



پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف و مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت برتش دهلران، ایلام)

سید رضا میرعلیزاده فرد^۱، سیده مریم علی‌بخشی^{۲*}

۱. مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۲. دانشجوی دکتری مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۱۱ مرداد ۱۳۹۴

پذیرش: ۲۵ اسفند ۱۳۹۴

دسترسی اینترنتی: ۳۰ مرداد ۱۳۹۵

واژه‌های کلیدی:

پایش

پیش‌بینی

مدل مارکوف

مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی

دشت برتش

چکیده

امروزه مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند ابزار بسیار مفیدی برای تشریح روابط متقابل بین محیط طبیعی و فعالیت‌های انسانی، برای کمک به تصمیم‌گیری برنامه‌ریزان در شرایط پیچیده باشد. روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به مدل زنجیره‌ای مارکوف اشاره کرد. در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در دشت برتش شهرستان دهلران واقع در استان ایلام به وسعت ۱۳۵۲۴۴ هکتار در سه دوره زمانی (۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳) تصاویر ماهواره لندست، تهیه نقشه کاربری اراضی در شش کلاس (جنگل کم‌تراکم، مرتع متوسط، مرتع فقیر، کشاورزی، رسوبات آبرفتی و اراضی بدون پوشش) با استفاده از طبقه‌بندی شبکه عصبی کوهونن و همچنین به کارگیری مدل پیش‌بینی مارکوف و رویکرد مدل‌ساز تغییر کاربری اراضی (Land Change Modeler) LCM تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد. نتایج طبقه‌بندی نشان‌دهنده تخریب و کاهش میزان وسعت اراضی جنگل کم‌تراکم و مرتع متوسط و افزایش مساحت سایر کاربری‌ها می‌باشد. کاهش وسعت پوشش جنگل کم‌تراکم و مراتع متوسط و روند افزایشی سایر کاربری‌ها بیانگر تخریب کلی در منطقه و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. در پایان با بکارگیری مدل پیش‌بینی مارکوف و رویکرد مدل‌ساز LCM تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی شد. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله زمانی ۲۰۱۳-۲۰۳۰، ۴۵٪ جنگل کم‌تراکم، ۷۱٪ مرتع متوسط، ۹۶٪ مرتع فقیر، ۸۱٪ کشاورزی، ۹۳٪ رسوبات آبرفتی و ۱۰۰٪ اراضی بدون پوشش بدون تغییر باقی بمانند، که اراضی بدون پوشش دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر جنگل کم‌تراکم کمترین پایداری را خواهند داشت.

* sm.alibakhshi@yahoo.com: پست الکترونیکی مسئول مکاتبات

مقدمه

با توجه به تغییرات روزافزون کاربری اراضی و ضرورت آگاهی مدیران و کارشناسان از چگونگی تغییر و تحولات رخ داده برای سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود، آشکارسازی تغییرات برای مشخص کردن روند تغییرات در طول زمان ضروری به نظر می‌رسد (۷ و ۲۳). آگاهی از نوع و درصد کاربری و پوشش‌های مختلف، نیازی بنیادی جهت شناخت و مدیریت یک منطقه است (۱). از سوی دیگر، پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات آینده نیز برای آگاهی از کمیت و کیفیت تغییرات احتمالی آینده اهمیت دارد؛ بنابراین آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات، لازمه مراقبت از یک اکوسیستم به ویژه در مناطقی با تغییرات سریع و اغلب بدون برنامه‌ریزی در کشورهای در حال توسعه است. پیش‌بینی مکانی کاربری اراضی را می‌توان به وسیله مدل‌های تجربی بر اساس برون‌یابی الگوهای تغییری که در گذشته نزدیک مشاهده شده‌اند، با ارائه محدود از عوامل مؤثر بر این تغییرات صورت داد (۲۰ و ۲۴). روش‌های متنوعی برای مدل‌سازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که می‌توان به مدل مارکوف اشاره نمود. با استفاده از مدل زنجیره‌ای مارکوف، نسبت تبدیل کاربری‌های مختلف و امکان پیش‌بینی آن‌ها در آینده فراهم می‌شود (۱۳ و ۲۲). سیستم مارکوف (فرآیند مارکوف یا زنجیره مارکوف)، سیستمی است که می‌تواند از یک حالت به حالت دیگر در مرحله زمانی بعد مطابق با احتمالات ثابت انتقال یابد (۲۷). آنالیز زنجیره مارکوف ابزاری مناسب جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی است و زمانی کاربرد دارد که تغییرات موجود در چشم‌اندازها به راحتی قابل توصیف نباشند. زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است (۱۰ و ۱۱). با پیش‌بینی تغییرات کاربری، می‌توان میزان گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (۹، ۱۵ و ۱۷). دونگ‌چی و همکاران (۱۲) به بررسی تغییرات کاربری ارضی در منطقه کیتاکیوشو در ژاپن بر اساس

لندسکپ اکولوژی و مدل مارکوف پرداختند. در این مطالعه از تصاویر TM سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵ استفاده و ۶ کاربری زمین‌های کشاورزی، کوه، جنگل، آب، زمین‌های شهری و زمین‌های استفاده نشده، با توجه به استاندارد ملی طبقه‌بندی استفاده از زمین انتخاب شده است. نتایج پیش‌بینی برای سال ۲۰۵۰ نشان‌دهنده افزایش زمین‌های شهری در منطقه مورد مطالعه است. گوان و همکاران (۱۴) سلول اتوماتا و زنجیره مارکوف را جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با هدف بررسی توازن رشد شهری و حفاظت از محیط زیست تا سال ۲۰۴۹ بکار برده‌اند. از نتایج این پژوهش افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی کشاورزی و پوشش جنگلی بوده است. تودون وادال و همکاران (۲۵) به تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش جنگل در نامیبیا واقع در کشور نیجریه بین سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۱۰ و پیش‌بینی برای ۲۱ سال آینده با استفاده از تکنیک‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و مدل زنجیره مارکوف پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که میزان مساحت اراضی جنگلی در حال کاهش است و دلیل آن فعالیت‌های انسانی مانند قطع غیرقانونی درختان و فعالیت‌های کشاورزی است. خوبی و موریاما (۱۸) در منطقه‌ای در شمال ویتنام تخریب جنگل‌ها را با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف، مدل‌سازی کردند. این مطالعه نشان داد که تخریب در مرز بین جنگل‌ها و اراضی کشاورزی، مناطق نزدیک به منابع آبی و مناطق با ارتفاع کمتر، شدیدتر است. نتایج بدست آمده گویای کاهش وضعیت اراضی جنگلی از ۱۸/۰۳ درصد در سال ۲۰۰۷ به ۱۵/۱۰ درصد در سال ۲۰۱۴ و ۱۲/۶۶٪ در سال ۲۰۲۱ است. از دیگر تحقیقات انجام شده می‌توان به عزیزی قلاتی و همکاران (۲)، علی‌محمدی و همکاران (۳)، غلامعلی‌فرد و همکاران (۴)، فتحی‌زاد و همکاران (۵)، فلاحتکار و همکاران (۶) و موبی و همکاران (۲۱) اشاره نمود. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات کاربری اراضی در یک دوره زمانی ۲۵ ساله (بین ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۳) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از مدل مارکوف تا افق ۲۰۳۰ در جنوب دشت برتش

