



بررسی سطح جنگل با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و ارائه مدل پیش بینی سطح تغییرات

مقاله پژوهشی

سید آرمین هاشمی، امین خادمی، مرتضی معدنی پور کرمانشاهی، بهروز کرد

دریافت: ۱۱ تیر ۱۴۰۰ / بازنگری: ۶ شهریور ۱۴۰۰ / پذیرش: ۹ شهریور ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۹ شهریور ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ مهر ۱۴۰۱

چکیده

محیط زیست خود بوده و مدل سازی آن در تصمیم گیری ها و برنامه ریزی های و مدل سازی آن در تصمیم گیری ها و برنامه ریزی های کلان، تاثیر گذار است. در این تحقیق نیز با توجه به توانمندی های بالای سنسور از دور و ابزارهای مدل سازی و پیش بینی تغییرات با استفاده از سلول های خودکار-زنجیره مارکوف در جنگل ها در شمال ایران پرداخته شد.

مواد و روش ها در تحقیق حاضر، از تصاویر لندست ۵، سنجنده TM سال ۲۰۰۰ و لندست ۷ سنجنده ETM+ سال ۲۰۱۰ و لندست ۸ سنجنده OLI سال ۲۰۱۸ استفاده شد. در مرحله پیش پردازش خطاهای موجود بر روی داده های خام از قبیل خطاهای رادیومتری، اتمسفری، و هندسی تصحیح می گردد. توجه به بررسی های صورت گرفته و انطباق راه های ارتباطی استخراج شده از نقشه توپوگرافی سازمان نقشه برداری با تصویر ماهواره ای، این تصاویر فاقد خطای هندسی قابل توجهی بود، اما دارای خطای رادیومتری بود که ابتدا تصحیح رادیومتری بر روی تصویر ماهواره ای با تبدیل DN به رادیانس و سپس انعکاس با استفاده از الگوریتم فلاش در نرم افزار ENVI صورت گرفت رفع گردید. برای تهیه نمونه های تعلیمی از برداشت های زمینی، نقشه های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده گردید. ۸۴ نقطه برای

پیشینه و هدف با توجه به تخریب فزاینده در سطح اکوسیستم های طبیعی، تعیین میزان و موقعیت وقوع تغییرات کاربری اراضی و پیش بینی روند آن در آینده می تواند اطلاعات ارزنده ای را به برنامه ریزان و مدیران ارایه دهد. در این تحقیق به منظور پیش تغییرات در حال حاضر و پیش بینی آن در آینده در محدوده سیاهکل ارزیابی و پیش بینی تغییرات با تصاویر لندست انجام شد. روش های گوناگونی برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد. فرایندهای پیش بینی و مدل سازی تغییرات کاربری اراضی، از قبیل رشد و توسعه شهری، جنگل زدایی و غیره به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت منابع طبیعی و پیش تغییرات زیست محیطی به شمار می آیند. این تغییرات نشان دهنده چگونگی تعاملات بشر با

سید آرمین هاشمی (✉)، امین خادمی^۱، مرتضی معدنی پور کرمانشاهی^۲

بهروز کرد^۳

۱. دانشیار گروه مهندسی جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران
۲. استادیار گروه مهندسی فضای سبز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر، ملایر، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، پرند، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: syedarmintahemi@gmail.com

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.684478>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.6.8>

مارکوف با استفاده از نقشه کاربری سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰، نقشه سال ۲۰۱۸ را پیش‌بینی کرده و با نقشه‌ای که از طریق طبقه‌بندی نظارت شده برای این سال به دست آمده است مقایسه شد.

نتایج و بحث ارزیابی صحت طبقه‌بندی با استفاده از شاخص ضریب کاپا و دقت کلی به دست آمد. ضریب کاپا و دقت کلی برای تصویر سال ۲۰۰۰، به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۹ و برای تصویر ۲۰۱۰، ۰/۹۱ و ۰/۹۲ و برای تصویر سال ۲۰۱۸، ۰/۹۳ و ۰/۹۵ به دست آمد. تصاویر طبقه‌بندی شده وارد نرم افزار ایدرسی شده و به پایش تغییرات با LCM پرداخته شد. پایش تغییرات در مدل LCM نشان داد در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل کاربری جنگل نیمه‌متراکم با مساحت ۴۱۰۴/۲۷ هکتار بوده است. تغییرات کاربری شهری نیز در دوره مطالعه زیاد و به مقدار ۱۴۸/۱۴ هکتار افزایش داشته است. جدول احتمال تغییرات کاربری‌ها در مدل مارکوف تولید و با نقشه تولیدی در این مرحله، برای سال‌های مطالعاتی پیش‌بینی با مارکوف برای سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۸ نشان داد در سال ۲۰۲۸ مساحت کلاس شهری به ۲۱۲۹۳/۱ هکتار افزایش یافته و مساحت کاربری با ارزش جنگل متراکم به ۲۱۸۹/۹۷ هکتار کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری جهت جلوگیری از گسترش بی‌رویه شهرها، مناطق مسکونی و تخریب عرصه‌های جنگلی و پوشش گیاهی باید اقدامات مدیریتی انجام شود و تصمیمات مدیریتی اتخاذ گردد. مقدار سطح جنگل‌های متراکم و نیمه‌متراکم در مناطق با شیب زیاد تا سال ۲۰۲۸ کاهش بیشتری می‌یابد. تغییرات کاربری شهری نیز در دوره مطالعه به مقدار ۱۴۸/۱۴ هکتار افزایش داشته است. نتایج بررسی مساحت کلاس‌های پیش‌بینی نشان داد در سال ۲۰۲۸ مساحت کلاس شهری به ۲۱۲۹۳/۱ هکتار افزایش یافته و مساحت کاربری با ارزش جنگل متراکم به ۲۱۸۹/۹۷ کاهش می‌یابد. قابلیت مدل ماشین‌بردار در تعیین پوشش/کاربری زمین، پوشش گیاهی و پوشش جنگلی در مناطق مختلف به اثبات رسیده است. ابزار سنجنش از دور می‌تواند به‌عنوان یک بازوی مهم در تولید اطلاعات در مدیریت منابع طبیعی باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی تغییرات سطح جنگل، تصاویر ماهواره‌ای، سلول‌های خودکار- زنجیره مارکوف، جنگل‌های سیاهکل

کاربری جنگل، ۷۶ نقطه برای کاربری جنگل تنک، ۳۱ نقطه برای کاربری کشاورزی و ۲۱ نقطه برای کاربری شهری برداشت شد. تکنیک‌های طبقه‌بندی برای گروه‌بندی پیکسل‌ها به کار می‌روند تا بتوانند جزئیات پوشش زمین را نشان دهند. پوشش زمین در پنج کلاس جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم، جنگل تنک، منطقه شهری و منطقه کشاورزی طبقه‌بندی گردید. نرم‌افزار سنجنش از دور ENVI چهار نوع کرنل (Kernel) برای ماشین‌بردار پشتیبان چندین روش طبقه‌بندی وجود دارد؛ خطی، چندجمله‌ای، شعاعی و پیچشی؛ که با توجه به مطالعات بهترین کرنل برای طبقه‌بندی کاربری اراضی روش کرنل شعاعی (RBF) استفاده گردید. از طبقه‌بندی ترکیب باندی مناسبی که بتواند این کلاس‌ها را برای تفسیر بصری از هم جدا کند توسط پلات میانگین طیفی انتخاب شد. این عمل توسط شاخص ترکیب باندی OIF صورت پذیرفت. پس از استخراج کاربری‌های اراضی به روش مورد نظر نتایج به دست آمده دقت سنجنش شدند. نقشه‌های تهیه‌شده کاربری اراضی، با نقاط GPS زمینی، نقشه وضع موجود منطقه مقایسه و با استفاده از ماتریس خطای تشکیل شده ضریب کاپا و دقت کلی آن به دست آمد، که از ۲۰۰ نقطه به صورت تصادفی بر روی تصاویر ایجاد شد و کاربری این نقاط توسط بازدیدهای صحرائی و نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری مشخص شد. نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری‌های تهیه‌شده، جهت مدل‌سازی و پایش تغییرات کاربری اراضی وارد نرم‌افزار Idrisi شد تا تغییرات کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه مدل‌سازی گردد. در جهت انجام مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی از مدل LCM در محیط نرم‌افزار Idrisi استفاده شد. مدل Markov-CA تلفیقی از سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف و تخصیص چندمنظوره اراضی است. 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 CA مارکوف می‌توان نقشه شبیه‌سازی شده از کاربری اراضی در آینده را به دست آورد. در پژوهش حاضر، از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده شد تا نقشه سال ۲۰۲۸ پیش‌بینی شود. به منظور بررسی دقت پیش‌بینی توسط CA

