

پیش‌بینی و آشکارسازی روند تغییرات زمانی و مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین

❖ علی آذره*؛ استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه جیرفت

❖ الهام رفیعی ساردوئی؛ استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه جیرفت

چکیده

آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری می‌تواند به برنامه ریزان محیط زیست و مدیران منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. هدف این پژوهش، بررسی تغییرات کاربری اراضی در گذشته و پیش‌بینی کاربری اراضی در آینده با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) در حوزه آبخیز هلیل رود می‌باشد. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با به‌کارگیری تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM (تصویر سال ۱۳۷۰)، ETM⁺ (تصویر سال ۱۳۸۲) و OLI (تصویر سال ۱۳۹۹) انجام گرفت. مدل‌سازی نیروی انتقال با روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و هشت متغیر ارتفاع، شیب، جهت، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از شهر، شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) انجام گرفت. جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دوره آتی، از زنجیره‌ی مارکوف استفاده گردید. نتایج ارزیابی دوره‌های واسنجی با استفاده از آماره‌ی کاپا نشان داد که دوره‌ی واسنجی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ بالاترین صحت را جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۲۰ داشت. نتایج تغییرات کاربری اراضی حاکی از آن است که طی دوره‌ی واسنجی، از میان شش طبقه کاربری مرتع، اراضی کشاورزی، اراضی مسکونی، اراضی بایر، اراضی سنگلاخی و باغی، بیش‌ترین افزایش مساحت مربوط به اراضی کشاورزی به میزان ۲۹۳/۷ کیلومتر مربع و بیش‌ترین کاهش مساحت مربوط به اراضی مرتعی به میزان ۳۸۲/۶ کیلومتر مربع بوده است. هم‌چنین مساحت اراضی بایر، باغی و مسکونی افزایش یافته و اراضی سنگلاخی بدون تغییر بوده‌اند. تخریب اراضی مرتعی بیش‌تر در راستای تبدیل این اراضی به اراضی کشاورزی، باغی و مسکونی بوده‌است. هم‌چنین نتایج حاصل از پیش‌بینی نقشه کاربری آینده ۱۴۲۰ با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین نشان داد که در دوره‌ی زمانی ۱۴۲۰-۱۳۹۹، مساحت اراضی مرتعی به میزان ۲۰۱/۱ کیلومتر مربع کاهش و مساحت اراضی کشاورزی، مسکونی، باغی و بایر به ترتیب به میزان ۱۵۸/۰۱، ۲۲/۳۸، ۲۰/۲ و ۰/۵۳ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی، شبکه عصبی، زنجیره‌ی مارکوف، هلیل رود.

۱. مقدمه

استفاده از زمین، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می‌دهد. در سال‌های اخیر، توجه زیادی به تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی شده است [۱۳]. سطح زمین به خودی خود یک سیستم پیچیده است و مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش زمین یک فرایند پیچیده متأثر از دخالت انواع متغیرهاست. با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌توان مقدار گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد [۱۵، ۱۷ و ۱۸]. مدل‌های تغییرات کاربری اراضی ابزارهایی برای آنالیز دلایل و پیامدهای تغییرات کاربری اراضی به منظور درک بهتر عملکرد سیستم‌های کاربری اراضی، مدیریت اراضی و شناسایی مناطق حساس می‌باشند و می‌توانند تغییرات پوشش اراضی را در آینده با توجه به سناریوهای مختلف شناسایی کنند [۳۴].

از جمله مدل‌هایی که برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده استفاده می‌شود، می‌توان به مدل‌سازی تغییر زمین^۱ (LCM) و تحلیل زنجیره مارکوف اشاره کرد. مدل‌سازی تغییر زمین که به طور کامل با برنامه ایدرسی 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 [۱۶، ۲۰ و ۳۲]. مدل‌سازی تغییر زمین ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی پرداخت. مراحل مدل‌سازی در ۴ مرحله صورت می‌گیرد [۲۹ و ۵] 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 کاربری اراضی به

منظور برنامه‌ریزی دقیق‌تر و آینده‌نگرتر توجه نشان داده‌اند. در تحقیقی [۶] به پایش و پیش‌بینی کاربری اراضی منطقه کوهمره سرخی استان فارس در دوره ۱۳۹۱-۱۳۶۶ با استفاده از روش رگرسیون لجستیک در مدل LCM پرداخته شد. نتایج این تحقیق، حاکی از افزایش سطح اراضی مرتعی و کشاورزی و کاهش سطح اراضی جنگل بود.

در پژوهشی [۲۷] به پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی دوره آتی با استفاده از مدل‌سازی تغییر زمین و بر پایه شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف پرداخته شد. 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. در تحقیقی دیگر [۳۹] در منطقه مریوان کردستان از مدل LCM بر پایه تحلیل زنجیره مارکوف و شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. در این مطالعه، نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ 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 تهیه گردید. نتایج حاکی از افزایش اراضی مسکونی و کشاورزی و کاهش اراضی جنگلی در منطقه مریوان بود.

طی پژوهشی در جنوب شرق هند [۳۶] از مدل‌سازی تغییر زمین جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ استفاده گردید. 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.

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که تاکنون پژوهش‌های زیادی در زمینه پایش، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با

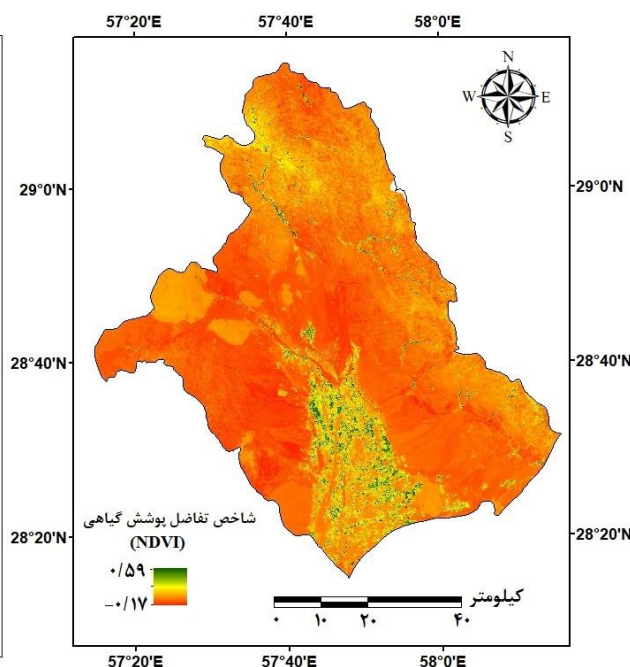
¹ Land Change Modeller

۲. مواد و روش‌ها

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز هلیل رود میانی در جنوب شرقی استان کرمان در شهرستان جیرفت واقع شده است. این حوزه با مساحت ۵۰۴۹/۵ کیلومتر مربع یکی از زیر حوضه‌های حوزه آبریز جازموریان می‌باشد. این منطقه از نظر موقعیت در طول جغرافیایی ۱۵' ۵۷° تا ۲' ۵۸° و عرض جغرافیایی ۱۵' ۲۸° تا ۱۶' ۲۹° قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سطح دریا ۴۹۸ و ۳۷۵۳ متر و بارش متوسط سالانه منطقه ۱۶۰/۲۳ میلی متر می‌باشد. منطقه مورد مطالعه دارای کاربری‌های اراضی مرتع، باغی، شهری، کشاورزی و بایر بوده و اراضی مرتع و کشاورزی کاربری اراضی غالب منطقه می‌باشد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کرمان را نشان می‌دهد.

استفاده از سنجش از دور انجام شده است، آنچه مسلم است نیاز است تا با انجام پژوهش‌های علمی پیش‌تر روند تغییرات و پیش‌بینی این تغییرات در سایر نقاط ایران مورد ارزیابی قرار گیرد. حوزه آبخیز هلیل رود یکی از زیر حوضه‌های مهم حوزه آبخیز جازموریان در جنوب شرقی ایران است و یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی در ایران می‌باشد. بنابراین پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌تواند چشم‌اندازی برای مدیران جهت برنامه‌ریزی‌های آتی فراهم سازد. از این‌رو هدف پژوهش حاضر بررسی روند و آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی طی دوره ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۹) و پیش‌بینی تغییرات برای ۲۲ سال آینده (۱۴۲۰) براساس شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه و زنجیره مارکوف با کمک مدل LCM است. تا بدین طریق مناطق تحت تأثیر تغییر کاربری در آینده مورد تشخیص قرار گیرند.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان کرمان

۲.۲. روش مطالعه

۲.۲.۱. تهیه نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM، ETM⁺، OLI (۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹) استفاده شد. از روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشینه درست‌نمایی^۱ برای طبقه بندی نقشه‌های کاربری اراضی استفاده شد [۷]. روش بیشینه درست‌نمایی از معروفترین و پرکاربردترین روش‌های طبقه بندی اطلاعات در زمره روش‌های طبقه بندی نظارت شده است [۳]. در این روش، احتمال اینکه یک پیکسل به تمامی کلاس‌ها تعلق داشته باشد محاسبه شده و به کلاس با بیشترین احتمال تعلق می‌گیرد. برای این منظور، فرض بر این گذاشته می‌شود که داده‌ها با توزیع نرمال برآزش دارند. در حقیقت نمونه‌های تعلیمی باید معرف آن کلاس باشند. در نتیجه باید نقاط تعلیمی به تعدادی باشد که خصوصیات نمونه‌ها در آن به صورت دقیق و کامل آورده شده باشد [۳۷]. برای انجام این روش ابتدا باید تمامی مراحل پیش پردازش انجام شده و نمونه برداری از منطقه نیز انجام شده باشد. سپس نمونه‌های تعلیمی روی تصاویر انتخاب و روش حداکثر احتمال به کار برده شود. در نهایت شش کلاس کاربری اراضی کشاورزی، اراضی بایر، اراضی سنگلاخی، اراضی مرتعی، باغی و اراضی مسکونی در منطقه مشخص شد.

۲.۲.۲. بررسی صحت طبقه‌بندی

برای ارزیابی صحت طبقه بندی تصاویر در سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹، ابتدا نقاط کنترل زمینی با استفاده از گوگل ارث^۲ و برداشت میدانی (۱۵۹ نقطه) به دست آمد و سپس این نقاط واقعیت زمینی با تصویر طبقه‌بندی شده مقایسه شدند و ضریب کاپا برای هر طبقه و کاپای کلی محاسبه شد هر قدر ضریب کاپا به یک

نزدیکتر نشان‌دهنده صحت بالای طبقه‌بندی است. ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۲، ۱۳۹۹ با استفاده از تفسیر بصری و نقاط کنترل زمینی که در طول زمان تغییر نکردند، محاسبه شد [۳۵].

۲.۲.۳. مدل‌ساز تغییر زمین

مدلساز تغییر سرزمین یا LCM (قابل دسترس در نرم افزار IDRISI و به صورت افزونه در ArcGIS) ابزاری برای ارزیابی و طراحی تغییر پوشش زمین فراهم می‌کند و کاربری اراضی یا پوشش زمین را آنالیز می‌کند [۹، ۱۴ و ۳۸]. این مدل قادر به ایجاد سناریوهای تغییر اراضی با ادغام عامل‌های زیستی، فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی است که در تغییر کاربری اراضی تاثیر گذارند [۲۴]. مراحل مدل‌سازی در ۴ مرحله بررسی تغییرات؛ انتخاب متغیرهای مستقل، مدل‌سازی پتانسیل انتقال؛ پیش‌بینی کاربری اراضی و ارزیابی صحت مدل‌سازی صورت می‌گیرد.

۲.۲.۴. آشکارسازی تغییرات

آشکارسازی دقیق و به موقع تغییرات کاربری اراضی، پایه‌ای برای فهم بهتر روابط و تعاملات انسان و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت و استفاده بهتر از منابع را فراهم می‌آورد [۲۲]. یکی از روش‌های آشکارسازی پس از طبقه بندی، جدول بندی افقی است. این تغییرات که بین دو سال اتفاق می‌افتد، شناسایی می‌شوند و به عنوان یک زیر مدل در نظر گرفته می‌شوند. زیر مدل‌ها شامل یک یا گروهی از تبدیل کاربری‌ها می‌باشند که محرک‌های اساسی محسوب می‌شوند [۳۱]. برای مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری در مدل LCM قبل از هر کاری باید زیر مدل‌ها مشخص شود. برای انتخاب زیر مدل‌هایی با بیشترین صحت، لازم است که مدل با چند سناریو مختلف اجرا شود [۱۲]. در نهایت برای مدل‌سازی ۴ زیر مدل (اراضی مرتعی به کشاورزی، مرتع به مسکونی، مرتع به بایر و مرتع به باغی) و ۳ سناریو انتخاب می‌گردد. سناریوی ۱، ۲ و ۳ به

¹ Maximum Likelihood

² Google Earth

شد. به این مفهوم که هر پیکسل از تصویر برای تغییر از یک کاربری به نوع دیگر چقدر پتانسیل دارد [۱۲]. در این مرحله از مدل‌سازی، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل مرتع) به کاربری دیگر (نظیر زراعت) با توجه به متغیرهای توضیحی^۳ (مثل شیب، نزدیکی به جاده)، صورت گرفت. خروجی این قسمت، نقشه‌ی پتانسیل برای هر تغییر (مثلا از کاربری مرتع به اراضی زراعی) بود.

شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، اولین بار توسط روزن بلات در سال ۱۹۸۵ طراحی شدند [۱۱]. در این نوع شبکه‌ها از یک لایه ورودی جهت اعمال ورودی‌های مسئله یک لایه پنهان، یک لایه خروجی که نهایتا پاسخ‌های مسئله را ارائه می‌نمایند، استفاده می‌شود. آموزش این شبکه توسط الگوریتم "پس از انتشار" انجام می‌شود که شامل گسترش خطا از لایه خروجی به منظور اصلاح مقادیر وزن است. یادگیری و تعمیم، بستگی به لایه‌های ورودی، تعداد لایه‌های مخفی و گره) و پارامترهای آموزش (نرخ یادگیری، سرعت و تعداد تکرارها، یادگیری الگوریتم پس از انتشار) دارد [۳۳]. در این مطالعه برای بررسی و ارزیابی صحت مدل‌سازی پتانسیل تبدیل کاربری با روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه از خطای آموزش و خطای تست استفاده می‌شود.

۲.۲.۷. آنالیز حساسیت مدل

پس از مدل‌سازی پتانسیل انتقال، آنالیز حساسیت مدل برای تعیین تأثیرگذارترین عوامل در مدل‌سازی و آزمایش قدرت نسبی متغیرهای توضیحی و تأثیرات آنها بر خروجی LCM انجام شد [۱۰]. بدین منظور ابتدا مدل با تمام متغیرها اجرا می‌شود و سپس به نوبت هر متغیر کنار گذاشته می‌شود (در مدل‌سازی دخالت داده نمی‌شود)، تا متغیر با کم‌ترین و بیش‌ترین تأثیر در معیار مهارت^۴ و دقت مدل مشخص گردد [۸]. معیار مهارت از

ترتیب طی دوره ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲، ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۹ و ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲.۲.۵. انتخاب متغیرهای مستقل

متغیرها ممکن است به صورت دینامیک یا استاتیک به مدل اضافه شوند. متغیرهای استاتیک جنبه‌های اساسی مناسب برای انتقال در نظر گرفته شده را بیان می‌کنند و با گذشت زمان تغییرناپذیرند. متغیرهای دینامیک وابسته به زمان متغیر هستند و در طول زمان دوره پیش‌بینی محاسبه می‌شوند. متغیرهای مستقل برای انجام مدل‌سازی، با ارزیابی از طریق ضریب همبستگی کرامر انتخاب می‌شوند. این ضریب همبستگی متغیرهای مستقل را در یک زمان با طبقه بندی موضوعی نقشه کاربری اراضی مقایسه می‌کند [۷].

در این تحقیق ۸ متغیر مدل رقومی ارتفاع، شیب (درصد)، جهت (درجه)، شاخص تفاضل پوشش گیاهی^۱ (NDVI)، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از اراضی کشاورزی، فاصله از اراضی شهری مورد استفاده قرار گرفتند.

متغیرهای استفاده شده در تحقیق حاضر در اغلب مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند. به عنوان مثال، نزدیکی به جاده، شهر در جنوب کامرون متغیرهای مهمی در مدل‌سازی تغییرات جنگل گزارش شدند [۲۵]. ارتفاع و نزدیکی به جاده نیز عوامل مهمی در تغییرات جنگل در زمین‌های کم‌ارتفاع سوماترا تشخیص داده شدند [۲۱]. شکل ۲ نقشه‌ی متغیرهای مورد استفاده در مدل LCM را نشان می‌دهد.

