

پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM (مطالعه موردی: منطقه مریوان)

ساسان وفایی^۱، علی‌اصغر درویش‌صفت^{۲*} و مهتاب پیر باوقار^۳

^۱ کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ استاد گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۳ استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۵)

چکیده

آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی از جمله نیازهای مدیریت منابع طبیعی و ارزیابی تغییرات اکوسیستم به‌شمار می‌آیند. هدف این تحقیق، پایش تغییرات کاربری اراضی در گذشته و بررسی امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) در بخش غربی شهرستان مریوان است. در این تحقیق، تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۵ سال ۱۳۶۸، ETM+ لندست ۷ سال ۱۳۷۹ و TM لندست ۵ سال ۱۳۹۰ تجزیه و تحلیل شد. تصاویر هر سه مقطع زمانی به چهار طبقه جنگل، کشاورزی، منابع آبی و مناطق انسان‌ساخت طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۰، با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹ و به کمک مدل LCM و بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام گرفت. به این منظور، از متغیرهای مکانی فاصله از جاده و مناطق مسکونی، فاصله از حاشیه جنگل، ارتفاع و جهت نیز به‌عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. بنابر نتایج، در طول دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰، ۱۲۳۴ هکتار جنگل با نرخ ۰/۲۱ درصد در سال، تخریب شده است. همچنین مناطق انسان‌ساخت، با نرخ سالیانه ۷/۵ درصد به مقدار ۲/۶۴ درصد (۹۲۴ هکتار) نسبت به سطح اولیه خود توسعه یافته و اراضی کشاورزی با ۱۰۶۶ هکتار افزایش و ۷۷۷ هکتار کاهش، در مجموع ۲۸۹ هکتار افزایش داشته است. برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل‌ساز، نقشه‌های کاربری اراضی پیش‌بینی شده و واقعی به‌طور کامل و همچنین نقشه‌های تغییرات آن‌ها با هم مقایسه شد. صحت کلی و ضریب کاپای نقشه پیش‌بینی شده بسیار زیاد و به ترتیب ۹۶ درصد و ۹۲ درصد بود، ولی شاخص کاپای تغییرات جنگل، کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت به نسبت کم و به ترتیب ۳۷ درصد، ۵۰ درصد و ۴۸ درصد محاسبه شد که نشان‌دهنده ناهمخوانی مکان تغییرات واقعی و پیش‌بینی شده و در نتیجه پیش‌بینی به نسبت ضعیف تغییرات کاربری اراضی با رویکرد مورد استفاده در منطقه تحقیق است. بررسی نقش دیگر متغیرهای مؤثر بر تغییرات مانند تیپ‌های خاک و جنگل و اطلاعات اقتصادی-اجتماعی برای بهبود عملکرد مدل توصیه می‌شود.

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

مقدمه و هدف

با توجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاستگذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (Parker *et al.*, 2003). از دیگر سو، پیش‌بینی و مدلسازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده اهمیت دارد. بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه است. پیش‌بینی مکانی کاربری اراضی را می‌توان به وسیله مدل‌های تجربی براساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده‌اند، با ارایه‌ای محدود از عوامل مؤثر بر این تغییرات صورت داد (Lambin, 1997; Stéphenne & Lambin, 2001). از جمله مدل‌هایی که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شود، می‌توان به مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی^۱ و تحلیل زنجیره مارکوف^۲ اشاره کرد. از ویژگی‌های شبکه عصبی مصنوعی، می‌توان قابلیت یادگیری و تعمیم و پردازش اطلاعات به صورت موازی را نام برد (ماهینی و همکاران، ۱۳۸۷).

مدلساز تغییر زمین^۳ که به‌طور کامل با برنامه‌ایدرسی یکپارچه شده، ابزاری برای مدیریت و برنامه‌ریزی زمین و همچنین ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری است. مدلساز تغییر زمین به کاربر اجازه می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی را به سرعت تجزیه و تحلیل کند.

در دهه‌های اخیر، استفاده از فن دورسنجی به‌منظور پایش تغییرات مورد توجه قرار گرفته و تحقیقات متعددی در این زمینه در ایران و جهان اجرا شده است

که از جمله می‌توان به تحقیقات رفیعیان و همکاران (۱۳۸۵)، برخورداری و خسروشاهی (۱۳۸۶)، امینی و همکاران (۱۳۸۷)، سوسنی و همکاران (۱۳۸۸)، قنبری و شتایی (۱۳۸۹)، کاظمی و همکاران (۱۳۹۰)، Bahadur & Murayama (2006); Seto *et al.*, (2002) و Cabral *et al.* (2011) اشاره کرد.

کارشناسان در سال‌های اخیر، به مدلسازی تغییرات و استفاده از آن برای پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری اراضی به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق و آینده‌نگرتر توجه نشان داده‌اند. (Pijanowski *et al.*, 2002). یک مدل تبدیل زمین با ترکیبی از GIS و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، ارایه کردند. در تحقیق آنان از متغیرهای متنوعی از عوامل محیطی، سیاسی، اجتماعی به‌عنوان متغیرهای مورد استفاده در ANN برای شناخت الگوهای توسعه در منطقه استفاده شد. بر پایه نتایج، مدل پیشنهادی تبدیل زمین توانست تغییرات کاربری اراضی را با صحتی برابر با ۴۶ درصد، در آن منطقه پیش‌بینی کند.

Mas *et al.* (2004) به کمک GIS و شبکه‌های عصبی مصنوعی، به پیش‌بینی توزیع مکانی جنگل‌زدایی در نواحی گرمسیری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای هندست مربوط به سال‌های ۱۹۷۴، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۱ پرداختند و از متغیرهای مکانی متعدد و گوناگونی مانند فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی، قطعه‌های جنگل، ارتفاع، شیب و نوع خاک به‌عنوان متغیرهای شبکه عصبی استفاده کردند. مقایسه نقشه خطر جنگل‌زدایی و جنگل‌زدایی واقعی نشان داد که نقشه پیش‌بینی جنگل‌زدایی با دو طبقه جنگل‌زدایی و عدم جنگل‌زدایی با صحت ۶۹ درصد تولید شده است.

Maithani *et al.*, (2009) در پژوهشی با هدف پیش‌بینی تغییرات مکانی شهر ساهارانپور در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۳، مدلی بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی ایجاد کردند. در این مدل از داده‌های سنجش از دور برای دستیابی به تغییرات کاربری شهری، و از GIS برای تهیه نقشه تغییرات کاربری

1. Artificial Neural Network (ANN)
2. Markov Chain
3. Land Change Modeler (LCM)

می‌افتد. متوسط بارندگی منطقه بر اساس آمار اخذشده از ایستگاه سینوپتیک شهرستان مریوان، سالیانه ۱۰۰۴/۴ میلی‌متر در سال و متوسط دمای سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد است (فتاحی، ۱۳۷۹).