مقدمه

رشد سریع جمعیت و توسعه فعالیت های کشاورزی و صنعتی و همچنین گسترش ارتباطات جهانی در ابعاد تجاری و اقتصادی، فرهنگی و سیاسی باعث شده است که انسان ها به شکل غیرمنطقی از محیط زیست خود استفاده کنند (۲ و ۱۹). با توجه به آنکه تغییرات در کاربری اراضی پوشش گیاهی در سطوح وسیع و گسترده صورت می گیرد، لذا فناوری سنجش از دور یک ابزار مهم در بررسی و پایش تغییرات است (۳ و ۱۲). این فناوری به کمک تصاویر ماهواره ای، منبع مهمی از داده های مربوط به کاربری و پوشش اراضی را فراهم می کند که می تواند در نظارت بر تغییرات آن ها به گونه ای مؤثر مورد استفاده قرار گیرد (۴ و ۱۵). به طور معمول، پس از آنکه یک شبکه عصبی طراحی و پیاده سازی شد، باید پارامترهای w و b به ازای مجموعه هایی از سیگنال های ورودی، به گونه ای تنظیم شوند که سیگنال های خروجی شبکه، خروجی مطلوب را تشکیل دهند. چنین فرایندی را آموزش دیدن شبکه عصبی می نامند (در نخستین مرحله آموزش، مقادیر w و b به طور تصادفی انتخاب می شوند. زیرا تا مقادیر این پارامترها تعیین نگردند، شبکه عصبی قابل استفاده نخواهد بود) در حین آموزش دیدن شبکه عصبی مقدار پارامترها به مقدار حقیقی و نهایی خود نزدیکتر می شوند (۶ و ۱۰). روش های آموزش به دو دسته کلی تقسیم می شوند؛ روش نظارت شده و روش نظارت نشده یا بدون سرپرست. روش های آموزش با نظارت هنگامی به کار می رود که بردار خروجی شبکه از قبل تعریف شده است. در این صورت وقتی شبکه در حالت آموزش است، بلافاصله پاسخ صحیح به آن برگشت داده می شود و الگوریتم آموزش به دنبال حداقل کردن اختلاف بردار خروجی صحیح و بردار خروجی حاصله است (۴ و ۵). در آموزش بدون نظارت که برای خوشه بندی یا ویژگی یابی استفاده می شود، بردار خروجی از قبل تعریف نشده است و لذا هیچ نوع پس خوری وجود ندارد و تنها به شبکه آموزش داده می شود تا فقط مشابهت های بین بردارهای ورودی (الگوهای مختلف) را

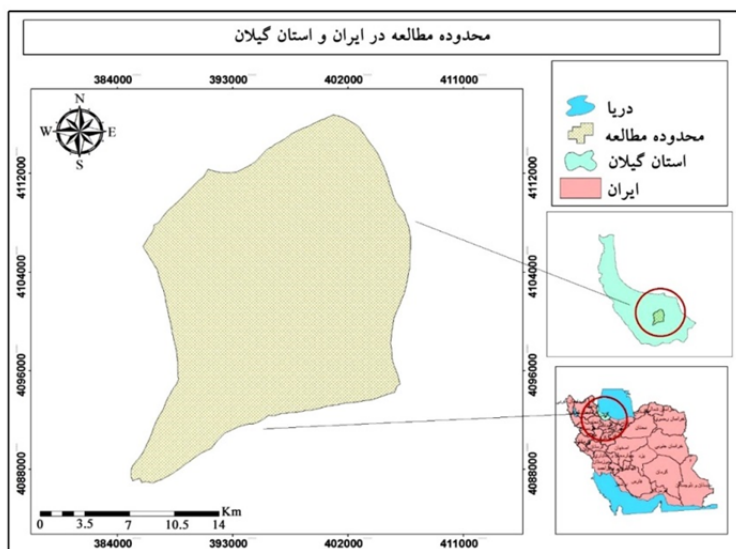
شناسایی و از طریق آن خوشه بندی انجام شود (۱۱). با استفاده از اطلاعات تغییر کاربری اراضی یک دوره تغییراتی را تشریح کرد، LCM می تواند نقشه های پتانسیل تبدیل (احتمال تغییر کاربری زمین در آینده) را ایجاد نماید (۶، ۷ و ۸). تبدیل کاربری ها می تواند در مجموعه ای از زیر مدل ها گروه بندی و اجرا شود و پتانسیل هر یک از متغیرهای ورودی بررسی شود. متغیرها می توانند به صورت ایستا و یا پویا به مدل اضافه شوند. متغیرهای پویا در هر چرخه از اجرای مدل، مجددا محاسبه می شود. هر یک از تبدیل های کاربری اراضی می تواند با استفاده از روش های رگرسیون لجستیک و شبکه های عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه، مدل سازی شود. نتیجه اجرای مدل با هر یک از این روش ها به صورت نقشه های پتانسیل تبدیل ارائه خواهد شد (۸). رده بندی خودکار پیکسل های سازنده تصاویر سنجش از دور، اختصاص دادن یک برچسب و یا کد، به هر یک از پیکسل ها را شامل می شود که نشان دهنده موضوع واقعی است. مشکل تشخیص و رده بندی در این است که ارزش عددی هر کدام از پیکسل ها باید به صورت نوعی پوشش جغرافیایی، زمین شناسی و یا سایر عوارض سطح زمین شناسایی شود (۲). تعیین موضوع طبقه یک پیکسل ناشناخته بر اساس تشابهات خصوصیات طیفی پیکسل (ناشناخته) با خصوصیات پیکسل هایی که دارای رده شناخته شده ای هستند، خواهد بود. هر رده موضوعی دارای خصوصیت منحصر به فرد طیفی است که می تواند از تصویر ماهواره ای چند طیفی مشتق شود. هنگامی که تغییرات طیفی بین رده های موضوعی بیشتر از اختلافات موجود در میان طیفی است، طبقه بندی موفقیت آمیزی امکان پذیر است (۹ و ۲۱). فهم الگوی طیفی، شامل دو مرحله از ادراک است. اولین مرحله تشخیص الگوهای طیفی برای هر رده موضوعی است. دومین مرحله روش تصمیم گیری طبقه بندی است که یک پیکسل را به یک رده موضوعی بر اساس خصوصیات طیفی آن پیکسل در مقایسه با الگوهای طیفی شناخته شده حاصله در مرحله اول، قلمداد می کند (۱۰ و ۱۵). برنامه LCM در واقع یک ابزار برای مدیریت و

عنوان ابزاری توانمند در مدیریت منابع طبیعی و پایش تغییرات زیست محیطی به شمار می‌آیند (۲۶ و ۲۷). این تغییرات نشان‌دهنده چگونگی تعاملات بشر با محیط‌زیست خود بوده و مدل‌سازی آن در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های کلان، تاثیرگذار است. در این تحقیق نیز با توجه به توانمندی‌های بالای سنجش از دور و ابزارهای مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از سلول‌های خودکار-زنجیره مارکوف در جنگل‌ها در شمال ایران پرداخته می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی بخش مرکزی سیاهکل از شهرستان‌های استان گیلان در شمال ایران است. شهرستان سیاهکل از شمال و شمال شرقی به شهرستان لاهیجان، از شمال غرب به شهرستان رشت، از غرب جنوب و جنوب غربی به شهرستان رودبار و استان قزوین، از جنوب شرق به شهرستان رودسر، از شرق به شهرستان املش و لنگرود محدود می‌شود. این شهرستان در مختصات جغرافیایی $48^{\circ}53'$ تا $50^{\circ}34'$ طول شرقی و $32^{\circ}34'$ تا $38^{\circ}27'$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱).