۲.۲.۶. مدل‌سازی پتانسیل انتقال

بعد از انتخاب زیر مدل‌ها و طبق متغیرهای مستقل انتخاب شده، مدل‌سازی پتانسیل تبدیل هر کاربری با روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۲ (MLP) انجام

¹ Normalized difference vegetation index

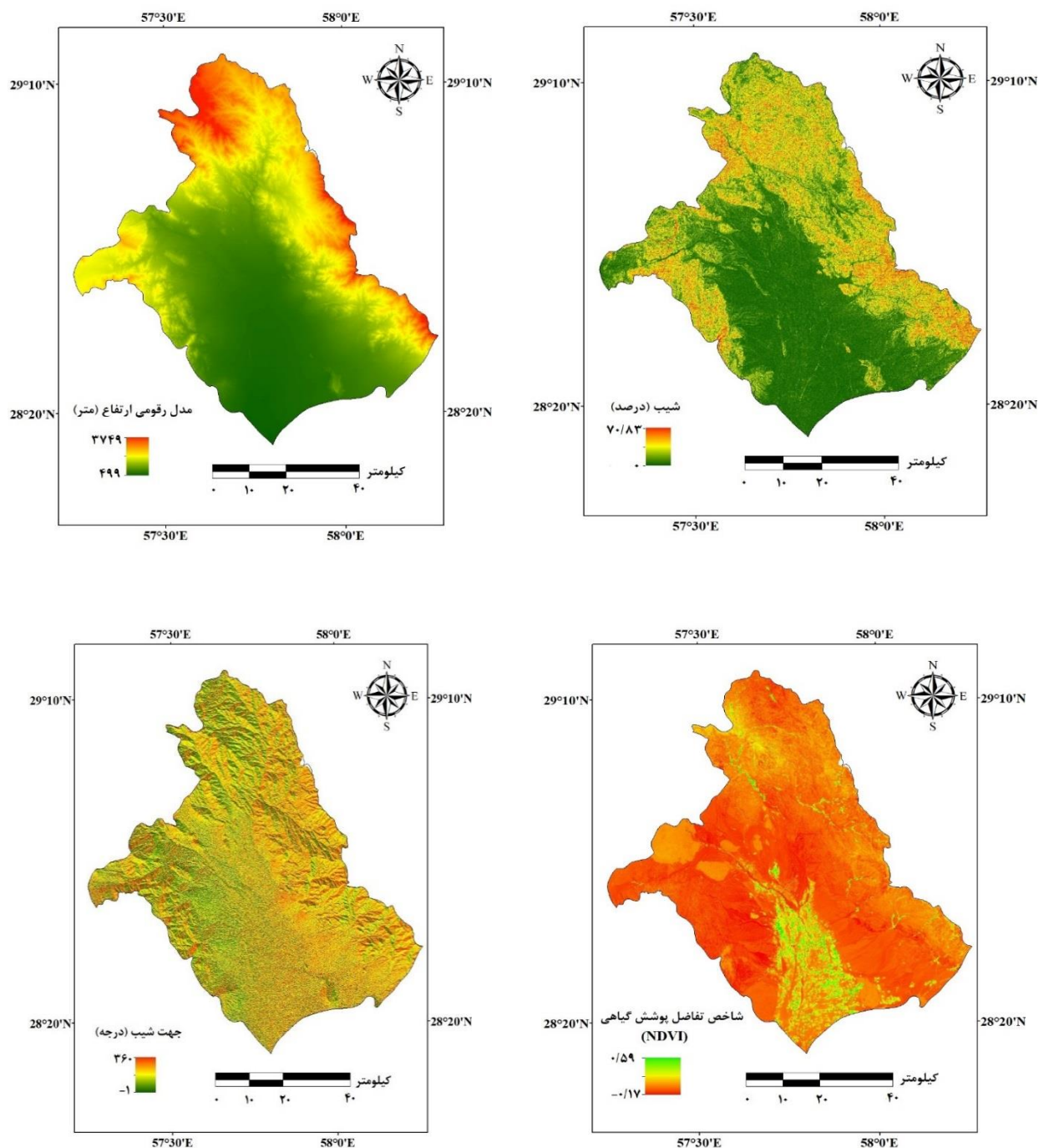
² Multi-Layer Perceptron Neural Network

³ Explanatory Variables

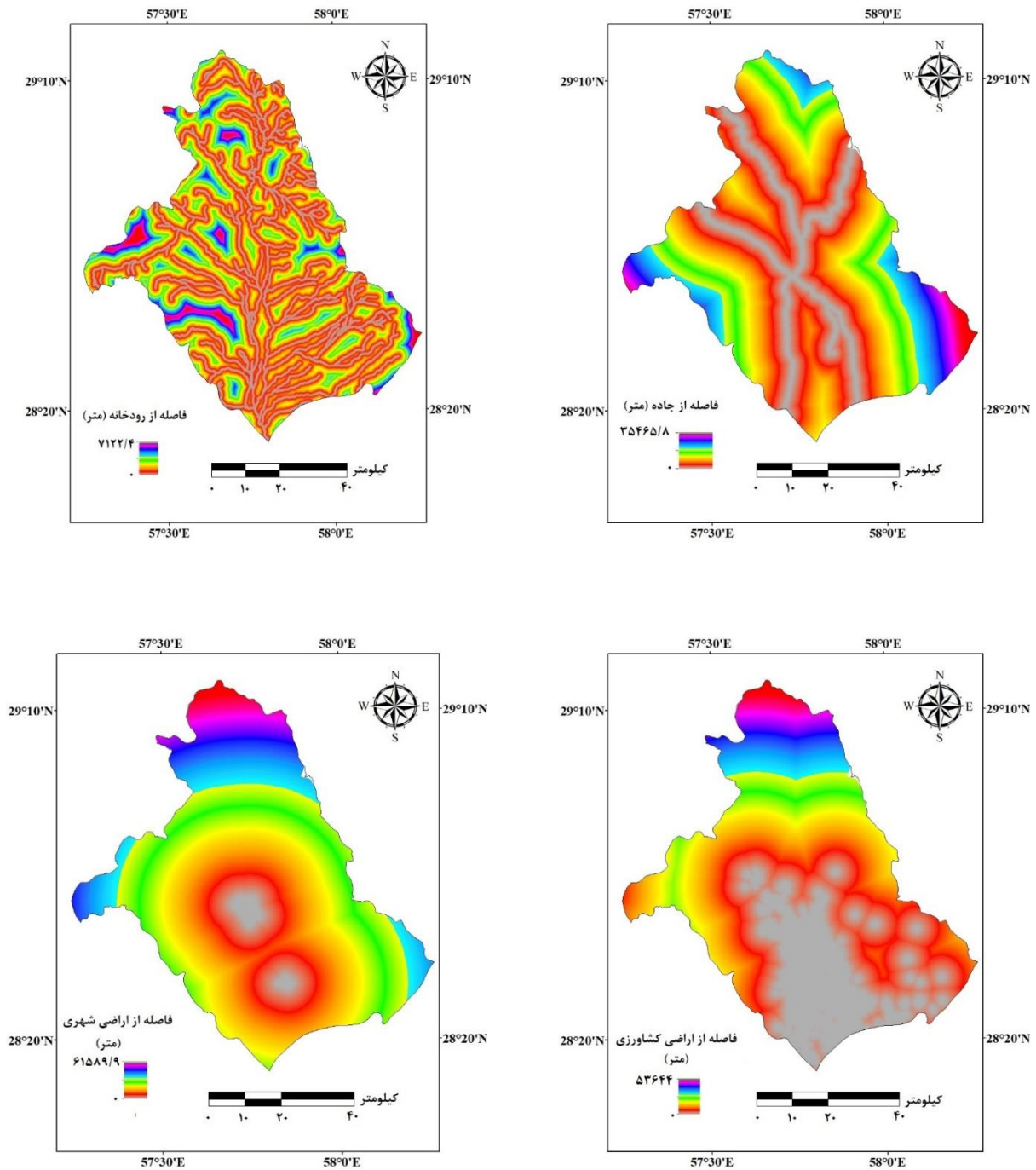
⁴ Skill measure

مطلوبی در کاهش احتمال بیش برآزش دارد. بنابراین، گاهی اوقات ممکن است با حذف برخی از متغیرها، مهارت و دقت مدل کمی افزایش یابد [۸]. در مرحله بعدی، از تحلیل زنجیره مارکوف برای تعیین کمیت تغییر (احتمال تغییر) استفاده شد.

تفاضل صحت پیش‌بینی انتقال و صحت پیش‌بینی تصادفی محاسبه می‌شود [۲۳]. اگر یک متغیر کنار گذاشته شود و مهارت و دقت مدل خیلی کاهش پیدا نکند، نشان می‌دهد که آن متغیر اثر ناچیزی دارد و می‌توان آن را حذف کرد. حذف متغیرهای کم تاثیر، اثر



شکل ۲- نقشه‌ی متغیرهای مورد استفاده در مدل LCM



ادامه شکل ۲

می‌روند. مقدار تغییرات هر انتقال با استفاده از زنجیره مارکوف پیش‌بینی می‌شود و نقشه تغییرات کاربری اراضی در مدل LCM تهیه خواهد شد.

