

پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط GIS (مطالعه موردی: منطقه سراپله)

صالح ارخی

– استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران، پست الکترونیک: arekhi1348@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۱۹

چکیده

هدف این تحقیق، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در گذشته و بررسی امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) در شهرستان سراپله استان ایلام است. در این تحقیق، تصاویر ماهواره لندست ۴ سنجنده TM سال ۱۳۶۷، ETM^+ لندست ۷ سال ۱۳۸۰ و TM لندست ۷ سال ۱۳۹۰ تجزیه و تحلیل شد. تصاویر هر سه مقطع زمانی به پنج طبقه جنگل، مرتع، اراضی بایر، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۰، با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰ و به کمک مدل LCM و بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام گردید. به این منظور، از متغیرهای مکانی فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از حاشیه جنگل، شاخص گسستگی جنگل، ارتفاع، شیب و جهت به‌عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. بنا بر نتایج، در طول دوره ۱۳۶۷-۱۳۹۰، ۱۴۶۹۱ هکتار جنگل تخریب شده است. همچنین اراضی بایر به مقدار ۹۸۷۴ هکتار نسبت به سطح اولیه خود توسعه یافته است. نتایج مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بیشتر زیر مدل‌ها صحت بالایی را (۶۰ تا ۸۶ درصد) نشان داد. خطای کل در مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۰، ۱۲/۸۴٪ به‌دست آمد که نشان‌دهنده انطباق زیاد تصویر پیش‌بینی شده مدل با تصویر واقعیت زمینی و قابل قبول بودن مدل است. همچنین، نتایج پیش‌بینی نشان داد که مساحت اراضی جنگلی در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با ۱۳۹۰ کاهش و اراضی بایر افزایش خواهند یافت.

واژه‌های کلیدی: برنامه LCM، پیش‌بینی، تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات کاربری اراضی، شبکه عصبی مصنوعی.

مقدمه

از جمله تخریب منابع طبیعی در سال‌های اخیر، بررسی چگونگی تغییرات پوشش اراضی طی دوره‌های زمانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امری ضروریست. از طرفی داده‌های ماهواره‌ای تکرارپذیر و به‌هنگام است و همچنین سطح وسیعی را پوشش می‌دهد و همین خصوصیات کاربرد آنها را افزایش داده است. در سال‌های اخیر، به دلیل کارایی مناسب داده‌های ماهواره‌ای و قابلیت‌های سیستم‌های جغرافیایی، بررسی تغییرات کاربری اراضی، مدل‌سازی و پیش‌بینی این تغییرات برای آینده مورد توجه پژوهشگران

کاربری اراضی همواره یکی از مهمترین عواملی بوده که انسان از طریق آن محیط‌زیست خود را تحت تأثیر قرار داده است و از نظر تاریخی مهمترین تغییر کاربری اراضی که انسان انجام داده است، از میان بردن جنگل‌ها و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی و سکونتگاه‌ها بوده است (Lausch & Herzog, 2002). مدیریت اصولی کاربری اراضی مستلزم در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و به‌هنگام در قالب نقشه است. با توجه به تغییرات گسترده و غیراصولی کاربری اراضی

۱۹۸۷-۱۹۹۷ استفاده کردند و دو گروه عامل اثرگذار شامل تراکم جمعیت، دسترسی به جاده‌ها و مراکز شهری با نسبت امتیاز کوچکتر از یک و فاصله از مراکز بزرگ فروشگاه‌ها، جنگل‌ها و علفزارها را با نسبت امتیازی بزرگتر از یک تشخیص دادند. Onate-valdivieso و Sendra (۲۰۱۰) تغییرات کاربری سرزمین در حوزه آبخیز Catamayo را با استفاده از رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی مصنوعی مدل‌سازی کردند. آنها از تصاویر ماهواره Land sat مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ و ۱۹۹۶ برای مدل‌سازی پوشش زمین سال ۲۰۰۱ استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده با روش رگرسیون لجستیک در مقایسه با روش شبکه عصبی مصنوعی با نقشه واقعیت زمینی سال ۲۰۰۱ مطابقت بیشتری داشت.

Vaclavik و Rogan (۲۰۰۹) از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) برای آشکارسازی تغییرات منطقه Olomouc در جمهوری چک استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که ۶٪ از جنگل مخلوط به جنگل پهن‌برگ تبدیل شده و ۳/۵٪ افزایش در مناطق مسکونی رخ داده است. Khoi و Murayama (۲۰۱۰) از مدل‌ساز تغییر زمین و شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی تغییرات جنگل در پارک ملی Tam Dao استفاده کردند. از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۳، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۷ به‌عنوان ورودی مدل، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات سطح جنگل برای سال-های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۱ بهره‌جستند. نتایج آنها نشان داد که جنگل اولیه از ۱۸/۰۳٪ در ۲۰۰۷ به ۱۵/۱۰٪ در ۲۰۱۴ و ۱۲/۶۶٪ در ۲۰۲۱ کاهش خواهد یافت. Thapa و Murayama (۲۰۱۱) از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) برای مدل‌سازی توسعه شهر نیال استفاده کردند. آنها از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۰ برای مدل‌سازی سال‌های تاریخی، محیط‌زیستی و حفظ منابع کمک گرفتند. Perez-vega و همکاران (۲۰۱۱) از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) برای مدل‌سازی تخریب و احیای جنگل‌های خزان‌کننده گرمسیری مکزیکی بهره‌جستند. آنها مدل‌سازی نیروی انتقال را با شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند و در زیر مدل احیاء، زیر مدل جنگل‌زدایی و زیر مدل اختلال به‌ترتیب با صحت ۵۹/۲٪، ۳۵/۲٪ و ۵۹/۶٪ دست یافتند.

قرار گرفته است. پیش‌بینی کاربری اراضی در ارتباط با اکولوژی، جنگل‌زدایی، شهرنشینی، مدیریت پایدار منابع طبیعی، شناسایی و مدل‌سازی اثرهای تغییرات آب و هوا انجام می‌شود (Lo & Quattrochi, 2003; Russell-smith, 2003; Fraser et al., 2005).

سطح زمین به خودی خود یک سیستم پیچیده است و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرایند پیچیده با دخالت انواع متغیرهاست. معمولاً نقشه‌های موضوعی برای مدل‌سازی با استفاده از روش‌های سنجش از دور، پردازش تصویر و نرم‌افزارهای نقشه‌سازی به‌دست می‌آیند. به طور خلاصه، این مدل‌ها ابزارهایی مفید هستند که تکمیل‌کننده توانایی ذهن بشر برای تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی و گرفتن تصمیمات آگاهانه‌ترند (Verburg et al., 2004). کارشناسان در سال‌های اخیر، به مدل‌سازی تغییرات و استفاده از آن برای پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق و آینده‌نگرتر توجه نشان داده‌اند. Schneider و Pontius (2001) از رگرسیون لجستیک و ارزیابی چند معیاره برای توسعه مدلی استفاده کردند که در آن موقعیت و کمیت جنگل‌زدایی در حوزه آبخیز Ipswich پیش‌بینی شد. از تصاویر سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۸۵ برای واسنجی و از تصاویر سال‌های ۱۹۸۵-۱۹۹۱ برای صحت‌سنجی مدل استفاده شد. مقدار (ROC) در مدل ۰/۷ و بالاترین ضریب کاپا ۰/۹۳ به‌دست آمد. مهمترین متغیر نیز نزدیکی به مناطق مسکونی تشخیص داده شد. Fang و همکاران (۲۰۰۵) رشد شهر Peoria در آمریکا را در دوره زمانی هفت‌ساله با ترکیب رگرسیون لجستیک و سلول خودکار شبیه‌سازی کردند. رگرسیون لجستیک وزن متغیرهای مؤثر در مدل را برای تهیه نقشه پیش‌بینی احتمال تغییرات کاربری سرزمین به‌دست آورد. Wu و همکاران (۲۰۰۶) از ترکیب مدل رگرسیونی و مارکف برای بررسی و مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در Beijing چین استفاده کردند. نتایج آنها نشان‌دهنده رشد چشمگیر کاربری شهری و کاهش مراتع طی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ بوده است. این تغییرات بیش از همه در مناطق شهری و حومه آنها رخ داده است. Lo و Hu (۲۰۰۷) از رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی رشد در آتلانتا طی دوره زمانی

رگرسیون لجستیک و Geomod استفاده کرد. برای این منظور، با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۷ آشکارسازی تغییرات کاربری سرزمین را بررسی و بعد تغییرات را برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۵ پیش‌بینی کرد. نتایج آشکار کرد که منطقه در آینده با رشد مناطق شهری و کاهش اراضی جنگلی همراه خواهد بود. معیار کاپا نیز نشان از اجرای موفق هر دو مدل برای مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین داشت.

