



پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری/پوشش اراضی و ارتباط آن با خشک‌سالی (مطالعه موردی: زیر حوزه پارسل B_۲، حوزه آبخیز زاینده‌رود)

شاهین محمدی^۱، خلیل حبشی^{۲*}، سعید پورمنافی^۳

۱. دانشجوی دکتری سنجش از دور و سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳. استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۷ مرداد ۱۳۹۶

پذیرش: ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۷

دسترسی اینترنتی: ۱ خرداد ۱۳۹۷

واژه‌های کلیدی:

تخریب اراضی

پیش‌بینی تغییرات

کاربری اراضی

مدل زنجیره‌ای مارکوف

شاخص استاندارد شده بارش (SPI)

اصفهان

چکیده

تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به دلیل تأثیر بر اکوسیستم‌های طبیعی به یک نگرانی برای حفظان و مدیران منابع طبیعی تبدیل شده است. تحقیق حاضر باهدف پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و همچنین بررسی ارتباط خشک‌سالی با این تغییرات در زیر حوزه پارسل B_۲ با مساحت ۲۱۱۰۰ هکتار با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف و شاخص استاندارد شده بارش (SPI) انجام شد. به این منظور با استفاده از تصاویر پیش‌پردازش شده سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI به ترتیب برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵، نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال تهیه شد. به منظور صحت سنجی مدل زنجیره‌ای مارکوف، نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۳۹۵ پیش‌بینی و با نقشه کاربری مرجع ۱۳۹۵ مقایسه شد، پس از اطمینان از صحت نتایج پیش‌بینی برای سال ۱۳۹۵ اقدام به پیش‌بینی کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۴۱۰ شد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده داد که بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با وضعیت خشک‌سالی ارتباط وجود دارد. بر اساس یافته‌های پیش‌بینی‌شده، برای سال ۱۴۱۰ کشاورزی دیم به میزان ۶/۹۵ درصد افزایش و اراضی مرتعی به میزان ۶/۶۶ درصد کاهش مساحت خواهند داشت. بنابراین در صورت وقوع خشک‌سالی و رها شدن اراضی کشاورزی دیم، فرسایش خاک افزایش خواهد یافت و همچنین فشار چرا بر مراتع باقی‌مانده سبب تخریب اراضی مرتعی خواهد شد. بنابراین اگر راهبرد فعلی استفاده از زمین با مدیریت فعلی ثابت باقی بماند تخریب اراضی در منطقه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: kh.habashi@yahoo.com

مصر انجام دادند. آنان بیان کردند که نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به فعالیت‌های مدیریتی از جمله حفاظت از حیات وحش کمک کند. داس و همکاران (۱۲) با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی به مطالعه وضعیت خشک‌سالی در گجرات هند پرداختند. در این مطالعه آن‌ها از داده‌های سنجنده ETM^+ و شاخص SPI جهت پایش وضعیت خشک‌سالی استفاده کردند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که استفاده از داده‌های سنجش‌از دور در ترکیب با شاخص‌های خشک‌سالی برای نظارت بر وضعیت خشک‌سالی می‌تواند مفید واقع شود.

رضانی و جعفری (۳) تحقیقی با عنوان آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای افق ۱۴۰۴ شهر اسفراین، با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف انجام دادند. کریمی و همکاران (۸) تحقیقی به‌منظور پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دشت عباس با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف انجام دادند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که کشاورزی پویاترین کاربری موجود در منطقه می‌باشد و در سال ۱۴۰۴، ۴۹ درصد از منطقه را کشاورزی به خود اختصاص خواهد داد. عزیزی قلاتی و همکاران (۵) تحقیقی به‌منظور پیش‌بینی تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در منطقه کوهمره سرخی استان فارس انجام دادند. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه بیشترین تغییر کاربری در ناحیه جنگل بوده و به کاربری‌های کشاورزی آبی و مرتع تبدیل خواهد شد. آنان همچنین کارایی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق در برنامه‌ریزی آینده منطقه مورد مطالعه را بیان کردند.

زارع‌زاده مهریزی و مرید (۴) به پایش خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های هواشناسی و تراز مخزن سد در سیستم آب زاینده‌رود اصفهان پرداختند. در این تحقیق از مقایسه‌ی شاخص‌های شناخته‌شده هواشناسی خشک‌سالی مؤثر و بارندگی استاندارد و روش هیدرولوژی بر اساس تراز مخزن، جهت پایش خشک‌سالی سیستم منابع آب زاینده‌رود استفاده گردید. نتایج نشان داد که هرکدام از روش‌ها قابلیت‌هایی دارند

مشکلات زیست‌محیطی برای انسان در سراسر جهان مانند سیستم‌های هشداردهنده عمل کرده و اثرات فعالیت‌های انسانی را بر روی خدمات اکوسیستمی، احیا، مدیریت و توان‌بخشی محیط نشان می‌دهند (۱۸ و ۳۱). تخریب اراضی و کاهش توان تولیدی اراضی کشاورزی تهدیدهای جدی برای رفاه اقتصادی و اجتماعی نسل‌های کنونی و آینده می‌باشند (۱۷ و ۱۹). تخریب اراضی یکی از بزرگ‌ترین و گسترده‌ترین تهدیدهای محیطی است که سیاره زمین با آن روبه‌رو است (۱۵ و ۲۶). چنین تغییراتی معمولاً به‌وسیله فعالیت‌های انسانی مثل جنگل‌زدایی، شهرنشینی، تشدید کشاورزی، چرای مفرط و به دنبال آن‌ها تخریب اراضی ایجاد می‌شوند؛ با این حال عوامل طبیعی نیز می‌توانند منجر به این تغییرات شوند (۲۰). در اثر دخالت انسان می‌تواند سبب تخریب منابع طبیعی شود، همچنین عرضه مواد غذایی در این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد که در نتیجه عواقب سیاسی و اجتماعی جدی را به همراه خواهد داشت (۲۹). نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین بخش عمده‌ای از اطلاعات موردنیاز برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی را تأمین می‌کنند. آشکارسازی و همچنین پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای ارائه دید کلی به‌منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی در بلندمدت بسیار مؤثر است (۷).

تحقیقات متعددی به‌منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی و پیش‌بینی آن و همچنین ارزیابی خشک‌سالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (Standardized Precipitation Index, SPI) انجام شده است. ویجانارتو (۳۰) با استفاده از تصاویر سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ و نیز مدل پیش‌بینی مارکوف به بررسی تغییر ساختار سرزمین منطقه‌ای در اندونزی پرداخت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تعداد بسیار زیادی از لکه‌های جنگل در حال کاهش و تبدیل به دو طبقه شالیزار و مناطق مسکونی هستند. حلمی و همکاران (۱۶) تحقیقی با عنوان پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در شمال غربی صحرای ساحلی