برنامه‌ریزی زمین و همچنین ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری است. این مدل به طور گسترده‌ای در الویت‌بندی تلاش‌های برنامه‌ریزی و حفاظت از محیط‌زیست استفاده می‌شود. مدل‌سازی تغییر زمین به کاربر اجازه می‌دهد که به طور سریع تغییرات کاربری اراضی را تجزیه و تحلیل کند و همچنین سناریوهای تغییر کاربری در آینده را در وضعیت‌های مختلف پیش‌بینی، و اثرات گونه‌ها و تنوع زیستی را مدل‌سازی نماید (۱، ۲ و ۱۴). مدل‌سازی تغییر زمین با اجرای خودکار و کاربر پسند، تحلیل‌های پیچیده مربوط به تغییرات کاربری، مدیریت منابع و ارزیابی زیستگاه را به شکل ساده‌ای میسر کرده است. این مدل‌سازی که بطور کامل با برنامه ایدرسی یکپارچه شده است، امکانات متعددی برای تجزیه و تحلیل‌های تغییرات کاربری را بطور کامل و یکجا، فراهم نموده است. پایش و شبیه‌سازی الگوی پوشش زمین در نواحی مختلف کشور ایران با بهره‌گیری از مدل ترکیبی زنجیره مارکوف و سلول‌های خودکار انجام شده است (۲). روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی وجود دارد. فرایندهای پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، از قبیل رشد و توسعه شهری، جنگل‌زدایی و غیره به



شکل ۱. نمایی از محدوده مطالعاتی در ایران و گیلان

Fig. 1. A view of the study area in Iran and Gilan

انتخاب تصاویر مورد استفاده در تحقیق

در این تحقیق از تصاویر لندست ۵، سنجنده TM سال ۲۰۰۰ و لندست ۷ سنجنده ETM⁺ سال ۲۰۱۰ و لندست ۸ سنجنده OLI سال ۲۰۱۸ استفاده شده است.

پیش پردازش داده‌ها

به منظور استفاده از این تصاویر و استخراج اطلاعات از این داده‌ها در زمینه‌های مختلف، فرآیند آنالیز این داده‌ها انجام می‌گیرد. فرآیند آنالیز، شامل فرآیندهای پردازشی است که نهایتاً منجر به استخراج اطلاعات می‌گردد. در مرحله پیش پردازش خطاهای موجود بر روی داده‌های خام از قبیل خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره تصحیح می‌گردد. توجه به بررسی‌های صورت گرفته و انطباق راه‌های ارتباطی استخراج شده از نقشه توپوگرافی سازمان نقشه برداری با تصویر ماهواره‌ای، این تصاویر فاقد خطای هندسی قابل توجهی بود اما دارای خطای رادیومتری بود که ابتدا تصحیح رادیومتری بر روی تصویر ماهواره‌ای با تبدیل DN به رادیانس و سپس انعکاس با استفاده از الگوریتم فلاش در نرم افزار ENVI صورت گرفت، رفع گردید. برای تهیه نمونه‌های تعلیمی از برداشت‌های زمینی، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده گردید. ۸۴ نقطه برای کاربری جنگل، ۷۶ نقطه برای کاربری جنگل تنک، ۳۱ نقطه برای کاربری کشاورزی و ۲۱ نقطه برای کاربری شهری برداشت شد.

پردازش داده‌ها

تکنیک‌های طبقه بندی برای گروه بندی پیکسل‌ها به کار می‌روند تا بتوانند جزئیات پوشش زمین را نشان دهند. پوشش زمین به پنج کلاسه جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم، جنگل تنک، منطقه شهری و منطقه کشاورزی طبقه بندی گردید.

روش انتخابی طبقه بندی در تحقیق SVM (Support vector machine)

نرم افزار سنجش از دور ENVI چهار نوع کرنل (Kernel) برای ماشین بردار پشتیبان در بخش طبقه بندی مربوط به SVM شامل؛ خطی (Linear) چندجمله‌ای (Polynomial)، پیچشی (Sigmoid) و شعاعی (Radial basic function, RBF) تعریف شده است که با توجه به مطالعات انجام شده (۱۶، ۱۸ و ۲۲) که بهترین کرنل برای طبقه بندی کاربری اراضی را کرنل شعاعی (RBF) پیشنهاد کردند، در مطالعه حاضر از این کرنل جهت طبقه بندی استفاده شد. از طبقه بندی ترکیب باندی مناسبی که بتواند این کلاس‌ها را برای تفسیر بصری از هم جدا کند توسط پلات میانگین طیفی انتخاب شد. این عمل توسط شاخص ترکیب باندی OIF صورت پذیرفت. پس از استخراج کاربری‌های اراضی به روش مورد نظر نتایج به دست آمده دقت سنجی شدند. نقشه‌های تهیه شده کاربری اراضی، در ادامه با نقاط GPS زمینی، نقشه وضع موجود منطقه مقایسه و با استفاده از ماتریس خطای تشکیل شده ضریب کاپا و دقت کلی آن به دست آمد برای این کار ۲۰۰ نقطه به صورت تصادفی بر روی تصاویر ایجاد شد و کاربری این نقاط توسط بازبینی‌های صحرائی و نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه برداری مشخص شدند.

اجرای مدل ساز LCM (Land Change Modeler)

نقشه‌های طبقه بندی کاربری‌های تهیه شده، جهت مدل سازی و پایش تغییرات کاربری اراضی وارد نرم افزار Idrisi شد تا تغییرات کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه مدل سازی گردد. جهت انجام مدل سازی تغییرات کاربری اراضی از مدل LCM در محیط نرم افزار Idrisi استفاده شد. مدل سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از مدل LCM در چهار مرحله اصلی؛ تجزیه و تحلیل و آشکارسازی تغییرات، مدل سازی پتانسیل انتقال، پیش بینی و مدل سازی تغییرات و ارزیابی صحت مدل، انجام شد.

مارکوف و CA مارکوف

مدل Markov-CA تلفیقی از سلول‌های خودکار، زنجیره مارکوف و تخصیص چندمنظوره اراضی (MOLA) است. ماتریس احتمال انتقال، احتمال انتقال هرکدام از کاربری‌ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد. ماتریس مساحت انتقال یافته، تعداد سلول‌هایی را که برای تغییر از یک نوع پوشش زمین به نوع دیگر در دوره زمانی آینده مورد انتظار هستند، را ثبت می‌کنند (۲۳). ماتریس احتمال انتقال که در آن احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود مشخص شده است، ماتریس مساحت انتقال که نشان دهنده 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 مدل سازی با استفاده از ماتریس مساحت انتقال در مدل CA مارکوف می‌توان نقشه شبیه‌سازی شده از کاربری اراضی در آینده را به دست آورد (۱۲ و ۱۳). در این پژوهش از نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ استفاده شد تا نقشه سال ۲۰۲۸ پیش‌بینی شود. به منظور بررسی دقت پیش‌بینی توسط CA مارکوف با استفاده از نقشه کاربری سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰، نقشه سال ۲۰۱۸ را پیش‌بینی کرده و با نقشه که از طریق

طبقه‌بندی نظارت شده برای این سال به دست آمده است مقایسه شد.

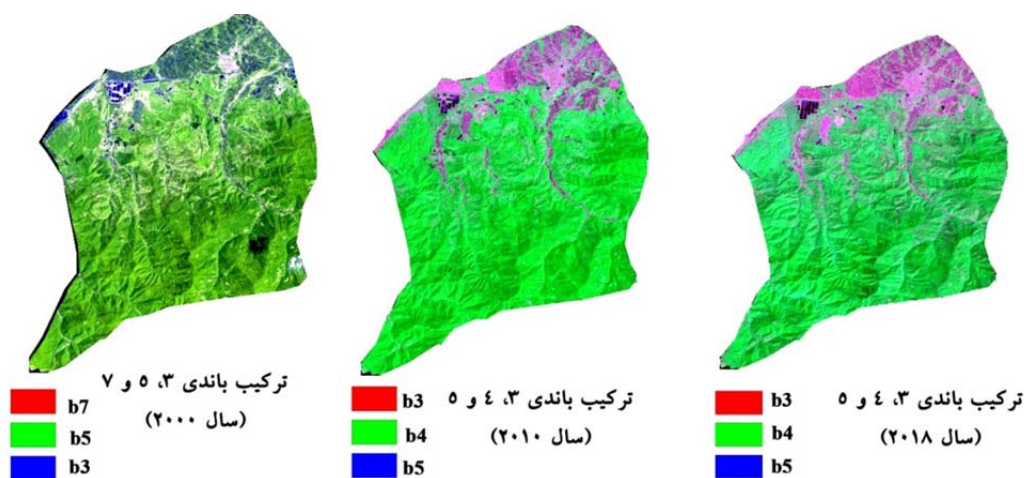
نتایج

آماده‌سازی و پیش‌پردازش تصویر

پس از بررسی تصاویر دریافتی محدوده مطالعاتی و انطباق آن‌ها با نقشه شبکه معابر موجود تعداد ۳۰ نقطه کنترل با GPS برداشت شد که تطابق کامل تصاویر ماهواره‌ای با نقاط GPS و نقشه معابر موجود تأیید گردید و تصحیح هندسی انجام نشد. سپس تصاویر از لحاظ بازتاب‌های طیفی، کنتراست، و وجود خطاهای ابرناکی کنترل و این خطاها در تصویر مشاهده نشد.

