

## پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز شهرستان فارس با استفاده از مدل LCM

- ❖ سینا نبی‌زاده؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.
- ❖ عطاالله ابراهیمی\*؛ دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.
- ❖ معصومه آقابابایی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.
- ❖ ایرج رحیمی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد.

### چکیده

پوشش اراضی حوضه‌های آبخیز از مباحث توسعه‌ای متأثر و به شدت در حال تغییر هستند که این تغییرات بر متغیرهای دیگری همچون هیدرولوژی حوضه آبخیز تأثیر گذارند. هدف این تحقیق، پایش تغییرات کاربری اراضی در گذشته و بررسی امکان پیش‌بینی آن در آینده با استفاده از مدل‌سازی تغییر زمین (LCM) در حوضه آبخیز شهرستان فارس است. چهارمحال و بختیاری است. بدین منظور، تصاویر سنجنده‌های لندست-۵ TM برای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ و تصاویر سنجنده لندست-۸ OLI برای سال ۱۳۹۶ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طبقات کاربری اراضی شامل مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، کشت دیم، مراتع، سنگلاخ‌ها، پهنه‌های آبی، خاک لخت و برف در تصاویر هر سه دوره زمانی طبقه‌بندی شد. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۶ به کمک مدل LCM بر پایه شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف نیز انجام گرفت. پس از ارزیابی صحت مدل با استفاده از آماره کاپا، نقشه پوشش اراضی سال ۱۴۰۶ با استفاده از دوره واسنجی ۱۳۶۵-۱۳۹۶ پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد که اراضی مرتعی طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۶ به میزان ۴۳۷۹ هکتار کاهش پیدا کرده‌اند ولی اراضی کشاورزی به میزان ۱۹۲۲ هکتار افزوده شده‌اند. در این مطالعه، LCM توانست ۸۵٪ از تغییرات را به درستی پیش‌بینی نماید. در سال ۱۴۰۶ به میزان ۱۴۹ هکتار افزایش وسعت اراضی شهری و ۱۰۰ هکتار کاهش اراضی مرتعی منطقه پیش‌بینی شد. لذا ضمن تأکید بر حفظ اراضی مرتعی، لازم است از این تکنیک برای پیش‌بینی تغییرات، علل آن و همچنین تبعات تغییرات کاربری اراضی در سطوح وسیع‌تری بررسی و برنامه‌ریزی کرد.

**کلید واژگان:** کاربری اراضی، مراتع، سنجش از دور، مدل‌سازی، تغییرات پوشش زمین، مدل‌سازی تغییر کاربری

## ۱. مقدمه

کشور ایران به دلیل در حال توسعه بودن با تغییرات زیادی در عرصه سرزمینی مواجه است. حوضه‌های آبخیز از این تغییرات مستثنی نبوده و به شدت از مباحث توسعه‌ای تأثیر پذیرند. در این راستا تغییرات کاربری و پوشش اراضی که اثراتشان بر سایر متغیرها همچون رفتار هیدرولیکی حوضه آبخیز بسیار شگرف است، از اهمیت زیادی برخوردار است و مطالعه آن حائز اهمیت فراوانی است. تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و در پی آن نبودن منابع طبیعی یکی از نگرانی‌های اصلی در مسائل زیست محیطی جهان است [۲۴]. تغییرات کاربری اراضی عبارت است از تغییراتی که انسان بر روی پوشش زمین ایجاد می‌نماید [۴]. ارزیابی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین فرصت مناسب برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح اراضی ایجاد نموده و با استفاده از این اطلاعات می‌توان اثرات تخریبی اکوسیستم‌ها و کاربری‌ها را کاهش داد و در جهت حفظ هر چه بیشتر منابع طبیعی اقدام کرد. در این میان، تکنیک سنجش از دور جهت درک و مدیریت منابع طبیعی و بررسی تغییرات در یک دوره زمانی یا در سری‌های زمانی مختلف، ابزاری مناسب و کاربردی می‌باشند. در دهه‌های اخیر، تلاش‌های زیادی جهت تعیین کاربری اراضی و پوشش اراضی در سطح مقیاس‌های محلی و حتی جهانی با استفاده از داده‌های سنجش از دوری چند زمانه انجام گرفته است [۱۶]. تصاویر ماهواره‌ای با وضوح متوسط مانند تصاویر ماهواره لندست به طور گسترده برای پایش و نقشه‌برداری تغییرات کاربری اراضی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دسته از تصاویر به‌خصوص برای پایش تغییرات کاربری اراضی به ویژه در مناطقی که تحت تأثیر فعالیت‌های بشری با درجات مختلف قرار گرفته اند، بسیار موفقیت آمیز بوده‌است. به عنوان مثال برخی محققان با استفاده از داده‌های سنجش از دور سیستم چند طیفی TM و

ETM+ لندست، تغییرات کاربری اراضی را مورد بررسی قرار دادند [۱۱]. برخی دیگر تصاویر لندست TM را برای شناسایی تغییرات پوشش اراضی در شمال شرق مصر مورد استفاده قرار دادند [۲۵]. در مطالعه دیگری در هند، از روش‌های مختلف آنالیز تصاویر ماهواره‌ای، با هدف تعیین تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶ استفاده کردند. روش‌های مورد استفاده در این مطالعه، شامل شاخص‌های گیاهی، تفکیک تصاویر و طبقه‌بندی نظارت شده بود. با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده ۸ کلاس کاربری اراضی را در تصاویر تعریف کردند. در نهایت آن‌ها گزارش دادند که توسعه مناطق شهری به شدت باعث از بین رفتن اراضی کشاورزی، پوشش گیاهی و منابع آبی شده است و بیشترین تغییرات در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ رخ داده است [۲۱].

پیش‌بینی تصویر آینده کاربری اراضی و پوشش زمین نیز جزء جدیدترین تحقیقاتی است که در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع طبیعی مؤثر و کاربردی می‌باشد. جهت شبیه‌سازی مناسب تغییرات کاربری اراضی برای تغییرات آینده مجموعه مدل‌های متعددی از جمله زنجیره مارکف و مدل‌سازی تغییرات زمین (LCM) پیشنهاد شده است [۸]. مدل ساز LCM در نرم‌افزار Terrset که اخیراً توسعه یافته است، شامل ترکیب CA مارکوف برای پیش‌بینی آینده و شبکه عصبی مصنوعی برای طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد. این شیوه مدل‌سازی جزء مدل‌سازی‌های جدید و مؤثر برای پیش‌بینی آینده کاربری اراضی و پوشش زمین محسوب می‌گردد [۱۰] که از جمله توانایی‌های آن نسبت به مدل‌های دیگر ارزیابی متغیرهای مؤثر در بروز تغییرات و پیش‌بینی تغییرات در آینده است. برخی محققان در منطقه‌ای از هند با استفاده از مدل‌سازی LCM در نرم‌افزار Terrset و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست از نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی حداکثر احتمال برای سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۷ و داده‌های کمکی که شامل نقشه‌های ارتفاع، شیب، جهت، منابع آبی و نقشه راه،

و از تراکم جمعیتی نسبتاً بالایی برخوردار است و تغییرات آن می‌تواند اثرات زیادی بر رفتار حوضه آبخیز کارون که در بالا دست سدهای کارون ۳ و ۴ واقع شده است داشته باشد، حائز اهمیت فراوانی است. در این تحقیق، همچنین قابلیت مدل‌سازی LCM در محیط نرم افزار TerrSet برای تشخیص و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در چنین حوضه‌هایی که تنوع کاربری اراضی در آن‌ها زیاد است مورد ارزیابی قرار گرفته است. مدل‌سازی LCM تغییرات کاربری اراضی در مناطق کوهستانی و همچنین استفاده از این ابزار در محیط نرم افزار TerrSet به عنوان روشی جدید جهت پیش‌بینی آینده کاربری اراضی و پوشش زمین استخراج از تصاویر ماهواره‌ای نسل‌های مختلف لندست از مهم‌ترین جنبه‌های نوآوری تحقیق حاضر است.