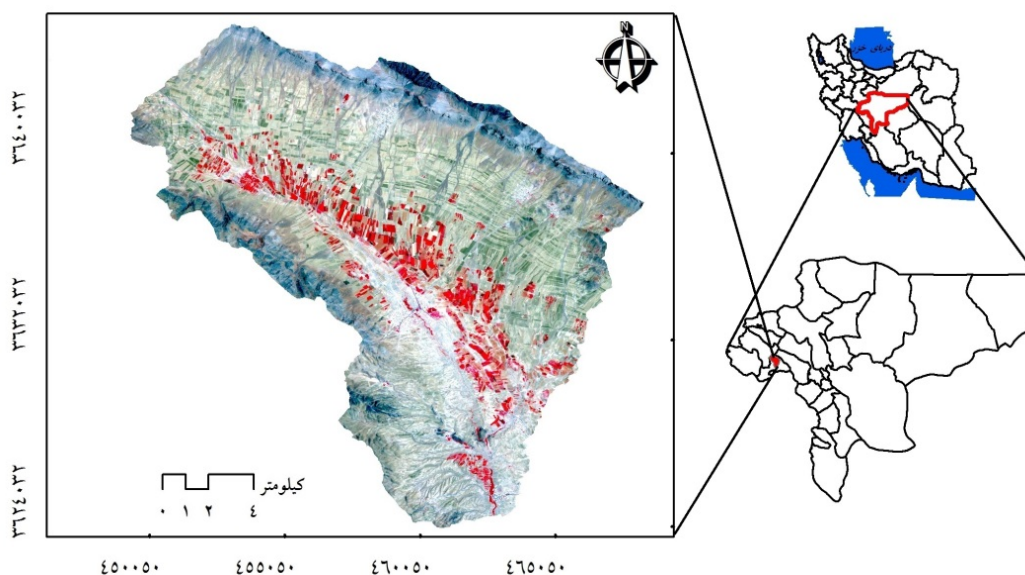
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه زیر حوزه پارسل B_۲ از حوزه آبخیز زاینده‌رود است که بین طول جغرافیایی " ۱۶ °۵۰ تا " ۳۴ °۴۰ شرقی و عرض جغرافیایی " ۱۲ °۳۲ تا " ۴۸ °۵۶ شمالی و در غرب استان اصفهان قرار دارد (شکل ۱). مساحت و ارتفاع متوسط از سطح آب‌های آزاد زیر حوزه پارسل B_۲ به ترتیب ۲۱۱۰۰ هکتار و ۲۳۸۰ متر می‌باشد. مطالعه وضعیت پوشش منطقه مطالعاتی حاکی از آن است که در این منطقه اراضی کشاورزی حاصلخیز وجود دارد همچنین در منطقه کشاورزی دیم و اراضی مرتعی وجود دارد که کیفیت آن‌ها وابسته به شرایط خشک‌سالی می‌باشد. شیب متوسط حوزه ۱۳/۳ درصد است که به صورت شمالی- جنوبی است. متوسط بارش منطقه ۴۰۰ میلی‌متر است؛ بارندگی‌های اصلی حوزه مورد مطالعه و نواحی اطراف آن، سیستم باران‌زایی هستند که تحت تأثیر جریان‌های جوی مدیترانه‌ای می‌باشند و به مدت ۸ ماه از اول مهرماه تا اوایل خردادماه حوزه آبخیز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حوزه آبخیز مورد نظر دارای آب‌وهوای نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد می‌باشد (۹).

که طی دوره خشک‌سالی می‌توانند به مدیریت خشک‌سالی کمک کنند. همچنین نتایج نشان داد که برای اعلام شروع وضعیت خشک‌سالی بهتر است از روش SPI با دوره ۶ ماهه استفاده گردد. آل بوعلی و همکاران (۱) تحقیقی به منظور بررسی اثر خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص SPI در دشت کاشان انجام دادند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که علاوه بر خشک‌سالی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی در دشت مذکور عامل افت سطح آب زیرزمینی است و سهم برداشت بی‌رویه درافت سطح آبخوان به مراتب بیش از خشک‌سالی است.

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در گذشته و پیش‌بینی این تغییرات برای آینده مسلماً گام مهمی در اتخاذ راهکارهای مدیریتی مناسب جهت کنترل تغییرات غیراصولی، برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع سرزمین دارا می‌باشد، بنابراین هدف تحقیق حاضر پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و بررسی ارتباط این تغییرات با وضعیت خشک‌سالی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست، مدل زنجیره‌ای مارکوف و شاخص استاندارد شده بارش در زیر حوزه پارسل B_۲ می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان

تصاویر ماهواره‌ای

تهیه‌شده از آرشیو پایگاه اینترنتی USGS استفاده شد (جدول ۲).

در تحقیق حاضر جهت تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین از سه دوره تصاویر ماهواره‌ای لندست

جدول ۱. اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای به کاررفته در تحقیق

نام ماهواره	سنجنده	شماره ردیف	شماره گذر	قدرت تفکیک (متر)	تاریخ (روز)
لندست ۵	TM	۳۷	۱۶۴	۳۰	۲۳ اردیبهشت ۱۳۶۵
لندست ۷	ETM ⁺	۳۷	۱۶۴	۳۰	۲۵ اردیبهشت ۱۳۸۰
لندست ۸	OLI	۳۷	۱۶۴	۳۰	۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

به‌منظور کنترل تصویر ماهواره‌ای از نظر ثبت دقیق زمینی، تصحیح هندسی بر روی تصویر انجام شد. برای رسیدن به این منظور، تصاویر سنجنده‌های TM و ETM⁺ به تصویر سنجنده OLI به روش تصویر به تصویر با ریشه میانگین مربعات خطا کمتر از ۰/۵ پیکسل زمین مرجع شدند. تصحیح رادیومتریک شامل دو مرحله تصحیح اتمسفری و توپوگرافی است (۱۱). از آنجاکه تغییرات شرایط روشنایی، بر تابش واقعی رسیده به یک پیکسل تأثیر می‌گذارد، پیشنهاد می‌شود که تصحیح اتمسفری قبل از تصحیح توپوگرافی اعمال شود (۲۷). در این تحقیق به‌منظور انجام تصحیح اتمسفری از افزونه ATCORE در نرم‌افزار ERDAS[®] 2014 و فایل فراداده (Meta data) همراه تصویر ماهواره‌ای استفاده شد. همچنین با توجه به کوهستانی بودن منطقه و به دلیل عدم نمایش دقیق میزان مساحت در مناطقی با شیب‌های تند اقدام به تصحیح توپوگرافی شد. تصحیح جابجایی‌های ارتفاعی با داشتن مدل رقومی ارتفاع از منطقه مورد مطالعه امکان‌پذیر است. بنابراین تصحیح توپوگرافی منطقه مطالعاتی با استفاده از نقشه‌ی DEM با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر تهیه‌شده از آرشیو پایگاه اینترنتی USGS و عملگر Topographic Normalize در نرم‌افزار ERDAS بر اساس ارتفاع و زاویه خورشیدی موجود در فایل فراداده تصویر، انجام شد (۲).

طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی

جهت انتخاب نمونه‌های تعلیمی به‌منظور انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده از عکس‌های هوایی، تصاویر Google Earth و نقاط برداشت‌شده با GPS در عملیات میدانی استفاده و تا حد امکان سعی شد که پراکنش نمونه‌های تعلیمی در سطح منطقه مطالعاتی در داخل منطقه همگن و با پراکنش مناسب باشند. تعداد پیکسل‌های انتخاب‌شده در هر نمونه تعلیمی حداقل باید به‌اندازه ده برابر تعداد باندهای طیفی تصویر مورد استفاده باشد (۲۸) که این نکته در مطالعه حاضر رعایت شد؛ به‌این منظور برای اراضی کشاورزی از ۶۰ نمونه آموزشی، اراضی بایر ۱۰۰ نمونه، رخنمون سنگی ۵۰ نمونه، مراتع ۶۰ نمونه، اراضی کشاورزی دیم ۵۰، و مناطق مسکونی ۴۰ نمونه جهت تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی استفاده شد. برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین شباهت (۲۲) در محیط نرم‌افزار ERDAS استفاده شد. ترکیب باندهای مناسب جهت طبقه‌بندی از دستور Evaluate موجود در Signature Editor بر اساس بهترین میانگین جدایی (Best Avrege Separability) مشخص شد. براین اساس جهت طبقه‌بندی تصویر سنجنده TM از ترکیب ۲،۴،۶،۷، تصویر سنجنده ETM⁺ از ترکیب ۱،۳،۴،۷ و برای تصویر سنجنده OLI از ترکیب ۲،۳،۵،۷ استفاده و شش طبقه کاربری اراضی و پوشش زمین شامل رخنمون سنگی، مناطق

پوشش ارضی در زمان دوم با استفاده از توزیع آن در زمان اول با محاسبه ماتریس انتقال به دست می‌آید. زنجیره مارکوف به صورت رابطه ۳ نشان داده می‌شود (۱۳ و ۲۴).

$$vt_2 = Mvt_1 \quad [3]$$

در این رابطه؛ vt_1 بردار پوشش زمین در زمان اول، vt_2 بردار پوشش زمین در زمان دوم، M ماتریس احتمال انتقال $m \times m$ برای فاصله زمانی $\Delta t = t_2 - t_1$ است. احتمال انتقال بین دو وضعیت (P_{ij}) از رابطه ۴ محاسبه می‌شود. n_i بر اساس رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad [4]$$

$$n_i = \sum_{j=1}^q n_{ij} \quad [5]$$

در این رابطه؛ n_{ij} تعداد پیکسل‌های کلاس i از زمان اول که به کلاس j در زمان دوم تبدیل شده‌اند و q تعداد کل کلاس‌ها است. زنجیره مارکوف سه خروجی دارد که عبارت‌اند از؛ ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر طبقه به سایر طبقه‌های موجود مشخص شده است، ماتریس مساحت انتقال که نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی از هر کلاس که محتمل است به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند. مدل مارکوف همچنین موقعیت هر کاربری را با تولید مجموعه‌ای از تصاویر احتمال وضعیت از ماتریس احتمال انتقال نشان می‌دهد. در مرحله آخر از مدل‌سازی با استفاده از ماتریس مساحت انتقال در مدل زنجیره‌ای مارکوف می‌توان نقشه شبیه‌سازی شده از کاربری اراضی در آینده را به دست آورد (۱۴ و ۲۳). در این مطالعه پیش‌بینی وضعیت شش کلاس کاربری ارضی و پوشش زمین، شامل رخنمون سنگی، اراضی بایر، ارضی مرتعی، مناطق مسکونی، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم در منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۱۰ بر اساس نقشه‌های کاربری ارضی و پوشش زمین سال ۱۳۸۰ به عنوان نقشه دوره اول و نقشه کاربری ارضی و پوشش زمین سال ۱۳۹۵ به عنوان نقشه دوره دوم به مدل مارکوف معرفی و ماتریس احتمال انتقال برای ۱۵ سال

مسکونی، اراضی مرتعی، اراضی بایر، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم برای منطقه مشخص گردید.

ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از نمونه‌های تعلیمی که در روند طبقه‌بندی دخالت داده نشده‌اند، اقدام به ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شد. به این منظور با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه ضرایب صحت کلی (Overall accuracy) و ضریب کاپا (Kappa coefficient) صحت طبقه‌بندی ارزیابی شد. دقت کلی میانگین از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد که طبق رابطه ۱ محاسبه شد (۶).

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^c E_{ii}}{N} \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های معلوم، c تعداد کلاس‌ها و E_{ii} اعضا قطر ماتریس خطا است. ضریب کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند (۲۸). شاخص کاپا بر اساس رابطه ۲ محاسبه گردید (۶).

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

در این رابطه؛ N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام می‌باشند.

پیش‌بینی تغییرات کاربری

احتمال تغییرات پوشش اراضی یک سیستم به یک وضعیت در یک زمان خاص (t_2) از اطلاعات مربوط به همان سیستم در زمان گذشته (t_1) به دست می‌آید و به اطلاعات زمان‌های قبل از t_1 بستگی ندارد که آن را یک فرآیند یک‌مرتب‌ه‌ای گویند (۳). در مدل مارکوف تغییرات کاربری و

زمانی موردبررسی برای شش کلاس کاربری و پوشش زمین تعیین گردید. خروجی جدول متعامد به صورت تعداد پیکسل بدون تغییر یا تعداد پیکسل تغییر یافته به کلاس‌های مختلف می‌باشد که پس از تبدیل آن به مساحت برحسب هکتار در بررسی تغییرات از آن استفاده شد.

ارزیابی خشک‌سالی

در تحقیق حاضر جهت ارزیابی وضعیت خشک‌سالی از داده‌های بارش دوره ۳۰ ساله بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴ ایستگاه هواشناسی رزوه واقع در مرکز منطقه مورد مطالعه و شاخص بارش استاندارد شده SPI استفاده شد. شاخص SPI توسط مک‌کی و همکاران (۲۱) از مرکز اقلیمی کلرادو و مرکز ملی کاهش خشک‌سالی ایالات متحده آمریکا به منظور تعریف و پایش وضعیت فعلی خشک‌سالی ایجاد شد؛ تغییرپذیری SPI باعث می‌شود که در مقیاس‌های کوتاه مدت برای اهداف هیدرولوژی مثل منابع آب زیرزمینی، جریان‌های رودخانه‌ای، سطح دریاچه‌ها و منابع سطحی استفاده شود. وضعیت منطقه از نظر خشک‌سالی بر اساس رابطه ۶ محاسبه و بر اساس جدول ۲ طبقه‌بندی شد.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad [6]$$

در این رابطه؛ P_i بارندگی سال i و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری، \bar{P} میانگین بارندگی بلندمدت است.

جدول ۲. طبقه‌بندی وضعیت خشک‌سالی بر اساس شاخص SPI (۲۱)

نمایه SPI	وضعیت خشک‌سالی
۲ و بیشتر	ترسالی خیلی شدید
بین ۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
بین ۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
بین ۰/۹۹- تا ۰/۹۹	نزدیک نرمال
بین ۱- تا ۱/۴۹-	خشک‌سالی متوسط
بین ۱/۵- تا ۱/۹۹-	خشک‌سالی شدید
۲- و کمتر	خشک‌سالی بسیار شدید

آینده محاسبه گردید. سپس عملگر مدل زنجیره‌ای مارکوف در IDRISI با لحاظ نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین سال ۱۳۹۵ به عنوان نقشه پایه و معرفی فایل مساحت انتقال حاصل از مرحله قبل اجرا و نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۴۱۰ پیش‌بینی شد.

تعیین اعتبار و ارزیابی الگوسازی مدل زنجیره‌ای مارکوف

تعیین اعتبار و ارزیابی خروجی مدل بسیار مهم است و تفسیر آن می‌تواند نتایج گمراه‌کننده را مشخص کند. در این تحقیق جهت ارزیابی اعتبار پیش‌بینی از دستور Validate در نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. این روش توافق و عدم توافق بین دو نقشه از طریق آنالیز آماری جهت بررسی توافق بین تعداد سلول‌های هر کلاس و همچنین توافق مکانی سلول‌های هر کلاس را مشخص می‌کند که نتیجه آن محاسبه شاخص کاپای گوناگون از توافق و ارتباط آماری بین دو تصویر است (۲۴). جهت ارزیابی اعتبار پیش‌بینی معمولاً نقشه حاصل از یک‌زمان خاص با نقشه واقعی مربوط به همان زمان مقایسه می‌شود (۲۵). بدین منظور در این مطالعه در مرحله اول نقشه شش کلاس کاربری برای تصاویر سال ۱۳۹۵ که نقشه آن به روش حداکثر شباهت تهیه شده بود، با استفاده از عملگر مارکوف بر اساس نقشه کاربری ۱۳۸۰ و ماتریس احتمال انتقال پیش‌بینی گردید و در نهایت با استفاده از دستور Validate توافق و عدم توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده محاسبه شد.