منطقه سرابله از مناطق مهم و در عین حال بحرانی از نظر تغییر کاربری اراضی و کاهش سطح عرصه‌های جنگلی در استان ایلام بشمار می‌رود و به همین دلیل برای بررسی بیشتر مورد توجه مسئولان و بخش‌های تحقیقاتی قرار گرفته است. تحقیق حاضر با هدف پیش‌بینی تغییرات کاربری منطقه سرابله استان ایلام برای سال ۱۴۰۰، با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف در مدل LCM انجام شد. استفاده از رویکرد پرسپترون چندلایه شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی قابلیت انتقال و زنجیره مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و یکپارچه‌سازی آنها از مهمترین جنبه‌های نوآوری تحقیق حاضر است.

مواد و روش‌ها

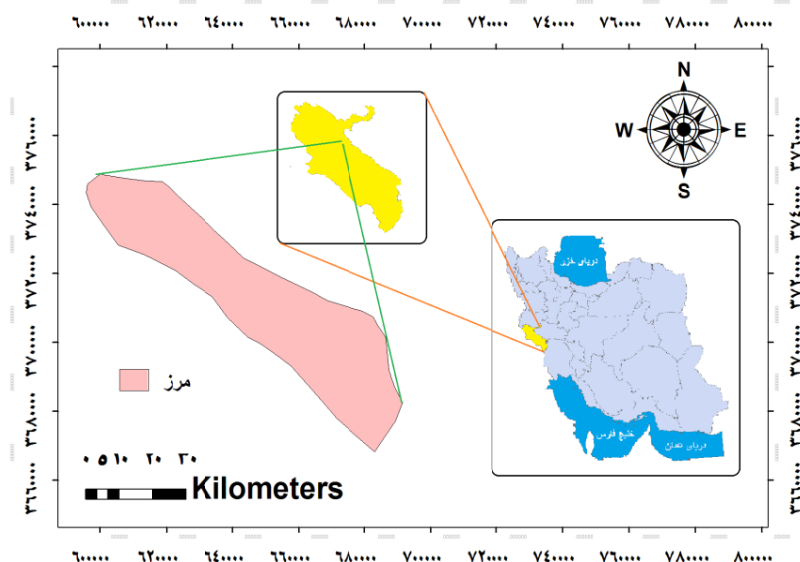
معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، یک حوزه کوهستانی از مناطق جنگلی شمال استان ایلام می‌باشد. مساحت این منطقه ۲۲۵۷۱۲ هکتار می‌باشد که از لحاظ موقعیت جغرافیایی، بین طول‌های جغرافیایی شرقی $33^{\circ} 19' 32''$ تا $33^{\circ} 07' 07''$ و عرض‌های جغرافیایی شمالی $48^{\circ} 0' 46''$ تا $47^{\circ} 0' 43''$ واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع منطقه حداقل ۷۰۰ متر و حداکثر ۲۷۰۰ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. از لحاظ شرایط اقلیمی، این منطقه جزء مناطق نیمه‌خشک (اقلیم مدیترانه‌ای) با متوسط بارندگی ۵۹۲/۷۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. اراضی جنگلی منطقه پوشیده از جنگل‌های بلوط-بنه و بلوط ایرانی با تراکم‌های مختلف، اراضی مرتعی، زمین‌های زراعی دیم و آبی می‌باشد. کلاس‌های کاربری، پوشش زمینی انتخاب شده در این مطالعه و تعریف آنها بشرح زیر است:

رنجبر (۱۳۸۱)، با تجزیه و تحلیل و برآورد تخریب جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS در جنگل‌های ارسباران با هدف ارزیابی و مطالعه میزان جنگل‌های تخریب شده و بررسی مشخصه‌های مختلف بر تخریب جنگل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک، تحقیقی را انجام داد و نتیجه گرفت که عوامل ارتفاع از سطح دریا، فاصله از مراکز جمعیتی و جهت دامنه به‌عنوان مشخصه‌های مؤثر بر تخریب یا عدم تخریب جنگل می‌باشد. ایشان بیان کرد که با افزایش ارتفاع و فاصله از مناطق مسکونی میزان تخریب کمتر و در جهت جنوبی تخریب بیشتری مشاهده شد. امینی و همکاران (۱۳۸۵)، به بررسی روند تغییرات گستره جنگل و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی در جنگل‌های غرب کشور پرداختند. به این منظور از روش همبستگی اسپیرمن و مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج روش همبستگی اسپیرمن نشان داد که فاصله از جاده رابطه عکس با پدیده تخریب داشته است. نتایج بررسی با مدل رگرسیون لجستیک با ضریب تبیین ظاهری و تطبیق شده برابر با ۰/۳۷ نشان داد که فاصله از جاده مؤثرترین عامل تخریب در منطقه است. Arsanjani و همکاران (۲۰۱۳) برای مدل‌سازی رشد، توسعه شهر تهران را برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۶ با استفاده ترکیبی شامل رگرسیون لجستیک، مارکوف و سلول-های خودکار بررسی کردند. آنها به صحت ۸۹ درصد دست یافتند که نشان‌دهنده دقت بالای مدل بود و همچنین، بیان داشتند که رشد زیادی در دهه‌های آینده در حاشیه غربی تهران رخ خواهد داد. Shataee و Bagheri (۲۰۱۰) از رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی کاهش گستره جنگل در حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان استفاده کردند. برای بررسی ارتباط مکانی کاهش جنگل با عوامل فیزیوگرافی و انسانی از رگرسیون لجستیک با متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع و متغیرهای انسانی فاصله از جاده، روستا و مقدار جمعیت استفاده کردند. ضریب ROC در این مطالعه ۰/۷۲ به‌دست آمد که نشان‌دهنده توافق نسبی مدل به‌دست آمده با نقشه کاهش گستره جنگل است. Kamyab و همکاران (۲۰۱۰) توسعه شهر گرگان را طی دوره ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱، با استفاده از رگرسیون لجستیک، پیش‌بینی کردند و بیان نمودند که در تبدیل اراضی به مسکونی بیشترین تغییر مربوط به زمین‌های مرتعی و زراعی بوده است. Goldavi (۲۰۱۱) برای مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین در گرگان از

کلاس اراضی بایر: شامل مناطق سنگلاخی و بدون پوشش.
 کلاس اراضی کشاورزی: کلیه اراضی زیرکشت دیم و آبی.
 کلاس مناطق مسکونی: کلیه مراکز انسان ساخت اعم از شهرها، روستاها و مراکز صنعتی

کلاس جنگل: به مناطق جنگلی گفته می‌شود که از طرف سازمان جنگلها و مراتع تعریف شده است.
 کلاس مرتع: شامل اراضی مرتعی مشجر و غیرمشجر، اراضی دارای پوشش گیاهی خودرو غیر از جنگل.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

تصاویر ماهواره لندست در سال ۱۳۹۰ بوده است. از نقشه-های مذکور به‌منظور کنترل هندسی تصاویر ماهواره‌ای، تهیه مدل رقومی زمین، استخراج لایه راه‌ها و نیز به‌عنوان راهنما در کارهای میدانی استفاده شد. به‌علاوه نقشه‌های پوشش گیاهی ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جنگلها و مراتع تهیه شده در سال ۱۳۷۶، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۷۶، نظر کارشناسان و داده‌های حاصل از بازدید میدانی به‌عنوان اطلاعات جانبی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی هر چه دقیق‌تر بکار گرفته شد. در ضمن، از نرم‌افزارهای ENVI 4.7، IDRISI Selva و ArcGIS 9.3 برای پردازش داده‌ها، بارسازی، مدل‌سازی و خروجی گرفتن و از روش حداکثر احتمال^۱ برای طبقه‌بندی کاربری‌ها و مدل LCM برای پیش‌بینی تغییرات استفاده شده‌است.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های زیر استفاده شد: تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۴ مربوط به تاریخ ۱۳۶۷/۱/۱۳، تصویر سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۳۸۰/۱/۱، تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۱۳۹۰/۳/۴ (هر سه تصویر به شماره گذر و ردیف ۳۷-۱۶۷). داده‌های ماهواره ای به فرمت GeoTIFF در هفت باند طیفی تهیه شدند که از باند ۶ به دلیل قدرت تفکیک مکانی بالا (۶۰ متر) و عدم پرداختن به ویژگی‌های حرارتی پدیده‌ها در این تحقیق، استفاده نشد. با این توضیح که ابتدا تصاویر مورد نیاز از سازمان زمین‌شناسی آمریکا درخواست و در سطح تصحیحات LIT از سایت مربوط دریافت شد. مشخصات تصاویر استفاده شده در جدول شماره ۱ آمده است. ۱۲ برگ نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت شد. مبنای تهیه این نقشه‌ها، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۸۳ و

1- Maximum Likelihood

جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده شده در تحقیق

سنجنده	ردیف	گذر	تاریخ	مبنا	سطح تصحیحات
TM	۳۷	۱۶۷	۱۳۶۷/۱/۱۳	WGS84	*LIT
ETM ⁺	۳۷	۱۶۷	۱۳۸۰/۱/۱	WGS84	LIT
TM	۳۷	۱۶۷	۱۳۹۰/۳/۴	WGS84	LIT

*این سطح از تصحیحات شامل تصحیح رادیومتری در سطح سیستماتیک، تصحیح هندسی با استفاده از نقاط کنترل زمینی و همچنین خطای جابجایی ناشی از توپوگرافی منطقه می‌شود.

