دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

مدل‌سازی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بهشت‌آباد)

مجید محمدیوسفی[۱]، مهدی پژوهش[۲] و افشین هنربخش[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی گرایش آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد، (نویسنده مسوول: drpajoohesh@gmail.com)
۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه شهرکرد
تاریخ ارسال: ۹۷/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۳
صفحه: ۱۲۹ تا ۱۴۲

چکیده

پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی در آینده اهمیت دارد. هدف از این تحقیق، پایش تغییرات کاربری اراضی در گذشته و بررسی امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل LCM در حوزه آبخیز بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری است. در این تحقیق تصاویر لندست ۵ سنجنده TM سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۷ و لندست ۸ سنجنده OLI سال ۱۳۹۵ تجزیه و تحلیل و مورد استفاده قرار گرفت. تصاویر هر سه مقطع زمانی به پنج طبقه مرتع، مناطق ساختمانی- شهری، اراضی کشاورزی، اراضی باغی و اراضی بایر طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۵، با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۷ و به‌کمک مدل LCM و بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام گردید. به این منظور، از متغیرهای مکانی فاصله از مراتع، فاصله از مناطق ساختمانی- شهری، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی باغی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، ارتفاع یا مدل رقومی ارتفاع، شیب و جهت شیب به‌عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات در شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. نتایج مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بیش‌تر زیر مدل‌ها صحت بالایی را (۶۲ تا ۹۴ درصد) نشان داد. خطای کل در مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۵، حدود ۴/۲۳ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده انطباق زیاد تصویر پیش‌بینی‌شده مدل با تصویر واقعیت زمینی و قابل‌قبول‌بودن مدل می‌باشد. همچنین نتایج پیش‌بینی تغییرات برای سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۲۹ نشان داد که مساحت اراضی مرتعی و اراضی بایر کاهش و مساحت مناطق ساختمانی- شهری، اراضی باغی و اراضی کشاورزی افزایش خواهند یافت.

واژه‌های کلیدی: بهشت‌آباد، پیش‌بینی تغییرات، پایش تغییرات، تصاویر ماهواره‌ای لندست، طبقه‌بندی تصاویر، متغیرهای مکانی، نیروی انتقال

مقدمه

کاربری اراضی از دو کلمه کاربری و اراضی تشکیل شده است. اراضی به کلیه امکانات طبیعی با خصوصیات و شرایط طبیعی یک محل نظیر اقلیم، توپوگرافی، هیدرولوژی و غیره اطلاق می شود. کاربری به معنی استفاده از امکانات طبیعی موجود بر حسب نیازهای انسانی که ممکن است منطبق بر استعداد اراضی و شیوه‌های علمی یا به روش سنتی و احتمالاً تخریب‌کننده اراضی باشد (۲۹). تغییر کاربری و پوشش اراضی بالطبع نتایج هیدرولوژیکی در مقیاس محلی، ناحیه‌ای و جهانی به همراه دارد (۳۰) و نتیجه برهم‌کنش پیچیده فرآیندهای ژئوفیزیکی، اکولوژیکی و اجتماعی است (۲۷). اراضی عوامل مهم تأثیرگذار بر تغییرات کاربری اراضی در یک حوضه را می‌توان به سه دسته عوامل قانونی، عوامل اقتصادی و عوامل جمعیتی تقسیم‌بندی نمود که در این میان عوامل جمعیتی در تغییر کاربری اراضی مهم‌ترین عامل است و دو عامل دیگر را تحت‌الشعاع خود قرار می‌دهد. نتایج حاصل از مطالعات انجام‌شده درباره عوامل مؤثر در رخداد فرسایش و تولید رسوب نشان‌گر این است که در اکثر حوزه‌های آبخیز، نوع استفاده از زمین و نوع کاربری اراضی در مقایسه با سایر عوامل نقش بیش‌تری را در رخداد تشدید فرسایش و تولید رسوب دارد (۱۲). 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 مشخص‌کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به‌نظر می‌رسد (۳۱). از سوی دیگر، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی در 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. مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرآیند پیچیده است که حاکی از دخالت انواع متغیرها می‌باشد. باید در نظر داشت آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی نمایش داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی را ارائه نماید (۲۵،۳). با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌توان مقدار گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (۱۵،۴،۱۳). مدل‌های تغییرات کاربری اراضی ابزارهایی برای آنالیز دلایل و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی به‌منظور درک بهتر عملکرد سیستم‌های کاربری اراضی، مدیریت کاربری اراضی و شناسایی زون‌های حساس می‌باشند و می‌توانند تغییرات پوشش اراضی را در آینده با توجه به سناریوهای مختلف شناسایی کنند (۳۹). از جمله مدل‌هایی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده استفاده می‌شود، می‌توان به مدل تغییر زمین (LCM)[1] و تحلیل زنجیره مارکوف[2] اشاره کرد. مدل‌ساز تغییر زمین که به‌طور کامل با برنامه ایدریسی یکپارچه شده، ابزاری برای مدیریت و برنامه‌ریزی زمین و همچنین ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری است و به کاربر اجازه می‌دهد که تغییرات کاربری اراضی را به سرعت تجزیه و تحلیل کند (۳۵). 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 صورت می‌گیرد (۲۸) که عبارتند از: ۱) بررسی و آنالیز تغییرات.۲) مدل‌سازی نیروی انتقال. ۳) مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی. ۴) ارزیابی صحت مدل‌سازی. کارشناسان و محققان در سال‌های اخیر، به مدل‌سازی تغییرات و استفاده از آن برای پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق‌تر و آینده‌نگرتر توجه نشان داده‌اند. غلامعلی‌فرد و همکاران (۱۱)، تحقیقی بر روی سواحل استان مازندران با هدف مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از LCM در محیط GIS داشتند. نتایج مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی[3] در اکثر زیر مدل‌ها صحت بالایی را نشان داد. نتایج مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد که مساحت کاربری جنگل و اراضی باز در این سال نسبت به ۱۳۹۰ کاهش و کاربری کشاورزی و مسکونی افزایش خواهند یافت. وفایی و همکاران (۴۰)، طی تحقیقات خود با استفاده از مدل LCM بر پایه تحلیل زنجیره مارکوف و شبکه‌های عصبی مصنوعی، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ را با استفاده از دو نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۷۹ و 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 پیش‌بینی و نقشه کاربری آن را تهیه و با نقشه کاربری واقعی سال ۱۳۹۰ تهیه‌شده با تصاویر ماهواره‌ای مقایسه نمودند. آرخی (۱)، در مطالعه خود در خصوص پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل LCM در محیط جی آی اس در منطقه سرابله، نقشه‌های کاربری اراضی را برای دوران مطالعاتی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به دست آورد و تصاویر هر سه مقطع زمانی را به پنج طبقه جنگل، مرتع، اراضی بایر، اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی طبقه‌بندی نمود. نتایج این طبقه‌بندی نشان داد که در طول دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۴۶۹۱ هکتار جنگل تخریب‌شده و نیز اراضی بایر به مقدار ۹۸۷۴ هکتار نسبت به سطح اولیه خود توسعه یافته است. همچنین نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۰ در این مطالعه با استفاده از مدل تغییر زمین نشان داد که مساحت اراضی جنگلی در این سال در مقایسه با سال ۱۳۹۰ کاهش اراضی بایر افزایش خواهند یافت. فرج‌الهی و همکاران (۹)، در مطالعه‌ای که در خصوص پایش و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی و زمانی کاربری/پوشش اراضی در منطقه مراوه تپه استان گلستان داشتند، با تهیه نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۹ و ۱۳۹۳ با استفاده از تصاویر سنجنده‌های MSS، +ETM و OLI ماهواره لندست و اطلاعات جانبی منطقه، اقدام به آشکارسازی تغییرات در طی این دوران زمانی و همچنین پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۷ نمودند. نتایج حاصل از پیش‌بینی تغییرات در فاصله زمانی ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۴ نشان داد که طی این دوره احتمال می‌رود مساحت کاربری‌های جنگل نیمه‌تراکم و متراکم کاهش یابد و مساحت سایر کاربری‌ها با توجه به نتایج پیش‌بینی مدل افزایش یابد. ساندارا کامار و همکاران (۳۷)، از مدل‌ساز تغییر زمین جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استفاده نمودند. دقت طبقه‌بندی برای همه مراحل بالاتر از ۸۰ درصد به‌دست آمد. نتایج پیش‌بینی کاربری اراضی و پوشش زمین برای آینده در این مطالعه، افزایش ساخت و سازها حدود ۴۴/۱۵ درصد و کاهش زمین‌های باز حدود ۵۸/۶۸ درصد را نشان داد. همچنین یک تغییر قابل ملاحظه‌ای در کاربری اراضی/ پوشش زمین بین سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۴۰ به‌صورت تبدیل و تغییر از پوشش گیاهی کم‌تراکم، پوشش گیاهی متراکم و زمین‌های بدون کاربری به مناطق مسکونی مشاهده گردید. سانجوی روی و همکاران (۳۸)، مطالعه‌ای تحت عنوان نظارت و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی/پوشش زمین با استفاده از تلفیق مدل زنجیره‌ای مارکوف و سلول خودکار در قسمت جنوب شرقی منطقه هایلی در بنگلادش داشتند. آن‌ها تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را برای سال ۲۰۲۸ و ۲۰۴۲ مدل‌سازی، پیش‌بینی و شبیه‌سازی نمودند که نتایج این شبیه‌سازی برای بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۲، کاهش جنگل‌ها و ذخایر آبی و افزایش قابل ملاحظه‌ای را در بوته‌زارها، اراضی مرتعی و مناطق ساختمانی نشان داد. یاسمین مگاهاد و همکاران (۴۳)، تحقیقی در مورد تجزیه و تحلیل نقشه‌های پوشش زمین و مدل‌سازی رشد شهری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در منطقه قاهره کشور مصر داشتند که نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین مربوط به سه دوره مطالعاتی سال‌های ۱۹۸۴، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۴ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و سپس تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۵ با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین مدل‌سازی شد. نتایج مدل‌سازی، پس از اعتبارسنجی مدل نشان داد که ۱۴ درصد از اراضی مرتعی و ۴ درصد از مناطق بیابانی موجود در سال ۲۰۱۴، به اراضی شهری در سال ۲۰۲۵ تبدیل خواهد شد. به‌طور کلی، هدف از این تحقیق، آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی ۲۵ ساله و همچنین بررسی امکان پیش‌بینی و مدل‌سازی وضعیت کاربری اراضی در آینده در حوزه آبخیز بهشت‌آباد با استفاده از مدل LCM و زنجیره مارکوف می‌باشد. از آنجا که حوزه آبخیز بهشت‌آباد به‌عنوان یکی از زیر حوضه‌های سامانه کارون بزرگ، حدود ۶۰ درصد از جمعیت استان چهارمحال و بختیاری را در بر می‌گیرد و احداث سد و تونل در این حوضه و قرارگیری مساحت زیادی از اراضی کشاورزی و باغات در محدوده مخزن سد بهشت‌آباد، چالش‌های زیادی را به دنبال داشته و به یک دغدغه بزرگ در