تیپ جنگل‌های این منطقه، ترکیبی از گونه‌های *Quercus brantii* (برودار)، *Quercus infectoria* (مازودار)، *Crataegus spp.* (زالالک) و *Pyrus sp.* (گلابی) است که برودار و مازودار غالبند. همچنین درختچه‌های *Lonicera sp.* (شن)، *Rhus coriaria* (سماق)، *Amygdalus spp.* (بادام)، *Cotoneaster sp.* (شیرخشت) و *Cerasus microcarpa* (آلبالوی وحشی) نیز به‌صورت پراکنده وجود دارند (همت‌بلند و همکاران، ۱۳۸۹).

- داده‌ها

تصاویر مورد نیاز از سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۲ درخواست و در سطح تصحیحات LIT از سایت مربوط دریافت شد. مشخصات تصاویر استفاده‌شده در جدول ۱ آمده است.

شش برگ نقشه توپوگرافی رقومی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت شد. مبنای تهیه این نقشه‌ها، عکس‌های هوایی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ سال ۱۳۸۳ و تصاویر ماهواره اسپات در سال ۱۳۸۶ بوده است. از نقشه‌های مذکور به‌منظور کنترل تصحیح 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 تهیه‌شده در سال ۱۳۷۶، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سال ۱۳۷۶، نظر کارشناسان و داده‌های حاصل از بازدید میدانی به عنوان اطلاعات جانبی در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی هرچه دقیق‌تر به‌کار گرفته شد.

شهری و متغیرهای ورودی برای واردکردن به مدل ANN با سه لایه ورودی، پنهان و خروجی استفاده شد. نتایج ارزیابی عملکرد مدل نشان داد که مدل با صحت کلی ۶۶/۵۶ درصد، قادر به پیش‌بینی رشد مناطق شهری است. کامیاب و همکاران (۱۳۹۰) نیز برای مدلسازی توسعه شهری در شهر گرگان در دوره زمانی ۲۰۰۱-۱۹۸۷ از مدل تبدیل کاربری/پوشش زمین که بر پایه شبکه عصبی و GIS است، استفاده کردند. برای تهیه لایه‌های کاربری زمین از تصاویر ماهواره لندست سنجنده‌های TM و ETM+ مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ استفاده شد. ده متغیر مؤثر بر توسعه شهری (شامل متغیرهای بیوفیزیکی، اقتصادی-اجتماعی و کاربری زمین) به‌عنوان لایه ورودی و نقشه تغییرات شهری به‌عنوان لایه خروجی به‌کار گرفته شدند. مقایسه نقشه پیش‌بینی حاصل با نقشه رشد شهری واقعی و محاسبه آماره ROC^۱ برابر با ۰/۷۵، سبب تأیید مدل شد.

هدف از اجرای تحقیق حاضر، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دو دوره زمانی حدوداً ۱۰ ساله و بررسی امکان پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی در آینده در بخشی از ناحیه زاگرسی کشور با استفاده از رویکرد مدلساز تغییر زمین (LCM) است.

مواد و روش‌ها

- منطقه تحقیق

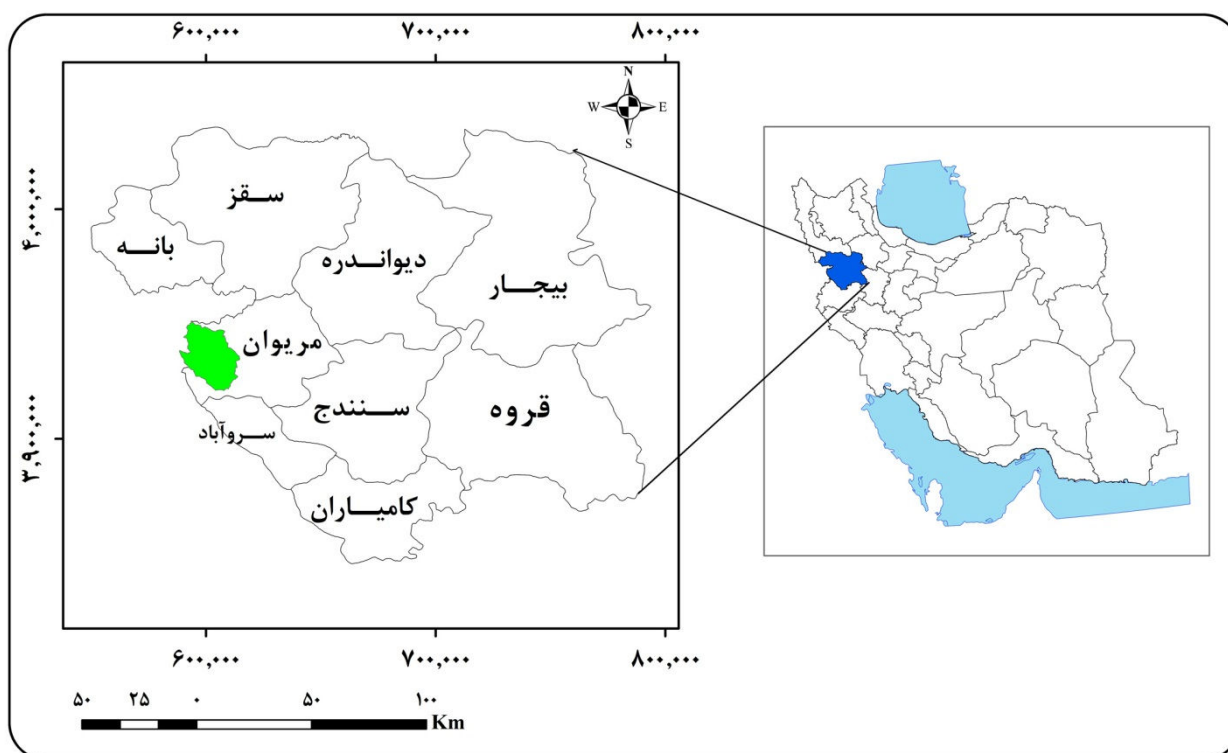
منطقه تحقیق در بخش غربی شهرستان مریوان با مساحت ۴۶۸۶۲ هکتار (شکل ۱)، در گستره جغرافیایی ۴۵°۵۸' تا ۴۶°۱۵' طول شرقی و ۳۵°۲۵' تا ۳۵°۴۲' عرض شمالی واقع شده است. گستره بررسی شامل شهر مریوان و دو بخش به نام‌های کانی‌دینار و هجرت (جوجه‌سازی) و ۲۶ روستا است و در دامنه ارتفاعی ۱۲۴۰ تا ۲۱۳۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. وضعیت آب‌وهوایی منطقه، اغلب متأثر از جبهه‌های هوای مدیترانه‌ای است. بیشترین بارش در اواخر زمستان و اوایل بهار و کمترین آن در فصل تابستان اتفاق

