پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۴۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵
ص. ۶۷۴-۶۶۱

کاربرد مدل CA-Markov در پیش‌بینی پویایی ساختار سرزمین مناطق حفاظت‌شده (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار)

وحید امینی پارسا *– دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران
اطهره نژادی ـ دکتری برنامه‌ریزی محیط زیست دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱/۲۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۷/۷

چکیده

بررسی تغییرات پویای کاربری و پوشش زمین مناطق حفاظت‌شده در مدیریت و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی اهمیت بسزایی دارد. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار در گذشته و، به تبع آن، پیش‌بینی الگوی فضایی ساختار سرزمین در آیندهٔ نزدیک است. بدین منظور، نقشه‌های کاربری زمین برای سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۳ با استفاده از فنون دورسنجی از تصاویر ماهواره‌ای TM، ETM+، و OLI استخراج شد. مدل تلفیقی CA-Markov به منظور پیش‌بینی تغییرات آتی در سال ۲۰۳۷ به‌کار گرفته شد. صحت مدل پیش‌بینی با مقایسهٔ نقشهٔ کاربری شبیه‌سازی‌شده و واقعی سال ۲۰۱۳ از طریق محاسبهٔ ضریب کاپا ارزیابی شد؛ مقدار همهٔ آماره‌های کاپا بالای ۰/۹ به‌دست آمد؛ این مقدار مبیّن اعتبار نتایج مدل‌سازی است. نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش ۱۱۱۷۳٫۳۶ هکتاری مساحت جنگل‌ها در برابر افزایش ۱۰۲۰۰٫۸ و ۹۷۲٫۵۵ هکتاری زمین‌های بایر (مرتع) و کشاورزی از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۳ است. در صورت تغییرنیافتنِ برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی در منطقه، این روند تغییرات در آینده ادامه خواهد داشت و بسیاری از پهنه‌های ارزشمند جنگل‌های باقی‌مانده از بین خواهد رفت. نتایج این تحقیق در بازنگری رهیافت‌های مدیریتی و حفاظتی منطقه مؤثر است و می‌تواند سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان را به سمت حفاظت پایدارتر منطقه سوق دهد.

کلیدواژه‌ها: بررسی تغییرات، جنگل‌زدایی، مناطق حفاظت‌شده، منطقهٔ ارسباران، CA-Markov .

مقدمه

تغییرات کاربری و پوشش زمین (LUCC)[1] بیانگر برخی از تغییراتِ مهم محیط زیستی در سطوح جهانی تا محلی است؛ این تغییرات به دلیل جنبه‌های مختلف زندگی بشر ایجاد شده است (لامبین و گیست، ۲۰۰۶: ۲۰۶). تغییر پوشش و کاربری زمین، به سبب ازبین‌بردن پوشش طبیعی و قطعه‌قطعه‌کردن یا منزوی‌کردن نواحی طبیعی، می‌تواند تهدیدی جدّی برای تنوع زیستی باشد (فربوخ[2] و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۴). این‌گونه تغییرات اثرهای مستقیمی دارند در زیستگاه‌های حیات وحش (نژادی و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۹۰)، تنوع زیستی (تورنر و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۶۹)، و خدمات اکوسیستمی (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۸۵۶).

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۳۶۴۹۶۰۸۱۸
* E- mail: aminiparsa@ut.ac.ir

1. Land Use and Cover Change (LUCC)
2. Verburg

مناطق حفاظت‌شده، به منظور محدودساختن وسعت تغییرات کاربری زمین، در نواحی معیّنی- که اغلب در نقاط داغ تنوع زیستی قرار دارند- تأسیس می‌شوند (پوزولس و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۸۶؛ فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۴). نابودی زیستگاه‌ها، بهره‌برداری بیش از حد از منابع، دست‌اندازی به جنگل‌های طبیعی، تغییرِ الگوی کاربری زمین، و تعارضات کاربری زمین تهدیدهای اصلی مناطق حفاظت‌شده و تنوع زیستی‌اند (آلرس و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۱). مادامی که تغییرات محیط زیستی در درون یا پیرامون مناطق حفاظت‌شده رخ می‌دهد بهره‌وری آن‌ها برای حفاظت تنوع زیستی در آینده با تهدید روبه‌رو می‌شود (خاروبا و کر، ۲۰۱۰: ۱۰۹۵؛ گاستون و همکاران، ۲۰۰۶: ۷۸). تعیین سادهٔ مرزهای مناطق حفاظت‌شده اغلب برای تضمین حفاظت اکوسیستم‌ها کافی نبوده (فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۴ - ۱۵۵؛ بیتس و رودل، ۲۰۰۰: ۶۲۰) و معمولاً با توسعهٔ زمین‌های کشاورزی در مرز جنگل‌ها و قطع غیرقانونی درختان بدون توجه به مرزهای مناطق حفاظت‌شده مواجهیم (فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۴). از آنجا که ثابت شده کنترل مرز مناطق حفاظت‌شده- که معمولاً مساحت‌های زیادی را در بر می‌گیرد- با محدودکردن از طریق حصارکشی، به‌ویژه در کشورهای کم‌درآمد، دشوار است (بارت و همکاران، ۲۰۰۱: ۴۹۹)، بهره‌بردن از سیاست و مدیریتی انگیزشی برای تغییر فعالیت‌هایی که در حال حاضر عامل تبدیل کاربری زمین و تخریب زمین‌اند از اهمیت بسیاری برخوردار است و ابزار مؤثری برای مدیریت این‌گونه مناطق است (فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۵). برای دست‌یابی به چنین شناختی، نه‌تنها باید نرخ و الگوی تغییرات کاربری زمین بررسی و مد نظر قرار گیرد، بلکه باید نسبت به محرکه‌های بیوفیزیکی و اقتصادی- اجتماعی این‌گونه تغییرات بینشی حاصل شود (نژادی و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۹۰؛ گیست و لامبین، ۲۰۰۲: ۱۴۵).

روش‌شناسی‌ها و مدل‌های توسعه‌یافته در تحقیقات تغییرات کاربری و پوشش زمین ابزارهای مفیدی برای توسعهٔ این نگرش و حل‌وفصل فرایندهای اساسی است (لامبین و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۱۰). اقدامات پایشی تغییرات ساختار سرزمین از گذشته تا حال اطلاعاتی بسیار کاربردی برای ارزیابی موفقیت برنامه‌های مناطق حفاظت‌شده فراهم می‌آورد، اما تهدیدات آتی پیش روی این مناطق را مشخص نمی‌سازد (فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۵۵)؛ به منظور فراهم‌سازی این اطلاعات، برنامه‌ریزان و مدیران مناطق حفاظت‌شده از مدل‌های شبیه‌سازی تغییرات آتی کاربری و پوشش زمین (ساختار سرزمین)، به منزلهٔ ابزار اطلاعاتی، استفاده می‌کنند. برنامه‌ریزی مناسب و کارا نیازمند اطلاعات وضعیت سیستم در گذشته، حال، و آینده است. دست‌یابی به این اطلاعات نیازمند روش سامانمند و رویکرد پویاست؛ در تحقیق حاضر به این مهم توجه ویژه‌ای شده و تغییرات پویای کاربری و پوشش زمین از زمان گذشته تا آینده بررسی شده است.