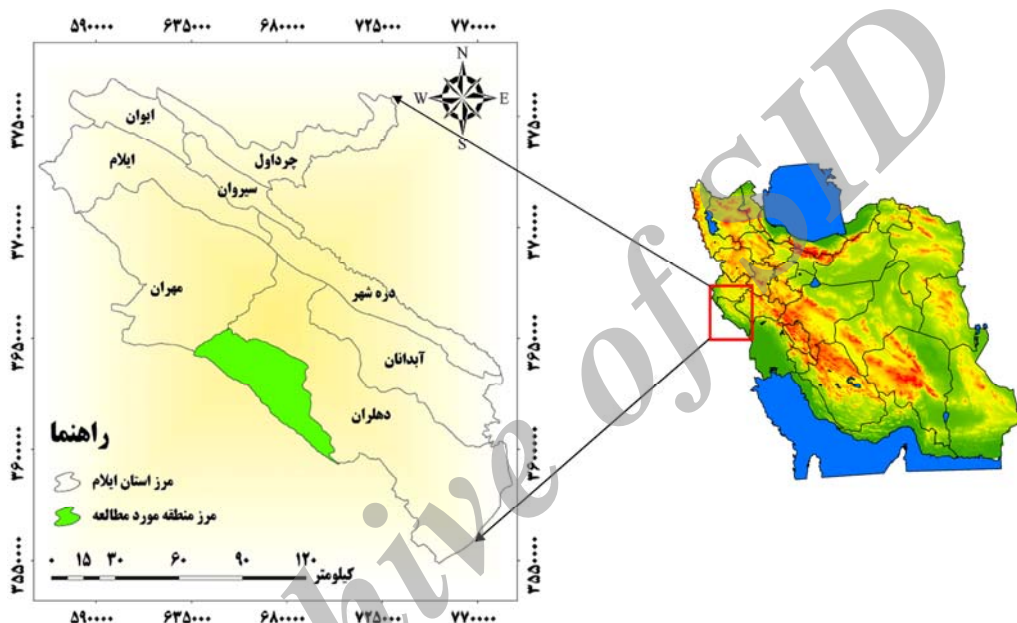
دهلران واقع در استان ایلام در کشور ایران است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب دشت برتش دهلران واقع در استان ایلام در کشور ایران و در محدوده جغرافیایی $32^{\circ} 44' 59''$ تا $46^{\circ} 19' 22''$ طول شرقی و $50^{\circ} 45' 32''$ تا

$13^{\circ} 02' 33''$ عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع منطقه ۱۵۹۷ متر و حداقل ارتفاع آن برابر ۷۴ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی منطقه مورد مطالعه حدود ۲۷۵ میلی‌متر است و دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. مساحت منطقه مورد بررسی حدود ۱۳۵۲۴۴ هکتار است. شکل ۱ موقعیت استانی و کشوری منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست در سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ با قدرت تفکیکی مکانی ۳۰ متر، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی و کاغذی سازمان نقشه‌برداری استفاده شد. جهت آنالیز داده از نرم‌افزارهای سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی Idrisi selva 4.8 و ArcGIS[®] 10.3 استفاده گردید.

روش تحقیق

پس از تهیه داده‌های ماهواره‌ای به منظور آماده‌سازی داده‌ها برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید، عملیات تطابق

هندسی و مختصات‌دار کردن تصویر با استفاده از نقشه وکتوری شبکه راه‌ها و عکس هوایی منطقه انجام گرفت. عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه انجام گرفت و تمامی باندهای مورد استفاده به روش فوق مورد تطابق هندسی قرار گرفتند. تصحیح طیفی تصاویر به منظور بارز ساختن پدیده‌ها و بالا بردن سطح کیفی تصاویر و حذف تأثیرات نامطلوب نور و اتمسفر در تصاویر صورت گرفت. سپس با استفاده از روش همبستگی بین باندها، ترکیب کاذب رنگی (RGB ۴۳۲-۵۴۳) برای سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ ایجاد و طبقه‌بندی نظارت شده شبکه عصبی مصنوعی کوهنون انجام شد. با توجه به هدف تحقیق و نوع پوشش‌های

جدول ۱. بهترین مقادیر پارامترها برای ایجاد شبکه بهینه

مقدار	پارامتر
۶	تعداد نرون لایه ورودی
۲۲۵	تعداد نرون لایه خروجی
۲۲/۲۱	شعاع اولیه همسایه
۰/۵	نرخ حداقل یادگیری
۱	نرخ حداکثر یادگیری
۰/۰۰۰۱	مدت حداقل بازیافت
۰/۰۰۰۵	مدت حداکثر بازیافت
۲۲۲۶۱۵	تعداد تکرار تن درشت
LVQ2	الگوریتم تن ریز

آشکارسازی تغییرات برای درک اینکه طی دوره ۲۵ ساله، تغییرات منطقه چگونه بوده و کدام کلاس‌ها گسترش و کدام یک کاهش مساحت داشته‌اند، از نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شده است. با مقایسه این نقشه‌ها و جدول تقاطعی به دست آمده، نقشه و درصد تغییرات هر کلاس مشخص و محاسبه گردید.

محاسبات اولیه کلاس‌ها با استفاده از نقشه پوشش تهیه شده برای هر دوره، درصد مساحت و محیط هر کلاس پوشش زمین در محدوده مطالعاتی محاسبه شد. همچنین درصد هر کلاس نسبت به کل منطقه، برای آگاهی از میزان تغییرات به وقوع پیوسته در دوره‌های بعدی به دست آمد.

