, Azmi NF, Mustafa N. 2014. Temporal forest change detection and forest health assessment using Remote Sensing. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol 1. IOP Publishing, p 012017.
- مقایسه دقت طبقه‌بندی سری زمانی لندست در پایش کاربری اراضی. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۸(۲): ۳۳-۴۷.
۹. فخاری، م. ع. ۱۳۸۶. جنگل‌شناسی همگام با طبیعت، محور توسعه و پایداری اکوسیستم در جنگل‌های خزری. نشریه جهاد، (۲۷۶): ۳۰۷-۳۲۸.
 ۱۰. محمودزاده، ح و ق. خوش‌روی. ۱۳۹۴. کاربرد رگرسیون لجستیک در مدل‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: منطقه شهری بناب). فصلنامه مطالعات شهری، ۴(۱۴): ۳۱-۴۶.
 ۱۱. میرزایی زاده، و م. نیک‌نژاد. ۱۳۹۲. شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش پوشش جنگلی با استفاده از تصاویر ماهواره لندست (مطالعه موردی: منطقه جنگلی بیوره-شهرستان ملکشاهی). نشریه حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، ۲(۲): ۹۱-۱۰۸.
 ۱۲. هاشمی، س. آ.، س. ر. فاطمی‌طلب، ح. کاوسی‌کلاشمی و م. معدنی‌پور کرمانشاهی. ۱۳۹۵. پایش تغییرات سطح پوشش جنگل‌های حوزه سیاه‌مزگی استان گیلان با استفاده از تصاویر لندست. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۷(۳): ۷۸-۸۸.
 ۱۳. یعقوبی، ث. م. فرامرزی، ح. کریمی و ج. سروریان. ۱۳۹۵. ارزیابی کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی روند بیابان‌زایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی: دشت دهلران، ایلام). نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی)، ۷(۳): ۶۱-۷۷.
 14. Antônio R, Souza, Junior PDM. 2018. Improved spatial model for Amazonian deforestation: An empirical assessment and spatial bias analysis. *Ecological Modelling*, 387: 1-9.
 15. Bonilla-Bedoya S, Estrella-Bastidas A, Molina JR, Herrera MÁ. 2018. Socioecological system and potential deforestation in Western Amazon forest landscapes. *Science of The Total Environment*, 644: 1044-1055.
 16. Bonilla-Bedoya S, López-Ulloa M, Vanwalleghem T, Herrera-Machuca MÁ. 2017. Effects of land use change on soil quality indicators in forest landscapes of the Western Amazon. *Soil Science*, 182(4): 128-136.
 17. Cabral AI, Silva S, Silva PC, Vanneschi L, Vasconcelos MJ. 2018. Burned area estimations derived from Landsat ETM+ and OLI data:



Deforestation modeling using artificial neural network and GIS (Case study: forests of Khorramabad environs)

H. Mahmoudzadeh ^{1*}, M. Azizmoradi ²

1. Assoc. Prof. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University Of Tabriz, Iran

2. MSc. Student of Remote Sensing and Geographical Information System (GIS), Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 May 2019

Accepted 2 October 2019

Available online 15 January 2020

Keywords:

Deforestation

Change detection

Multilayer perceptron (MLP) model

Remote sensing

Khorramabad

ABSTRACT

In this research, occurred changes in the forests around Khorramabad between 1986 and 2018 using TM and OLI Landsat images were investigated. For this purpose, after making the necessary atmospheric and geometric corrections, the images were classified by the maximum likelihood algorithm in five classes with a total accuracy of 95% and a kappa coefficient of 0.94. By overlaying the images, the amount of lost forest (34 km²) was determined and as a dependent variable was imported into the multilayer perceptron (MLP) model. In the GIS environment, were prepared the effective factors in the process of deforestation (independent variables); then by using MLP, the deforestation process in the years under review was determined. It was also land use changes was extracted that the results show the highest changes belonged to the forest to barren land changes and finally the deforestation forecast for 10, 20 and 30 years displays a decrease of 4.6% for the year 1407, 7.5% for the year 1417 and 9.3 for 1427. The results of the network training involving all variables with mean squared error (RMS) of 0.13 indicate that the MLP-based modeling is accurate and also, using Receiver Operating Characteristic (ROC) index, the real amount of deforestation was compared to the result of the MLP model; which showed the high accuracy of the MLP model with 0.88 of the ROC.

* Corresponding author e-mail address: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir