

پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش اراضی منطقه حفاظت شده سبزکوه با استفاده از مدل CA-Markov

زهرا عبدالعلی‌زاده^{۱*} و عطاالله ابراهیمی^۲

*-نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران،

پست الکترونیک: abdolalizadeh09@gmail.com

۲- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۲

چکیده

منطقه حفاظت شده سبزکوه دارای اکوسیستم‌های متنوعی بوده، از نظر تنوع اقلیمی و توپوگرافی، رویشگاهی و حیات وحش بسیار غنی است و اکوسیستم‌های آن همانند سایر اکوسیستم‌های نیمه‌خشک ایران، در طی سال‌های گذشته دستخوش تغییراتی در ساختار پوشش گیاهی خود شده‌اند. امروزه مدل‌های زنجیره‌ای Markov برای پیش‌بینی کمی این تغییرات، کاربرد گسترده‌ای در مطالعات اکولوژیکی دارند. در این مطالعه از داده‌های ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد تا با توجه به روند تغییرات در گذشته و به شرط ادامه روند فعلی، وضعیت آینده منطقه با استفاده از CA-Markov مورد پیش‌بینی قرار گیرد. در این مطالعه از تصاویر سنجنده‌های MSS (سال ۱۳۵۴) و ETM⁺ (سال ۱۳۸۲) برای تهیه نقشه پوشش اراضی به روش طبقه‌بندی حداکثر شباهت بکار گرفته شد. سپس از مدل CA-Markov به منظور پیش‌بینی تغییرات احتمالی در ۱۵ سال آینده استفاده گردید. محاسبات مربوط به پیش‌بینی تغییرات نشان داد که به مساحت اراضی کشاورزی، مراتع بوته‌ای و جنگل‌های منطقه افزوده شده ولی از مساحت مراتع علفی و اراضی لخت کاسته خواهد شد. نتایج این پیش‌بینی، ابزاری ارزشمند را در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران منابع طبیعی و محیط‌زیست قرار می‌دهد تا با دیدی آگاهانه‌تر در راستای حفظ این منطقه ارزشمند بکوشند.

واژه‌های کلیدی: پوشش اراضی، سنجش از دور، مدل CA-Markov، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، سبزکوه.

مقدمه

پوشش و کاربری اراضی را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و ماتریس احتمال انتقال را ایجاد می‌کند، استفاده می‌گردد (Pena et al., 2005). زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آنها در فاصله زمانی داده شده، به مقادیر زمان گذشته وابسته است (Chang & Chang, 2006). هر سلول پوشش اراضی بیشتر تمایل دارد به طبقه‌ای تغییر یابد که در مجاورتش قرار گرفته است. این پدیده با استفاده از مدل CA مدل‌سازی می‌شود. CA به‌عنوان یک مدل پویا از سه جزء تشکیل شده است: زمان، مکان و موقعیت (Balzter et al., 1998). آشکار است که

مدل‌ها در بسیاری از زمینه‌ها همانند تغییر کاربری و پوشش اراضی کاربرد دارند تا درک بهتری از پویایی‌های سیستم ارائه داده و وضعیت آینده را پیش‌بینی نمایند. روش‌های متنوعی برای مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که از بین آنها می‌توان به مدل‌های لانه‌زنبوری (Cellular Models) اشاره کرد. مدل لانه‌زنبوری شامل مدل‌های مارکوف و Cellular Automata (CA) است (Parker et al., 2003). در بررسی تغییرات، از مدل مارکوف به‌عنوان یک مدل تصادفی که جفت تصاویر

چشم‌اندازهای طبیعی مرتعی، جنگلی متنوعی بوده و اکوسیستم‌های آن همانند سایر اکوسیستم‌های طبیعی ایران، به دلیل قرار گرفتن در ناحیه خشک و نیمه‌خشک از وضعیت شکننده‌ای برخوردار است که بنظر می‌رسد افزایش مداوم جمعیت و به تبع آن نیازهای فزاینده به تولیدات دامی، محصولات زراعی و سوخت، و عدم وجود برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی مناسب نیز به آن دامن زده و در نهایت پوشش‌های طبیعی منطقه را تغییر داده است. بنابراین مطالعه‌ای که قادر باشد روند این تغییرات را در آینده به تصویر بکشد، ابزاری ارزشمند را در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران منابع طبیعی و محیط‌زیست قرار می‌دهد تا با اطلاع از وضعیت گذشته و وضعیت احتمالی در آینده، با دیدی وسیع و آگاهانه‌تر برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری نموده و در راستای حفظ این منطقه ارزشمند بکوشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه سبزکوه با وسعتی معادل ۵۴۰۳۵ هکتار در مرکز متمایل به جنوب شرقی استان چهارمحال و بختیاری (شکل ۱) و در طول و عرض جغرافیایی $31^{\circ}29'50''/62^{\circ}$ تا $51^{\circ}15'02''/97^{\circ}$ شمال $31^{\circ}59'55''/37^{\circ}$ تا $50^{\circ}37'23''/96^{\circ}$ شرق قرار گرفته است. ارتفاع منطقه از ۱۱۴۰ تا ۳۹۰۰ متر متغیر بوده و ارتفاع متوسط آن ۲۴۵۶ متر از سطح دریاست. متوسط شیب منطقه معادل ۵۸/۱۶ درصد است. شرایط هواشناسی و اقلیمی محدوده سبزکوه بیشتر تحت تأثیر جریان‌های مدیترانه‌ای بوده، بعلت کوهستانی بودن منطقه و تغییرات ارتفاعی شدید، اقلیم آن بیشتر تحت تأثیر تغییرات ارتفاع می‌باشد، میانگین بارندگی منطقه ۸۶۰ میلی‌متر در سال بوده و متوسط درجه حرارت سالیانه ۶/۷ درجه سانتی‌گراد است.

بیشتر شیب‌های شمالی و شرقی دارای پوشش گیاهی مؤید رویشگاه نیمه استپی، در شیب‌های جنوبی پوشش گیاهی رویشگاه جنگل‌های خشک و در ارتفاعات پوشش گیاهی رویشگاه مناطق آلی را می‌توان مشاهده کرد؛ البته

این مدل شباهت‌هایی با مدل Markov دارد. تنها تفاوت این مدل با مدل Markov، مربوط به قوانین انتقال آن است که نه تنها به موقعیت قبلی بلکه به سلول‌های همسایه نیز بستگی دارد (Eastman, 2003). مدل مارکوف می‌تواند با مدل CA برای پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی ترکیب شود (Li & Reynolds, 1997 و Balzter et al., 1998). به طوری که به عقیده محققان امروزه تلفیق مدل زنجیره‌ای مارکوف و مدل CA ابزار قدرتمندی را برای پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی پوشش اراضی فراهم آورده است (Fan et al., 2008). لازم به توضیح است که در برخی منابع تنها به مدل‌های تغییر کاربری اراضی (Irwin & Geoghegan, 2001) و در برخی دیگر به مدل‌های تغییر پوشش اراضی اشاره شده است (Lambin, Baker, 1989 و Parker, 1997). همکاران (۲۰۰۳) برای اولین بار مدل‌های تغییر کاربری اراضی و نیز مدل‌های تغییر پوشش اراضی را همزمان مدنظر قرار دادند.

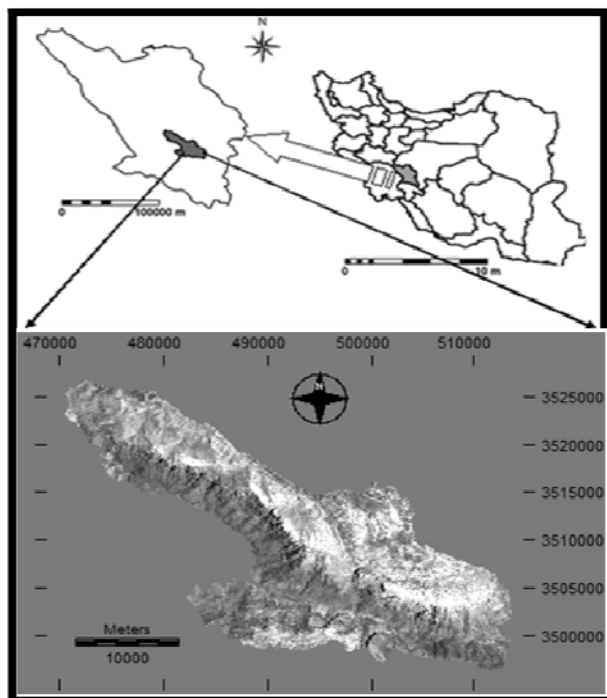
Ayodeji Opeyemi (۲۰۰۶) با استفاده از مدل

مارکوف و فیلتر Cellular-Automata، تغییرات پوشش و کاربری اراضی منطقه ایلورین در ایالت کوآرا را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و علوم سنجش از دور برای ۱۴ سال آینده مورد پیش‌بینی قرار داد. نتایج کار رشد سریعی را در اراضی مسکونی نشان داد. همچنین Chang و Chang (۲۰۰۶) برای بررسی پوشش گیاهی کوه جیوجیو از داده‌های SPOT مربوط به ۴ دوره زمانی استفاده و در پایان از آنالیز زنجیره مارکوف و Cellular Automata، برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی بهره گرفته و اعلام کردند که در مطالعه انجام شده، مدل CA-Markov برای شبیه‌سازی روند تغییرات پوشش گیاهی مناسب‌تر از سایر روش‌های موجود است.

بنابراین بنظر می‌رسد همانطور که در مطالعات فوق نیز بیان شد، استفاده از مدل‌های زنجیره مارکوف، ابزار مناسبی برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی آینده با استفاده از تغییراتی که در گذشته رخ داده است، می‌باشد. منطقه کوهستانی سبزکوه دارای اکوسیستم‌های ویژه و

توپوگرافی، اقلیمی و ... باعث شده است که رویشگاه‌های متفاوتی در منطقه وجود داشته باشد.

تاکنون بیش از ۷۳ تیره گیاهی، ۲۸۵ جنس و ۴۳۳ گونه گیاهی در منطقه شناسایی شده است. به طوری که تنوع



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و چهارمحال و بختیاری

طبقه‌بندی نظارت شده و بررسی دقت طبقه‌بندی پوشش اراضی سال ۱۳۵۴ مورد استفاده قرار گرفتند.

از تصاویر آنلاین Google Earth بدلیل برخورداری از قدرت تفکیک مکانی بالا (۱ متر در محدوده طیف پانکروماتیک و ۴ متر در طیف‌های دیگر)، برای شناسایی دقیق‌تر منطقه (به ویژه مناطق صعب‌العبور منطقه) و نیز مراحل اجرای طبقه‌بندی نظارت شده تصاویر سال ۱۳۸۲ استفاده گردید.

تصاویر رقومی ماهواره لندست

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این مطالعه، شامل تصاویر لندست MSS و ETM+ است (جدول ۱).

داده‌های کمکی

در این مطالعه از مجموعه عکس‌های هوایی با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰، مربوط به خردادماه سال ۱۳۴۸ استفاده شد. کلیه عکس‌های محدوده مورد مطالعه پس از اسکن و ویرایش وضوح و روشنایی آنها و ژئورفرنس کردن در

جدول ۱- مشخصات سری تصاویر ماهواره لندست

شماره تصاویر	نام سنجنده	ردیف/گذر	پردازش	orthorectification
۱۹۷۵۰۶۱۸	MSS	۱۷۶/۳۸	رجیستر تصویر به تصویر	Resample to UTM/WGS84
۲۰۰۳۰۵۲۴	ETM+	۱۶۴/۳۸	رجیستر تصویر به تصویر	Resample to UTM/WGS84

میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی تصاویر مختلف برای مناطق معرف محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای طبقه‌بندی یک پیکسل طبقه‌بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی استفاده می‌کند (Eastman, 2003). جزئیات محاسباتی این روش توسط Richards و Jia (۱۹۹۹) ارائه شده است. در این مطالعه با توجه به خصوصیات طیفی ماهواره لندست، دانش موجود درباره پوشش اراضی منطقه و طبق طرح طبقه‌بندی آندرسون یا سیستم طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی مؤسسه زمین‌شناسی آمریکا (USGS) (Anderson et al., 1976)، پنج طبقه پوشش شامل کشاورزی، مراتع بوته‌ای، مراتع علفی، جنگل و اراضی فاقد پوشش در منطقه تشخیص داده شد.

حداقل تعداد نمونه‌های تعلیمی لازم برای هر طبقه، شامل ۲۸۰ پیکسل بوده و طبق فرمول ۱ محاسبه گردید:

$$P=5(n^2 + n) \quad \text{فرمول ۱}$$

که در آن p عبارت است از حداقل تعداد پیکسل‌های مورد نیاز برای طبقه‌بندی و n تعداد تصاویری است که در طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر ۷ لایه تصویر بکار رفته است.

برای تولید نمونه‌های معرف طیفی (Signatures) مربوط به سال ۱۳۵۴ و طبقه‌بندی پوشش اراضی، باندهای ۴، ۵، ۶، ۷، نقشه DEM و نقشه $TSAVI_1$ (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index) مورد استفاده قرار گرفتند. به علت محدودیت کاربرد تعداد لایه‌های تصویری (حداکثر ۷ تصویر)، از آنالیز اجزای اصلی برای فشرده‌سازی اطلاعات باندهای (6L, 6H) استفاده شد. بنابراین، نمونه‌های معرف سال ۱۳۸۲ با استفاده از باندهای ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹، ۶L، PCA1 نقشه DEM و نقشه $TSAVI_1$ انجام شد. نقشه‌های DEM و $TSAVI_1$ ، به منظور افزایش دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بکار رفتند.

جمع‌آوری داده‌های صحرایی در ماه‌های خرداد و تیر سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ از منطقه انجام شد که حاصل آن تهیه نقشه رقومی نمونه‌های زمینی تیپ‌های گیاهی بوده است.

مراحل مختلف پردازش تصاویر و انجام تحقیق با توجه به ضرورت با استفاده از نرم‌افزارهای مختلفی از جمله ILWIS 3.7, Micro Station 95, IDRISI, Excel, Andes و ACDSec انجام شده است.

پیش‌پردازش تصاویر

پروژکسیون کلیه تصاویر به زون ۳۹ سیستم مختصات UTM و مبنای مسطحاتی WGS 84 تبدیل و تصاویر MSS به روش نزدیک‌ترین همسایه، به شبکه مکانی اسمی به قدرت تفکیک ۳۰ متری با مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) کمتر از 0.5 Resample شدند تا از قدرت تفکیک مکانی یکسانی برخوردار باشند. Coppin و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که RMSE کمتر از یک پیکسل در تصحیحات ژئومتری تصاویر ماهواره‌ای برای استفاده در مطالعات بررسی تغییرات قابل قبول است. در این بررسی برای انجام تصحیحات اتمسفری از روش تصحیح مبتنی بر تصویر موسوم به مدل COST که توسط Chavez (۱۹۹۶) معرفی شده است، استفاده گردید. در بسیاری از موارد روش COST روشی مناسب، دقیق و سریع برای تصحیح تصاویر ماهواره‌ای است (Mahiny & Turner, 2007). بعد از تصحیحات هندسی و رادیومتری، ضمن جداسازی محدوده منطقه مورد مطالعه، محدوده مناطق پوشیده از برف، سایه و ابر نیز از تصاویر دو سال حذف شد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش نظارت شده بیشترین شباهت

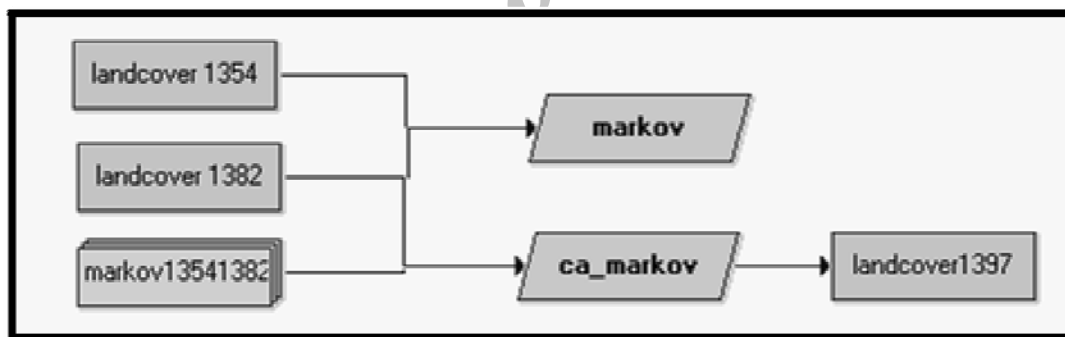
شباهت (Maximum Likelihood Classifier)

برای طبقه‌بندی هر یک از پیکسل‌های واقع در تصاویر ماهواره‌ای به پنج کلاس مذکور، روش طبقه‌بندی نظارت شده بیشترین شباهت مورد استفاده قرار گرفت. این روش از سایر روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده متداول‌تر بوده و معمولاً طبقه‌بندی دقیقی انجام می‌دهد (Al-Ahmadi &

تعیین دقت نقشه‌های پوشش اراضی

متداول‌ترین روش ارزیابی دقت طبقه‌بندی توسط محققان مختلف، استفاده از ماتریس خطاست (Error Matrix). شاخص‌های رایج این روش برای ارزیابی دقت عبارتند از: دقت کلی و ضریب کاپا، دقت تولیدکننده و دقت استفاده کننده (Lillesand, 2004). در این مطالعه با استفاده از نمونه‌های ثبت شده در بازدیدهای صحرایی و عکس‌های هوایی و تصاویر Google Earth ماتریس خطای نقشه‌های طبقه‌بندی پوشش اراضی هر دو سال تهیه گردید. انتخاب مناسب تعداد و محل نمونه‌های واقعیت زمینی (Ground Truth) نقش کلیدی در ارزیابی دقت طبقه‌بندی ایفا می‌کند (Arora, & Mathur, 2001). ماتریس خطای (Error Matrix) حاصل از تلاقی نقشه واقعیت زمینی با نقشه حاصل از طبقه‌بندی با استفاده از ابزار ERRMAT در نرم‌افزار IDRISI ANDES تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. پیش‌بینی وضعیت آینده پوشش اراضی