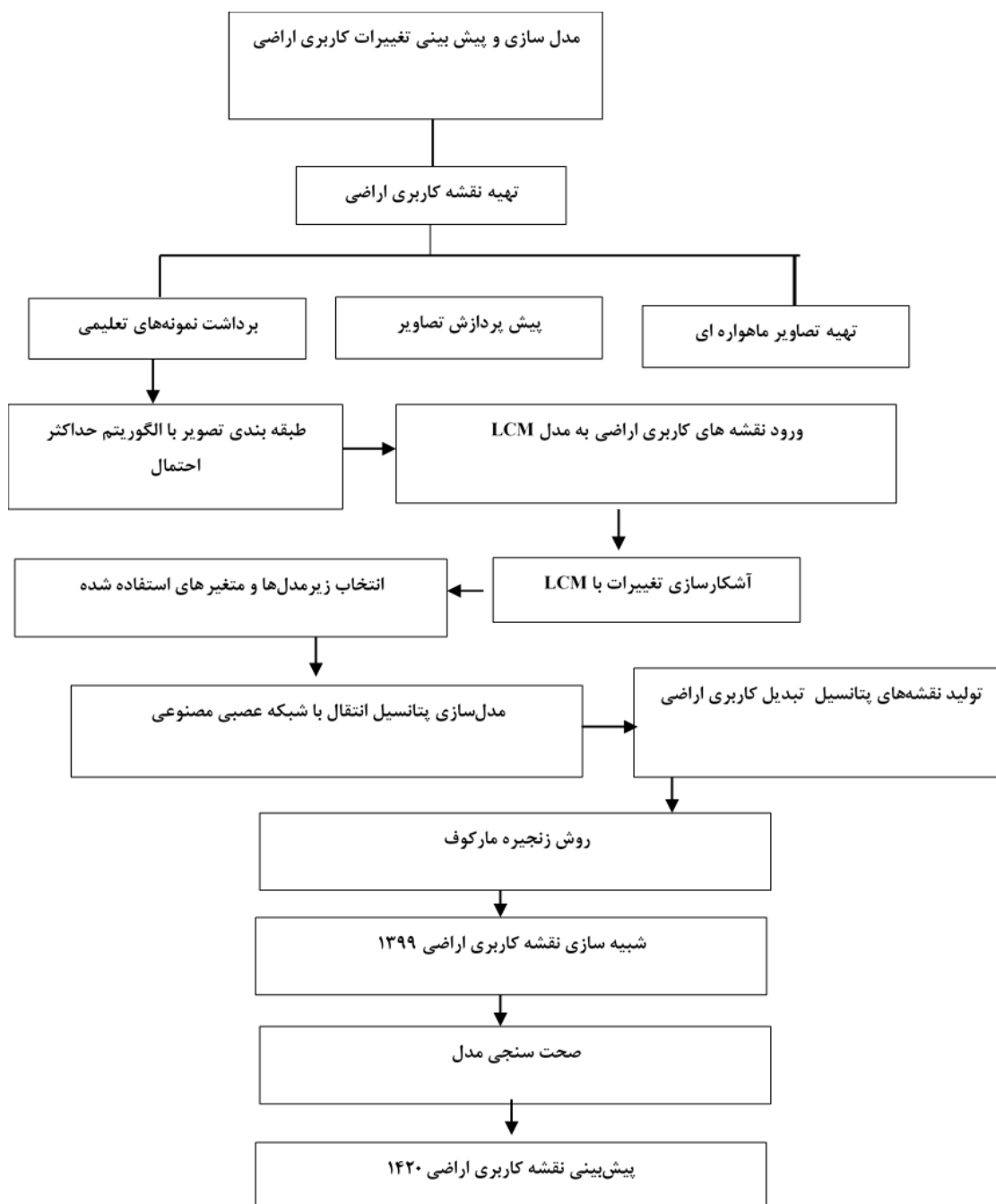
۲.۲.۸. پیش‌بینی کاربری اراضی

خروجی‌های مرحله مدل‌سازی پتانسیل انتقال به عنوان ورودی‌های مرحله پیش‌بینی تغییرات به کار

۲.۲.۹. ارزیابی صحت مدل‌سازی

ارزیابی اعتبار و صحت مدل‌سازی و نقشه‌های طبقه‌بندی براساس برآورد ضریب کاپا می‌باشد، برای اعتبارسنجی از نقشه‌های کاربری اراضی واقعیت زمینی و نقشه پیش‌بینی شده توسط مدل‌ساز تغییر زمین توسط

هر سناریو استفاده شد [۴۰]. در نهایت سناریو با بالاترین ضریب کاپا جهت پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی دوره آتی استفاده شد. شکل (۳) فلوجارت مراحل انجام تحقیق را نشان می‌دهد.



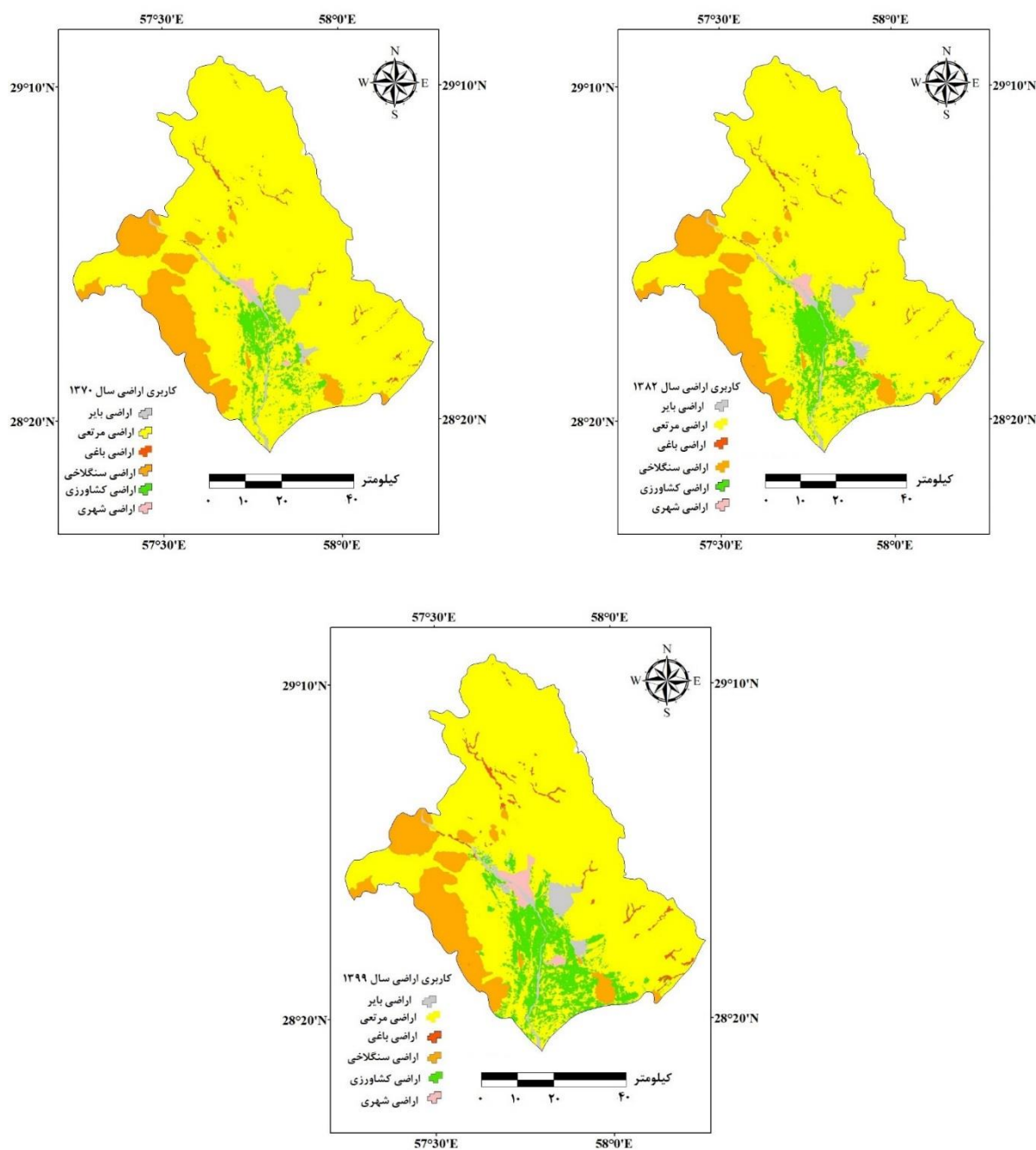
شکل ۳- پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از LCM

۳. نتایج

۳.۱. ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سنجنده‌ی TM (۱۳۷۰)، لندست ۷ سنجنده‌ی ETM+ (۱۳۸۲) و لندست ۸ سنجنده‌ی OLI (۱۳۹۹) نقشه‌های کاربری

اراضی حوزه آبخیز هلیل رود در سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹ به دست آمد و براساس روش طبقه بندی بیشینه درست نمایی (ML)، به شش کلاس کاربری اراضی شامل: اراضی بایر، اراضی مرتعی، اراضی باغی، اراضی سنگلاخی، اراضی کشاورزی و اراضی شهری طبقه بندی گردیدند (شکل ۴).



