



مقاله پژوهشی

## پیش‌بینی و روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از روش‌های تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار و مدل‌ساز تغییر سرزمین در

### دشت سیستان

زهره هاشمی<sup>۱</sup>، حمید سودایی زاده<sup>۲</sup>، محمدحسین مختاری<sup>۲</sup>، محمدعلی حکیم زاده اردکانی<sup>۲</sup>، کاظم کمالی علی آباد<sup>۲</sup>

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۱ / پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۷ / دسترسی اینترنتی: ۱۴۰۳/۱۱/۲۷

#### چکیده

در برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع طبیعی، آگاهی از چگونگی تغییرات پوشش اراضی و عوامل ایجادکننده آن بسیار ضروری هستند. در این زمینه داده‌های سنجش از دور، از قابلیت بالایی برخوردار هستند. هدف از تحقیق حاضر پیش‌بینی و بررسی روند تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی در منطقه زهک دشت سیستان می‌باشد. بدین منظور نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ به روش طبقه‌بندی نظارت شده، ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. سپس با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱ پوشش اراضی در سال ۲۰۱۸ پیش‌بینی شد. کاربرد نقشه کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ پوشش اراضی مربوط به سال ۲۰۳۰ با استفاده از روش تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار پیش‌بینی شد.

زهره هاشمی<sup>۱</sup>، حمید سودایی زاده<sup>۲</sup> (✉)، محمدحسین مختاری<sup>۲</sup>، محمدعلی حکیم زاده اردکانی<sup>۲</sup>، کاظم کمالی علی آباد<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کوبرشناسی، دانشگاه یزد، ایران
۲. دانشیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کوبرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

DOI: 10.30495/girs.2022.694601

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [hsodaie@yazd.ac.ir](mailto:hsodaie@yazd.ac.ir)

برای تحلیل روند تغییرات کاربری و پوشش زمین سال ۲۰۰۱-۱۹۸۷، ۲۰۰۱-۲۰۱۸ و سال ۲۰۳۰-۲۰۱۸ از مدل‌ساز تغییر سرزمین استفاده شد. نتایج نشان داد در دوره زمانی ۲۰۰۱-۱۹۸۷ سطوح کاربری‌های زراعت آبی ۲۰۱۳ هکتار (۲/۳ درصد)، پوشش درختی ۱۱۱۷ هکتار (۱/۳ درصد)، منابع آب ۲۳۹۱ (۲/۷ درصد) و اراضی بایر ۹۵۳۵ هکتار (۱۰/۸ درصد) کاهش یافته است. همچنین مساحت کاربری‌های منطقه مالچپاشی ۱۹۲ هکتار (۰/۲ درصد) و تپه‌های ماسه‌ای ۱۴۸۶۴ هکتار (۱۶/۸ درصد) افزایش داشتند. طی بازه زمانی ۲۰۱۸-۲۰۰۱ سطوح کاربری‌های زراعت آبی ۳۵۳۳ هکتار (۴ درصد) و اراضی بایر ۳۷۰۷ هکتار (۴/۲ درصد) کاهش و مساحت کاربری‌های پوشش درختی ۳۱۳ هکتار (۰/۳ درصد)، منابع آب ۵۳۸۵ هکتار (۶/۱ درصد)، منطقه مالچپاشی ۲۴۷ هکتار (۰/۳ درصد) و تپه‌های ماسه‌ای با ۱۲۹۵ هکتار (۱/۵ درصد) افزایش داشته است. در پیش‌بینی دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۸ سطوح کاربری‌های زراعت آبی به میزان ۱۰۹۸ هکتار (۱/۲ درصد)، تپه‌های ماسه‌ای ۵۲۷ هکتار (۰/۶ درصد) و اراضی بایر ۲۰۲۰ هکتار (۲/۳ درصد) کاهش می‌یابد. در این پیش‌بینی عرصه کاربری‌های پوشش درختی ۱۶ هکتار (۰/۰۲ درصد)، پهنه‌های آبی ۳۶۰۷ هکتار (۴/۱ درصد)، منطقه مالچپاشی ۲۳ هکتار (۰/۰۳ درصد) افزایش خواهد یافت.

### طرح مسئله:

تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست گذاری و چاره اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکار سازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می رسد از سویی دیگر، پیش بینی و مدل سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی پیش رو اهمیت دارد.

### هدف:

مدل سازی، پیش بینی و روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست از طریق مدل های تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار و مدل ساز تغییر سرزمین در منطقه زهک دشت سیستان است. تا مبنای تغییرات احتمالی، مدیریت مناسب و پایدار در منطقه مورد بررسی اعمال شود.

### روش تحقیق:

تحقیق حاضر در منطقه زهک با وسعت ۸۸۳۴۴ هکتار در قسمت شرقی دشت سیستان انجام گرفته است. منطقه زهک در موقعیت جغرافیایی حداقل ۶۱ درجه و ۳۰ دقیقه و حداکثر ۶۱ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و در حداقل ۳۰ درجه، ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه و حداکثر ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. در این مطالعه از تصاویر ماهواره ای لندست سنجنده های TM (۱۹۸۷) و OLI (۲۰۱۸) سایت زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS) و در ماه های کاملاً یکسان (ژوئن)، همچنین از تصاویر گوگل ارث و داده های کنترل زمینی (۲۰۱۸) استفاده شد. پس از پیش پردازش تصاویر ماهواره ای لندست، طبقه بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان انجام گرفت. ارزیابی صحت طبقه بندی با ضریب کاپا محاسبه شد. سپس با استفاده از ماتریس احتمال طبقات کاربری اراضی و اعمال مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار در دوره زمانی ۲۰۱۸ - ۱۹۸۷، نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش بینی گردید.

### نتایج و بحث:

روند تغییرات مساحت کاربری ها و پوشش های اراضی در منطقه مورد مطالعه طی سال های ۲۰۱۸ - ۱۹۸۷ در کاربری های زراعت آبی و اراضی بایر دارای روند کاهشی و در کاربری های پوشش درختی، منابع آب، منطقه مالچ پاشی و تپه های ماسه ای روند افزایشی مشاهده می گردد. میزان ضریب کاپا محاسبه شده در این ارزیابی برای سال های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ به ترتیب ۰/۹۷، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ است. مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار با ضریب کاپا ۰/۹۰ تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش بینی نمود. بر اساس مدل ساز تغییر سرزمین، تغییرات کاربری اراضی در دوره زمانی ۲۰۰۱ - ۱۹۸۷ سطح کاربری های زراعت آبی، پوشش درختی، منابع آب و اراضی بایر کاهش یافته است. مساحت کاربری های منطقه مالچ پاشی و تپه های ماسه ای افزایش را نشان می دهد. در بازه زمانی ۲۰۱۸ - ۲۰۰۱ وسعت کاربری های زراعت آبی و اراضی بایر کاهش داشته است. مساحت کاربری های پوشش درختی، منابع آب، منطقه مالچ پاشی و تپه های ماسه ای افزایش یافته است. طی دوره زمانی ۲۰۳۰ - ۲۰۱۸ کاربری های زراعت آبی، تپه های ماسه ای و اراضی بایر کاهش می یابد. مساحت کاربری های پوشش درختی، منابع آب، منطقه مالچ پاشی افزایش خواهد یافت.

### نتیجه گیری:

آشکار سازی و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای ارائه دید کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی در بلندمدت بسیار مؤثر است. در این مطالعه خروجی نقشه پیش بینی کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۲۰۳۰ از دقت مناسب برخوردار است. اعمال مدیریت و کنترل تغییر کاربری و پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه منجر به مدیریت پایدار و دستیابی به حداقل خسارت های محیط زیستی ناشی از تغییر کاربری اراضی خواهد شد.

**واژه های کلیدی:** تغییر کاربری اراضی، مدل سلول های خودکار، مدل-ساز تغییر سرزمین، تصاویر لندست، دشت سیستان.

لطفاً به این مقاله استناد کنید: هاشمی، ز.، سودایی زاده، ح.، مختاری، م.، ح.، حکیم زاده اردکانی، م.، ع.، کمالی علی آباد، ک. پیش بینی و روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی با استفاده از روش های تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار و مدل ساز تغییر سرزمین در دشت سیستان. نشریه سنجش اذدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۵(۳): ۶۸-۴۸.

## مقدمه

پوشش اراضی به خصوصیات سطح زمین، شامل پوشش گیاهی، آب، خاک و سایر ویژگی‌های فیزیکی سطح زمین اطلاق می‌گردد. کاربری اراضی به بخشی از زمین که جهت مقاصد کشاورزی، شهرک‌سازی، صنعت و غیره مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد اشاره دارد. اگرچه عموماً از واژه کاربری اراضی، پوشش اراضی نیز استنباط می‌شود. اما هر دو اصطلاح دارای ارتباط نزدیک و قابل جابجایی هستند (۷).

تغییرات سریع کاربری و پوشش اراضی به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه منجر به کاهش منابع مختلف حیاتی از جمله آب، خاک و پوشش گیاهی شده است (۸). افزایش تغییرات به‌خصوص در منابع طبیعی هشداردهنده است و به‌طور قابل توجهی بر عرصه‌های محلی، منطقه‌ای، ملی و جهانی تأثیرگذار است (۲۱). با توجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (۲۹). از سویی دیگر، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی پیش‌رو اهمیت دارد. بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به‌ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای درحال توسعه است. پیش‌بینی مکانی کاربری اراضی را می‌توان به‌وسیله مدل‌های تجربی براساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده‌اند، با ارائه‌ای محدود از عوامل مؤثر بر این تغییرات صورت داد (۱۹).