مدل CA-Markov، تغییر چندین کلاس از سلول‌ها را با استفاده از ماتریس انتقال مارکوف و برخورداری از یک نقشه متناسب و یک فیلتر مجاورت شبیه‌سازی می‌کند (Estman, 2003). در این مرحله از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نرم‌افزار IDRISI Andes استفاده شد تا نوع، وسعت و توزیع مکانی پنج طبقه پوشش اراضی منطقه در سال ۱۳۹۷ با توجه به روند تغییرات پوشش در ۲۸ سال گذشته پیش‌بینی گردد. بدین منظور با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، ماتریسی از تغییرات پوشش اراضی طی دوره ۱۳۸۲-۱۳۵۴ ایجاد و در نهایت نقشه پوشش اراضی منطقه سبزکوه در سال ۱۳۹۷، با استفاده از ماتریس انتقال مارکوف، فیلتر (CA-Markov) و نقشه پوشش سال ۱۳۸۲ تهیه گردید. علاوه بر میزان تغییرات، سمت و سوی تغییرات و محل تغییرات نیز پیش‌بینی گردید. فرایند مدل‌سازی پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی از سال ۱۳۸۲ به سال ۱۳۹۷، در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- فرایند مدل‌سازی پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی از سال ۱۳۸۲ به سال ۱۳۹۷

نتایج

پوشش اراضی منطقه در سال ۱۳۵۴ و ۱۳۸۲

مساحت و درصد طبقات پوشش اراضی مربوطه در سال‌های مورد مطالعه، در جدول ۲ ارائه شده است.

دقت طبقه‌بندی

نتایج مربوط به ماتریس خطای نقشه پوشش سال ۱۳۵۴ نشان داد که کاپای کل و دقت سراسری این نقشه به ترتیب

۰/۸۸۵۶ و ۹۱٪ است. همچنین مقادیر شاخص‌های مذکور برای تصاویر سال ۱۳۸۲، ۰/۹۲۲۳ و ۹۴٪ محاسبه گردید. این موضوع باید مورد توجه قرار گیرد که دقت نقشه پیش‌بینی که از دو نقشه طبقه‌بندی شده بدست آمد، در کل محصولی از دقت هر یک از نقشه‌های طبقه‌بندی شده مورد استفاده می‌باشد.

جدول ۲- وسعت و سهم طبقات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۵۴ و ۱۳۸۲

سال ۱۳۸۲		سال ۱۳۵۴		طبقات پوشش اراضی
درصد از منطقه	مساحت (هکتار)	درصد از منطقه	مساحت (هکتار)	
۲٪	۱۰۹۹.۹۸	۱٪	۳۰۱.۵	کشاورزی
۱۰٪	۵۰۰۰.۷۶	۲۰٪	۹۴۶۰.۸	مراتع علفی
۳۰٪	۱۴۳۶۲.۹۲	۳۴٪	۱۶۴۹۶.۱۹	اراضی فاقد پوشش
۲۹٪	۱۳۷۸۶.۵۶	۲۰٪	۹۳۹۲.۸۵	مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای
۲۹٪	۱۳۹۰۳.۷۴	۲۶٪	۱۲۵۰۲.۶۲	جنگل

سطرها نشان‌دهنده طبقات پوشش سال ۱۳۸۲ و ستون‌ها مربوط به طبقات پوشش سال ۱۳۹۷ است. لازم به ذکر است که این مدل، پیش‌بینی طبقات پوشش در سال ۱۳۹۷ را با فرض ثابت ماندن فرایندهای تغییر پوشش اراضی در طی ۱۵ سال بعد (فاصله زمانی از ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۷) انجام داده است.

پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در ۱۵ سال آینده

ماتریس احتمال انتقال (جدول ۳) محاسبه شده با استفاده از مدل مارکوف بیان می‌کند که احتمال تغییر هر طبقه از پوشش اراضی موجود در سال ۱۳۸۲ به طبقه دیگر، در فاصله زمانی ۱۵ ساله چقدر است. در ماتریس مذکور،

جدول ۳- ماتریس احتمال انتقال محاسبه شده بر اساس نقشه‌های پوشش اراضی در سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۲