نتایج ایجاد ترکیبات رنگی

با استفاده از شاخص OIF، بهترین باندها جهت شرکت در ترکیب باندی و طبقه‌بندی تصاویر سال‌های مطالعاتی به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است. ترکیب و باندی برای تصاویر سال ۲۰۰۸، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ نشان داده شده است (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه ترکیب باندی سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸

Fig. 2. Band composition map of 2000, 2010 and 2018

جدول ۱. بالاترین رتبه‌بندی شاخص OIF سال ۲۰۱۸ و ۲۰۱۰، ۲۰۰۰

Table 1. Highest ranking of the OIF index in 2000, 2010 and 2018

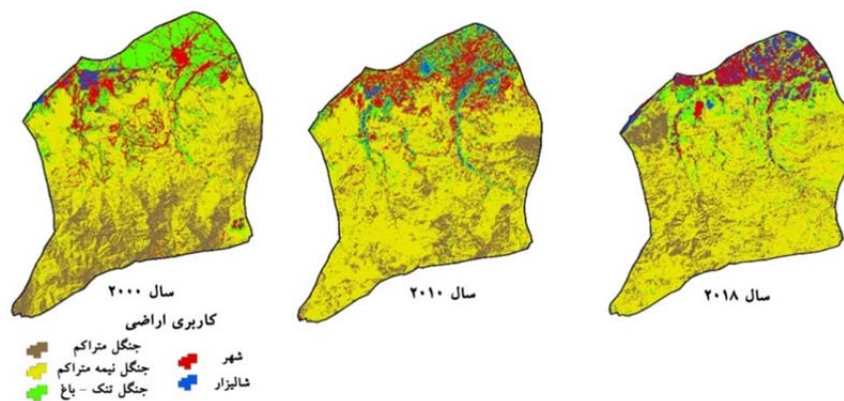
شاخص OIF			سال
۷۷/۴	b7	b5	b3
۷۶/۹۳	b5	b3	b1
۷۶/۶۶	b5	b3	b2
۷۲/۵۳	b7	b3	b1
۷۲/۳۷	b7	b3	b2
۷۱/۹۵	b7	b5	b1
۵۴/۰۲	b5	b4	b3
۵۳/۴۶	b5	b3	b1
۵۳/۱۵	b5	b3	b2
۵۲/۸۵	b7	b5	b3
۵۰/۹۰	b7	b4	b3
۵۰/۱۴	b5	b4	b1
۸۹۲۲/۱۸	b5	b4	b3
۸۷۹۱/۹۲	b5	b3	b1
۸۵۰۸/۸۹	b5	b3	b2
۸۴۲۱/۸۱	b7	b5	b3
۸۳۹۸/۱۷	b7	b4	b3
۸۳۹۰/۳۸	b5	b4	b1

مساحت کلاس‌های کاربری‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸

استخراج شد تا تبدیل و تغییرات آن از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ مشخص شود که نتایج آن در جدول‌های ۲ تا ۴ ارائه گردیده است.

طبقه‌بندی تصویر و ارزیابی صحت طبقه‌بندی

نقشه طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری شامل؛ مناطق شهری، جنگل متراکم، جنگل نیمه متراکم، جنگل تنک-باغ، کشاورزی بود که نقشه‌های کاربری آن برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ در شکل ۳ ارائه گردید.



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی با روش ماشین بردار پشتیبان

Fig. 3. Land use map with the support vector machine method

جدول ۲. مساحت تغییرات کاربری‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ طبقه‌بندی ماشین بردار

Table 2. Area of land use changes from 2000 to 2010 Vector machine classification

میزان تغییرات	سال ۲۰۱۰		سال ۲۰۰۰		کلاس‌ها	
	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)		
-۴/۵	-۱۸۳۱/۹۵	۱۶/۴۸	۶۷۰۸/۶۹	۲۰/۹۸	۸۵۴۰/۶۴	جنگل متراکم
۱۳/۶۶	۵۵۵۹/۴۸	۶۱/۱۰	۲۴۸۶۳/۹۴	۴۷/۴۴	۱۹۳۰۴/۴۶	جنگل نیمه متراکم
-۹/۸۶	-۴۰۱۳/۵۵	۹/۳۰	۳۷۸۴/۷۷	۱۹/۱۶	۷۷۹۸/۳۲	جنگل تنک-باغ
-۳/۴۳	-۱۳۹۷/۹۷	۷/۷۸	۳۱۶۶/۲	۱۱/۲۱	۴۵۶۴/۱۷	مناطق شهری
۴/۱۴	۱۶۸۳/۹۹	۵/۳۲	۲۱۶۷/۷۴	۱/۱۸	۴۸۳/۷۵	شالیزار
-	-	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	جمع

جدول ۳. مساحت تغییرات کاربری‌ها از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸ طبقه‌بندی ماشین بردار

Table 3. Area of land use changes from 2010 to 2018 Vector machine classification

میزان تغییرات	سال ۲۰۱۸		سال ۲۰۱۰		کلاس‌ها	
	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)		
-۰/۸۵	-۳۴۵/۸۷	۱۵/۶۳	۶۳۶۲/۸۲	۱۶/۴۸	۶۷۰۸/۶۹	جنگل متراکم
-۳/۵۸	-۱۴۵۵/۲۱	۵۷/۵۲	۲۳۴۰۸/۷۳	۶۱/۱۰	۲۴۸۶۳/۹۴	جنگل نیمه متراکم
۲/۲۲	۹۰۴/۲۳	۱۱/۵۲	۴۶۸۹	۹/۳۰	۳۷۸۴/۷۷	جنگل تنک-باغ
۳/۸	۱۴۵۶/۱۱	۱۱/۵۸	۴۷۱۲/۳۱	۷/۷۸	۳۱۶۶/۲	مناطق شهری
-۱/۵۹	-۶۴۹/۲۶	۳/۷۳	۱۵۱۸/۴۸	۵/۳۲	۲۱۶۷/۷۴	شالیزار
-	-	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	جمع

جدول ۴. مساحت تغییرات کاربری‌ها از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ طبقه‌بندی ماشین بردار

Table 4. Area of land use changes from 2010 to 2018 Vector machine classification

میزان تغییرات	سال ۲۰۱۸		سال ۲۰۰۰		کلاس‌ها	
	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)		
-۵/۳۵	-۲۱۷۷/۸۲	۱۵/۶۳	۶۳۶۲/۸۲	۲۰/۹۸	۸۵۴۰/۶۴	جنگل متراکم
۱۰/۰۸	۴۱۰۴/۲۷	۵۷/۵۲	۲۳۴۰۸/۷۳	۴۷/۴۵	۱۹۳۰۴/۴۶	جنگل نیمه متراکم
-۷/۶۴	-۳۱۰۹/۳۲	۱۱/۵۲	۴۶۸۹	۱۹/۱۶	۷۷۹۸/۳۲	جنگل تنک-باغ
۰/۳۷	۱۴۸/۱۴	۱۱/۵۸	۴۷۱۲/۳۱	۱۱/۲۲	۴۵۶۴/۱۷	مناطق شهری
۲/۵۵	۱۰۳۴/۷۳	۳/۷۳	۱۵۱۸/۴۸	۱/۱۹	۴۸۳/۷۵	شالیزار
-	-	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	۱۰۰	۴۰۶۹۱/۳۴	جمع

است قابل قبول خواهد بود، در غیر این حالت باید تصاویر طبقه‌بندی شده با نقاط برداشتی جدید طبقه‌بندی مجدد انجام شود و ضریب کاپا و دقت کلی آن محاسبه گردد. در جدول ۵، پارامترهای آماری محاسبه شده نشان داده شده است.