در دو دهه گذشته، تلاش وسیعی در استفاده از مدل‌های تغییر کاربری و پوشش اراضی به‌منظور کمک در مدیریت اراضی و درک بهتر و ارزیابی و بررسی نقش این تغییرات در کارکرد سیستم زمین صورت گرفته است (۲۰). مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی یک فرآیند پیچیده است که حاکی از

دخالت انواع متغیرها هست. باید در نظر داشت آشکارسازی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی نمایش داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی را ارائه نماید (۵). با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی می‌توان مقدار گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد. از روش‌هایی که در مدل‌سازی و پیش‌بینی کاربری زمین مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول-های خودکار (CA-Markov) اشاره نمود. فرایند مارکوف، دستگاهی است که می‌تواند از یک حالت به حالت دیگر در مرحله زمانی بعد مطابق با احتمالات ثابت انتقال یابد و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به‌راحتی قابل توصیف نباشند. همچنین یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده‌شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است. بنابراین زنجیره مارکوف می‌تواند با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات صورت گرفته را در مسیر مناسبی هدایت کند (۲۲). از دیگر مدل‌هایی که با استفاده از آن می‌توان تغییرات کاربری اراضی، علت و پیامدهای آن را شناسایی کرد، مدل‌ساز تغییر سرزمین (Land change Modeler) می‌باشد که یک مدل نرم‌افزاری است که به‌منظور شناسایی و تشخیص مسئله تبدیل زمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی شده است (۱۷).

مطالعات متعددی در زمینه پیش‌بینی و روند تغییرات کاربری اراضی انجام شده است. در این رابطه، پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در دوره ۲۸ ساله ۲۰۱۴-۱۹۸۶ با مدل تلفیقی مارکوف و سلول‌های خودکار در حوزه آبخیز صفارود-رامسر استان مازندران انجام شد. ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی و NDVI با استفاده از ماهواره لندست تهیه گردید. نتایج نشان داد که در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۸۶، وسعت اراضی جنگلی به میزان ۱۰/۲۶ درصد کاهش و ۳/۲۷ درصد مساحت مناطق مسکونی افزایش یافته است.

بنگلادش انجام شد. در این بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین را برای سال ۲۰۲۸ و ۲۰۴۲ مدل سازی، پیش بینی و شبیه سازی شد که نتایج این شبیه سازی برای بازه زمانی ۲۰۱۴ تا ۲۰۴۲، کاهش جنگل ها و ذخایر آبی و افزایش قابل ملاحظه ای را در بوته زارها، اراضی مرتعی و مناطق ساختمانی نشان داد (۳۶).

پیش بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای منطقه ددزا در مالوای برای سال های ۲۰۲۵ و ۲۰۳۵ براساس مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار در نرم افزار ایدرسی انجام شد. پیش بینی آینده نشان می دهد که زمین های بایر و مناطق ساخته شده افزایش می یابد در حالی که زمین های کشاورزی، تالاب ها و زمین های جنگلی به ترتیب تا سال ۲۰۲۵ و ۲۰۳۵ به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. با توجه به ماتریس احتمال انتقال، تقریباً ۹۴/۸ درصد، ۹۷/۶ درصد و ۹۵/۷ درصد از سطوح آبی، زمین های کشاورزی و زمین های بایر به احتمال زیاد ثابت می مانند. در مقابل زمین های جنگلی بیشترین تغییر به میزان ۶۴/۸ درصد و ۸۵/۹ درصد تا سال های ۲۰۲۵ و ۲۰۳۵ را نشان می دهد. به طوری که اکثر مناطق جنگلی به زمین بایر تبدیل خواهد شد (۲۷).

برای تعیین میزان تخریب و روندهای آینده تالاب های گوانگشی کشور چین از مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار استفاده شد. این شبیه سازی از چند سناریوی برای پیش بینی روند تالاب از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۳۵ استفاده نمود. نتایج نشان داد از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸، شالیزارها در تالاب های گوانگشی بیشترین نسبت به خود اختصاص داده اند. در طی ۳۰ سال مساحت تالاب ها در گوانگشی به میزان ۹۸۳/۳۳ کیلومتر مربع کاهش یافته است. تخریب تالاب در شهر نایننگ با اختلاف مساحت ۵۰۳/۲۲ کیلومتر مربع بین عرصه های تخریب و بازسازی شده جدی تر است. از سال ۲۰۲۵ تا سال ۲۰۳۵ تالاب ها در سناریو توسعه طبیعی پایدار خواهند ماند و تحت ساخت و ساز اقتصادی تخریب می گردند و به طور پیوسته با سناریوی حفاظت از محیط زیست افزایش می یابد (۳۷).

همچنین در این تحقیق نقشه کاربری اراضی برای سال های ۲۰۲۱ و ۲۰۲۸ با مدل زنجیره مارکوف پیش بینی گردید. نتایج نشان داد که در فاصله زمانی ۲۰۲۸-۲۰۱۴ اراضی جنگلی و مراتع به ترتیب به میزان ۴/۹۲ و ۱/۷ درصد کاهش دارد. کاربری مسکونی ۸/۰۴ درصد افزایش و اراضی کشاورزی به مقدار ناچیزی تغییر خواهد داشت که بیانگر تغییرات کاربری به سمت اراضی مسکونی است (۳۲).

شبیه سازی و ارزیابی روند آینده تغییر کاربری زمین با استفاده از داده ها و مدل های زمانی-مکانی در آبخیز کوزه تپراقی در استان اردبیل انجام گرفت. در این مطالعه از تصاویر ماهواره ای لندست ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ بهره گرفته شد. برای شبیه سازی نقشه تغییر کاربری زمین در سال ۲۰۳۶ مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار و برای بررسی روند آینده کاربری زمین مدل ساز تغییر سرزمین به کار برده شد. نتایج نشان داد سطح کاربری های کشاورزی آبی ۸۰/۵۲ درصد، مرتع ۳۶/۹۰ درصد و زمین درختی ۵/۷۶ درصد افزایش خواهد یافت، و از سطح کاربری های کشاورزی دیم به میزان ۴۳/۴۳ درصد و سطح آب به میزان ۹۱/۴۰ درصد کاسته خواهد شد (۲).

به منظور ارزیابی روند تغییرات اراضی و پیش بینی پوشش اراضی حوزه شیرکوه در استان یزد از نقشه های کاربری اراضی با استفاده از تصاویر لندست در سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ به روش طبقه بندی نظارت شده حداکثر احتمال استفاده شد. همچنین روند تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۴ پیش بینی شد. نتایج پیش بینی پوشش اراضی در سال ۲۰۲۴ نشان داد که ۰/۵۵ درصد از کاربری کشاورزی، ۰/۸۲ درصد از مرتع غنی، ۰/۸۰ درصد مرتع فقیر، ۰/۵۱ درصد اراضی شهری و ۰/۹۷ درصد مناطق صخره ای و سنگلاخی بدون تغییر باقی می مانند. امکان تبدیل زمین های کشاورزی به مسکونی و مرتع فقیر ۰/۴۰ درصد است (۳).

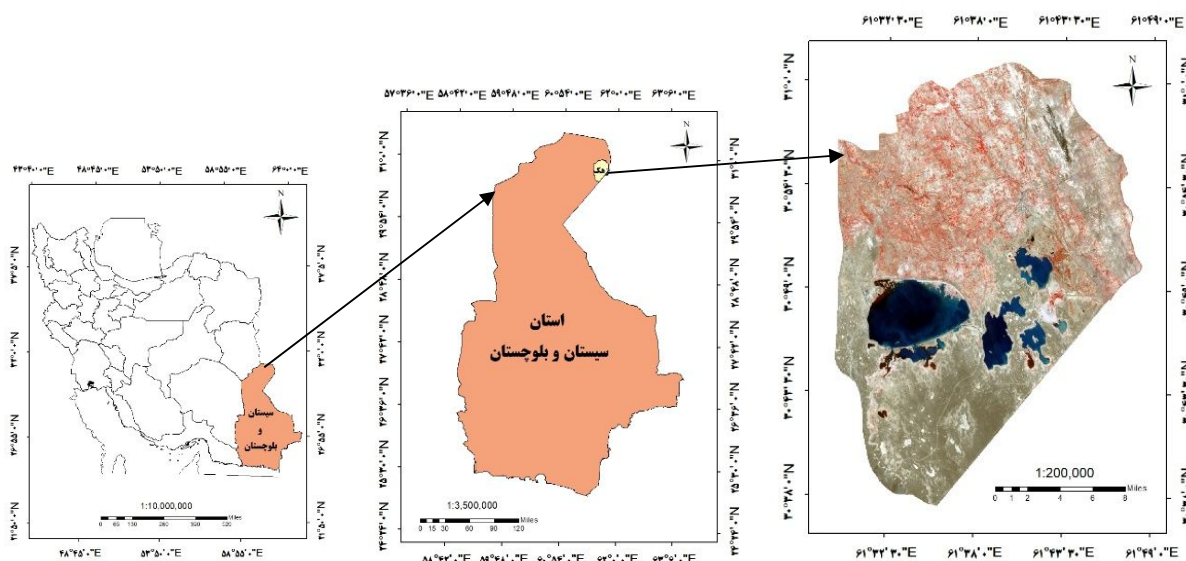
مطالعه ای تحت عنوان نظارت و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تلفیق مدل زنجیره مارکوف و سلول خودکار در قسمت جنوب شرقی منطقه هایلی در

منطقه مورد مطالعه (زهک) در بخش شمالی استان سیستان و بلوچستان و در قسمت شرقی دشت سیستان واقع شده و دارای وسعتی بالغ بر ۸۸۳۴۴ هکتار است، منطقه زهک در موقعیت جغرافیایی حداقل ۶۱ درجه و ۳۰ دقیقه و حداکثر ۶۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی حداقل ۳۰ درجه، ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه و حداکثر ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). اراضی منطقه، شیب بسیار جزئی بین ۲-۵ درصد داشته و فاقد پستی و بلندی قابل ملاحظه‌ای است. در این محدوده ارتفاع ۴۹۶ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. متوسط بارندگی سی ساله در ایستگاه زهک ۵۱/۲ میلی‌متر می‌باشد (۱۰).