					۱۳۹۷	۱۳۸۲
جنگل	مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای	اراضی فاقد پوشش	مراتع علفی	کشاورزی		
۰/۰۳۴۵	۰/۳۵۰۳	۰	۰	۰/۶۱۵۲	کشاورزی	
۰/۱۳۳۶	۰/۳۷۵۹	۰/۱۱۰۳	۰/۳۳۵۵	۰/۰۴۴۷	مراتع علفی	
۰/۰۶۳۵	۰/۱۵۹۱	۰/۶۷۳۹	۰/۱۰۳۵	۰	اراضی فاقد پوشش	
۰/۰۱۰۹	۰/۶۹۴۵	۰/۱۹۴۲	۰/۰۷۶۲	۰/۰۲۴۳	مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای	
۰/۸۹۶۷	۰	۰/۰۶۷۰	۰/۰۳۱۷	۰/۰۰۴۶	جنگل	

آینده برای طبقه کشاورزی می‌باشد، با یک احتمالی که ثابت ماندن آن، بیش از تغییر به سایر طبقه‌هاست. طبقه جنگل، بیشترین احتمال ثابت ماندن را در مقایسه با سایر طبقه‌ها دارد. اما تنها ۰/۳۳۵۵ احتمال دارد که طبقه مراتع علفی، وسعت خود را حفظ کند و به احتمال ۰/۶۶۴۵ به طبقات دیگر تغییر می‌یابد و بیشترین ناپایداری را در بین پنج طبقه خواهد داشت.

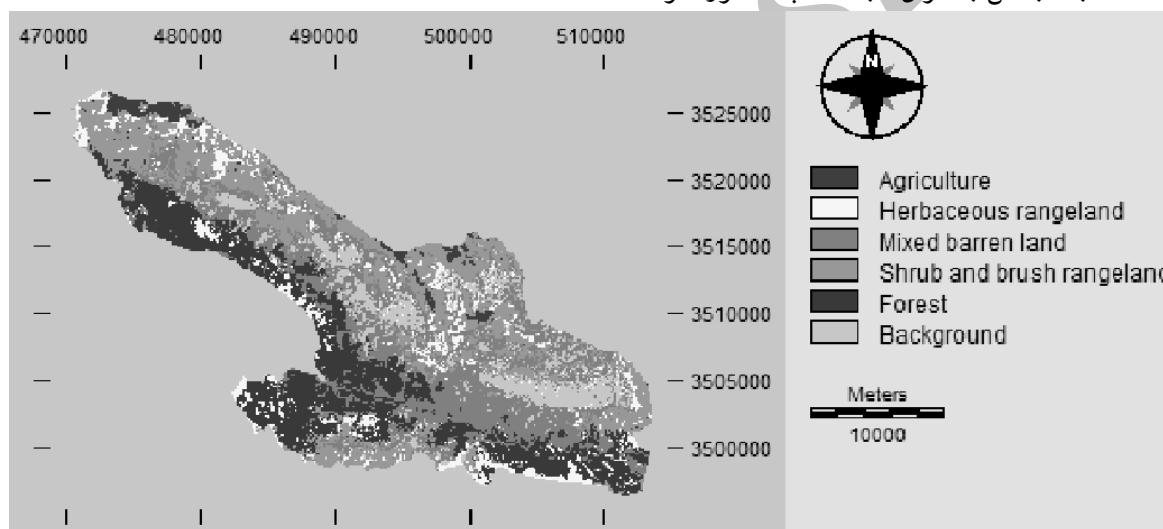
همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود با احتمال ۰/۶۱۵۲، بیکسلی‌های مربوط به طبقه کشاورزی در سال ۱۳۸۲، در سال ۱۳۹۷ نیز کشاورزی باقی می‌مانند و ۰/۳۵۰۳ احتمال دارد که به طبقه مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای تبدیل شود. همچنین تبدیل آن به سایر طبقه‌ها غیر محتمل پیش‌بینی شده است. بطور کلی ماتریس احتمال پیش‌بینی شده، نشان‌دهنده یک تغییر مثبت (افزایشی) طی ۱۵ سال

جدول ۴- مساحت پیش‌بینی شده برای طبقات پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۷

طبقات پوشش اراضی	کشاورزی	مراتع علفی	اراضی فاقد پوشش	مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای	جنگل
مساحت (هکتار)	۱۲۹۹/۲	۴۶۵۵/۶	۱۳۸۳۹/۶۶	۱۴۱۲۵/۰۲	۱۴۲۳۵/۸۵
مساحت (درصد)	۳٪	۱۰٪	۲۹٪	۲۹٪	۳۰٪

داشت و طبقات مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای، اراضی فاقد پوشش و مراتع علفی به ترتیب مساحت‌های بعدی را به خود اختصاص خواهند داد. طبقه کشاورزی همانند سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۲ از کمترین وسعت در پوشش منطقه برخوردار خواهد بود و همانطور که دیده می‌شود در ۱۵ سال آینده شاهد افزایش کمیّت پوشش گیاهی در منطقه سبزکوه خواهیم بود.