نقشه‌های تهیه شده کاربری اراضی، در ادامه با نقاط GPS زمینی، نقشه وضع موجود منطقه مقایسه و با استفاده از ماتریس خطای تشکیل شده ضریب کاپا و دقت کلی آن به دست آمد (۲۰). ضریب کاپا و دقت کلی در حالتی که عددی بالا ۷۰٪.

جدول ۶. جدول تغییرات کاربری‌ها سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۰

Table 6. Land use changes from 2000 to 2010

ردیف	مساحت هکتار	راه‌نما
۰	۲۲۳۲۹/۸	بدون تغییر
۱	۲۹۷۶/۵	جنگل نیمه متراکم به جنگل متراکم
۲	۲۴۷۰۵/۴	شهر به جنگل تنک -باغ
۳	۴۲۸/۲۲	جنگل تنک-باغ به شالیزار
۴	۶۰۴۰/۵	جنگل متراکم به جنگل نیمه متراکم
۵	۴۲۳۴/۶۸	جنگل تنک-باغ به جنگل نیمه متراکم
۶	۳۴۳۴/۴۹	شهر به جنگل نیمه متراکم
۷	۹۷۷/۱۳	جنگل تنک-باغ به شهر

جدول ۷. جدول تغییرات کاربری‌ها سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸

Table 7. Land use changes from 2010 to 2018

ردیف	مساحت هکتار	راه‌نما
۰	۶۹۳۰	بدون تغییر
۱	۶۸۸۲/۶۶	جنگل نیمه متراکم به جنگل متراکم
۲	۷۴۵/۹۲	جنگل نیمه متراکم به جنگل تنک -باغ
۳	۴۷۸/۱۷	شهر به جنگل تنک -باغ
۴	۲۴۴۷۲/۱۷	جنگل تنک -باغ به شالیزار
۵	۵۴۳/۶	جنگل تنک باغ به جنگل نیمه متراکم
۶	۱۰۹۷/۱۹	شهر به جنگل نیمه متراکم
۷	۱۸۱۶/۶۵	جنگل متراکم به شهر
۸	۲۲۱۶/۵۲	جنگل نیمه متراکم به شهر

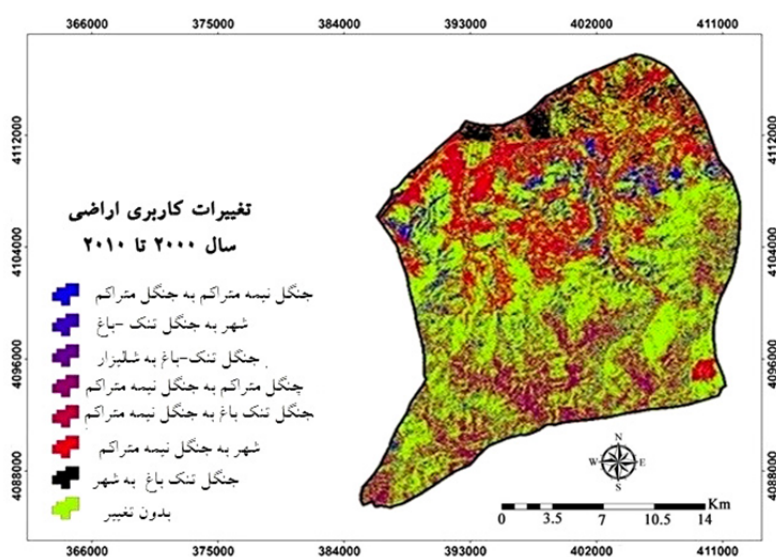
جدول ۵. ضریب کاپا و دقت کلی سال‌های مطالعاتی

Table 5. Kappa coefficient and overall accuracy of study years

پارامتر آماری	سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۱۸
ضریب کاپا	۰/۸۸	۰/۹۳
دقت کلی	۰/۸۹	۰/۹۵

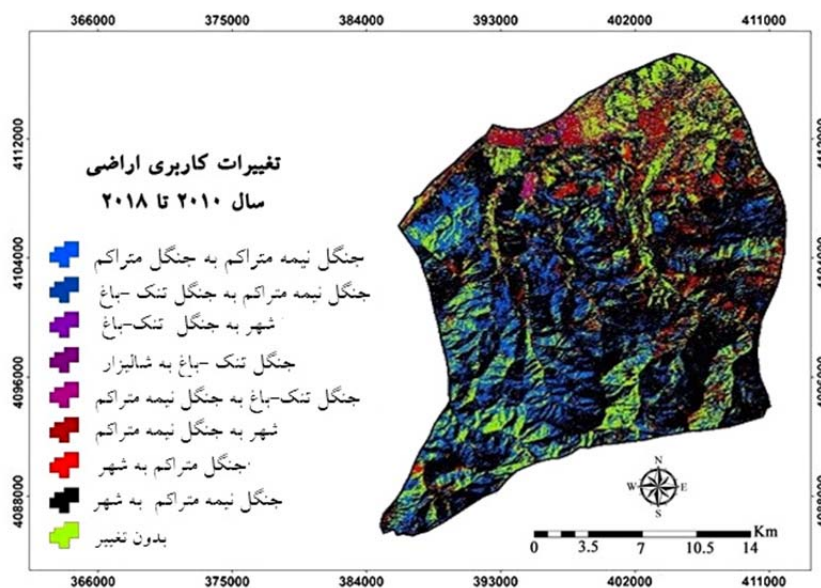
اجرای مدل‌ساز LCM

نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری‌های تهیه‌شده، جهت مدل‌سازی و پایش تغییرات کاربری اراضی وارد نرم‌افزار ادریسی شد. تا تغییرات کاربری‌ها در سال‌های مورد مطالعه مدل‌سازی گردد. نمودار تغییرات کل ایجادشده در شکل ۴ نشان داده شده است. نمودار تغییرات در LCM برای سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۰ نیز به دست آمد که در جدول ۶ تغییرات کاربری‌ها سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۰ نشان داده شده است. نمودار تغییرات در LCM برای سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۸ نیز به دست آمد که در شکل ۵ تغییرات کل کاربری‌های سال ۲۰۱۰ به ۲۰۱۸ و در جدول ۷ نشان داده شده است. نقشه تغییرات برای سال‌های ۲۰۱۰ به ۲۰۱۸ نیز به دست آمد که در شکل ۶ و جدول ۸ نشان داده شده است.



شکل ۴. نقشه تغییرات کاربری سال ۲۰۱۰-۲۰۱۰

Fig. 4. Map of land use changes from 2000 to 2010



شکل ۵. نقشه تغییرات کاربری سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸

Fig. 5. Map of Land use changes from 2010 to 2018

جدول ۸. جدول تغییرات کاربری ها سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸

Table 8. Land use changes from 2000 to 2018

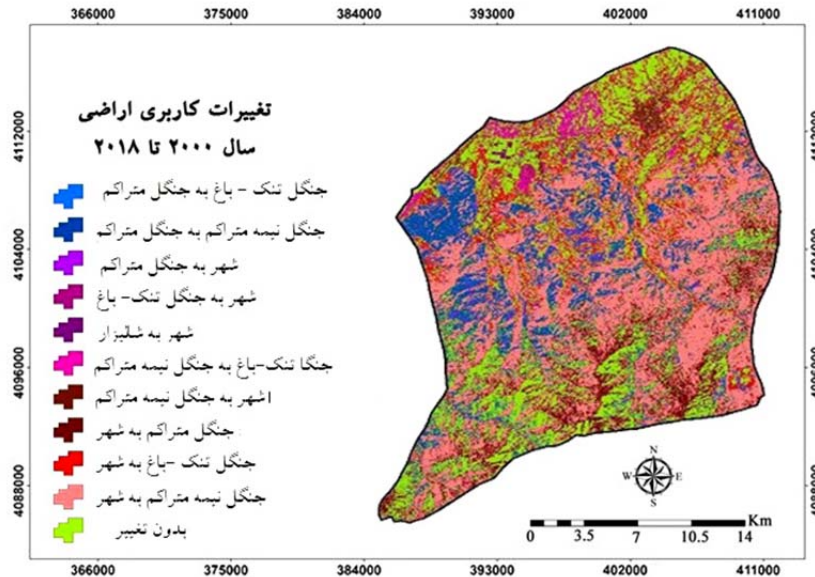
ردیف	مساحت هکتار	راهنما
۰	۱۰۴۲۲/۷۲	بدون تغییر
۱	۵۴۱/۸۹	جنگل تنک باغ به جنگل متراکم
۲	۵۳۰۴/۶	جنگل نیمه متراکم به جنگل متراکم
۳	۴۵۵/۴۹	شهر به جنگل متراکم
۴	۵۱۵/۸۸	شهر به جنگل تنک باغ
۵	۲۴۴۷۱/۰۹	شهر به شالیزار
۶	۱۳۴۷/۰۳	جنگل تنک باغ به جنگل نیمه متراکم
۷	۷۱۳/۱۶	شهر به جنگل نیمه متراکم
۸	۳۸۷۲/۵۲	جنگل متراکم به شهر
۹	۳۵۹۱/۲۷	جنگل تنک باغ به شهر
۱۰	۱۳۸۹۱/۲۳	جنگل نیمه متراکم به شهر