هدف از پژوهش حاضر مدل‌سازی، پیش‌بینی و روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست از طریق مدل‌های تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار و مدل‌سازی تغییر سرزمین در منطقه زهک دشت سیستان می‌باشد. تا مبنای تغییرات احتمالی، مدیریت مناسب و پایدار در منطقه مورد بررسی اعمال شود.

### روش تحقیق

### منطقه مورد مطالعه



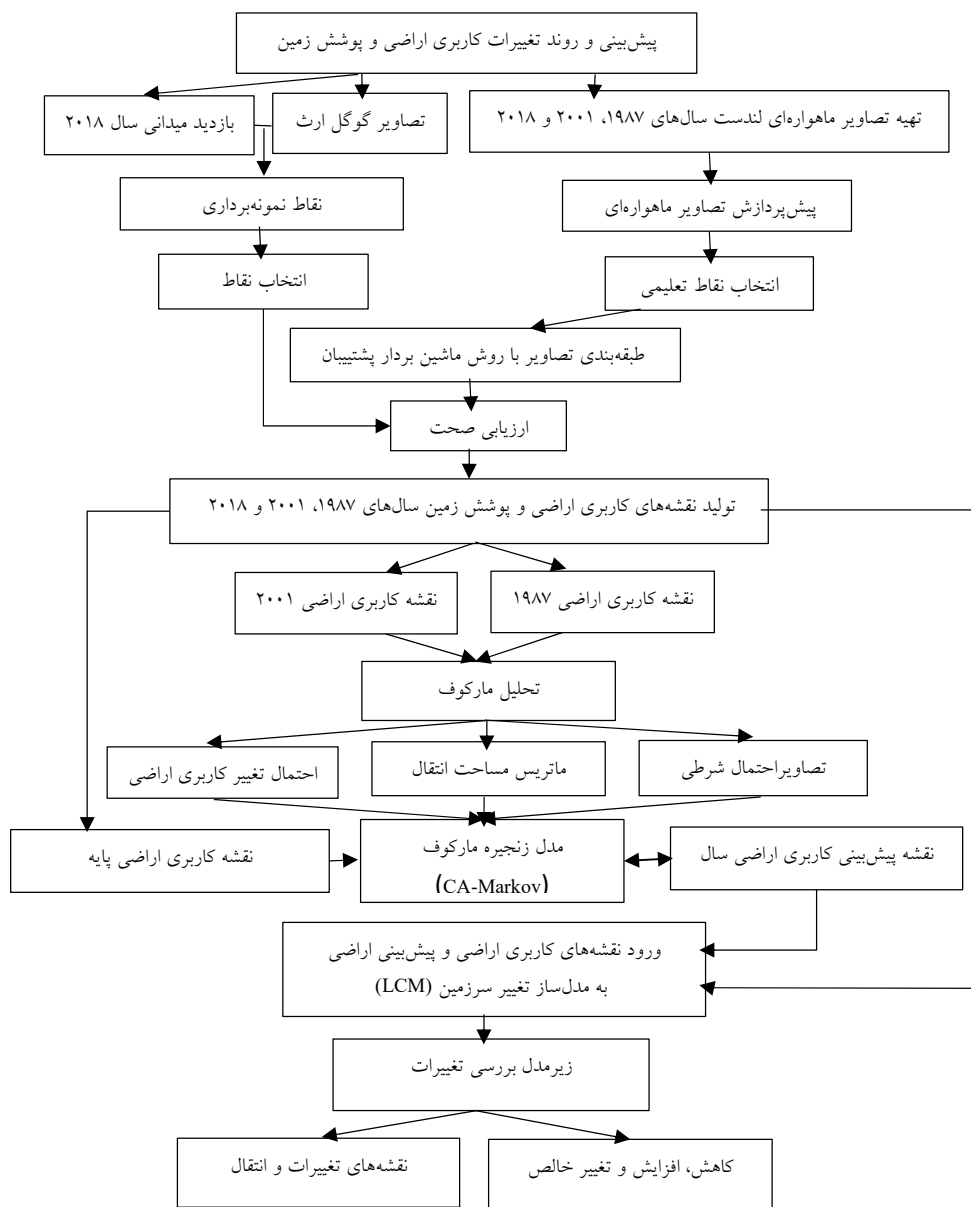
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه زهک دشت سیستان

Fig. 1. Geographical location of the Zahak area of Sistan Plain

### داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای در این مطالعه از ماهواره لندست طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ استفاده شد (جدول ۱). تصاویر مربوط به ماه ژوئن در دوره ۳۰ ساله، از وبسایت سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شد.

مراحل کلی اجرای تحقیق، شامل تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش اراضی و اجرای روش‌های، مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار و مدل‌سازی تغییر سرزمین طی مراحل شکل ۲ انجام پذیرفت.



شکل ۲. مراحل اجرای تحقیق  
 Fig. 2. Research implementation steps

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره ای استفاده شده در این مطالعه

Table 1. Specifications of satellite images used in this study

ماهواره Dataset	نوع سنجنده Dataset	ستون Column	سطر Row	تاریخ برداشت Date
لندست ۵ Landsat5	TM	۱۵۷	۰۳۹	۱۹۸۷/۰۶/۲۰
لندست ۵ Landsat5	TM	۱۵۷	۰۳۹	۲۰۰۱/۰۶/۲۶
لندست ۸ Landsat8	OLI	۱۵۷	۰۳۹	۲۰۱۸/۰۶/۰۹

### پیش پردازش تصاویرها و طبقه بندی کاربری اراضی

در مرحله پیش پردازش ابتدا اقدام به تصحیحات رادیومتری و اتمسفری جهت حذف خطاهای ناشی از سنجنده و اتمسفر در محیط نرم افزار انوی ۵.۳ گردید.

جهت شناسایی عوارض بر روی تصاویر ماهواره ای با استفاده از روش های ترکیب رنگی کاذب ۵۴۳ (لندست ۸) و ۴۳۲ (لندست ۵) به همراه بسط کنتراست نسبت به آشکارسازی اقدام شد. برای ارزیابی صحت طبقه بندی با استفاده از مشاهدات صحرایی (۲۰۱۸) و نرم افزار گوگل ارث (برای سال های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱) برای هر کدام از طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین نمونه های واقعی به صورت تصادفی از سطح منطقه تهیه شد و پس از پیاده سازی نمونه های واقعی بر روی تصویر، ماتریس خطای طبقه بندی استخراج شد. در این ماتریس مشخصات آماری شامل صحت تولیدکننده، صحت مصرف کننده، صحت کل و شاخص کاپا برای هر یک از طبقات کاربری اراضی محاسبه شد. ضریب کاپا صحت طبقه بندی را نسبت به یک طبقه بندی کاملاً تصادفی محاسبه می کند. از معروف ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا براساس رابطه ۱ به دست می آید (۱۱).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{i+})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{i+})} \quad [1]$$

در این رابطه، N تعداد کل مشاهده (مجموع نمونه های تصادفی نقطه ای مانند پیکسل های واقعیت زمینی)،  $X_{ii}$

مشاهدات در سطر i ام و ستون j ام،  $X_{ij}$  مجموع عناصر سطر i ام و  $X_{i+}$  مجموع عناصر ستون j ام. مقدار ضریب کاپا بین ۰ و ۱ متغیر است، به طوری که مقدار صفر به این معنی است که طبقه بندی بدون هیچ ضابطه ای و کاملاً تصادفی انجام شده است. اما مقدار ۱ نشان دهنده طبقه بندی کاملاً صحیح براساس نمونه های گرفته شده است.

### مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول های خودکار

در روش زنجیره مارکوف، تصاویر ماهواره ای پوشش زمین بر اساس ماتریس احتمال تغییرات مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. روش زنجیره مارکوف تصاویر پهنه بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می دهد. ماتریس احتمال تغییر نشان می دهد که به احتمال هر کلاس از کاربری اراضی طبقه بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت. در این روش ماتریس تغییرات ناحیه نشان می دهد که تغییر تعداد پیکسل هایی از یک کلاس کاربری اراضی به کلاس دیگر در یک دوره مشخص به چه میزان خواهد بود. در تحلیل زنجیره مارکوف از طبقه های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت های زنجیره استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می شود که ورودی های مدل نامیده می شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش بینی نیز در مدل در نظر گرفته می شود. خروجی مدل نیز

است (۱). مدل‌ساز تغییر سرزمین، نرم‌افزاری برای ایجاد توسعه پایدار بوم‌شناختی است که برای تشخیص مسئله مبرم و رو به افزایش تغییرات سرزمین و نیازهای تحلیلی حفظ تنوع زیستی طراحی و ساخته شده است و به صورت ابزار جانبی درون سامانه نرم‌افزاری ایدرسی وجود داشته، همچنین به صورت افزونه برای نرم‌افزار ArcGIS نیز در دسترس است. مدل‌ساز تغییر زمین، ابزاری را در اختیار قرار می‌دهد که به کمک آن می‌توان به ارزیابی و مدل‌سازی تجربی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر زیستگاه گونه‌ها و تنوع زیستی پرداخت (۴). همچنین مدل‌ساز تغییر سرزمین علاوه بر مدل‌سازی امکان تحلیل و نظارت بر تغییر را با نمودار افزایش و کاهش، نمودار تغییر خالص، نقشه‌های تغییر و روند تغییر کاربری را فراهم می‌کند (۲).

### نتایج

نقشه‌های کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در بازه زمانی ۳۰ ساله طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ تهیه شد. در این رابطه شش کاربری شامل زراعت آبی، پوشش درختی، منابع آب، منطقه مالچپاشی، تپه‌های ماسه‌ای و اراضی بایر به‌دست آمدند (شکل ۳).