شکل ۳، نقشه پیش‌بینی شده پوشش اراضی منطقه سبزکوه در سال ۱۳۹۷، با استفاده از مدل CA-Markov را نشان می‌دهد و جدول ۴، بیانگر نتایج آماری مربوط به مساحت پیش‌بینی شده هر یک از طبقات پوشش اراضی در سال ۱۳۹۷ می‌باشد. مقایسه درصد مساحت این جدول با جدول ۲ گویای تغییراتی اندک، با مقادیر محاسبه شده سال ۱۳۸۲ است. نتایج بدست آمده حکایت از آن دارد که در سال ۱۳۹۷، طبقه جنگل به‌عنوان طبقه غالب حضور خواهد



شکل ۳- نقشه پیش‌بینی شده پوشش اراضی منطقه سبزکوه برای سال ۱۳۹۷ با استفاده از CA-Markov

بحث

الگوهای پوشش و کاربری اراضی در پاسخ به فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی تغییر می‌کنند. به‌منظور اطلاع از میزان، توزیع مکانی و نوع تغییرات رخ داده در منابع در طول زمان، فرایند تعیین تغییرات مناسب‌ترین راهکار بشمار می‌آید. آشکارسازی تغییرات رخ داده در منابع طبیعی، اولین مرحله از درک علت و محل وقوع تغییرات این منابع است. با استفاده از این اطلاعات مدیران، سیاست‌گذاران و استفادکنندگان می‌توانند تصمیمات

آگاهانه‌تری درباره تملک، حفاظت و استفاده پایدار منابع طبیعی اتخاذ کنند.

با در نظر گرفتن قدرت تفکیک سنجنده‌های MSS و ETM+ و نیز در مقایسه با مطالعات مشابه Ayodeji و Opeyemi (۲۰۰۶) می‌توان اظهار داشت که در این مطالعه طبقه‌بندی‌های انجام شده از دقت نسبتاً خوبی برخوردار هستند. ماتریس احتمال انتقال بدست آمده از نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۲ نشان داد که در منطقه سبزکوه و در صورت ثابت ماندن نیروهای محرکه

- Anderson, J. M., Hardy, E. E., Roach, J. T. and Witmert, R. E., 1976. A land use classification system for use with remote sensing data, U.S. Geological Survey Professional Paper, Washington D. C, USA.
- Arora, M. K. and Mathur, S., 2001. Multi-source classification using artificial neural network in a rugged terrain. *Geocarto International.*, 16: 37-44.
- Ayodeji Opeyemi, Z., 2006. Change detection in land use and land cover using remote sensing data and GIS (A case study of Ilorin and its environs in Kwara state). M.Sc. dissertation. Department of Geography, Ibadan University.
- Baker, W.L., 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2: 111-133.
- Balzter, H., Braun, P. W. and Kohler, W. 1998. Cellular automata models for vegetation dynamics. *Ecological Modeling*, 107: 113-125.
- Chang, C. L. and Chang, J. C., 2006. Markov model and cellular automata for vegetation. *Geographical Research*, 45:45-57.
- Chavez, P. S., 1996. Image based atmospheric correction. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62:1025-1036.
- Coppin, P., Jonckheere, I. Nackaerts, K. and Muys, B., 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Remote Sensing*, 25: 1565-1596.
- Eastman, J. R., 2003. IDRISI Kilimanjaro: Clark University, USA, 950p.
- Fan, F., Wang, Y. and Wang, Z., 2008. Temporal and spatial change detecting (1998-2003) and predicting of land use and land cover in core corridor of Pearl River delta (China) by using TM and ETM + images. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137: 127147.
- Irwin, E. G. and Geoghegan, J., 2001. Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85: 7-23.
- Lambin, E. F., 1997. Modeling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 21: 375-393.
- Li, H. and Reynolds, J. F., 1997. Modeling effects of spatial pattern, drought, and grazing on rates of rangeland degradation: a combined Markov and cellular automaton approach: 211-230. in: Quattrochi, D. A. and Goodchild, M. F. (Eds.). *Scale in Remote Sensing and GIS*. Lewis Press, 752 p.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. and Chipman, J. W., 2004. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley and Sons, USA, 763 p.
- Mahiny, A. S. and Turner, B. J., 2007. A comparison of four common atmospheric correction methods. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73: 361-368.

