



پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به روش سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: منطقه

عباس‌آباد، استان مازندران)

عمر نیک‌پور، حمید عمونیا، الهه نورپسندی

دریافت: ۲۷ مهر ۱۳۹۹ / پذیرش: ۲ دی ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۳۰ تیر ۱۴۰۰

چکیده

همچنین تبدیل کاربری‌ها به یکدیگر و تغییر کاربری پوشش گیاهی به پهنه ساخته‌شده به‌عنوان موضوع مهم شناخته می‌شود. براین اساس هدف این پژوهش پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی منطقه شهری عباس‌آباد در آینده است؛ که با استفاده از این تغییرات می‌توان اقدامات مناسب مدیریتی برای حفظ و احیا اراضی انجام داد.

مواد و روش‌ها پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی از تلفیق مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف در منطقه شهری عباس‌آباد با استفاده از تصاویر سنجنده TM و OLI ماهواره‌های لندست ۸ و ۵ اخذشده از سایت USGS انجام شد. چهار کلاس کاربری که شامل کلاس پهنه ساخته‌شده با کد شماره ۱، کلاس پوشش گیاهی با کد شماره ۲، کلاس منابع آبی با کد شماره ۳ و کلاس اراضی بایر با کد شماره ۴ برای منطقه شهری عباس‌آباد تفکیک شدند که این طبقه‌بندی از روش USGS اخذشده است. به‌منظور استخراج کلاس‌های کاربری اراضی بعد از چک نمودن چند روش نهایتاً از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) به دلیل کارایی بهتر استفاده گردید. ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بایبان دقت کلی و ضریب کاپا برای سه دوره زمانی انجام شد که هریک از این نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده از طریق ترسیم ماتریس خطا مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند که برای تهیه این

پیشینه و هدف امروزه تغییرات کاربری اراضی در بسیاری از کشورها به چالش مهمی تبدیل شده است که اثرات فراوانی بر محیط‌زیست می‌گذارند. بر همین اساس بررسی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های مختلف به‌عنوان یکی از موضوعات مهم در مدیریت درست منابع طبیعی و تغییرات زیست‌محیطی در سطوح مختلف مطرح است. لذا آگاهی داشتن از تغییرات کاربری و بررسی علل و عوامل آن‌ها در چند دوره زمانی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده می‌توان برنامه‌ریزی درستی را برای کاهش اثرات نامطلوب انجام داد که همین امر مورد توجه برنامه ریزان و مدیران شهری قرار گرفته است و به آن‌ها در برنامه‌ریزی کاربری اراضی کمک شایانی می‌کند.

عمر نیک‌پور (✉) ^۱، حمید عمونیا ^۲، الهه نورپسندی ^۳

۱. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، ایران

۲. دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی و مدیریت محیطی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد، جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: a.nikpour@umz.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.2.3.6>

گیاهی در طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ هم بیشترین مساحت را شامل می‌شود و این نشان‌دهنده این است که در این منطقه، پوشش گیاهی همچنان پابرجاست و کمتر دچار تغییرات شده است.

نتیجه‌گیری خروجی نقشه پیش‌بینی ۱۳ ساله برای سال ۲۰۳۰ در این پژوهش از دقت مناسب مدل CA-MARKOV حکایت دارد. علاوه بر این خروجی نشان می‌دهد می‌توان به این روش برای برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت اعتماد نمود. این نقشه‌های پیش‌بینی می‌توانند راهنمای خوبی برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری باشند. برای دست یافتن به نتایج بهتر پیشنهاد می‌شود که از تلفیق مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف برای پایش و پیش‌بینی تغییرات در سطح کشور استفاده شود. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش علاوه بر اینکه در کاهش حجم داده‌های ورودی کمک فراوانی می‌کند، بلکه در پردازش تصاویر طبقه‌بندی‌شده و در پیش‌بینی آن‌ها برای آینده هم نقش بسزایی دارد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای، پایش، پیش‌بینی، عباس‌آباد

ماتریس از ۲۵۰ نقطه نمونه استفاده شد و نوع نمونه‌برداری نیز به‌صورت نمونه‌برداری طبقه‌ای بود. همچنین برای مشخص شدن تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۳۰ از نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده استفاده شد و با کمک نرم‌افزار TerrSet تغییرات صورت گرفته در کلاس‌ها و درصد آن‌ها به دست آمد و با استفاده از مدل CA-MARKOV تغییرات کلاس‌های مختلف براساس ماتریس احتمال انتقال پیش‌بینی شد.

نتایج و بحث نتایج پژوهش در طی سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ بیانگر این است که پهنه ساخته‌شده روند افزایشی داشته است و کاربری‌های پوشش گیاهی، اراضی بایر و منابع آبی دارای روند کاهشی بوده‌اند و ۲۳۲۷۹ هکتار از اراضی منطقه را پهنه ساخته‌شده به خود اختصاص داده است. ضریب کاپا محاسبه‌شده در این ارزیابی برای سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ به ترتیب ۰/۸۶، ۰/۸۹ و ۰/۸۹ است. مدل پیش‌بینی زنجیره مارکوف با دقت بالای ۸۵ درصد بیان کرد که روند تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ همانند سال‌های قبل خواهد بود و این نشان‌دهنده این است که تبدیل و تغییر کاربری‌ها همانند قبل پیش خواهد رفت و ذکر این نکته هم ضروری است که کاربری‌های همسان پوشش گیاهی به پوشش

مقدمه

در دهه‌های اخیر، به دلیل رشد سریع شهرنشینی، به تغییرات کاربری اراضی توجه ویژه‌ای شده است، زیرا فضای نواحی شهری تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است و زندگی جمعیت جهان ارتباط تنگاتنگی با فعالیت‌های انسانی در سطوح شهر دارد (۱۸). همین امر باعث شده که کاربری اراضی بر جنبه اجتماعی استفاده از اراضی تأکید کند، زیرا کاربری اراضی مجموعه فعالیت‌هایی است که انسان براساس نیازهای اقتصادی و اجتماعی خود انجام می‌دهد (۱۰)، براین اساس کاربری اراضی مفهومی تک‌بعدی قلمداد نمی‌شود بلکه ترکیبی از ویژگی‌های متنوعی مانند مالکیت، کالبد، ساختار و فضا است. با ادامه یافتن افزایش جمعیت زمینه تقاضا برای سکونت و گسترش سریع فعالیت در حومه‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه به تغییر در کارکرد و کاربری اراضی مناطق شهری منجر می‌شود (۱۴). بنابراین چگونگی نحوه استفاده از زمین و مشخص کردن الگوی مکانی کاربری اراضی یک منطقه و بررسی تغییرات کاربری اراضی در دوره‌های زمانی مشخص اهمیت یافته است؛ بنابراین مطالعه و بررسی روند گسترش فیزیکی شهر و اطلاع داشتن از تغییرات کاربری اراضی و استفاده از نتایج آن در برنامه‌ریزی شهری ضروری است. بر همین اساس، بررسی تغییرات کاربری اراضی برای دانستن تغییرات محیط در سطح محلی و جهانی دارای اهمیت فراوانی است (۲۲). سنجش‌ازدور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی نقش فراوانی در تجزیه و تحلیل هر یک از کلاس‌های کاربری‌ها دارد به طوری که با پردازش تصاویر و صحت‌طبقه‌بندی و انتخاب مناسب باندها می‌توان به نتایج قابل قبولی در امر مدیریت سرزمین و پیش‌بینی تغییرات آینده دست پیدا کرد (۱۷). در حقیقت، از GIS، سنجش‌ازدور و الگوریتم‌های پیش‌پردازش تصاویر در برداشت‌های روزانه اطلاعات در سطح جهانی، منطقه‌ای و محلی استفاده می‌شود که این برداشت‌ها اطلاعات دقیقی راجع به تجزیه و تحلیل تغییرات صورت گرفته در زمان‌های مختلف فراهم می‌آورد و در سنجش‌ازدور تصاویر ماهواره‌ای به صورت

مداوم، رایگان و به‌روز در دسترس است (۴، ۱۳ و ۲۱). در حال حاضر پرکاربردترین مدل در پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، مدل زنجیره مارکوف است (۵)؛ که در میان مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی مدل زنجیره مارکوف، مدلی است که تغییرات کاربری اراضی را از دوره‌ای به دوره دیگر توصیف می‌کند و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای ایجاد نقشه تغییرات در زمان آینده استفاده می‌کند (۳).