شکل ۴ روند تغییرات مساحت کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۹۸۷ - ۲۰۱۸ را مشخص می‌نماید. به‌طوریکه در طی این سال‌ها کاربری‌های زراعت آبی و اراضی بایر دارای روند کاهشی و در کاربری‌های پوشش درختی، منابع آب، منطقه مالچپاشی و تپه‌های ماسه‌ای روند افزایشی مشاهده می‌گردد.

جهت تعیین دقت هریک از نقشه‌های به‌دست آمده، از شاخص ضریب کاپا استفاده شد. ضریب کاپا نشان‌دهنده قابل قبول بودن نقشه‌های کاربری اراضی است. طبق جدول ۲ میزان ضریب کاپا و صحت کلی، دقت بالای طبقه‌بندی انجام شده را نشان می‌دهد.

شامل احتمال تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (۱۸، ۳۳ و ۳۵).

زنجیره مارکوف دنباله‌ای از متغیرهای تصادفی  $X_1, X_2, X_3, \dots$  با فرآیند تصادفی است (رابطه ۲). اگر  $X[k]$  زنجیره مارکوف و  $P_{ij}$  احتمال انتقال از حالت  $i$  به  $j$  در یک زمان معین است.

$$P_{i,j} = \Pr (X[k+1] = j | X[k] = i) \quad [2]$$

در ماتریس احتمال انتقال، تغییر از یک کلاس به کلاس دیگر شرح داده می‌شود. این ماتریس می‌تواند نتیجه ترکیب متقابل دو تصویر به دلیل تغییر در یک کلاس به کلاس دیگر باشد. براساس اندازه ثبت شده در ماتریس احتمال انتقال، اطلاعات تبدیل پیکسل‌ها یا کلاس‌ها به سلول و یا کلاس دیگر به‌دست می‌آید (۳۰). این کار با ایجاد یک ماتریس احتمال انتقال تغییر کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌شود، که مبنای برنامه‌ریزی برای دوره زمانی آینده است (۳۴ و ۲۶). به‌بیان دیگر درحالی‌که فرآیند مارکوف پویایی زمانی بین رده‌های کاربری و پوشش زمین را با احتمال انتقال مهار می‌کند، اما سازوکار سلول‌های خودکار وجهه مکانی دارد و به قانون‌های محلی مرتبط با پیکربندی همسایگی می‌پردازد و همگام با احتمال انتقال پویایی‌های فضایی انواع کاربری زمین را معین می‌کند (۳۱). مدل سلول‌های خودکار می‌تواند با رابطه ۳ بیان می‌شود.

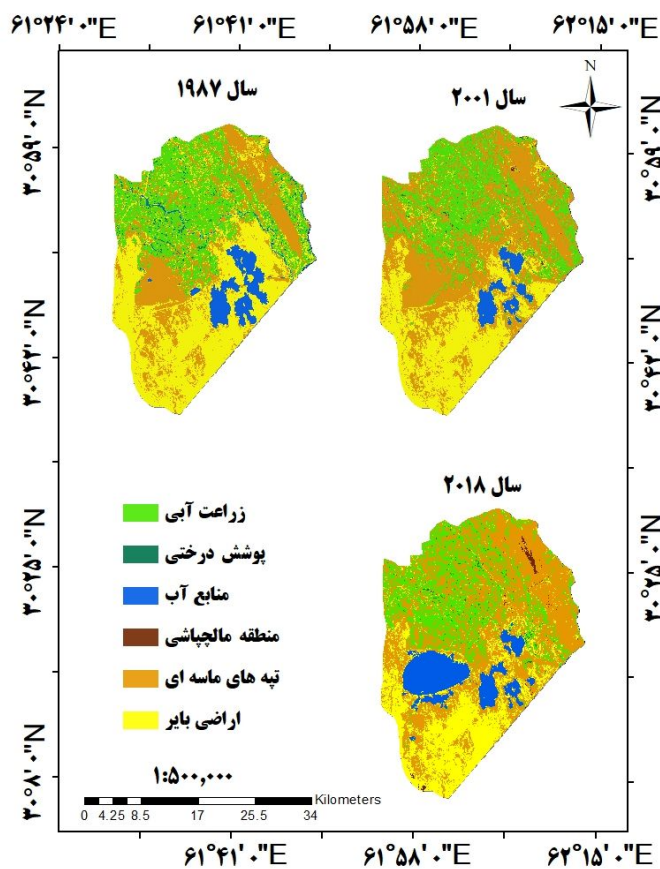
$$S(t, t+1) = f(S(t), N) \quad [3]$$

که در آن  $S$  مجموعه‌ای از حالات‌های سلولی محدود و گسسته،  $N$  میدان سلولی،  $t$  و  $t+1$  زمان‌های مختلف و  $f$  قانون تغییر حالت سلولی در فضای محلی (۲۸).

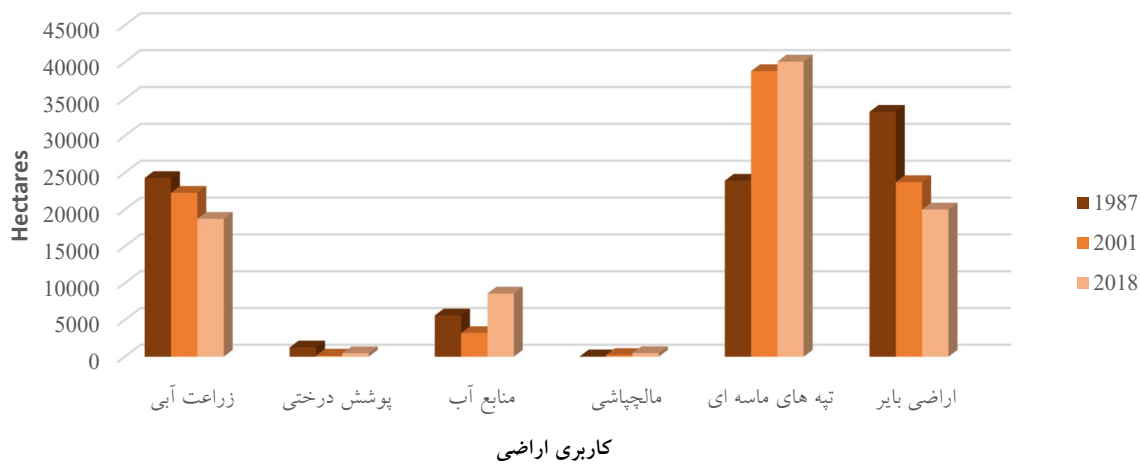
### مدل‌ساز تغییر سرزمین

آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی ابزاری ضروری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت





شکل ۳. نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸  
 Fig. 3. Land use map and land cover maps of 1987, 2001 and 2018



شکل ۴. تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی از سال‌های ۱۹۸۷ - ۲۰۱۸ (هکتار)  
 Fig. 4. Land use and Land cover change from 1987-2018 (hectares)

جدول ۲. ضریب کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین سال های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸

Table 2. Kappa coefficient and Overall accuracy for classified land use maps of 1987, 2001 and 2018

سال Year	۱۹۸۷	۲۰۰۱	۲۰۱۸
صحت کلی Overall accuracy	۹۹	۹۸	۹۹
ضریب کاپا Kappa coefficient	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۹۹

### مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

پس از اجرای تحلیل زنجیره مارکوف بر روی دو نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی به دست آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، ماتریس احتمال انتقال، ماتریس مساحت انتقال یافته و چند تصویر احتمال شرطی ایجاد شد. تصاویر احتمال شرطی حاصل از تحلیل زنجیره مارکوف، از ماتریس احتمال انتقال به دست آمده است و احتمال اینکه هر نوع پوشش زمین در هر موقعیت مکانی در آینده یافت می‌شود را

بیان می‌کند. که براساس دو تصویر پوشش زمین قبلی نقشه-سازي شده است. برای مدل‌سازی تغییر کاربری و پوشش زمین با مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار، ماتریس مساحت انتقال و ماتریس احتمال انتقال با نقشه طبقه‌بندی سال ۲۰۰۱ و ۱۹۸۷ به دست آمد. ماتریس مساحت انتقال ۲۰۰۱-۱۹۸۷ ورودی به مدل سلول‌های خودکار معرفی شد (جدول ۳) تا نقشه پیش‌بینی سال ۲۰۱۸ به دست آید.

جدول ۳. ماتریس مساحت انتقال یافته تغییر کاربری ۲۰۰۱-۱۹۸۷ با زنجیره مارکوف (هکتار)

Table 3. Area transfer matrix land use change 1987 - 2001 with Markov chain (hectare)

کاربری اراضی Land use	زراعت آبی Watery agriculture	پوشش درختی Tree cover	منابع آب Water resources	منطقه مالچپاشی Mulching area	تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes	اراضی بایر Barren lands
زراعت آبی Watery agriculture	۱۲۳۶۰۰	۶۹۹	۱	۱۰۳۱	۱۱۰۸۷۶	۱۱۲۴۴
پوشش درختی Tree cover	۹۵۶	۸	۰	۱۰	۵۵۱	۸۵
منابع آب Water resources	۳۷۲۹	۴۵	۱۶۸۲۲	۲۸	۱۱۸۲۶	۳۱۴۹
منطقه مالچپاشی Mulching area	۹۱۴	۵	۰	۱۳	۱۲۴۴	۴۶۲
تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes	۸۵۳۶۵	۳۰۲	۱۴۳	۹۰۵	۳۱۹۰۹۷	۲۴۹۹۴
اراضی بایر Barren lands	۲۷۵۹۹	۱۳۴	۵۹	۵۲۱	۸۸۷۷۶	۱۴۶۶۳۲