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹

نتایج مدل است. هم‌چنین صحت کلی، بین صفر تا ۱۰۰ بوده و هر چه به ۱۰۰ نزدیکتر، نشان‌دهنده دقت نقشه تولید شده بیشتر می‌باشد. صحت کلی برای سال‌های ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹ به ترتیب ۰/۸۸/۱، ۰/۸۳/۷ و ۰/۹۱/۲ به دست آمد. نتایج نشان‌دهنده صحت بالای نقشه‌های تولید شده است.

جدول ۱ مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌های کاربری اراضی طبقه‌بندی شده با استفاده از روش بیشینه درست‌نمایی را نشان می‌دهد. هر چه ضریب کاپا به ۱ نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده توافق بیشتر نقشه تولید شده به مقادیر واقعی می‌باشد. بر طبق نتایج در تمامی سال‌ها ضریب کاپا نزدیک به یک بوده و به ترتیب ۰/۸۲، ۰/۷۳ و ۰/۸۶ به دست آمد که نشان‌دهنده‌ی قابل قبول بودن

جدول ۱. جدول ارزیابی صحت نقشه‌های تولید شده با استفاده از آماره کاپا

سال	۱۳۷۰	۱۳۸۲	۱۳۹۹
ضریب کاپا	۰/۸۲	۰/۷۳	۰/۸۶
صحت کلی	۰/۸۸/۱	۰/۸۳/۷	۰/۹۱/۲

انجام شد و نتایج آن با استفاده از درصد صحت^۳، خطای جذر میانگین مربعات در مرحله آموزش^۴ و خطای جذر میانگین مربعات در مرحله آزمون^۵ ارزیابی شد (جدول ۲). بر طبق نتایج، مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه دارای صحت بالایی در همه زیرمدل‌های انتقال بود (۶۷/۵-۸۵/۱ درصد برای سناریو ۳).

۳.۲. پیش‌بینی کاربری اراضی

برای پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۱۴۲۰، از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM^۱) در نرم افزار TerrSet استفاده شد. برای این منظور، ابتدا مدل‌سازی پتانسیل انتقال برای هر سه سناریو با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۲

جدول ۲- ارزیابی صحت شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در مدل‌سازی پتانسیل انتقال (سناریو ۳)

زیرمدل	RMSE در مرحله آزمون	RMSE در مرحله آموزش	درصد صحت
مرتع به کشاورزی	۰/۲۲	۰/۱۹	۸۵/۱%
مرتع به اراضی بایر	۰/۳۴	۰/۲۸	۸۱/۷%
مرتع به اراضی باغی	۰/۴۵	۰/۳۹	۷۴/۶%
مرتع به اراضی شهری	۰/۸۳	۰/۶۴	۶۷/۵%

به جدول مذکور، به ترتیب متغیرهای شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)، فاصله از اراضی کشاورزی

هم‌چنین جدول ۳ ضریب همبستگی کرامر بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی را نشان می‌دهد. با توجه

¹ Land Change Modeller

² Multilayer perceptron (MLP)

³ Accuracy percentage

⁴ Root-Mean-Square Error (RMSE) in training stage

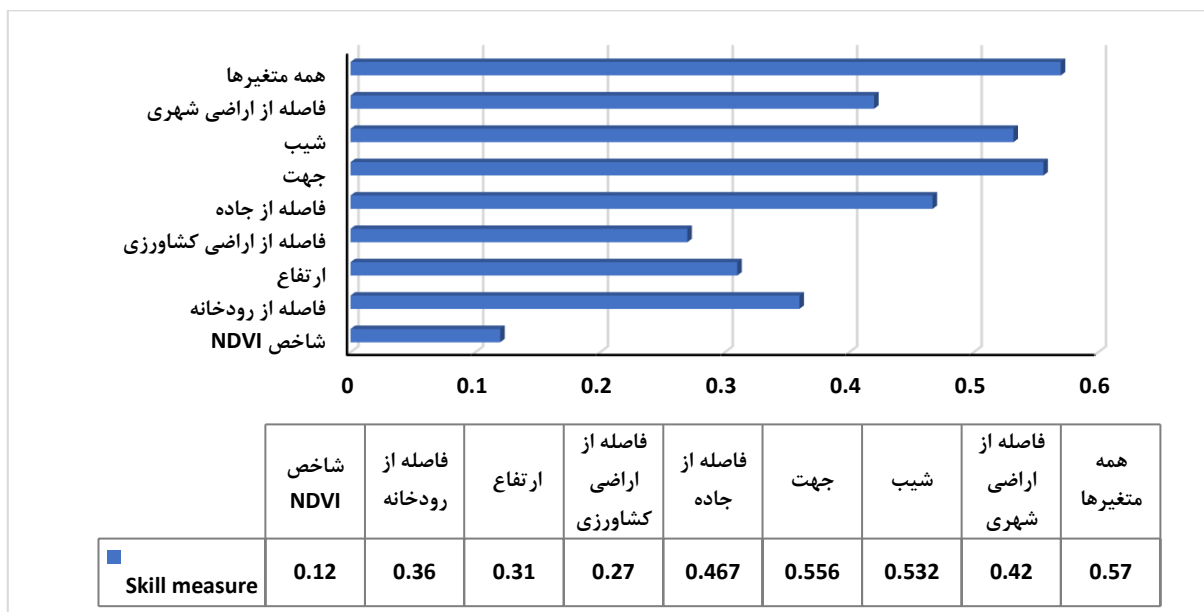
⁵ Root-Mean-Square Error (RMSE) in testing stage

و فاصله از اراضی کشاورزی در مدل‌سازی دخالت داده نشود، صحت و مهارت مدل بیش‌تر کاهش می‌یابد. بنابراین این دو متغیر موثرترین فاکتورها بوده و به دنبال آن ارتفاع و فاصله از رودخانه از دیگر فاکتورهای تاثیرگذار بر مدل‌سازی بودند. هم‌چنین بر طبق نتایج جهت شیب، کم‌ترین تاثیر را روی درصد صحت مدل داشت (جدول ۴)، به طوری‌که با کنار گذاشتن این پارامتر درصد صحت و مهارت مدل خیلی کاهش نمی‌یابد (شکل ۵).

و فاصله از رودخانه بیش‌ترین ضریب همبستگی را با طبقات کاربری اراضی نشان داده‌اند. پس از آموزش MLP، آنالیز حساسیت مدل انجام شد تا موثرترین فاکتور روی مدل‌سازی کاربری اراضی مشخص گردد. شکل ۵ و جدول ۴ نتایج آنالیز حساسیت پارامترها را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج متغیر شاخص تفاضل پوشش گیاهی و فاصله از اراضی کشاورزی بیشترین تاثیر را روی درصد صحت و مهارت مدل داشتند. به عبارت دیگر وقتی متغیر NDVI

جدول ۳. ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی

متغیرها	ضریب کرامر
ارتفاع	۰/۳۵۱
شیب	۰/۰۸
جهت	۰/۰۲
شاخص NDVI	۰/۵۲
فاصله از رودخانه	۰/۳۱
فاصله از جاده	۰/۱۴
فاصله از اراضی کشاورزی	۰/۴۶
فاصله از اراضی شهری	۰/۱۶



شکل ۵. میزان تاثیر هر یک از متغیرها بر نتیجه صحت مدل‌سازی پتانسیل انتقال

تبدیل اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی می‌باشد و کاربری‌های باغی، کشاورزی، مسکونی، سنگلاخی و بایر ثابت باقی مانده و به کاربری دیگری تبدیل نمی‌گردند. پس از تشکیل ماتریس انتقال، نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۱۳۹۹ با استفاده از سه سناریو مختلف و زنجیره مارکوف شبیه سازی گردید.