آشکارسازی تغییرات

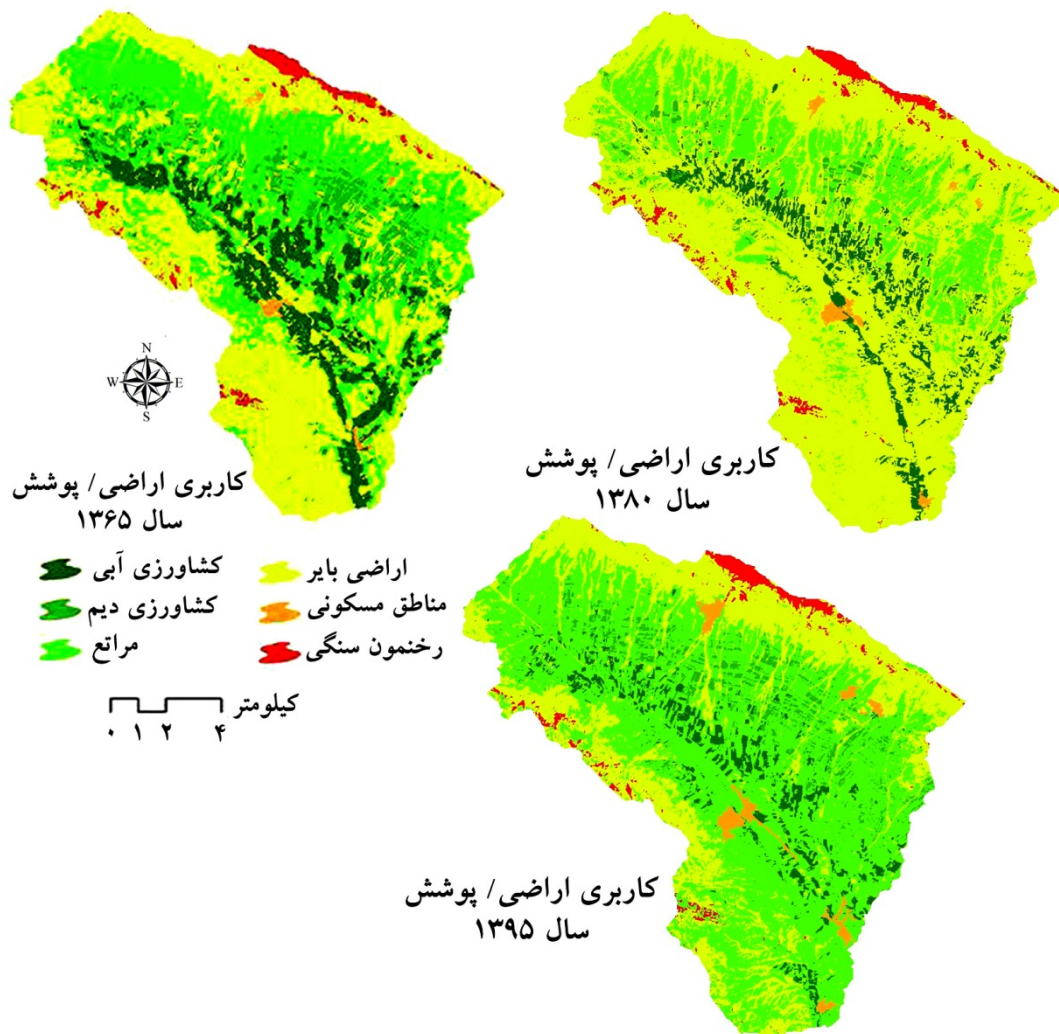
جهت آشکارسازی تغییرات رخ داده در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۱۰ از دستور جداول متعامد (Cross Tabulation) موجود در نرم‌افزار IDRISI استفاده شد. در این روش نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین ۱۳۹۵ به عنوان اولین تصویر (سطر) و نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین ۱۴۱۰ به عنوان دومین تصویر (ستون) به نرم‌افزار معرفی شد و براین اساس نقشه و همچنین جدول تغییرات رخ داده در بازه

نتایج

طبقه‌بندی تصاویر

در تحقیق حاضر، طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین، به روش حداکثر احتمال که

یک روش طبقه‌بندی نظارت‌شده است، انجام گردید. نقشه کاربری اراضی برای سه دوره زمانی (سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵) در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲. نقشه کاربری/پوشش اراضی (سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵)

افزایش‌یافته است و کاربری‌های مرتعی، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی به ترتیب به میزان ۱۲/۷۱، ۶/۹۱ و ۵/۳۳ درصد کاهش‌یافته است. همچنین طبقه پوشش اراضی رخنمون سنگی با تغییرات کمتر از یک درصد تقریباً بدون تغییر باقی‌مانده است. نتایج حاصل از بررسی تغییرات بین دوره زمانی (۱۳۹۵-۱۳۸۰) نشان می‌دهد که کاربری‌های اراضی مرتعی، کشاورزی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ مساحت برای شش طبقه کاربری اراضی و پوشش زمین محاسبه گردید. نتایج تغییرات رخ داده نشان می‌دهد که طی دوره زمانی (۱۳۶۵-۱۳۸۰) وسعت کاربری اراضی بایر به میزان ۲۵/۴۱ درصد و کاربری مناطق مسکونی به میزان ۰/۱۲ درصد از کل سطح منطقه مورد مطالعه

مساحت را نشان می‌دهند. همچنین طبقه پوشش اراضی رخنمون سنگی با تغییرات کمتر از یک درصد تقریباً بدون تغییر باقی مانده است (جدول ۳).

دیم و مناطق مسکونی به ترتیب به میزان ۳۸/۸۲، ۳/۱۹ و ۰/۹۵ درصد افزایش داشته و کاربری‌های اراضی بایر و اراضی کشاورزی آبی به ترتیب به میزان ۴۰/۳۸ و ۲/۴۸ درصد کاهش

جدول ۳. مساحت و درصد مساحت طبقه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ (هکتار)

طبقه کاربری / پوشش اراضی	۱۳۶۵	درصد مساحت	۱۳۸۰	درصد مساحت	اختلاف (%)	۱۳۹۵	درصد مساحت	اختلاف (%)
رخنمون سنگی	۴۲۴/۳۲	۲/۶۹	۴۲۳/۵۶	۲/۱۲	-۰/۰۱	۴۲۵/۲۴	۲	۰/۰۸
مناطق مسکونی	۱۲۸/۵۳	۰/۶	۱۲۴/۷۶	۰/۷۳	۰/۱۲	۳۵۶/۶۶	۱/۶۹	۰/۹۵
زمین بایر	۹۱۷۷	۴۳/۵۴	۱۴۵۴۶/۴۴	۶۸/۹۵	۲۵/۴۱	۶۰۰/۲۹	۲۸/۵۶	-۴۰/۳۸
مراتع	۶۶۸۴/۱۴	۳۱/۷۱	۴۰۰۷/۱۳	۱۸/۹۹	-۱۲/۷۱	۱۲۱۹۴/۳	۵۷/۸۱	۳۸/۸۲
کشاورزی دیم	۱۹۷۳/۱۱	۹/۳۶	۵۱۷	۲/۴۵	-۶/۹۱	۸۹۸	۴/۲۵	۳/۱۹
کشاورزی آبی	۲۵۴۵/۹۳	۱۲	۱۴۲۲/۱۲	-۶/۷۴	-۵/۳۳	۱۱۹۰/۱۸	۵/۶۴	-۲/۴۸

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

شاخص‌های آماری دقت کلی و ضریب کاپا انجام شد. نتایج طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی برای سال‌های مطالعه در جدول ۴ آورده شده است.