1. Relative Operating Characteristic (ROC)
2. United States Geological Survey (USGS)

جدول ۱- مشخصات تصاویر استفاده‌شده در تحقیق

سنجده	ردیف	گذر	تاریخ	مبنا	سطح تصحیحات
TM	۳۵	۱۶۸	۱۹۸۹-۰۶-۲۰	WGS84	*LIT
ETM+	۳۵	۱۶۸	۲۰۰۰-۰۶-۱۷	WGS84	LIT
TM	۳۵	۱۶۸	۲۰۱۱-۰۶-۱۹	WGS84	LIT

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



شکل ۱- موقعیت منطقه تحقیق در استان کردستان

روش تحقیق

- بررسی کیفیت تصاویر

قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل و پردازش، داده‌ها از نظر وجود خطاهای هندسی و رادیومتری بررسی شد. داده‌ها در سطح تصحیحات LIT دریافت شد، اما به منظور اطمینان از عدم خطا، با نمایش تک‌باند و همچنین ترکیب‌های مختلف رنگی بر روی صفحه نمایش رایانه و با بزرگنمایی قسمت‌های مختلف این تصاویر، داده‌های هر سه زمان از لحاظ خطاهای رادیومتری همانند راه‌راه شدگی، خطای دسته‌های

شانزده‌تایی و پیکسل‌های دوبله 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 بر روی تصاویر ماهواره‌ای قرار داده شد. - طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های کاربری

لازمه اجرای این تحقیق، در اختیار داشتن نقشه کاربری اراضی صحیح از سه مقطع زمانی است. با توجه به نبود این نقشه‌ها، برنامه‌ریزی لازم برای تهیه هرچه

تفاوت که نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۹ تصحیح و ویرایش شد.

- پایش تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن برای آینده

نقشه‌های کاربری تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای به محیط برنامه ایدرسی وارد و ساختار آنها با اندازه سلول ۳۰ متر به رستری تبدیل شد. سپس تغییرات رخ داده در طول دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹، ۱۳۷۹-۱۳۹۰، ۱۳۶۸-۱۳۹۰، با استفاده از برنامه مدلساز تغییر زمین آشکارسازی و تحلیل شد.

متغیرهای مکانی در دسترس و قابل اعتماد برای مدلسازی هرچه دقیق‌تر تغییرات نقشه‌سازی استفاده شدند. این متغیرها شامل فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از حاشیه جنگل، شیب، جهت، ارتفاع و نقشه کاربری‌های تهیه‌شده بود.

مراحل اصلی رویکرد مورد استفاده عبارت است از:

۱- تعیین نقش متغیرهای تأثیرگذار بر تغییرات با محاسبه ضریب کرامر^۱ (۷)

۲- تهیه نقشه‌های پتانسیل تبدیل^۲ براساس نقشه‌های کاربری دوره‌های قبل و متغیرهای موثر بر آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی؛

۳- تهیه نقشه کاربری آتی براساس جدول مقدار تغییرات حاصل از تحلیل زنجیره مارکوف، نقشه‌های پتانسیل تبدیل و متغیرهای محدودکننده و محرک تغییرات.

ابتدا نقش و توانایی هر یک از متغیرهای مکانی در پیش‌بینی تغییرات احتمالی کاربری اراضی با محاسبه ضریب کرامر ارزیابی شد. این ضریب برای تعیین همبستگی دو متغیر اسمی، یا یکی اسمی و دیگری رتبه‌ای، به کار می‌رود. مقدار این ضریب در محدوده ۰ تا ۱ قرار می‌گیرد و از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$v = \frac{x^2}{N * \text{Min}(k-1, l-1)}$$

رابطه ۱

دقیق‌تر این اطلاعات انجام گرفت. به این ترتیب که با توجه به کاربری‌های موجود در منطقه، اهداف تحقیق و قابلیت‌های کم‌وبیش شناخته شده تصاویر مورد استفاده در استخراج اطلاعات مفید به‌ویژه تهیه نقشه کاربری اراضی، چهار طبقه کاربری شامل مناطق انسان‌ساخت، دریاچه، جنگل و اراضی کشاورزی مدنظر قرار گرفت. پدیده‌های شهر، روستا، تأسیسات صنعتی، معادن و... به‌عنوان یک طبقه کاربری و انواع زمین کشاورزی اعم از آبی یا دیم همراه با باغ‌ها به‌عنوان طبقه کشاورزی در نظر گرفته شد. از بین روش‌های مختلف تفسیر و طبقه‌بندی تصاویر، روش تلفیقی که عملاً نوعی تفسیر چشمی داده‌های رقومی بر روی صفحه رایانه و متکی بر شناخت مفسر است، باوجود زمان‌بر بودن آن انتخاب شد تا بر اساس بازدیدهای میدانی و شناخت هرچه بیشتر از منطقه، نقشه‌های کاربری اراضی صحیح برای هدف اصلی تحقیق فراهم شود. در این راستا، پردازش و بارزسازی‌های مناسب، شامل ایجاد ترکیب‌های رنگی مناسب و نسبت‌گیری‌های طیفی (VI و NDVI) انجام گرفت و سپس این تصاویر به محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 وارد شد. در این محیط، پدیده‌ها بر اساس کلید تفسیر حاصل از کارهای میدانی شناسایی و محدوده آنها رسم و موارد مبهم از طریق کار میدانی مجدد شناسایی شد. همچنین از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سال ۱۳۸۳ برای کنترل مناطق شهری و روستایی طبقه‌بندی‌شده، استفاده شد و در نهایت نقشه کاربری مطمئن و مطابق با وضعیت موجود در منطقه تهیه شد. این فرآیند ابتدا برای تصاویر سال ۱۳۹۰ انجام گرفت.

به‌منظور تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹، از نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ استفاده شد. برای این کار نقشه مذکور بر روی تصاویر رنگی و باندهای مختلف ایجادشده مربوط به سال ۱۳۷۹ قرار گرفت و پدیده‌های موجود در صورت نیاز و مشاهده تغییر، تصحیح شدند. این فرآیند برای تهیه نقشه کاربری سال ۱۳۶۸ نیز تکرار شد، با این

1. Cramer (v)

2. Transition Potential Maps

سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶)، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ مدلسازی و پیش‌بینی شد.

- اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای تعیین اعتبار نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده، ابتدا دو نقشه پیش‌بینی شده و واقعی کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ به صورت چشمی مقایسه و در ادامه همخوانی کلی آنها به کمک معیار کاپای کلی محاسبه شد. همچنین از تقاطع نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۸ با هریک از نقشه‌های کاربری اراضی واقعی سال ۱۳۹۰ و پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۰ به طور جداگانه، نقشه تغییرات واقعی و همچنین نقشه تغییرات پیش‌بینی تهیه شد. در ادامه، این نقشه‌های تغییرات با هم مقایسه و صحت کاپای طبقه‌های تغییرات محاسبه شد. از آنجایی که تغییرات رخ داده در کاربری مربوط به دریاچه بسیار ناچیز بود، از ارزیابی صحت این طبقه چشم‌پوشی شد.

نتایج

نتایج بررسی کیفیت رادیومتری و کنترل هندسی تصاویر نشان داد که تصاویر هر سه سال از کیفیت مطلوب برخوردارند و هیچ‌یک از خطاهای شناخته شده رادیومتری را ندارند. همچنین تصاویر با لایه‌های وکتوری جاده‌ها و آبراه‌ها کاملاً همخوانی مکانی دارند و به تصحیح هندسی مجدد نیاز ندارند.

نتایج تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۰ در شکل ۲ آمده است.

- آشکارسازی تغییرات

مقدار تغییر کاربری‌های مختلف طی دوره‌های زمانی مختلف در جدول ۲ و شکل ۳ ارائه شده است. نتایج حاکی از آن است که طی سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۰، به مقدار ۱۲۳۴ هکتار از سطح اراضی جنگلی کاسته شده است. با توجه به جدول ۱، مقدار تخریب جنگل در طول سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۷۹ و ۱۳۷۹-۱۳۹۰ به ترتیب ۷۲۹ هکتار (معادل ۶۶/۲۷ هکتار در سال) و ۵۰۵ هکتار (معادل ۴۵/۹۰ هکتار در

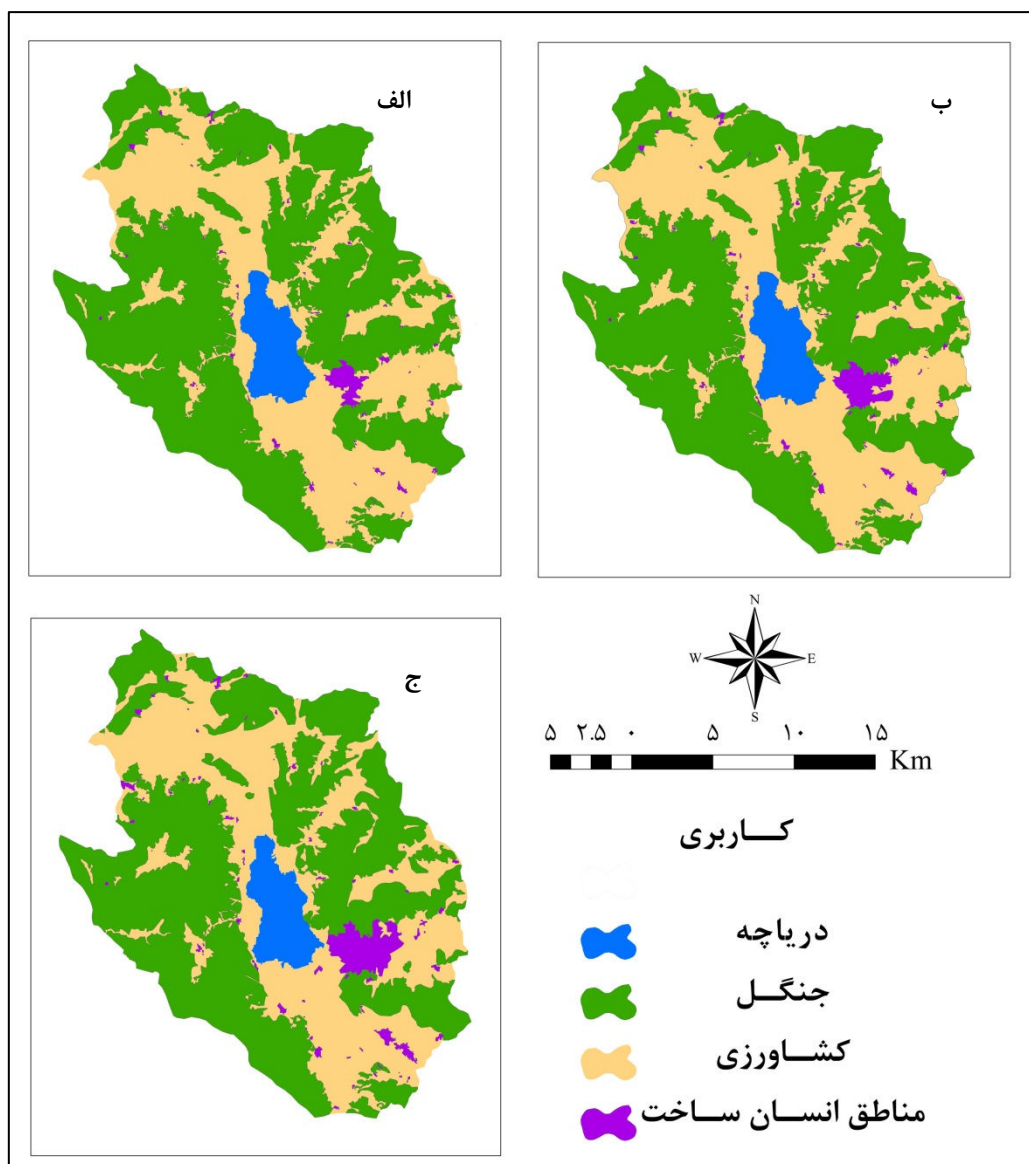
X^2 : آماره کای اسکور، N : تعداد نمونه‌ها و k و L تعداد ردیف‌ها و ستون‌های جدول است. به‌طور کلی مقادیر نزدیک به ۰/۴ و بالاتر از آن به عنوان مقدار مناسب برای یک متغیر محسوب می‌شود و مقادیر کمتر از ۰/۱۵، نشانه توانایی کم آن در پیش‌بینی است (Easteman, 2009).

براساس متغیرهای مکانی یادشده، نقشه‌های پتانسیل تبدیل هر یک از کاربری‌ها به دیگر کاربری‌ها و به بیان دیگر، مقدار احتمال تغییر کاربری هر پیکسل به کاربری دیگری در آینده از طریق یک شبکه عصبی مصنوعی محاسبه شد. با توجه به ضریب کرامر پایین مربوط به متغیر شیب (جدول ۲)، این متغیر از فرآیند کنار گذاشته شد. در این شبکه تعداد نرون‌های لایه ورودی (n) برابر با تعداد متغیرها (۷ نرون)، و تعداد نرون‌های لایه خروجی برابر با تعداد طبقات کاربری تغییر یافته (تعداد طبقات در نقشه تغییرات مربوط به دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹) و پایدار (طبقاتی که در طول دوره دچار تغییر نشده‌اند) است. تعداد نرون‌های لایه پنهان نیز برابر با $n+1$ است. از نیمی از داده‌ها برای آموزش شبکه و از نیمی دیگر برای آزمون استفاده شد. پس از کسب بیشترین صحت و کمترین خطای RMS و اطمینان از تنظیم شبکه، نقشه‌های پتانسیل تبدیل تهیه شد.