درختی نیز به میزان ۸ هکتار، منابع آب به میزان ۱۶۸۲۲ هکتار، منطقه مالچپاشی با سطح ۱۳ هکتار، تپه‌های ماسه‌ای به اندازه ۳۱۹۰۹۷ هکتار و اراضی بایر به مقدار ۱۴۶۴۳۲ هکتار در سال ۱۹۸۷، در سال ۲۰۰۱ باقی می‌ماند. اما در کاربری زراعت آبی به میزان ۶۹۹ هکتار به کاربری پوشش درختی، ۱ هکتار به کاربری منابع آب، ۱۰۳۱ هکتار به کاربری منطقه مالچپاشی، ۱۱۰۸۷۶ هکتار به کاربری تپه‌های ماسه‌ای و ۱۱۲۴۴ هکتار به کاربری اراضی بایر در سال ۲۰۰۱ تبدیل خواهد شد

در ماتریس مساحت انتقال، ردیف نشان‌دهنده پوشش زمین در دوره اول و ستون نشان‌دهنده پوشش زمین در دوره دوم است. همچنین اعدادی که در قطر ماتریس قرار دارند بیانگر مقدار مساحتی از کاربری و پوشش اراضی است. در سال ۱۹۸۷، که در سال ۲۰۰۱ در همان کاربری باقی خواهند ماند. جدول ۳، ماتریس مساحت انتقال یافته کلاس‌های پوشش اراضی سال ۲۰۰۱ - ۱۹۸۷ را نشان می‌دهد. براساس نتایج کاربری‌های زراعت آبی با سطح ۱۲۳۶۰۰ هکتار، پوشش

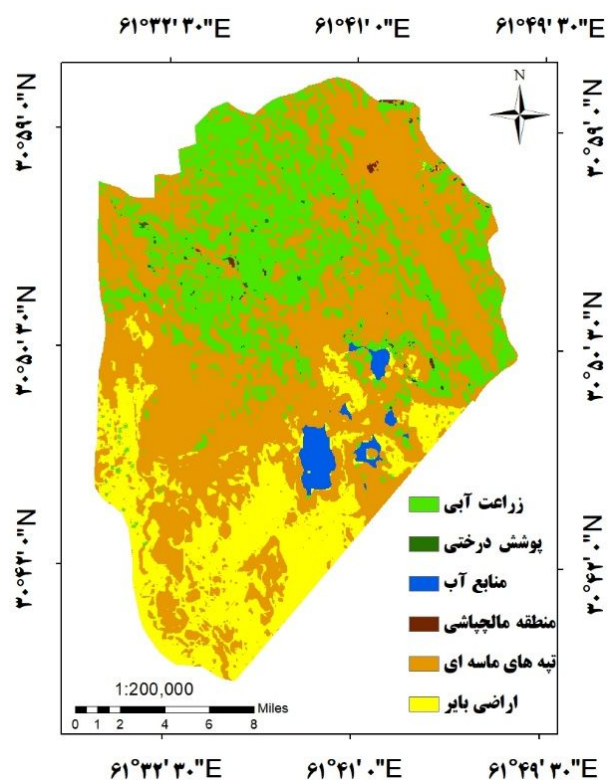
جدول ۴. ماتریس احتمال انتقال پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۱۸ با طبقه‌بندی ۲۰۰۱-۱۹۸۷ (درصد)

Table 4. Predicted transfer probability matrix for 2018 with 1987 - 2001 classification (Percentage)

اراضی بایر Barren lands	تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes	منطقه مالچپاشی Mulching area	منابع آب Water resources	پوشش درختی Tree cover	زراعت آبی Watery agriculture	کاربری اراضی Land use
۰/۰۴	۰/۴۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۵	زراعت آبی Watery agriculture
۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۶	پوشش درختی Tree cover
۰/۰۹	۰/۳۳	۰/۰۰۰۸	۰/۴۷	۰/۰۰۱	۰/۱	منابع آب Water resources
۰/۱۷	۰/۴۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۳	منطقه مالچپاشی Mulching area
۰/۰۶	۰/۷۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۷	۰/۲	تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes
۰/۵۵	۰/۳۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۱	اراضی بایر Barren lands

درصد به کاربری تپه‌های ماسه‌ای و ۰/۰۴ درصد به کاربری اراضی بایر در سال ۲۰۱۸ تبدیل خواهد شد. در مرحله بعد خروجی‌های مدل مارکوف (ماتریس مساحت انتقال) و مجموعه نقشه‌های احتمال شرطی (نقشه‌های شایستگی) به-عنوان ورودی‌های مدل سلول‌های خودکار به مدل معرفی شد. علاوه بر آن نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی ۲۰۰۱ تحت تصویر پایه و تعداد دوره ۱۷ سال، ورودی به مدل تعریف شد. در نهایت نقشه پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۸ (شکل ۵) تهیه شد.

جدول ۴ ماتریس احتمال انتقال، احتمال اینکه هر نوع کاربری زمین در یک دوره زمانی معین در آینده مربوط به هر نقطه در تصویر باشد را گزارش می‌دهد. با توجه به نتیجه جدول فوق به احتمال ۰/۵ درصد از کاربری زراعت آبی در سال ۲۰۰۱ در همان کاربری زراعت آبی در سال ۲۰۱۸ باقی خواهد ماند و از کاربری زراعت آبی در سال ۲۰۰۱ به میزان ۰/۰۰۲ درصد به کاربری پوشش درختی، ۰/۰۰ درصد به کاربری منابع آب، ۰/۰۰۴ درصد به کاربری مالچپاشی، ۰/۴۵



شکل ۵. نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۲۰۱۸ با مدل CA Markov  
 Fig. 5. Predicted Land use and Land cover map of 2018 with CA Markov

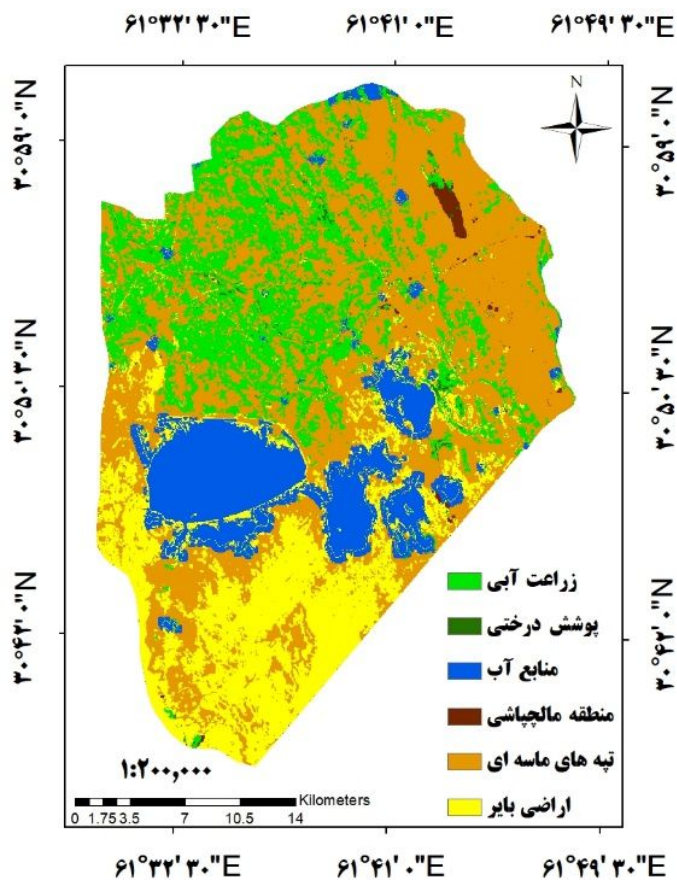
جدول ۵. ماتریس احتمال انتقال پیش‌بینی شده برای سال ۲۰۳۰ با طبقه‌بندی ۲۰۰۱ - ۲۰۱۸ (درصد)

Table 5. Predicted transfer probability matrix for 2030 with 2001 - 2018 classification (Percentage)

کاربری اراضی Land use	زراعت آبی Watery agriculture	پوشش درختی Tree cover	منابع آب Water resources	منطقه مالچپاشی Mulching area	تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes	اراضی بایر Barren lands
زراعت آبی Watery agriculture	۰/۵۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۸	۰/۰۲
پوشش درختی Tree cover	۰/۷۵	۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱
منابع آب Water resources	۰/۰۰	۰/۰۰۰۱	۰/۹۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۷	۰/۰۱
منطقه مالچپاشی Mulching area	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۰	۰/۱	۰/۲۷	۰/۱۴
تپه‌های ماسه‌ای Sand dunes	۰/۱۴	۰/۰۰۲	۰/۱۰	۰/۰۰۹	۰/۷	۰/۰۴
اراضی بایر Barren lands	۰/۰۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۱۹	۰/۷۷

(شکل ۶). ضریب کاپا یه دست آمده حاصل از پیش بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش اراضی به میزان ۰/۹۰ می باشد.

جدول ۵ ماتریس احتمال انتقال کلاس های پوشش اراضی از نقشه ۲۰۱۸ - ۲۰۰۱ با فاصله زمانی ۱۷ سال را نشان می دهد تا با استفاده از این ماتریس احتمالی، نقشه سال ۲۰۳۰ (۱۲ سال آینده) پیش بینی و وضعیت کلاس ها مشخص شود



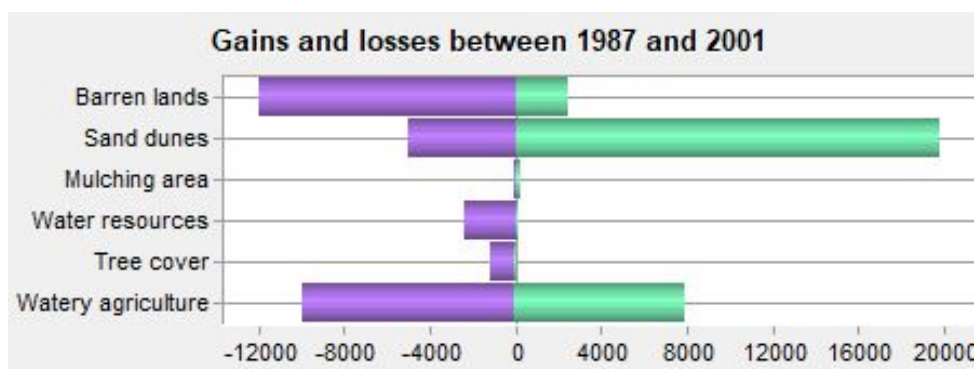
شکل ۶. نقشه پیش بینی کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۲۰۳۰ با مدل CA Markov

Fig. 6. Predicted Land use and Land cover map of 2030 with CA Markov

پوشش درختی ۱۱۱۷ هکتار، منابع آب ۲۳۹۱ و اراضی بایر ۹۵۳۵ هکتار کاهش یافته است و مساحت کاربری های منطقه مالچپاشی ۱۹۲ هکتار و تپه های ماسه ای ۱۴۸۶۴ هکتار افزایش را نشان می دهد.