مدل زنجیره‌ای مارکوف در روش زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر ماهواره‌ای پوشش زمین بر اساس ماتریس احتمال تغییرات مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. روش زنجیره‌ای مارکوف تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می‌دهد. ماتریس احتمال تغییر نشان می‌دهد که به احتمال هر کلاس از کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت. در این روش ماتریس تغییرات ناحیه نشان می‌دهد تغییر تعداد پیکسل‌هایی از یک کلاس کاربری اراضی به کلاس دیگر در یک دوره مشخص به چه

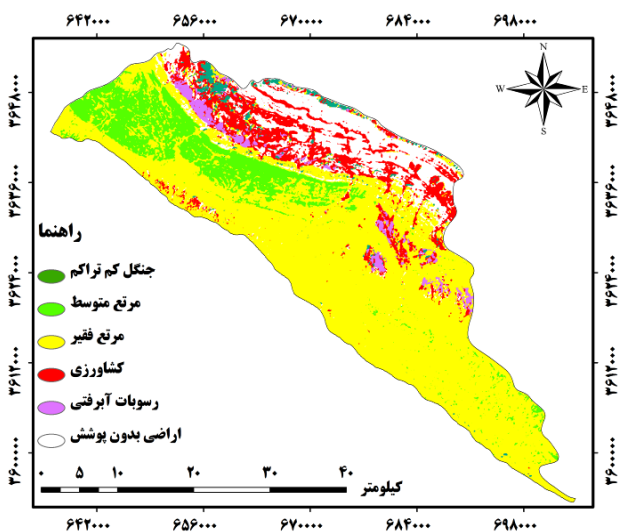
موجود در منطقه، شش طبقه شامل جنگل کم تراکم، مرتع متوسط، مرتع فقیر، کشاورزی، رسوبات آبرفتی، اراضی بدون پوشش مورد شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفت.

طبقه‌بندی تصاویر شبکه کوهونن، یک شبکه خود سامانده است که نگاشتی از نمونه‌های معرفی شده جهت آموزش را یاد می‌گیرد (۱۵). ساختار یک شبکه کوهونن مانند ساختار یک شبکه پرسپترون یک لایه، دارای یک لایه ورودی و تعدادی نرون خروجی می‌باشد. شبکه کوهونن با n ورودی و m خروجی طی این مراحل آموزش داده شد. ابتدا مقادیر اولیه وزن‌های شبکه به طور تصادفی انتخاب می‌شوند. نمونه‌های آموزشی، به شبکه معرفی می‌گردند. مقادیر زیر، برای هر یک از نرون‌های لایه خروجی محاسبه گردید. نرون خروجی برنده، مشخص و با بکارگیری یک تابع همسایگی رابطه‌های ۱ و ۲، وزن‌ها اصلاح گردید.

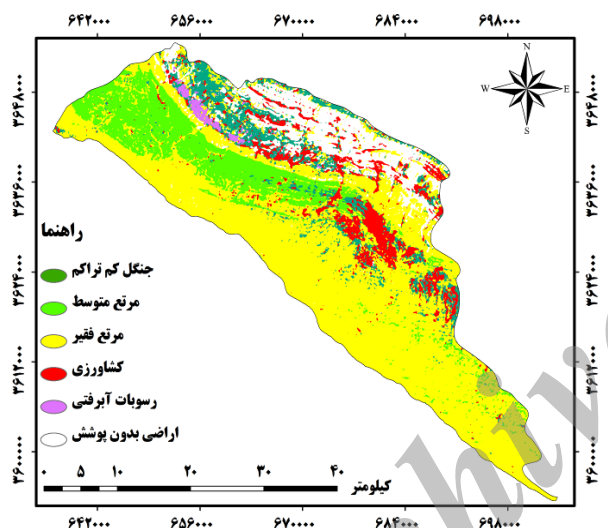
$$d_{\min} = \min \{d_j = \sum_{i=1}^n (x_i - w_{ij})^2, j=1, \dots, m\} \quad [1]$$

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t)N(t)(x_i - w_{ij}(t)) \quad [2]$$

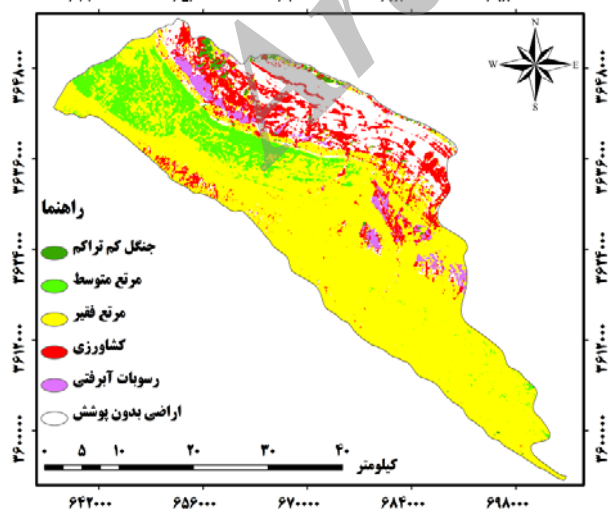
در این رابطه‌ها؛ $\eta(t)$ پارامتر آموزش و $N(t)$ تابع همسایگی است. سپس مقدار t افزوده شد و در نهایت الگوریتم با دو تکرار اجرا گردید که در این مرحله می‌توان تعداد تکرارها را ثابت در نظر گرفت و یا تکرار تا زمانی صورت گیرد که شبکه آموزش دیده باشد، یعنی مقادیر وزن‌ها تغییرات ناچیزی داشته باشند (۱۲ و ۱۶). بعد از اینکه شبکه آموزش داده شد، لازم است نمونه‌ها به شبکه معرفی گردید. خروجی شبکه بر اساس کمترین فاصله است. از میان نرون‌های خروجی، نرونی به عنوان برنده (خروجی شبکه) انتخاب گردید که در میان نرون‌های خروجی، کمترین فاصله اقلیدسی را با نمونه ورودی داشته باشد (۱۶). خروجی شبکه کوهونن، نگاشت توپولوژیکی متناظر با ورودهای شبکه است. مقادیر بهینه پارامترهای شبکه کوهونن بر اساس جدول ۱ انتخاب و سپس طبقه‌بندی برای منطقه مطالعاتی انجام گردید.