در ارتباط با تغییرات کاربری اراضی و عوامل تأثیرگذار بر آن پژوهش‌هایی هم در سطح داخل و هم در سطح خارج از کشور انجام گرفته است که در ادامه به برخی از پژوهش‌های انجام گرفته در ارتباط با این موضوع اشاره گردیده است. هرناندز گوزمان و همکاران (۸) تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در منطقه غربی و مرکزی مکزیک را مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی نقشه‌های موضوعی در سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر لندست تهیه و با استفاده از زنجیره مارکوف تغییرات کاربری/ پوشش اراضی برای سال‌های ۲۰۳۳ و ۲۰۵۰ پیش‌بینی شد. تراور و همکاران (۲۳) در پژوهش دیگر با استفاده از دو مدل زنجیره مارکوف شبکه خودکار در سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور به تجزیه و تحلیل و شبیه‌سازی تغییرات کاربری در پایتخت کشور گینه پرداختند. در این پژوهش از داده‌های لندست سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ استفاده شد و با استفاده از نقشه تغییر کاربری سال ۲۰۱۶ بر اساس مدل مارکوف و شبکه خودکار شبیه‌سازی شد. به‌منظور اعتبار سنجی، نتیجه شبیه‌سازی با نقشه پوشش زمین و تغییر کاربری سال ۲۰۱۶، از مشخصه‌های عامل نسبی (ROC) استفاده شد که توافق فراوانی را میان دو نقشه نشان می‌دهد. بر همین اساس نقشه تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی شد. در این راستا راوات و منیش (۱۵) در پژوهش خود در بلوک هوالقق، ناحیه المورا، اوتاراکنند هند از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده TM مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۱۰ استفاده کردند و تغییرات را (از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰) در طی یک دوره بیست‌ساله با استفاده از روش حداکثر احتمال طبقه‌بندی کردند و در نرم‌افزار

ادریسی موردبررسی قراردادند. سپس آن‌ها به این نتیجه رسیدند که در طی دو دهه گذشته پوشش گیاهی و زمین‌های مسکونی به ترتیب ۳/۵۱ درصد و ۳/۵۵ درصد افزایش یافته است. در داخل کشور نیز محققینی به موضوع تغییرات کاربری پرداخته‌اند. حاجی بیگلو و همکاران (۷) در پژوهشی که انجام دادند به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل تلفیقی سلول اتومای زنجیره مارکوف در حوزه آبخیز گرگان رود، از تصاویر سنجنده مشاهده‌گر زمینی OLI و TM ماهواره لندست ۸ و ۵ مربوط به سایت USGS استفاده شد. در نتیجه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از ابزار LCM برای دوره سی‌ساله ۲۰۱۷-۱۹۸۷ در حوزه آبخیز گرگان رود نشان داد که در طی سالیان آتی با پدیده جنگل‌زدایی شدید در این حوزه روبه‌رو خواهیم بود. لذا باید با مدیریت بلندمدت و جامع، منابع آب‌و خاک حفظ کرد و تا حد امکان مانع از تخریب این منابع ارزشمند شد. کوهستانی و همکاران (۹) در تحقیق خود به پایش و پیش‌بینی روند تغییرات اراضی مرتعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های TM و OLI مربوط به سایت USGS و مدل زنجیره مارکوف در حوزه آبخیز نوررود در استان مازندران پرداختند. که نتایج تحقیق بیانگر این است که طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ مناطق جنگلی و مرتعی درجه یک و سه روند کاهشی و مراتع درجه دو و اراضی سنگلاخی و مسکونی روند افزایشی داشته‌اند. محمدی و همکاران (۱۱) در پژوهشی به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و بررسی ارتباط آن با خشک‌سالی در زیر حوزه پارسل، حوزه آبخیز زاینده‌رود با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و شاخص استاندارد شده پرداختند و از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM، ETM⁺ و OLI مربوط به سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۸۰ و ۱۳۹۵ برای تهیه نقشه کاربری اراضی استفاده شد. سپس به پیش‌بینی کاربری اراضی برای سال ۱۴۱۰ پرداخته شد که نتایج بیانگر این است که تغییرات کاربری‌ها با وضعیت خشک‌سالی ارتباط دارد و در سال ۱۴۱۰ کشاورزی دیم نسبت به اراضی مرتعی روند افزایشی خواهد داشت.

یکی از مناطق مهم گردشگری در استان مازندران شهرستان عباس‌آباد است که در طول دهه‌های اخیر به دلیل گسترش فعالیت‌های گردشگری در آن، منجر به تغییرات کاربری اراضی شده است. این شهرستان از سال ۱۳۸۷ از شهرستان تنکابن جدا شده و به شهرستان مستقلی تبدیل شده است. شهرستان ساحلی عباس‌آباد به دلیل مجاورت با دریا، کوه و جنگل و داشتن شرایط مطلوب محیطی در زمینه‌های مختلف مورد توجه زیادی قرار گرفته است؛ که به همین دلیل کاربری‌های اراضی این شهرستان با تغییرات فراوانی روبه‌رو بوده است و بخش فراوانی از این تغییرات به دلیل گسترش فعالیت‌های گردشگری (شکل‌گیری خانه‌های دوم، ساخت مراکز تجاری و بازارچه‌ها و غیره) است. فروش اراضی باغی و زراعی برای ساخت خانه‌های دوم و تغییر بافت باغ‌ها به مراکز خدماتی برای گردشگران باعث تغییرات کاربری اراضی در سطح شهرستان شده است. بر اساس تصاویر ماهواره‌ای استخراج شده، تغییرات گسترده کاربری اراضی در دهه‌های اخیر مشکلات زیادی را در شهرستان به وجود آورده است که شامل مواردی مانند افزایش قیمت زمین و مسکن، کاهش سطح تولیدات کشاورزی و غیره است. به همین خاطر موضوع تغییرات کاربری اراضی از دغدغه‌های اصلی مدیریت سرزمینی در این شهرستان است و این پژوهش می‌تواند در آمایش بهتر شهرستان که به‌عنوان یکی از مناطق گردشگری استان به حساب می‌آید به برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه کمک کند و باعث افزایش سطح آگاهی و درایت آن‌ها شود تا بتوانند اقدامات مناسبی برای کاهش تغییرات انجام دهند. بر اساس آنچه گفته شد، هدف از انجام این پژوهش بررسی و مطالعه روند تغییرات کاربری اراضی در طی دهه‌های اخیر در شهرستان عباس‌آباد است.