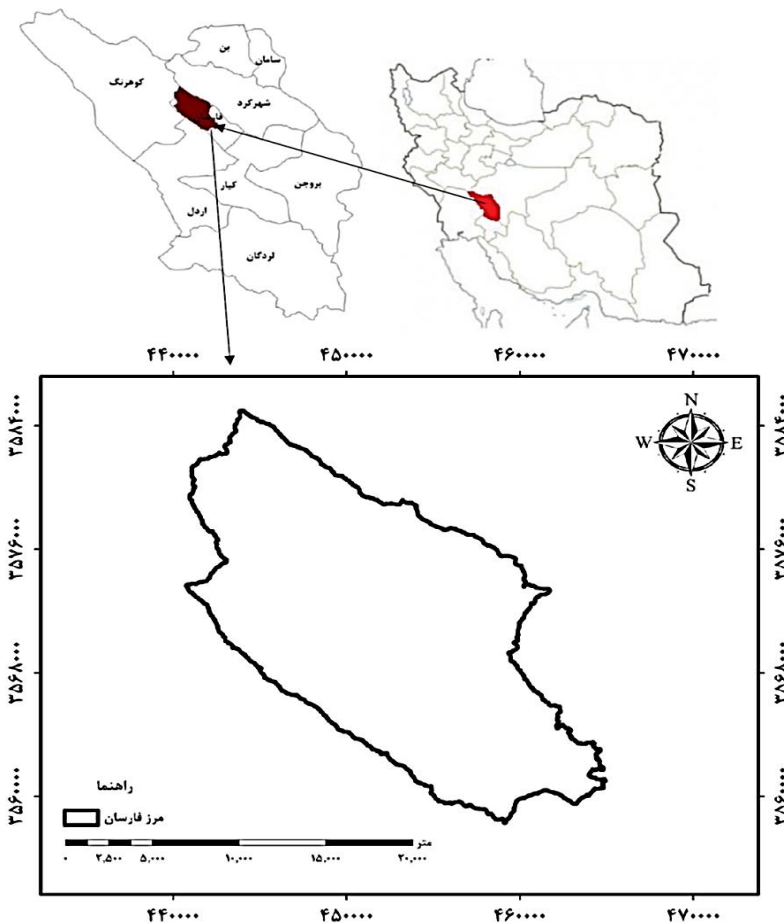
## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲.۱. معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوضه آبخیز فارسان می‌باشد که در موقعیت مکانی  $20^{\circ} 40' 50''$  درجه تا  $50^{\circ} 45' 48''$  طول شرقی و  $32^{\circ} 21' 36''$  درجه تا  $32^{\circ} 23' 4''$  عرض شمالی واقع در استان چهارمحال و بختیاری و ۳۵ کیلومتری شهرستان شهرکرد قرار دارد. مساحت این حوضه آبخیز ۳۱۹۱۸ هکتار و ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۰۵۹ متر است. این منطقه به دلیل ارتفاع بالایی که دارد، جزء اقلیم‌های سرد و پربارش کشور محسوب می‌شود (شکل ۱). همچنین رودخانه سراب، غرب و جنوب این منطقه را سیراب می‌سازد. در سال‌های اخیر، توسعه شهرسازی و صنعت از یک طرف و کوهستانی و سنگلاخی بودن منطقه از طرف دیگر، باعث تغییر پوشش اراضی، فرسایش و از بین رفتن بخش زیادی از زمین‌های کشاورزی و مرتعی این منطقه شده است [۶].

تغییرات کاربری اراضی برای ۲۳ سال بعد را پیش‌بینی کردند. بعد از معرفی نقشه‌های کمکی و اجرای مدل (LCM)، نقشه کاربری اراضی پیش‌بینی شده بیشترین تغییرات را در اراضی شهری و گسترش آن‌ها نشان داد [۱۳]. برخی از مدل‌سازی تغییر زمین (LCM) برای پایش تغییرات کاربری اراضی در گذشته و بررسی امکان پیش‌بینی آن در آینده، در شهرستان سرابله استان ایلام استفاده کرد. وی از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ برای ورودی مدل، آشکار سازی و پیش‌بینی تغییرات در سال ۱۳۹۰ و ۱۴۰۰ بهره جست. پیش‌بینی وضعیت کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۰، با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۰ و به کمک مدل (LCM) و بر پایه شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل زنجیره مارکوف انجام داد. بنا بر نتایج حاصله، در طول دوره ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۰، ۱۴۶۹۱ هکتار جنگل تخریب و اراضی بایر به مقدار ۹۸۷۴ هکتار نسبت به سطح اولیة خود توسعه یافتند. همچنین، نتایج پیش‌بینی نشان داد که مساحت اراضی جنگلی در سال ۱۴۰۰ در مقایسه با ۱۳۹۰ کاهش و اراضی بایر افزایش خواهند یافت [۱].

بر این اساس برای درک درست و ارزیابی عواقب این تغییرات در دراز مدت دسترسی به اطلاعات کافی و صحیح در تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین در طی زمان بسیار ضروری است. همچنین برای توسعه پایدار، بعد از ارزیابی چگونگی کاربری اراضی در حال حاضر، تخمین و ارزیابی نیازها و تقاضاهای آینده نیز ضروری است. در آخر، در پاسخ به این سوال که کاربری اراضی در آینده چگونه ممکن است تغییر کند؟، رویکرد مدل‌سازی می‌تواند ابزار با ارزشی برای پاسخ به این سوال باشد [۲۳]. بنابراین، این مطالعه با هدف تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی و پیش‌بینی تغییرات آینده در حوضه آبخیز شهرستان فارسان واقع در استان چهارمحال و بختیاری انجام گرفت. حوضه آبخیز این شهرستان به دلیل این که یکی از سرشاخه‌های کارون محسوب می‌شود



شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز شهرستان فارس در استان چهارمحال و بختیاری و کشور ایران

به منظور اطمینان از عدم خطا بررسی شدند. اطلاعات دقیق تر تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در جدول ۱ نمایش داده شده است. پس از اطمینان از دقت هندسی تصاویر، با استفاده از لایه برداری جاده‌ها و آبراهه‌های استخراج شده از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و بازدید میدانی به عنوان اطلاعات جانبی برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی اقدام شد. از آنجایی که تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد جهت تشکیل تصویر کاذب مربوط به هر سال از سه باند طیفی سبز، آبی و مادون قرمز نزدیک استفاده شد. ترکیب باندی مناسب برای سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ باند ۲، ۳ و ۴ می‌باشد و

۲.۲. داده‌های مورد استفاده، پیش پردازش و

### آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای

در این تحقیق از داده‌های تصویر سنجنده TM ماهواره لندست ۵ مربوط به تاریخ‌های ۱۳۶۵/۳/۱۲ و ۱۳۸۸/۳/۱۱ و تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۳۹۶/۴/۲ جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی استفاده گردید. داده‌های ماهواره‌ای به فرمت GeoTIFF در هفت باند طیفی تهیه شدند. با این توضیح که ابتدا تصاویر مورد نیاز در سطح تصحیحات LIT از سایت ارزیابی زمین شناسی آمریکا (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) دریافت شد. اما از نظر وجود خطای هندسی و رادیومتری

برای تصویر سال ۱۳۹۶ از باند ۳، ۴ و ۵ استفاده گردید.

جدول ۱. مشخصات تصاویر استفاده شده در این تحقیق به منظور ارزیابی و مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی حوضه آبخیز فارس

سنجنده	شماره فریم		مبنا	سطح تصحیحات	تاریخ شمسی	فرمت
	گذر	ردیف				
L5 TM	۳۸	۱۶۴	WGS84	*LIT	۱۳۶۵/۳/۱۲	GeoTIFF
L5 TM	۳۸	۱۶۴	WGS84	LIT	۱۳۸۸/۳/۱۱	GeoTIFF
L8 OLI	۳۸	۱۶۴	WGS84	LIT	۱۳۹۶/۴/۲	GeoTIFF

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

### ۳،۲. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

پس از تهیه نمونه‌های تعلیمی برداشت شده از هریک از پوشش اراضی، از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه پوشش اراضی استفاده شد. اولین گام در انجام دادن یک طبقه‌بندی نظارت شده، تعریف مناطقی است که به مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس استفاده می‌شود [۵]. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده از منطقه، برای محدوده مطالعاتی کلاس‌های کاربری اراضی در ۸ کلاس تحت عنوان کلاس کاربری/پوشش مناطق مسکونی، اراضی کشاورزی، اراضی کشت دیم، اراضی مرتعی، اراضی سنگلاخی، پهنه‌های آبی، خاک لخت و برف تعریف شد و نمونه‌های تعلیمی آنها انتخاب گردید. سپس نمونه‌های تعلیمی رقومی و تفکیک شدند. در نهایت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش حداکثر احتمال انجام شد [۱۹]. برای حذف قطعات کوچک و ساده‌سازی تصاویر حاصل از طبقه‌بندی‌ها، از فیلتر گذاری با کرنل ۳×۳ با فیلتر غالبیت مد استفاده شد.

### ۴،۲. آشکارسازی تغییرات با استفاده از مدل LCM

مدل‌سازی تغییر اراضی، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیرات آن بر عرصه‌های

طبیعی و زیستگاه‌ها پرداخت. مدل‌سازی LCM چهار مرحله دارد که شامل: بررسی تغییرات، مدل‌سازی نیروی انتقال، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، ارزیابی صحت مدل‌سازی می‌باشد.

لازمه مدل‌سازی تغییرات کاربری، آشکارسازی میزان، موقعیت و روند تغییرات رخ داده در منطقه می‌باشد. در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ برای ورودی مدل انتخاب گردید و تحلیل تغییرات منطقه و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۳۹۶ بر اساس آنها انجام شد. در قسمت بررسی تغییرات کاهش‌ها و افزایش‌های هر کاربری، تغییر خالص، مناطق بدون تغییر و انتقال از هر کاربری به کاربری دیگر ارزیابی شد.

### ۱،۴،۲. انتخاب متغیرها

این مرحله، به شناسایی متغیرهای محرک که توانایی توصیف تغییرات اتفاق افتاده در منطقه را دارند می‌پردازد. در این تحقیق، از متغیرهای مدل رقومی ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده‌ها و فاصله از منابع آبی به عنوان متغیرهای کمکی استفاده شد. انتخاب متغیرها با توجه به سایر مطالعات صورت گرفته در این زمینه و نیز با توجه به ضریب همبستگی کرامر<sup>۱</sup> انتخاب شد. در این ضریب

<sup>۱</sup>Mode

<sup>۲</sup>Overall Cramer's

<sup>۳</sup>Maximum Likelihood

خاک لخت به مناطق مسکونی، اراضی کشت دیم به مناطق مسکونی و پهنه‌های آبی (اراضی کشاورزی با سطح آب بالا و پهنه‌های آبی) به مناطق مسکونی هستند.

## ۲،۱،۴،۲. مدل‌سازی (پیش‌بینی) تغییرات کاربری

### اراضی

احتمال انتقال محاسبه شده از هر کاربری به نوع دیگر با استفاده از زنجیره مارکف محاسبه شد. در مدل مارکف حالت سیستم در زمان ۲ می‌تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ و با توجه به قرابت مکانی پدیده‌ها پیش‌بینی شود و در نتیجه از ماتریس احتمالات انتقال به عنوان پایه مدل‌سازی تغییر کاربری اراضی استفاده گردید. سپس مدل‌سازی برای پیش‌بینی سال ۱۳۹۶ با استفاده از مدل پیش‌بینی سخت و دوره واسنجی سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ اجرا شد (شکل ۲). در نهایت، برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۱۴۰۶ از نقشه‌های سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۸ استفاده شد.

## ۳،۱،۴،۲. ارزیابی صحت طبقه‌بندی و پیش‌بینی مدل

روش معمول و استاندارد برای تعیین دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، استفاده از ماتریس خطا است. پیکسل‌هایی که در ست طبقه‌بندی شده‌اند روی قطر اصلی قرار می‌گیرند و عناصر غیر قطری، مجموعه خطاها می‌باشند. بر اساس ماتریس خطا، دقت کلی (رابطه ۲) و ضریب کاپا محاسبه (رابطه ۳) و به صورت عددی گزارش می‌گردد [۱۷]. اما روش دیگر محاسبه خطا و صحت پیش‌بینی بر اساس نقشه واقیعت زمینی ۱۳۹۶ و نقشه پیش‌بینی شده ۱۳۹۶ می‌باشد. ۴ نوع پیکسل در نقشه خروجی شامل: موفقیت خنثی<sup>۱</sup>، موفقیت<sup>۲</sup>، هشدار خطا<sup>۳</sup> و

میزان اثرگذاری متغیرهای مختلف (به عنوان متغیر مستقل) بر موقعیت‌هایی که در آنها تغییر مشاهده شده (به عنوان متغیر وابسته)، ضریب همبستگی کرامر محاسبه می‌شود. بدین منظور، لایه‌های فاصله از متغیرهای فوق، تولید و اثرگذاری این متغیرها با تغییرات رخ داده در هر زیر مدل، به طور جداگانه ارزیابی شد. ضریب همبستگی کرامر مطابق (رابطه ۱) محاسبه گردید [۱۷].

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{M \times T}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$X^2$ : آماره کای اسکور، T: تعداد کل پیکسل‌ها و M: تعداد طبقات در نقشه مبنا

## ۱،۱،۴،۲. مدل‌سازی نیروی انتقال

مدل‌سازی پتانسیل انتقال، تمایل هر یک از سلول‌های تصویر برای دریافت تغییر از یک نوع کاربری به کاربری دیگری با توجه به متغیرهای کمکی (مثل ارتفاع، نزدیکی به جاده) در یک دوره زمانی خاص را بیان می‌نماید. به عنوان مثال، نیروی انتقال از یک کاربری (مثل اراضی مرتعی) به کاربری دیگر (نظیر اراضی کشاورزی) را مطابق با روند و الگویی که تا کنون بر منطقه حاکم بوده است، نمایش می‌دهد. تغییر از هر کاربری به کاربری دیگر در قالب زیر مدل‌هایی تحت عنوان زیر مدل‌های انتقال برآورد می‌شوند. فرایند انتخاب زیر مدل‌ها بر اساس چیرگی تغییرات اتفاق افتاده در منطقه و در سناریوهای مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. ۶ زیر مدل برای مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی در نظر گرفته شدند. زیر مدل‌ها عبارت از: اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی، اراضی مرتعی به مناطق مسکونی، اراضی سنگلاخی به مناطق مسکونی،

<sup>۱</sup>Overall accuracy

<sup>۲</sup>Kappa Coefficient

<sup>۳</sup>Null Success

<sup>۴</sup>Hit

<sup>۵</sup>False Alarm

فلوچارت کلی انجام پژوهش و فرآیندهای تحقیق، که شرح هر یک در موارد فوق بیان شد، در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این تحقیق از نرم‌افزارهای TerrSet و ArcGIS 10.2 برای پردازش داده‌ها، بازسازی، مدل‌سازی و خروجی گرفتن و از روش حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی کاربری‌ها و مدل LCM برای پیش‌بینی تغییرات استفاده شده است. کلیه محاسبات و رسم نمودارها در Excel 2016 انجام شد.

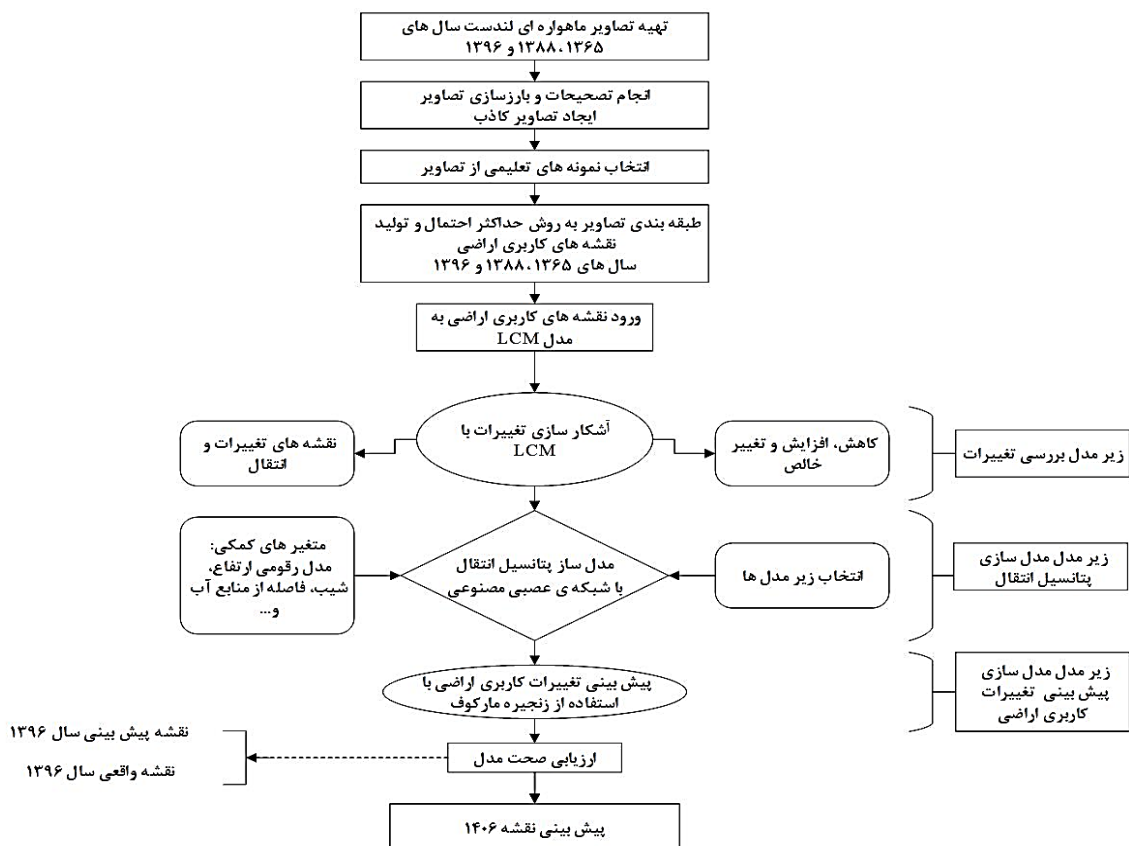
خطا تولید می‌شود. خطای کل پیش‌بینی مدل با استفاده از (رابطه ۴) محاسبه گردید [۳].

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{مجموع پیکسل‌های صحیح - طبقه‌بندی شده} = \frac{\text{مجموع پیکسل‌های مرجع}}{\text{دقت کلی}}$$

$$\text{رابطه ۳} \quad Kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100$$

$P_o$ : درستی مشاهده شده و  $P_c$ : توافق مورد انتظار

$$\text{رابطه ۴} \quad \text{هشدارخطا} + \text{خطا} = \text{خطای کل}$$



شکل ۲. فلوچارت کلی مراحل انجام مدل‌سازی LCM به منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در حوضه آبخیز فارس

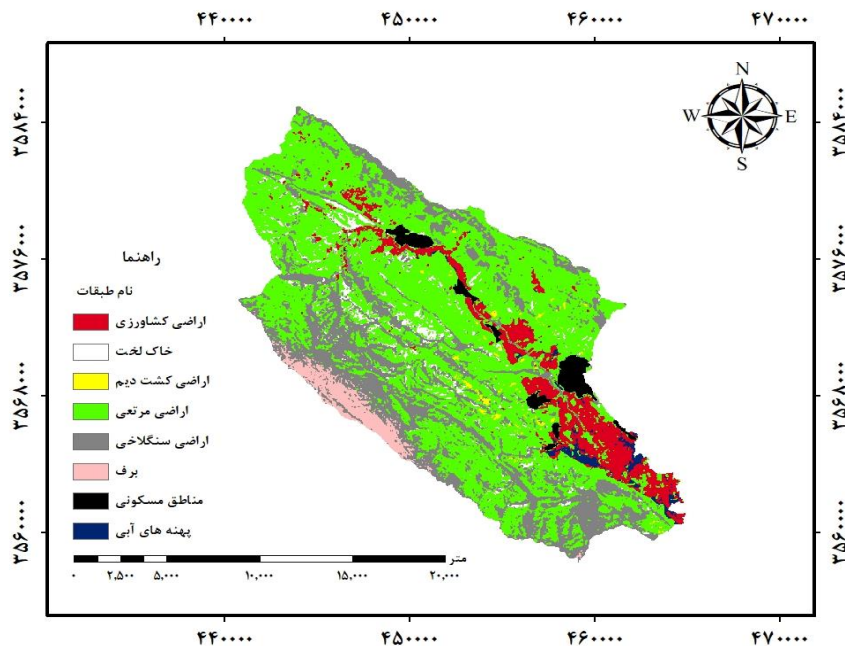
دارای کیفیت مطلوب از نظر رادیومتری هستند. تصاویر مورد استفاده با لایه برداری جاده‌ها و آبراهه‌ها مستخرج

### ۳. نتایج

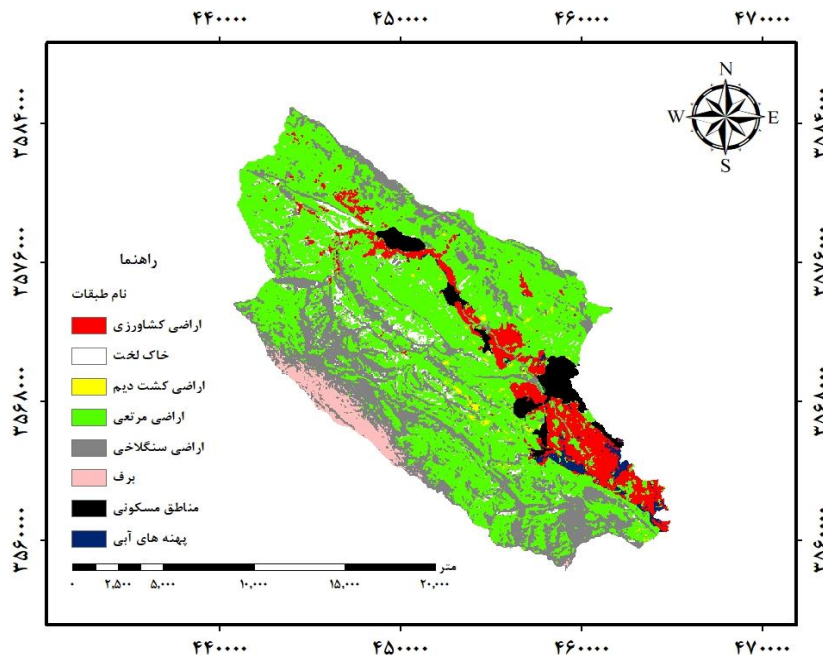
نتایج بررسی تصاویر نشان داد که تصاویر هر سال

کاربری در منطقه وجود دارد. نقشه‌های کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۵ (شکل ۳)، ۱۳۸۸ (شکل ۴) و ۱۳۹۶ (شکل ۵) به ترتیب نمایش داده شده است. ضریب کاپای مربوط برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۶ به ترتیب برابر با ۸۹/۶۱، ۹۰/۷۰ و ۸۴/۴۰ درصد بود.

از نقشه‌های توپوگرافی منطقه، کاملاً همخوانی داشتند و از صحت هندسی تصاویر پیش از انجام محاسبات اطمینان حاصل شد به گونه‌ای که نیاز به تصحیح هندسی نداشتند. با بررسی منطقه مورد مطالعه و با استفاده از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال، مشخص گردید که ۸ طبقه

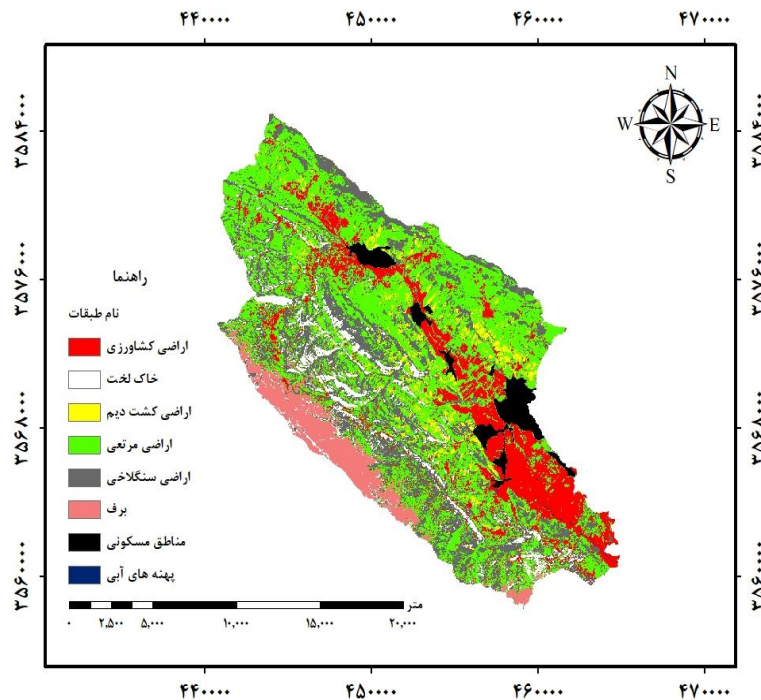


شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۵ که با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شده است



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۸ که با روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شده است





شکل ۵. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۶ که با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی شده است

همچنین، از مناطق مسکونی به اراضی کشاورزی و مرتعی به میزان  $۰/۰۹$  و  $۰/۳$  هکتار تغییر خالص اتفاق افتاده است (شکل ۷). مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از پرسپترون چند لایه شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. برای ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال سه عامل بررسی صحت، خطای آموزش و خطای تست تعیین شدند (جدول ۳). نتایج در همه زیر مدل‌ها صحت بالایی (۶۸-۹۸ درصد) را نشان داد. میزان ارتباط بین متغیرها و طبقات کاربری اراضی بر اساس ضرایب کرامر نشان داده شدند. بیشترین و کمترین میزان این ضرایب را به ترتیب متغیرهای ارتفاع و جهت شیب داشتند (جدول ۴). احتمال انتقال با استفاده از زنجیره مارکوف از سال ۱۳۶۵ به سال ۱۳۸۸ محاسبه شد. احتمال انتقال از هر کاربری اراضی به کاربری اراضی دیگر در جدول ۵ گزارش شده است. با استفاده از تغییرات رخ داده طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ نقشه پیش‌بینی سال ۱۳۹۶ به دست آمد (شکل ۸). در نقشه پیش‌بینی سال ۱۳۹۶ اراضی مرتعی، اراضی

نتایج آشکار سازی تغییرات نشان داد که در کل دوره مورد مطالعه (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۶) به وسعت اراضی کشاورزی، خاک لخت، اراضی کشت دیم، برف و مناطق مسکونی به ترتیب ۱۹۲۲، ۶۸۴، ۸۷۰، ۱۲۷۳ و ۴۲۴ هکتار افزوده شده و از اراضی مرتعی، اراضی سنگلاخی و پهنه‌های آبی به ترتیب ۴۳۷۹، ۴۵۷ و ۳۶۶ هکتار کاسته شده است (شکل ۶). تغییرات دوره‌های مورد مطالعه یکسان نبوده است به طوری که بیشترین تخریب (کاهش مساحت) بین تمام دوره‌ها مربوط به اراضی مرتعی می‌باشد. و بیشترین افزایش کلاس کاربری بین دوره ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ مربوط به مناطق مسکونی، بین دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶ و کل دوره مربوط به اراضی کشاورزی می‌باشد (جدول ۲).

در این مطالعه از دوره واسنجی ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸ برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۶ استفاده گردید. بیشترین تغییرات خالص، از کلاس‌های کاربری اراضی مرتعی، اراضی کشاورزی و سنگلاخی به ترتیب با میزان ۲۳۳، ۵۱ و ۳۸ هکتار به مناطق مسکونی بوده است.

مرتعی می‌باشد. همچنین نقشه پیش‌بینی شده کاربری اراضی سال ۱۴۰۶ در شکل ۹ نمایش داده شده است. برای ارزیابی صحت مدل، از نقشه‌های واقعیت زمینی و پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۶ استفاده شد. مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا و هشدار خطا به ترتیب ۸۴/۸۹، ۰/۰۳، ۱۴/۵ و ۰/۵۸ درصد بودند.