مقدار تغییرات کاربری زمین در آینده از طریق تحلیل زنجیره مارکوف و با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی اول و آخر دوره، به صورت یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات محاسبه و از آن به عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره زمانی آینده استفاده شد. این ماتریس، احتمال انتقال هر یک از کاربری‌ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد (Easteman, 2009). در نهایت با استفاده از این ماتریس، نقشه‌های پتانسیل تبدیل، نقشه‌های محدودیت‌ها، محرک‌ها و زیرساخت‌های برنامه‌ریزی شده (راه‌های ساخته شده در

جدول ۳ مقدار همبستگی هر یک از متغیرهای مکانی را با کاربری‌های موجود نشان می‌دهد. شیب، ضعیف‌ترین متغیر است که ارزشی کمتر از ۰/۱۵ داشته است. دیگر متغیرها، همبستگی مناسبی با کاربری‌های مختلف (با دست‌کم با یک کاربری معین) دارند و می‌توانند به عنوان متغیر مناسب به شبکه عصبی مصنوعی وارد شوند.

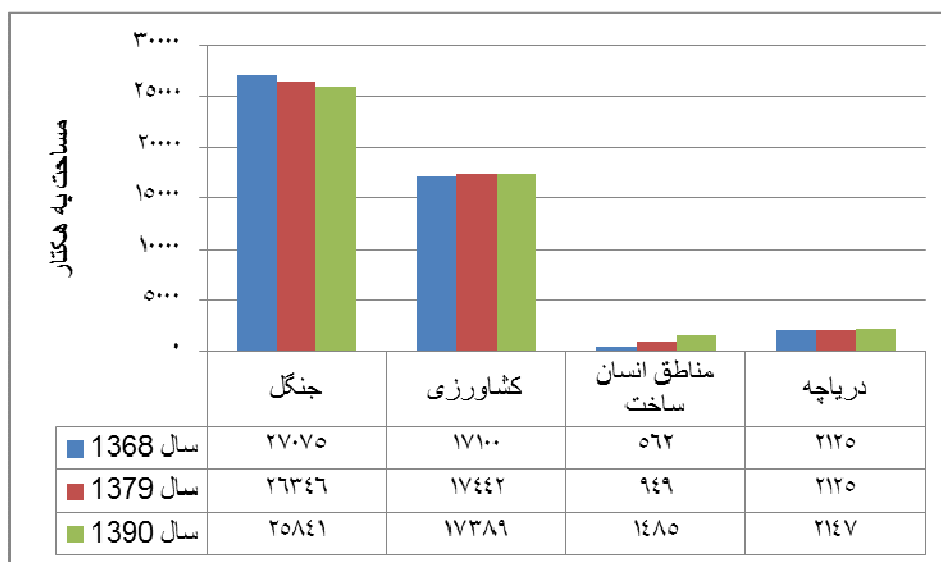
سال) بوده است. کاربری کشاورزی در طول دوره اول تحقیق (۱۳۶۸-۱۳۷۹) افزایش سطح داشته است، اما در دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۰ با روندی کاهشی مواجه شده و در کل دوره افزایش سطحی برابر با ۲۸۹ هکتار داشته است. همچنین مناطق انسان‌ساخت ۹۲۴ هکتار توسعه یافته که این افزایش در دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۰ نرخ رشد بیشتری داشته است.



شکل ۲- نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۳۶۸ (الف)، سال ۱۳۷۹ (ب)، سال ۱۳۹۰ (ج)

جدول ۲- مقدار تغییرات سطح کاربری‌ها و نرخ تغییرات آن‌ها

زمان کاربری	دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰			دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۰			دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹		
	تغییر (هکتار)	درصد سالیانه	نرخ تغییر (هکتار)	تغییر (هکتار)	درصد سالیانه	نرخ تغییر (هکتار در سال)	تغییر (هکتار)	درصد سالیانه	نرخ تغییر (هکتار در سال)
جنگل	-۷۲۹	-۰/۲۴	-۶۶/۲۷	-۵۰۵	-۰/۱۷	-۴۵/۹۰	-۵۶/۱	-۰/۲۱	-۵۶/۱
کشاورزی	+۳۴۲	+۰/۱۸	+۳۱/۰۹	-۵۳	-۰/۰۲	-۴/۸۱	+۱۳/۱۳	+۰/۰۸	+۱۳/۱۳
مناطق انسان‌ساخت	+۳۸۷	+۶/۲۶	+۳۵/۱۸	+۵۳۶	+۵/۱۳	+۴۸/۷۲	+۴۲	+۷/۵	+۴۲
دریاچه	۰	۰	۰	+۲۲	+۰/۰۵	+۲	+۱	+۰/۰۵	+۱