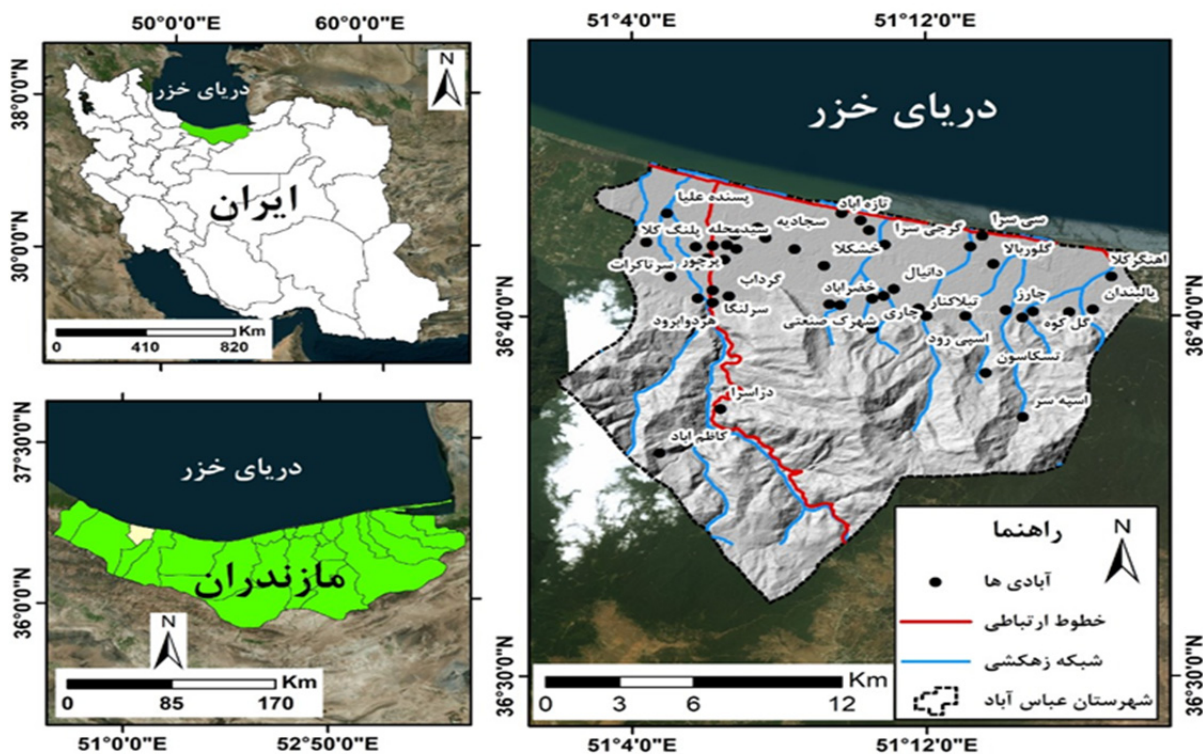
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهرستان عباس‌آباد از لحاظ موقعیت جغرافیایی، در طول شرقی ۵۱° ۰۹' و عرض شمالی ۳۶° ۴۳' واقع شده و ارتفاع

مرکز شهرستان عباس‌آباد است. براساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، این شهر دارای ۵۲۸۳۲ نفر جمعیت است که در میان شهرستان‌های استان مازندران رتبه هجدهم را به خود اختصاص داده است. این شهرستان به دلیل نزدیکی به سایر مراکز شهری استان و قرار گرفتن در مسیر بزرگراه ساحلی از موقعیت ویژه‌ای برخوردار است. از نزدیک‌ترین شهرهای اطراف عباس‌آباد می‌توان به شهرهای نشتارود در غرب و سلمان شهر در شرق اشاره کرد.

متوسط آن از سطح دریای آزاد حدود ۱۵- متر است. به دلیل قرارگیری محدوده مورد مطالعه در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه‌های البرز و سواحل جنوبی دریای خزر و به دلیل وجود رطوبت و اختلاف ارتفاع نسبی این محدوده بخشی از پرباران‌ترین مناطق کشور محسوب می‌شود و بارش در انواع مختلف خود، از پدیده‌های مألوف با ساکنان این نواحی است. در این محدوده بیشترین میزان بارندگی در فصل پاییز است و از فصل‌های زمستان و بهار در رتبه بعدی قرار دارند و فصل تابستان کم باران‌ترین فصل این محدوده است. شهر عباس‌آباد



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه شهری عباس‌آباد

Fig. 1. Geographical location of Abbasabad urban area

مربوط به سایت زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا وابسته به سایت ناسا (USGS) استفاده شد. در جدول زیر مشخصات تصاویر ماهواره‌ای که در پژوهش حاضر برای تهیه نقشه کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفت ارائه شده است.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش برای پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف در منطقه عباس‌آباد از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ در سه دوره زمانی ۱۹۹۷، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ با سنجنده TM و OLI

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق

Table 1. The data used in this study

منبع داده Source of data	قدرت تفکیک مکانی (متر) Resolution (m)	تاریخ Date	سنجنده Dataset	ماهواره Dataset	ردیف Row
سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا United States Geological Survey	۳۰	۱۹۹۷/۹/۱۱	TM	لندست ۵ Landsat5	۱
سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا United States Geological Survey	۳۰	۲۰۰۶/۹/۲۰	TM	لندست ۵ Landsat5	۲
سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده آمریکا United States Geological Survey	۳۰	۲۰۱۷/۹/۱۸	OLI	لندست ۸ Landsat8	۳

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای

بعد از دریافت کردن تصاویر ماهواره‌ای، در نخستین مرحله پیش‌پردازش، تصحیحات رادیومتریک و اتمسفری بر روی تصاویر اعمال شده است. هدف از این مرحله برطرف کردن خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک است؛ که در تصاویر خام وجود داشته است. تصحیحات رادیومتریک آن دسته از تصحیحاتی هستند که فقط بر روی درجات خاکستری اعمال می‌شوند و با تغییر مقادیر آن‌ها به صورت پیکسل به پیکسل، تلاش می‌شود تا بعضی از خطاهای موجود جبران شود. از جمله خطاهای رادیومتریکی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد؛ خطوط جاافتاده، خطای نوار نوار شدن، خطاهای اتمسفری، خطاهای دستگاهی و نویز. دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد: تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی. تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در گاهی موارد به خصوص برای داده‌های قدیمی کار سختی است (۲). تصحیحات اتمسفری مهم‌ترین بخش قبل از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای است. از این تصحیح در مواقعی که مقایسه و تجزیه و تحلیل تصاویر چند زمانه مدنظر باشد استفاده می‌شود (۱۹). همچنین برای دستگاه‌های تصویربرداری چند طیفی مانند اسکنرهای سنجنده‌های ماهواره لندست؛ که در بخش طیف مرئی و مادون قرمز نزدیک اطلاعات را ثبت می‌کنند و جذب اتمسفر بر روی باندهای مرئی و مادون قرمز تأثیر می‌گذارد اهمیت فراوانی دارد (۶). بعد از ارزیابی چند روش طبقه‌بندی،

در نهایت با استفاده از الگوریتم SVM و روش شیء‌گرا نقشه کاربری اراضی در نرم‌افزار Envi برای این سه دوره تهیه شد. ارزیابی دقت و صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده، از طریق انطباق دادن نقشه‌های طبقه‌بندی شده با واقعیت زمینی که به صورت بصری صورت پذیرفت. این انطباق از طریق نقاط نمونه که به روش تصادفی- طبقه‌ای (Stratified Random) بروی نقشه پراکنش داده شده‌اند، انجام شده است. نهایتاً با داشتن اطلاعات نقاط نمونه، ماتریس خطا برای هر یک از نقشه‌های کاربری به دست آمد است؛ که بر اساس آن دقت کلی و ضریب کاپا محاسبه شد. بعد از انجام ارزیابی نقشه‌ها و رسیدن به یک نقشه با دقت بالا، از نرم‌افزارهای ArcGIS و TerrSet برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی تغییرات استفاده شد.

زنجیره مارکوف

زنجیره مارکوف توسط یک ریاضی‌دان روسی به نام آندری مارکوف در سال ۱۹۰۷ ارائه شده است. زنجیره مارکوف تشکیل شده از مقادیر تصادفی است که احتمالات یک بازه زمانی در آن وابسته به مقدار عددی آن در گذشته است. زنجیره مارکوف یک وسیله مفید برای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی است (۱).

سلول‌های خودکار

مدل سلول‌های خودکار دارای سیستمی گسسته و دینامیکی است؛ که دارای سه جز است که شامل سلول‌ها، همسایگی‌های سلول و قوانین انتقال است. سلول، از عنصر اصلی مدل سلول‌های خودکار است که این سلول‌ها در یک شبکه سازمان‌یافته قرار گرفته‌اند. قانون انتقال، وضعیت هر سلول برای مرحله آخر را مشخص می‌کند که این بستگی به وضعیت فعلی سلول و سلول‌های همسایگی آن دارد (۱۶). بر همین اساس با استفاده از نقشه‌های کاربری سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ و با به‌کارگیری روش زنجیره مارکوف و مدل سلول‌های خودکار در نرم‌افزار TerrSet نقشه کاربری سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد و نقشه خروجی آن با واقعیت زمینی مقایسه شد.