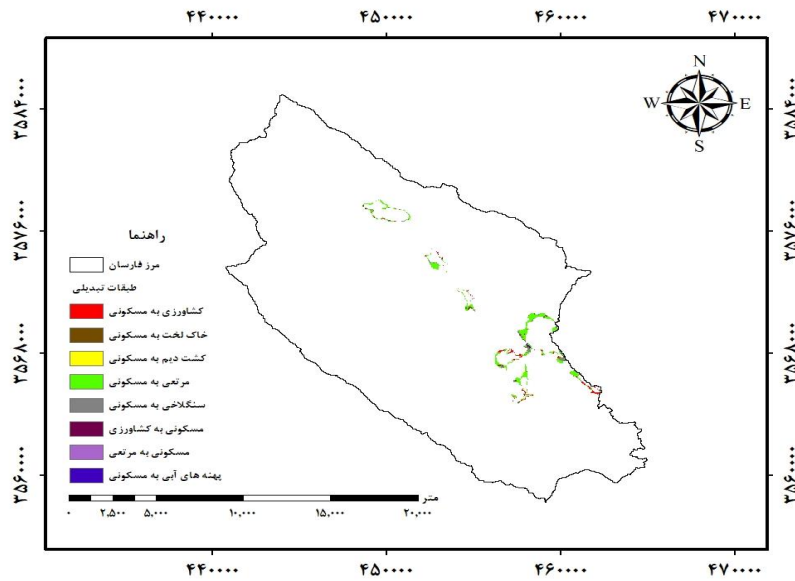
سنگلاخی، پهنه‌های آبی و مناطق مسکونی وسعت بیشتری (به ترتیب با ۴۰۶۵، ۴۰۶، ۳۶۰، ۴۱ هکتار) را نسبت به نقشه واقعیت زمینی این سال نشان دادند. اراضی کشاورزی در نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۶ نسبت به نقشه پیش‌بینی شده این سال، وسعت بیشتری (۱۹۹۰ هکتار) دارد. بیشترین تغییر در بین کاربری‌ها با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۶ متعلق به کاربری اراضی



شکل ۶. تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۶ مستخرج از نقشه‌های طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال

جدول ۲. میزان و نوع تغییرات کاربری اراضی (هکتار) طی سال‌های مورد بررسی (۱۳۶۵، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۶)

کلاس کاربری	مساحت مربوط به هر کاربری (هکتار)			۱۳۶۵ تا ۱۳۸۸		۱۳۸۸ تا ۱۳۹۶		۱۳۹۶ تا ۱۳۶۵	
	سال ۱۳۶۵	سال ۱۳۸۸	سال ۱۳۹۶	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش	کاهش	افزایش
کشاورزی	۲۷۲۳	۲۶۷۲	۴۶۴۵	۵۱	-	-	۱۹۷۳	-	۱۹۲۲
مرتعی	۱۸۰۶۰	۱۷۸۲۷	۱۳۶۸۱	۲۳۳	-	۴۱۴۶	-	۴۳۷۹	-
سنگلاخی	۷۹۰۲	۷۸۶۴	۷۴۴۴	۳۸	-	۴۱۹	-	۴۵۸	-
خاک لخت	۱۰۳۲	۱۰۱۴	۱۷۱۶	۱۸	-	-	۷۰۲	-	۶۸۳
پهنه‌های آبی	۳۷۲	۳۶۸	۶	۴۴	-	۳۶۲	-	۳۶۶	-
کشت دیم	۱۸۶	۱۸۵	۱۰۵۵	۱	-	-	۸۷۱	-	۸۷۰
برف	۸۸۰	۸۸۰	۲۱۵۳	-	-	-	۱۲۷۳	-	۱۲۷۳
مسکونی	۷۵۶	۱۱۰۲	۱۱۸۰	-	۳۴۶	-	۷۸	-	۴۲۴



شکل ۷. تغییرات خالص و انتقال بین طبقات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۸۸

جدول ۳. ارزیابی صحت شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

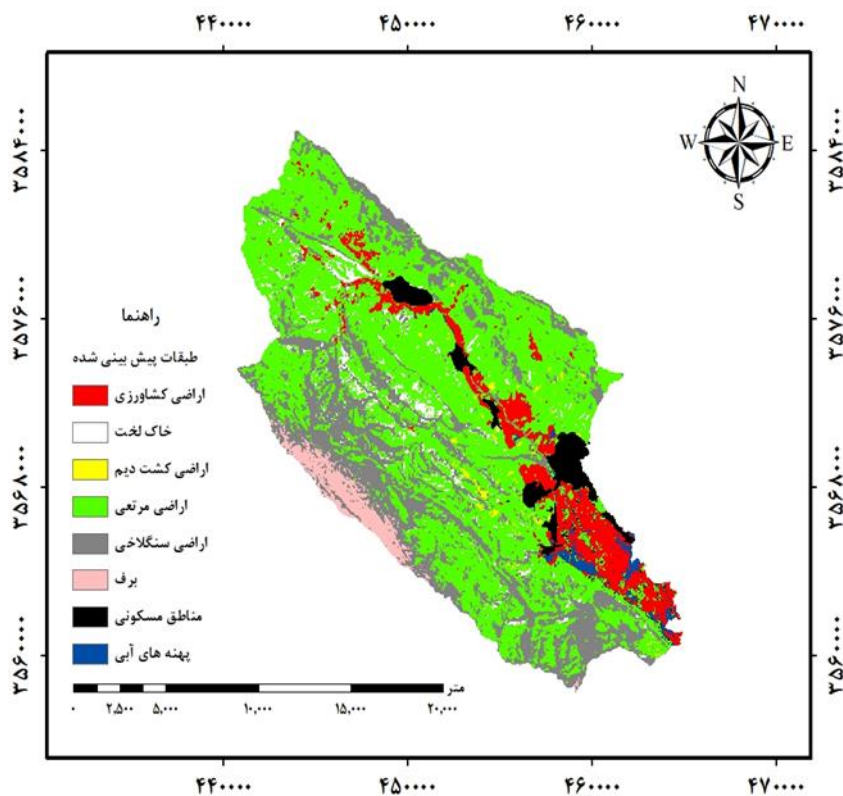
خطای تست	خطای آموزش	ارزیابی صحت	زیر مدل
۰/۴۵۳۸	۰/۴۲۸۰	۶۸/۱۹	اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی
۰/۲۸۶۴	۰/۲۷۶۳	۸۹/۷۱	اراضی مرتعی به مناطق مسکونی
۰/۱۳۲۳	۰/۱۴۷۳	۹۸/۳۹	اراضی سنگلاخی به مناطق مسکونی
۰/۴۹۶۲	۰/۴۹۷۷	۹۰/۹۱	اراضی کشت دیم به مناطق مسکونی
۰/۲۵۴۵	۰/۳۰۸۴	۹۳/۲۴	خاک لخت به مناطق مسکونی
۰/۴۰۷۶	۰/۲۸۷۶	۸۰/۸۵	پهنه‌های آبی به مناطق مسکونی

جدول ۴. ضریب همبستگی کرامر متغیرهای کمکی (پیشگو کننده) در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی

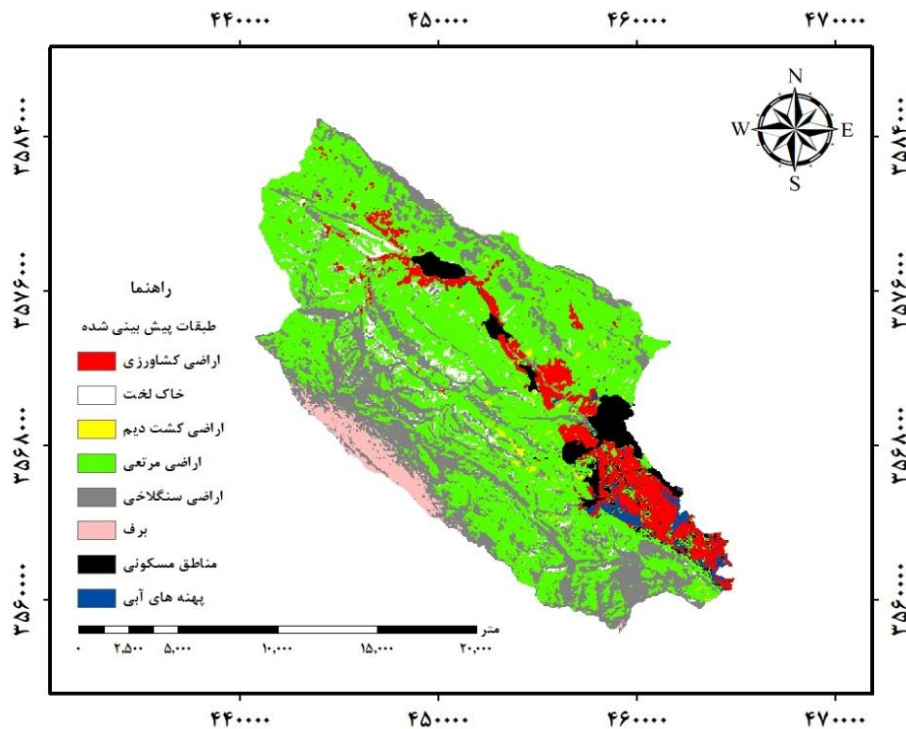
ضریب overall cramer's	متغیرهای کمکی
۰/۴۴۵۸	ارتفاع (مدل رقومی ارتفاع)
۰/۱۸۷۰	شیب
۰/۱۷۶۵	فاصله از منابع آب
۰/۱۵۴۷	فاصله از جاده
۰/۰۸۸۸	جهت شیب