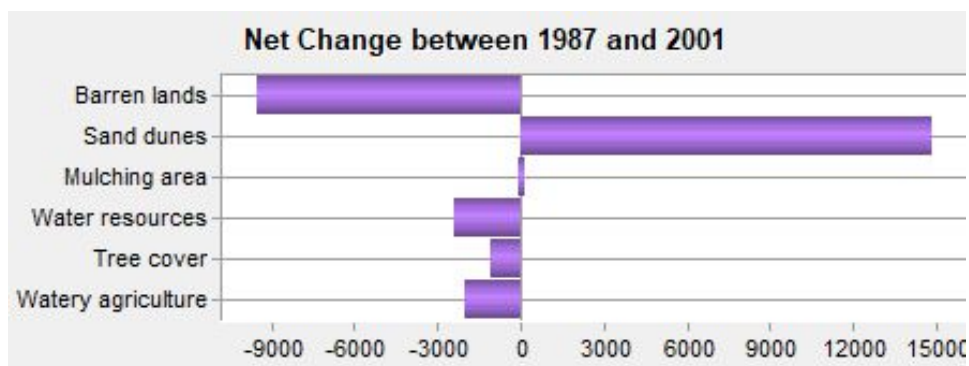
#### مدل ساز تغییر سرزمین

شکل های ۷ و ۸ تغییرات کاربری های اراضی را در منطقه مورد مطالعه طی بازه زمانی ۲۰۰۱ - ۱۹۸۷ را آشکار می نماید. براین اساس سطح کاربری های زراعت آبی ۲۰۱۳ هکتار،



شکل ۷. کاهش و افزایش مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۱۹۸۷ - ۲۰۰۱ (هکتار)

Fig. 7. The decrease and increase of the area of use between 1987-2001 (hectares)

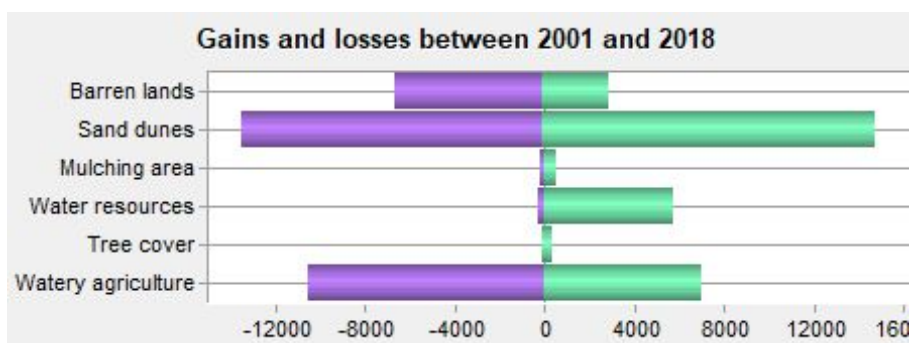


شکل ۸. تغییر خالص مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۱۹۸۷ - ۲۰۰۱ (هکتار)

Fig. 8. Net change of land use area between 1987-2001 (hectares)

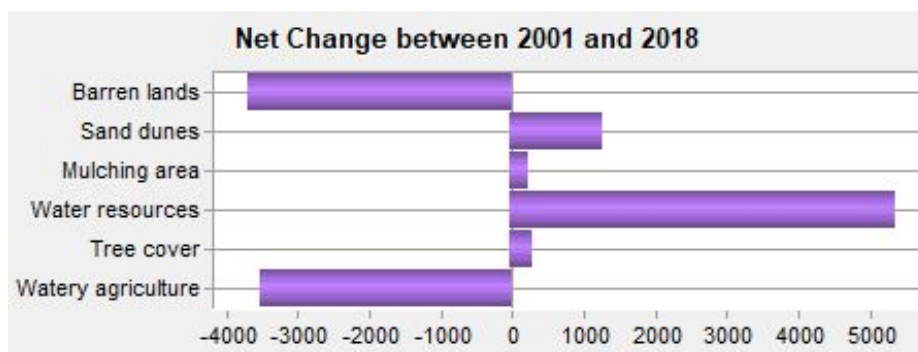
کاربری‌های پوشش درختی ۳۱۳ هکتار، منابع آب ۵۳۸۵ هکتار، منطقه مالچپاشی ۲۴۷ هکتار و تپه‌های ماسه‌ای با ۱۲۹۵ هکتار افزایش را نشان می‌دهد.

شکل‌های ۹ و ۱۰ تغییرات کاربری‌های اراضی را در منطقه مورد مطالعه طی بازه زمانی ۲۰۱۸ - ۲۰۰۱ را آشکار می‌نماید. براین اساس سطح کاربری‌های زراعت آبی ۳۵۳۳ هکتار و اراضی بایر ۳۷۰۷ هکتار کاهش یافته است و مساحت



شکل ۹. کاهش و افزایش مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۲۰۰۱ - ۲۰۱۸ (هکتار)

Fig. 9. The decrease and increase of the area of use between 2001-2018 (hectares)

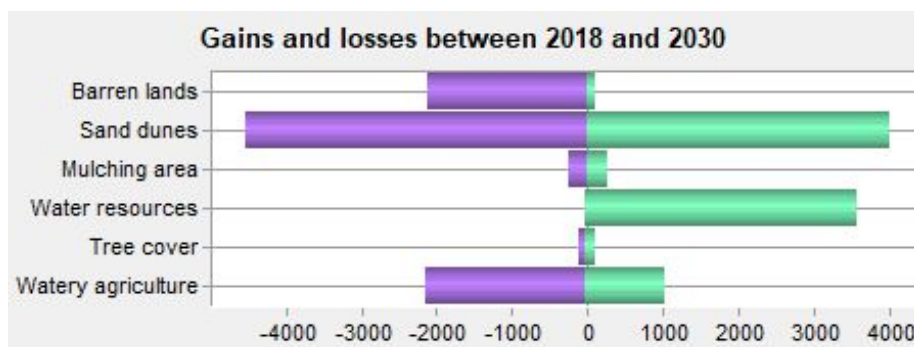


شکل ۱۰. تغییر خالص مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۲۰۰۱ - ۲۰۱۸ (هکتار)

Fig. 10. Net change of land use area between 2001-2018 (hectares)

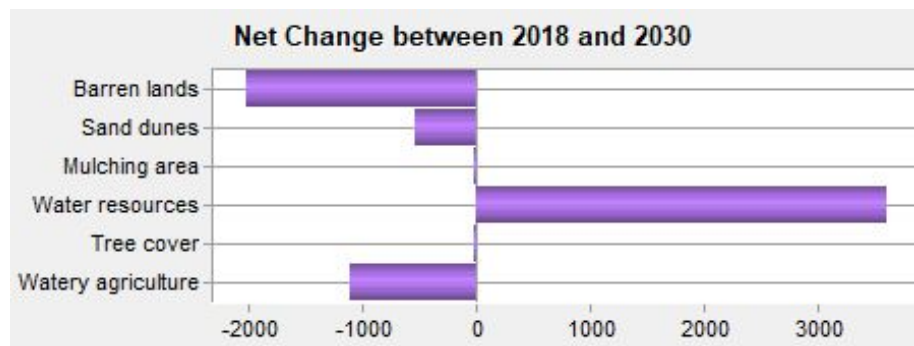
هکتار کاهش می‌یابد. مساحت کاربری‌های پوشش درختی ۱۶ هکتار، منابع آب ۳۶۰۷ هکتار، منطقه مالچپاشی ۲۳ هکتار افزایش خواهد یافت.

شکل‌های ۱۱ و ۱۲ پیش‌بینی تغییرات کاربری‌های اراضی در منطقه مورد بررسی طی بازه زمانی ۲۰۱۸ - ۲۰۳۰ را بیان می‌کند. به طوری که سطح کاربری‌های زراعت آبی به میزان ۱۰۹۸ هکتار، تپه‌های ماسه‌ای ۵۲۷ هکتار و اراضی بایر ۲۰۲۰



شکل ۱۱. کاهش و افزایش مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۲۰۱۸ - ۲۰۳۰ (هکتار)

Fig. 11. The decrease and increase of the area of usea between 2018-2030 (hectares)

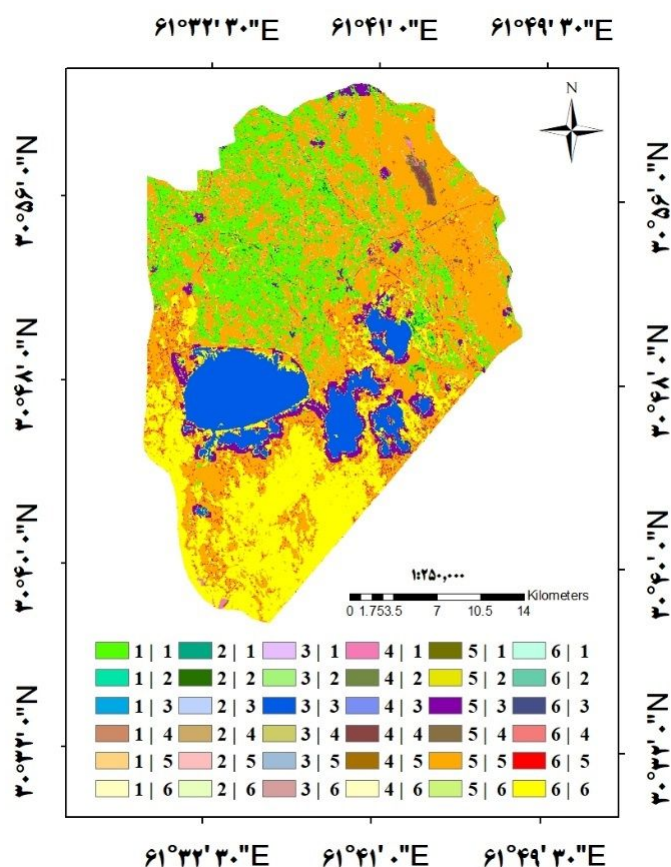


شکل ۱۲. تغییر خالص مساحت کاربری‌ها بین سال‌های ۲۰۱۸ - ۲۰۳۰ (هکتار)

Fig. 12. Net change of land use area between 2018-2030 (hectares)

کاربری اراضی پوشش درختی، کد ۳ شامل کاربری اراضی منابع آب، کد ۴ مربوط به کاربری اراضی منطقه مالچپاشی، کد ۵ متعلق به کاربری اراضی تپه‌های ماسه‌ای و کد ۶ شامل کاربری اراضی بایر می‌باشد.