طبقه‌بندی تصاویر

به‌منظور طبقه‌بندی کاربری اراضی پس از انجام تصحیحات بر روی تصاویر، مرحله انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی است که از مراحل مهم در طبقه‌بندی محسوب می‌شود. در این پژوهش از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) استفاده شد که این الگوریتم یکی از الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده خطی است. در این الگوریتم کلاس‌ها به‌وسیله ایجاد یک ابر صفحه از هم دیگر جدا می‌گردند. طبقه‌بندی SVM یکی از معروف‌ترین و قوی‌ترین روش طبقه‌بندی است که جز روش طبقه‌بندی شیء‌گرا محسوب می‌شود. روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در سه مرحله صورت می‌گیرد که شامل سگمنت‌سازی (قطعه‌بندی)، طبقه‌بندی و ارزیابی صحت طبقه‌بندی است. سگمنت به معنای گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک محدوده است که از نظر ارزش عددی و بافت شباهت‌های فراوانی دارند و این عوامل مهم‌ترین معیار مشترک در بین آن‌ها است (۲۰). در مرحله بعد از طبقه‌بندی، قطعات تولیدشده (سگمنت‌ها) در کلاس‌هایی با خواص یکسان انجام می‌شود. برای این منظور از روش‌های مختلفی مانند درخت تصمیم، نزدیک‌ترین همسایگی، فازی و ماشین بردار پشتیبان (SVM) می‌توان استفاده کرد؛ که در

پژوهش حاضر از روش SVM برای طبقه‌بندی استفاده شده است که پژوهشگران این روش را نسبت به روش‌های دیگر ترجیح می‌دهند.

ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، برای مشخص کردن روند تغییرات طبقات، آن‌ها را به چهار کلاس پهنه ساخته شده، اراضی بایر، پوشش گیاهی و آب تقسیم کردیم. علاوه بر این انتخاب نمونه در این پژوهش با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی و بصری و با استفاده از ترکیب رنگی کاذب و آنالیز مؤلفه‌های اصلی صورت پذیرفت. تعداد ۲۰۰ نمونه برای هرکدام از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ انتخاب شدند و با استفاده از الگوریتم SVM، نقشه کاربری اراضی مربوط به سه دوره به دست آمد و این نقشه‌ها با تصاویر ماهواره‌ای که دارای ترکیب رنگ واقعی بودند مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این منظور با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه ضریب رونوشت و ضرایب صحت کلی، صحت تصاویر طبقه‌بندی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. به طوری که در جدول ۳، نتایج صحت سنجی نقشه‌ها که شامل دقت کلی و ضریب کاپا است براساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای کل دوره‌های مطالعاتی آورده شده است. نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ دارای بیشترین ضرایب صحت سنجی می‌باشند که دقت کلی و ضریب کاپای آن‌ها به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۸۹ درصد است و در سال ۱۹۹۷ دقت کلی و ضریب کاپا به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۸۶ درصد است. دقت کلی میانگین با استفاده از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های معلوم را نشان می‌دهد که بر اساس رابطه ۱ محاسبه شد.

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

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

نتایج

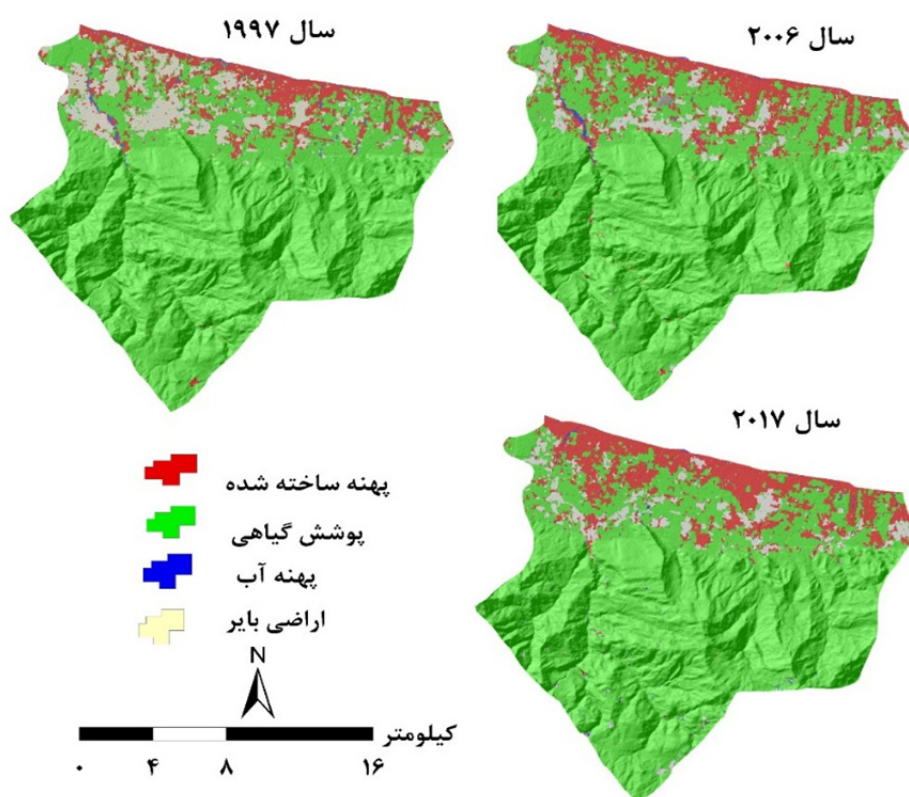
طبقه‌بندی تصاویر

در پژوهش حاضر، به‌منظور آشکارسازی و طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی در طول دوره مطالعاتی ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ از طبقه‌بندی شیء‌گرا با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان استفاده گردید. شکل ۲. نتایج حاصل از کلاس‌بندی کاربری اراضی عباس‌آباد را براساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در سه دوره مختلف را نشان می‌دهد.

محاسبه می‌کند. شاخص کاپا بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد (۲۵).

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

در این رابطه؛ N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{+i} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون J ام می‌باشند (۲۵).



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی/پوشش اراضی عباس‌آباد (سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶، ۲۰۱۷)

Fig. 2. Land use map/Abbas Abad land cover (1997, 2006, 2017)

استخراج شد تا تبدیل و تغییرات آن‌ها از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ مشخص شود که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی طبق الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در روش طبقه‌بندی شیء‌گرا برای ۳ دوره مطالعاتی، مساحت کلاس‌های کاربری از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷

جدول ۲. مساحت و درصد مساحت طبقه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶، ۲۰۱۷

Table 2. Area and percentage of land use classes and land cover for 1997, 2006, 2017

اختلاف (%) ۲۰۰۶-۲۰۱۷	مساحت		اختلاف (%) ۱۹۹۷-۲۰۰۶	مساحت		مساحت		مساحت Area کاربری land use
	(درصد) ۲۰۱۷	(هکتار) ۲۰۱۷		(درصد) ۲۰۰۶	(هکتار) ۲۰۰۶	(درصد) ۱۹۹۷	(هکتار) ۱۹۹۷	
۱/۱۸	۱۲/۹۰	۳۹۶۷/۰۹	۳/۰۱	۱۱/۷۲	۳۵۹۴/۹۲	۸/۷۱	۲۶۷۲/۴۹	Made area پهنه ساخته شده
-۱/۰۵	۸۱/۹۳	۲۵۱۹۶/۶۰	۰/۵۵	۸۲/۹۸	۲۵۴۵۴/۹۰	۸۲/۴۳	۲۵۲۹۲/۵۰	Vegetation پوشش گیاهی
-۰/۰۳	۰/۳۳	۱۰۳/۱۷	-۰/۲۸	۰/۳۶	۱۱۳/۱۴	۰/۶۴	۱۹۶/۹۱	Water آب
-۰/۰۹	۴/۸۳	۱۴۸۵/۷۱	-۳/۲۹	۴/۹۲	۱۵۰۹/۸۰	۸/۲۱	۲۵۱۹/۶۵	Barrenland اراضی بایر

ارزیابی صحت طبقه‌بندی

است. نتایج جدول‌های ۳، ۴ و ۵ نشان می‌دهد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان در طبقه‌بندی کاربری اراضی به روش شیء‌گرا پایین‌ترین صحت کاربری به میزان ۰/۶۶ درصد مربوط به کلاس کاربری بایر در نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ است و پایین‌ترین صحت تولیدکننده به میزان ۰/۷۵ درصد مربوط به کلاس کاربری آب در نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۷ است. براساس جداول دقت کلی و ضریب کاپا در هر چهار دوره، بالای ۸۵ درصد و قابل قبول است.