جدول ۵. احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی سال ۱۳۹۶ بر مبنای تغییرات حاصله از سال ۱۳۶۵ به سال ۱۳۸۸

کشاورزی	مرتعی	سنگلاخی	خاک لخت	پهنه‌های آبی	کشت دیم	برف	مسکونی
۰/۹۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۷
۰	۰/۹۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۵
۰	۰	۰/۹۹۸	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲
۰	۰	۰	۰/۹۹۳	۰	۰	۰	۰/۰۰۷
۰	۰	۰	۰	۰/۹۹۵	۰	۰	۰/۰۰۵
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۹۸	۰	۰/۰۰۲
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۰۰۰	۰
۰	۰/۰۰۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۹۹۹



شکل ۸. نقشه پیش‌بینی مدل مارکوف سال ۱۳۹۶ بر مبنای تغییرات از سال‌های ۱۳۶۵ به سال ۱۳۸۸



شکل ۹. نقشه پیش‌بینی سال ۱۴۰۶ پس از آزمون صحت پیش‌بینی مدل

تغییرات برای رسیدن به توسعه پایدار در منابع طبیعی مهم و ضروری است [۲، ۷]. نتایج مطالعه حاضر تغییرات چشم‌گیری در اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی را در حوضه آبخیز شهرستان فارسان که به عنوان یکی از حوضه‌های آبخیز بالادستی کارون بزرگ محسوب می‌گردد، نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از آشکارسازی تغییرات نشان داد که اراضی مرتعی طی سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۶ به میزان ۴۳۷۹ هکتار کاهش پیدا کرده‌اند به علاوه نتایج مدل‌سازی برای پیش‌بینی سال ۱۴۰۶ نشان داد مساحت کاربری مناطق مسکونی افزایش (۱۴۹ هکتار) و اراضی مرتعی کاهش (۱۰۰ هکتار) پیدا می‌کنند. بخش زیادی از کاهش مراتع تبدیل آن به اراضی کشاورزی را شامل می‌گردد. دلیل این امر را می‌توان افزایش جمعیت و نیاز به گسترش اراضی کشاورزی در مراتع و در حاشیه شهرها دانست. همچنین، از دیگر دلایل تخریب مراتع می‌توان به

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

پایداری حوضه‌های آبخیز و مدیریت تغییرات آن از اهمیت زیادی برخوردار است. این امر به ویژه در مناطقی که به عنوان سرشاخه‌های حوضه آبخیز محسوب می‌گردند به دلیل تبعاتی که می‌تواند بر مناطق پائین دست داشته باشد، حائز اهمیت بیشتری است. از این رو شناخت، ارزیابی و پایش تغییرات صورت گرفته در چنین حوضه‌های آبخیزی یکی از اولویت‌های مدیران و تصمیم‌گیرندگان است. تبدیل و تغییرات کاربری/پوشش اراضی به مناطق شهری و اراضی کشاورزی، در ارزش‌های خدمات اکوسیستم به خصوص در زمینه زیبایی منظر (چشم‌انداز)، منابع ژنتیکی، چرخه عناصر غذایی، کنترل فرسایش، اختلالات اقلیمی، منابع آبی و حاصلخیزی خاک اختلالات زیادی به وجود می‌آورد [۲۲]. عواقب این تغییرات، ایجاد اختلالات زیادی در خدمات اکوسیستم‌های طبیعی می‌باشد [۱۲]. به همین جهت ارزیابی این

را تا حدودی منسوخ اعلام کردند [۱۸]. این مقادیر، در این مطالعه، انطباق بالای تصویر پیش‌بینی شده با نقشه واقعیت زمینی را نشان می‌دهد. مطالعات دیگری نتایج هم‌راستا با نتایج این مطالعه به دست آوردند [۳، ۱۳] که گویای توانایی مدل LCM و همچنین متغیرهای پیش‌گو کننده تغییرات در این منطقه نیز می‌باشد.

برای مدیریت بهینه منابع طبیعی، آگاهی از نسبت تغییرات کاربری اراضی از ضروریات محسوب می‌شود. بر این اساس با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اذعان داشت که تکنیک‌های سنجش از دوری به دلیل اشراف کلی تصاویر ماهواره بر پدیده‌ها و منابع زمین به عنوان بهترین وسیله برای آشکار سازی تغییرات به ویژه برای اراضی مرتعی و مناطق مسکونی و غیره هستند. نتایج این تحقیق می‌تواند برای پروژه‌های جلوگیری از تخریب مرتع و حفاظت خاک مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج تحقیق حاضر گویای آن است که مراتع دچار بیشترین تغییرات کاهش کاربری اراضی شده (۴۳۷۹ هکتار) و این اراضی عمدتاً به اراضی کشاورزی (۱۹۲۲ هکتار)، اراضی کشت دیم (۸۷۰ هکتار) و خاک لخت (۶۸۳ هکتار) تبدیل شده است. پس از آن ۴۲۴ هکتار از اراضی مرتعی به کاربری مسکونی تبدیل و تغییر یافته است (جدول ۲). این امر گویای آن است که افزایش جمعیت و تقاضای اسکان و در پی آن تأمین نیازهای ساکنین منطقه تهدیدی برای اراضی مرتعی می‌باشند که لازم است به جای افزایش سطح اراضی کشاورزی و مسکونی و تبدیل اراضی مرتعی به چنین کاربری‌هایی که خود پشوانه بخش کشاورزی محسوب می‌شوند سیاست افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی دنبال گردد. پیش‌بینی میزان تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۴۰۶ نیز گویای آن است که مجدداً ۱۴۹ هکتار در سال‌های آتی به اراضی مسکونی تبدیل خواهد شد که در پی آن تقاضای بیشتری برای تبدیل و تخریب مراتع را در پی خواهد داشت. در این خصوص متغیرهای ارتفاع (۰/۴۴۵۸) و شیب (۰/۱۸۷۰) به عنوان مهم‌ترین عامل‌های پیش‌گو کننده