شکل ۳- سطح کاربری‌های اراضی در زمان‌های مختلف

جدول ۳- مقدار همبستگی (ضریب کرامر) بین متغیرها و کاربری‌های مختلف

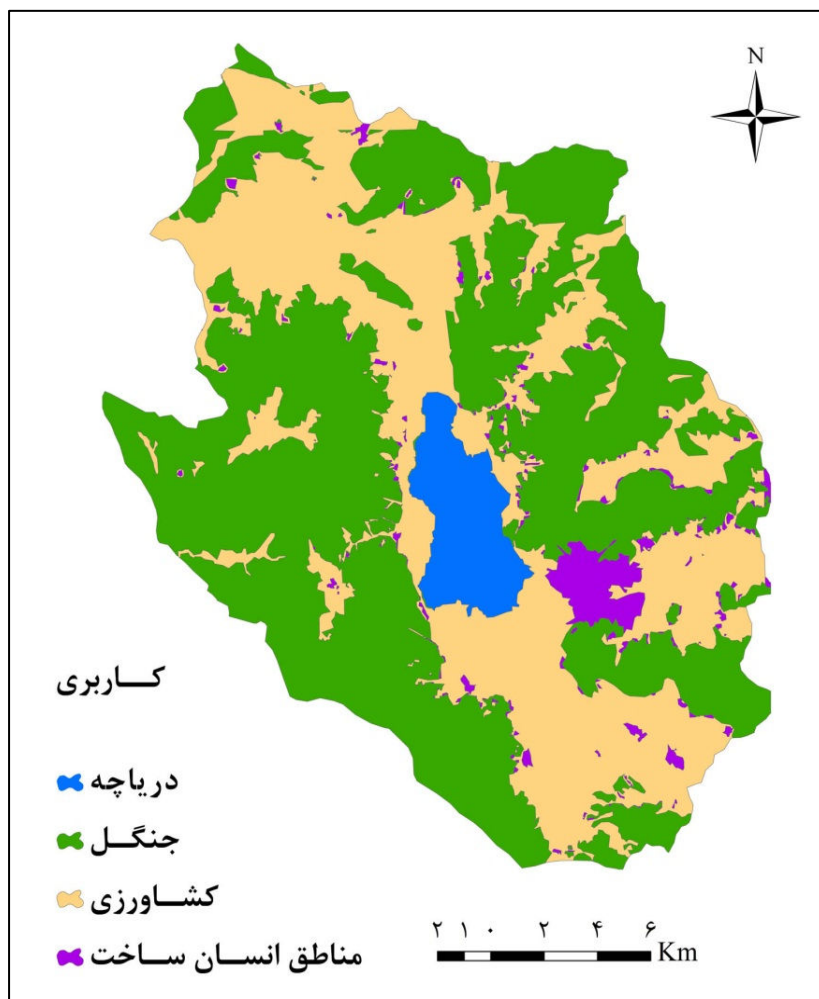
متغیر کاربری	فاصله از جاده	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از شهر	فاصله از حاشیه جنگل	نقشه کاربری‌ها	ارتفاع	شیب	جهت
شهر	۰/۴۳۲	۰/۲۲	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۰۱	۰/۱۳
جنگل	۰/۱۱	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۷
کشاورزی	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۸۸	۰/۲۰	۰/۰۰۸	۰/۲۳
دریاچه	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

پیش‌بینی‌شده نشان داد تغییرات اراضی کشاورزی بیشتر در قسمت‌های شمالی منطقه و بخشی از تغییرات مناطق انسان‌ساخت نیز به‌صورت لکه‌های

نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده توسط مدلساز LCM برای سال ۱۳۹۰ در شکل ۴ ارائه شده است. مقایسه چشمی دو نقشه کاربری اراضی واقعی و

به طبقه مناطق انسان ساخت (با بیشترین تغییر) به- ترتیب ۰/۹۹ و ۰/۶۷ بوده است. مقدار همخوانی نقشه‌های تغییرات واقعی و پیش‌بینی شده هر کاربری در دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰ نیز در جدول ۴ آمده است.

کوچک در اراضی جنگلی و دور از مناطق مسکونی پیش‌بینی شده است. صحت کلی و ضریب کاپای حاصل از مقایسه دو نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی- شده و واقعی به‌طور کامل، به‌ترتیب برابر با ۹۶ درصد و ۹۲ درصد بوده است. بیشترین صحت کاپا مربوط به طبقه دریاچه (با کمترین تغییر) و کمترین آن مربوط



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده برای سال ۱۳۹۰

جدول ۴- مقادیر همخوانی نقشه تغییرات دوره ۱۳۶۸-۱۳۹۰

نقشه تغییرات	شاخص کاپای طبقه
کاربری مناطق انسان ساخت	۰/۴۸
کاربری جنگل	۰/۵۰
کاربری کشاورزی	۰/۳۷

بحث

داشتن آمار و اطلاعات به‌هنگام از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است (نظری سامانی، ۱۳۸۹). در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ای به وسعت ۴۶۷۸۲ هکتار در بخشی از منطقه زاگرس شمالی و در دو دوره زمانی (۱۳۷۹ - ۱۳۶۸ و ۱۳۹۰ - ۱۳۷۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و همچنین توانایی پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی براساس رویکرد مدل‌ساز LCM بررسی شد.

نتایج مقایسه نقشه‌های کاربری اراضی در دوره یادشده نشان‌دهنده تغییر سطح همه کاربری‌ها است. نرخ تخریب سالیانه جنگل در دوره اول بررسی (۶۶/۲۷ هکتار) بیشتر از نرخ تغییرات سالیانه دوره دوم (۴۵/۹۰ هکتار) بوده است، که نشان‌دهنده تخریب شدیدتر در دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹ است. از جمله دلایل تخریب بیشتر اراضی جنگل در دوره اول، می‌توان به تحولات اجتماعی رخ داده پس از سال‌های جنگ تحمیلی و مدیریت ضعیف‌تر سازمان‌های متولی در عرصه‌های منابع طبیعی و توجه بیشتر مسئولان و اهالی منطقه نسبت به حفظ منابع طبیعی در سال‌های اخیر اشاره کرد. قنبری و شتابی (۱۳۸۹) نیز در تحقیقی به نقش مدیریت در بروز تغییرات اشاره داشته‌اند. به‌علاوه اقدامات زیرساختی توسعه، همانند لوله‌کشی گاز به اکثر روستاهای موجود در منطقه تحقیق در سال‌های اخیر، خوشبختانه سبب وابستگی کمتر اهالی محلی به چوب درختان جنگلی برای تأمین سوخت مصرفی در این مناطق شده است.

نتایج نشان‌دهنده کاهش سطح جنگل‌ها با نرخ ۵۶/۱ هکتار در سال و در مجموع به مقدار ۱۲۳۴ هکتار در طول ۲۲ سال اخیر است. براساس نتایج، تخریب جنگل در طول این دوره، برابر ۰/۲۱ درصد سطح جنگل‌ها در سال و به طور تقریبی با آمار منتشر شده از سوی FAO که برابر ۰/۲ درصد نسبت به

سطح اولیه است (FAO, 2007) برابری می‌کند. اگرچه نرخ تخریب جنگل در منطقه تحقیق با نرخ جهانی برابر است، اما باید توجه داشت که در این منطقه تخریب جنگل کمتر به‌صورت کمی و کاهش سطح جنگل دیده می‌شود و بیشترین نوع تخریب، تخریب کیفی، از جمله تبدیل از دانه‌زاد به شاخه‌زاد و زراعت‌های بی‌رویه زبراشکوب و تنک شدن تدریجی این جنگل‌ها است (فتاحی، ۱۳۷۳؛ مروی مهاجر، ۱۳۸۵).

در طول دوره ۱۳۶۸-۱۳۷۹ مناطق انسان‌ساخت با نرخ رشد ۳۵/۱۸ هکتار در سال، ۳۸۷ هکتار توسعه یافته‌اند. در طول دوره ۱۳۷۹-۱۳۹۰، این مناطق ۱/۱۵ درصد نسبت به سطح کل منطقه، افزایش نرخ رشد داشته‌اند و ۱۴۸۵ هکتار از سطح کل منطقه را تشکیل داده‌اند. در سال ۱۳۶۸، سطح مناطق انسان‌ساخت ۵۶۲ هکتار بود که در سال ۱۳۹۰ به ۱۴۸۵ هکتار افزایش یافت، یعنی ۲/۶۴ درصد نسبت به سطح اولیه خود، توسعه یافت. رشد شهرنشینی و افزایش فشار بر اراضی برای مسکونی شدن و ایجاد دیگر ساختارهای ضروری مرتبط، متأسفانه به روندی عادی تبدیل شده است (محمداسماعیل، ۱۳۸۹). توسعه صنایع و معادن در دهه اخیر نیز عاملی است که تخریب اراضی کشاورزی و جنگلی را تحت تأثیر قرار داده و به افزایش سطح مناطق انسان‌ساخت در منطقه منجر شده است.