شکل ۱۳ آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و تبدیل انواع مختلف کاربری‌های و پوشش‌های اراضی به یکدیگر را بین سال‌های ۲۰۱۸ - ۲۰۳۰ نشان می‌دهد. لازم به ذکر است کد ۱ مربوط به کاربری اراضی زراعت آبی، کد ۲ شامل



شکل ۱۳. آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی بین سال‌های ۲۰۱۸ - ۲۰۳۰

Fig 13. Detection in land use between 2018-2030

های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ به‌عنوان ورودی مدل تلفیقی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار و مدل‌ساز تغییر سرزمین مورد مطالعه قرار گرفتند. بررسی تغییرات در دوره زمانی ۲۰۰۱ - ۱۹۸۷، از سطح کاربری‌های زراعت آبی ۲۰۱۳ هکتار، پوشش درختی ۱۱۱۷ هکتار، منابع آب ۲۳۹۱ و اراضی بایر ۹۵۳۵ هکتار کاسته شده است. دلیل عمده این تغییرات، وجود نوسانات اقلیمی و خشک‌سالی‌های هیدرولوژیکی ناشی از عدم جریان آب در رودخانه فصلی هیرمند است. در این حین بر

### بحث و نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات کاربری اراضی در راستای دستیابی به مدیریت پایدار بهره‌برداری از زمین، در کشورهای درحال توسعه امری حیاتی بشمار می‌رود (۲۵). همچنین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای ارائه دید کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی در بلندمدت بسیار مؤثر است (۱۶). لذا در تحقیق حاضر جهت پیش‌بینی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی در بازه زمانی سال-



همکاران (۱۴) و اسکندری دامنه و همکاران (۱۲)، با تحقیق حاضر مطابقت ندارد زیرا به علت شرایط اقلیمی نرمال روند تغییرات در کاربری‌های کشاورزی و اراضی درختی افزایشی و در اراضی بایر کاهش می‌باشد.

پیش‌بینی و روند تغییرات، در دوره زمانی ۲۰۳۰ - ۲۰۱۸ بیان‌گر کاهش سطح کاربری‌های زراعت آبی به میزان ۱۰۹۸ هکتار، تپه‌های ماسه‌ای ۵۲۷ هکتار و اراضی بایر ۲۰۲۰ هکتار می‌باشد. نتیجه این پیش‌بینی مطابقت با تحقیق فتحی‌زاد و همکاران (۲۰۱۸)، زبیر (۳۸) و بالزتر (۶) دارد. در این بازه زمانی کاربری‌های پوشش درختی ۱۶ هکتار، منابع آب ۳۶۰۷ هکتار و منطقه مالچ‌پاشی ۲۳ هکتار افزایش خواهد یافت. لازم به توضیح است منابع آب موجود در منطقه مورد مطالعه برای شرب ساکنان دشت سیستان استفاده می‌گردد. اما کشاورزان در دوران خشک‌سالی جهت رفع نیاز، از آب‌های زیرسطحی موجود با حفر چاهک در منطقه مورد بررسی بهره‌برداری می‌نمایند.

نتایج حاصل از این تحقیق با بررسی فلاح‌تکار و همکاران (۱۳) هم‌سو می‌باشد. به‌طوری‌که مدیریت منطقه بر مبنای سناریوی تغییرات- محدودیت می‌تواند منجر به حفظ بیشتر اکوسیستم‌های طبیعی شود و باید از تغییر کاربری و پوشش اراضی جلوگیری نمود. لذا اعمال مدیریت و کنترل تغییر کاربری و پوشش اراضی در منطقه مورد مطالعه منجر به مدیریت پایدار و دستیابی به حداقل خسارت‌های محیط زیستی ناشی از تغییر کاربری اراضی خواهد شد.

وسعت عرصه‌های تپه‌های ماسه‌ای به میزان ۱۴۸۶۴ هکتار و منطقه مالچ‌پاشی به میزان ۱۹۲ هکتار جهت مهار و کنترل فرسایش بادی افزوده شده است. در طی سال‌های ۲۰۱۸ - ۲۰۰۱، به علت تداوم خشک‌سالی‌های هیدرولوژیک در دشت سیستان، سطح کاربری‌های زراعت آبی به میزان ۳۵۳۳ هکتار و اراضی بایر ۳۷۰۷ هکتار کاهش یافته است و با توجه به احداث چاه‌نیمه چهارم جهت ذخیره آب و جبران کمبود آب شرب در دوران خشک‌سالی، منابع آب به میزان ۵۳۸۵ هکتار افزایش را نشان می‌دهد. در نتیجه خشک‌سالی‌های متوالی در منطقه و خشک شدن بستر تالاب بین‌المللی هامون و تبدیل آن به کانون بحرانی فرسایش بادی، برداشت و حمل ذرات گردوغبار و ترسیب آن‌ها به مناطق پایین دست مشاهده می‌شود که منجر به افزایش عرصه‌های کاربری و پوشش اراضی تپه-های ماسه‌ای به مقدار ۱۲۹۵ هکتار و اجرای پروژه مالچ‌پاشی در مناطق بحرانی فرسایش بادی کاربری منطقه مالچ‌پاشی به میزان ۲۴۷ هکتار افزایش یافته است.

در نتیجه می‌توان به ارتباط بین وقوع خشک‌سالی و تغییرات کاربری و پوشش اراضی اشاره نمود. این نتیجه هم‌سو با بررسی‌های صورت گرفته توسط محمدی و همکاران (۲۴)، میرعلیزاده‌فر و همکاران (۲۲)، میرحسینی و همکاران (۲۳) و فتحی‌زاد و همکاران (۱۶) می‌باشد. به‌طوری‌که روند تغییرات مساحت کاربری‌های کشاورزی و پوشش درختی در شرایط خشک‌سالی کاهش و مساحت کاربری اراضی بایر و تپه‌های ماسه‌ای افزایش یافته است. اما نتایج حاصل از بررسی‌های آقایی و همکاران (۲)، چاودوری و همکاران (۹)، فرامرزی و

#### منابع مورد استفاده

1. Abdelahei A.H, Khabazi M, Dorrani Z. 2019. Modeling and predicting land use changes in Lahijan with a sustainable development approach. Journal of Sustainable city, 2(4): 17-30. (In Persian).
2. Aghaei M, Khavarian H, Mostafazadeh R. 2020. Prediction of land use changes using the CA-Markov and LCM models in the Kozeh-topraghi watershed in the Province of Ardabil. Watershed Management Research, 33(128): 91-107. (In Persian).
3. Arabi AliAbad F. Zare M, Ghafarian Malmiri H. R. 2021. Predicting land cover changes using the combined Markov chain and Automated cells (Case study: Shirkooh Basin). Geography and development, 19(62): 251-266. (In Persian).
4. Arekhi S. 2014. Predicting the trend of spatial land use changes using LCM model in GIS environment (Case study: Sarableh area). 2014. Research on protection and conservation of forests and rangelands in Iran, 12(1): 1-19. (In Persian).
5. Bakr N. 2010. Monitoring land cover changes in a newly reclaimed area of Egypt using multitemporal Landsat data. Applied Geography, 30(4): 592-605.