بعد از آموزش مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و انجام آنالیز حساسیت مدل، جهت کمی کردن تغییرات از زنجیره مارکوف استفاده شد. در این مرحله احتمال انتقال به هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف صورت پذیرفت. جدول ۵، ماتریس احتمالات انتقال محاسبه شده با استفاده از زنجیره مارکوف را برای سناریوی ۳ نشان می‌دهد. بر طبق نتایج، حداکثر احتمال انتقال مربوط به

جدول ۴. میزان تأثیر هر یک از معیارها بر نتیجه صحت مدلسازی پتانسیل انتقال

متغیرها	درصد صحت	معیار مهارت*	ترتیب اهمیت
همه متغیرها	۷۳/۸	۰/۵۷	-
شاخص NDVI	۳۱/۷	۰/۱۲	موثرترین (۱)
فاصله از رودخانه	۵۷/۶	۰/۳۶	۴
ارتفاع	۵۰/۲	۰/۳۱	۳
فاصله از اراضی کشاورزی	۳۸/۳	۰/۲۷	۲
فاصله از جاده	۶۰/۲۱	۰/۴۶۷	۶
جهت	۷۳/۶	۰/۵۵۶	کم تأثیرترین (۸)
شیب	۶۵/۸	۰/۵۳۲	۶
فاصله از اراضی شهری	۵۹/۴	۰/۴۲	۵

*Skill measure

جدول ۵. ماتریس احتمالات انتقال محاسبه شده با استفاده از زنجیره مارکوف برای سناریوی ۳

۱۳۹۹						
۱۳۷۰	اراضی بایر	اراضی مرتعی	اراضی باغی	اراضی سنگلاخی	اراضی کشاورزی	اراضی مسکونی
اراضی بایر	۱	۰/۰۳۶	۰	۰	۰	۰
اراضی مرتعی	۰	۰/۵۴۸	۰	۰	۰	۰
اراضی باغی	۰	۰/۱	۱	۰	۰	۰
اراضی سنگلاخی	۰	۰	۰	۱	۰	۰
اراضی کشاورزی	۰	۰/۲۴۴	۰	۰	۱	۰
اراضی مسکونی	۰	۰/۰۷۸	۰	۰	۰	۱

واسنجی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۹) با توجه ضرایب کاپا بالاتر، دارای قابلیت بالایی برای مدل سازی پتانسیل انتقال است. پس از اطمینان از صحت نتایج مدل، نقشه کاربری اراضی سال ۱۴۲۰ با استفاده از سناریو ۳ پیش بینی گردید. شکل ۶ نقشه کاربری اراضی شبیه سازی شده ۱۳۹۹ و نقشه پیش بینی شده ۱۴۲۰ را نشان می‌دهد.

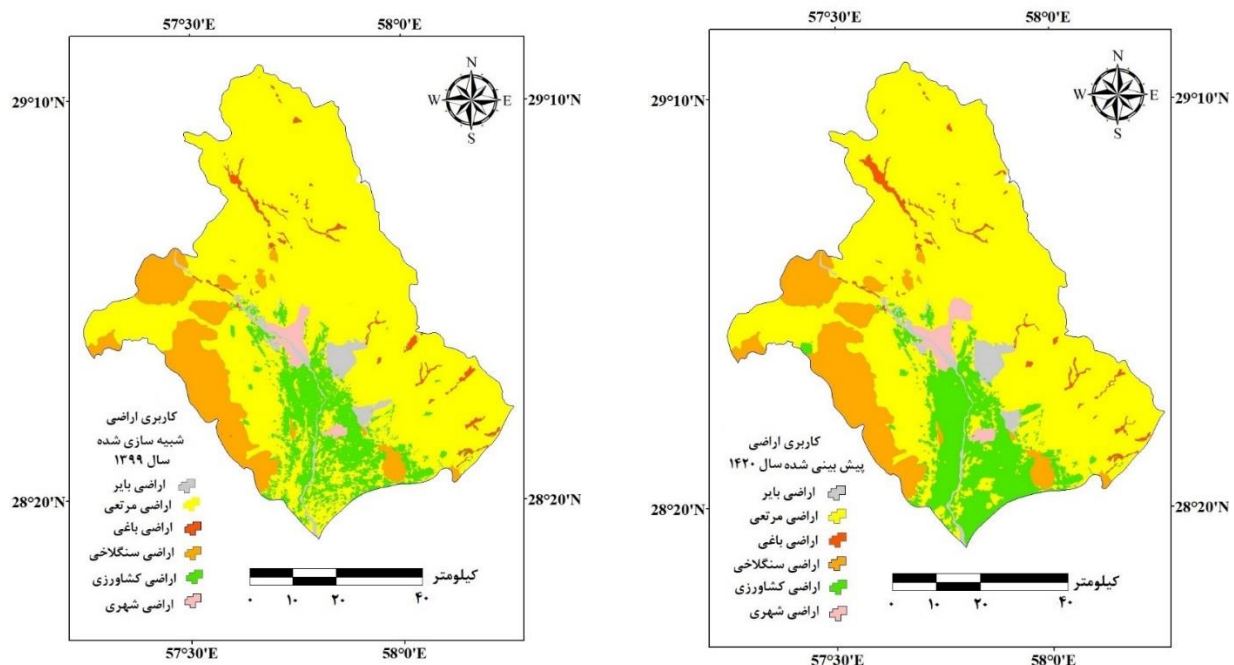
۳.۳. ارزیابی صحت نقشه‌های پیش بینی شده

آماره‌های کاپا جهت بررسی تطابق بین نقشه شبیه سازی شده و نقشه واقعیت زمینی ۱۳۹۹ استفاده گردیدند. نتایج حاصل از صحت‌سنجی مدل LCM برای سناریوهای مختلف با استفاده از آماره‌های کاپا در جدول ۶ ارائه گردیده است. با توجه به جدول مذکور، سناریوی ۳ (طی دوره

جدول ۶. صحت‌سنجی نتایج در سناریوهای مختلف با استفاده از آماره‌های کاپا

پارامترهای صحت‌سنجی	مقادیر		
	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳
Kno	۰/۹۲۶	۰/۹۴۷	۰/۹۸۳
Klocation	۰/۸۴۳	۰/۹۵۸	۰/۹۷۲
Kstandard	۰/۸۳۲	۰/۹۲۵	۰/۹۴۵

{Kno: تطابق کلی} - {Klocation: تطابق ناشی از مکان بین دو کلاس در نقشه‌های واقعیت و مقایسه} - {Kstandard: تطابق ناشی از مقدار بین دو کلاس در نقشه‌های واقعیت و مقایسه}



شکل ۶. نقشه کاربری اراضی شبهه سازی شده ۱۳۹۹ و نقشه پیش‌بینی شده ۱۴۲۰

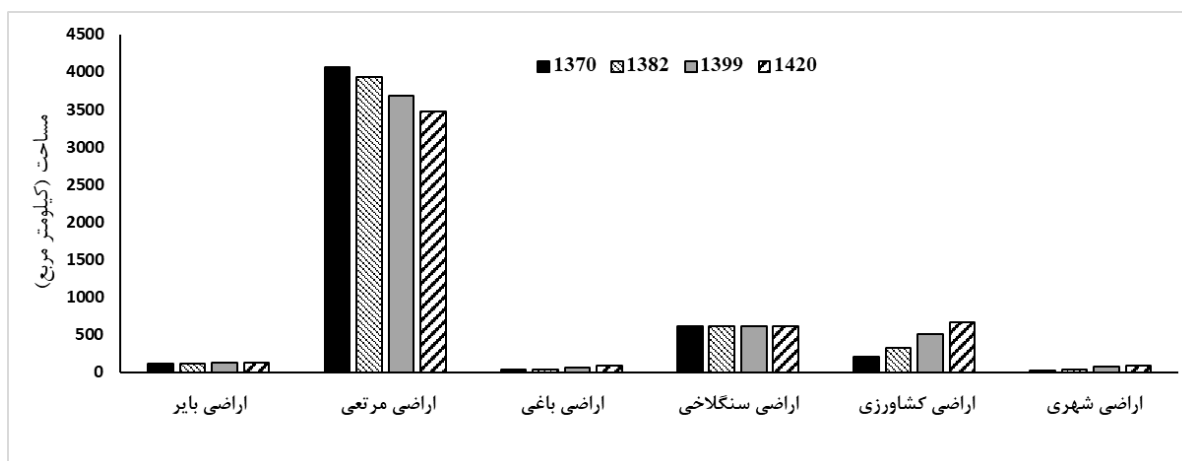
۳.۴. بررسی تغییرات کاربری اراضی

پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های مختلف اقدام به آشکارسازی تغییرات گردید. این تغییرات شامل کاهش‌ها، افزایش‌ها و تغییرات خالص برای هر طبقه و انتقال از یک طبقه به طبقه‌های دیگر بود. جدول ۷ و شکل ۷، مساحت طبقات مختلف کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۴۲۰ نشان می‌دهد. نتایج بررسی

تغییرات در طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹ حاکی از افزایش اراضی کشاورزی، باغی، مسکونی و اراضی بایر و کاهش اراضی مرتعی می‌باشد. اراضی سنگلاخی در طی تمام سال‌ها بدون تغییر بوده است. کاهش اراضی مرتعی در راستای تبدیل این اراضی به اراضی مسکونی، بایر، باغی و کشاورزی می‌باشد. هم‌چنین بررسی روند تغییرات در دوره آینده ۱۴۲۰ حاکی از افزایش اراضی کشاورزی، باغی، بایر و مسکونی می‌باشد.