نقشه کاربری سال ۱۹۸۸



نقشه کاربری سال ۲۰۰۱



نقشه کاربری سال ۲۰۱۳

شکل ۲. نقشه کاربری سال‌های مورد مطالعه

میزان خواهد بود. در تحلیل زنجیره مارکوف از طبقه‌های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت‌های زنجیر استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری استفاده می‌شود که ورودی‌های مدل نامیده می‌شود. علاوه بر این دو نقشه، فاصله زمانی بین دو تصویر و فاصله زمانی پیش‌بینی نیز در مدل در نظر گرفته می‌شود. خروجی مدل نیز شامل احتمال تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده (Transition areas matrix) هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (۱۹، ۲۴ و ۲۶).

ورودی‌های اولیه مدل مارکوف از تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ به عنوان نقشه‌های پوشش برای تهیه ماتریس تبدیل وضعیت استفاده شد. فاصله زمانی هر دو تصویر ۱۲ سال می‌باشد، که همین بازه زمانی نیز برای پیش‌بینی تغییر کاربری استفاده گردید.

ماتریس تبدیل وضعیت با استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره، ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین هر دو دوره زمانی محاسبه شد. از نقشه‌های پوشش سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱ ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه‌های پوشش سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ ماتریس تبدیل وضعیت دوم محاسبه گردید. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات درصد تبدیل هر کلاس به سایر کلاس‌ها هستند.

نتایج

در این مطالعه، طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه کاربری اراضی، به روش شبکه عصبی مصنوعی کوهونن که یک روش طبقه‌بندی نظارت شده است، انجام شد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصاویر، با بهره‌گیری از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه دقت با بهره‌گیری از ماتریس خطا و محاسبه شاخص‌های آماری دقت کل، ضریب کاپا، دقت تولید‌کننده دقت بهره‌بردار اقدام شد (جدول ۲).

جدول ۲. دقت طبقه‌بندی (%) تصویر سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳

طبقه پوشش	۱۹۸۸		۲۰۰۱		۲۰۱۳	
	دقت تولید کننده	دقت استفاده کننده	دقت تولید کننده	دقت استفاده کننده	دقت تولید کننده	دقت استفاده کننده
جنگل کم تراکم	۸۷	۷۸	۹۷	۹۱	۸۷	۱۰۰
مرتع متوسط	۸۰	۹۲	۸۰	۹۶	۷۵	۹۹
مرتع فقیر	۹۳	۸۴	۹۷	۸۴	۹۸	۸۰
کشاورزی	۹۰	۹۶	۹۰	۹۹	۹۵	۹۶
رسوبات آبرفتی	۹۷	۹۸	۱۰۰	۹۴	۹۸	۹۹
اراضی بدون پوشش	۹۹	۹۹	۹۸	۹۸	۹۷	۹۳
دقت کل %	۹۱		۹۳		۹۴	
ضریب کاپا	۸۹		۹۱		۹۱	

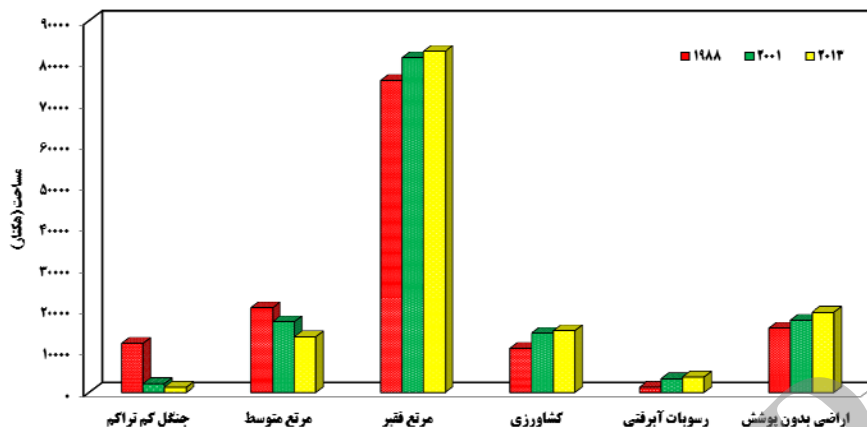
مقایسه طبقه‌بندی پس از تهیه نقشه کاربری اراضی

سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳، مساحت شش کلاس پوشش اراضی به دست آمد. نتایج تغییرات رخ داده در این سه دوره نشان می‌دهد که، طی دوره زمانی (۱۹۸۸-۲۰۰۱) وسعت کاربری‌های مرتع فقیر، کشاورزی، رسوبات آبرفتی و اراضی بدون پوشش منطقه به ترتیب به میزان $۵۴۷۲/۴$ ، $۳۶۳۸/۱$ ، $۲۰۶۸/۳$ و ۱۸۹۰ هکتار ($۴/۰۵$ ، $۲/۶۹$ ، $۱/۵۳$ و $۱/۴$ درصد)، افزایش یافته و درحالی‌که جنگل کم تراکم و مرتع متوسط با روند کاهشی به ترتیب برابر با $۹۶۹۹/۲$ و $۳۳۶۹/۶$ ($۷/۱$ و $۲/۵$ درصد) هکتار روبرو بوده است. به بیان دیگر می‌توان گفت که در این دوره ۱۳ ساله بیشترین تغییرات مربوط به جنگل کم تراکم و مرتع فقیر بوده است. به این صورت که درصد اراضی مرتع فقیر از $۵۵/۸۸$ درصد در سال ۱۹۸۸ به $۵۹/۹۲$ در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

سایر کاربری هم به نسبت کمتر نیز افزایش یافته‌اند. از طرف دیگر میزان درصد جنگل کم تراکم از $۸/۷۵$ درصد در سال ۱۹۸۸ به $۱/۵۸$ درصد در سال ۲۰۰۱ رسیده است، یعنی نزدیک به $۵/۵$ برابر کاهش یافته است (شکل ۳، جدول ۳). نتایج حاصل از تغییرات بین دوره زمانی (۲۰۰۱-۲۰۱۳) نشان می‌دهد که روند تغییرات همانند دوره (۱۹۸۸-۲۰۰۱) بوده است. به این صورت که وسعت مرتع فقیر و اراضی بدون پوشش به میزان $۱۵۵۴/۳$ و $۱۹۴۲/۱$ هکتار افزایش یافته و

درحالی‌که جنگل کم تراکم و مرتع متوسط با روند کاهشی به ترتیب برابر با $۸۶۴/۳$ و $۳۶۳۹/۶$ هکتار روبرو بوده است. به بیان دیگر می‌توان گفت که در این دوره ۱۲ ساله بیشترین تغییرات مربوط به اراضی جنگل کم تراکم، مرتع متوسط و مرتع فقیر و اراضی بدون پوشش بوده است. همچنین کاربری‌های اراضی کشاورزی و رسوبات آبرفتی همانند دوره زمانی (۱۹۸۸-۲۰۰۱) با همان روند اما با شدت کمتر در حال افزایش می‌باشند.