1- Land change modeler 2- Cellular Automata Markov (CA-Markov) 3- Artificial Neural Network

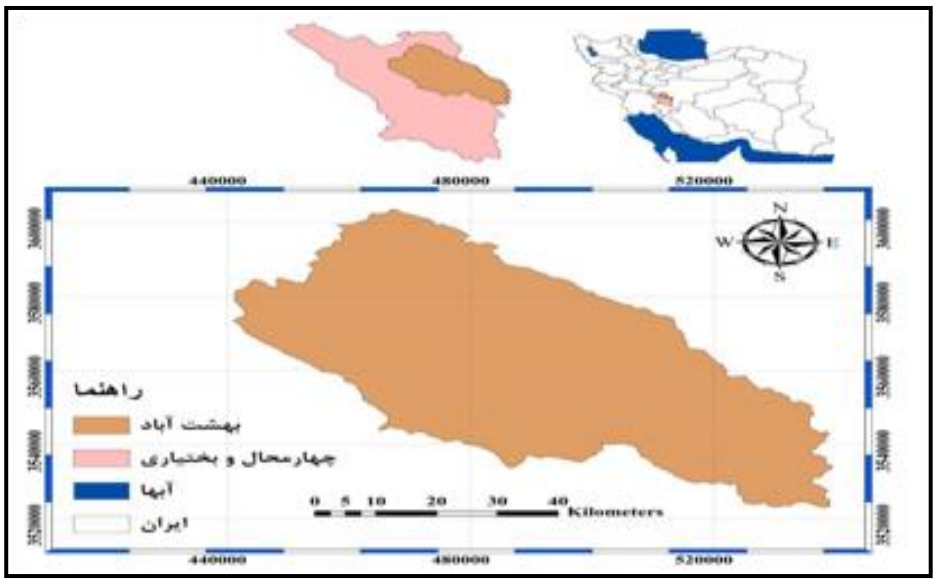
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

بحث انتقال آب بین حوضه‌ای تبدیل گشته است، از یک‌سو باعث تغییرات کاربری اراضی حوضه و از سوی دیگر، احداث تونل در گام اول باعث کاهش حجم آب حوضه مبدأ و در گام دوم باعث زیان‌های اقتصادی و اجتماعی خواهد شد که همگی اینها مقدمه‌ای برای شکل‌گیری احساس تبعیض، اعتراض و در نتیجه آسیب‌دیدن امنیت در بعد داخلی خواهد شد. از طرفی دیگر به‌دلیل اینکه محل عبور این تونل از زیر بزرگ‌ترین آبخوان واقع در دشت‌های چهارمحال و بختیاری می‌باشد، همین امر باعث خشک‌شدن چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌های کشاورزی در طول مسیر تونل است، به همین دلیل با توجه به اهمیت بالای حوزه آبخیز بهشت‌آباد در تامین آب حوضه‌های دیگر و نیز اهمیت شناخت کاربری‌های موجود در حوضه در طول چند دهه گذشته، بر آن شدیم تا به مطالعه تغییرات کاربری حوضه مورد نظر و نیز مدل‌سازی روند تغییرات کاربری این حوضه با استفاده از مدل LCM بپردازیم. از آنجا که در استان چهارمحال و بختیاری و نیز حوزه مورد مطالعه تاکنون موضوعات مدل‌سازی تغییرات کاربری‌های اراضی با استفاده از مدل مذکور زیاد کار نشده است، استفاده از این روش بر اساس رویکرد پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی قابلیت انتقال و زنجیره مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و یکپارچه‌سازی آن‌ها می‌تواند یکی از مهم‌ترین جنبه‌های نوآوری تحقیق حاضر باشد. چرا که با آگاهی داشتن از آیندهٔ کاربری‌های حوزه و به‌دنبال آن کمک به اتخاذ تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های مناسب‌تر مدیران، بتوانیم گامی هرچند کوچک در خصوص حفاظت از عرصه‌های منابع طبیعی برداریم.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز بهشت‌آباد در شمال شرقی استان چهارمحال و بختیاری واقع می‌باشد که حدود ۱۲/۹ درصد از مساحت منطقه زاگرس مرکزی را به‌خود اختصاص داده است (شکل ۱). تقریباً حدود ۴۴ درصد از مساحت منطقه کوهستانی و ۵۶ درصد بقیه به‌صورت دشت می‌باشد. این محدوده در بخش‌هایی از ۶ زیرحوضه هیدرولوژیک از جمله بروجن، سفید دشت، شلمزار، شهرکرد، فارسان و کیار واقع شده است. این حوضه از لحاظ موقعیت جغرافیایی در مختصات ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of study area

داده‌های مورد استفاده

جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به حوضه مورد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای از طریق سایت سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) دانلود و به‌عنوان داده‌های خام ماهواره‌ای پایه و مورد نیاز برای این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای خام مورد استفاده در جدول یک آمده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

جدول ۱- خصوصیات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Table 1. Characteristics of satellite images used

نوع ماهواره	سنجنده	شماره گذر	شماره ردیف	زمان تصویربرداری (میلادی)	زمان تصویربرداری (شمسی)	اندازه پیکسل‌ها	تعداد باندها
لندست ۵	TM	۳۸	۱۶۴	۰۶/۱۶ ژوئن/۱۹۹۱	۱۳۷۰/۰۳/۲۶	۳۰ متر به‌جز باند حرارتی	۷ باند
لندست ۵	TM	۳۸	۱۶۴	۰۶/۳۰ ژوئن/۲۰۰۸	۱۳۸۷/۰۴/۱۰	۳۰ متر به‌جز باند حرارتی	۷ باند
لندست ۸	OLI	۳۸	۱۶۴	۰۶/۲۰ ژوئن/۲۰۱۶	۱۳۹۵/۰۳/۳۱	۳۰ متر به‌جز باند پانکروماتیک و باندهای حرارتی	۱۱ باند

همچنین از نرم‌افزارهای ENVI 5، IDRISI Selva، ArcGis 10.3 برای پردازش داده‌ها، بارزسازی، مدل‌سازی و خروجی‌گرفتن، نرم‌افزار گوگل ارث جهت بررسی و تجزیه و تحلیل تصاویر و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از طریق روش چشمی یا بصری، سیستم موقعیت‌یاب جهانی GPS و مدل LCM برای پیش‌بینی تغییرات استفاده گردید.