جدول ۷. مساحت طبقات مختلف کاربری اراضی در طی سال‌های ۱۳۷۰-۱۴۲۰

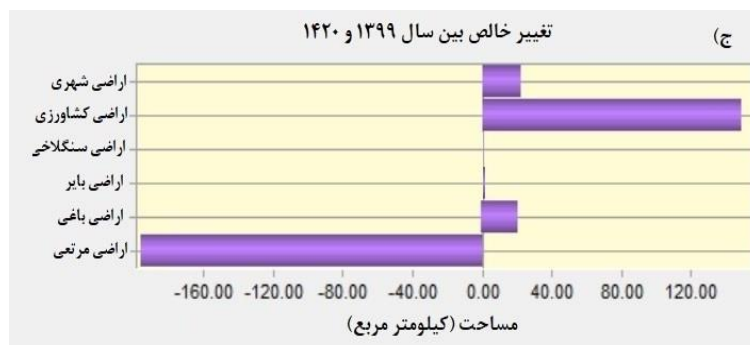
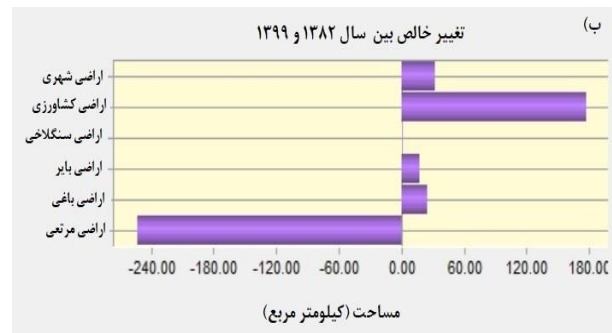
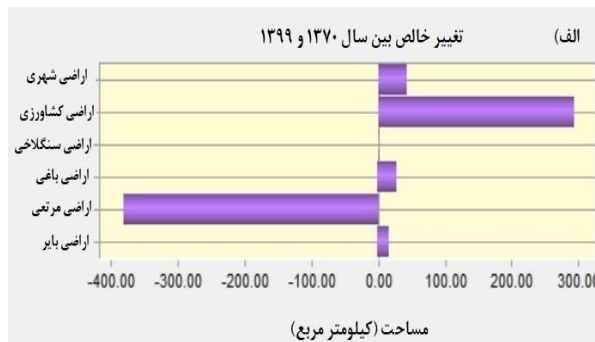
کاربری اراضی	۱۳۷۰		۱۳۸۲		۱۳۹۹		۱۴۲۰	
	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد	کیلومتر مربع	درصد
اراضی بایر	۱۱۴	۲/۳	۱۱۵	۲/۳	۱۳۱/۶	۲/۶	۱۳۲/۱۳	۲/۶
اراضی مرتعی	۴۰۶۰/۱	۸۰/۴	۳۹۳۰/۹	۷۷/۹	۳۶۷۷/۵	۷۲/۹	۳۴۷۶/۳۸	۶۸/۹
اراضی باغی	۳۳/۳	۰/۷	۳۶/۷	۰/۷	۶۲/۸	۱/۲	۸۲/۹۵	۱/۶
اراضی سنگلاخی	۶۰۷/۲	۱۲	۶۰۷/۲	۱۲	۶۰۷/۲	۱۲	۶۰۷/۲	۱۲
اراضی کشاورزی	۲۰۸/۱	۴/۱	۳۲۴/۲	۶/۴	۵۰۱/۸	۹/۹	۶۵۹/۸۱	۱۳/۱
اراضی شهری	۲۵/۱	۰/۵	۳۳/۷	۰/۷	۶۶/۹	۱/۳	۸۹/۲۸	۱/۸
کل	۵۰۴۷/۸	۱۰۰	۵۰۴۷/۸	۱۰۰	۵۰۴۷/۸	۱۰۰	۵۰۴۷/۸	۱۰۰



شکل ۷. مساحت طبقات مختلف کاربری اراضی در سال‌های مختلف

۱۷۷/۶ کیلومتر مربع و بیش‌ترین کاهش مربوط به اراضی مرتعی ۲۵۳/۴ کیلومتر مربع می‌باشد. در این دوره مساحت اراضی شهری، باغی و بایر به ترتیب به میزان ۳۳/۲، ۲۶/۱ و ۱۶/۶ کیلومتر مربع افزایش نشان داد. در طی دوره ۱۳۹۹-۱۴۲۰ مساحت اراضی مرتعی به میزان ۲۰۱/۱ کیلومتر مربع کاهش و مساحت اراضی کشاورزی، مسکونی و باغی و بایر به ترتیب به میزان ۱۵۸/۰۱، ۲۲/۳۸، ۲۰/۲ و ۰/۵۳ کیلومتر مربع افزایش خواهد یافت. در تمامی دوره‌ها مساحت اراضی سنگلاخی بدون تغییر خواهند ماند.

شکل ۸ تغییرات خالص طبقات مختلف کاربری اراضی را در طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹، ۱۳۸۲-۱۳۹۹ و ۱۴۲۰-۱۳۹۹ برحسب کیلومتر مربع نشان می‌دهد. با توجه به این شکل در طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹ بیش‌ترین افزایش مربوط به اراضی کشاورزی ۲۹۳/۷ کیلومتر مربع و بیش‌ترین کاهش مربوط به اراضی مرتعی ۳۸۲/۶ کیلومتر مربع می‌باشد. در این دوره مساحت اراضی شهری، باغی و بایر به ترتیب به میزان ۴۱/۸، ۲۹/۵ و ۱۷/۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است. در طی دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۲ بیش‌ترین افزایش مربوط به اراضی کشاورزی



شکل ۸. تغییرات خالص کاربری‌های اراضی بین سال‌های مختلف

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مسکونی افزایش یافته است و اراضی سنگلاخی بدون تغییر بوده‌اند. تخریب اراضی مرتعی بیشتر در راستای تبدیل این اراضی به اراضی کشاورزی، بایر، باغی و اراضی مسکونی بوده است. لذا توسعه اراضی کشاورزی طی دوره ۳۰ ساله می‌تواند به دلیل استفاده بی‌رویه و بدون برنامه‌ریزی از اراضی مرتعی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی باشد.

مدلسازی کاربری اراضی طی دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹ با استفاده از LCM براساس آماره‌های کاپا نشان دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی کاربری اراضی ۱۳۹۹ بود. نتایج مطالعات غلامعلی فرد و همکاران [۱۲]، محمد یاری و همکاران [۲۸]، میشر^۱ و همکاران [۲۶]، عظیمی سردری و همکاران [۵] و اناند^۲ و همکاران [۴] نیز حاکی از دقت بالای مدل LCM در شبیه‌سازی کاربری اراضی

در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز هلیل رود در سه دوره زمانی ۱۳۷۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۹ با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و هم چنین تغییرات کاربری اراضی در دوره آینده (۱۴۲۰) با استفاده از مدل‌ساز تغییر زمین (LCM) بررسی شد. نتایج بررسی تغییرات کاربری اراضی در دوره ۱۳۷۰-۱۳۹۹ نشان داد که از میان شش طبقه کاربری مرتع، اراضی کشاورزی، اراضی مسکونی، اراضی بایر، اراضی سنگلاخی و اراضی باغی، بیش‌ترین افزایش مساحت مربوط به اراضی کشاورزی با ۲۹۳/۷ کیلومتر مربع و بیش‌ترین کاهش مساحت مربوط به اراضی مرتعی (۳۸۲/۶ کیلومتر مربع) بوده است. هم چنین مساحت اراضی بایر، باغی و اراضی

¹ Mishra et al.

² Anand et al.

از اراضی، اتفاق خواهد افتاد. گسترش اراضی مسکونی و اراضی زراعی و باغی در منطقه مورد مطالعه سبب افزایش فشار بر اراضی طبیعی از قبیل اراضی مرتعی و شرایط تخریب هرچه بیش تر آنها را فراهم می‌آورد. روند کاهش مساحت اراضی مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی در بسیاری از نقاط ایران توسط وفایی و همکاران [۳۹]، عیفی [۱]، ایلدرمی و همکاران [۱۹] و پرما و همکاران [۳۰] گزارش شده است.

یکی از محدودیت‌های تحقیق، عدم دسترسی به اطلاعات اقتصادی- اجتماعی و خاکشناسی به عنوان یکی از عوامل موثر بر تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. از این رو بررسی نقش دیگر متغیرهای مؤثر بر تغییرات مانند تیپ‌های خاک و اطلاعات اقتصادی- اجتماعی برای بهبود عملکرد مدل و تهیه نقشه پیش‌بینی دقیق‌تر توصیه می‌شود.

با توجه به اینکه نقشه‌های کاربری اراضی به عنوان اطلاعات پایه برای برنامه ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و با تاکید بر اینکه اغلب هدف پیش‌بینی تغییر کاربری، ارزیابی پیامدهای سناریوهای مختلف به ویژه ادامه روند موجود است؛ نتایج این پیش‌بینی می‌تواند هشدار برای وضعیت کاربریها در آینده باشد. بنابراین در برنامه ریزی‌های آینده حوزه آبخیز هلیل رود می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

می‌باشد. بررسی مدلسازی پتانسیل انتقال با استفاده از روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و مدل LCM براساس ضریب مجموع مربعات باقیمانده خطا RMSE حاکی از صحت بالای این روش در تمامی زیر مدل‌ها بوده است که با نتایج عزیزی قلاتی و همکاران [۶] و محمد یاری و همکاران [۲۸] تطابق دارد.