روند تغییرات کاربری‌ها بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن جنگل کم تراکم و مراتع متوسط توسط مراتع فقیر، اراضی کشاورزی، رسوبات آبرفتی و اراضی بدون پوشش هستیم. کاهش وسعت پوشش جنگل کم تراکم و مراتع متوسط و روند افزایشی سایر کاربری‌ها بیانگر تخریب کلی در منطقه و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. از طرف دیگر اینکه، طی این دوره زمانی میزان اراضی کشاورزی روند صعودی داشته است که نشان‌دهنده افزایش جمعیت و همچنین افزایش فشار انسانی در عرصه مورد مطالعه است. به عبارات دیگر، در کل شاهد افزایش جایگزین شدن جنگل کم تراکم و مراتع متوسط توسط مراتع فقیر، اراضی کشاورزی، رسوبات آبرفتی و اراضی بدون پوشش و بروز تخریب در منطقه هستیم.



شکل ۳. مساحت کلاس‌های پوشش اراضی (سال ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳)

جدول ۳. مساحت طبقه‌های مختلف کاربردی و روند تغییرات آن‌ها (سال ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳)

طبقه زمین	۱۹۸۸	درصد	۲۰۰۱	درصد	اختلاف (%) ۱۹۸۸-۲۰۰۱	۲۰۱۳	درصد	اختلاف (%) ۲۰۰۱-۲۰۱۳
جنگل کم تراکم	۱۱۸۳۵/۰۳	۸/۷۵	۲۱۳۵/۸۲	۱/۵۸	-۷/۱۷	۱۲۷۱/۵	۰/۹۴	-۰/۶۴
مرتع متوسط	۲۰۴۲۶/۶۷	۱۵/۱۰	۱۷۰۵۷/۰۲	۱۲/۶۱	-۲/۴۹	۱۳۴۱۷/۴	۹/۹۲	-۲/۶۹
مرتع فقیر	۷۵۵۷۲/۹۱	۵۵/۸۸	۸۱۰۴۵/۳۳	۵۹/۹۲	+۴/۰۵	۸۲۵۹۹/۶۳	۶۱/۰۷	+۱/۱۵
کشاورزی	۱۰۶۳۱/۱۶	۷/۸۶	۱۴۲۶۹/۳	۱۰/۵۵	+۲/۶۹	۱۴۸۸۷/۳۶	۱۱/۰۱	+۰/۴۶
رسوبات آبرفتی	۱۲۵۹/۲۸	۰/۹۳	۳۳۲۷/۵۷	۲/۴۶	۱/۵۳	۳۷۱۷/۰۳	۲/۷۵	+۰/۲۹
اراضی بدون پوشش	۱۵۵۱۹/۷۸	۱۱/۴۸	۱۷۴۰۹/۷۹	۱۲/۸۷	+۱/۴	۱۹۳۵۱/۹۲	۱۴/۳۱	+۱/۴۴
مجموع	۱۳۵۲۴۴/۸۳	۱۰۰	۱۳۵۲۴۴/۸۳	۱۰۰	۰	۱۳۵۲۴۴/۸۳	۱۰۰	۰

بودن و قابلیت بهره‌گیری از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربردی است (۵). با توجه به اینکه دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای صدد درصد نبوده ولی مقدار دقت به دست آمده بسیار نزدیک به هم است و از طرفی خطاهای موجود در طبقه‌بندی تصاویر دارای اریبی یکسانی است، می‌توان با همین نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی‌ها، تغییرات به وجود آمده در کاربردی‌های اراضی را در بازه‌های زمانی مذکور ارزیابی و بررسی نمود. چنانچه روند تغییرات آبی را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول ۶ ماتریس احتمال به دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف برای پیشگویی تغییرات ۱۷ سال آینده (۲۰۳۰) را

تحلیل زنجیره‌های مارکوف نتایج پیش‌بینی تغییرات کاربردی با بهره‌گیری از ماتریس تبدیل وضعیت دوره اول (۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱) برای سال ۲۰۱۳ که به منظور ارزیابی مدل مارکوف با بهره‌گیری از نقشه کاربردی موجود برای این سال صورت گرفته، در جدول ۴ نشان داده شده است. در این جدول مجموع هر ستون نشان دهنده مساحت هر طبقه در سال ۲۰۱۳ است. نتایج مربوط به ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل زنجیره‌ای مارکوف، به کمک نقشه کاربردی موجود برای سال ۲۰۱۳ در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف‌های طبقه‌های مختلف متفاوت است و بزرگی آن به طور کلی کمتر از ۸ درصد است، این رقم نشان‌دهنده مفید

متوسط به مرتع فقیر، جنگل کم تراکم به کشاورزی، جنگل کم تراکم به مرتع فقیر و کشاورزی به اراضی بدون پوشش به ترتیب با ۲۹، ۲۵، ۲۰ و ۱۶٪ دارای بالاترین احتمال و در حالت عکس آن تبدیل بیشتر کاربری‌ها به یکدیگر دارای احتمال کمتر از ۶ و حتی صفر درصد می‌باشد. همچنین نقشه حاصل شده از پیش‌بینی توسط زنجیره مارکوف برای هر یک از کاربری‌ها در شکل ۴ آمده است.