روش تحقیق

تهیه نقشه‌های کاربری/پوشش سطح زمین

پس از انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری بر روی تصاویر خام، اقدام به ایجاد ترکیب باندی کاذب جهت تشخیص بهتر عوارض و پدیده‌های سطح زمین به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای گردید. در این تحقیق از ترکیب باندی کاذب ۴۳۲ برای تصاویر لندست ۵ سنجنده TM و از ترکیب باندی کاذب ۵۴۳ برای تصاویر لندست ۸ سنجنده OLI استفاده شد. در این مطالعه ۵ طبقه کاربری اراضی شامل اراضی مرتعی، مناطق ساختمانی-شهری، اراضی کشاورزی، اراضی باغی و اراضی بایر برای حوضه مورد مطالعه در نظر گرفته شد. نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ با استفاده از روش چشمی (بصری) در محیط نرم‌افزاری GIS و با کمک‌گرفتن از نرم‌افزار گوگل ارث و نیز نقشه‌های کاربری موجود در دسترس تهیه گردید.

آشکارسازی تغییرات با استفاده از LCM

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی یک ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت حوزه‌های آبخیز است. این مقوله فرآیندی است که وضعیت تغییرات پدیده‌ها را از روی تصاویر به‌دست‌آمده در زمان‌های مختلف مشخص می‌کند (۳۸). در این تحقیق، نقشه‌های کاربری اراضی تولید شده سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۷ به‌عنوان ورودی مدل LCM برای تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ انتخاب شدند. مدل LCM به دو نقشه کاربری اراضی متعلق به زمان‌های گوناگون به‌عنوان ورودی نیاز دارد (۲۲). در این تحقیق، کاهش‌ها و افزایش‌ها در هر کاربری، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال از هر کاربری به کاربری دیگر در طبقات گوناگون پوشش اراضی به‌صورت نقشه با قسمت آنالیز تغییرات مدل ارزیابی شد (۴۴).

انتخاب زیر مدل‌ها

در این تحقیق از ۸ زیر مدل شامل اراضی مرتعی به مناطق مسکونی-شهری، اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی به اراضی باغی، اراضی مرتعی به اراضی بایر، اراضی کشاورزی به اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی-شهری، اراضی کشاورزی به اراضی باغی و اراضی بایر به اراضی مرتعی استفاده گردید.

انتخاب متغیرهای مستقل

متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. این متغیرها عبارتند از: ارتفاع یا مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از مراتع، فاصله از مناطق مسکونی-شهری، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی باغی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده.

مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی، اراضی باغی و اراضی بایر از تصویر کاربری اراضی سال قدیمی‌تر (در ورودی مدل) و همچنین لایه‌های رودخانه و جاده به-صورت نقشه‌های بولینی (صفر و یک) استخراج و متغیر فاصله از هر کدام یک از این کاربری‌ها در محیط نرم‌افزار ادریسی تهیه شدند. به‌منظور انتخاب متغیرهای اثرگذار بر تغییرات کاربری اراضی، اقدام به صحت‌سنجی و ارزیابی میزان دقت هر یک از متغیرها از طریق به‌دست‌آوردن ضرایب کرامر که میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد گردید. به‌طور کلی مقادیر نزدیک به ۰/۴ و بالاتر از آن به‌عنوان مقدار مناسب برای یک متغیر محسوب می‌شود و مقادیر کمتر از ۰/۱۵، نشانه توانایی کم آن در پیش‌بینی است (۷).

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری در آینده از طریق تحلیل زنجیره مارکوف و با استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی دوره اول و دوم به صورت یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات محاسبه و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی دوره زمانی آینده استفاده گردید (۸). در نهایت با استفاده از این ماتریس، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت و دوره واسنجی ۱۳۷۰ و ۱۳۸۷ مدل‌سازی و پیش‌بینی شد. در پایان برای پیش‌بینی تغییرات کاربری سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۲۹، از نقشه‌های ۱۳۸۷و ۱۳۹۵ استفاده شد.

اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده

خطا و صحت پیش‌بینی مدل بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۹۵ واقعیت زمینی و ۱۳۹۵ پیش‌بینی‌شده محاسبه و مقادیر موفقیت[1]، خطا[2]، هشدار خطا[3] و ضریب کاپای کلی[4] به‌دست آمد. همچنین خطای کل پیش‌بینی مدل، از مجموع خطا و هشدار خطا محاسبه شد (۵).

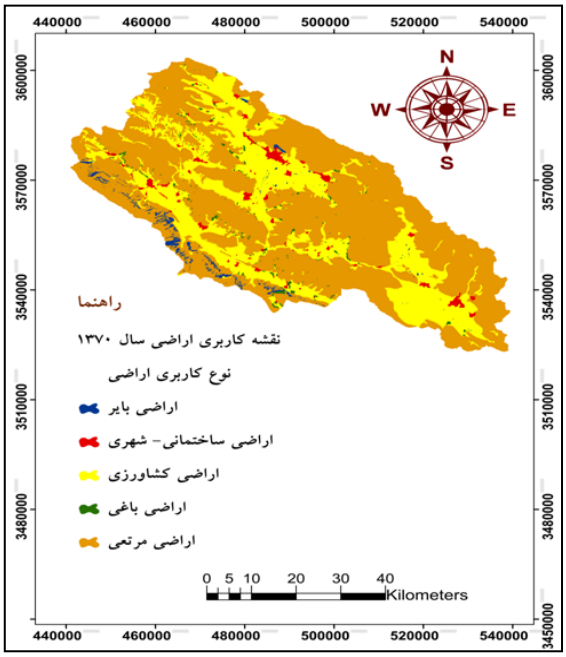
خطای کل = Miss + False Alarm

1- Hit 2- Miss 3- False Alarm 4- Kappa Coefficient

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

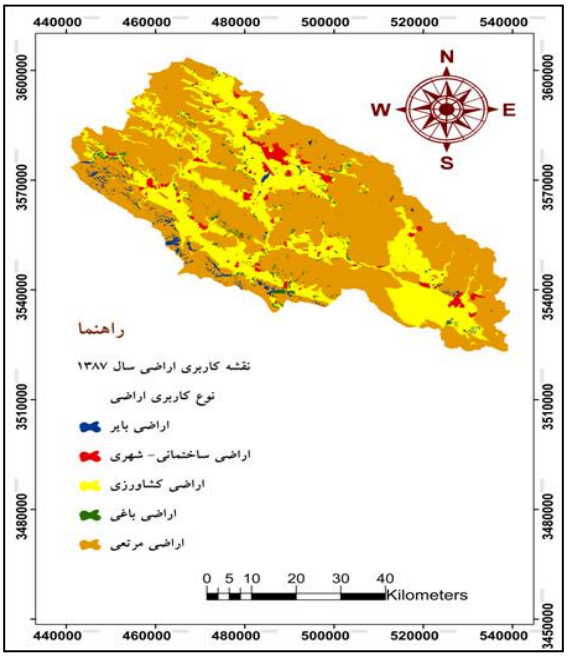
نتایج و بحث

نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵ که از روش چشمی تهیه شده‌اند، به‌ترتیب در شکل‌های۲، ۳ و ۴ نمایش داده شده است. همچنین مساحت انواع کاربری در طی سه دوره مورد مطالعه در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است.