روش تحقیق

شده سازمان نقشه‌برداری کشور (<http://www.ncc.org.ir>), نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند (Rafiee *et al.*, 2009). پنج کلاس کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع، اراضی بایر، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی در منطقه تعریف شدند. سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رایانه رقومی شدند. در مرحله دوم، نمونه‌های تعلیمی تفکیک شدند و مرحله سوم طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است (Eastman, 2006) که از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شد (Schulz *et al.*, 2010). در نهایت برای حذف قطعات کوچک و ساده‌سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها از فیلتر مد^۳ استفاده شد.

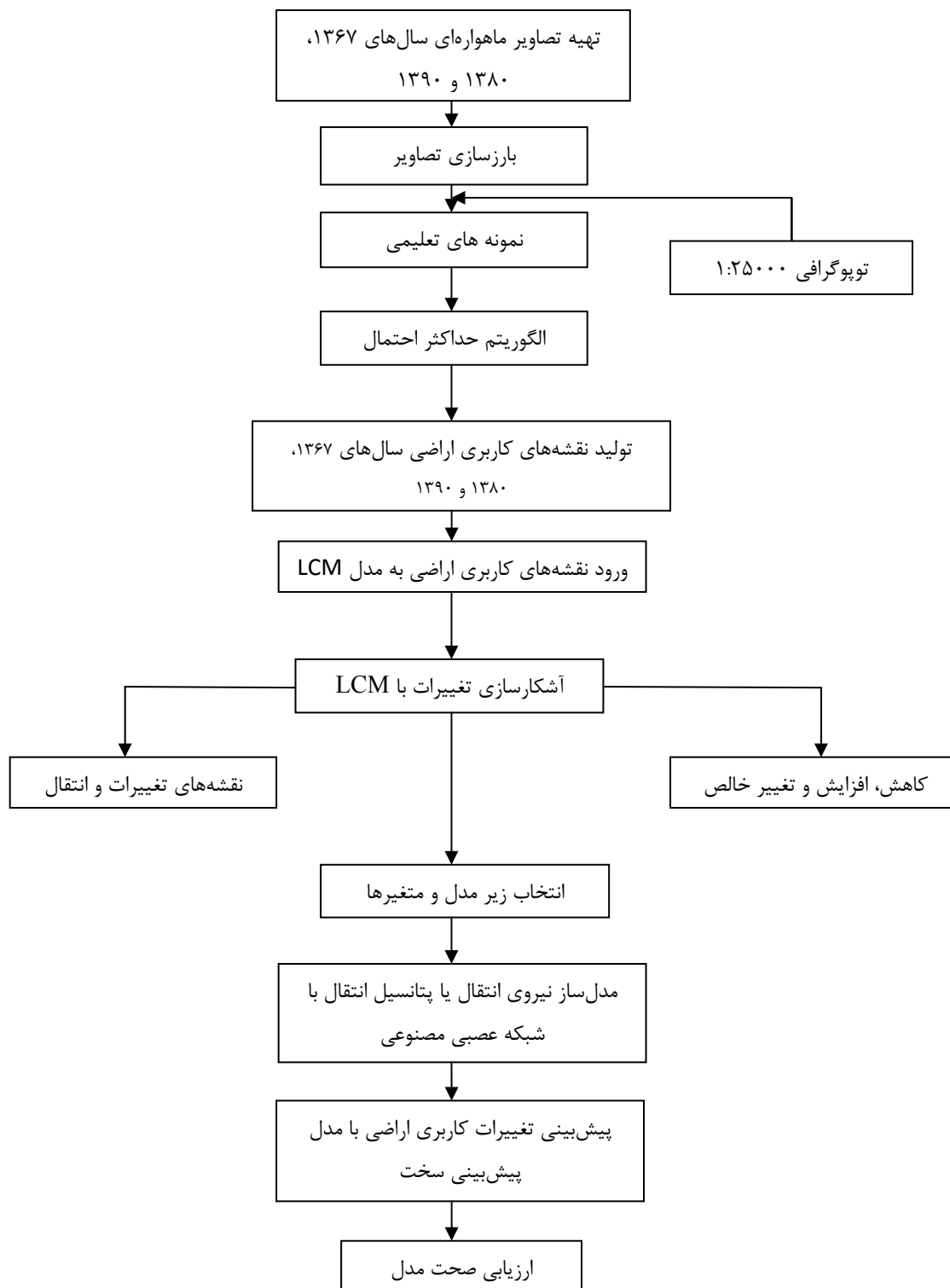
بررسی کیفیت تصاویر: قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری بررسی شد. داده‌ها در سطح LIT دریافت شد، اما به منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک تک باندها و همچنین ترکیب‌های رنگی مختلف بر روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگنمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های هر سه زمان از لحاظ خطاهای رادیومتری مانند راه راه شدگی بررسی شد. برای بررسی وضعیت هندسی تصاویر و اطمینان از مناسب بودن هندسه تصاویر، لایه‌های برداری جاده‌ها و آبراهه‌ها از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ استخراج و روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد.

آشکارسازی تغییرات با استفاده از LCM: آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت ضروری است. مدل‌ساز تغییر زمین، نرم‌افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی است که برای تشخیص مسئله مبرم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت ابزار جانبی درون سامانه نرم-افزاری IDRISI وجود داشته، همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار ArcGIS نیز در دسترس است. مدل‌ساز تغییر زمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت. مراحل مدل‌سازی در ۴ مرحله انجام می‌شود (شکل شماره ۲):

- ۱) بررسی تغییرات؛ ۲) مدل‌سازی نیروی انتقال؛
- ۳) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی؛ ۴) ارزیابی صحت مدل‌سازی.

طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی: از آنجا که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام خاکستری^۱ است، تصویر رنگی کاذب^۲ هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳۴ به ترتیب با رنگ‌های مادون قرمز، قرمز و سبز تولید شد (Khoi & Murayama, 2010). این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت-شده تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شوند (Eastman, 2006). برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه

1- Gray level
2- False color



شکل ۲- جمع‌بندی مراحل انجام تحقیق

برای تعیین همبستگی بین متغیرهای مستقل و میزان تغییر (متغیر وابسته) از ضریب همبستگی کرامر استفاده شد. متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، نزدیکی به جاده و شهر و حاشیه جنگل و غیرجنگل. در جنوب کامرون متغیرهای مهمی در مدل‌سازی تغییرات جنگل گزارش شده‌اند (Merten & Lambin, 1997). ارتفاع و نزدیکی به جاده نیز عوامل مهمی در تغییرات جنگل در زمین‌های کم‌ارتفاع سوماترا تشخیص داده شدند (Linkie et al., 2004). همچنین در مطالعه Schulz و همکاران (۲۰۱۱)، شیب و نزدیکی به جاده‌های اصلی تأثیر معنی‌داری را در تغییرات پوشش گیاهی نشان دادند.

در این تحقیق شیب، جهت جغرافیایی و طبقات ارتفاعی به عنوان عوامل طبیعی مؤثر در تغییرات و فاصله از مناطق مسکونی، جاده‌ها، شاخص گسستگی جنگل^۵ و فاصله از حاشیه جنگل به عنوان نقش عوامل انسانی در وقوع تغییرات مورد توجه قرار گرفت. در این راستا نقشه عوامل فوق با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و IDRISI در محیط GIS تهیه شده و برای تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. از نقشه توپوگرافی رقمی ۱:۲۵۰۰۰ برای تهیه مدل رقمی ارتفاع منطقه استفاده شد (شکل ۳). لایه شیب و جهت نیز با استفاده از نقشه مدل رقمی ارتفاع فوق تولید شد (شکل-های ۴ و ۵). برای تهیه هر یک از نقشه‌های مشخصه‌های انسانی از جمله فاصله از مناطق مسکونی، جاده‌ها و فاصله از حاشیه جنگل از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شده، استفاده شد و این نقشه‌ها به ساختار رستری تبدیل شدند تا برای استفاده در تجزیه و تحلیل‌های مکانی مناسب باشند. لازم به یادآوری است که با استفاده از توابع فاصله‌ای^۶ لایه-های فاصله از مناطق مسکونی، جاده‌ها و فاصله از حاشیه جنگل تهیه و به طبقات معین طبقه‌بندی گردیدند (شکل‌های ۶، ۷ و ۸).

گسستگی جنگل یا لکه لکه شدن جنگل به وسیله شاخص ماترن^۷ محاسبه شده و نشان‌دهنده نسبت پیکسل-های جنگلی محاسبه شده در یک پنجره پیکسلی ۳×۳ می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

نرم‌افزار استفاده شده در تحقیق حاضر IDRISI Selvi است. در این تحقیق، نقشه‌های پوشش اراضی تولید شده سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰ به عنوان ورودی مدل LCM برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ انتخاب شدند. مدل LCM به دو نقشه پوشش سرزمین متعلق به زمان‌های گوناگون به عنوان ورودی نیاز دارد (Kim, 2010). در این تحقیق، کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری^۱، تغییر خالص^۲، مناطق بدون تغییر^۳ و انتقال^۴ از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به صورت نقشه با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد (Vaclavik & Rogan, 2009)

مدل‌سازی نیروی انتقال: در مرحله مدل‌سازی، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل جنگل) به کاربری دیگر (نظیر اراضی بایر یا کشاورزی) با توجه به متغیرهای توضیحی (مثلاً "شیب و نزدیکی به جاده) مدل می‌شود. به این معنی که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر قابلیت دارد. خروجی این قسمت، نقشه قابلیت نیرو برای هر تغییر (مثلاً "از کاربری جنگل به اراضی بایر یا کشاورزی) خواهد بود. برای انتخاب زیر مدل‌هایی که بالاترین صحت را داشته باشند، ضروریست که مدل چندین مرتبه با سناریوهای مختلف اجرا شود. بعد از انجام این مرحله، ۷ زیر مدل برای مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شدند (شکل شماره ۲).