تهیه شد. برای انجام این روش با استفاده از نرم افزار Idrisi ابتدا نقشه های کاربری اراضی برای سال های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ تهیه شد. بر اساس مدل سلول های خودکار به صورت نقشه پیش بینی به دست آمد (شکل ۷) و تغییرات کاربری اراضی در جدول ۹ نشان داده شده است. تغییرات کاربری شهری نیز در سال های مطالعاتی زیاد و به مقدار ۱۴/۱۴ هکتار افزایش داشته است. برای سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۸ نشان

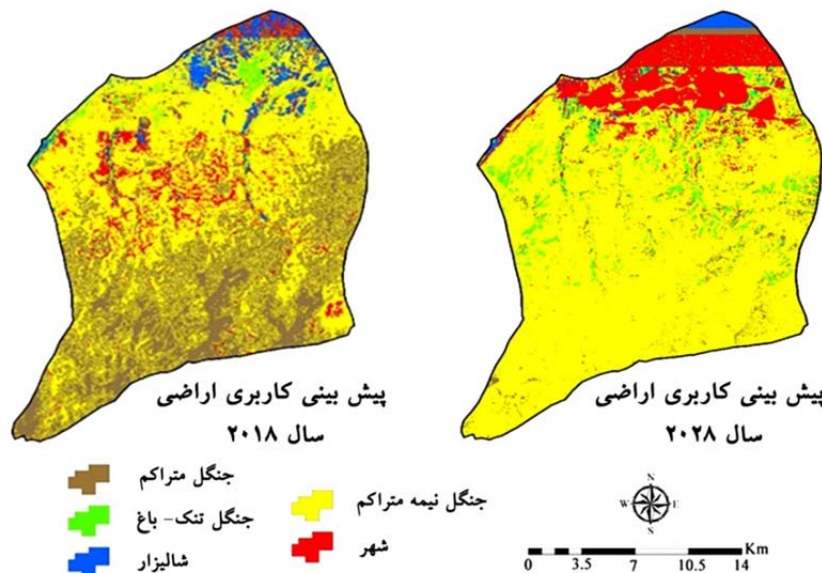
پیش بینی روند تغییرات کاربری اراضی به وسیله CA-MARKOV

در پژوهش حاضر برای پیش بینی تغییرات کاربری اراضی محدوده مطالعاتی از روش تلفیق زنجیره های مارکوف و سلول های خودکار استفاده شده است. نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۸ به منظور ارزیابی مدل مارکوف با استفاده از ماتریس تبدیل وضعیت سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ مدل CA مارکوف

داد در سال ۲۰۲۸ مساحت کلاس شهری به ۲۱۲۹۳/۱ هکتار ۲۱۸۹/۹۷ هکتار کاهش یافت. افزایش یافته و مساحت کاربری باارزش جنگل متراکم به



شکل ۶. نقشه تغییرات کاربری سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۸
Fig. 6. Map of Land use changes from 2000 to 2018



شکل ۷. نقشه پیش بینی کاربری اراضی محدوده مطالعاتی با استفاده از CA-Markov برای سال های ۲۰۱۸ و ۲۰۲۸
Fig. 7. Land use forecast map of the study area using CA-Markov for 2018 and 2028

جدول ۹. تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل CA مارکوف از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۸

Table 9. Land use changes using the CA Markov model from 2018 to 2028

شهری	شالیزار	جنگل تنک	جنگل نیمه متراکم	جنگل متراکم	نام کلاسه
۴۷۲۰/۳۶	۱۵۰۶/۱۳	۳۱۳۰/۲	۲۴۴۲۳/۷	۶۹۱۰/۹۵	پیش بینی برای سال ۲۰۱۸ مدل CA-MARKOV
۴۷۱۲/۳۱	۱۵۱۸/۴۸	۴۶۸۹	۲۳۴۰۸/۷۳	۶۳۶۳/۸۲	مساحت در نقشه تصویر ۲۰۱۸
۶۸۹۴/۲	۱۹۹۳/۵۹	۲۵۰۰۲/۸۶	۴۸۱۰/۷۱	۱۹۸۹/۹۸	پیش بینی برای سال ۲۰۲۸ مدل CA-MARKOV

بحث و نتیجه گیری

دستاورد هر کار تحقیقی، ارائه نتایجی است که از آن حاصل می شود. هر کار عملی و تحقیقی متشکل از مراحل زنجیره‌ای است که پیوستگی و ارتباط منطقی بین آن‌ها از مهمترین اهداف هر تحقیق است که نتایج هر مرحله تأثیرگذار بر مرحله بعد است. هدف از پردازش داده‌های رقومی و طبقه‌بندی آن‌ها، شناسایی بهتر و تشخیص دقیق تر عوارض سطح زمین است. اگر روش‌های مناسبی برای طبقه‌بندی این داده‌ها به کار گرفته شوند رسیدن به این هدف سریع تر و مطمئن تر خواهد بود. داده‌های سنجش از دور و GIS فرصت های مناسبی را جهت آنالیز کامل داده های مکانی فراهم می کنند و کاربردهای موثری برای بررسی پوشش و کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها در زمینه‌های محیط زیست، هیدرولوژی، کشاورزی، جنگل‌داری و جغرافیا و مدیریت شهری دارند (۵ و ۲۱). از آنجایی که هدف اصلی فناوری سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیده‌های زمینی و قرار دادن آن‌ها در گروه یا طبقات مشخص است، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می توان به عنوان مهمترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد (۷، ۲۲ و ۲۵). تفسیر تصاویر به معنای تبدیل داده‌های خام به اطلاعات قابل استفاده است و شامل تشخیص، شناسایی و طبقه بندی پدیده‌های سطح زمین می‌شود. یکی از روش‌های استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای استفاده از روش تجزیه و تحلیل و طبقه بندی رقومی است. طبقه بندی رقومی بر پایه اختلاف‌های طیفی پدیده‌های گوناگون بر روی باندهای مختلف طیفی استوار است اما این بدان معنی نیست که هر پدیده‌ای بر روی هر باند خاصی قابل تفکیک است (۱۴). به عبارت دیگر می توان گفت که گروه بندی

تعداد زیادی پیکسل‌های منفرد به طبقات و یا رده‌های موضوعی کوچک که بیشتر قابل مدیریت هستند را طبقه بندی رقومی تصاویر گویند (۱۶). هر چند استفاده از باندهای طیفی بیشتر یا به عبارتی، وارد کردن نمونه‌های بیشتری از انعکاسات طیفی در طبقه بندی، سهولت و دقت آن را موجب می شود، ولی در طبقه بندی باید از باندهایی استفاده کرد که تفاوت انعکاس پدیده‌های زمینی در آن‌ها قابل ملاحظه است (۱۵). در پژوهش حاضر نیز یکی از اهداف طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای و در مرحله بعد پیش بینی تغییرات برای سال‌های آتی بوده تا چشم اندازی از تغییرات کاربری محدوده مطالعاتی به دست آید و در واقع تمهیداتی جهت جلوگیری از تخریب اراضی بارزش جنگلی به عمل آید. مناطق جنگلی در دسترس و نزدیک به مناطق مسکونی در اثر چرای بی رویه دام، تبدیل به اراضی کشاورزی و استفاده از چوب در جهت سوخت میزان دچار تخریب بیشتری شده است. در همین راستا محققین به نقش فاصله از جاده و مناطق مسکونی در تخریب جنگل‌ها، ارتفاع و فاصله از جاده در تخریب جنگل‌های کشور اندونزی و به نقش ارتفاع، شیب، فاصله از جاده و مناطق مسکونی در تخریب جنگل‌ها اشاره کرده اند (۱۳ و ۱۷). با توجه به تخریب فزاینده در سطح اکوسیستم های طبیعی، تعیین میزان و موقعیت وقوع تغییرات کاربری اراضی و پیش بینی روند آن در آینده می تواند اطلاعات ارزنده‌ای را به برنامه ریزان و مدیران ارایه دهد. لازمه پیش بینی این تغییرات، دستیابی به مدل‌هایی با عملکرد مناسب است، لذا قبل از استفاده از این مدل ها، باید توانایی آن‌ها برای متخصصین مورد قبول واقع شود (۱۸، ۱۹، ۲۶ و ۲۷).