6. Balzter H. 2000. Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling*, 126(2): 139-154.
7. Chaudhary B.S, Saroha G.P, Yadav M. 2008. Human Induced Land Use Land Cover Changes in Northern Part of Gurgaon District, Haryana, India: Natural Resources Census Concept. *Journal of Human Ecology*, 23(3): 243-252.
8. Cheruto M.C, Kauti M.K, Kisangau P.D, Kariuk P. 2016. Assessment of Land Use and Land Cover Change Using GIS and Remote Sensing Techniques: A Case Study of Makueni County, Kenya. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 5(4): 1- 6.
9. Chowdhury M, Hasan M. E, Abdullah-Al Mamun M.M. 2020. Land use/land cover change assessment of Halda watershed using remote sensing and GIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1): 63-75.
10. Comprehensive Consulting Engineers of Iran. 2004. Comprehensive studies of desertification and combating wind erosion in Sistan plain. 302 p. (In Persian).
11. Das S, Angadi D. 2020. Land use-land cover (LULC) Transformation and its Relation with Land Surface Temperature Changes: A Case Study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19: 1-28.
12. Eskandari Dameneh H, Khosravi H, Abolhasani A. 2019. Assessing the Effect of Land Use Changes on Groundwater Quality of Zarand Plain using Satellite Images and Geostatistical. *Journal of Natural Environmental Hazards (JNEH)*, 8(20): 67-82. (In Persian).
13. Falahatkar S, Hosseini S.M, Maheini H, Hauobi Sh. 2016. Predicting land use changes using LCM model. *Environmental research*, 7(13): 3-361. (In Persian).
14. Faramarzi M, Amini D, Mirzaei N, Mosavi M. 2020. Assessment of relationships among groundwater level, drought and land-use changes (Case Study: Eyvan County, Ilam Province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 13(1): 25-43. (In Persian).
15. Fatehelahi Rodbari, S.M, Khan Mohammadi M, Nasir Ahmadi K. 2018. Modeling land use change using land change modeling (LCM) case study of Neka city. *Natural ecosystems of Iran*, 9(1): 53-69. (In Persian).
16. Fathizad H, Karimi H, Tazeh M, Tavakoli. 2014. Prediction of Land Use and Land Cover Changes in Arid and Semi-Arid Regions Using Satellite Images and Markov Chain Models (Case study: Doviraj Basin, Ilam Province). *Desert manangement*, 2(3): 61-76. (In Persian).
17. Fathizad H, Zare M, Karimi H, Khanamani A. 2018. Spatio-temporal Modeling of Landscape Changes using Markov Chain Compilation Model and Automated Cells (Case Study: Arid and Semi-Arid Area Dehloran). *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 8(1): 11-26.
18. Kohonen T. 1996. *Self-Organization and Associative Memory*, Springer-Velag, 312p.
19. Lambin E.F. 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21: 375–393.
20. Mas J. F, Kolb M, Paegelow M, Camacho Olmedo M.T. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling and software*, 51: 94-111.
21. Meshesha T.W, Tripathi S.K, Khare D.M. 2016. Analyses of land use and land cover change dynamics using GIS and remote sensing during 1984 and 2015 in the Beressa Watershed Northern Central Highland of Ethiopia. *Model. Earth Syst. Environ*, 2: 1–12.
22. Mir Alizadehfard S. R, Alibakhshi S.M. 2016. Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam). *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 7(2): 33- 45. (In Persian).
23. Mirhosseini S.M, Jamali A.A, Hosseini S.Z. 2016. Investigating and Predicting the Extension of Dunes Using Land Change Modeler (LCM) in the North West of Yazd, Iran. *Desert*, 21(1): 76-90.
24. Mohammadi Sh, Habashi Kh, Pourmanafi S. 2018. Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 9(1): 24-39. (In Persian).
25. Msofe N.K, Sheng L, Lyimo J. 2019. Land use change trends and their driving forces in the Kilombero Valley Floodplain, Southeastern Tanzania. *Sustainability*, 11(2): 505.
26. Mukhopdhaya S. 2016. Land Use and Land Cover Change Modelling Using CA-Markov Case Study: Deforestation Analysis of Doon Valley. 3(1):1-5.
27. Munthali M.G, Mustak S, Adeola A, Botai J, Singh S.K, Davis N. 2020. Modelling land use and land cover dynamics of Dedza district of Malawi using hybrid Cellular Automata and Markov model. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 17: 1-12.
28. Onwuka S, Eneche P, Ismail N. 2017. Geospatial Modeling and Prediction of ILand Use/Cover Dynamics in Onitsha Metropolis, Nigeria: A Sub-pixel Approach. *Current J Appl Sci TechnolJournal of Applied Science and Technology*, 22(6):1–18.
29. Parker D.C, Manson S.M, Deadman M.J. 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.

30. Patil SP, Jamgade MB. 2019. regular issue. Int J Innov Technol Explor Eng, 8(10):484-490.
31. Reddy CS, Singh S, Dadhwal VK, Jha CS, Rao NR, Diwakar PG. 2017. Predictive modelling of the spatial pattern of past and future forest cover changes in India. J Earth Syst Science, 26(1): 1-16.
32. Salehi N, Ekhtesasi M.R, Talebi A. 2019. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed). Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, 10 (11): 106-120. (In Persian).
33. Stephenne N, Lambin E. 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). Agriculture, Ecosystems & Environment, 85(1): 145-161
34. Surabuddin Mondal M, Sharma N, Kappas M, Garg PK. 2019. CA Markov modeling of land use land cover dynamics and sensitivity analysis to identify sensitive parameter(s). Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Science, 13:723-729.
35. Weng Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. Journal of Environmental Management, 64(3): 273-284.
36. Yasmine M, Pedro C, Joel S Mario C. 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.
37. Zhang Z, Baoqing H, Weiguo J, Haihong Q. 2021. Identification and scenario prediction of degree of wetland damage in Guangxi based on the CA-Markov model. Ecological Indicators, 127: 1-13.
38. Zubair AO. 2006. Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS, (A case study of Ilorin and its environs in Kwara State), The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science, 44 pp.



## Prediction and trendtion of land use changes and land cover using integrated methods of Markov chain and automated cells and land change modeler in Sistan plain

Zohreh Hashemi<sup>1</sup>, Hamid Sodaeizadeh<sup>1,2\*</sup>, Mohammad Hossein Mokhtari<sup>2</sup>, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani<sup>2</sup>, Kazem Kamali Aliabadi<sup>2</sup>

Received: 2022-08-02 / Accepted: 2022-09-08 / Published: 2024-01-16

### Abstract

In optimal planning and management of natural resources, knowledge of how land cover changes and land use and the factors that cause it are very necessary. In this field, remote sensing data have high potential to study temporal and spatial changes in land cover and land use. The purpose of presence study is prediction and assessment of the trend of land use changes and land cover in Zahak area of Sistan plain. For this purpose, land use and cover maps were prepared from landsat satellite images using support vector machine method of supervised classification in 1987, 2001 and 2018. Then, using the land use map in 1987 and 2001, land cover in 2018 was predicted. Land use maps for 2001 and 2018 and land cover for 2030 was predicted using integrated method of Markov chain and automated cells. To analyze the trend of land use changes and land cover since 1987- 2001, 2001- 2018 and 2018- 2030, Land change modeler was used. hectares and barren lands 9535 hectares has decreased since 1987- 2001. Also, the mulching area uses area 192 Results indicated that areas of watery agriculture 2013 hectares, tree cover 1117 hectares, water areas 2391

hectares, and sand dunes 14864 hectares were increased. During the period 2001- 2018, the areas of watery agriculture land uses 3533 hectares and barren lands 3707 hectares has decreased and uses area tree cover 313 hectares, water areas 5385, mulching area 247 hectares, and sand dunes 1295 hectares were increased. In the forecasting the time period 2018- 2030, the area of uses watery agriculture will be 1098 hectares, sand dunes 527 hectares, and barren lands 2020 hectares are reduced. In this forecast, land use of tree cover 16 hectares, water area 3607 hectares, and mulching area 23 hectares will increase.

**Statement of the Problem:** The ever increasing changes in land use and the need for managers and experts to be aware of the changes and transformations that have occurred policy making and solutions to solve the existing problem. Revealing the changes seems necessary to determine the process of changes over time. On the other hand, predicting and modeling future changes is also important to know the quantity and quality of possible changes.

Zohreh Hashemi<sup>1</sup>, Hamid Sodaeizadeh<sup>1,2\*</sup>, Mohammad Hossein Mokhtari<sup>2</sup>, Mohammad Ali Hakimzadeh Ardakani<sup>2</sup>, Kazem Kamali Aliabadi<sup>2</sup>

1. Department of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran

2. Associate Professor, Department of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran

DOI: 10.30495/girs.2022.694601

e-mail: [hsodaie@yazd.ac.ir](mailto:hsodaie@yazd.ac.ir)

**Purpose:** Modeling, forecasting and trends of land use changes using landsat satellite images through integrated Markov chain models and automatic cells and land change modeler in the Zahak area of the Sistan plain. In order to apply the basis of possible changes, appropriate and sustainable management in for the investigated area.

**Methodology:**The present study was conducted in the Zahak area with area of 88344 hectares in the eastern

part of the Sistan plain. The ZAHAK is located at a minimum of 61 degrees 30 minutes and maximum of 61 degrees and 45 minutes of eastern longitude and at a minimum of 30 degrees, 36 minutes and 45 seconds and a maximum of 30 degrees and 59 minutes of northern latitude. In this study, images of Landsat satellites TM (1987 and 2001) and OLI (2018) of the United States Geological Survey (USGS) site and in completely similar months (June), as well as Google Earth images and ground control data (2018) were used. After pre processing of the Landsat satellite images, image classification was performed using the support vector machine algorithm. The accuracy of the classification was calculated with the Kappa coefficient. Then, using the probability matrix of land use classes and applying the integrated model of Markov chain and automatic cells in the time period of 1987-2018, the land use map and land cover were predicted for 2030. Also, land use and land cover changes during the years 1987-2001, 2001-2018 and 2018-2030 were investigated through the land change modeler.

**Results and discussion:** The trend of changes in the area of land uses and land covers in the study area during the years 1987-2018 in the areas of watery agriculture and barren lands have decreasing trend and use change and land cover in the study area will lead to sustainable management and achieving minimum environmental damage caused by land use change.

in the areas of tree cover, water resources, mulching area and sand dunes increasing trend is observed. The Kappa coefficient calculated in this evaluation for the years 1987, 2001, and 2018 is 0.99, 0.97 and 0.99 respectively. The integrated model of Markov chain and automatic cells predicted land use and land cover changes for 2030 with a kappa coefficient of 0.90. According to the land change model, land use changes in the period of 1987- 2001, the area of watery agriculture, tree cover, water resources and barren lands has decreased. The area of land uses in the mulching area and sand dunes shows increase. In the period of 2001-2018, the extent of watery agriculture and barren lands has decreased. The area of tree cover, water resources, mulching area and sand dunes has increased. During the period of 2018-2030, the uses of watery agriculture, sand dunes and barren lands will decrease. The area of tree cover, water resources, mulching area will increase.

**Conclusion:** Revealing and predicting changes in land use and land cover are very effective for providing a general view for better management of natural resources in the long term. In this study, the output of the land use and land cover prediction map for 2030 is of appropriate accuracy. Applying management and control of land

**Keywords:** land use change, Automated cells model, Land change modeler, Landsat images, Sistan plain.