در طول دوره تحقیق، کشاورزی پویاترین کاربری بوده است. در دوره اول، سطح این کاربری با ۳۴۲ هکتار افزایش، دارای نرخ افزایش سالیانه ۳۱/۰۹ هکتاری بوده است، درحالی‌که در دوره بعد تغییرات، این کاربری برخلاف دوره قبل، روندی کاهشی داشته و مساحت آن با نرخ تغییر سالیانه ۴/۸۱ هکتار، از ۱۷۴۴۲ هکتار به ۱۷۳۸۹ هکتار در پایان دوره (سال ۱۳۹۰) کاهش یافته است.

اصلی‌ترین قابلیت مدل‌ساز LCM، توانایی آن در پیش‌بینی آینده براساس وضعیت تغییرات در گذشته و لحاظ محدودیت‌ها و محرک‌های تغییرات است. با به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی به‌عنوان مدل

باشد. به علاوه تغییرات این منطقه، بیشتر در مقیاس محلی و به صورت لکه‌ای رخ می‌دهد و تغییرات جنگل (تخریب جنگل) بیشتر به عملکرد مردم محلی و وابستگی آنها به منابع جنگلی مربوط می‌شود. از این رو نمی‌توان الگوی خاصی را برای بیان چگونگی تخریب در این مناطق انتظار داشت. افراد بنا به منفعت خود با روش‌های مختلفی، به تخریب جنگل و تبدیل آن به اراضی کشاورزی می‌پردازند. تغییر سیاستگذاری‌ها و اقدامات توسعه در سال‌های اخیر از جمله لوله‌کشی گاز به روستاها که خود عاملی مؤثر در کاهش تخریب جنگل توسط روستاییان بوده یا سیاستگذاری‌های اقتصادی و تجاری با توجه به مرزی بودن منطقه و گسترش هرچه بیشتر زیرساخت‌های آن، روند تغییرات را تحت شعاع قرار داده است. موارد یادشده بر کارایی مدل برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تأثیر گذاشته و سبب شده است که پیش‌بینی تغییرات با دقت کمی همراه باشد. این نکته لزوم تحقیقات بیشتر در این زمینه و بهبود مدل یا به‌کارگیری مدل‌های دیگر به منظور عملکرد بهتر را نشان می‌دهد. در ضمن چه‌بسا استفاده از دیگر متغیرهای مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی مانند تپ‌های خاک، جنگل و عوامل اقتصادی-اجتماعی، سبب بهبود عملکرد مدل و مدلسازی بهتر این تغییرات شود. از این رو به تحقیق بیشتری برای ارزیابی اهمیت این عوامل برای پیش‌بینی در شبکه‌های عصبی مصنوعی و دیگر مدل‌ها نیاز است.

در مجموع به نظر می‌رسد تهیه مدل برای تعیین فرآیندهای تغییر استفاده از زمین با قابلیت زیاد چندان ساده نباشد، چراکه این فرآیندها به دامنه وسیعی از عوامل شامل عوامل محیطی، جامعه-شناختی و فرهنگی که با گذشت زمان تغییر می‌کنند، وابسته‌اند. به علاوه اساس آنها این پیش‌فرض است که روابط متقابل تغییرات و علت‌های آن‌ها در طول زمان ثابت می‌مانند، ولی فرآیندهای تغییرات استفاده از زمین پویا هستند و از این رو باید این‌گونه مدلسازی‌ها برای دوره‌های کوتاه‌مدت (۱۰-۵ سال) اجرا شوند (Mas et al., 2004).

برآورد تجربی اطلاعات محور در این رویکرد، و به کمک متغیرهای مستقل مؤثر بر تغییرات فرآیند پیش‌بینی انجام می‌گیرد. بنابراین به منظور پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰، از متغیرهای مکانی متعدد و تأثیرگذار بر تغییرات کاربری اراضی بهره گرفته شد (Pijanowski et al., 2002; Mas et al., 2004; Li & Yeh, 2002; Maithani et al., 2009). انتخاب درست متغیرها، نقش مهمی در کاهش مقدار ورودی‌ها به منظور به دست آوردن شبکه‌ای با قابلیت زیاد و عملکرد سریع خواهد داشت. متغیر را می‌توان از طریق اندازه‌گیری قابلیت جداسازی (Kavzoglu & Mather, 2000)، PCA، آنالیز جداسازی^۱ (Benediktsson & Sveinsson, 1997)، ضریب همبستگی پیرسون (Mas et al., 2004) یا محاسبه ضریب کرامر (آماره استفاده‌شده در این تحقیق) انتخاب کرد.

هر چند صحت کلی و ضریب کاپای نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده بسیار زیاد و نزدیک به هم بوده است، به دلیل وسعت اندک مناطق تغییر یافته به کل منطقه، این کمیت نمی‌تواند معیار خوبی برای ارزیابی نتایج این رویکرد باشد. از این رو، برای ارزیابی دقیق‌تر و سختگیرانه‌تر، نقشه تغییرات واقعی با نقشه تغییرات پیش‌بینی‌شده مقایسه شد.

کاپای طبقه این مقایسه، به ترتیب برای جنگل، کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت ۰/۳۷، ۰/۵۰ و ۰/۴۸ محاسبه شد، که نشان‌دهنده پیش‌بینی به نسبت ضعیف تغییرات واقعی رخ داده در منطقه با استفاده از مدلساز تغییر زمین است.