نتایج حاصل از ضریب همبستگی کرامر بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی و نیز آنالیز حساسیت مدل LCM نشان داد که متغیر فاصله از اراضی کشاورزی بیش‌ترین ضریب همبستگی را با طبقات کاربری اراضی داشته و نیز دارای بیشترین تاثیر روی درصد صحت و مهارت مدل بود. به عبارت دیگر، در منطقه مورد مطالعه این عامل به عنوان اصلی‌ترین محرک تغییرات کاربری اراضی شناخته شد که با نتایج احمدلو و دلاور [۲] مطابقت دارد.

نتایج حاصل از پیش‌بینی نقشه کاربری اراضی آینده ۱۴۲۰ با استفاده از مدل LCM نشان داد که در دوره‌ی زمانی ۱۳۹۹-۱۴۲۰ مساحت اراضی کشاورزی ۱۵۸/۰۱ کیلومتر مربع افزایش یافته می‌یابد. هم‌چنین مساحت اراضی اراضی مرتعی به میزان ۲۰/۱/۱ کیلومتر مربع کاهش و مساحت اراضی مسکونی و بایر و باغی افزایش خواهد یافت. به طور کلی در صورت ادامه روند کنونی تا سال ۱۴۲۰ کاهش سطح اراضی مرتعی و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی، مسکونی و باغی جهت افزایش بهره‌وری

References

- [1] Afifi, M. E. (2020). Modeling land use changes using Markov chain model and LCM model. Journal of Applied researches in Geographical Sciences, 20(56), 141-158.
- [2] Ahmadlou, M. and Delavar, M. R. (2015). Multiple Land Use Change Modeling Using Multivariate Adaptive Regression Spline and Geospatial Information System. Journal of Geomatics Science and Technology, 5(2), 131-146.
- [3] Akbari, E., Zangane Asadi, M. A. and Taghavi, B. (2016). Change detection land use and land cover regional Neyshabour using Different methods of statistical training theory Document Type: Research Paper. Geographical Planning of Space Quarterly Journal, 6(20), 35-50.

- [4] Anand, J., Gosain, A. K. and Khosa, R. (2018). Prediction of land use changes based on Land Change Modeler and attribution of changes in the water balance of Ganga basin to land use change using the SWAT model. *Science of the Total Environment*, 644, 503-519.
- [5] Azimi Sardari, M. R., Bazrafshan, O., Panagopoulos, T. and Sardooi, E. R. (2019). Modeling the impact of climate change and land use change scenarios on soil erosion at the Minab Dam Watershed. *Sustainability*, 11(12), 3353.
- [6] Azizi Ghalati, S., Rangzan, K., Taghizadeh, A., Ahmadi, Sh. (2014). LCM Logistic regression modelling of land-use changes in Kouhmare Sorkhi, Fars Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22(4), 585-596.
- [7] Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes guide to GIS and image processing*. Clark University, Worcester, 328.
- [8] Eastman, J. R. (2016). *IDRISI Terrset Manual*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, , Provided as a PDF with the IDRISI Terrset software package.
- [9] Eastman, J. R., Van Fossen, M. E. and Solarzano, L. A. (2012). Transition potential modeling for land cover change. In: Maguire, D., Good Child, M., Batty, M. (Eds.), *GIS, Spatial Analysis and Modeling*. ESRI Press, Redlands, California.
- [10] Ferchichi, A., Boulila, W. and Farah, I. R. (2018). Reducing uncertainties in land cover change models using sensitivity analysis. *Knowledge and Information Systems*, 55(3), 719-740.
- [11] Ghabaei Sough, M., Mosaedi, A., Hesam, M., Hezarjaribi, A. (2010). Evaluation Effect of Input Parameters Preprocessing in Artificial Neural Networks (Anns) by Using Stepwise Regression and Gamma Test Techniques for Fast Estimation of Daily Evapotranspiration. *Journal of Water and Soil*, 24(3), 610-624.
- [12] Gholamalifard, M., Joorabian Shooshtari, Sh., Hosseini Kahnuj, S. H., Mirzaei, M. (2013). Land Cover Change Modeling of Coastal Areas of Mazandaran Province Using LCM in a GIS Environment. *Journal of environmental studies*, 38 (4), 109-124
- [13] Gómez, C., White, J. C. and Wulder, M. A. (2011). Characterizing the state and processes of change in a dynamic forest environment using hierarchical spatio-temporal segmentation. *Science of the total environment*. 115(7), 1665–1679
- [14] Gontier, M., Mörtberg, U. and Balfors, B. (2009). Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1), 8-18.
- [15] Gross, J. E., Nemani, R. R., Turner, W. and Melton, F. (2006). Remote sensing for the national parks. *Park Science*, 24(1), 30-36.
- [16] Gupta, R. and Sharma, L. K. (2020). Efficacy of Spatial Land Change Modeler as a forecasting indicator for anthropogenic change dynamics over five decades: A case study of Shoolpaneshwar Wildlife Sanctuary, Gujarat, India. *Ecological Indicators*, 112, 106171.
- [17] 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.
- [18] Hayatzadeh, M., Ekhtesasi, M., Malekinezhad, H., Fathzadeh, A. and Azimzadeh, H. (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.
- [19] Ildermi, A., Nouri, H., Naderi, M., Aghabeigi, S., Zaini Wand, H. (2017). Forecasting Land Use Change Using Markov Chain Model and CA Markov (Case Study: Green Watershed). *Watershed Management Research*, 8 (16), 232-240.
- [20] Leta, M. K., Demissie, T. A. and Tränckner, J. (2021). Modeling and Prediction of Land Use Land Cover Change Dynamics Based on Land Change Modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Sustainability*, 13(7), 3740.
- [21] 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.
- [22] Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2401.

- [23] Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M. T. C. and Houet, T. (2014). Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, 51, 94-111.
- [24] McConnell, W. J., Sweeney, S. P. and Mulley, B. (2004). Physical and social access to land: spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2-3), 171-184.
- [25] Mertens, B. and Lambin, E. F. (1997). Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography*, 17(2), 143-162.
- [26] Mishra, V. N., Rai, P. K. and Mohan, K. (2014). Prediction of land use changes based on land change modeler (LCM) using remote sensing: a case study of Muzaffarpur (Bihar), India. *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijic", SASA*, 64(1), 111-127.
- [27] Mohammad Yousefi, M., Pajooheh, M. and Honarbakhsh, A. (2020). Modeling Trends Land Use Changes Local by Using LCM Model Based on Artificial Neural Networks and Markov Chain Analysis (Case Study: BeheshtAbad Watershed). *Journal of Watershed Management Research*, 11(21), 129-142.
- [28] Mohammadyary, F., Purkhabbaz, H., Aghdar, H. and Tavakoly, M. (2019). Predicted trends in land use city Behbahan years 2014 to 2028 Using LCM model. *Geographic Space*, 19 (65), 37-56.
- [29] 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
- [30] Parma, R., Maleknia, R., Shataee, Sh. and Naghavi, H. (2017). Land Cover Change Modeling based on Artificial Neural Networks and transmission potential method in LCM (Case Study: Forests Gilan-e Gharb, Kermanshah Province). *Journal of town and country planning*, 9(1), 129-151.
- [31] Pérez-Vega, A., Mas, J. F., Ligmann-Zielinska, A. (2012) Comparing two approaches to land use/cover change modeling and their implications for the assessment of biodiversity loss in a deciduous tropical forest. *Environ Model Softw*, 29(1), 11–23.
- [32] Rahnema, M., Ajza shokouhi M. and Ata. B. (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.
- [33] Salehi Sedeh, R., Sharifi, M. (2006). Application of neural networks in predicting river flow in Kardeh Paired Watershed. The 2nd Conference on Water Resources Management. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, pp. 1-9.
- [34] Singh, A. (1989). Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989-1003.
- [35] Singh, N. and Punia, M. (2018). Geospatial Approach for Land Use/Land Cover Change Prediction: A case study of Bhagirathi Basin, Uttarakhand, INDIA. *cosp*, 42, A3-1.
- [36] Sundara Kumar, K., Udaya Bhaskar, P. and Padmakumari, K. (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
- [37] Tso, B. and Mather, P. (2009). *M. Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Chapter 2-3.
- [38] Václavík, T. and Rogan, J. (2009). Identifying trends in land use/land cover changes in the context of post-socialist transformation in central Europe. *GIS Science and Remote Sensing*, 49(1), 1-32.
- [39] Vafaei, S., Darvishsefat, A. A. and Pir Bavaghar, M. (2013). Monitoring and predicting land use changes using LCM module (Case study: Marivan region). *Iranian Journal of Forest*, 5(3), 323-336.
- [40] Wu, Q., Li, H. Q., Wang, R. S., Paulussen, J., He, Y., Wang, M., ... & Wang, Z. (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and urban planning*, 78(4), 322-333.