نشان می‌دهد. با توجه به ماتریس به دست آمده در فاصله زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۳، احتمال می‌رود، ۴۵٪ جنگل کم تراکم، ۷۱٪ مرتع متوسط، ۹۶٪ مرتع فقیر، ۸۱٪ کشاورزی، ۹۳٪ رسوبات آبرفتی و ۱۰۰٪ اراضی بدون پوشش بدون تغییر باقی بمانند که اراضی بدون پوشش دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر جنگل کم تراکم کمترین پایداری را خواهند داشت. هم‌چنین در طی سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۳ تبدیل مرتع

جدول ۴. مساحت (هکتار) پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۳ با بهره‌گیری از مدل مارکوف و ماتریس تبدیل ۱۹۸۸-۲۰۰۱

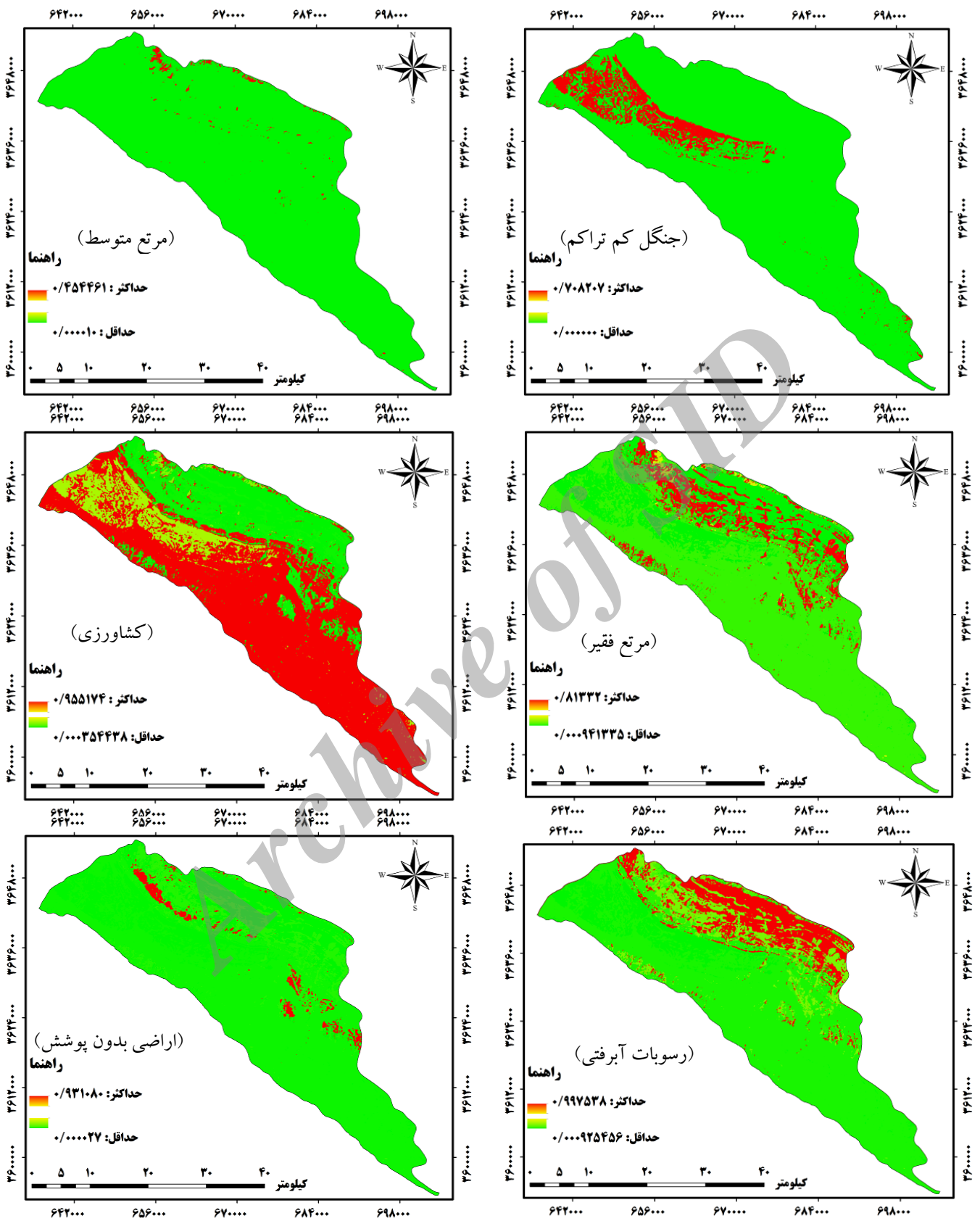
طبقه پوشش	جنگل کم تراکم	مرتع متوسط	مرتع فقیر	کشاورزی	رسوبات آبرفتی	اراضی بدون پوشش	مجموع
جنگل کم تراکم	۱۲۹	۱۰	۱۱۹۶	۱۲۴/۰۴	۷۵	۳۰۹۵	۴۶۲۹/۰۴
مرتع متوسط	۲۵	۱۲۲۰/۱	۱۸۰	۰	۰	۱۶۷	۱۲۵۷۳
مرتع فقیر	۴۰۰/۱۲	۹۰۴	۷۴۱۵۶/۱۵	۲۱۷۹	۱۰۸	۶۰۶	۷۸۳۵۳/۲۷
کشاورزی	۵۰۵	۳۲۷	۶۱۴۸	۶۱۳۰	۲۳۶	۱۱۹۲	۸۵۷۱
رسوبات آبرفتی	۱۰۷	۰	۴۴۶	۴۸۲۱	۲۹۷۷/۰۹	۲۲۰	۱۶۵۸۰/۰۹
اراضی بدون پوشش	۱۷۲	۰	۹۶۷	۶۵۳	۵۹۲	۱۴۱۹۲/۴۳	۱۶۵۸۰/۴۳
مجموع	۱۳۳۸/۱۲	۱۳۴۴۲	۸۳۰۹۳/۱۵	۱۳۹۰۷/۰۴	۳۹۸۸/۰۹	۱۹۴۷۶/۴۳	۱۳۵۲۴۴/۸۳

جدول ۵. مقایسه نتایج پیش‌بینی و مساحت‌های استخراج شده از نقشه کاربری (به هکتار) سال ۲۰۱۳

طبقه پوشش	جنگل کم تراکم	مرتع متوسط	مرتع فقیر	کشاورزی	رسوبات آبرفتی	اراضی بدون پوشش	مجموع
مساحت در نقشه سال ۲۰۱۳	۱۲۷۱/۵	۱۳۴۱۷/۴	۸۲۵۹۹/۶۳	۱۴۸۸۷/۳۶	۳۷۱۷/۰۳	۱۹۳۵۱/۹۲	۱۳۵۲۴۴/۸۳
پیش‌بینی برای سال ۲۰۱۳	۱۳۳۸/۱۲	۱۳۴۴۲	۸۳۰۹۳/۱۵	۱۳۹۰۷/۰۴	۳۹۸۸/۰۹	۱۹۴۷۶/۴۳	۱۳۵۲۴۴/۸۳
اختلاف مساحت‌ها	-۶۶/۶۲	-۲۴/۶	-۴۹۳/۵۲	+۹۸۰/۳۲	-۲۷۱/۰۶	-۱۲۴/۵۱	۰
درصد اختلاف (%)	-۴/۹۸	-۰/۱۸	-۰/۵۹	+۷/۰۵	-۶/۸۰	-۰/۶۴	۰