در سال‌های اخیر رهیافت‌های مفهومی مختلفی- اعم از اتوماتای سلولی، تجزیه‌وتحلیل‌های آماری، زنجیرهٔ مارکوف، شبکهٔ عصبی مصنوعی، مدل‌های عامل مبنا برای پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین- معرفی و از آن‌ها استفاده شده است (سوبدی و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۲۶؛ کومن و بوردن، ۲۰۱۱: ۳۸). بررسی منابع متعدد نشان می‌دهد مدل‌سازی کاربری و پوشش زمین با روش‌های متعدد بسته به هدف و محدودیت‌های تحقیق انجام می‌شود. در این بخش صرفاً به برخی از تحقیقات، که در زمینهٔ مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش زمین در مناطق حفاظت‌شده انجام شده، اشاره می‌شود: ویلسون و همکاران (۲۰۱۵: ۱۰۵۱) به بررسی تهدیدهای تغییرات آتی کاربری زمین بر مناطق حفاظت‌شدهٔ کالیفرنیا پرداختند و بیان کردند که، به‌رغم عدم قطعیت‌های موجود، پیش‌بینی‌های تغییرات کاربری و پوشش زمین ابزار کارآمدی است که امکان تصویرسازی آینده‌های مختلف زمین، بهبود برنامه‌ریزی، و بهینه‌سازی اقدامات مدیریتی را برای مدیران زمین فراهم می‌سازد. نژادی و همکاران (۲۰۱۲: ۸۸۳) از مدل اتوماتای سلولی و زنجیرهٔ مارکوف برای بررسی اثر

تغییرات کاربری اراضی در الگوی تغییرات سرزمین منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ لیسار استفاده کردند و به این نتیجه دست یافتند که استفاده از مدل‌های نرم‌افزاری و پیش‌بینانهٔ تغییر کاربری زمین می‌تواند مکان و میزان تغییرات را به مدیر نشان دهد و امکان پیشگیری از تغییرات ناخواسته را فراهم آورد. فربوخ و همکاران (۲۰۰۶: ۱۵۳) طی تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل اثرهای تغییرات کاربری زمین بر مناطق حفاظت‌شدهٔ فیلیپین به این نتیجه رسیدند که مدل‌های تغییرات کاربری زمین ابزارهای مفیدی برای مدیریت این مناطق است. امینی (۱۳۹۳: ۱۱۸) در مطالعه‌ای به مدل‌سازی اثرهای احتمالی تغییر کاربری اراضی پیرامونی بر مدیریت ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ ارسباران پرداخت. نتایج نشان‌دهندهٔ کاهش چشم‌گیر میزان کاربری جنگل و در مقابل افزایش کاربری مرتع و کشاورزی در منطقه است. بر اساس نتایج مطالعهٔ هاشمی (۱۳۹۲: ۷)، برخی از نواحی زیستگاهی- که اغلب در حاشیهٔ غربی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ جاجرود و اطراف رودخانهٔ جاجرود قرار دارند- نسبت به تغییرات کاربری زمین از حساسیت بسیاری برخوردارند و باید در اولویت حفاظتی قرار بگیرند.

بنا بر توضیحات پیشین، چنانچه مدیریت مناطق حفاظت‌شده بر مبنای شناخت کافی و نگاهی پویا نباشد، ناآگاهی از روند رخ‌داده در منطقه و توجه‌نکردن به پیچیدگی سامانه‌های محیط زیستی مانعِ تحقق کامل اهداف مدیریتی این مناطق می‌شود. مسائل یادشده در ایران، به منزلهٔ کشوری در حال توسعه، نیز صادق است؛ بنابراین، ارزیابی فرایندهای مدیریتی مناطق حفاظت‌شده در کشور ضروری است.

فرایندهای تغییرات کاربری و پوشش زمین، به منزلهٔ یکی از تهدیدات عمدهٔ منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار، از مسائل مهم و مطرح‌شده است. به‌رغم سیاست‌های اجراشدهٔ سازمان جنگل‌ها، مراتع، و آبخیزداری کشور و ادارهٔ کل حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی مبنی بر کاهش و جلوگیری از جنگل‌زدایی و توسعهٔ زمین‌های کشاورزی، متأسفانه باز مناطق جنگلی ارزشمند موجود در منطقه در حال تخریب‌اند. بر این اساس، درک و تشریح گسترش فضایی تغییرات کاربری و پوشش زمین (ساختار سرزمین) در این منطقه بسیار حائز اهمیت است. مرور منابع انجام‌یافته مبیّن آن است که دربارهٔ بررسی تغییرات پویای کاربری و پوشش زمین در این منطقه تا به حال مطالعه‌ای انجام نشده است. این منطقه به لحاظ استراتژیکی و به لحاظ طبیعی پیوستگی مهمی را میان مناطق حساس و حفاظت‌شدهٔ پیرامونی ملی و بین‌المللی (پناهگاه حیات‌وحش کیامکی، منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ارسباران، و پارک ملی زاگاتای جمهوری آذربایجان و ارمنستان) برقرار می‌کند. بنابراین، با توجه به اصل پیوستگی در طبیعت و با توجه به اینکه فرایندها و عملکردهای طبیعی از مرزهای برنامه‌ریزی، مدیریتی، و سیاسی (مثل مرز مناطق حفاظت‌شده) تبعیت نمی‌کنند، تغییرات و معضلات یک منطقه اثر خود را بر سایر مناطق نیز خواهد گذاشت. بنابراین، با توجه به این موارد، مدیریت پایدار کاربری زمین و جلوگیری یا حتی کاهش روند تخریب منابع طبیعی و تغییرات غیراصولی کاربری زمین در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار، به‌رغم موفقیت‌های محلی در خود منطقه، می‌تواند آثار مثبتی در پیکرهٔ پیوستهٔ فرامنطقه‌ای داشته باشد.

یکی از نیازهای اصلی و عمدهٔ برنامه‌ریزی محیط زیست پیش‌بینی توسعه‌های بالقوهٔ آتی است. کاربری زمین به منزلهٔ هستهٔ اصلی برنامه‌ریزی محیط زیست مطرح است. بنابراین، از منظر برنامه‌ریزی محیط زیستی این تحقیق در صدد فراهم‌آوری اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی پایدار کاربری زمین در منطقهٔ مطالعاتی است. تعیین و نقشه‌سازی توزیع کاربری‌ها و تجزیه و تحلیل صریح فضایی- زمانی پویایی کاربری و پوشش زمین با دیدی از گذشته تا آینده، و پتانسیل‌ها و نوع تغییرات تبدیلات کاربری‌ها به صورت فضایی جزو اهداف اصلی این تحقیق برای دست‌یابی به پایه‌های برنامه‌ریزی فضایی محیط زیستی است. شایان ذکر است دیدگاه به‌کارگرفته‌شده در این تحقیق از نظرگاه برنامه‌ریزی

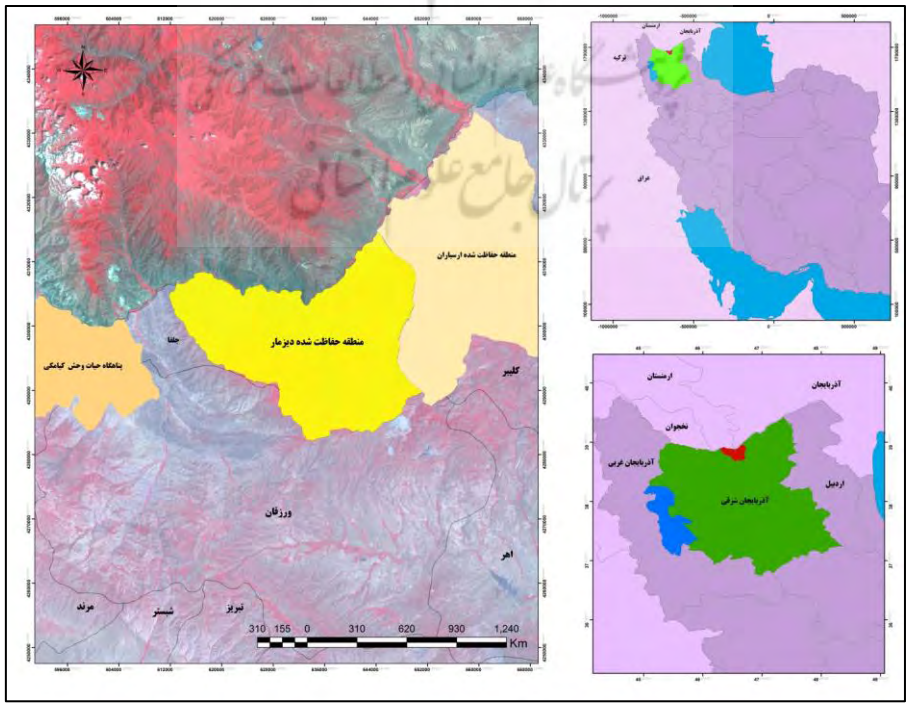
محیط زیستی است و نگارندگان بر پیشبرد و کارانمودن اطلاعات حاصل از مطالعات کاربری زمین، به‌خصوص در مناطق حفاظت‌شده، کوشیده‌اند. بنابراین، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران این منطقه می‌توانند با استفاده از اطلاعات به‌روز حاصل از این تحقیق در جهت برنامه‌ریزی پایدار کاربری زمین و تدوین استراتژی‌های کارا برای حفاظت منطقه قدم بردارند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار در شمال استان آذربایجان شرقی در محدودهٔ هشت دهستان و در بین سه شهرستان جلفا، ورزقان، و خداآفرین و در مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقه الی ۳۸ درجه و ۵۷ دقیقهٔ عرض شمالی و ۴۰ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۴۶ دقیقهٔ طول شرقی واقع شده است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۱: ۱۵ ـ ۶۰) (شکل ۱).

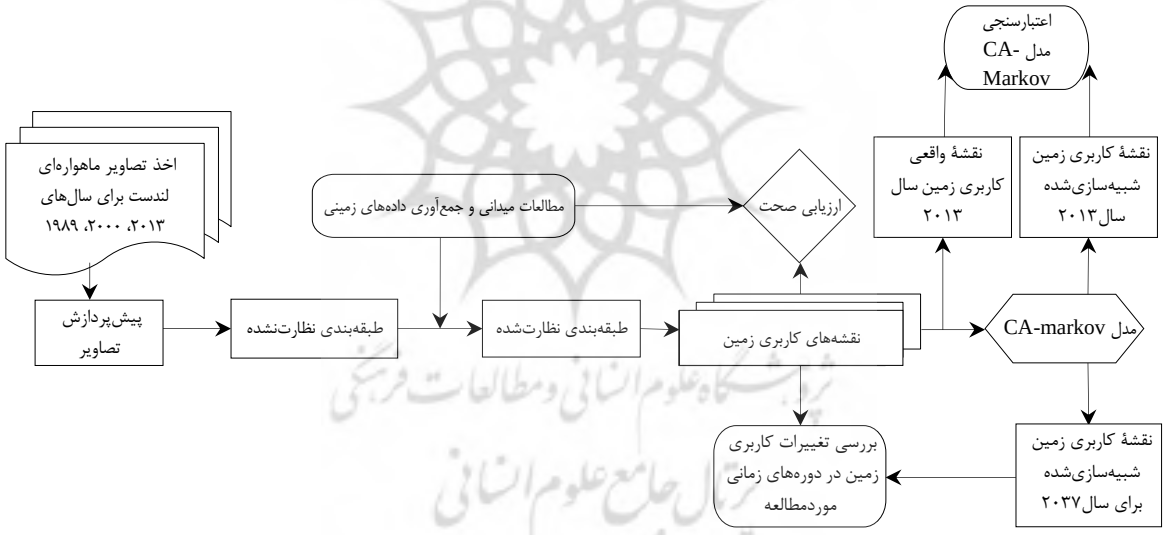
این منطقه با وسعت حدود ۶۸۵۷۶ هکتار در سال ۱۳۹۰ به عنوان منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ معرفی شد. این منطقه از غرب با پناهگاه حیات وحش کیامکی، از شرق با منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ ارسباران، و از شمال با پارک ملی زاگاتای جمهوری آذربایجان و ارمنستان مرتبط است و به عنوان یک کریدور مهم حیات وحش در سطح محلی، ملی، و بین‌المللی مطرح است. حداکثر ارتفاع منطقه ۲۶۰۰ متر در کوه آندول واقع در جنوب محدوده و حداقل ارتفاع از سطح دریا ۴۰۰ متر در شمال شرقی محدوده (رودخانهٔ ارس) است و بیشترین پراکنش شیب منطقه مربوط به طبقهٔ شیب بین ۲۰ ـ ۳۰ درصد و میانگین بارش ۳۷۰ میلی‌متر در سال است. در منطقهٔ دیزمار ۸۴۹ گونهٔ گیاهی، که ۷۶ گونهٔ آن اندمیک است، و حدود ۳۲۰ گونهٔ جانوری اعم از گونه‌های منحصربه‌فرد، نظیر سیاه خروس و شوکا، شناسایی شده است. از نظر فرماسیون گیاهی، منطقهٔ مطالعاتی واجد چهار فرماسیون جنگل، درختچه‌زار، بوته‌زار، و علفزار است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۹۱: ۶۰ ـ ۱۱۷).



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مطالعاتی

روش تحقیق

پس از مرور منابع انجام شده و گسترهٔ استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست برای بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین، طبق الگوریتم تحقیق (شکل ۲)، تصویر ماهوارهٔ لندست ۵ (TM) به تاریخ ۱۹۸۹/۷/۱۶، لندست ۷ (ETM+) به تاریخ ۲۰۰۰/۷/۱۴، و لندست ۸ (OLI) با تاریخ برداشت ۲۰۱۳/۷/۱۰ با مد نظر داشتن مواردی از جمله یکسان‌بودن سطح تفکیک مکانی تصاویر، نداشتن پوشش ابر بیش از ۵ درصد سطح تصویر، و مرتبط به یک زمان یا فصل مشخص در سال (به‌ویژه فصل رشد گیاهان) انتخاب و از سایت یو اس جی اس اخذ شد. با توجه به محدودیت‌های پیش رو در تهیه و انتخاب تصاویر مناسب، دورهٔ زمانی مورد بررسی برای این تحقیق ۲۴ سال در نظر گرفته شد. سپس، به تلفیق باندی تصاویر اقدام شد؛ بدین صورت که باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، و ۷ تصاویر لندست ۵ و لندست ۷ و باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ تصویر لندست ۸ تلفیق شدند. در مرحلهٔ پیش‌پردازش به منظور بارزسازی رادیومتریک از روش تعدیل هیستوگرام در نرم‌افزار Erdas Imagine 2014 استفاده شد. تعدیل هیستوگرام یک بسط غیرخطی است که پیکسل‌ها را به نحوی توزیع می‌کند که تقریباً توزیع پیکسل‌ها در کل دامنهٔ هیستوگرام یکنواخت باشد (ادهمی و خلاقی، ۱۳۸۶: ۱۵۰).



شکل۲. مراحل اجرایی تحقیق

در مرحلهٔ طبقه‌بندی اطلاعات، به منظور دست‌یابی به شناخت کلی از کلاس‌های کاربری و پوشش زمین موجود در منطقه، نخست به اجرای طبقه‌بندی نظارت‌نشده اقدام شد. از خروجی‌های این مرحله همچون ابزاری کمکی برای تعیین نمونه‌های تعلیمی استفاده شد. سپس، برای اجرای طبقه‌بندی نظارت‌شده با توجه به نتایج حاصل از مرحلهٔ قبل و همچنین استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث عازم منطقهٔ مطالعاتی شده و به نمونه‌برداری‌های میدانی با استفاده از جی‌پی‌اس اقدام شد. نمونه‌های تعلیمی به‌دست‌آمده وارد نرم‌افزار Erdas Imagine 2014 شد و با استفاده از روش حداکثر احتمال به طور جداگانه برای هر تصویر طبقه‌بندی نظارت‌شده اجرا و نقشهٔ کاربری و پوشش زمین برای هر تصویر استخراج شد.

صحت تصاویر طبقه‌بندی‌شده با استفاده از ۲۵۶ نقطهٔ حاصل از وجود شناخت نسبی از منطقه، کاربرد نرم‌افزار گوگل ارث، و نقاط جی‌پی‌اس برداشتی از طریق الگوریتم نمونه‌گیری لایه‌ای تصادفی ارزیابی شد.

برای پیش‌بینی کاربری و پوشش آیندهٔ زمین منطقه از مدل تلفیقی زنجیرهٔ مارکوف و اتوماتای سلولی (CA-Markov) استفاده شد. مدل مارکوف حالت‌های پیشین را برای پیش‌بینی نحوهٔ تغییر یک متغیر مشخص در طی زمان درنظر می‌گیرد و توانایی کمّی‌سازی حالت‌های تبدیل بین انواع کاربری‌ها و کمّی‌سازی نرخ تبدیل را داراست (سنگ و همکاران، ۲۰۱۱: ۹۳۹). مدل مارکوف همگن برای پیش‌بینی تغییر کاربری زمین را می‌توان به صورت رابطهٔ ۱ نشان داد (سوبدی و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۲۸):

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{m1} & P_{1m21} & \dots & P_{mm} \end{bmatrix} \quad \text{و} \quad L_{(t+1)} = P_{ij} \times L_{(t)} \qquad (1)$$

در این رابطه، $L_{(t+1)}$ و $L_{(t)}$ به‌ترتیب حالت‌های کاربری زمین در زمان $t+1$ و t است. ($i,j= 1,2,\dots,m$, $P_{ij} \geq 0$ و $P_{ij} < 1$ و $\sum_{j=1}^{m} P_{ij} = 1$) یک ماتریس احتمال تبدیل در یک حالت است.

اتوماتای سلولی وضعیت یک پیکسل را بر مبنای وضعیت اولیه‌اش، شرایط در پیکسل‌های پیرامونش، و برخی از قوانین انتقال محاسبه می‌کند (کومن و بوردن، ۲۰۱۱: ۴۲). زنجیرهٔ مارکوف هیچ دانش و آگاهی از توزیع مکانی تصادفی درون هر گروه کاربری زمین ایجاد نمی‌کند. به عبارتی، هیچ مؤلفهٔ مکانی در خروجی مدل‌سازی وجود ندارد؛ به همین دلیل، از اتوماتای سلولی می‌توان به عنوان مکمّل این مدل استفاده کرد. به بیان دیگر، در حالی که فرایند مارکوف پویایی زمانی بین کلاس‌های کاربری و پوشش زمین را به وسیلهٔ احتمالات انتقال کنترل می‌کند (امینی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۳۷؛ کومن و بوردن، ۲۰۱۱: ۴۱)، مکانیسم اتوماتای سلولی به قوانین محلی مرتبط با پیکربندی همسایگی می‌پردازد و همگام با احتمال انتقال پویایی‌های فضایی انواع کاربری زمین را معین می‌کند (کومن و بوردن، ۲۰۱۱: ۴۰؛ بالزتر، ۲۰۰۰: ۱۴۰).

برای اجرای این مدل، نخست مدل زنجیرهٔ مارکوف اجرا شد. سپس، با استفاده از خروجی‌های این مدل و نقشه‌های کاربری و پوشش زمین، مدل CA-Markov در نرم‌افزار Idirisi Selva اجرا شد. به منظور بررسی میزان دقت پیش‌بینی صورت‌گرفته به وسیلهٔ مدل یا به عبارت دیگر اعتبارسنجی مدل، نقشهٔ کاربری زمین برای یک دورهٔ زمانی سپری‌شده مدل‌سازی شد. برای تحقق این بخش از کار، نقشهٔ کاربری زمین شبیه‌سازی‌شدهٔ سال ۲۰۱۳ به وسیلهٔ مدل سی ای مارکوف با نقشهٔ واقعی همان سال از طریق محاسبهٔ آماره‌های کاپا مقایسه شد. در مرحلهٔ آخر، برای پی‌بردن به نوع و میزان تغییرات و تبدیلات بین طبقات مختلف کاربری و پوشش زمین در طول دوره‌های زمانی مورد بررسی، از روش ماتریس متقاطع استفاده شد.

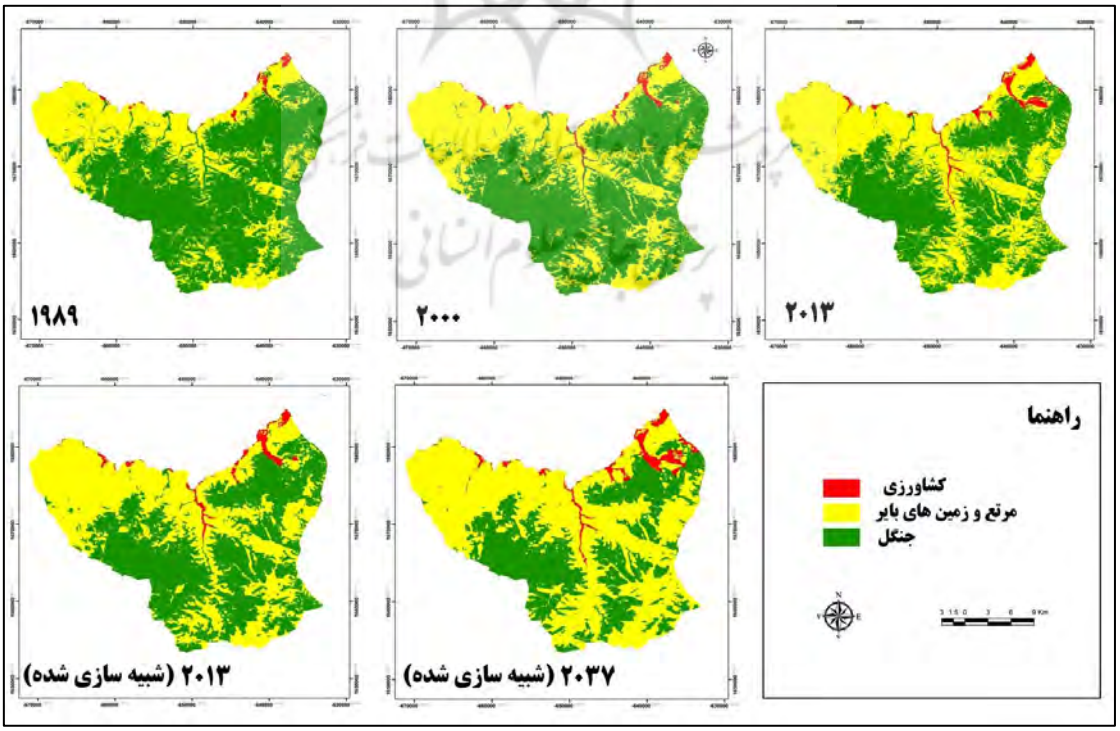
یافته‌های پژوهش

پس از اجرای مراحل پیش‌پردازش، طبقه‌بندی نظارت‌نشده و نظارت‌شده، ساختار سرزمین منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار در

سه طبقه‌ـ مرتع (بایر)، کشاورزی، و جنگل‌ـ طبقه‌بندی شد و نقشه‌های کاربری و پوشش زمین برای سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۳ استخراج شد (شکل ۳). جدول ۱ مساحت طبقات مختلف کاربری و پوشش زمین در دوره‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. پس از پایان طبقه‌بندی تصاویر، ارزیابی صحت صورت گرفت که شاخص دقت (ضریب کاپا) برای نقشه‌های کاربری استخراج‌شده از تصاویر لندست TM، +ETM، و OLI به‌ترتیب برابر ۰٫۸۱، ۰٫۸۴، و ۰٫۸۸ و دقت کلی تصویر نیز به‌ترتیب برابر ۸۹، ۹۱، و ۹۲ درصد به‌دست آمد. هدف اصلی ارزیابی دقت فراهم‌کردن شاخصی برای مشخص‌کردن درجهٔ صحیح‌بودن طبقه‌بندی تصویر است (فودی، ۲۰۰۲: ۱۸۷). شاخص‌های کاپای به‌دست‌آمده دقت بالای طبقه‌بندی برای هر نقشه را نشان می‌دهد (ویرا و گررت، ۲۰۰۵: ۳۶۲).

شکل ۳ نشان می‌دهد که در دورهٔ زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ میلادی درصد پوشش کاربری جنگل منطقه از ۶۲٫۶۰ درصد به ۵۴٫۳۰ درصد کاهش یافته است. این روند کاهشی در دورهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میلادی نیز ادامه داشته و میزان پوشش جنگل به ۴۶٫۳۱ درصد تقلیل پیدا کرده است. در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰، میزان کاربری مرتع و بایر از ۳۶٫۶۶ درصد در سال ۱۹۸۹ به ۴۴٫۳۳ درصد در سال ۲۰۰۰ افزایش یافته و همچنین در سال ۲۰۱۳ دارای سهم ۵۱٫۵۳ درصدی در کاربری‌های منطقه بوده است.

سهم کاربری کشاورزی منطقه از ۰٫۷۲۷ درصد در سال ۱۹۸۹ به ۱٫۳۶۱ درصد در سال ۲۰۰۰ و ۲٫۱۴۵ درصد در سال ۲۰۱۳ رسیده است. این آمار نیز نشان می‌دهد که افزایش کاربری کشاورزی و مرتع (بایر) به‌ترتیب در بازهٔ دوم زمانی مورد بررسی (۲۰۰۰ ـ ۲۰۱۳) از سرعت بیشتر و کمتری نسبت به دورهٔ اول (۱۹۸۹ ـ ۲۰۰۰) برخوردار بوده است.

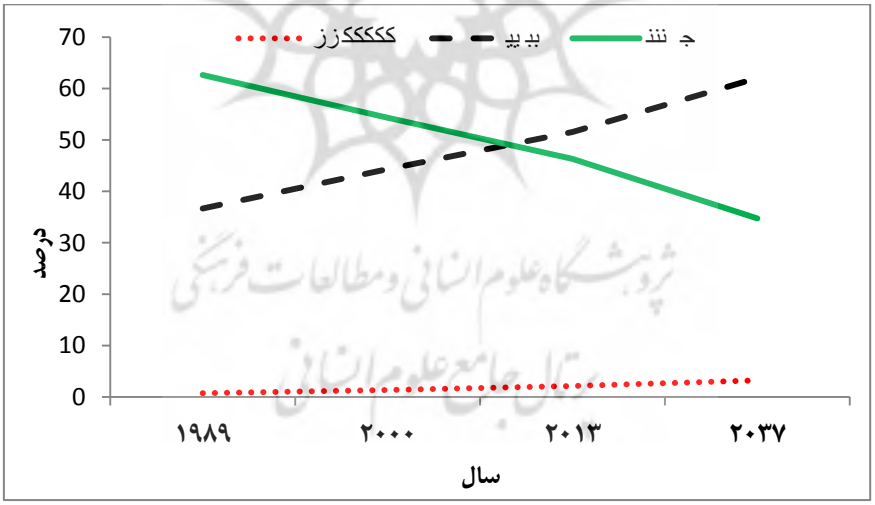


شکل ۳. نقشه‌های کاربری و پوشش زمین؛ واقعی (۱۹۸۹، ۲۰۰۰، و ۲۰۱۳) و شبیه‌سازی‌شده (۲۰۱۳ و ۲۰۳۷)

جدول ۱. مساحت (هکتار) طبقات مختلف کاربری و پوشش زمین در منطقه

سال / نوع کاربری	واقعی			شبیه‌سازی‌شده	
	۱۹۸۹	۲۰۰۰	۲۰۱۳	۲۰۱۳	۲۰۳۷
کشاورزی	۴۹۸ ۹۱	۹۳۳ ۷۶	۱۴۷۱ ۴۶	۱۳۱۷ ۴۲	۲۲۱۳ ۶۵
بایر	۲۵۱۴۲ ۹۴	۳۰۴۰۰ ۱۷	۳۵۳۴۳ ۷۴	۳۴۷۰۵ ۴۶	۴۲۵۴۱ ۵۷
جنگل	۴۲۹۳۴ ۵۲	۳۷۲۴۲ ۴۳	۳۱۷۶۱ ۱۶	۳۲۶۰۲ ۵۹	۲۳۸۲۱ ۱۴

در ادامه نقشهٔ کاربری و پوشش زمین برای سال ۲۰۳۷ با فرض ادامه‌یافتن روند فعلی مدیریت در منطقه از طریق مدل سی ای مارکوف پیش‌بینی شد (شکل ۳). بر اساس نتایج مدل‌سازی، جدول ۱ مساحت هر یک از طبقات کاربری و پوشش زمین را در سال ۲۰۳۷ نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که در دورهٔ زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۳۷ کاربری کشاورزی از ۲٫۱۴ درصد به ۳٫۲۲ درصد خواهد رسید که بیانگر روند افزایشی است. میزان کاربری مرتع در افق بیست‌وچهارسالهٔ پیش‌بینی‌شده به ۶۲٫۰۳ درصد می‌رسد که در مقایسه با مقدار مشابه در سال ۲۰۱۳ افزایش خواهد یافت. همچنین، شاهد کاهش میزان جنگل از ۴۶٫۳۱ درصد در سال ۲۰۱۳ به ۳۴٫۷۳ درصد در سال ۲۰۳۷ خواهیم بود (شکل ۴).

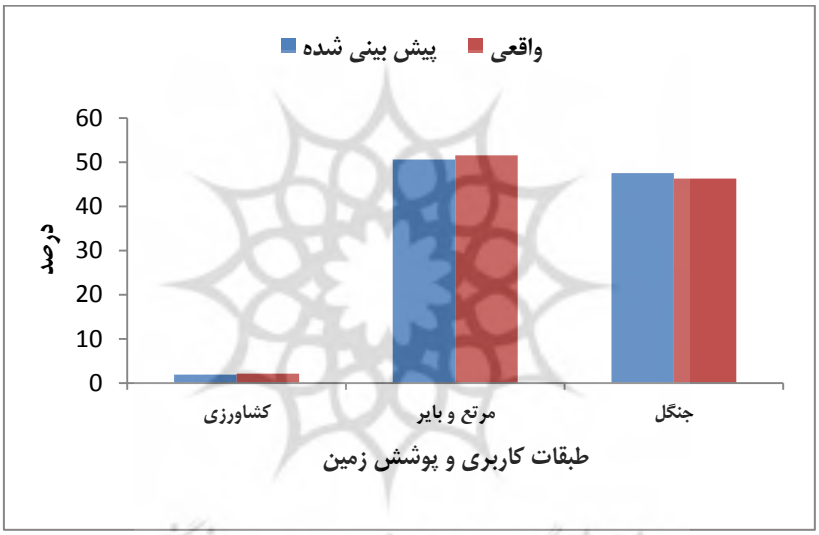


شکل ۴. روند تغییرات درصد طبقات کاربری و پوشش زمین در دورهٔ مطالعاتی

نتایج حاصل از اعتبارسنجی مدل- که از طریق مقایسهٔ نقشهٔ کاربری و پوشش زمین شبیه‌سازی‌شده به وسیلهٔ مدل CA-Markov برای سال ۲۰۱۳ (شکل ۳) با نقشهٔ حقیقی و واقعی همان سال صورت پذیرفت- نشان می‌دهد که در نقشهٔ پیش‌بینی‌شده مساحت کاربری‌های کشاورزی و مرتع (بایر) به صورت جزئی کمتر از مقدار واقعی برآورد شده، ولی میزان مساحت جنگل به میزان بسیار کمی بیش‌برآورد داشته است (شکل ۵ و جدول ۱). باید توجه کرد که این نوع مقایسه‌ها برای اعتبارسنجی مدل کافی نیست و به شاخص دقیق‌تر و قابل اتکایی نیاز است. آماره‌های کاپا میزان نیکویی

برازش یا بهترین ارزش بین دو مدل پیش‌بینی‌شده و حقیقی را می‌سنجد و دارای ارزشی بین ۱ و ۱- است (ولیت، ۲۰۰۹: ۳). آماره‌های کاپا (K) به منظور ارزیابی توافق بین نقشه‌های کاربری واقعی و پیش‌بینی‌شدهٔ سال ۲۰۱۳ به‌کار رفت. این کار در نرم‌افزار Idrisi Selva انجام شد.