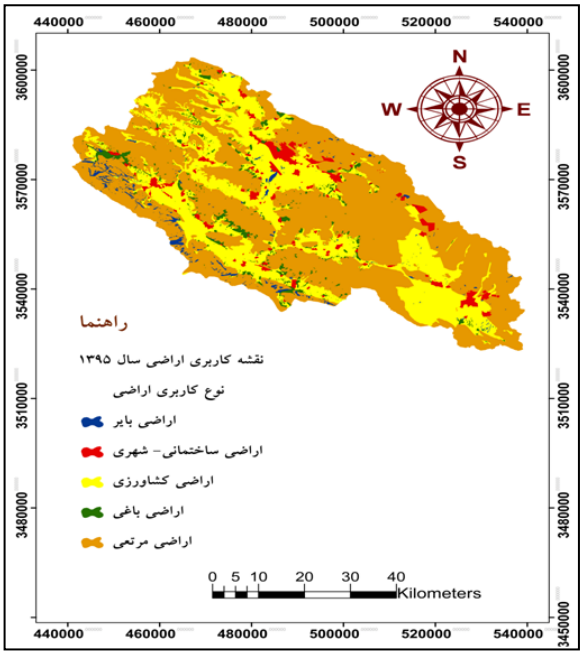
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۰

Figure 2. Land use Map of 1370



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۷

Figure 3. Land use Map of 1387



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵

Figure 4. Land use Map of 1395

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

جدول ۲- مساحت و تفاضل مساحت طبقات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۷۰ و ۱۳۸۷

Table 2. Area and difference Area of land use classes between 1370 and 1387

طبقات کاربری	سال ۱۳۷۰		سال ۱۳۸۷		تفاضل مساحت
	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع
اراضی مرتعی	۲۵۲۴/۳۹	۶۵/۶۱	۱۲/۲۴۸۰	۶۴/۴۵	-۴۴/۲۷
مناطق ساختمانی- شهری	۶۸/۹۵	۱/۷۹	۱۰۶/۲۷	۲/۷۶	۳۷/۳۲
اراضی کشاورزی	۱۱۷۳/۲۷	۳۰/۴۹	۱۱۳۴/۱۵	۲۹/۴۸	-۳۹/۱۲
اراضی باغی	۳۷/۰۰	۰/۹۶	۷۳/۰۸	۱/۹۰	۳۶/۰۸
اراضی بایر	۴۴/۲۶	۱/۱۵	۵۴/۲۵	۱/۴۱	۹/۹۹

جدول ۳- مساحت و تفاضل مساحت طبقات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۵

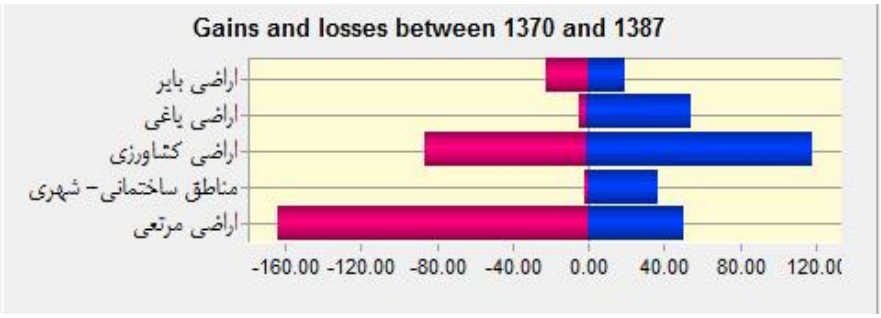
Table 3. Area and difference Area of land use classes between 1387 and 1395

طبقات کاربری	سال ۱۳۸۷		سال ۱۳۹۵		تفاضل مساحت
	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع
اراضی مرتعی	۱۲/۲۴۸۰	۶۴/۴۵	۲۳۶۵/۹۱	۶۱/۴۹	-۱۱۴/۲۱
مناطق ساختمانی- شهری	۱۰۶/۲۷	۲/۷۶	۱۴۰/۹۹	۳/۶۶	۳۴/۷۲
اراضی کشاورزی	۱۱۳۴/۱۵	۲۹/۴۸	۱۱۶۶/۷۳	۳۰/۳۲	۳۲/۵۸
اراضی باغی	۷۳/۰۸	۱/۹۰	۱۲۳/۳۲	۳/۲۱	۵۰/۲۴
اراضی بایر	۵۴/۲۵	۱/۴۱	۵۰/۹۲	۱/۳۲	-۳/۳۳

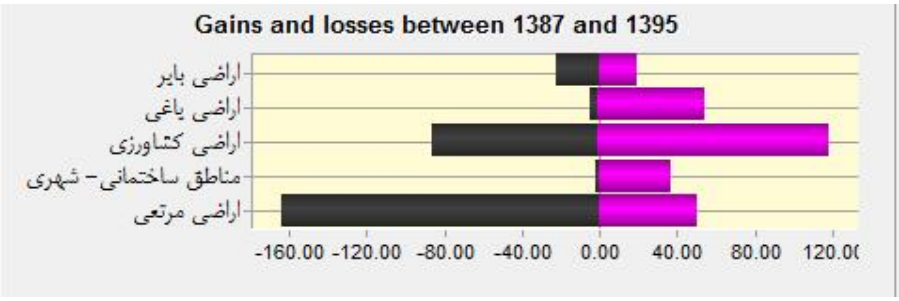
نتایج آشکارسازی تغییرات

در کل دوره مطالعاتی مورد نظر، طبقه کاربری‌ها روند کاهشی و افزایشی را به خود اختصاص دادند. به‌طوری که اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی روند کاهشی و مناطق ساختمانی-شهری، اراضی باغی و اراضی بایر روند افزایشی داشته‌اند که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات رمضانی و جعفری (۳۳) و نیز راهی و همکاران (۳۴) مبنی‌بر کاهش اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی و افزایش مناطق ساختمانی-شهری، اراضی باغی و اراضی بایر مطابقت دارد. عطاءاله کاویان و همکاران (۲۳) نیز با مطالعه تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز به نتایج به‌دست-آمده در این تحقیق مبنی بر کاهش اراضی مرتعی و کشاورزی و افزایش مناطق ساختمانی-شهری، باغات و اراضی فاقد پوشش دست یافتند. با توجه به اشکال ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ و همچنین جداول ۱و ۲، نتایج آشکارسازی تغییرات نشان می‌دهد که میزان تغییرات طی دوره‌های مورد مطالعه (۱۳۷۰- ۱۳۸۷ و ۱۳۸۷-۱۳۹۵) یکسان نبوده است. بدین‌صورت که بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵، به‌ترتیب از وسعت مراتع به‌میزان ۴۴/۲۷ و ۱۱۴/۲۱ کیلومترمربع کاسته و به مساحت مناطق ساختمانی-شهری در دوره اول (۱۳۷۰- ۱۳۸۷) ۳۷/۳۲ کیلومتر مربع و در دوره دوم (۱۳۸۷- ۱۳۹۵) ۳۴/۷۲ کیلومترمربع افزوده شده و اراضی کشاورزی نیز در دوره اول (۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷)، ۳۹/۱۲ کیلومترمربع کاهش و در دوره دوم (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵)، افزایش ۳۲/۵۸ کیلومترمربعی داشته است. همچنین کاربری باغات، در بازه‌های زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷ و نیز ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ به-ترتیب ۳۶/۰۸ و ۵۰/۲۴ کیلومترمربع افزایش وسعت داشته‌اند. در نهایت در سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷، ۹/۹۹ کیلومترمربع افزایش اراضی بایر و در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵، ۳/۳۳ کیلومترمربع کاهش کلاس بایر مشاهده شد. بدون شک می‌توان گفت عامل این تغییرات ناشی از دخالت‌های انسان و عامل اقلیمی حاکم بر منطقه و خشکسالی‌های چند سال اخیر و نیز افزایش جمعیت و افزایش فشار انسان بر روی منابع طبیعی می‌باشد که با نتایج تحقیقات میرعلی-زاده فرد و علی بخشی (۲۵) هم‌خوانی دارد. ایمانی هرسینی و همکاران (۱۶) نیز عامل این تغییرات را افزایش جمعیت و نیز افزایش نیاز انسان به زمین و تمایل انسان به بهره‌برداری از طبیعت می‌دانند. همچنین لو و ونگ (۲۴) نیز معتقدند که با رشد جمعیت، فشار بر عرصه‌های طبیعی افزایش و بهره‌برداری غیراصولی و تغییر کاربری‌ها سبب تخریب اکوسیستم‌ها شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]



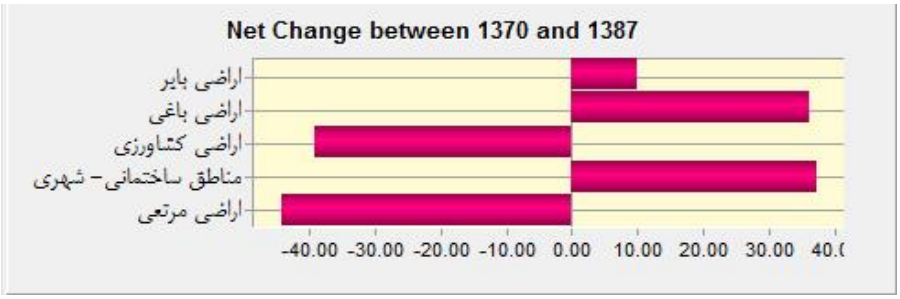
شکل ۵- کاهش‌ها و افزایش‌های مساحت کاربری‌ها بین سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷
Figure 5. Gains and Losses land use area between 1370 and 1387



شکل ۶- کاهش‌ها و افزایش‌های مساحت کاربری‌ها بین سال۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵
Figure 6. Gains and Losses land use area between 1387 and 1395

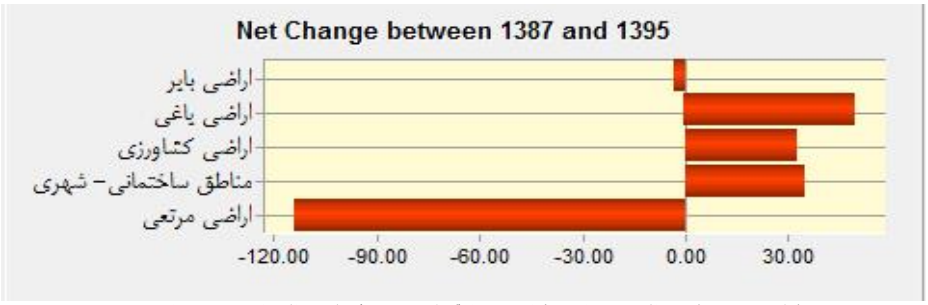
تغییرات خالص و انتقال بین طبقات پوشش اراضی

اشکال ۷ و ۸ تغییرات خالص مساحت کاربری‌ها طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷ و ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. مقدار تغییر خالص در طی دوره اول (۱۳۸۷- ۱۳۷۰) طبق شکل ۷، از مرتع به مناطق ساختمانی-شهری ۱۴/۸۳ کیلومترمربع، مرتع به اراضی کشاورزی ۱۲/۹۲ کیلومترمربع، مرتع به اراضی باغی ۱۰/۴۶ کیلومترمربع و مرتع به اراضی بایر ۶/۰۷ کیلومترمربع بوده است. در این دوره، مقدار تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های مناطق ساختمانی-شهری، اراضی باغی و اراضی بایر به‌ترتیب ۲۰/۵۳ کیلومترمربع، ۲۵/۶۲ کیلومترمربع و ۵/۸۸ کیلومترمربع می‌باشد. همچنین در این دوره ۰/۰۴ کیلومترمربع از اراضی باغی کسر و به مناطق ساختمانی-شهری تبدیل شده است. به‌طوری که تغییر خالص از کاربری اراضی بایر به اراضی باغی ۰/۰۲ کیلومترمربع و تغییر خالص از اراضی بایر به مناطق ساختمانی-شهری ۱/۹۳ کیلومترمربع برآورد گردید. در دوره دوم (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵) طبق شکل ۸، مقدار مساحت تبدیل مرتع به مناطق ساختمانی-شهری ۱۹/۹۶ کیلومترمربع، تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی ۷۶/۳۸ کیلومترمربع و انتقال از مرتع به اراضی باغی ۱۹/۳۷ کیلومترمربع بود. در ضمن در این دوره، مقدار تغییر خالص و انتقال بین طبقات از کلاس کشاورزی به باغات ۳۰/۶۸ کیلومترمربع و از کاربری کشاورزی به مناطق ساختمانی-شهری ۱۳/۱۴ کیلومترمربع دیده شد. تغییر خالص از اراضی باغی به مناطق ساختمانی-شهری نیز ۰/۰۱ کیلومترمربع به‌دست آمد. همچنین در این دوره، ۰/۲۰ کیلومترمربع از اراضی بایر به باغات، ۰/۰۳ کیلومترمربع از بایر به کشاورزی، ۱/۶۰ کیلومترمربع تبدیل کلاس بایر به مناطق ساختمانی- شهری و در نهایت ۱/۵۰ کیلومترمربع تغییر خالص از بایر به اراضی مرتعی مشاهده گردید. در این تحقیق اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی بیش‌ترین پتانسیل را برای تبدیل شدن به مناطق ساختمانی-شهری دارند که با نتایج کامیاب و همکاران (۲۰) برابری می‌کند.



شکل ۷- تغییرات خالص مساحت کاربری‌ها (کیلومترمربع) طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷
Figure 7. Net Changes Uses area between 1370 to 1387

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]



شکل ۸- تغییرات خالص مساحت کاربری‌ها (کیلومترمربع) طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵
Figure 8. Net Changes uses area between 1387 to 1395

نتایج مدل‌سازی پتانسیل نیروی انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر

بر اساس جدول ۴، آن‌چه در ارزیابی شبکه عصبی جهت مدل‌سازی پتانسیل انتقال باید در نظر گرفته شود، شامل سه فاکتور ارزیابی صحت، خطای آموزش و خطای تست می‌باشد. در پژوهش حاضر نتایج ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در اکثر زیر مدل‌ها صحت بالایی (۶۲ تا ۹۴ درصد) را نشان داد که با نتایج مدل‌سازی و نیروی انتقال در تحقیق غلامعلی‌فرد و همکاران (۱۱) با دقت بالای ۵۲ تا ۹۴ در اکثر زیر مدل‌ها همخوانی دارد. همچنین آرخی (۱) و فلاحتکار و همکاران (۱۰) نیز در مطالعات خود به‌ترتیب به صحت بالایی در حد ۶۰ تا ۸۶ درصد و ۸۳ تا ۹۴ درصد در مدل‌سازی نیروی انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر در زیر مدل‌های انتخابی دست یافتند. ارزیابی صحت مدل‌سازی نیروی انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر در تحقیقات کاویان و همکاران (۲۳) نیز حدود ۶۴ تا ۹۰ درصد به‌دست آمد و یوسفی و اشرفی (۴۲) نیز صحت هر یک از زیرمدل‌های انتخابی در تحقیقات خود را حدود ۹۵ درصد به‌دست آوردند. نتایج مدل‌سازی پتانسیل تبدیل در همه زیرمدل‌ها در مطالعات یوسفی و اشرفی (۴۲) نیز صحت بالای ۹۵/۲ درصد را نشان داد.

جدول ۴- ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه
Table 4. Evaluation accuracy of Multilayer Perceptron Neural Network

زیر مدل‌ها (Sub models)	ارزیابی صحت (درصد) Assessment) (Accuracy	خطای آموزش (Training RMS)	خطای تست (Testing RMS)
مرتع به ساختمانی– شهری	۹۴/۸۲	۰/۲۱۰۷	۰/۲۱۲۱
مرتع به کشاورزی	۸۷/۷۶	۰/۲۹۸۴	۰/۳۰۲۳
مرتع به باغ	۸۷/۶۸	۰/۳۱۰۱	۰/۳۰۵۰
مرتع به بایر	۸۵/۸۵	۰/۳۳۳۴	۰/۳۲۵۹
کشاورزی به مرتع	۸۳/۵۱	۰/۳۴۲۳	۰/۳۴۲۹
کشاورزی به ساختمانی– شهری	۸۵/۳۴	۰/۳۳۹۴	۰/۳۴۲۱
کشاورزی به باغ	۸۰/۰۴	۰/۳۷۳۴	۰/۳۷۷۲
بایر به مرتع	۶۲/۸۷	۰/۴۸۴۸	۰/۴۸۳۲

نتایج انتخاب متغیرها و ضرایب کرامر هر متغیر

متغیرهای استفاده‌شده در تحقیق حاضر (ارتفاع یا مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از مراتع، فاصله از مناطق ساختمانی–شهری، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی باغی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده) در اغلب مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. در میان متغیرهای موجود، متغیر کیفی نقشه تغییرات با ۰/۵۷۸۳، بیش‌ترین تأثیر و متغیر جهت شیب با ۰/۰۵۵۸، کم‌ترین اثرگذاری را بر روی الگوی تغییرات منطقه مطالعاتی داشته‌اند (جدول ۵). محققان دیگری از جمله غلامعلی‌فرد و همکاران (۱۱)، آرخی (۱)، عزیزی قلاتی و همکاران (۲)، وفایی و همکاران (۴۰) و رهنما و همکاران (۳۵) نیز ضمن استفاده از این متغیرها در تحقیقات خود، بر اهمیت این قبیل عوامل در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تأکید نموده‌اند. کاویان و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خود از متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، شیب، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از جنگل، فاصله از جاده و فاصله از رودخانه استفاده نمودند که متغیر شیب کمترین اثرگذاری را در تغییرات کاربری اراضی نشان داد. فلاحتکار و همکاران (۱۰) نیز جهت اجرای زیر مدل‌های استفاده‌شده در تحقیق خود، از متغیرهای شیب، جهت، ارتفاع، شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از شهر و فاصله از اراضی مرتعی استفاده نمودند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

جدول ۵- متغیرها و ضرایب کرامر مربوط به هر متغیر

Table 5. Variables and Cramer Coefficients for each Variable

متغیرها (Variables)	ضریب کرامر (Cramer Coefficient)	متغیرها (Variables)	ضریب کرامر (Cramer Coefficient)
مدل رقومی ارتفاع	۰/۲۸۷۰	فاصله از اراضی باغی	۰/۱۶۵۲
جهت شیب	۰/۰۵۵۸	فاصله از اراضی بایر	۰/۲۱۵۷
شیب	۰/۲۵۹۰	فاصله از رودخانه	۰/۱۸۳۹
فاصله از اراضی مرتعی	۰/۳۱۵۷	فاصله از جاده	۰/۱۷۴۰
فاصله از مناطق ساختمانی- شهری	۰/۲۹۳۷	متغیر کیفی نقشه تغییرات	۰/۵۷۸۳
فاصله از اراضی کشاورزی	۰/۳۲۱۰		

نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

احتمال انتقال از یک کاربری در سال ۸۷ به نوع دیگر در سال ۱۳۹۵ از روش زنجیره مارکوف در محیط نرم‌افزار ادریسی محاسبه شد. بیش‌ترین احتمال انتقال، از اراضی بایر به مراتع، بایر به کشاورزی، باغات به کشاورزی، بایر به مناطق ساختمانی-شهری، کشاورزی به مرتع، باغات به مرتع، مرتع به کشاورزی و کشاورزی به باغات به‌دست آمد (جدول ۷). نقشه پیش‌بینی‌شده سال ۱۳۹۵ با استفاده از تغییرات رخ داده طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۷ به‌دست آمده است (شکل ۸). همچنین ماتریس احتمال انتقال از یک کاربری به کاربری دیگر بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۲۰ بر اساس روش زنجیره مارکوف به‌دست آمد (جدول ۶). بر اساس جدول ۶، ماتریس حاصل از پیش‌بینی تغییرات بر مبنای دوره زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۴۲۰ نشان داد که ۹۱/۷۱ درصد اراضی مرتعی، ۹۵/۳۸ درصد مناطق ساختمانی-شهری، ۸۲/۲۰ درصد اراضی کشاورزی، ۸۰/۷۶ درصد اراضی باغی و ۴۲/۲۱ درصد اراضی بایر بدون تغییر باقی خواهند ماند که کلاس مناطق ساختمانی-شهری دارای بالاترین پایداری و کاربری بایر کم‌ترین پایداری را خواهند داشت. نتایج به‌دست آمده در این پژوهش با نتایج رمضانی و جعفری (۳۳)، راهی و همکاران (۳۴)، ساندارا کامار و همکاران (۳۷)، موفوبی آگاتون و همکاران (۲۸) و نیز ایلدرمی و همکاران (۱۷) در استفاده از مدل مارکوف و LCM برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی و کارایی بالای مدل مذکور همسو می‌باشد.

جدول ۶- ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵

Table 6. Probability Transfer Matrix Calculated with Markov Chain from 2008 to 1395

۱۳۹۵/۱۳۸۷	اراضی مرتعی	مناطق ساختمانی- شهری	اراضی کشاورزی	اراضی باغی	اراضی بایر
اراضی مرتعی	۰/۹۷۷۶	۰/۰۰۲۷	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۴۰
مناطق ساختمانی- شهری	۰/۰۰۱۵	۰/۹۸۸۴	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰
اراضی کشاورزی	۰/۰۲۳۲	۰/۰۰۹۰	۰/۹۵۱۶	۰/۰۱۲۰	۰/۰۰۴۲
اراضی باغی	۰/۰۲۱۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۲۸۳	۰/۹۴۸۴	۰/۰۰۰۴
اراضی بایر	۰/۱۴۸۴	۰/۰۲۴۴	۰/۰۳۲۵	۰/۰۰۰۰	۰/۷۹۴۷

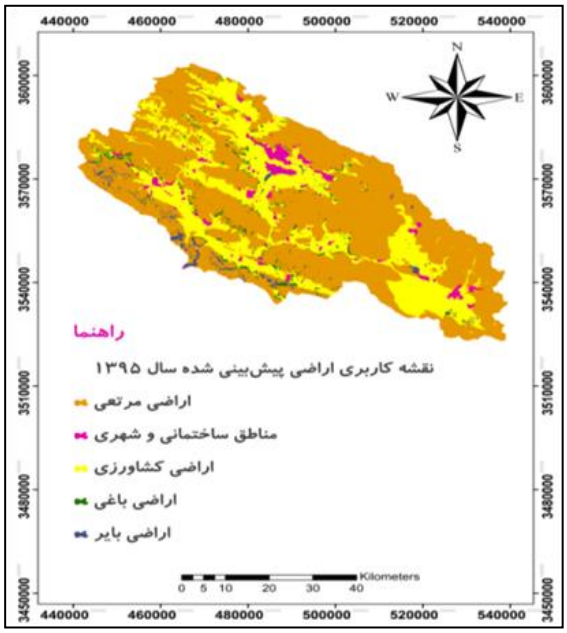
جدول ۷- ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف از سال ۱۳۹۵ تا ۱۴۲۰

Table 7. Probability Transfer Matrix Calculated with Markov Chain from 1395 to 1420

۱۴۲۰/۱۳۹۵	اراضی مرتعی	مناطق ساختمانی- شهری	اراضی کشاورزی	اراضی باغی	اراضی بایر
اراضی مرتعی	۰/۹۱۷۱	۰/۰۱۲۰	۰/۰۵۰۷	۰/۰۰۹۳	۰/۰۱۱۰
مناطق ساختمانی- شهری	۰/۰۰۷۳	۰/۹۵۳۸	۰/۰۳۶۶	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲
اراضی کشاورزی	۰/۰۹۰۲	۰/۰۳۴۸	۰/۸۲۲۰	۰/۰۴۱۷	۰/۰۱۱۳
اراضی باغی	۰/۰۸۴۰	۰/۰۰۶۳	۰/۰۹۹۹	۰/۸۰۷۶	۰/۰۰۲۲
اراضی بایر	۰/۴۰۵۴	۰/۰۷۱۷	۰/۰۹۶۴	۰/۰۰۴۴	۰/۴۲۲۱

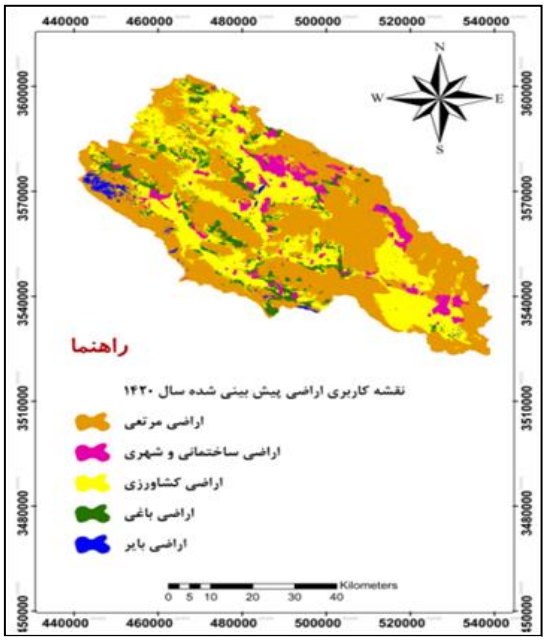
در نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۵ (طبق شکل ۹)، اراضی مرتعی و اراضی بایر وسعت بیش‌تری و کاربری‌های مناطق ساختمانی-شهری، اراضی کشاورزی و اراضی باغی وسعت کم‌تری را نسبت به نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۵ (طبق شکل ۴) نشان دادند. نتایج مدل‌سازی برای سال ۱۳۹۵ نشان داد که مساحت کاربری‌های مرتع و اراضی بایر در این سال نسبت به ۱۳۹۰ افزایش (به‌ترتیب ۹۳/۰۲ و ۵/۲ کیلومترمربع) و کاربری‌های مناطق ساختمانی-شهری، اراضی کشاورزی و باغات کاهش (به‌ترتیب ۱۷/۸۲، ۴۹/۲۳ و ۳۱/۱۷ کیلومترمربع) خواهند یافت. همچنین نقشه پیش‌بینی-شده کاربری اراضی سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۲۹ در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۲۹ نشان داد که اراضی مرتعی و اراضی بایر کاهش و مناطق ساختمانی-شهری، اراضی کشاورزی و اراضی باغی افزایش خواهند یافت.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]