جدول ۶. ماتریس احتمال تبدیل طبقه‌ها در فاصله زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۳ به روش مارکوف (درصد)

	سال ۲۰۳۰						
	جنگل کم تراکم	مرتع متوسط	مرتع فقیر	کشاورزی	رسوبات آبرفتی	اراضی بدون پوشش	مجموع
سال ۲۰۱۳	۴۵	۰	۲۰	۲۵	۳	۶	۱۰۰
جنگل کم تراکم	۰	۷۱	۲۹	۰	۰	۰	۱۰۰
مرتع متوسط	۰	۰	۹۶	۳	۰	۱	۱۰۰
مرتع فقیر	۰	۰	۱	۸۱	۲	۱۶	۱۰۰
کشاورزی	۰	۰	۱	۴	۹۳	۲	۱۰۰
رسوبات آبرفتی	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
اراضی بدون پوشش	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰



شکل ۶. نقشه پیش‌بینی هر یک از کاربری‌های (سال ۲۰۳۰)

بحث و نتیجه گیری

داشتن آمار و اطلاعات به هنگام از کاربری های موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به تغییرات کاربری اراضی است. در تحقیق حاضر، تغییرات کاربری اراضی در دشت برتش شهرستان دهلران واقع در استان ایلام به وسعت ۱۳۵۲۴۴ هکتار در سه دوره زمانی ۱۹۸۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ تصاویر ماهواره لندست، تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از طبقه بندی شبکه عصبی کوهونن و همچنین به کارگیری مدل پیش بینی مارکوف و رویکرد مدل ساز LCM تغییرات کاربری اراضی برای سال ۲۰۳۰ پیش بینی شد.

نتایج مقایسه نقشه های کاربری اراضی در دوره های یاد شده نشان دهنده تغییر سطح همه کاربری ها است. به این صورت که در دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱، درصد اراضی مرتع فقیر از ۵۵/۸۸ درصد در سال ۱۹۸۸ به ۵۹/۹۲ در سال ۲۰۰۱ رسیده است. سایر کاربری هم به نسبت کمتر نیز افزایش یافته اند. از طرف دیگر میزان درصد جنگل کم تراکم از ۸/۷۵ درصد در سال ۱۹۸۸ به ۱/۵۸ درصد در سال ۲۰۰۱ رسیده است، یعنی نزدیک به ۵/۵ برابر کاهش یافته است. از جمله دلایل اصلی تخریب بیشتر اراضی جنگلی در این دوره، می توان به تحولات اجتماعی رخ داده پس از سال های جنگ تحمیلی بین کشورهای ایران و عراق و مدیریت ضعیف تر سازمان های متولی در عرصه های منابع طبیعی و توجه بیشتر مسئولان و اهالی منطقه نسبت به حفظ منابع طبیعی در سال های اخیر اشاره کرد. همچنین تغییرات بین دوره زمانی (۲۰۰۱-۲۰۱۳) نشان می دهد که روند تغییرات همانند دوره (۱۹۸۸-۲۰۰۱) بوده است. به اینصورت که وسعت مرتع فقیر و اراضی بدون پوشش به میزان ۱۵۵۴/۳ و ۱۹۴۲/۱ هکتار افزایش یافته و در حالی که جنگل کم تراکم و مرتع متوسط با روند کاهشی به ترتیب برابر با ۸۶۴/۳ و ۳۶۳۹/۶ هکتار روبرو بوده است. به بیان دیگر میزان وسعت اراضی جنگل کم تراکم و مرتع متوسط به ترتیب ۰/۶۴ و ۲/۲۹ درصد کاهش یافته و از طرفی وسعت اراضی مرتع فقیر و اراضی بدون پوشش به ترتیب ۱/۱۵ و

۱/۴۴ درصد افزایش یافته اند. بر اساس نتایج، میزان تخریب اراضی جنگلی در طی دوره های اول و دوم به ترتیب ۷/۱۷ و ۰/۶۴ درصد بوده که این میزان از آمار منتشر شده از سوی FAO که برابر ۰/۲ درصد نسبت به سطح اولیه است بیشتر است. کاهش میزان وسعت مرتع متوسط را در طی دوره دوم به خشکسالی های اخیر در کشور ایران و وجود گرد و غبارهای فراوان که منشأ آن ها کشور عراق است ربط داد. عامل دیگر را می توان به افزایش جمعیت و افزایش فشار انسان بر روی منابع طبیعی و توسعه اراضی کشاورزی دانست.

دلیل افزایش رسوبات آبرفتی در طی دو دوره مطالعه در منطقه برتش، به خشک و نیمه خشک بودن منطقه و همچنین وجود سیلاب های شدید منطقه است. منشأ این رسوبات مناطق بالادست منطقه است که دارای واحد کوهستان است و پوشش آن عمدتاً جنگل کم تراکم است.

اصلی ترین قابلیت مدل Markov و مدل ساز LCM، توانایی آن ها در پیش بینی آینده بر اساس وضعیت تغییرات در گذشته است. نتایج حاصل از ماتریس پیش بینی تغییرات بر مبنای نقشه های سال های ۲۰۰۱ و ۲۰۱۳ نشان داد که احتمال می رود در فاصله زمانی ۲۰۱۳-۲۰۳۰، ۴۵٪ جنگل کم تراکم، ۷۱٪ مرتع متوسط، ۹۶٪ مرتع فقیر، ۸۱٪ کشاورزی، ۹۳٪ رسوبات آبرفتی و ۱۰۰٪ اراضی بدون پوشش بدون تغییر باقی بمانند که اراضی بدون پوشش دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر جنگل کم تراکم کمترین پایداری را خواهند داشت. نتایج به دست آمده در این پژوهش هم راستا با نتیجه های به دست آمده قبلی توسط فتحی زاد و همکاران (۵)، زبیر (۲۸) و بالزتر (۸)، در امکان به کارگیری از مدل مارکوف برای پیش بینی تغییرات پوشش اراضی می باشد.