افزایش شیب به دلیل فرسایش آبی و در شیب‌های زیاد می‌تواند در افزایش تخریب جنگل‌های متراکم موثر واقع گردد (۱۲ و ۱۹). تغییرات کاربری شهری نیز در سال‌های مطالعاتی زیاد و به مقدار ۱۴۸/۱۴ هکتار افزایش داشته است. نتایج بررسی مساحت کلاس‌های پیش بینی نشان داد در سال ۲۰۲۸ مساحت کلاس شهری به ۲۱۲۹۳/۱ هکتار افزایش یافته و مساحت کاربری با ارزش جنگل متراکم به ۲۱۸۹/۹۷ کاهش می‌یابد. قابلیت مدل ماشین بردار در تعیین پوشش/کاربری زمین، پوشش گیاهی و پوشش جنگلی در مناطق مختلف ایران توسط پژوهشگران دیگر نیز به اثبات رسیده است (۶ و ۲۴). ابزار سنجش از دور می‌تواند به عنوان یک بازوی مهم در تولید اطلاعات در مدیریت منابع طبیعی باشد. عملیات صحرایی برای هر چه بهتر تفسیر کردن تصاویر لازم است و به دقت نتیجه حاصله خواهد افزود. با توجه به اینکه امکان ارزیابی دقت نقشه‌های پوشش گیاهی در سال‌های گذشته وجود ندارد، لذا پیشنهاد می‌گردد تحقیقاتی در زمینه چگونگی افزایش و ارزیابی دقت این نوع نقشه‌های پوشش گیاهی به انجام برسد. از کاستی‌های تحقیق می‌توان گفت با توجه به مساحت منطقه با تصاویر ماهواره‌ای دارای توان تفکیک زمینی بالا و جدید نظیر تصاویر ماهواره Ikonos و یا Quick bird مطالعه گردد، تا ضمن مشخص شدن گستره دقیق جنگل، نرخ تخریب و تعیین نوع تغییر کاربری اراضی دقیق‌تر و همچنین تعیین میزان تغییرات تراکم جنگل‌های استان با دقت بیشتر امکان پذیر گردد.

جهت انجام تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ ماهواره لندست استفاده شده گردید. و ابتدا صحت تصاویر از نظر هندسی کنترل شد. اقدام به استخراج راه‌ها و آبراهه‌ها از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و تطابق آن‌ها با تصاویر مورد استفاده شد و تطابق مشاهده شده نشان داد که در تصاویر خطای هندسی وجود ندارد. سپس با استفاده از شاخص OIF بهترین ترکیب باندی انتخاب شد. بالاترین عدد شاخص OIF، در سال ۲۰۰۰، ۷۷/۴۱ به دست آمد و ترکیب باندی انتخابی ۳۵۷ بود. بهترین عدد شاخص برای سال ۲۰۱۰، ۵۴/۰۲ به دست آمد و ترکیب ۳۴۵ انتخاب شد و بالاترین عدد برای سال ۲۰۱۸، ۸۹۲۲/۱۸ به دست آمد و ترکیب باندی ۳۴۵ انتخاب شد. سپس، با روش ماشین بردار پشتیبان، با استفاده از بهترین ترکیب باندی انتخاب شده و نمونه‌های آموزشی و تعلیمی، طبقه بندی شد. ارزیابی صحت طبقه بندی با استفاده از شاخص ضریب کاپا و دقت کلی به دست آمد. ضریب کاپا و دقت کلی برای تصویر سال ۲۰۰۰، به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۹ و برای تصویر ۲۰۱۰، ۰/۹۱ و ۰/۹۲ و برای تصویر سال ۲۰۱۸، ۰/۹۳ و ۰/۹۵ به دست آمد که قابل قبول بود. تصاویر طبقه بندی شده وارد نرم افزار ایدرسی شده و به پایش تغییرات با LCM پرداخته شد. پایش تغییرات در مدل LCM نشان داد در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، بیشترین تغییرات مربوط به تبدیل کاربری جنگل نیمه‌متراکم با مساحت ۴۱۰۴/۲۷ هکتار بوده است. مقدار کاهش جنگل‌های متراکم در مناطقی با شیب زیاد افزایش می‌یابد، با

References

1. Abdalla M, Saunders M, Hastings A, Williams M, Smith P, Osborne B, Lanigan G, Jones MB. 2013. Simulating the impacts of land use in Northwest Europe on Net Ecosystem Exchange (NEE): The role of arable ecosystems, grasslands and forest plantations in climate change mitigation. *Science of The Total Environment*, 465: 325-336. doi:https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.12.03.
2. Arsanjani JJ, Kainz W, Mousivand AJ. 2011. Tracking dynamic land-use change using spatially explicit Markov Chain based on cellular automata: the case of Tehran. *International Journal of Image and Data Fusion*, 2(4): 329-345. doi:https://doi.org/10.1080/19479832.2011.60539.
3. Cabral P, Zamyatin A. 2009. Markov processes in modeling land use and land cover changes in Sintra-Cascais, Portugal. *Dyna*, 76(158): 191-198.
4. Chen C-F, Son N-T, Chang N-B, Chen C-R, Chang L-Y, Valdez M, Centeno G, Thompson CA, Aceituno JL. 2013. Multi-decadal mangrove forest change detection and prediction in Honduras, Central America, with Landsat imagery and a Markov chain model. *Remote Sensing*, 5(12): 6408-6426. doi:https://doi.org/10.3390/rs5126408.