در تحقیق حاضر دقت طبقه‌بندی تصاویر، با بهره‌گیری از نمونه‌های آموزشی و با بهره‌گیری از ماتریس خطا و محاسبه

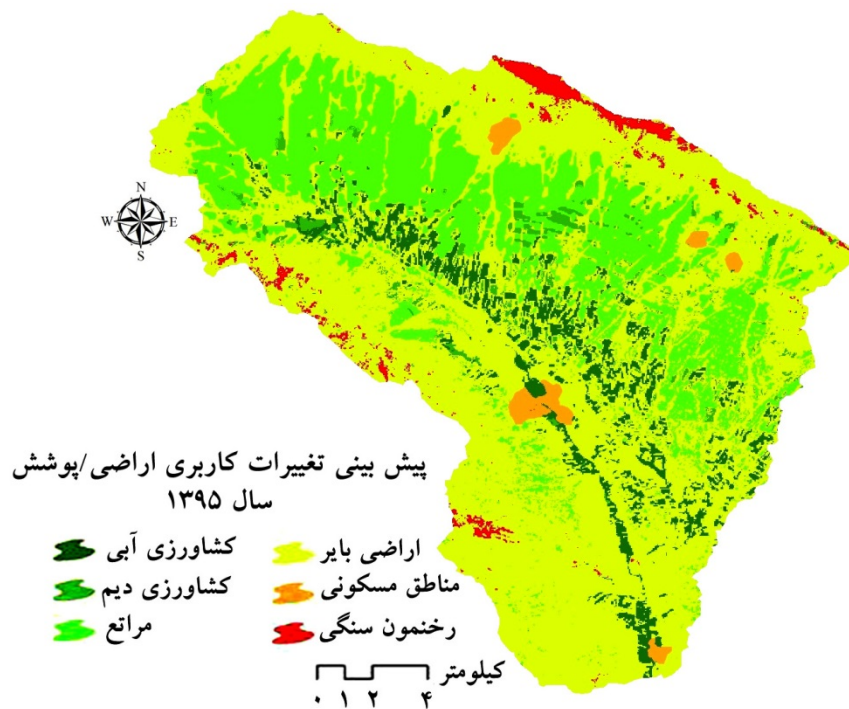
جدول ۴. دقت طبقه‌بندی نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی (سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵)

سال	۱۳۶۵	۱۳۸۰	۱۳۹۵
دقت کلی	۰/۸۶	۰/۹	۰/۹۴
ضریب کاپا	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۹

توافق بین نقشه واقعی و پیش‌بینی شده $[M(m)]$ برابر ۰/۸۱ است. عدم توافق بین دو نقشه نیز با توجه به رابطه $1-[M(m)]$ برابر ۰/۱۹ است، توافق ناشی از شانس $[N(n)]$ که بدون داشتن هیچ اطلاعی از موقعیت و کمیت به دست می‌آید برابر ۰/۱۴ است، توافق ناشی از کمیت (تعداد سلول‌ها برای هر کلاس در دو نقشه) که از رابطه $[M(m)] - [N(n)]$ برابر ۰/۱۹ محاسبه شد، عدم توافق ناشی از کمیت نیز با توجه به رابطه $[P(p)] - [P(m)]$ برابر ۰/۱۲ و همین‌طور توافق و عدم توافق مکانی (مکان کلاس‌ها در دو نقشه واقعی و پیش‌بینی شده) به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۱۴ برآورد شد.

تعیین اعتبار و ارزیابی الگوسازی مدل زنجیره‌ای مارکوف

در این روش نقشه واقعی و نقشه پیش‌بینی شده با یکدیگر از نظر تعداد سلول‌ها برای هر کلاس و همچنین، وضعیت مکانی سلول‌ها در دو تصویر مقایسه می‌شوند و شاخص کاپا در فاصله ۰-۱ برای تفسیر نتایج استفاده می‌گردد (۲۳). بدین منظور در تحقیق حاضر شاخص کاپا با استفاده از دستور Validate در نرم‌افزار Idrisi Selva با مقایسه نقشه‌های واقعی و مدل‌سازی شده برای سال ۱۳۹۵ محاسبه شد. نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۵ در شکل ۳ و نتایج ارزیابی اعتبار مدل مارکوف در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به شکل فوق، این نتایج برای سال ۱۳۹۵ استنباط می‌گردد که



شکل ۳. نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۱۳۹۵

Multiples of Base Resolution (MBR): 1 × 1		Information of Quantity	
Information of Location	No[n]	Medium[m]	Perfect[p]
Perfect[F(x)]	0.4907	0.8862	1.0000
PerfectStratum[K(x)]	0.5619	0.8862	1.0000
MediumGrid[M(x)]	0.4096	0.8136	0.8117
MediumStratum[H(x)]	0.1429	0.3394	0.3399
No[N(x)]	0.1429	0.3394	0.3399
AgreeGridcell = 0.4742	DisagreeQuantity = 0.1138	Kstandard = 0.7179	
AgreeStrata = 0.0000	DisagreeStrata = 0.0000	Kno = 0.7826	
AgreeQuantity = 0.1966	DisagreeGridcell = 0.0726	Klocation = 0.8672	
AgreeChance = 0.1429		KlocationStrata = 0.8672	

شکل ۴. توافق و عدم توافق نقشه واقعی و پیش‌بینی شده سال ۱۳۹۵

با توجه به مقادیر توافق کلی بالای ۸۰ درصد برای هر دو سال نتیجه گرفته می‌شود که بین دو نقشه توافق خوبی وجود دارد و مدل توانایی بالا در پیش‌بینی کلاس‌ها داشته است. همچنین، با توجه به مقدار Kquantity برابر ۸۶ درصد و Kquantity برابر ۱ می‌توان گفت مدل مکان و تعداد پیکسل‌ها را نیز به‌خوبی پیش‌بینی کرده است.

شاخص Klocation که توانایی مدل در پیش‌بینی مکان پیکسل‌ها را نشان می‌دهد، برابر ۰/۸۶ و شاخص Kquantity که توانایی مدل در پیش‌بینی تعداد پیکسل‌ها را نشان می‌دهد بر اساس رابطه ۷ محاسبه شد.

[V]

$$Kquantity = \frac{M(m) - NQML}{PQML - NQML} = \frac{0.8136 - 0.4096}{0.8117 - 0.4096} = 1$$

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف در سال ۱۴۱۰

پس از بررسی صحت و اطمینان از درستی نتایج حاصل از پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۱۳۹۵، پیش‌بینی وضعیت ۶ کلاس کاربری اراضی شامل رخنمون سنگی، مناطق مسکونی، اراضی بایر، اراضی مرتعی، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۱۰ انجام شد. چنانچه روند تغییرات آینده را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول ۵ ماتریس احتمال به دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات ۱۵ سال آینده (۱۴۱۰) را نشان می‌دهد. در ماتریس جدول ۵، سطرها نشان‌دهنده طبقات پوشش سال ۱۳۹۵ و ستون‌ها مربوط به طبقات پوشش سال ۱۴۱۰ است.

لازم به ذکر است که این مدل، پیش‌بینی طبقات پوشش در سال ۱۴۱۰ را با فرض ثابت ماندن فرایندهای تغییر پوشش اراضی در طی ۱۵ سال بعد (بازه ۱۳۹۵ تا ۱۴۱۰) انجام داده است. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود با احتمال ۹۹/۶ درصد پیکسل‌های مربوط به طبقه رخنمون سنگی در سال ۱۳۹۵، در سال ۱۴۱۰ نیز رخنمون سنگی باقی بماند و ۰/۴ درصد احتمال دارد که به اراضی بایر تبدیل شود. همچنین احتمال می‌رود، مناطق مسکونی ۹۵ درصد، اراضی بایر ۳۳ درصد، مراتع ۷۲ درصد، کشاورزی دیم ۱۴ درصد و کشاورزی آبی ۲۹ درصد بدون تغییر باقی بمانند، که اراضی مرتعی و مناطق مسکونی دارای بیشترین پایداری و کشاورزی دیم کمترین پایداری را خواهد داشت.

جدول ۵. ماتریس احتمال تبدیل طبقه‌ها در بازه زمانی ۱۴۱۰-۱۳۹۵ به روش مارکوف (%)

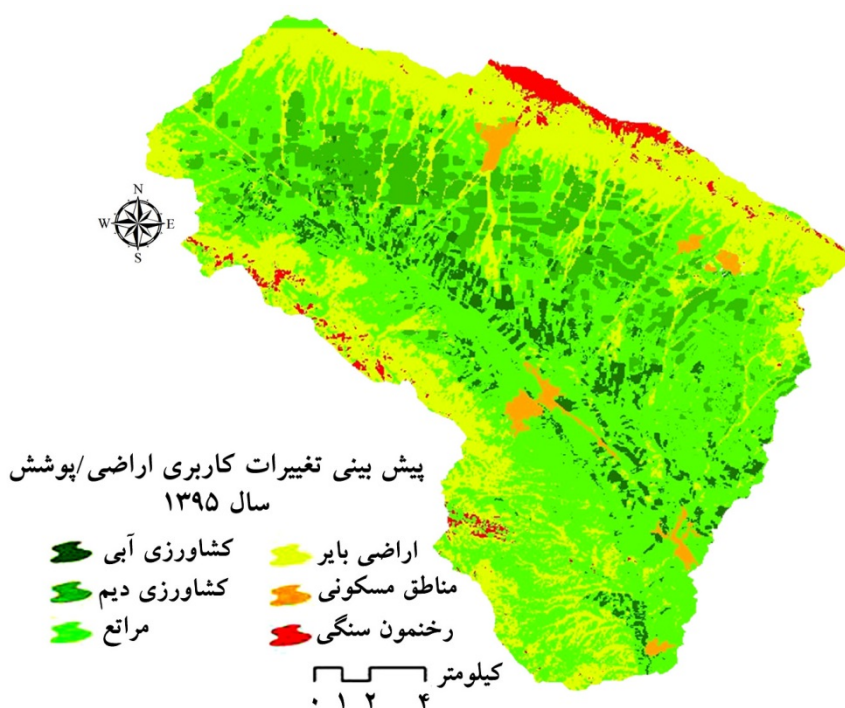
		سال ۱۴۱۰					سال ۱۳۹۵
کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	مرتع	زمین بایر	مناطق مسکونی	رخنمون سنگی		
۰	۰	۰	۰/۴	۰	۹۹/۶	رخنمون سنگی	
۰	۰	۰	۴/۵	۹۵/۵	۰	مناطق مسکونی	
۵/۰۵	۲/۴۳	۵۶/۴۴	۳۳/۵۴	۱/۴۷	۱/۱	زمین بایر	
۱/۷۵	۱۷/۹۹	۷۲/۴۶	۷/۶۳	۰/۱۷	۰	مرتع	
۱۲/۰۸	۱۴/۳۵	۶۴/۸۲	۸/۵۳	۰/۰۴	۰/۱۸	کشاورزی دیم	
۲۹/۰۳	۲/۱۴	۶۴/۳۲	۳/۴۵	۱/۰۷	۰	کشاورزی آبی	

برای سال ۱۴۱۰ در جدول ۶ آورده شده است. بر اساس این جدول در سال ۱۴۱۰ بیشترین مساحت مربوط به طبقه پوشش اراضی مرتعی با ۵۱/۱۵ درصد است.

نقشه پیش‌بینی شده کاربری/پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه برای سال ۱۴۱۰ با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف تهیه شد (شکل ۵). نتایج آماری مربوط به مساحت پیش‌بینی شده هر یک از طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین

جدول ۶. مساحت و درصد مساحت طبقات کاربری/پوشش اراضی سال ۱۴۱۰

کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	مرتع	اراضی بایر	مناطق مسکونی	رخنمون سنگی	طبقات کاربری/پوشش اراضی
۱۱۹۹/۹۷	۲۳۶۱/۷۸	۱۰۷۷۷/۰۵	۵۹۱۳/۳۶	۳۹۰/۷۸	۴۲۶	مساحت (هکتار)
۵/۶۹	۱۱/۲	۵۱/۱۵	۲۸/۰۶	۱/۸۵	۲/۰۲	درصد مساحت



شکل ۵. نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری / پوشش اراضی سال ۱۴۱۰

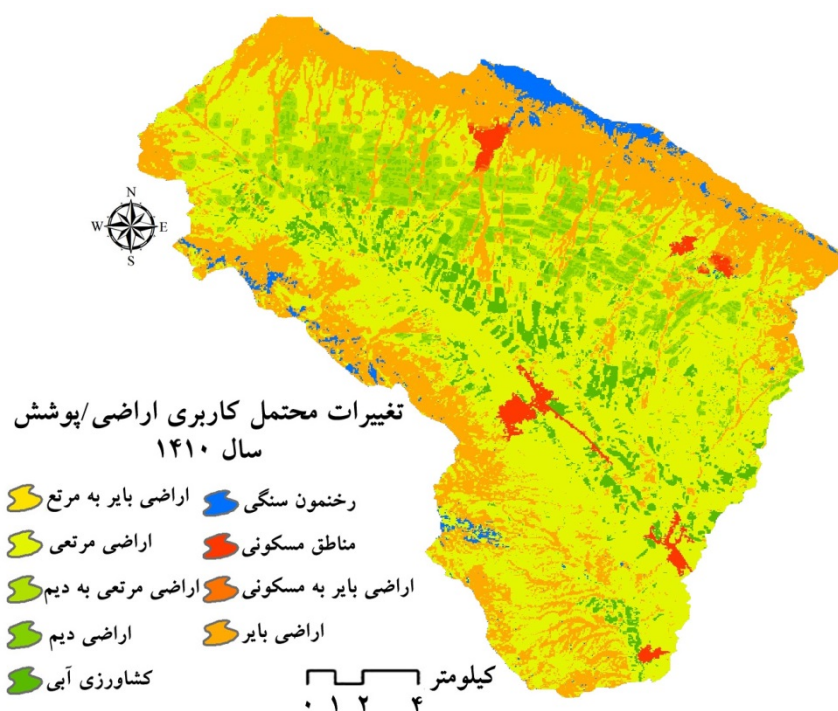
آشکارسازی تغییرات

نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۱۰ برای شش کلاس کاربری اراضی و پوشش زمین با دستور Cross Tabulation در نرم‌افزار IDRISI به‌دست آمد (شکل ۶ و جدول ۷). در جدول ۷ سطرها بیان‌گر کلاس‌های کاربری / پوشش اراضی برای سال ۱۳۹۵ و ستون‌ها مربوط به کلاس کاربری / پوشش پیش‌بینی‌شده برای سال ۱۴۱۰ است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده طبقه رخنمون سنگی و کشاورزی آبی

بدون تغییر خواهند بود. طبقه مناطق مسکونی افزایش ۳۴ هکتاری در مساحت خواهد داشت که این مقدار زمین از طبقه اراضی بایر تأمین خواهد شد. تغییر عمده پیش‌بینی‌شده در بازه موردبررسی مربوط به افزایش ۱۴۳۵ هکتاری اراضی کشاورزی دیم می‌باشد که از طریق تغییر کاربری اراضی مرتعی خواهد بود. همچنین ضریب کاپا بین نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۹۵ و نقشه پیش‌بینی‌شده کاربری اراضی برای سال ۱۴۱۰ مقدار ۰/۹۱ را نشان داد.