بهره گیری از مدل مارکوف در پیش بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش بینی تغییرات کاربری های مختلف از جنبه های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می شود. با در اختیار داشتن نقشه موقعیت مکانی- احتمالی، طول و عرض جغرافیایی تمام پیکسل های هر یک از کاربری ها، می توان از این مسئله در برنامه ریزی های آتی کمک گرفت. نقشه های شبیه سازی شده در

- 111-133.
8. Balzter H. 2000. Markov chain models for vegetation dynamics. *Ecological Modelling*, 126(2): 139-154.
 9. Brown DG, Pijanowski BC, Duh J. 2000. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*, 59(4): 247-263.
 10. Fan F, Weng Q, Wang Y. 2007. Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM⁺ imagery. *Sensors*, 7(7): 1323-1342.
 11. FAO. 2007. State of the world's forest, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 144 pp.
 12. Gilks W R, Richardson S, Spiegel halter D J. 1996. Markov Chain Monte Carlo in Practice. Chapman and Hall/CRC; Softcover reprint of the original 1st ed., 512 pp.
 13. Guan D, Gao W, Watari K, Fukahori H. 2008. Land use change of Kitakyushu based on landscape ecology and Markov model. *Journal of Geographical Sciences*, 18(4): 455-468.
 14. Guan D, Li H, Inohae T, Su W, Nagaie T, Hokao K. 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222(20): 3761-3772.
 15. Hathout S. 2002. The use of GIS for monitoring and predicting urban growth in East and West St Paul, Winnipeg, Manitoba, Canada. *Journal of Environmental Management*, 66(3): 229-238.
 16. Hoffmann M. 2005. Numerical control of Kohonen neural network for scattered data approximation. *Numerical Algorithms*, 39(1-3): 175-186.
 17. 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.
 18. Khoi D, Murayama Y. 2011. Modeling Deforestation Using a Neural Network-Markov Model. *Spatial Analysis and Modeling in Geographical Transformation Process*. Volume 100 of the series GeoJournal Library, 169-190.
 19. Kohonen T. 1996. Self-organization and associative memory, Springer-Verlag, 3rd Edition. 312 pp.
 20. Lambin EF. 1997. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical
- این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربردی شبیه‌سازی شده می‌توانند به عنوان سامانه هشدار دهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری به خدمت گرفته شود.
- ### منابع مورد استفاده
۱. اسلمی، ف.، ا. قربانی، ب. سبحانی و م. پناهنده. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبانی و شی‌گرا در استخراج کاربری و پوشش اراضی از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): ۱-۱۴.
 ۲. عزیزی قلاتی، س.، ک. رنگزن، ج. سدیدی، پ. حیدریان و ا. تقی‌زاده. ۱۳۹۵. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی استان فارس). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷(۱): ۵۹-۷۱.
 ۳. علی محمدی، ع.، ع. ج. موسیوند و س. شایان. ۱۳۸۹. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۱۴(۳): ۱۱۷-۱۳۰.
 ۴. غلامعلی‌فرد. م.، م. میرزایی و ش. جورابیان شوشتری. ۱۳۹۳. مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زنجیره مارکوف (مطالعه موردی: سواحل میانی استان بوشهر). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۵(۱): ۶۱-۷۴.
 ۵. فتحی‌زاد، ح.، ح. کریمی، م. تازه و م. توکلی. ۱۳۹۳. پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف (بررسی موردی: حوضه دوبرج، استان ایلام). مدیریت بیابان، ۲(۳): ۶۱-۷۶.
 ۶. فلاحتکار، س.، ع. سفیانیان، س. ج. خواجه‌الدین و ح. ضیایی. ۱۳۸۸. بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی شهر اصفهان. همایش ملی ژئوماتیک، تهران، سازمان نقشه‌برداری کشور. ۲۰ الی ۲۱ اردیبهشت ماه.
 7. Baker WL. 1989. A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2(2):

- M, Musa I, Lekwot V. 2014. Analysis of forest cover changes in Nimbia Forest Reserve, Kaduna State, Nigeria using geographic information system and remote sensing techniques. *Journal of Environment and Earth Science*, 4(21): 73-83.
26. Weng Q. 2002. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management*, 64(3): 273-284.
27. Wu Q, Li H-q, Wang R-s, Paulussen J, He Y, Wang M, Wang B-h, Wang Z. 2006. Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78(4): 322-333.
28. Zubair AO. 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), The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science, 44 pp.
- regions. *Progress in Physical Geography*, 21(3): 375-393.
21. Mubea K, Ngigi T, Mundia C. 2011. Assessing application of Markov chain analysis in predicting land cover change: a case study of Nakuru Municipality. *Journal of Agriculture Science and Technology*, 12(2): 126-144.
22. Muller MR, Middleton J. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9(2): 151-157.
23. Parker DC, Manson SM, Janssen MA, Hoffmann MJ, Deadman P. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the association of American Geographers*, 93(2): 314-337.
24. Stephenne N, Lambin E. 2001. A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1): 145-161.
25. Tudun-Wada M, Tukur Y, Hussaini Y, Sani

Archive



Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam)

S. R. Mir Alizadehfard ¹, S. M. Alibakhshi ^{2*}

1. Lecturer, College of Agricultural Sciences, Payam Noor University

2. PhD. Student of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 August 2015

Accepted 15 March 2016

Available online 20 August 2016

Keywords:

Monitoring

Forecasting

Markov model

Land change modeler (LCM)

Bartash plain

ABSTRACT

Nowadays modeling and forecasting of land use changes by application of satellite images can be a very useful tool for describing relations between natural environment and human activities to help planners to make decisions in complicated conditions. There are various methods for forecasting of land uses and coverage, in which the Markov chain model is one of them. In this research, land use changes in Bartash plain in Dehloran which is located in Ilam province in the area of 135244 hectares in 3 time periods (1988, 2001 and 2013) of landSat satellite images, providing land use map in 6 classes (low density forest, medium-dense grassland, poor grassland, agricultural, alluvium sediments and non-vegetated lands) by application of Kohonens neural network and also Markov anticipation model and Land change modeler (LCM) approach was predicted for the year 2030. The classification results showed the rate of demolition and a reduction of the area of low density forests and medium grassland land uses and increase in area of other land uses. Reduction of low density forest and the medium grassland area and increasing growth of other land uses demonstrated the overall destruction in the region and replaced with poorer land uses. At the end, by application of the Markov chain model and LCM modeling approach, land use changes were a forecasted for the year 2030. The results of changes anticipation matrix based on maps of years 2001 and 2013 showed that it is likely that in the period of 2013-2030, 45% of low density forest, 71% of medium grassland, 96% of poor grassland, 81% of agricultural lands, 93% alluvialvium sediments and 100% of non-vegetated lands remain changeless; non-vegetated lands have the most stability and low density forest have the least stability.

* Corresponding author e-mail address: sm.alibakhshi@yahoo.com