تغییرات، احتمال اینکه طبقات کشاورزی، اراضی فاقد پوشش، مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای و به‌ویژه طبقه جنگل عمده وسعت خود را در ۱۵ سال آینده حفظ کنند، بیش از احتمال تغییر آنها به سایر طبقه‌ها می‌باشد. در حالی که به احتمال زیاد از وسعت مراتع علفی کاسته خواهد شد. بنابراین با اطلاعات بدست آمده از ماتریس احتمال تغییرات (بدست آمده از مدل Markov) و نیز توزیع مکانی تغییر هر یک از طبقات پوشش اراضی (با استفاده از مدل CA-Markov) می‌توان با اتخاذ راهکارهای مناسب مدیریتی، گام‌های مؤثری در جهت کنترل تغییرات نامطلوب برداشت. نتایج این مطالعه لزوم اجرای چنین راهکارهای مدیریتی را در مورد مراتع علفی ضروری می‌داند.

نتایج حکایت از آن دارد که عوامل محرکه تغییرات پوشش اراضی منطقه سبزکوه، در جهت افزایش کمیت پوشش‌های گیاهی (صرف نظر از کیفیت آن) جریان داشته که تغییرات کاهشی طبقه اراضی فاقد پوشش گیاهی می‌تواند مؤید این ادعا باشد. مقایسه جدول مساحت طبقات اراضی سال ۱۳۸۲ با سال ۱۳۹۷، نشان‌دهنده افزایش وسعت اراضی کشاورزی، مراتع بوته‌ای و درختچه‌ای و اراضی جنگلی است. محاسبات نشان داد که بیشترین تغییرات کاهشی در طبقه مراتع علفی رخ خواهد داد، از این رو نتایج این مطالعه، شکنندگی و آسیب‌پذیر بودن اکوسیستم‌های طبیعی مراتع علفی مناطق نیمه‌خشک را (بر اثر عواملی مانند چرای مفرط) به تصویر کشید و گمان می‌رود که جلوگیری از ورود دام بیش از ظرفیت مجاز مراتع، اجرای روش‌های اصلاح و توسعه مراتع با مطالعات کارشناسی، در نظر گرفتن علوفه موردنیاز دام‌ها برای مواقع خشکسالی‌های احتمالی تا حدودی بتواند روند کاهشی این اکوسیستم را کند کرده و از کاهش وسعت آن جلوگیری نماید.

منابع مورد استفاده

- Al-Ahmadi, F. S. and Hames, A. S., 2009. Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, kingdom of Saudi Arabia. *Earth Science*, 20: 167-191.

- Management in a Sustainable Network Society. Netherland, 23–27 August: 152-164.
- Richards, J. A. and Jia, X., 1999. Remote sensing digital image analysis: an introduction. Springer, USA, 749p.
- Zheng, M., Cai, Q. and Wang, Z., 2005. Effect of prior probabilities on maximum likelihood classifier. Proceedings of the 6th International Geoscience and Remote Sensing Symposium. USA, 29-29 July: 3753–3756.
- Parker, D. C. Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. and Deadman, P., 2003. Multi-agent system models for the simulation of land-use and land-cover change: a review. Annals of the Association of American Geographers, USA, 93p.
- Pena, J., Bonet, A., Bellot, J. and Sanchez, J. R., 2005. Trends and driving factors in land use changes (1956–2000) in Marina Baixa, SE Spain. Proceeding of the 45th Congress of the European Regional Science Association on Land Use and Water

Archive of SID

Land cover change prediction in Sabzkouh protected area using CA-Markov modeling

Z. Abdolalizadeh^{1*} and A. Ebrahimi²

1*-Corresponding author, Ph.D. Student in Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: abdolalizadeh09@gmail.com

2-Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University, Iran

Received:9/23/2012

Accepted:6/29/2013

Abstract

Sabzkouh protected area is located in central Zagros. This area, with a variety of natural ecosystems and landscapes, is very rich from the point of diversity of climate, topography, habitats and wildlife. Its ecosystems, like other semi-arid ecosystems of Iran, have undergone changes in their structure in recent years. Nowadays, Markov chain models are widely used in ecological studies to predict these changes quantitatively. For this purpose, satellite images and geographic information system were used to predict the future condition of the region using CA-Markov model. Finally, the land cover map of the region for the next fifteen years (2003-2018) was predicted by CA-Markov model. According to the prediction map, an increase in the area of agricultural lands, shrub/brush rangelands and forests of the region was observed, while the area of forbs rangelands and bare lands decreased. The results of these predictions provide a valuable tool to the managers and policy makers of natural resources and environment.

Keywords: Land cover, remote sensing, Landsat, CA-Markov model, Sabzkouh.