Kno (شاخصی که توافق کلی را محاسبه می‌کند)، Klocation (شاخصی که به محاسبهٔ توافق فقط بر مبنای مکان می‌پردازد)، KlocationStrata (شاخصی که سطح توافق را بر مبنای کمّیت می‌سنجد)، و Kstandard (ضریب کاپای مرسوم) (آلین، ۲۰۱۴: ۲۷۴؛ آلماتار، ۲۰۱۱: ۳۲) به‌ترتیب برابر ۰/۹۲۹۵، ۰/۹۲۷۳، ۰/۹۲۷۳، و ۰/۹۱۸ به‌دست آمد. با توجه به بالابودن مقادیر همهٔ آماره‌های کاپا از ۰/۹، می‌توان نتیجه گرفت که مدل سی ای مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش زمین در منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار معتبر است (ویرا و گررت، ۲۰۰۵: ۳۶۲).



شکل ۵. مقایسهٔ درصد واقعی هر یک از طبقات کاربری‌ها در نقشهٔ شبیه‌سازی و واقعی سال ۲۰۱۳

جدول ۲ نشان می‌دهد که در بازهٔ زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ میزان ۷۵ ۲۸۵ و ۴ ۶۳۷۷ هکتار (در مجموع ۶۶۶۳,۱۵ هکتار) از جنگل‌های منطقه به‌ترتیب به کاربری‌های کشاورزی و مرتع (بایر) تبدیل شده است. در حالی که در همین بازهٔ زمانی میزان ۷۶ ۹۳۲ هکتار از زمین‌های بایر منطقه به جنگل تبدیل شده است. تفاوت این دو مقدار نشان می‌دهد که ۵۷۳۰,۳۹ هکتار از جنگل‌های منطقه بدون جایگزینی از بین رفته‌اند. در بازهٔ زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۷ نیز ۶۲۶۵,۸ هکتار از جنگل به سایر کاربری‌ها تبدیل شده است؛ در حالی که در همین دوره، ۴۶ ۸۰۰ هکتار از زمین‌های بایر به جنگل تبدیل شده است. بنابراین، در این دوره نیز ۵۴۶۵,۳۴ هکتار از پهنه‌های جنگلی تخریب شده‌اند. این آمار نشان‌دهندهٔ وسعت درخور توجه و بحث‌برانگیز جنگل‌زدایی درون منطقهٔ مطالعاتی است.

جدول ۲. تبدیل و تغییر کلاس‌های کاربری‌های زمین در دوره‌های مورد بررسی بر حسب متر مربع

تغییرات و تبدیلات کاربری و پوشش‌های زمین	بازهٔ زمانی مورد بررسی			
	۱۹۸۹ _ ۲۰۰۰	۲۰۰۰ _ ۲۰۱۳	۱۹۸۹ _ ۲۰۱۳	۲۰۱۳ _ ۲۰۳۷
جنگل به کشاورزی	۲۸۵ ۷۵	۴۶۲ ۸۷	۷۰۱ ۴۶	۵۲۱ ۱۹
جنگل به مرتع و بایر	۶۳۷۷ ۴	۵۸۰۲ ۹۳	۰	۷۴۲۴ ۱۹
کشاورزی به مرتع و بایر	۶۹ ۲۱	۲۲۳ ۷۴	۹۱ ۰۸	۰
مرتع و بایر به جنگل	۹۳۲ ۷۶	۸۰۰ ۴۶	۶ ۵۰۹۴	۵ ۲۲
مرتع و بایر به کشاورزی	۲۳۳ ۸۲	۲۹۹ ۳۴	۳۶۳ ۶۹	۲۳۰ ۴۹

همچنین، نتایج بیانگر آن است که در دورهٔ زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۰ منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار در مجموع نزدیک به ۷۸۹۸,۹۴ هکتار تغییر را در کاربری‌ها تجربه کرده است و در دورهٔ ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ میزان کل تغییرات برابر با ۷۵۸۹,۳۴ هکتار بوده است. مقایسهٔ نتایج حاصل از تبدیل و تغییر کلاس‌های کاربری‌های زمین در دورهٔ زمانی ۲۰۱۳ تا ۲۰۳۷ (پیش‌بینی‌شده) در منطقه نشان می‌دهد که اگر روند بهره‌برداری از سرزمین با شیوهٔ مدیریت فعلی ادامه یابد، ۱۹ ۵۲۱ و ۱۹ ۷۴۲۴ هکتار به‌ترتیب از جنگل به کشاورزی و بایر (مرتع) تبدیل خواهد شد. در حالی که در همین دورهٔ زمانی فقط ۲۲ ۵ هکتار از زمین‌های بایر منطقه به جنگل تبدیل خواهند شد. بنابراین، در بازهٔ زمانی پیش‌بینی‌شده، منطقهٔ مورد مطالعه ۷۹۴۰,۱۶ هکتار کاهش در جنگل‌ها را تجربه خواهد کرد. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۷ میزان کل تغییرات برابر با ۸۱۸۱,۰۹ هکتار باشد. بنابراین، بیلان تغییرات و تبدیلات کاربری زمین برای پوشش جنگلی منطقه منفی است و حاکی از روند جنگل‌زدایی از گذشته تا حال است و اگر چاره‌ای اندیشیده نشود، بخش وسیعی از جنگل‌های ارزشمند باقی‌مانده را از دست خواهیم داد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی تغییرات پویای کاربری و پوشش زمین (ساختار سرزمین) منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار در جهت فراهم‌سازی اطلاعات به‌روز و مفید برای مدیریت پایدار منطقه انجام شد. بسیاری از مناطق حفاظت‌شدهٔ جهان در سال‌های پیش رو- بسته به پویایی اقتصادی- اجتماعی و پویایی کاربری زمین مناطقی که در آن قرار دارند- متحمل فشارهای فزاینده‌ای خواهند بود، بنابراین، رهیافت‌های مدیریت مؤثر کاربری اراضی منطقه وابسته به دو اصل مهم است: توسعهٔ جامعه برای واردکردن مبانی اکولوژی در مدیریت سرزمین و توسعهٔ جامعهٔ اکولوژیکی یا انسان خاکی برای درنظرگرفتن نیازهای رو به رشد بشر برای خدمات اکوسیستمی در پیشنهادهای مدیریتی.