سطح بالای توقعات و مسائل اقتصادی موجب تقاضای بیشتر برای ساخت‌وساز و ایجاد واحدهای صنعتی در منطقه شده و در دهه اخیر توسعه مناطق انسان‌ساخت بسیار بیشتر از دوره قبل بوده است. همچنین تغییر روند تغییرات کاربری‌های جنگل و کشاورزی در دوره دوم و بی‌ثباتی روند آن، ممکن است فرآیند تحلیل زنجیره مارکوف را تحت تأثیر قرار داده

منابع

- امینی، محمدرشید، شعبان شتایی، هدایت‌الله غضنفری و محمدهادی معیری، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات گستره جنگل‌های زاگرس با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: جنگل‌های آرمرده بانه)، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۲): ۱۰-۲۰.
- برخورداری، جلال و محمد خسروشاهی، ۱۳۸۶. بررسی اثر تغییرات پوشش اراضی و اقلیم بر جریان رودخانه (مطالعه موردی: حوضه آبخیز میناب)، مجله پژوهش و سازندگی، ۷۷(۴): ۱۹۹-۱۹۰.
- رفیعیان، امید، علی اصغر درویش‌صفت و منوچهر نمیرانیان، ۱۳۸۵. تعیین تغییرات گستره جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ (مطالعه موردی در جنگل‌های بابل)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۰(۳): ۲۸۶-۲۷۷.
- سوسنی، جواد، محمود زبیری و جهانگیر فقهی، ۱۳۸۸. کاربرد عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در نماسازی تغییرات پوشش جنگل در زاگرس (مطالعه موردی: جنگ‌های منطقه کاکارضای استان لرستان)، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۷(۲): ۲۴۹-۲۳۷.
- فتاحی، محمد، ۱۳۷۳. بررسی جنگل‌های بلوط زاگرس و مهم‌ترین عوامل تخریب آن. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول، ص ۶۳.
- فتاحی، محمد، ۱۳۷۹. مدیریت جنگل‌های زاگرس، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، ۴۷۱ ص.
- قنبری، فریبا و شعبان شتایی، ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات سطح جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ASTER (مطالعه موردی: جنگل‌های حاشیه‌ای جنوب و جنوب غربی شهر گرگان)، مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۷(۴): ۱۹-۱.
- کاظمی، محمد، یداله مهدوی، احمد نوحه‌گر و پیمان رضایی، ۱۳۹۰. برآورد تغییرات پوشش و کاربری اراضی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز)، فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۱): ۱۱۱-۱۰۱.
- کامیاب، حمیدرضا، عبدالرسول سلمان ماهینی، سید محسن حسینی و مهدی غلامعلی فرد، ۱۳۹۰. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدلسازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۷۶(۲): ۱۱۳-۹۹.
- ماهینی، عبدالرسول، جهانگیر فقهی، آزاده نادعلی و برهان رضایی، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات پوشش درختی استان گلستان به روش طبقه‌بندی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ و TM ماهواره لندست، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۶(۳): ۵۰۵-۴۹۵.
- محمداسماعیل، زهرا، ۱۳۸۹. پایش تغییرات کاربری اراضی کرج با استفاده از تکنیک سنجش از دور، مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، ۲۴(۱): ۸۱-۸۸.
- مروی مهاجر، محمدرضا، ۱۳۸۵. جنگل‌شناسی و پرورش جنگل، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، ص ۳۸۷.
- نظری سامانی، علی اکبر، مهدی قربانی و حمیدرضا کوهبنانی، ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰، مجله علمی پژوهشی مرتع، ۴(۳): ۴۵۱-۴۴۲.
- همت‌بلند، ابراهیم، مسلم اکبری‌نیا و عباس بانج شفیعی، ۱۳۸۹. اثر آتش‌سوزی بر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک در جنگل‌های بلوط مریوان، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۲): ۲۱۸-۲۰۵.

- Bahadur R. & Y. Murayama, 2006. Land Use Change Analysis Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan, Nepal. Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS 2006.
- Benediktsson, J.A. & J.R. Sveinsson, 1997. Feature extraction for multisource data classification with artificial neural networks, *International Journal of Remote Sensing*, 18: 727-740.
- Cabral, A.I.R., M.J. Vasconcelos, D. Oom & R. Sardinha, 2011. Spatial dynamics and quantification of deforestation in the central-plateau woodlands of Angola (1990-2009), *Applied Geography*, 31: 1185-1193.
- Eastman, J.R., 2009. IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing, Clark University, Worcester; MA 01610 - 1477 USA. 327p.
- FAO, 2007. State of the world's forest, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 144pp.
- Kavzoglu, T. & P.M. Mather, 2000. Using feature selection techniques to produce smaller neural networks with better generalization capabilities, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 7: 3069-3071.
- Lambin, E.F., 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21: 375-393.
- Li, X., G. Yeh., 2002. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS, *Geographical Information Science*, 16(4): 323-343.
- Maithani, S., R.K. Jain & M.K. Arora, 2009. An Artificial Neural Network based approach for modelling urban spatial growth, *ITPI Journal*, 4: 43-51.
- Mas, J.F., H. Puig, J.L. Palacio & A. Sosa-López, 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks, *Environmental Modelling & Software*, 19: 461-471.
- Parker, D.C., S.M. Manson, Hoffmann & M.J. Deadman, 2003. Multi agent systems for the simulation of land use and land cover change: a Review, *Annals of the Association of American Geographers*, 43: 314-337.
- Pijanowski, B.C., D.G. Brown, B.A. Shellito & G.A. Manik, 2002. Using Neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 26: 553-575.
- Seto, K.C., C.E. Woodcock, C. Song, J. Lu & R.K. Kaufmann, 2002. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM, *International Journal of Remote Sensing*, 23: 1985-2004.
- Stéphenne, N. & E.F. Lambin, 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU), *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 154-161.

Monitoring and predicting land use changes using LCM module (Case study: Marivan region)

S. Vafaei¹, A.A. Darvishsefat^{*2}, and M. Pir Bavaghar³

¹ M.Sc. of forestry, University of Tehran, I.R. Iran

² Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

³ Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, I.R. Iran

(Received: 22 October 2012; Accepted: 23 February 2013)

Abstract

Detection and prediction of land use changes are powerful tools in natural resource and ecosystem management. This study aims at monitoring and predicting land use changes using LCM module in the western Marivan region. Landsat images dated 1989, 2000 and 2011 were classified in order to generate digital land use maps. The images were classified into four classes including forest, agriculture, water bodies and built-up area. LCM module in Idrisi GIS software is used to evaluate the land use changes and predict the land uses status in 2011, based on ANN and Markov Chain Analysis. ANN was trained with various spatial variables including distance from roads, distance from residential areas, distance from forest edges, land uses, elevation and aspect. The results indicated that 1234 hectares of the forest area have been reduced during the period of 1989-2011 and the deforestation rate was 0.21 % per year. Moreover the built-up areas have been increased 2.46% (924 ha) in comparison to initial situation. Results indicate very dynamic changes in agricultural areas, as they showed 1066 hectares increase and simultaneously 777 hectares decreasing, so in overall 289 hectares have been increased. The comparison of actual and predicted land use change maps, during the period of 1989-2011, indicates that Kappa coefficient for forest, agricultural and built-up areas were 0.37, 0.50, and 0.48, respectively. Based on the obtained results, Predicting Land use changes using LCM was weak in this study area. To study the role of other variables such as soil types, forest types and socio-economic information to improve the performance of the model is recommended.

Keywords: ANN, Change detection, LCM, Prediction, Remote sensing.