زیر مدل‌ها عبارتند از: جنگل به اراضی بایر؛ مرتع به اراضی بایر؛ جنگل به مرتع؛ جنگل به منطقه مسکونی؛ مرتع به منطقه مسکونی؛ جنگل به اراضی کشاورزی؛ اراضی زراعی به بایر.

انتخاب متغیرها: متغیرهای استفاده شده در مدل عبارتند از:

- ۱) ارتفاع (مدل رقمی ارتفاع)؛ ۲) شیب؛ ۳) جهت؛ ۴) فاصله از مناطق مسکونی؛ ۵) فاصله از جاده؛ ۶) فاصله از حاشیه جنگل؛ ۷) شاخص گسستگی جنگل

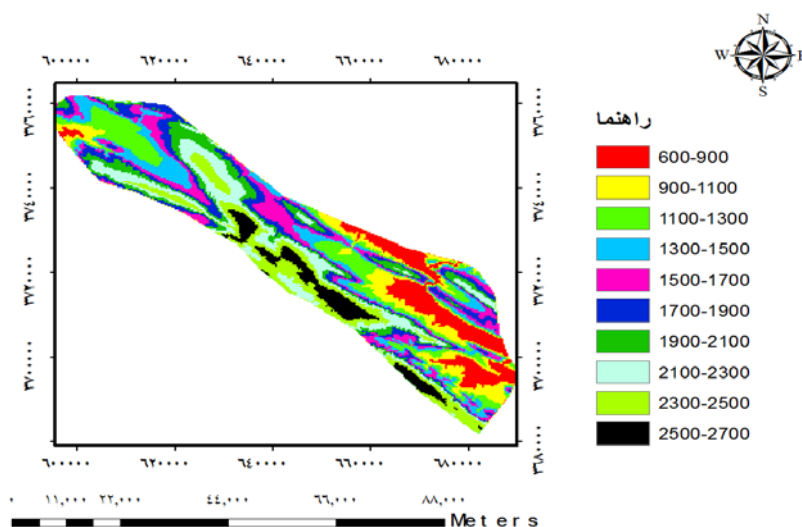
-
- 1- Gain and Losses
 - 2- Net Change
 - 3- Persistence
 - 4- Transition

-
- 5- Forest fragmentation
 - 6- Distance
 - 7- Matheron

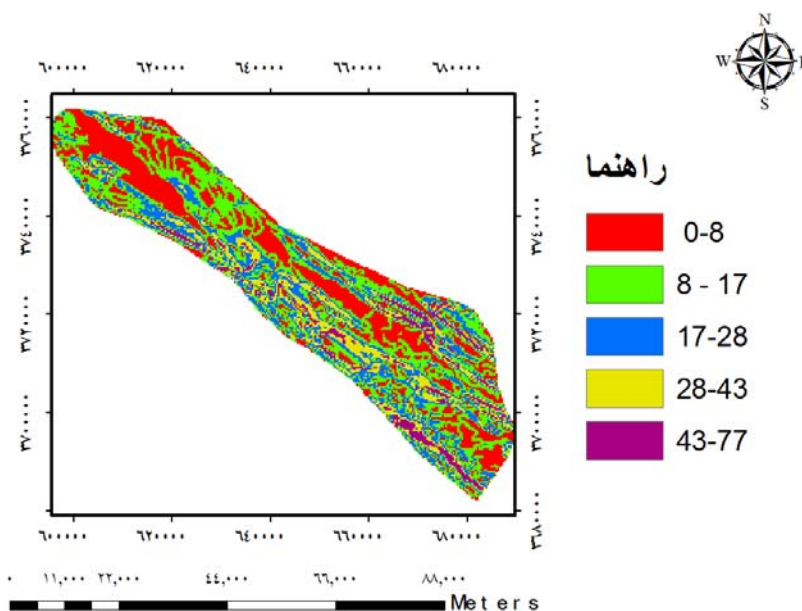
پیکسل‌های مجاور طبقه‌بندی شده به‌عنوان جنگل و غیرجنگل (طول محیط پیکسل‌های جنگل) و مخرج کسر نرمال‌سازی این تعداد را به وسیله اندازه جنگل و مساحت کل نشان می‌دهد (ماترن، ۱۹۷۰) (شکل ۹). لازم به یادآوری است که سیستم تصویر تمام نقشه‌های تولید شده UTM_38_WGS84 می‌باشد.

$$M = \frac{N_F - N_{F-NF}}{\sqrt{N_F \times \sqrt{N}}} \quad (1)$$

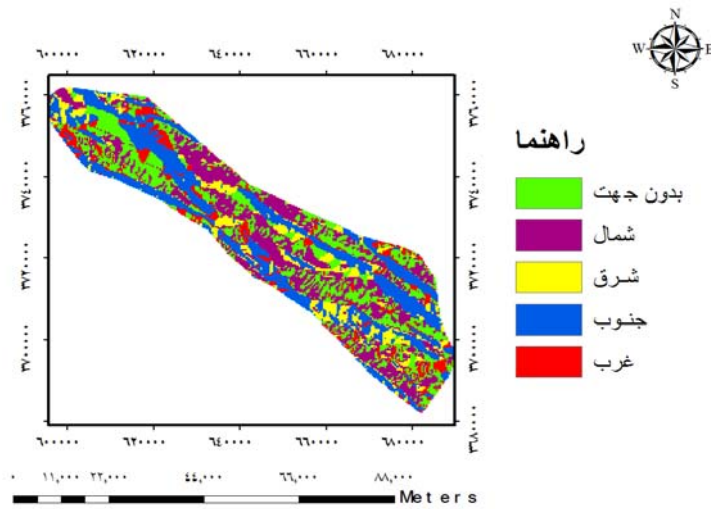
N_{F-NF} ، تعداد مرزهای بین پیکسل‌های جنگل و غیرجنگل، N_F تعداد پیکسل‌های جنگل و N تعداد کل پیکسل‌ها می‌باشد. صورت کسر نشان‌دهنده تعداد جفت