در پژوهش حاضر دقت طبقه‌بندی تصاویر حاصل از داده‌های ماهواره‌ای با مقایسه داده‌های زمینی و اطلاعات موجود به وسیله نقاط شاهد به دست آمد که بیانگر آن است که کاربری‌های طبقه‌بندی شده و واقعیت زمینی با یکدیگر همخوانی دارند. در جدول‌های ۳، ۴ و ۵ پارامترهای ارزیابی صحت شامل دقت کلی، صحت کاربر، صحت تولیدکننده، ضریب کاپا برای هر کلاس کاربری اراضی بر اساس الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برای کل دوره‌های مطالعاتی آورده شده

جدول ۳. ماتریس صحت به دست آمده از خروجی طبقه‌بندی نظارت شده تصویر ماهواره‌ای سال ۱۹۹۷

Table 3. Accuracy matrix obtained from the monitored classification of satellite imagery in 1997

جدول صحت طبقه‌بندی سال ۱۹۹۷						
User's accuracy	Total	بایر Barrenland	آب Water	پوشش گیاهی Vegetation	پهنه ساخته شده Made area	کاربری land use
۰/۹۸	۱۷۴	۰	۰	۲	۱۷۲	Made area پهنه ساخته شده
۰/۹۱	۱۲	۰	۰	۱۱	۱	Vegetation پوشش گیاهی
۰/۸۰	۱۵	۱	۱۲	۱	۱	Water آب
۰/۷۱	۷	۵	۱	۰	۱	Barrenland بایر
	۲۰۸	۶	۱۳	۱۴	۱۷۵	Total
		۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۷۸	۰/۹۸	Producer's accuracy
					۰/۹۶	accuracy
					۰/۸۶	Kappa

جدول ۴. ماتریس صحت به دست آمده از خروجی طبقه‌بندی نظارت شده تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۶

Table 4. Accuracy matrix obtained from the monitored classification of satellite imagery in 2006

جدول صحت طبقه‌بندی سال ۲۰۰۶						
User's accuracy	Total	بایر Barrenland	آب Water	پوشش گیاهی Vegetation	پهنه ساخته شده Made area	کاربری Land use
۰/۹۹	۱۷۱	۰	۱	۰	۱۷۰	پهنه ساخته شده Made area
۰/۷۱	۷	۰	۰	۵	۲	پوشش گیاهی Vegetation
۰/۹۵	۲۱	۰	۲۰	۰	۱	آب Water
۰/۷۰	۱۰	۷	۲	۰	۱	بایر Barrenland
	۲۰۹	۷	۲۳	۵	۱۷۴	Total
		۱	۰/۸۶	۱	۰/۹۷	Producer's accuracy
					۰/۹۶	accuracy
					۰/۸۹	Kappa

جدول ۵. ماتریس صحت به دست آمده از خروجی طبقه‌بندی نظارت شده تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۷

Table 5. Accuracy matrix obtained from the monitored classification of satellite imagery in 2017

جدول صحت طبقه‌بندی سال ۲۰۱۷						
User's accuracy	Total	بایر Barrenland	آب Water	پوشش گیاهی Vegetation	پهنه ساخته شده Made area	کاربری Land use
۰/۹۹	۱۷۲	۰	۱	۰	۱۷۱	پهنه ساخته شده Made area
۰/۹۱	۲۴	۰	۰	۲۲	۲	پوشش گیاهی Vegetation
۰/۷۵	۸	۰	۶	۲	۰	آب Water
۰/۶۶	۶	۴	۱	۰	۱	بایر Barrenland
	۲۱۰	۴	۸	۲۴	۱۷۴	Total
		۱	۰/۷۵	۰/۹۱	۰/۹۸	Producer's accuracy
					۰/۹۶	accuracy
					۰/۸۹	Kappa

نتایج آشکارسازی تغییرات کاربری‌ها

نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی تهیه شده (شکل ۲)، برای مدل‌سازی و پایش تغییرات کاربری اراضی وارد نرم‌افزار ادریسی شد تا تغییرات کاربری‌ها مورد مدل‌سازی قرار گیرد. جدول‌های ۶ و ۷ و شکل‌های ۳ و ۴ میزان تغییرات را نشان

داده است. بر اساس نتایج جدول ۶، مساحت پهنه ساخته شده از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶، ۱۷۶۸/۴۱ هکتار است و مساحت پوشش گیاهی ۲۳۵۲۵/۲۸ هکتار است و مقدار مساحت اراضی آبی ۴۵/۰۹ هکتار است و اراضی بایر هم ۷۱۲/۴۴ هکتار از مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. بر این اساس بیشترین

به دیگر کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند. مساحت تغییرات کاربری‌ها مربوط به پهنه‌های ساخته‌شده و پوشش گیاهی بوده است و این دو کاربری سهم بیشتری نسبت

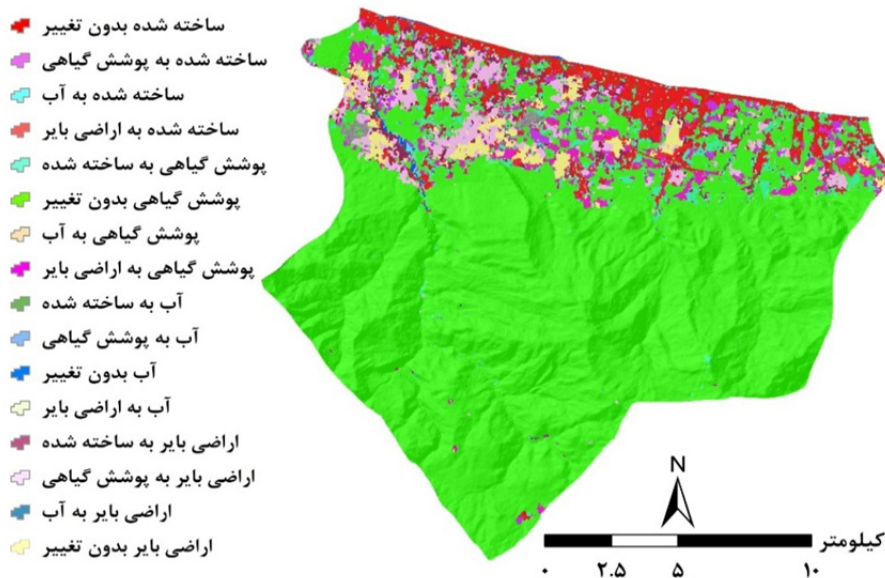
جدول ۶. ماتریس تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۶ (هکتار)

Table 4. Matrix of land use changes between 1997-2006

۲۰۰۶	پهنه ساخته‌شده Made area	پوشش گیاهی Vegetation	آب Water	اراضی بایر Barrenland
۱۹۹۷	۱۷۶۸/۴۱	۶۲۴/۴۲	۵۰/۴۹	۲۰۵/۲۹
پهنه ساخته‌شده Made area	۱۱۱۵/۶۴	۲۳۵۲۵/۲۸	۱۶/۹۲	۵۸۰/۱۴
پوشش گیاهی Vegetation	۱۲۴/۵۶	۲۵/۲۹	۴۵/۰۹	۱۳/۹۵
آب Water	۵۸۲/۹۳	۱۲۰۷/۲۶	۴/۹۵	۷۱۲/۴۴
اراضی بایر Barrenland				

که طبق جدول بالا اراضی ساخته‌شده و پوشش گیاهی بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند و بدون تغییر ماندند ولی بقیه کاربری‌ها دارای تغییر و تحولاتی بوده‌اند.