موضوع مدیریت مناطق حفاظت‌شده مسئله‌ای غیرساختاریافته تلقی می‌شود. مسائل غیرساختاریافته مسائلی هستند که در برخورد با آن‌ها به حافظه، تعقل، و شهود نیاز است. در این زمینه در تحقیق حاضر با بررسی وضعیت کاربری و پوشش منطقه در گذشته و حال و همچنین پیش‌بینی وضعیت آتی آن سعی شد تا فرایند تغییرات کاربری منطقهٔ

حفاظت‌شدهٔ دیزمار به صورت سری زمانی از گذشته تا آینده بررسی شود. برای تحقق این امر، تغییرات کاربری و پوشش زمین در ۲۴ سال گذشته بررسی شد. همچنین، وضعیت سیستم برای ۲۴ سال آینده از طریق مدل سی ای مارکوف شبیه‌سازی شد. از سوی دیگر، میزان تغییرات در زمینهٔ مدیریت مناطق حفاظت‌شده از اهمیت خاصی برخوردار است؛ به همین دلیل، در این تحقیق نیز به بررسی تغییرات و تبدیلات طبقات کاربری‌ها پرداخته شد. نتایج نشان‌دهندهٔ گسترش زمین‌های کشاورزی و مرتع (بایر) با هزینهٔ تخریب و کاهش مناطق جنگلی منطقه است. نتایج پیش‌بینی نیز حاکی از ادامهٔ روند کاهشی پهنه‌های جنگلی است. مکان‌داربودن خروجی مدل شبیه‌سازی به‌کارگرفته‌شده نگاهی پیشگیرانه برای جلوگیری از تخریب در منطقه ایجاد می‌کند. همان طور که نلسون و همکارانش (۲۰۰۶) نیز اشاره کردند، محرکه‌های مستقیم و غیرمستقیم در تغییر کاربری زمین مؤثرند؛ محرکه‌های غیرمستقیم می‌توانند با تغییر یک یا چند محرکهٔ مستقیم در تغییر کاربری زمین مؤثر باشند. بنابراین، مدل‌سازی پیش‌بینانهٔ تغییرات می‌تواند امکان مداخلهٔ محرکه‌های غیرمستقیم، از جمله مسئولان ارشد استانی یا منطقه‌ای، را به وجود آورد تا با سیاست‌گذاری به‌موقع از آسیب‌رسیدن به منطقه جلوگیری کنند. از آنجا که سیاست‌گذاران نیاز دارند که قانون را قبل از پیش‌آمدن حوادث و رویدادها به صورتی پیش‌بینانه وضع کنند، آن‌ها باید از آنچه رخ خواهد داد یا از آنچه می‌توان در جهت کاهش ریسک و عدم قطعیت از آن استفاده کرد مطلع باشند. بدین منظور، همان‌گونه که فربوخ و همکارانش بیان کردند، سیاست‌گذاران و محققان نیاز به بیان پویایی بالقوهٔ تغییر زمین، اثرها، و پیامدهای آن را دریافته‌اند (فربوخ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۶۱). همان‌طور که نژادی و همکاران اظهار کردند، کاربرد مدل‌ها به‌ویژه سی ای مارکوف می‌تواند برای ارزیابی کارایی سیاست‌های کاربری زمین به منظور دست‌یابی به مقاصد مختلف از جمله اهداف حفاظتی نیز مفید واقع شود (نژادی و همکاران، ۲۰۱۲: ۸۹۰).

نتایجِ تحقیق حاضر با تحقیقات امینی (۱۳۹۳)، هاشمی (۱۳۹۲)، و نژادی (۱۳۹۱) همخوانی دارد و حاکی از این است که روش به‌کارگرفته‌شده و به‌خصوص مدل سی ای مارکوف در مناطق حفاظت‌شدهٔ ایران قابل استفاده و دارای نتایج معتبری است. متأسفانه، نتایج تحقیقات انجام‌شده در مناطق حفاظت‌شدهٔ ایران (به طور مثال، امینی، ۱۳۹۳؛ هاشمی، ۱۳۹۲؛ نژادی،۱۳۹۱؛ بنفشه و همکاران، ۱۳۸۶) نشان می‌دهد که تغییرات درخور توجهی در ساختار سرزمین این مناطق رخ داده است؛ این امر نشان‌دهندهٔ ضعف و ناکارآمدی رهیافت‌های مدیریتی حفاظتی در مناطق حفاظت‌شدهٔ کشور و تأکیدی است بر ضرورت بازنگری کلی در سیاست‌های حفاظتی و برنامه‌های مدیریتی این مناطق.

نتایج مدل پیش‌بینی نشان می‌دهد که پیکسل‌های نزدیک‌تر به نواحی کشاورزی دارای احتمال بیشتری برای توسعهٔ کشاورزی (تغییر و تبدیل سایر کاربری‌ها به کاربری کشاورزی) توسط اهالی را دارند؛ به بیان دیگر زمین‌های مجاور اراضی کشاورزی موجود، پتانسیل بیشتری برای تبدیل شدن به اراضی کشاورزی توسط مردم دارند؛ این مطلب را به‌سهولت می‌توان از نقشه‌های سری زمانی کاربری زمین بحث‌شده در بخش نتایج دریافت. از این رو، به مدیریت توسعهٔ زمین‌های کشاورزی به‌خصوص در مسیر پهنه‌های جنگلی باید بیش از پیش توجه کرد.

همچنین، با توجه به روند افزایشی زمین‌های کشاورزی و تعرض‌های صورت‌گرفته به جنگل و مراتع، برای توسعهٔ زمین‌های کشاورزی در منطقه- که این امر ناشی از کشاورزی‌محوربودن معیشت ساکنان منطقه است- باید به سیاست‌ها و طرح‌های اشتغال غیرزراعی، طیف وسیعی از فعالیت‌ها مانند صنایع دستی، بخش خدمات، تجارت، و حمل‌ونقل، که در

توسعهٔ روستایی نقش بسزایی دارند، بیش از پیش توجه کرد تا، ضمن جلوگیری از تغییر کاربری‌ها، درآمد اهالی نیز تضمین شود. همچنین، فراهم‌سازی طرح‌های مناسب مدیریت کاربری زمین برای منطقه به منظور کاهش توسعهٔ کشاورزی برای حفاظت از نواحی جنگلی ضروری است.

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات کاربری‌ها و پیش‌بینی صورت‌گرفته بیانگر ادامهٔ روند کاهشی در جنگل‌های منطقه است و ضرورت اجرای طرح‌های حفاظتی و احیا را دوچندان می‌سازد. توجه به تناسب منطقه برای انواع کاربری‌ها، بررسی آرای مردم، و مدنظر قراردادن محرکه‌های مختلف تغییرات کاربری زمین در کنار نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های توسعهٔ کاربری منطقه بسیار مفید و کاربردی عمل نماید. بررسی تغییرات کاربری زمین منطقه در یک مقیاس بالاتر و پایین‌تر نیز پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است در حال حاضر زیستگاه‌های منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار تعیین نشده‌اند؛ در صورت تعیین مرز آن‌ها، با روی هم‌گذاری نقشهٔ تغییرات کاربری زمین حاصل از این تحقیق و لکه‌های حساس زیستگاهی می‌توان به تهدیدهای بالقوه برای این لکه‌ها پی برد و اولویت‌های حفاظتی را تعیین کرد.

منابع

ادهمی، س. و خلاقی، س. (۱۳۸۶). *مفاهیم پردازش تصویر با تأکید بر نرم‌افزار* ERDAS IMAGINE، سبزوار: امید مهر.

امینی، پ. و. (۱۳۹۳). مدل‌سازی اثرات احتمالی تغییر کاربری اراضی پیرامونی بر مدیریت ذخیره‌گاه زیست‌کرهٔ ارسباران، استاد راهنما: احمدرضا یاوری، رشتهٔ برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران.

امینی، پ. و؛ صالحی، ا؛ عادلی، ش. و عزیزی، ع. (۱۳۹۴). شبیه‌سازی تغییرات پویای کاربری زمین با استفاده از مدل تلفیقی CA-MARKOV (بررسی موردی: شهرستان ملکان)، فصلنامهٔ *علوم محیطی*، ۱۳(۳): ۱۳۳ ـ ۱۴۲.