جدول ۷. تغییرات پیش‌بینی‌شده برای هر کدام از طبقات کاربری / پوشش اراضی سال ۱۴۱۰ (هکتار)

سال ۱۴۱۰						سال ۱۳۹۵
کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	اراضی مرتعی	اراضی بایر	مناطق مسکونی	رخنمون سنگی	
۰	۰	۰	۰	۰	۴۲۶/۵۹	رخنمون سنگی
۰	۰	۰	۰	۳۵۱/۱۸	۰	مناطق مسکونی
۰	۰	۴۱/۴	۵۹۱۶/۲۴	۳۸/۲۵	۰	اراضی بایر
۰	۱۴۳۵/۹۵	۱۰۷۳۷/۹	۰	۰	۰	اراضی مرتعی
۰	۹۲۶/۱۹	۰	۰	۰	۰	کشاورزی دیم
۱۱۹۹/۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	کشاورزی آبی

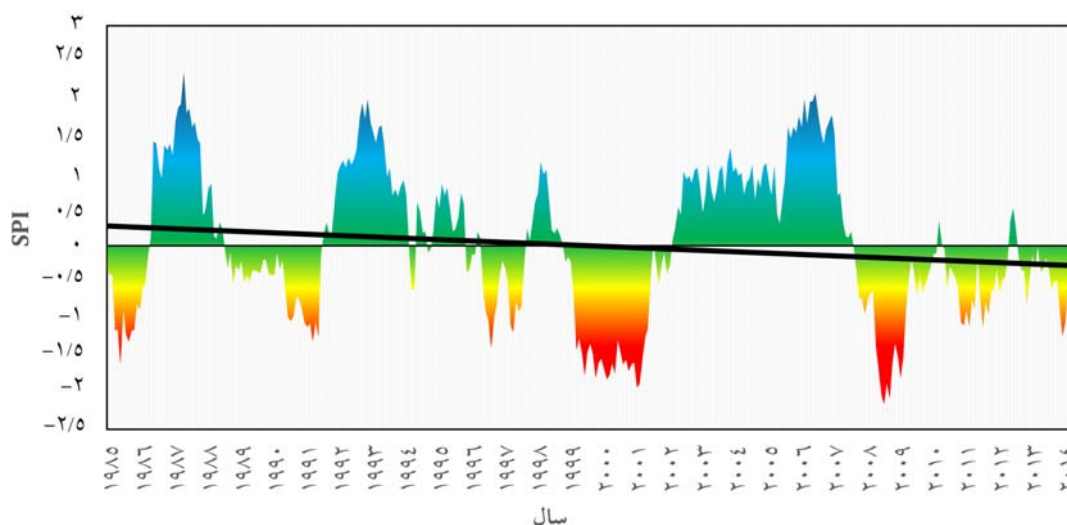


شکل ۶. نقشه تغییرات محتمل در طبقات کاربری/پوشش اراضی سال ۱۴۱۰

ارزیابی خشک‌سالی

می‌گیرد که بیان‌گر خشک‌سالی شدید است. در سال ۱۳۹۴ خشک‌سالی در طبقه صفر تا $-0/99$ قرار می‌گیرد که نمایانگر خشک‌سالی نزدیک نرمال است. همچنین روند تغییرات خشک‌سالی در طول دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۴) شیب منفی را نشان می‌دهد (شکل ۷).

نتایج حاصل از شاخص SPI دوازده‌ماهه نشان می‌دهد که در سال ۱۳۶۵ خشک‌سالی در طبقه صفر تا $-0/99$ قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده چیرگی خشک‌سالی ملایم بر منطقه مورد مطالعه است، در سال ۱۳۸۰ خشک‌سالی در طبقه $-1/5$ تا $-1/9$ قرار



شکل ۷. روند تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در طول دوره آماری ۳۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۴)

بحث و نتیجه‌گیری

داشتن آمار و اطلاعات به‌روز از کاربری‌های موجود، لازمه مدیریت عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است (۱۰). نتایج حاصل از بررسی تغییرات نقشه‌های کاربری اراضی در دوره‌های ذکرشده نشان‌دهنده تغییر سطح در اغلب کاربری‌ها است. به‌طورکلی روند تغییرات اراضی بایر و مناطق مسکونی در دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۸۰ مثبت بوده و به مساحت هرکدام از آن‌ها به ترتیب ۶۸/۹۵ و ۰/۷۳ درصد افزوده شده است. کاربری‌های کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مراتع به ترتیب ۵/۳۳، ۶/۹۱ و ۱۲/۷۱ درصد کاهش مساحت را نشان می‌دهند. در بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ اراضی بایر به میزان ۴۰/۳۸ درصد کاهش مساحت و اراضی مرتعی و کشاورزی دیم به ترتیب به میزان ۳۸/۸۲ و ۳/۱۹ درصد افزایش مساحت را نشان دادند. همچنین در طی کل دوره موردبررسی بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ طبقه رخنمون سنگی با تغییرات کمتر از یک درصد تقریباً بدون تغییر باقی‌مانده است. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۴۱۰، رخنمون سنگی ۹۹ درصد، مناطق مسکونی ۹۵ درصد، اراضی بایر ۳۳ درصد، مراتع ۷۳ درصد، کشاورزی آبی ۲۹ درصد و کشاورزی دیم ۱۴ درصد بدون تغییر باقی‌مانند، که مراتع و مناطق مسکونی دارای بالاترین پایداری و کشاورزی دیم کمترین پایداری را خواهد داشت. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر هم‌راستا با نتایج به‌دست‌آمده فتحی زاد و همکاران (۷) در امکان به‌کارگیری مدل مارکوف جهت پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی است. در تحقیق حاضر خشک‌سالی با استفاده از شاخص SPI ارزیابی شد. نتایج نشان داد که طی دوره ۳۰ ساله موردبررسی شرایط خشک‌سالی و ترسالی بر منطقه حکم‌فرما بوده اما روند کلی تغییرات به سمت خشک‌سالی است. به‌طوری‌که در بازه بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۰ خشک‌سالی از حالت ملایم به حالت شدید درآمده است در اثر این رخداد،

مساحت کاربری‌های کشاورزی دیم، کشاورزی آبی و اراضی مرتعی به ترتیب به میزان ۶/۹۱، ۵/۳۳ و ۱۲/۷۱ درصد کاهش یافته و بر مساحت اراضی بایر به میزان ۲۵/۴۱ درصد افزوده شده است. در بازه بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ خشک‌سالی از حالت شدید به حالت ملایم و نزدیک به نرمال برگشته است اثر این تغییر به‌صورت افزایش ۳۸/۸۲ و ۳/۱۹ درصدی به ترتیب در مساحت اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی دیم و کاهش ۴۰/۳۸ درصدی در مساحت اراضی بایر قابل مشاهده است دلیل تغییرات ایجادشده عامل طبیعی تغییر شرایط خشک‌سالی از حالت شدید به حالت نزدیک نرمال و همچنین دخالت عامل انسانی به‌صورت تبدیل اراضی بایر با شخم زدن زمین و تبدیل آن به اراضی دیم است. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر گویای این مطلب است که تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با وضعیت خشک‌سالی دارای ارتباط بوده و در صورت ادامه روند حاضر برای سال ۱۴۱۰، انتظار می‌رود اراضی دیم به میزان ۶/۹۵ درصد افزایش مساحت و اراضی مرتعی به میزان ۶/۶۶ درصد کاهش مساحت داشته باشند. بنابراین در صورت وقوع خشک‌سالی و رها شدن اراضی دیم، فرسایش خاک افزایش می‌یابد و همچنین افزایش فشار چرا بر مراتع باقی‌مانده سبب تخریب مراتع خواهد شد. بنابراین اگر راهبرد فعلی استفاده از زمین با مدیریت فعلی ثابت باقی‌مانده تخریب اراضی در منطقه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود.