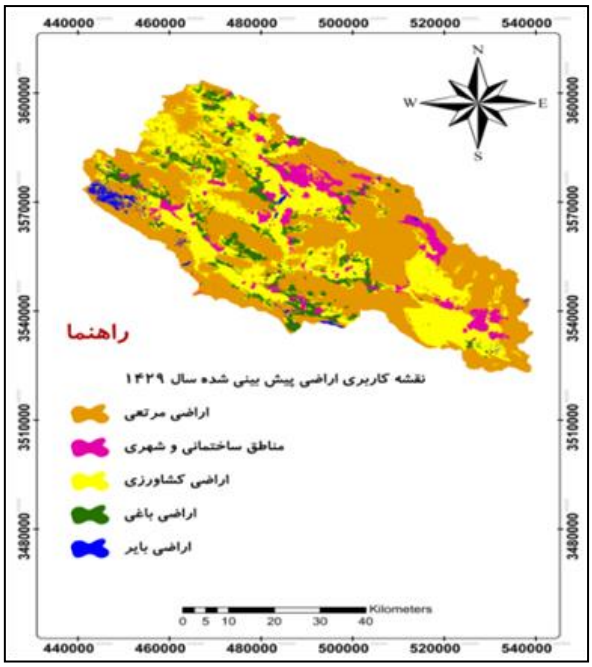
شکل ۹- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۵

Figure 9. Land use Map Predicted of 1395



شکل ۱۰- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال ۱۴۲۰

Figure 10. Land use Map Predicted of 1420



شکل ۱۱- نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده سال ۱۴۲۹

Figure 11. Land use Map Predicted of 1429

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

ارزیابی صحت مدل

نتایج حاصل از ارزیابی مدل بر اساس نقشه‌های کاربری اراضی ۱۳۸۷، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۵ پیش‌بینی‌شده به‌صورت ذیل است. مقادیر موفقیت، خطا، هشدار خطا، ضریب کلی کاپا و خطای کل به‌ترتیب ۰/۳ درصد، ۳/۱ درصد، ۱/۱۳ درصد، ۹۳/۴۱ درصد و ۴/۲۳ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده دقت بالای مدل در پیش‌بینی نقشه کاربری سال‌های بعد می‌باشد. نتایج ارزیابی صحت مدل در تحقیقات حیات‌زاده و همکاران (۱۴) برابر ۹۲ درصد به‌دست آمد. اعتبارسنجی مدل با محاسبه ضرایب کاپا (ضرایب بالای ۸۶ درصد) در تحقیقات یوسفی و اشرفی (۴۲) بیان‌گر اعتبار مدل و توانایی و کارایی مناسب مدل در پیش‌بینی تغییرات آینده کاربری اراضی می‌باشد. همچنین کاویان و همکاران (۲۳) نیز در مطالعه خود به صحت بالای ۸۲ درصد در ارزیابی دقت مدل در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دست یافتند. فلاحتکار و همکاران (۱۰) در تحقیق خود پس از ارزیابی صحت مدل، به ضریب کاپای بالای ۷۹ درصد دست یافتند و بیان داشتند که مدل LCM از قابلیت بالایی در مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده برخوردار است.

بهره‌برداری اصولی از منابع طبیعی نیاز به الگوها و مدل‌های منطقه دارد تا ضمن رعایت دستورالعمل‌های مدل‌های اکولوژیک، بهره‌برداری پایدار نیز مورد توجه قرار گیرد. با توجه اختلاف ناچیز بین نتایج پیش‌بینی و نقشه‌های موجود که به‌منظور بررسی دقت پیش‌بینی مدل LCM و مدل مارکوف استفاده گردید و همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر و همسوبودن نتایج فوق با نتایج تحقیقات دیگر محققان، می‌توان به کارایی مناسب مدل LCM و تحلیل زنجیره مارکوف در ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری در آینده پی‌برد. نقشه‌های کاربری اراضی پیش‌بینی‌شده سال‌های ۱۴۲۰ و ۱۴۲۹ نشان می‌دهند که در صورت ادامه یافتن روند تغییرات کاربری اراضی مطابق سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۵، حوزه آبخیز بهشت‌آباد شاهد کاهش مراتع و اراضی بایر و افزایش مناطق ساختمانی–شهری و نیز افزایش اراضی کشاورزی و اراضی باغی خواهد بود. پس با در اختیار داشتن نقشه موقعیت مکانی–احتمالی (طول و عرض جغرافیایی) تمام پیکسل‌های هر یک از کاربری‌ها، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک گرفت. نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه‌بر این، نقشه‌های کاربری پیش‌بینی‌شده می‌توانند به‌عنوان سامانه هشداردهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری به خدمت گرفته شوند.

منابع

1. Arekhi, S. 2014. The Prediction Trends land use changes Local by using LCM Model In Gis Environment (A Case Study: region Sarabela. Journal of Research in the protection and conservation of forests and rangelands of Iran, 12(1): 1-19 pp (In Persian).
2. Azizi Ghalati, S., K. Rangzan, A. Taghizadeh and Sh. Ahmadi. 2014. LCM Logistic regression modelling of land use changes (Case Study: Kouhmare Sorkhi, Fars province). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 22(4): 585-596 pp (In Persian).
3. Bakr, N. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multitemporal Landsat data. Applied Geography, 30(4): 592-605 pp.
4. Bell, E.J. 1974. Markov analysis of land use change an application of stochastic processes to remotely sensed data. Socio-Economic Planning Sciences, 8(6): 311-316 pp.
5. Chenm, H. and J. Pontius. 2010. Diagnostic tools to evaluate a spatial land change projection along a gradient of an explanatory variable. Landscape Ecology, 25(9): 1319-1331.
6. Du, Y., P. Teillet and J. Cihlar. 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. Remote Sensing of Environment, (82): 123-134.
7. Eastman, J.R. 2006. IDRISI Andes. Tutorial.Clark University, Worcester, MA.
8. Eastman J.R. 2009. IDRISI Taiga Guide to GIS and Image Processing. Clark University, Worcester; MA 01610-1477 USA. 327p.
9. Farajollahi, A., H.R. Asgari, M. Ownagh, M.R. Mahboubi and A.R. Salman Mahini. 2015. Monitoring and prediction of spatial and temporal changes of landuse cover (Case study: Marave Tappeh region, Golestan). Journal of RS and GIS in Natural Resources, 6(4): 1-14 pp (In Persian).
10. Falahatkar, S., S.M. Hosseini, A.R. Salman Mahiny and S. Ayoubi. 2016. Prediction of Land Use/ Cover Change by Using LCM Model. Journal of Natural Environment, 13(7): 163-174 pp (In Persian).
11. Gholamalifard, M., S.H. Joorabian Shooshtari, H. Hosseini Kahnuj and M. Mirzaei. 2012. Land Cover Change Modeling of Coastal Areas of Mazandaran Province Using LCM in a GIS Environment. Journal of Environmental Studies, 33(4): 109-124 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