5. Dixon B, Candade N. 2008. Multispectral landuse classification using neural networks and support vector machines: one or the other, or both? *International Journal of Remote Sensing*, 29(4): 1185-1206. doi:<https://doi.org/10.1080/01431160701294661>.
6. Eskandari S. 2019. Comparison of different algorithms for land cover mapping in sensitive habitats of Zagros using Sentinel-2 satellite image:(Case study: a part of Ilam province). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1): 72-87. (In Persian).
7. Gilks WR, Richardson S, Spiegelhalter D. 1995. *Markov chain Monte Carlo in practice*. CRC press. 512 p.
8. Jenerette GD, Wu J. 2001. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona – Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 16(7): 611-626. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1013170528551>.
9. Jiang X, Lin M, Zhao J. 2011. Woodland cover change assessment using decision trees, support vector machines and artificial neural networks classification algorithms. In: 2011 Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. IEEE, pp 312-315. doi:<https://doi.org/10.1109/ICICTA.2011.1363>.
10. Kavzoglu T, Colkesen I. 2009. A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(5): 352-359. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.06.002>.
11. Kumar S, Radhakrishnan N, Mathew S. 2014. Land use change modelling using a Markov model and remote sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5(2): 145-156. doi:<https://doi.org/10.1080/19475705.2013.795502>.
12. Lambin EF. 1994. *Modelling Deforestation processes, a review*. Research Report, Joint Research Center, Institute for Remote Sensing Applications; European Space Agency, Luxembourg.
13. Lee JK, Acharya TD, Lee DH. 2018. Exploring land cover classification accuracy of Landsat 8 image using spectral index layer stacking in hilly region of South Korea. *Sensors and Materials*, 30(12): 2927-2941. doi:<https://doi.org/10.18494/SAM.2018.1934>.
14. Lin Y-P, Chu H-J, Wu C-F, Verburg PH. 2011. Predictive ability of logistic regression, auto-logistic regression and neural network models in empirical land-use change modeling—a case study. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(1): 65-87. doi:<https://doi.org/10.1080/13658811003752332>.
15. Mas JF, Flores JJ. 2008. The application of artificial neural networks to the analysis of remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 29(3): 617-663. doi:<https://doi.org/10.1080/01431160701352154>.
16. Mas JF, Puig H, Palacio JL, Sosa-López A. 2004. Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modelling & Software*, 19(5): 461-471. doi:[https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00161-0](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00161-0).
17. Merten B, Lambin E. 1997. Spatial modeling of tropical deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography*, 17(2): 143-162. doi:[https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(97\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(97)00032-5).
18. Mondal MS, Sharma N, Garg PK, Kappas M. 2016. Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(2): 259-272. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.08.001>.
19. Pal M, Mather PM. 2004. Assessment of the effectiveness of support vector machines for hyperspectral data. *Future Generation Computer Systems*, 20(7): 1215-1225. doi:<https://doi.org/10.1016/j.future.2003.11.011>.
20. Pontius GR, Malanson J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2): 243-265. doi:<https://doi.org/10.1080/13658810410001713434>.
21. Quintero Vázquez G, Solís-Moreno R, Pompa-García M, Villarreal-Guerrero F, Pinedo-Alvarez C, Pinedo-Alvarez A. 2016. Detection and projection of forest changes by using the Markov Chain Model and cellular automata. *Sustainability*, 8(3): 236. doi:<https://doi.org/10.3390/su8030236>.
22. Reddy CS, Singh S, Dadhwal V, Jha C, Rao NR, Diwakar P. 2017. Predictive modelling of the spatial pattern of past and future forest cover changes in India. *Journal of Earth System Science*, 126(1): 1-16. doi:<https://doi.org/10.1007/s12040-016-0786-7>.
23. Roy S, Farzana K, Papia M, Hasan M. 2015. Monitoring and prediction of land use/land cover change using the integration of Markov chain model and cellular automation in the Southeastern Tertiary Hilly Area of Bangladesh. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 24: 125-148.
24. Tang J, Wang L, Zhang S. 2005. Investigating landscape pattern and its dynamics in Daqing, China. *International Journal of Remote Sensing*, 26(11): 2259-2280. doi:<https://doi.org/10.1080/01431160500099410>.

25. Turner MG. 2005. Landscape ecology in North America: past, present, and future. *Ecology*, 86(8): 1967-1974. doi:<https://doi.org/10.1890/04-0890>.
26. Ye B, Bai Z. 2008. Simulating Land Use/Cover Changes of Nenjiang County Based on CA-Markov Model. In: Li D (ed) *Computer And Computing Technologies In Agriculture, Volume I*, Boston, MA. Springer US, pp 321-329. doi:https://doi.org/310.1007/1978-1000-1387-77251-77256_77235.
27. Yousef S, Tazeh M, Mirzaee S, Moradi HR, Tavangar S. 2011. Comparison of different classification algorithms in satellite imagery to produce land use maps (Case study: Noor city). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 2(2): 15-24. (In Persian).



Investigation of forest area using support vector machine and provide a model for predicting level of changes

Seyed Armin Hashemi, Amin Khademi, Morteza Madanipour Kermanshahi, Behrouz Kord

Received: 2 July 2021 / Received in revised form 28 August 2021 / Accepted: 31 August 2021
Available online 31 August 2021 / Available print 23 September 2022

Abstract

Background and Objective Due to the increasing degradation at the level of the natural ecosystem, the amount and location of land use changes and predicting its future growth trend, I can provide the information I need to planners and managers. In this study, in order to change the current changes and predict the future in the Siahkal range, forecasting and changing the nose were done with Landsat images. There are various methods for predicting land use change. Processes for predicting and modelling land use change, such as urban growth and development, deforestation, etc., are considered powerful tools in managing natural resources and changing the state of the environment. This change reflects how humans interact with their environment, and its modelling has had an impact on settlement and macro-planning.

S. A. Hashemi¹✉, **A. Khademi**², **M. Madnipour Kermanshahi**³, **B. Kord**²

1. Associate professor, Department of Forestry, Islamic Azad University, Lahijan Branch, Lahijan, Iran
2. Assistant professor, Department of Green Space, Islamic Azad University, Malayer Branch, Malayer, Iran
3. Assistant professor, Department of Environment, Islamic Azad University, Parand Branch, Parand, Iran

e-mail: seyedarminhashemi@gmail.com

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.684478>

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.3.6.8>

In this research, due to the high capabilities of remote sensing and modelling tools and predicting changes in change using Automatic-Markov cells in forests in northern Iran.

Materials and Methods In this research, Landsat 5 images, 2000 TM sensor, Landsat 7 ETM⁺ sensor 2010 and Landsat 8 OLI sensor 2018 are used. In the preprocessing stage, errors in raw data such as radiometric, atmospheric, geometric, etc. errors are corrected. Was significant but had a radiometric error. 84 points are used for forest use, 76 points for thin forest water, 31 points for consumption and 2 required sensitivities to indicate a specific level of land cover. Land cover is defined into five classes: dense forest, semi-dense forest, sparse forest, urban area and agricultural area. The ENVI Remote Sensing Software defines four types of kernels for the support vector machine in the SVM classification section: Polynomial, Sigmoid torsion, and FBCTION (RBF). According to the best kernel studies for land use classification, the radial kernel (RBF) has been proposed. In the present study, this kernel was used for classification. The classification of the appropriate band composition that you want to separate these classes for visual interpretation was selected by the spectral mean plot. This is done by the complex OIF index. After the extraction of land uses by the method, the results were evaluated accurately.

Maps are prepared by land use, then with the GPS position of the earth, the map of the situation in the visible area and using the formed error matrix of kappa weakness and its overall accuracy obtained for this work, 200 points are randomly created on the images. The use of these points was determined by field visits and topographic maps of the surveying organization. Land use classification models are prepared, for modelling and land use changes are entered into office software to design land use changes in the required years. Degree of land use change modelling The LCM model was used in the Idrisi software environment. The Markov-CA model is a combination of automated cells, Markov chains, and multi-purpose land allocation. The Markov model also shows each user by generating a set of status probability images from the transfer probability matrix. In the last step of the structural model, using the transfer area matrix in the CA Markov model, a simulated simulation of future land use can be obtained. In this research, the land use map of 2010 and 2018 was used to predict the 2028 map. And in order to accurately review the forecast by CA Markov using the user map for 2000 and 2010, the map for 2018 has been predicted and increased by the map obtained from the classified level for this year.

Results and Discussion The classification accuracy test was obtained using the Kappa coefficient index and overall accuracy. Kappa coefficient and overall accuracy were 0.88 and 0.89 for the image of 2000, 0.91 and 0.92 for the image of 2010, and 0.93 and 0.95 for the image of 2018, respectively. The images are categorized as entered into the software and processed by changing the LCM. Changes in the LCM

model showed that during the years 2000 to 2018, more changes were related to the conversion of semi-dense forest land with an area of 42104.27 hectares. Urban land use change has also increased in the years of many studies and amounted to 148.14 hectares. The table of the probability of land use changes in the Markov production model and with the production map at this stage, for the years of Markov forecast studies for 2018 and 2028 showed that in 2028 the urban class area increased to 21293.1 hectares and the valuable land use area of dense forest to 2189.97 hectares will be reduced.

Conclusion In order to prevent the uncontrolled expansion of cities, residential areas and the destruction of forest areas and vegetation, management measures should be taken and management decisions should be made. The level of dense and semi-dense forests in areas with high slopes will decrease further by 2028. Urban land use changes have also increased in the study years and amounted to 148.14 hectares. The results of surveying the area of forecasting classes showed that in 2028, the area of urban classrooms will increase to 21293.1 hectares and the valuable land use area of dense forests will decrease to 2189.97. The ability of the vector machine model in determining land cover/land use, vegetation and forest cover in different regions of Iran has been proven by other researchers. Remote sensing tools can be an important arm in information production in natural resource management.

Keywords: Evaluation of changes of forest area, Satellite imagery, Auto-cells Markov chain, Siahkal forests