در شکل ۳ تغییرات هر کاربری نسبت به کاربری دیگر نشان داده شده است. بر اساس شکل زیر، تغییرات اراضی ساخته‌شده، پوشش گیاهی، آب و بایر را می‌توان مشاهده کرد



شکل ۳. نقشه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۹۷-۲۰۰۶

Fig. 3. Map of land use change detection between 1997-2006

مشاهده کرد و این نشان‌دهنده این است که پهنه ساخته‌شده موجب تغییرات فراوانی در منطقه مورد مطالعه شده است.

همچنین بر اساس نتایج جدول ۷، از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷، بیشترین مساحت کاربری‌ها را می‌توان در پهنه ساخته‌شده

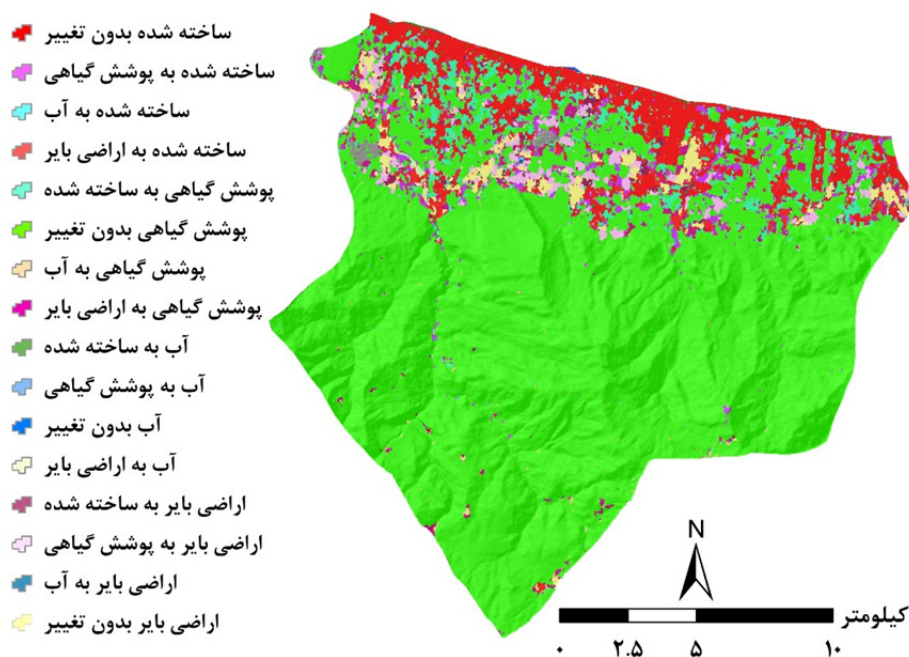
جدول ۷. ماتریس تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۶ (هکتار)

Table 5. Matrix of land use changes between 2006-2017 (ha)

۲۰۱۷	پهنه ساخته‌شده Made area	پوشش گیاهی Vegetation	آب Water	اراضی بایر Barrenland
پهنه ساخته‌شده Made area	۲۴۶۵/۷۳	۷۲۴/۹۵	۳۶/۳۶	۳۶۴/۵۰
پوشش گیاهی Vegetation	۱۱۴۶/۷۸	۲۳۶۷۹/۷۲	۷۰/۱۱	۴۸۵/۶۴
آب Water	۵۲/۲۰	۱۲/۴۲	۵/۷۶	۴۷/۰۷
اراضی بایر Barrenland	۲۶۱/۱۸	۶۶۸/۷۰	۵/۸۵	۵۷۶/۰۹

گیاهی بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند و در این دوره تقریباً بدون تغییر ماندند ولی بقیه کاربری‌ها دارای تغییراتی بوده‌اند.

در شکل ۴ تغییرات هر کاربری نسبت به کاربری دیگر نشان داده شده است. که بر اساس شکل ۴، تغییرات اراضی ساخته‌شده، پوشش گیاهی، آب و بایر را می‌توان مشاهده کرد. در این کاربری‌ها طبق جدول ۷ اراضی ساخته‌شده و پوشش



شکل ۴. نقشه آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۱۷-۲۰۰۶

Fig. 4. Map of land use change detection between 2006-2017

ماتریس مساحت انتقال (جدول‌های ۸ و ۹) ایجاد گردید. ماتریس مساحت انتقال، نشان‌دهنده میزان تغییرات در تعداد پیکسل‌ها از یک طبقه کاربری اراضی به طبقه دیگر در

ارزیابی مدل زنجیره مارکوف بعد از اجرای تحلیل زنجیره مارکوف بر روی نقشه کاربری اراضی به‌دست‌آمده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای،

دوره‌های مشخص است. در هر دو جدول زیر، ردیف نشان‌دهنده کاربری اراضی دوره اول و ستون نشان‌دهنده کاربری اراضی دوره دوم است. در جدول‌های ۸ و ۹ احتمال اینکه هر نوع کاربری اراضی در هر موقعیت مکانی در آینده پیدا شود را بیان می‌کند.

جدول ۸. ماتریس مساحت انتقال کاربری اراضی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۶ با استفاده از زنجیره مارکوف (هکتار)

Table 6. Land use area transfer matrix from 1997 to 2006 using Markov chain (ha)

کاربری Land use	پهنه ساخته‌شده Made area	پوشش گیاهی Vegetation	آب Water	اراضی بایر Barrenland
پهنه ساخته‌شده Made area	۲۰۳۹۷	۱۴۱۹۴	۱۰۱۱	۴۳۰۴
پوشش گیاهی Vegetation	۴۰۸۸۹	۲۲۰۰۱۷	۶۵۳	۲۰۴۶۶
آب Water	۸۶۶	۲۱۳	۱۱۴	۱۱۲
اراضی بایر Barrenland	۴۵۴۷	۹۷۹۶	۷۵	۲۳۸۰

جدول ۹. ماتریس مساحت انتقال کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ با استفاده از زنجیره مارکوف برحسب هکتار

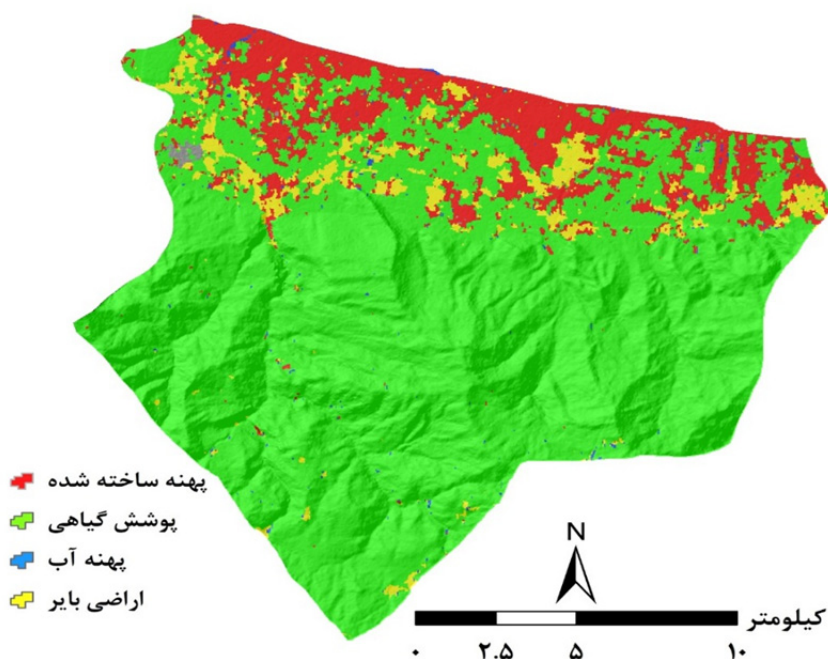
Table 7. Land use area transfer matrix from 2006 to 2017 using Markov chain (ha)

کاربری Land use	پهنه ساخته‌شده Made area	پوشش گیاهی Vegetation	آب Water	اراضی بایر Barrenland
پهنه ساخته‌شده Made area	۲۳۲۷۹	۱۳۱۱۸	۵۴۲	۶۶۸۲
پوشش گیاهی Vegetation	۴۰۹۹۰	۲۱۷۹۵۱	۲۲۴۲	۱۷۵۴۸
آب Water	۶۱۱	۲۶۲	۱۳	۴۲۶
اراضی بایر Barrenland	۳۵۳۱	۹۰۶۱	۷۷	۳۷۰۱

کردن فایل مساحت انتقال، نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۲۰۳۰ به دست آمد. همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است پوشش گیاهی و پهنه ساخته‌شده در سال ۲۰۳۰ همچنان بیشترین تغییرات و مساحت را به خود اختصاص خواهند داد.