بهره‌گیری از مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و همچنین استفاده از شاخص خشک‌سالی SPI جهت توجیه علت رخداد تغییرات، از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. بر اساس یافته‌ها نتیجه‌گیری می‌شود که تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین تا حد زیادی وابسته به تغییرات شرایط خشک‌سالی است و پیشنهاد می‌شود که جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین با رعایت شرایط یکسان از نظر خشک‌سالی و یا ترسالی در سال‌های موردبررسی تهیه شود. با در اختیار داشتن نقشه‌های موقعیت مکانی تمام پیکسل‌های هر یک از کاربری‌ها، می‌توان از این

۸. کریمی، ک. و چ. ب. کمکی. ۱۳۹۴. پایش، ارزیابی و پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی/پوشش زمین با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف (مطالعه موردی: دشت بسطاق-خراسان جنوبی). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۲): ۷۵-۸۸.
۹. محمدی، ش. ۱۳۹۵. ارزیابی فرسایش و رسوب حوزه آبخیز مندرجان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۷ صفحه.
۱۰. نظری سامانی، ع. ا.، م. قربانی و ح. کوهستانی. ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰. مرتع، ۴(۳): ۴۴۲-۴۵۱.
11. Campbell, JB. 1996. Introduction to Remote Sensing. Fifth Edition 5th Edition. New York: Guilford. 640 pp.
12. Das S, Choudhury MR, Gandhi S, Joshi V. 2016. Application of Earth Observation Data and Standardized Precipitation Index Based Approach for Meteorological Drought Monitoring, Assessment and Prediction Over Kutch, Gujarat, India. International Journal of Environment and Geoinformatics, 3(2): 27-37
13. Eastman, JR. 2003. IDRISI Kilimanjaro: guide to GIS and image processing. Clark Labs, Clark University Worcester, MA. 345 pp.
14. Fan F, Wang Y, Wang Z. 2008. Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM⁺ images. Environmental Monitoring and Assessment, 137(1): 127-147.
15. Ganasri B, Ramesh H. 2016. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin. Geoscience Frontiers, 7(6): 953-961.
16. Halmy MWA, Gessler PE, Hicke JA, Salem BB. 2015. Land use/land cover change detection and prediction in the north-western coastal desert of Egypt using Markov-CA. Applied Geography, 63: 101-112.
17. Haregeweyn N, Berhe A, Tsunekawa A, Tsubo M, Meshesha DT. 2012. Integrated watershed management as an effective approach to curb land degradation: a case study of the enabered watershed in Northern Ethiopia, Environmental management, 50(6): 1219-1233.
18. Haregeweyn N, Tsunekawa A, Nyssen J, Poesen J, Tsubo M, Tsegaye Meshesha D, Schütt B, Adgo E, Tegegne F. 2015. Soil erosion and conservation in

مسئله در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک گرفت. نقشه‌های شبیه‌سازی شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده می‌توانند به‌عنوان سامانه هشداردهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری به خدمت گرفته شود.

منابع مورد استفاده

۱. آل بوعلی، ع.، ر. قضاوی و س. ساداتی نژاد. ۱۳۹۵. بررسی اثرات خشک‌سالی بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از شاخص SPI (مطالعه موردی: دشت کاشان). نشریه مهندسی اکوسیستم‌های بیابان، ۵(۱۰): ۱۳-۲۲.
۲. ایرانمهر، م. ۱۳۹۳. آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی اطراف رودخانه زاینده‌رود. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۳۷ صفحه.
۳. رضائی، ن. و ر. جعفری. ۱۳۹۳. آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در افق ۱۴۰۴ با استفاده از مدل زنجیره‌ای CA مارکوف (مطالعه موردی: اسفراین). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۲۹(۴): ۸۳-۹۶.
۴. زارع زاده مهریزی، م. و س. مرید. ۱۳۹۰. پایش خشک‌سالی با استفاده از تراز مخزن سد و شاخص‌های هواشناسی (مطالعه موردی سیستم آب زاینده‌رود اصفهان). تحقیقات آب و خاک ایران، ۱۹(۱): ۱۹-۲۶.
۵. عزیز قلاتی، س.، ک. رنگزن، ج. سدیدی، پ. حیدریان و آ. تقی زاده. ۱۳۹۵. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۱): ۵۹-۷۱.
۶. فاطمی، س.ب. و ی. رضائی. ی. ۱۳۹۶. مبانی سنجش از دور. انتشارات آزاده. ۲۹۶ صفحه.
۷. فتحی زاد، ح.، ح. کریمی، م. تازه و م. توکلی. ۱۳۹۳. پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف (بررسی موردی: حوزه دوبرج، استان ایلام). مدیریت بیابان، ۲(۳): ۶۱-۷۶.

- Ethiopia: A review Progress in Physical Geography, 39(6): 750-774.
19. Keno B, Suryabhagavan K. 2014. Multitemporal remote sensing of landscape dynamics and pattern change in Dire district, southern Ethiopia. *Journal of Geomatics*, 8(2): 189-194.
 20. Lambin EF. 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 21(3): 375-393.
 21. McKee TB, Doesken. J. Kleist N J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. American Meteorological Society Boston, MA, 179-183.
 22. Ozesmi SL, Bauer ME. 2002. Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 10(5): 381-402.
 23. Pontius RG. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(8): 1011-1016.
 24. Rajitha K, Mukherjee C, Vinu Chandran.M. Prakash Mohan R. 2010. Land-cover change dynamics and coastal aquaculture development: a case study in the East Godavari delta, Andhra Pradesh, India using multi-temporal satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 31(16): 4423-4442.
 25. Rashmi M, Lele N. 2010. Spatial modeling and validation of forest cover change in Kanakapura region using GEOMOD. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38(1): 45-54.
 26. Rawat KS, Mishra AK, Bhattacharyya R. 2016. Soil erosion risk assessment and spatial mapping using LANDSAT-7 ETM⁺, RUSLE, and GIS-a case study. *Arabian Journal of Geosciences*. 9(4): 288.
 27. Riaño D, Chuvieco E, Salas J, Aguado I. 2003. Assessment of different topographic corrections in Landsat-TM data for mapping vegetation types (2003). *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 41(5): 1056-1061.
 28. Richards AJ. 2013. *Remote sensing digital image analysis*, 5. Springer. 463 pp.
 29. Turner BL, Lambin EF, Reenberg, A. 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52): 20666-20671.
 30. Wijanarto AB. 2006. Application of Markov change detection technique for detecting Landsat ETM derived land cover change over Banten Bay. *Journal Ilmiah Geomatika*, 12(1): 11-21.
 31. Zewdu S, Suryabhagavan K, Balakrishnan M. 2016. Land-use/land-cover dynamics in Sego Irrigation Farm, southern Ethiopia: A comparison of temporal soil salinization using geospatial tools. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(1): 91-97.



Monitoring and prediction land use/ land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B₂, Zayandeh Rood watershed)

Sh. Mohammadi ¹, Kh. Habashi ^{2*}, S. Pourmanafi ³

1. Ph.D Student of Remote Sensing and Geographic Information System, College of Earth sciences, Shahid chamran University of Ahvaz

2. MSc. Graduated of Combat to Desrtification, College of Natural Resources, Isfahan University of Technology

3. Assis. Prof. College of Natural Resources, Isfahan University of Technology

ARTICLE INFO

Article history:

Received 8 August 2017

Accepted 13 May 2018

Available online 22 May 2018

Keywords:

Land degradation

Prediction changes

Land use

CA-Markov

Standard precipitation index (SPI)

Isfahan

ABSTRACT

Land use and land cover (LULC) change because of its impact on natural ecosystems has become a concern for natural resources protectors and managers. The present study aimed to predict LULC changes and also to study the relation of drought with these changes in the sub-basin Parsel B₂ with an area of 21100 hectares using CA-Markov model and Standard Precipitation Index (SPI). For this purpose, using the preprocessed images of the sensors TM, ETM⁺, and OLI for the years 1986, 2001 and 2016, respectively, the LULC map was provided with supervised classification and maximum likelihood method. To validate the CA-Markov model, the LULC maps have been predicting for 2016 and they were compared to the reference land use map of 2016. After ensuring the accuracy of the predicted results for the year 2016, the related land use and land cover maps were predicted for the year 2030. The result showed a relation between LULC changes and drought condition. Based on result predicted for the year 2030, rain-fed agriculture 6.95% increase and range land 6.66% decrease in area. Thus In the event of drought and abandonment rain-fed agriculture land, soil erosion, increasing and also grazing pressure on the remaining range land causing range land degradation. Therefore, if the current land use strategy with current management remain, land degradation in the region will be inevitable.

* Corresponding author e-mail address: kh.habashi@yahoo.com