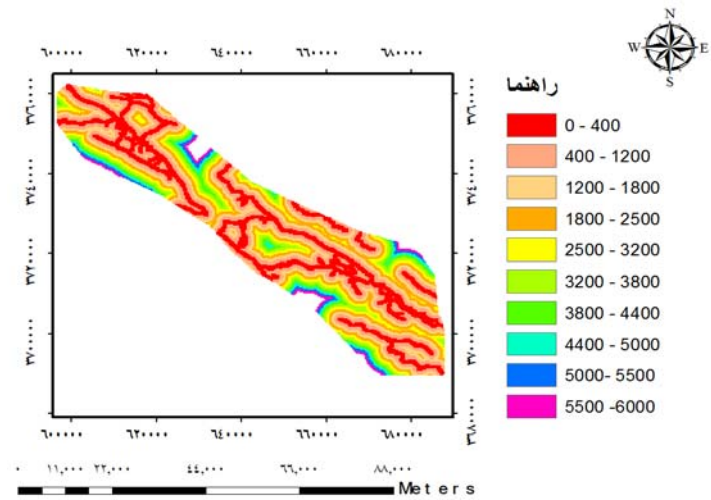
شکل ۳- نقشه هیسومتری منطقه مورد مطالعه



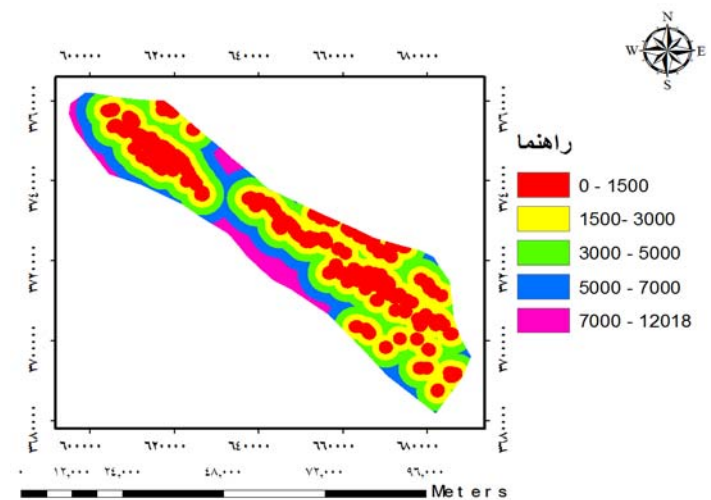
شکل ۴- نقشه شیب منطقه مورد مطالعه



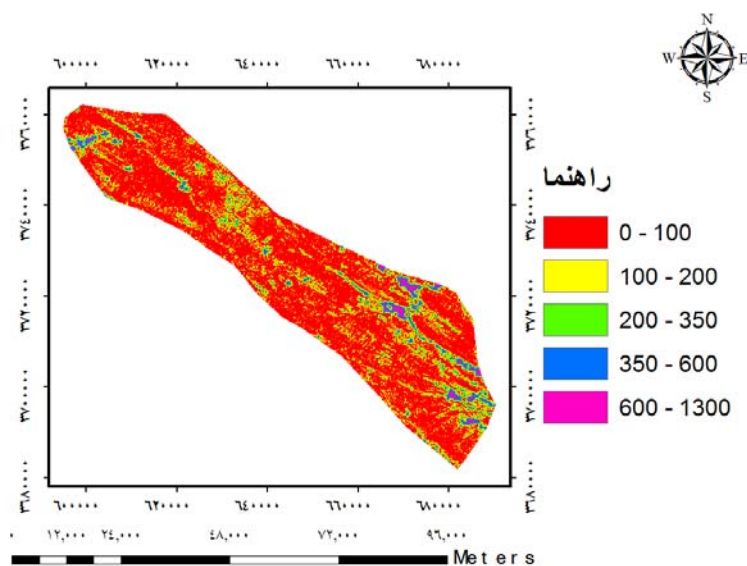
شکل ۵- نقشه جهت شیب منطقه مورد مطالعه



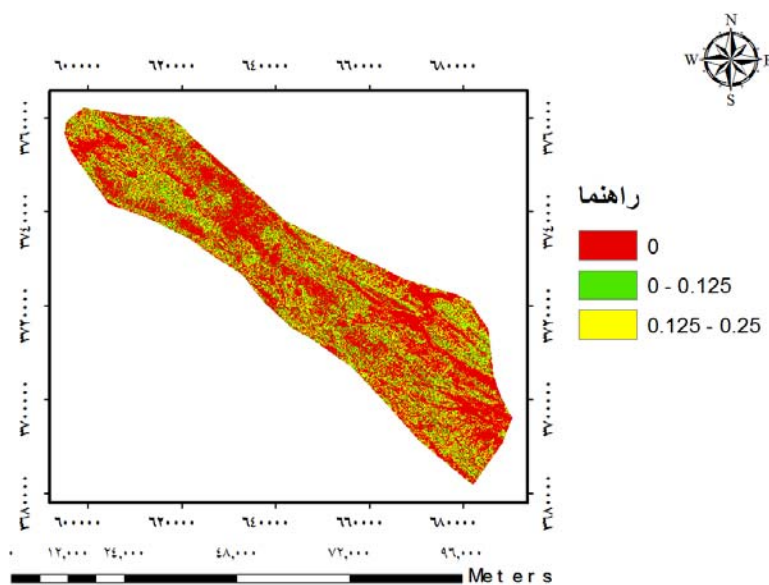
شکل ۶- نقشه فاصله از جاده منطقه مورد مطالعه



شکل ۷- نقشه فاصله از مناطق مسکونی منطقه مورد مطالعه



شکل ۸- نقشه فاصله از حاشیه جنگل منطقه مورد مطالعه



شکل ۹- نقشه شاخص گسستگی جنگل منطقه مورد مطالعه

سال ۱۳۹۰ با استفاد از مدل پیش‌بینی سخت و دوره واسنجی ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ اجرا شد (شکل ۲) (Khoi & Murayama, 2010; Eastman, 2006). در پایان، برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۰ از نقشه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ استفاده شد.

پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین: احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به کاربری دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه شد. در مدل مارکوف حالت سیستم در زمان ۲ می‌تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش‌بینی شود و در نتیجه آن ماتریس احتمالات انتقال به مثابه پایه مدل‌سازی پیش‌بینی تغییر کاربری سرزمین ارائه شود (Eastman, 2006). در این مطالعه، مدل‌سازی برای

حاصل از پیش‌بینی محاسبه شد. نقشه خروجی تولید شده شامل چهار نوع پیکسل است: موفقیت خنثی^۳ (صحیح به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی و نقشه پیش‌بینی ثابت بوده)، موفقیت^۴ (صحیح به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی و نقشه پیش‌بینی شده تغییر کرده)، خطا^۵ (خطا به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی تغییر کرده و نقشه پیش‌بینی شده ثابت مانده) و هشدار خطا^۶ (خطا به علت اینکه نقشه واقعیت زمینی ثابت بوده و نقشه پیش‌بینی شده تغییر کرده). کل خطای پیش‌بینی مدل با استفاده از فرمول زیر از مجموع خطا و هشدار خطا محاسبه شد (Chen & Pontius, 2010) (شکل ۲).

$$\text{خطای کل} = \text{خطا} + \text{هشدار خطا}$$

نتایج

نتایج بررسی کیفیت رادیومتری و کنترل هندسی تصاویر نشان داد که تصاویر هر سه سال از کیفیت مطلوب برخوردارند و هیچ کدام از خطاهای شناخته شده رادیومتری را ندارند. همچنین تصاویر با لایه‌های برداری جاده‌ها و آبراه‌ها کاملاً^۷ همخوانی مکانی دارند و به تصحیح هندسی مجدد نیاز ندارند. همچنین، طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از طبقه‌بندی حداکثر احتمال نشان داد که پنج طبقه کاربری اراضی شامل جنگل، مرتع، اراضی بایر، کشاورزی و مناطق مسکونی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد (شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲).

برای ارزیابی صحت، نقشه‌های تولید شده با نقشه‌های واقعیت زمینی مقایسه و نتایج ماتریس خطا به صورت جدول ۲، ۳ و ۴ حاصل شد. دقت کل در نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ به ترتیب ۹۳/۰۲ درصد، ۹۲/۸۰ و ۹۳/۷۳ درصد به دست آمد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

ارزیابی صحت طبقه‌بندی و پیش‌بینی مدل: برآورد صحت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری خیلی مهم هستند. معمولترین پارامترهای برآورد دقت شامل دقت کل^۱ و ضریب کاپا^۲ هستند (Lu et al., 2004).

از نظر تئوری احتمالات، دقت کل نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد. زیرا در این شاخص نقش شانس قابل توجه است. دقت کل از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه زیر به دست می‌آید (علوی‌پناه، ۱۳۸۴):

$$OA = \frac{1}{N} \sum P_{ii}$$

در این رابطه: $OA = \text{دقت کل}$ ؛ $N = \text{تعداد پیکسل‌های آزمایشی}$ و $\sum P_{ii} = \text{جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشند}$.

به دلیل ایرادات وارده بر دقت کل، اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. چون شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مورد توجه قرار می‌دهد. شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود (بنیاد و حاجی قادری، ۱۳۸۶ و ۲۰۰۷):

$$Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - p_c} \times 100$$

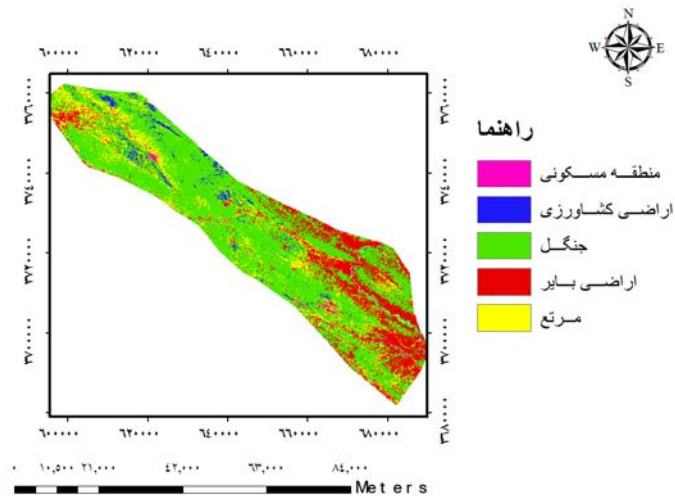
در رابطه بالا: $P_o = \text{درستی مشاهده شده}$ و $P_c = \text{توافق مورد انتظار است}$.

در این مطالعه برای تعیین نقشه واقعیت زمینی از برداشت زمینی، نرم‌افزار گوگل ارث و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ استفاده شده است. برای این منظور، صحت نقشه‌های تولید شده کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ با تفسیر تصاویر رنگی کاذب و مناطقی که طی زمان تغییر نکرده بودند، ارزیابی شدند (به ترتیب ۲۰۱، ۲۰۴ و ۲۲۲ نقطه واقعیت زمینی)، سپس ماتریس خطا، کاپای کل و دقت کل محاسبه شدند (Yuan et al., 2005).

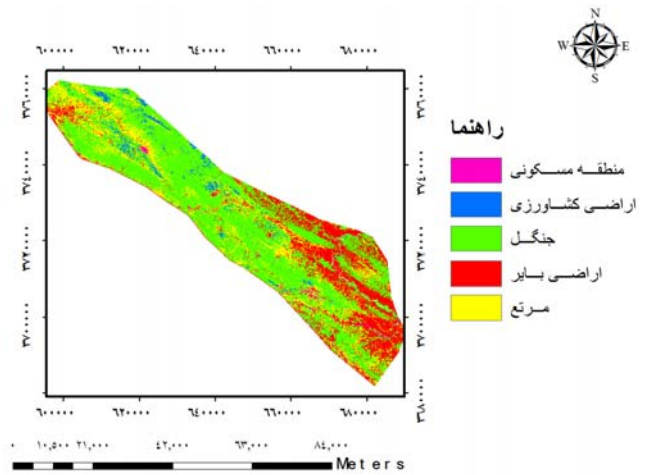
در ضمن، خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های ۱۳۸۰ واقعیت زمینی، ۱۳۹۰ واقعیت زمینی و ۱۳۹۰

3- Null Success
4- Hit
5- Miss
6- False Alarm

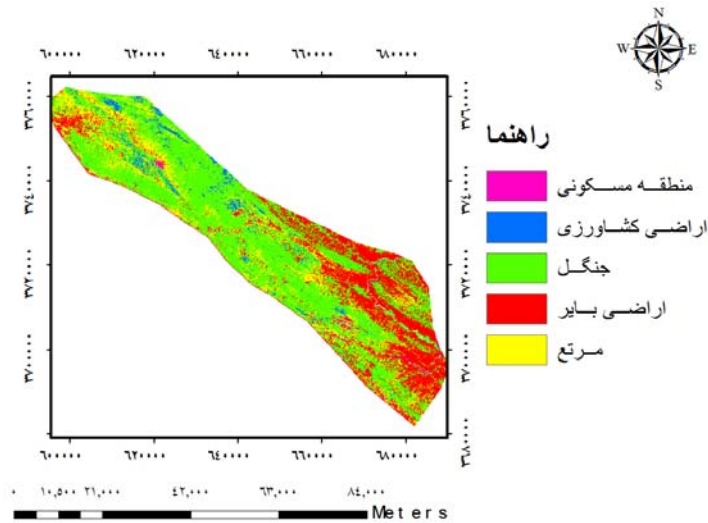
1- Overall accuracy
2- Kappa Coefficient



شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۷



شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۰



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰

جدول ۲- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر TM سال ۱۳۶۷

داده‌های واقعیت زمینی						
کلاس	منطقه مسکونی	اراضی کشاورزی	جنگل	اراضی بایر	مرتع	جمع
منطقه مسکونی	۳۵۶	۰	۰	۰	۳۰	۳۰
اراضی کشاورزی	۰	۶۶	۰	۰	۰	۶۶
جنگل	۰	۱	۱۰۲۴	۰	۰	۱۰۲۵
اراضی بایر	۰	۰	۰	۴۴	۰	۴۴
مرتع	۱۴	۰	۰	۰	۱۸۹	۲۰۳
جمع	۳۷۰	۶۷	۱۰۲۴	۴۴	۲۵۹	
ضریب کاپا			۰.۹۶			

جدول ۳- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر ETM⁺ سال ۱۳۸۰

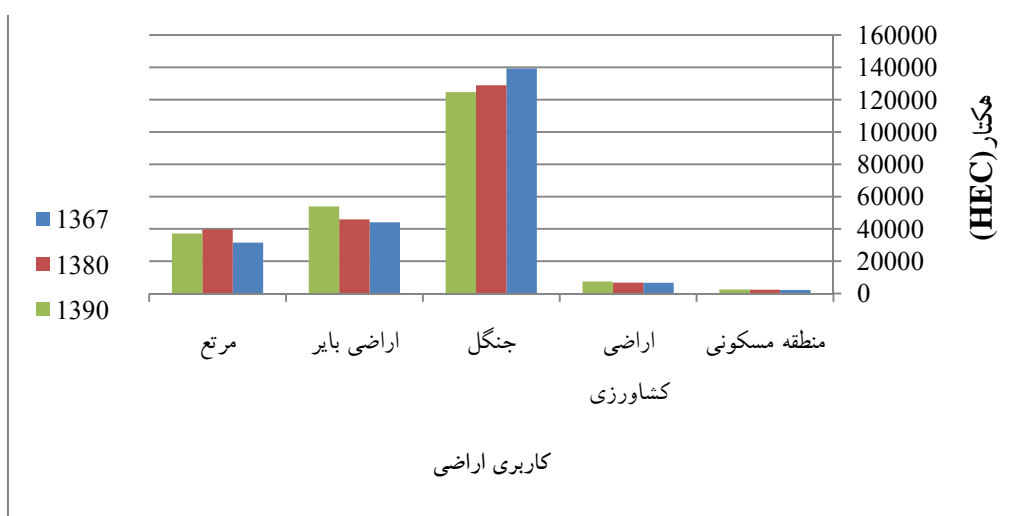
داده‌های واقعیت زمینی						
کلاس	منطقه مسکونی	اراضی کشاورزی	جنگل	اراضی بایر	مرتع	جمع
منطقه مسکونی	۳۵۶	۰	۰	۰	۳۰	۳۸۶
اراضی کشاورزی	۰	۶۶	۰	۰	۰	۶۶
جنگل	۰	۱	۱۰۲۴	۰	۰	۱۰۲۵
اراضی بایر	۰	۰	۰	۴۴	۰	۴۴
مرتع	۱۴	۰	۰	۰	۱۸۲	۱۹۶
جمع	۳۷۰	۶۷	۱۰۲۴	۴۴	۲۱۲	
ضریب کاپا			۰.۹۵			

جدول ۴- ماتریس خطای طبقه‌بندی تصویر TM سال ۱۳۹۰

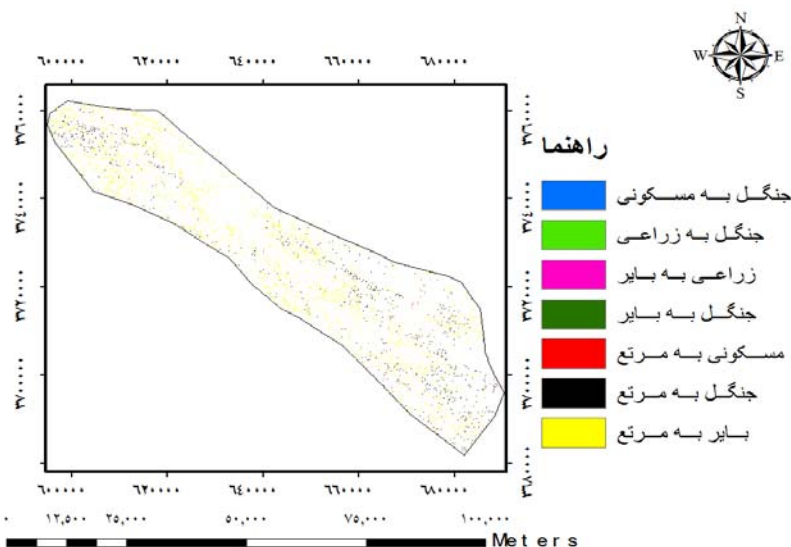
داده‌های واقعیت زمینی						
کلاس	جنگل	مرتع	اراضی بایر	اراضی کشاورزی	مناطق مسکونی	جمع
جنگل	۳۵۶	۰	۰	۰	۳۰	۳۸۶
مرتع	۰	۶۷	۱	۰	۰	۶۸
اراضی بایر	۰	۰	۱۰۲۳	۰	۰	۱۰۲۳
اراضی کشاورزی	۰	۰	۰	۴۴	۰	۴۴
مناطق مسکونی	۱۴	۰	۰	۰	۲۰۰	۲۱۴
جمع	۳۷۰	۶۷	۱۰۲۴	۴۴	۲۱۲	
ضریب کاپا			۰.۹۶			

۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰، به ترتیب ۱۰۳۴۳ و ۴۳۴۸ هکتار از وسعت جنگل کاهش پیدا کرده است. در تمام دوره مورد مطالعه، جنگل پوشش غالب منطقه را تشکیل می‌دهد است و به ترتیب ۱۸۲۳ و ۸۰۵۱ هکتار در دوره اول و دوم به وسعت اراضی بایر اضافه شده است. در صورتی که در مورد مرتع، در دوره اول ۸۲۴۰ هکتار به مساحت این کلاس اضافه شد، اما در دوره دوم، ۲۵۶۴ هکتار از مساحت این کلاس کاسته شده است. در نهایت در دوره‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰، به ترتیب ۱۲۴ و ۶۹۵ هکتار افزایش در اراضی کشاورزی مشاهده شد (شکل ۱۳).

آشکارسازی تغییرات: نتایج آشکارسازی تغییرات نشان داد که در کل دوره مورد مطالعه (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰) ۱۴۶۹۱ هکتار از وسعت جنگل کاسته شده و ۹۸۷۴ هکتار به وسعت اراضی بایر افزوده شده است. مرتع نیز در این دوره ۵۶۷۶ هکتار افزایش نشان داد. در ضمن، رشد و توسعه اراضی کشاورزی در این مدت ناچیز بوده و فقط ۸۱۹ هکتار به این نواحی اضافه شده است. البته در کل دوره مورد مطالعه، ۳۱۰ هکتار رشد مناطق مسکونی اتفاق افتاده است. ضمن این که میزان تغییرات طی دوره‌های مورد مطالعه یکسان نبوده است. بدین صورت که بین سال‌های ۱۳۶۷ تا



شکل ۱۳- تغییرات کاربری اراضی طی دوره‌های مورد مطالعه



شکل ۱۴- تغییرات خالص و انتقال بین طبقات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۹۰

شد. سه عامل ارزیابی صحت، خطای آموزش و خطای تست برای ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال تعیین شدند (جدول ۵). نتایج در همه زیر مدل‌ها صحت بالایی (۶۰-۸۶ درصد) را نشان داد.

متغیرها: ضرایب Overall Cramer's V که میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد، محاسبه و نتایج آنها در جدول شماره ۶ ذکر شده است. کمترین و بیشترین میزان Overall Cramer's V را به ترتیب متغیرهای ارتفاع و متغیر شاخص گسستگی جنگل داشتند.

تغییرات خالص و انتقال بین طبقات پوشش اراضی: طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، مقدار تغییر خالص از جنگل به مرتع، اراضی بایر و زراعی به ترتیب ۷۷۷۹، ۷۶۹۲ و ۹۰۴ هکتار بوده است. در ضمن مقدار تغییر خالص از مرتع و زمین زراعی به اراضی بایر نیز به ترتیب ۲۰۲۹ و ۱۵ هکتار بوده است. به طوری که مقدار تغییر خالص از مرتع و اراضی بایر به منطقه مسکونی به ترتیب ۱۵ و ۸۵ هکتار بوده است. شکل ۱۴ موقعیت مکانی کاهش و افزایش (انتقال بین طبقات) در کاربری‌های گوناگون را نشان می‌دهد.

مدل‌سازی قابلیت انتقال: مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی انجام

جدول ۵- ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی

زیر مدل	ارزیابی صحت	خطای آموزش	خطای تست
جنگل به مسکونی	۷۴/۳۴	۰/۰۲۰۱	۰/۰۲۲۲
مرتع به مسکونی	۶۰/۹۸	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۳۳
جنگل به زراعی	۷۳/۸۱	۰/۰۳۶۳	۰/۰۳۴۴
زراعی به بایر	۶۲/۳۸	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۳۳
جنگل به بایر	۷۵/۰۰	۰/۰۳۵۹	۰/۰۳۳۹
مرتع به بایر	۶۱/۳۲	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۲۵
جنگل به مرتع	۸۵/۲۳	۰/۰۰۳۷	۰/۰۰۳۹

جدول ۶- ضریب Overall Cramer's V

متغیر	ضریب Overall Cramer's V
ارتفاع (مدل رقومی ارتفاع)	۰/۰۰۹۱
شیب	۰/۰۲۶۱
جهت	۰/۰۳۷
فاصله از مناطق مسکونی	۰/۰۸۴۴
فاصله از جاده	۰/۱۳۲۳
فاصله از حاشیه جنگل	۰/۱۷۲۳
شاخص گسستگی جنگل	۰/۲۲۳۸

بود (جدول ۷). نقشه پیش‌بینی سال ۱۳۹۰ با استفاده از تغییرات رخ داده طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۰ به دست آمده است. در شکل ۱۵، نقشه پیش‌بینی شده نشان داده شده است.

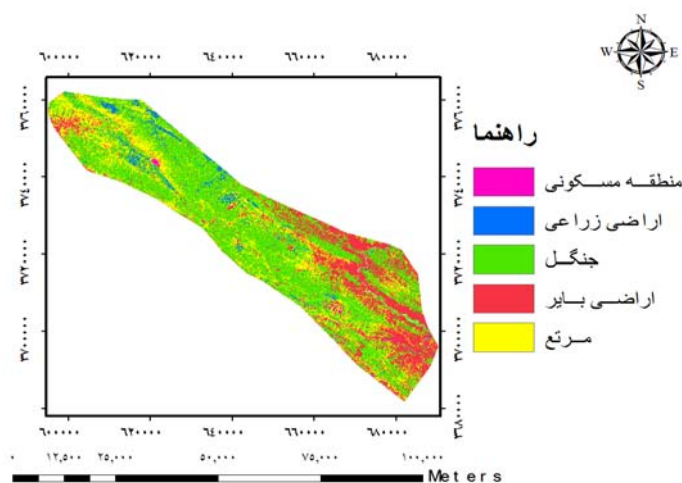
پیش‌بینی تغییرات کاربری سرزمین: احتمال انتقال از یک کاربری در سال ۱۳۶۷ به نوع دیگر در سال ۱۳۹۰ با زنجیره مارکوف محاسبه شد. بیشترین احتمال انتقال از جنگل به مرتع، جنگل به اراضی بایر و اراضی بایر به مرتع

جدول ۷- احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف

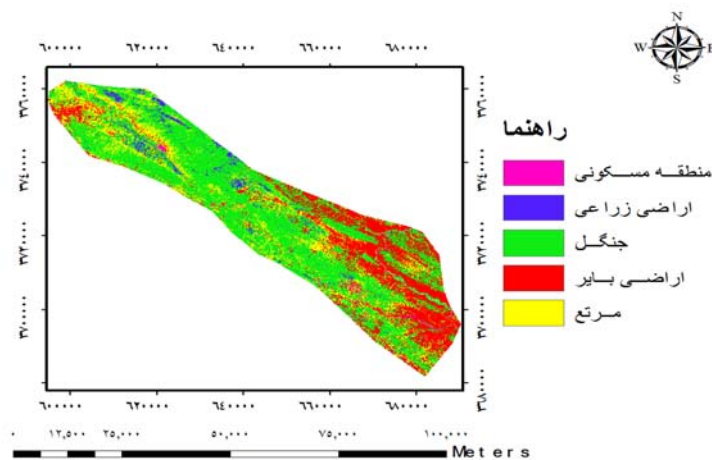
مرتع	اراضی باير	جنگل	اراضی کشاورزی	منطقه مسکونی	۱۳۹۰/۱۳۸۰
۰/۱۰	۰	۰	۰	۰/۹۹	منطقه مسکونی
۰	۰/۱۰	۰	۰/۹۹	۰	اراضی کشاورزی
۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۹۰	۰	۰	جنگل
۰/۶۰	۰/۹۴	۰	۰	۰	اراضی باير
۱	۰	۰	۰	۰	مرتع

باير، جنگل، اراضی کشاورزی و مسکونی در این سال نسبت به ۱۳۹۰ کاهش (به ترتیب ۳۰۲۰، ۸۱۴۲، ۴۴۶ و ۳۱۹ هکتاری) و کاربری مرتعی افزایش (۱۱۹۲۶ هکتاری) خواهد یافت (شکل ۱۵). همچنین نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی سال ۱۴۰۰ در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

در نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰ اراضی مرتعی وسعت بیشتری و کاربری جنگل، اراضی باير، کشاورزی و مسکونی وسعت کمتری را نسبت به نقشه واقعیت زمینی این سال نشان دادند. کاربری مرتعی نیز بیشترین اختلاف را در بین سایر کاربری‌ها با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۰ داشت. نتایج مدل-سازي برای سال ۱۳۹۰ نشان داد که مساحت کاربری اراضی



شکل ۱۵- نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰



شکل ۱۶- نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۴۰۰

ارزیابی صحت: نتایج حاصل از ارزیابی مدل بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی ۱۳۸۰، ۱۳۹۰ واقعیت زمینی و ۱۳۹۰ پیش‌بینی شده به صورت زیر است. مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا و هشدار خطا به ترتیب ۸۹/۵، ۰/۴، ۸/۸ و ۱/۳ درصد بودند.

بحث

داشتن آمار و اطلاعات بهنگام از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از منابع مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است (نظری سامانی، ۱۳۸۹). در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ای به وسعت ۲۲۵۷۱۲ هکتار در بخشی از شهرستان سرابله استان ایلام و در دو دوره زمانی (۱۳۶۷-۱۳۸۰ و ۱۳۸۰-۱۳۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و همچنین توانایی پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی بر اساس رویکرد LCM بررسی شد.

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نشان داد که ۱۴۶۹۱ هکتار جنگل‌زدایی طی سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۹۰ رخ داده است. اغلب این تخریب‌ها در اطراف جنگل‌های قبلی به علت در دسترس بودن آنها رخ داده است. از دیگر دلایل تخریب اراضی جنگلی می‌توان به چرای دام (با تغییر ترکیب پوشش گیاهی) و جاذبه‌های گردشگری (با قطع کردن شاخه‌های درختان برای هیزم از سوی گردشگران) اشاره کرد. باید اقدامات مدیریتی برای حفاظت از جنگل‌های منطقه انجام شود تا دیگر مشکلاتی که از کاهش جنگل از جمله سیل و فرسایش ناشی می‌شود، در شهرستان رخ ندهد. قنبری و شتابی (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی به نقش مدیریت در بروز تغییرات اشاره کرده‌اند.

متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر (ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از جاده، فاصله از منطقه مسکونی، فاصله از حاشیه جنگل و شاخص گسستگی جنگل) در اغلب مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. محققان دیگری از جمله (Merten & Lamin, 1997; Linkie et al., 2004; Schulz et al., 2011) نیز بر اهمیت این قبیل عوامل در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تأکید کرده‌اند. همچنین نتایج ضریب همبستگی کرامر نشان داد که مهمترین متغیرهای مستقل توضیح‌دهنده تغییرات در منطقه

سرابله استان ایلام به‌ترتیب عبارتند از: شاخص گسستگی جنگل، فاصله از حاشیه جنگل، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، جهت، شیب و ارتفاع. در پژوهش حاضر نتایج ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بیشتر زیر مدل‌ها صحت بالایی (۶۰-۸۶ درصد) را نشان داد. در مطالعه Perez-Vega و همکاران (۲۰۱۲) نیز از روش مذکور در مدل‌سازی نیروی انتقال استفاده شد. اما میزان صحت مدل آنها کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود. چون در مطالعه Perez-Vega و همکاران بعضی از متغیرها در مقیاس مناسب در دسترس نبودند و مورد مطالعه قرار نگرفتند.

همچنین نتایج مدل‌سازی برای سال ۱۴۰۰ نشان داد، مساحت کاربری جنگل کاهش و کاربری مرتع افزایش خواهد یافت. بنابراین هر چه سریعتر باید به فکر راه چاره-ای برای جلوگیری از روند نامطلوب تبدیل و تخریب کاربری جنگلی باشیم. به طوری که بیشترین تخریب جنگل در سال ۱۴۰۰ تبدیل آن به مرتع خواهد شد. البته بیشتر این تخریب‌ها در حاشیه جنگل صورت خواهد گرفت.

از مزایای دیگر این تحقیق بر سایر پژوهش‌ها این است که صحت پیش‌بینی مدل با استفاده از مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا و هشدار ارزیابی شد. زیرا Pontius و Milnllones (۲۰۱۱) طبق تحقیقاتی گزارش کردند که برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل، مقادیر فوق توانایی و دقت بهتری از ضریب کاپا دارند و استفاده از ضریب کاپا را منسوخ اعلام کردند. در تحقیق حاضر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا و هشدار خطا به ترتیب ۸۹/۵، ۰/۴، ۸/۸ و ۱/۳ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده انطباق بالای تصویر پیش‌بینی شده با مدل تصویر واقعیت زمین است. در ضمن در تحقیق حاضر مقدار خطای حاصل از پیش‌بینی مدل حدود ۱۲/۸۴ درصد بود که نشان‌دهنده کارایی و توانایی بالای مدل مورد استفاده است. بنابراین با عنایت به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود در مدل‌سازی تغییرات کاربری سرزمین حوزه‌های آبخیز کشور از مدل LCM استفاده شود. تحقیق حاضر ارائه مدل تجربی بین متغیر وابسته (میزان تغییرات کاربری اراضی) و متغیرهای مستقل (توضیح‌دهنده تغییرات) است. با توجه به وجود روابط غیرخطی بین متغیرها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است و شبکه با استفاده از داده‌های سال‌های قبل آموزش دیده است و

- of the dynamics of urban sprawl. *Landscape and Urban Planning*, 73, 294-306.
- Fraser, R.H., Abuelgasim, A. and Latifovic, R., 2005. A method for detecting large-scale forest cover change using coarse spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 95, 414-427.
 - Kamyab, H., Salman Mahiny, A., Hosseini, M. and Gholamalifard, M., 2010. Adopt a data-driven approach using logistic regression to model the urban growth in Gorgan. *Journal of Environmental Studies*, 36, 89-96. (In Persian).
 - Goldavi, S., 2011. Comparison of logistic regression and Geomod in land cover change modeling and vegetation and effect of change on water (case study: Gorgan). M. Sc Thesis, Department of Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, 114p. (In Persian).
 - Hu, Z. and Lo, C.P., 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, 31, 667-688.
 - Khoi, D. D. and Murayama, Y., 2010. Forecasting Areas Vulnerable to Forest Conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote Sensing* 2(5), 1249-1272.
 - Kim, O.S., 2010. An Assessment of Deforestation Models for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). *Transactions in GIS*, 14, 631-654.
 - Lausch, A. and Herzog, F., 2002. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological indicator*, 2(1-2), 3-15.
 - Linkie, M., Smith, R.J. and Leader-Williams, N., 2004. Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation* 13 (10), 1809-1818.
 - Lo, C.P. and Quattrochi, D.A., 2003. Land-use and land-cover change, urban heat island phenomenon, and health implications: A Remote Sensing Approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69, 1053-1063.
 - Lu, D., Mausel, P., Brondi'zio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2407.
 - Matheron, G., 1970. La the'orie des variables ge'ne'ralise'es et ses applications. *Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathe'matiques de Fontainebleau*, Fascicule, 5pp.
 - Merten, B. and Lambin, E.F., 1997. Spatial modeling of tropical deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography* 17 (2), 143-162.
 - Oñate-Valdivieso, F. and Sendra, J.B., 2010. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. *Journal of Hydrology*, 395, 256-263.
 - Perez-Vega, A., Mas, J. and Ligmann-Zielinska A., 2012. Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for assessment of biodiversity loss in deciduous tropical forest. *Environmental Modeling and Software*, 29 (1), 11-23.
- مهمترین فرض در این نحوه مدل‌سازی (با توجه به ماهیت تجربی) این است که طبیعت توسعه و تغییرات در طی زمان یکسان خواهد بود و یا به عبارتی دیگر تغییرات گذشته می‌توانند تغییرات آینده را بر اساس سناریوی تاریخی پیش‌بینی کنند، نتایج این مطالعه می‌تواند با توجه به چگونگی تغییرات کاربری اراضی در گذشته، حال و آینده چشم‌انداز مناسبی را برای برنامه‌ریزان برای مدیریت کاربری اراضی و حوضه‌های آبخیز مجاور فراهم کند. نتایج این تحقیق می‌تواند برای اجرای پروژه‌های کاهش آثار جنگل‌زدایی و تخریب جنگل که هدف اصلی آن کاهش گازهای گلخانه‌ای و حفاظت از تنوع زیستی است، مورد استفاده قرار گیرد.
- ### منابع مورد استفاده
- امینی، م.ر.، شتایی، ش.، معیری، م.ه و غضنفری، ه.ه. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات گستره جنگل زاگرس و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی با استفاده از GIS و RS. مطالعه موردی: جنگل‌های آرمدره بانه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه گرگان، ۱۵۷ ص.
 - رنجبر، ا.، ۱۳۸۱. بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها با استفاده از GIS و داده‌های سنجش از دور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۶۳ ص.
 - Alavi Paneh, S.K., 2005. Application of remote sensing in Geo sciences. Tehran University Press, 478p. (In Persian).
 - Arsanjani, J.J., Helbich, M., Kainz, W. and Darvishi Bolorani, A., 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 21: 265-275.
 - Bagheri, R. and Shataee, S., 2010. "Modeling forest areas decreases, using logistic regression (case study: Chehel-Chay catchment, Golestan province), *Iranian Journal of Forest*, 2: 243-252. (In Persian).
 - Bonyad, A.A. and Hajy Ghodary, T., 2007. Preparing natural forest map of Zanjan Province by using of ETM+ sensor data of Land sat 7. *Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences and Technologies*, 10(42), 627-638. (In Persian).
 - Chen, H. and Pontius Jr, R.G., 2010. Diagnostic tools to evaluate spatial and change projection along gradient of an explanatory variable. *Landscape Ecology* 25 (9), 1319-1331.
 - Eastman, J. R., 2006. *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
 - Fang, S., Gertner, G.Z., Sun, Z. and Anderson, A.A., 2005. The impact of interactions in spatial simulation

- Schulz, J.J., Cayuela, L., Rey-Benayas, J.M. and Schroder, B., 2011. Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). *Applied Vegetation Science* 14 (4), 1-12.
- Thapa, R.B. and Murayama, Y., 2011. Urban growth modeling of Kathmandu metropolitan region, Nepal. *Computers, Environment and Urban Systems* 35(1), 25–34.
- Vaclavik, T. and Rogan, J., 2009. Identifying trends in land use / land cover changes in the context of post socialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. *GIS science & Remote Sensing* 46 (1), 54–76.
- Wu, Q., Li, H., Wang, R., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., Wang, B. and Wang, Z., 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78, 322-333.
- Yuan, F., Sawaya, K.E., Loeffelholz, B. C., Bauer, M.E., 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan area by multi temporal Land sat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98: 317-328.
- Pontius Jr, R.G. and Millones, M., 2011. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32, 4407-4429.
- Rafiee, R., Salman Mahiny, A. and Khorasani, N., 2009. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 11, 431-438.
- Russell-Smith, J., Yates, C., Edwards, A., Allen, G.E., Cook, G.D., Cooke, P., Craig, R., Heath, B. and Smith, R., 2003. Contemporary fire regimes of northern Australia, 1997–1380: change since Aboriginal occupancy, challenges for sustainable management. *International Journal of Wild land Fire*, 12, 283-297.
- Schneider, L. and Pontius, R.G., 2001. Modeling land use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 83-94.
- Schulz, J.J., Cayuela, C., Echeverria, C., Salas, J. and Rey-Benayas, J.M., 2010. Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30, 436-447.