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار

برای تهیه نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی سال ۲۰۳۰ از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار استفاده شد؛ بنابراین با وارد کردن نقشه مرجع ۲۰۱۷ به عنوان نقشه پایه و با معرفی



شکل ۵. نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین برای سال ۲۰۳۰
Figure 5. Plan for forecasting land use and land cover changes for 2030

درصد تغییرات کاربری‌ها طی سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ را می‌توان مشاهده کرد که طبق آن ابتدا پوشش گیاهی و سپس پهنه ساخته‌شده بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. پیش‌بینی تغییرات کاربری‌ها تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار
Table 8. Predict land use changes by 2030 using the Markov chain model and automated cells

مساحت (هکتار) Area (ha)	کاربری Land use
۳۹۴۸/۱۱	پهنه ساخته‌شده Made area
۲۵۱۵۳/۱۲	پوشش گیاهی Vegetation
۱۰۴/۳۳	آب Water
۱۴۷۴/۵۸	اراضی بایر Barrenland

بحث و نتیجه‌گیری

اطلاعات مربوط به آن‌ها توسط طیف الکترومغناطیسی، بهترین ابزار برای آشکارسازی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی به‌خصوص در مناطق شهری است. به‌علاوه امروزه میزان تغییرات کاربری اراضی به دلیل گسترش فیزیکی شهر در بیشتر شهرهای ایران افزایش چشم‌گیری داشته است. در این پژوهش

از ضرورت‌های مدیریت درست مناطق جغرافیایی اطلاع از نسبت و نحوه تغییرات کاربری اراضی است. استفاده از تکنیک‌های سنجش‌از‌دور به دلیل اشراف کلی تصاویر ماهواره‌ای بر روی پدیده‌های زمین، ثبت ویژگی‌های پدیده‌ها و

قرار گرفته است و این قسمت توسط کوه‌های مرتفع احاطه شده و تغییر کاربری کار سخت و دشواری است. در این پژوهش آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار انجام شد که نتایج به دست آمده بیانگر انطباق آن‌ها با واقعیت‌های زمینی است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که سطح پهنه ساخته شده دارای روند افزایشی بوده که همین امر منجر به کاهش سطح پوشش گیاهی، اراضی بایر و آب شده است. نتایج این پژوهش با نتایج بسیاری از محققان همسو است، مانند پژوهش‌های مونتالی و همکاران (۱۲) که از یک رویکرد یکپارچه سنجش‌ازدور و GIS برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در منطقه ددزا در مالووی استفاده کردند و به پیش‌بینی تا سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۳۵ براساس ماتریس احتمال انتقال پرداختند. وارگا و همکاران (۲۴) نیز با کمک شاخص درجه شایستگی اقدام به کالیبراسیون نتایج مدل سلولی مارکوف پرداختند و چهار سطح مختلف از این شاخص را در شمال شرق مجارستان مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان‌دهنده خطای کم نقشه‌های شبیه‌سازی شده نسبت به نقشه‌های پیش‌بینی شده است، هرناندز گوزمان و همکاران (۸) تغییرات کاربری اراضی در منطقه غربی و مرکزی مکزیک را مورد بررسی قرار دادند و نقشه‌های کاربری اراضی سه دوره را تهیه کردند و با کمک زنجیره مارکوف تغییرات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۳۳ و ۲۰۵۰ را پیش‌بینی کردند. بنابراین می‌توان گفت که آشکارسازی تغییرات کاربری‌ها در محیط‌هایی مانند شهرها به امر برنامه‌ریزی کمک شایانی می‌کند و به‌عنوان یک راهکار سریع و اجرایی، از آن می‌توان در برنامه‌ریزی‌ها برای چشم‌انداز آینده شهرها استفاده کرد.

References

1. Benito PR, Cuevas JA, de la Parra RB, Prieto F, Del Barrio JG, de Zavala Gironés MÁ. 2010. Land use change in a Mediterranean metropolitan region and its periphery: assessment of conservation policies through CORINE Land Cover data and Markov models. *Forest Systems*, 19(3): 315-328. doi:https://doi.org/10.5424/fs/2010193-8604.

توسعه کالبدی - فضایی و میزان تغییرات کاربری اراضی منطقه عباس‌آباد مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا بررسی تغییرات کاربری اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۷ با استفاده از روش SVM انجام شد و بعد از آن تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای طبقه‌بندی شده کاربری اراضی صورت گرفت. برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر از شاخص‌های آماری، دقت کلی و ضریب کاپا استفاده شد و با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار تغییرات کاربری اراضی محدوده منطقه عباس‌آباد برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد. پیش‌بینی روند گسترش و تغییرات کاربری‌ها در محدوده منطقه عباس‌آباد این امکان را برای برنامه ریزان و مدیران شهری و منطقه‌ای از جمله شهرداری و فرمانداری عباس‌آباد فراهم می‌کند تا با شناخت بهتر تحولات کالبدی فضایی منطقه به‌خوبی بتوانند برنامه‌های توسعه را اجرا نمایند. طبق تصویر ۲۰۱۷، پهنه ساخته شده به دو پهنه شرقی و غربی قابل تقسیم است. به علت تمرکز نقاط روستایی در این دو پهنه و جمعیت‌پذیری بالای روستاهایی مانند تازه‌آباد، حمزه‌آباد، کراتکوتی، دانیال، سجادیه، سید محله، سی سرا، چارز، یالبندان و همچنین گسترش ویلاسازی و ساخت شهرک‌های مسکونی در نوار ساحلی و پس‌کرانه‌های محدوده مورد مطالعه، تغییرات کاربری در دهه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۷ بسیار چشمگیر و قابل توجه بوده است، به طوری که در این دهه در مجموع، ۲۳۲۷۹ هکتار از اراضی منطقه عباس‌آباد به پهنه ساخته شده تغییر کاربری یافته است. همچنین در این منطقه، به دلیل ترویج کشت برنج و گسترش باغداری، پرورش گل و گیاه و وجود جنگل‌های انبوه بیشترین نوع تغییرات در این دهه تغییر از پوشش گیاهی به پوشش گیاهی است که در مجموع، ۲۱۷۹۵۱ هکتار از اراضی منطقه را به خود اختصاص داده است. بر اساس نمودار شکل‌های ۳ و ۵، تغییر پوشش گیاهی به پوشش گیاهی مشاهده می‌شود که نشان می‌دهد، اراضی جنگلی به نفع اراضی کشاورزی و باغی از بین نرفته است و مساحت از دهه ۱۹۹۷-۲۰۰۶ تا دهه ۲۰۰۶-۲۰۱۷ پایدار بوده است زیرا جنگل در قسمت‌های جنوبی منطقه عباس‌آباد