تغییر کاربری اراضی مرتعی به اراضی کشاورزی اشاره کرد. نگاهی به شکل ۷ گویای این واقعیت است که توسعه اراضی شهری در مجاورت خود، عمدتاً ناشی از تغییر و تبدیل اراضی مرتعی بوده است که این امر در ماتریس احتمال تبدیلات نیز خود را نشان می‌دهد (جدول ۵). علاوه بر این به دلیل خشکسالی‌های سال‌های اخیر (تغییرات بارش بلند مدت منطقه از ۴۲۷ میلیمتر به ۳۱۲ میلیمتر در سال ۹۶-۹۷) و بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی به شدت از پهنه‌های آبی کاسته شده است [۹]. نقشه پیش‌بینی سال ۱۳۹۶ افزایش کلاس کاربری خاک لخت را نشان می‌دهند که این افزایش ناشی از افزایش فشار چرای دام در مراتع و تبدیل آن‌ها به خاک لخت و اراضی بدون پوشش می‌باشد. بازدید میدانی از منطقه و نظر کارشناسان محلی صحت این نتایج را تأیید می‌کند. در مطالعه حاضر نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۶ (شکل ۵) مساحت کلاس کاربری برف را نسبت به نقشه پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۶ (شکل ۸) بیشتر نشان می‌دهد. این افزایش، ناشی از بارش برف و همزمانی تصویربرداری ماهواره لندست ۸ در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۶ می‌باشد [۹]. با این تفاسیر هر چه سریعتر باید به فکر راه چاره‌ای برای جلوگیری از روند تبدیل و تخریب کاربری اراضی مرتعی باشیم و از پیش‌روی مناطق مسکونی در این اراضی جلوگیری نمود. متغیرهای پیش‌گو کننده تغییرات مورد استفاده در تحقیق حاضر، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده و فاصله از منابع آبی بودند که در اغلب مطالعات پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی نیز استفاده می‌شوند [۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۰]. ارزیابی مدل‌سازی نیروی انتقال با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در بیشتر زیر مدل‌ها، صحت بالایی (۶۸-۹۸ درصد) را نشان داد (جدول ۳). در این مطالعه، صحت پیش‌بینی مدل از مقادیر موفقیت خنثی، موفقیت، خطا، هشدار خطا، ارزیابی گردید. طبق تحقیقات گزارش شده برای ارزیابی صحت پیش‌بینی مدل، مقادیر فوق توانایی و دقت بالاتری از ضریب کاپا دارند و استفاده از ضریب کاپا

کاربری اراضی و علل وقوع آن در سطوح وسیع‌تری خصوصاً در مناطقی که بیشتر در معرض تغییرات کاربری اراضی هستند، مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته و تبعات چنین تغییراتی بررسی گردد، تا از وقوع تغییرات نامطلوبی که می‌تواند رژیم هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز را به نحو نامطلوبی تغییر دهد، پیشگیری به عمل آید.

تغییرات و جهت شیب (۰/۰۸۸۸) به کمترین متغیر پیشگوی این تغییرات محسوب می‌گردند (جدول ۴). از این‌رو، اتخاذ سیاست‌های لازم در خصوص کاهش بیشتر اراضی مرتعی اجتناب ناپذیر خواهد بود. در نهایت با توجه به توان مدل LCM در پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و همچنین علت یابی آن، لازم است که روند تغییرات

## References

- [1] Arekhi, S. (2014). Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment (A case study of Sarabeleh Ilam), Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 12(1), 1-19.
- [2] Arunyawat, S. and Shrestha, R.P. (2016). Assessing land use change and its impact on ecosystem services in Northern Thailand. *Sustainability*, 8(8), 768.
- [3] Chen, H. and Pontius Jr, R.G. (2010). Diagnostic tools to evaluate spatial and change projection along gradient of an explanatory variable. *Landscape Ecology* 25 (9), 1319-1331.
- [4] Ellis, E. and Pontius, R. (2010). *The Encyclopedia of Earth*. Retrieved March, 30, 2011.
- [5] Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes. Guide to GIS and Image Processing*. Clark Labs, Clark University, Worcester, MA.
- [6] Fathi, M., Honarbakhsh, A., Rostami, M., and Davoudian Dehkordi, A. (2013). Simulation of Flow Pattern at a Natural Meander River by CCHE2D Numerical Model Case Study: Khoshk-e-Rud River. *Farsan. JWSS*; 16 (62): 95-108.
- [7] Fu, Q., Li, B., Yang, L., Wu, Z. and Zhang, X. (2015). Ecosystem services evaluation and its spatial characteristics in central Asia's arid regions: a case study in Altay prefecture, china. *Sustainability*, 7(7), 8335-8353.
- [8] Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T. and Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20-22), 3761-3772.
- [9] Meteorological Station of Chaharmahal-va-Bakhtiari (Shahrekord) (available at: <http://www.irimo.ir/far/2016>).
- [10] Islam, M.S. and Ahmed, R. (2011). Land use change prediction in Dhaka city using GIS aided Markov chain modeling. *Journal of Life and Earth Science*, 6, 81-89.
- [11] Junfeng, L., Zhibao, D., Guangyin, H., Changzhen, Y., Zhenhai, W. and Xiang, S. (2011). Land use and land cover change and its driving forces in the source region of the Yangtze River during 1990–2005. In *Water Resource and Environmental Protection (ISWREP)*, 4, 2571-2574.
- [12] Kindu, M., Schneider, T., Teketay, D. and Knoke, T. (2016). Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munessa–Shashemene landscape of the Ethiopian highlands. *Science of The Total Environment*, 547, 137-147.
- [13] Kumar, K. S., Bhaskar, P. U., and Padmakumari, K. (2015). Application of Land Change Modeler For Prediction of Future Land Use Land Cover: A Case Study of Vijayawada City. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 3(1), 773-783.
- [14] Linkie, M., Smith, R.J. and Leader-Williams, N. (2004). Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity & Conservation*, 13(10), 1809-1818.
- [15] 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.

- [16] Mishra, V.N., and Rai, P.K. (2016). A remote sensing aided multi-layer perceptron-Markov chain analysis for land use and land cover change prediction in Patna district (Bihar), India. *Arabian Journal of Geosciences*, 9 (4):1-18.
- [17] Pistocchi, A., Luzi, L., and P. Napolitano, 2001. The use of predictive modeling techniques for optimal exploitation of spatial databases: a case study in landslide hazard mapping with expert system like methods, *Environmental Geology* 1-24.
- [18] Pontius, R.G. and Millones, M. (2011). Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. *International Journal of Remote Sensing*, 32, 4407-4429.
- [19] Schulz, J.J., Cayuela, C., Echeverria, C., Salas, J. and Rey-Benayas, J.M. (2010). Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008). *Applied Geography*, 30, 436-447.
- [20] Schulz, J.J., Cayuela, L., Rey-Benayas, J.M. and Schröder, B. (2011). Factors influencing vegetation cover change in Mediterranean Central Chile (1975–2008). *Applied vegetation science*, 14(4), 571-582.
- [21] Singh, S. and Rai, P.K. (2016). Application of Earth Observation Data for Estimation of Changes in Land Trajectories in Varanasi District, India. *Journal of Landscape Ecology*.
- [22] Szumacher, I. and Pabjanek, P. (2017). Temporal Changes in Ecosystem Services in European Cities in the Continental Biogeographical Region in the Period from 1990–2012. *Sustainability*, 9(4), 665.
- [23] Yirsaw, E., Wu, W., Shi, X., Temesgen, H. and Bekele, B. (2017). Land Use/Land Cover Change Modeling and the Prediction of Subsequent Changes in Ecosystem Service Values in a Coastal Area of China, the Su-Xi-Chang Region. *Sustainability*, 9(7), 1204.
- [24] Zheng, H.W., Shen, G.Q., Wang, H. and Hong, J. (2015). Simulating land use change in urban renewal areas: A case study in Hong Kong. *Habitat International*, 46, 23-34.
- [25] Zaki, R., Zaki, A. and Ahmed, S. (2011). Land use and land cover changes in arid region: The case new urbanized zone, northeast cairo, egypt. *Journal of Geographic Information System*, 3(03), 173.