12. Ghoddousi, J., S. Feiznia, H. Ahmadi, M. Shabani and Sarreshtehdari. 2006. Relationship between land use change and amount of erosion and sediment production in Taleghan watershed. Journal of Pajouhesh and Sazandegi in Natural Resources, 19(73): 124-127 pp (In Persian).
13. Gross, J.E., S.J. Goetz and J. Cihlar. 2009. Application of remote sensing to parks and protected area monitoring: Introduction to the special issue. Remote Sensing of Environment, 113(7): 1343-1345.
14. Hayatzadeh, M., M. Ekhtesasi, H. Malekinezhad. A, Fathzadeh and H. Azimzadeh. 2016. Simulation of Future Land Use Map of the Catchment Area, with the Integration of Cellular Automata and Markov Chain Models Based on Selection of the Best Classification Algorithm (A Case Study of Fakhrabad Basin of Mehriz, Yazd). Environmental Erosion Research, 6(4): 1-22 pp (In Persian).
15. Hathout, S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. Journal of Environmental Management, (66): 229-238.
16. Imani Harsini, J., M. Kaboli, J. Feghhi and A. Taherzadeh. 2017. Land use/land cover change modelling using Markov chain and Cellular Automata (Case study: Hamedan province). Journal of Environmental Science and Technology, 19(1): 119-129 pp (In Persian).
17. Ildoromi, A., H. Nori., M. Naderi., S. Aghabeigi Amin and H. Zeinivand. 2017. Land use Change Prediction using Markov Chain and CA Markov Model (Case Study: Gareen Watershed). Journal of Watershed Management Research, 16(8): 232-240 pp (In Persian).
18. Joorabian, Sh., M. Esmaeili Sari., M. Hosseini and M. Gholamalifard. 2013. Logistic Regression and Markov Chain to predict the land use change in the East of Mazandaran. Journal of Natural Resources-Environment, 66: 351-361 (In Persian).
19. Karimi, K. and C.B. Komaki. 2015. Monitoring, assessment and prediction of spatial changes of land use /cover using Markov chain model (Case study: Bostagh Plain-South Khorasan). Journal of RS and GIS in Natural Resources, 6(2): 75-87 pp (In Persian).
20. Kamyab, H., M. Salman Mahiny, M. Hosseini and M. Gholamalifard. 2013. Adopt a data-driven approach using logistic regression to model the urban growth in Gorgan. Journal of Environmental Studies, 36: 89-96 (In Persian).
21. Kurothe, R.S., G. Kumar, S. Rajive, H.B. Singh, SP. Tiwari, A.K. Vishwakarma, D.R. Sena and V.C. Pande. 2014. Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. Soil Tillage Research, 140: 126-134.
22. Kim, O.S. 2010. An Assessment of Deforestation Models for Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD). Transactions in GIS, 14: 631-654.
23. kavyan, A., Z. Zargosh, Z. Jaffaryan Jolodar and H. Darabi. 2017. Land use Changes Modelling Using Logistic Regression and Markov Chain in the Haraz Watershed. Journal of Natural Environment, 70(2): 397-411 pp (In Persian).
24. Lu, D. and Q. Weng. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International Journal of Remote Sensing, 28(5): 823-870 pp.
25. Mir Alizadehfard, S.R. and S.M. Alibakhshi. 2016. Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam). Journal of RS and GIS in Natural Resources, 7(2): 33-45 pp (In Persian).
26. Mendoza, M.E. 2011. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). Applied Geography, 31(1): 237-250.
27. Munroe, D.K. and D. Muller. 2007. Issues in spatially explicit statistical land-use/cover change (LUCC) models: Examples from western Honduras and the central highlands of Vietnam. Land Use Policy, 24(3): 521-530.
28. Mufubi, A., S. Yudi and H. Effendi. 2016. Land use/land cover change detection in an urban watershed: a case study of upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. Procedia Environmental Sciences, 33(2016): 654-660.
29. Norouzi, M., G.H. Vahabzadeh, K. Solaimani and M. Shabani. 2012. Introduction of the Land Change Modeler for sustainable management of the environment. Third National

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

Conference on Comprehensive Water Resources Management 20 and 21 September 2012, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari.
30. Navidifar, Y. 2011. Investigation Effect of Land Use Change on the River Discharge Using HEC-HMS Model (Case study: Ajerloo Catchment, West Azarbaijan province). M.Sc. Thesis, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. 70 pp (In Persian).
31. Olaniyi, A.O., A.M. Abdullah, M.F. Ramli and M.S. Alias. 2012. Assessment of drivers of coastal land use change in Malaysia. Journal of Ocean and Coastal Management, 67: 113-123.
32. Parker, D.C., S.M. Manson Hoffmann and 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.
33. Ramezani, N. and R. Jafari. 2014. Land use/cover change detection in 2025 with CA-Markov chain model (case study: Esfarayen). Journal of Geographical Research, 25(4): 84-96 pp (In Persian).
34. Rahi, Gh., A. Kavian, K. Soleimani, A. Nazari Samani and H. Pourghasemi. 2017. Land use Changes Modelling using Satellite Data and Markov Chain (case study: Samal Watershed in Bushehr province). Journal of the Ecosystem of Desert Engineering, 6(17): 15-26 pp (In Persian).
35. Rahnama, M., M. Ajza shokouhi and B. Ata. 2017. Detection of land use/land cover changes in Gonbade Kavus City using remote sensing**.** Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 26(103): 148-160 (In Persian).
36. Salman Mahini, A., J. Feghhi, A. Nadali and and B. Riazi. 2009. Tree cover change detection through Artificial Neural Network classification using Landsat TM and ETM+ images (case study: Golestan Province, Iran). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16 (3): 495-505 (In Persian).
37. Sundara Kumar, K., P. Udaya Bhaskar and K. Padmakumari. 2015. Application of land change modeler for prediction of future land use land cover (a case study: of vijayawada city). International Conference on Science, Technology and Management, 2571-2581.
38. Sanjoy. R., F. Kaniz, P. Mossammat and M. Hasan. 2015. Monitoring and Prediction of Land Use/Land Cover Change using the Integration of Markov Chain Model and Cellular Automation in the Southeastern Tertiary Hilly Area of Bangladesh. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR), 24(4):125-148.
39. Singh, A. 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, 10: 989-1003.
40. Vafaei, S., A.A. Darvishsefat and M. Pir Bavaghar. 2013. Monitoring and predicting land use changes using LCM module (Case study: Marivan region). Iranian Journal of Forest, 5(3): 323-336 (In Persian).
41. Vaclavik, T. and J. Rogan .2009. Identifying trends in land use/land cover changes in the context of postsocialist transformation in Central Europe: A case study of the greater Olomouc region, Czech Republic. GIScience and Remote Sensing, 46(1): 54-76.
42. Yuseffi, M. and A. Ashrafi. 2016. Bojnoord urban growth modeling using remote sensing data (based on neural network and Markov modeling changes of the Earth). Journal of Regional Planning, 6(21): 179-192 pp (In Persian).
43. Yasmine, M., C. Pedro, S. Joel and C. Mario. 2015. Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Techniques in Greater Cairo Region-Egypt. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4: 1750-1769.
44. Zargoush, Z., A. Kavian, H. Darabi and Z. Jafarian. 2014. Application of LCM Model in Detection of Land Use Change (Case Study: Haraz Watershed). The Second National Conference on Environmental Research. August 2014.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]

Modeling Trends Land Use Changes Local by Using LCM Model Based on Artificial Neural Networks and Markov Chain Analysis (Case Study: BeheshtAbad Watershed)

Majid Mohammad Yousefi[1], Mehdi Pajoohesh[2] and Afshin Honarbakhsh[3]

1- M.Sc. Student, Natural Resources Engineering of Watershed Management, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekrd University
2- Assistant Professor, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekrd University, (Corresponding author: drpajoohesh@gmail.com)
3- Associate Professor, Department of Natural Resources and Earth Sciences, Shahrekrd University,
Received: 18 November, 2018 Accepted: 15 October, 2019

Abstract

The prediction and modeling of land use changes is important for understanding the quantity and quality of possible future changes. The purpose of this research is to monitor land use changes in the past and to investigate the possibility of predicting them in the future using the LCM model in the Beheshabad watershed of Chaharmahal va Bakhtiari province. In this study, Landsat 5 TM sensors images of 1991 and 2008 and Landsat 8 OLI sensors images in 2016 were used and analyzed. Images of all three periods were classified into five categories of range lands, urban-construction areas, agricultural lands, garden lands and Bare lands. The prediction of land use status for 2016 was carried out using user maps of 1370 and 1387 using the LCM model based on artificial neural networks and Markov chain analysis. For this purpose, the spatial variables of the distance from the pastures, the distance from the residential and urban areas, the distance from the agricultural land, the distance from the garden, the distance from the Bare Lands, distance from the river, distance from the road, elevation or digital elevation model, slope and direction of the slope, are used as factors affecting changes in artificial neural network. The results of modeling the transmission force using artificial neural network in most. of the sub-models showed high accuracy (62 to 94 percent). The total error in modeling for the year 2016 obtained approximetly 23%, which reflects the large mismatch of the predicted image of the model with the image of the Earth reality and the acceptability of the model. The prediction results for the years of 1420 and 1429 showed that the area of range land and bare lands would be reduced and the area of urbanconstruction areas, garden lands and agricultural lands would becincrease.

Keyword: Beheshabad, Classification of Images, Landsat Satellite Images, Monitor Changes, Prediction Changes, Spatial Variables, Transmission Force

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1399.11.21.16.0]
[DOI: 10.52547/jwmr.11.21.129]