2. Du Y, Philippe MT, Josef C. 2002. Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection. *Remote Sensing of Environment*, 82(1): 123-134. doi:[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00029-9).
3. Eastman JR. 2012. IDRISI Selva tutorial. IDRISI production. Worcester: Clark Labs-Clark University. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2015.73024>.
4. Esch T, Asamer H, Bachofer F, Balhar J, Boettcher M, Boissier E, d'Angelo P, Gevaert CM, Hirner A, Jupova K. 2020. Digital world meets urban planet—new prospects for evidence-based urban studies arising from joint exploitation of big earth data, information technology and shared knowledge. *International Journal of Digital Earth*, 13(1): 136-157. doi:<https://doi.org/10.1080/17538947.2018.1548655>.
5. Ghosh P, Mukhopadhyay A, Chanda A, Mondal P, Akhand A, Mukherjee S, Nayak S, Ghosh S, Mitra D, Ghosh T. 2017. Application of Cellular automata and Markov-chain model in geospatial environmental modeling-A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 5: 64-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.01.005>.
6. Hadjimitsis DG, Papadavid G, Agapiou A, Themistocleous K, Hadjimitsis M, Retalis A, Michaelides S, Chrysoulakis N, Toullos L, Clayton C. 2010. Atmospheric correction for satellite remotely sensed data intended for agricultural applications: impact on vegetation indices. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(1): 89-95. doi:<https://doi.org/10.5194/nhess-10-89-2010>.
7. Hajibigloo M, Sheikh Vb, Memarian H, komaki CB. 2020. Three-dimensional calibration of land use changes using the integrated model of Markov chain automatic cell in Gorgan-rud river basin. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(2): 1-26. http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_674554.html?lang=en. (In persian).
8. Hernández-Guzmán R, Ruiz-Luna A, González C. 2019. Assessing and modeling the impact of land use and changes in land cover related to carbon storage in a western basin in Mexico. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13: 318-327. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.005>.
9. Koohestani N, Rastegar S, Heidari G, Joybari SS, Amirnejad H. 2020. Monitoring and predicting the trend of changing rangelands using Satellite images and CA-Markov model (Case study: Noor-rood basin, Mazandaran province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(3): 1-21. http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_674923.html. (In Persian).
10. Mertens B, Lambin EF. 2000. Land-cover-change trajectories in southern Cameroon. *Annals of the association of American Geographers*, 90(3): 467-494. doi:<https://doi.org/10.1111/0004-5608.00205>.
11. Mohammadi S, Habashi K, Pormanafi S. 2018. Monitoring and prediction land use/land cover changes and its relation to drought (Case study: sub-basin Parsel B2, Zayandeh Rood watershed). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9(1): 24-39. http://girs.iaubushehr.ac.ir/article_540414_en.html. (In Persian).
12. Munthali MG, Mustak S, Adeola A, Botai J, Singh SK, 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: 100276. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100276>.
13. Patino JE, Juan CD. 2013. A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings. *Computers, Environment and Urban Systems*, 37: 1-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.06.003>.
14. Rahnama MR, Roustaa M. 2013. Analysis of change in land use and maintaining and preserving green spaces (gardens) of the Jahrom city for a sustainable development *Journal of Geographical Research*, 28(2): 113-126. <http://georesearch.ir/article-111-475-fa.html>. (In Persian).
15. Rawat JS, Manish K. 2015. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1): 77-84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>.
16. Sang L, Chao Z, Jianyu Y, Dehai Z, Wenju Y. 2011. Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3): 938-943. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.019>.
17. Singh SK, Mustak S, Srivastava PK, Szabó S, Islam T. 2015. Predicting spatial and decadal LULC changes through cellular automata Markov chain models using earth observation datasets and geo-information. *Environmental Processes*, 2(1): 61-78. doi:<https://doi.org/10.1007/s40710-015-0062-x>.
18. Stow DA, Chen DM. 2002. Sensitivity of multitemporal NOAA AVHRR data of an urbanizing region to land-use/land-cover changes and misregistration. *Remote Sensing of*

- Environment, 80(2): 297-307.
doi:https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00311-X.
19. Suykens JA, Vandewalle J. 1999. Least squares support vector machine classifiers. *Neural processing letters*, 9(3): 293-300. doi:https://doi.org/10.1023/A:1018628609742.
20. Szuster WB, Qi C, Michael B. 2011. A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones. *Applied Geography*, 31(2): 525-532. doi:https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.11.007.
21. Taubenböck H, Esch T, Felbier A, Wiesner M, Roth A, Dech S. 2012. Monitoring urbanization in mega cities from space. *Remote Sensing of Environment*, 117: 162-176. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.015.
22. Tiwari A, Jain K. 2014. GIS Steering smart future for smart Indian cities. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(8): 442-446.
23. Traore A, Mawenda J, Komba AW. 2018. Land-cover change analysis and simulation in conakry (Guinea), using hybrid cellular-automata and markov model. *Urban Science*, 2(2): 39. doi:https://doi.org/10.3390/urbansci2020039.
24. Varga OG, Robert Gilmore P, Sudhir Kumar S, Szilárd S. 2019. Intensity Analysis and the Figure of Merit's components for assessment of a Cellular Automata – Markov simulation model. *Ecological Indicators*, 101: 933-942. doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.057.
25. Wang SQ, Zheng XQ, Zang XB. 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1238-1245. doi:https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.117.



Monitoring and predicting land use changes using landsat satellite images by Cellular Automata and Markov model (Case study: Abbasabad area, Mazandaran province)

Amer Nikpour, Hamid Amounia, Elaheh Norpasandi

Received: 14 October 2020 / Accepted: 3 December 2020
Available online 1 March 2021

Abstract

Background and Objective Today, land use change in many countries has become an important challenge that has many effects on the environment. Accordingly, the study of land use change at different scales is one of the important issues in the proper management of natural resources and environmental change at various levels. Therefore, being aware of land use changes and investigating their causes and factors in several time periods, and predicting land use changes in the future can be properly planned to reduce adverse effects, which has been considered by planners and city managers. They help in land use planning. Also, converting land uses to each other and changing the use of vegetation is known as an important issue.

Therefore, the purpose of this study is to monitor and predict land use changes and land cover in Abbasabad urban area in the future; Using these changes, appropriate management measures can be taken to preserve and rehabilitate lands.

Materials and Methods A combination of an automated cell model and Markov chain in the Abbasabad urban area was used to predict land use change; The relevant images were taken from the TM and OLI sensors of the Landsat 8 and 5 satellites at the USGS site. Four user classes, including zone class built with code number 1, vegetation class with code number 2, water resources class with code number 3, and barren land class with code number 4, were separated for Abbasabad urban area. Obtained USGS. In order to extract land use classes, after checking several methods, object-oriented classification method and support vector machine (SVM) algorithm were used due to better efficiency. Evaluation of Babian satellite imagery classification The overall accuracy and kappa coefficient were performed for three periods of time. Each of these classified maps was evaluated by drawing an error matrix. 250 sample points were used to prepare this matrix.

A. Nikpour¹, H. Amounia², E. Norpasandi³

1. Associate Professor, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Iran
2. PhD in Geomorphology and Environmental Management, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran
3. MSc. Student of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Mazandaran, Iran

e-mail: a.nikpour@umz.ac.ir

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.2.3.6>

The type of sampling was stratified sampling. Also, to determine land use changes in 2030, classified maps were used and with the help of TerrSet software, changes made in classes and their percentages were obtained, and using the CA-MARKOV model, changes of different classes based on matrices. The possibility of transfer was predicted.

Results and Discussion The results during 1997, 2006, and 2017 show that the constructed area has an increasing trend and the uses of vegetation, barren lands, and water resources have a decreasing trend and 23279 hectares of lands in the region are built area dedicated. The kappa coefficient calculated for 1997, 2006, and 2017 is 0.86, 0.89, and 0.89, respectively. Markov chain forecasting model with 85% accuracy stated that the trend of land use change for 2030 will be the same as in previous years, and this indicates that the conversion and change of land uses will proceed as before, and it is necessary to mention this

point that the identical uses of vegetation to vegetation cover the largest area during the years 2006 to 2017, and this shows that in this area, vegetation is still stable and has undergone less changes.

Conclusion The output of the 13-year forecast map for 2030 in this study indicates the appropriate accuracy of the CA-MARKOV model. In addition, this output shows that this method can be trusted for short-term planning. These forecast maps can be a good guide for managers and urban planners. To achieve better results, it is recommended to use a combination of automated cell model and Markov chain to monitor and predict changes nationwide. The results of this study, in addition to helping to reduce the volume of input data, but also in the processing of classified images and in predicting them for the future.

Keywords: Land use changes, Satellite images, Monitoring, Forecasting, Abbasabad

Please cite this article as: Nikpour A, Amounia H, Norpasandi E. 2021. Monitoring and predicting land use changes using landsat satellite images by autocell and Markov chain method (Case study: Abbasabad area, Mazandaran province). Journal of RS and GIS for Natural Resources, 12(2): 35-53. <http://doi.net/dor/20.1001.1.26767082.1400.12.2.3.6>