بنفشه، م.؛ رستم‌زاده، ه. و فیضی‌زاده. ب. (۱۳۸۶). بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعهٔ موردی جنگل‌های ارسباران ۱۹۹۷ ـ ۲۰۰۵)، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۳۹(۶۲): ۱۴۳ ـ ۱۵۹.

سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۳۹۱). *گزارش مطالعهٔ توجیهی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ دیزمار*، آذربایجان شرقی.

نژادی، ا. (۱۳۹۱). تدوین سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری مدیریت مناطق حفاظت‌شده بر مبنای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ لیسار، استاد راهنما: حمیدرضا جعفری، رشتهٔ برنامه‌ریزی محیط‌زیست، رسالهٔ دکتری، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران.

هاشمی، ن. (۱۳۹۲). شناسایی نواحی اولویت‌دار حفاظتی با رهیافت مدل‌سازی تغییر کاربردی اراضی (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ جاجرود)، استاد راهنما: یاوری ا، ر.، رشتهٔ برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ محیط زیست، دانشگاه تهران.

Adhami, S. and Khalaghi, S. (2007). *Concepts of image processing in Erdas Imagine*, Omid Mehr Press, Sbazevar, Iran.

Alain, O.G. (2014). *IDRISI Selva Tuterial*, Clark Labs, Clark University, United States.

Alers, M.; Bovarnick, A.; Boyle, T.; Mackinnon, K. and Sobrevila, C. (2007). *Reducing Threats to Protected Areas Lessons from the Field*, United Nations Development Programme, UN Plaza, New York.

Almatar, M. (2011). Utilizing geographic information systems and remote sensing to investigate urbanization processes: in both the US and KUWAIT. Phd thesis, University of Florida.

Amini, P.V. (2014). Modeling Plausible Impacts of Land Use Changes of the Surrounding Buffer Zone on the Management of the Arasbaran Biosphere Reserve, MSc thesis, Supervisor, Yavari, A, R., Environmental Planning, manangement and education, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Amini, P.V.; Salehi, E.; Adeli, S. and Azizi. A. (2015). Simulation of Land Use Change Dynamics Based on the CA-Markov Model (Case Study: Malekan County, Iran), *Journal of Environmental Sciences*, 13(3): 133-144.

Balzter, H. (2000). Markov chain models for vegetation dynamics, *Ecological Modelling*, 126 (2-3): 139-154.

Banafshe, M.; Rostamzadeh, H. and Feyzi Zadeh, B. (2007). Studying and analyzing forest area change trends using RS and GIS (case study: Arasbaran forests, 1987-2005), *Physical Geography Research Quarterly*, 39(62): 143-159.

Barrett, C.B.; Brandon, K.; Gibson, C.C. and Gjertsen, H. (2001). Conserving tropical biodiversity amid weak institutions, *Bioscience*, 51: 497-502.

Bates, D. and Rudel, T.K. (2000). The political ecology of conserving tropical rain forests: A cross national analysis, *Society & Natural Resources*, 13(7): 619-634.

Department of Environment (2012). *Baseline studies of Dizmar protected Area*, East Azerbaijan, Iran.

Foody, G.M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote sensing of environment*, 80(1): 185-201.

Gaston, K.J.; Charman, K.; Jackson, S.F.; Armsworth, P.R.; Bonn, A.; Briers, R.A.; Callaghan, C.S.Q.; Catchpole, R.; Hopkins, J.; Kunin, W.E.; Latham, J.; Opdam, P.; Stoneman, R.; Stroud, D.A. and Tratt, R. (2006). The ecological effectiveness of protected areas: the United Kingdom, *Biological Conservation*, 132(1): 76-87.

Geist, H.J. and Lambin, E.F. (2002). Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation, *BioScience*, 52(2): 143-150.

Hashemi, N. (2014). Determining priority of protection areas using land use changes modeling approach, case study: Jajrood protected area, MSc thesis, Supervisor, Yavari, A, R., Environmental Planning, manangement and education, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Houet, T. and Hubert-Moy, L. (2006). Modelling and projecting landuse and land-cover changes with a cellular automaton in considering landscape trajectories: an improvement for simulation of plausible future states, *EARSeL eProceedings*, 5: 63-76.

Kharouba, H.M. and Kerr, J.T. (2010). Just passing through: Global change and the conservation of biodiversity in protected areas, *Biological Conservation*, 143(5): 1094-1101.

Koomen, E. and Beurden, J.B-V. (2011). Land-use modelling in planning practice, The *GeoJournal Library*, Springer.

Lambin, E.F. and Geist, H.J. (2006). *Land-use and land-cover change Local Processes and Global Impacts*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Lambin, E.F.; Geist, H.J. and Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions, *Annual Review of Environment and Resources*, 28: 205-241.

Martínez, M.L.; Pérez-Maqueo, O.; Vázquez, G.; Castillo-Campos, G.; García-Franco, J.; Mehltreter, K.; Equihua, M. and Landgrave, R. (2009). Effects of Land Use Change on Biodiversity and Ecosystem Services in Tropical Montane Cloud Forests of Mexico, *Forest Ecology and Management*, 258(9): 1856-63.

Nejadi, A. (2012). Developing a Decision Support System to manage the protected areas based on land use change modeling Case study: Lisar protected area. Ph.D thesis, Supervisor, Jafari, H., Faculty of Environment, University of Tehran, Iran.

Nejadi, A.; Jafari, H.R.; Makhdoum, M.F. and Mahmoudi, M. (2012). Modeling plausible impacts of land use change on wildlife habitats, application and validation: Lisar protected area, Iran, *International Jurnal of Environmental Resech*, 6: 883-892.

Nelson, G.C.; Bennett, E.; Berhe, A.A.; Cassman, K.; DeFries, R.; Dietz, T.; Dobermann, A.; Dobson, A.; Janetos, A.; Levy, M.; Marco, D.; Nakicenovic, N.; O Neill1 B.; Norgaard, R.; Petschel-Held, G.; Ojima, D.; Pingali, P.; Watson, R. and Zurek, M. (2006). Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. *Ecology and Society*, 11 (2): 29.

Pouzols, M.F.; Toivonen, T.; Di Minin, E.; Kukkala, A.S.; Kullberg, P.; Kuusterä, J.; Lehtomäki, J.; Tenkanen, H.; Verburg, P.H. and Moilanen, A. (2014). Global protected area expansion is compromised by projected land-use and parochialism, *Nature*, 516: 383-386.

Sang, L.; Zhang, C.; Yang, J.; Zhu, D. and Yun, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA-Markov model, *Mathematical and Computer Modelling*, 54: 938-943.

Subedi, P.; Subedi, K. and Thapa, B. (2013). Application of a Hybrid Cellular Automaton ˚ Markov (CA-Markov) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida, *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 16: 126-132.

Turner, W.R.; Brandon, K.; Brooks, T.M.; Costanza, R.; da Fonseca, G.A.B. and Portela, R. (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services, *BioScience*, 57: 868-873.

Verburg, P.H.; Overmars, K.P.; Huigen, M.G.A.; de Groot, W.T. and Veldkamp, A. (2006). Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines, *Applied Geography*, 26: 153-173.

Viera, A.J. and Garrett, J.M. (2005). Understanding interobserver agreement: The kappa statistic, *Family Medicine*, 37(5): 360-363.

Vliet, J. Van. (2009). Assessing the Accuracy of Changes in Spatial Explicit Land Use Change Models, *12th AGILE International Conference on Geographic Information Science*, Leibniz Universität Hannover, Germany, PP. 1-9.

Wilson, T.S.; Sleeter, B.M. and Davis, A.W. (2015). Potential future land use threats to California protected areas, *Regional Environmental Change*, 15: 1051-1064.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی