

پیش‌بینی تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف (بررسی موردی: حوضه دویرج، استان ایلام)

حسن فتحی زاد^{۱*}، حاجی کریمی^۲، مهدی تازه‌آ و محسن توکلی^۴

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه یزد

۲. دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۳. استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

۴. استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

* نویسنده مسئول: hasan.fathizad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۴/۱۸

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۲۵

چکیده

پوشش سطح زمین و کاربری آن به دلیلی فعالیت‌های انسانی دست‌خوش تغییر و تحول زیادی می‌شود. شناسایی و کشف این تغییرات می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک‌کند تا نیروهای مؤثر در ایجاد این تغییرات را شناسایی کرده و از آن در سطوح مختلف برنامه‌ریزی استفاده کنند. بررسی مقدار تغییر و تخریب منابع در سال‌های گذشته و امکان‌سنجی و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده می‌تواند در برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع و کنترل و مهار تغییرات غیراصولی در آینده، نقش قابل توجهی داشته باشد. روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به مدل زنجیره‌ای مارکوف اشاره کرد. در این پژوهش با بهره‌گیری از داده‌های ماهواره لندست، سنجه (۱۳۶۴) TM و (۱۳۷۹) و ETM⁺ (۱۳۸۶) اطلاعات جانبی و مدل زنجیره‌ای مارکوف، تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین طی ۲۲ سال در منطقه دویرج استان ایلام بررسی شده است. پس از انجام تصحیحات لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای و انجام بازدیدهای میدانی، طبقات مختلف کاربری اراضی تعریف و نمونه‌های آموزشی انتخاب و نتایج حاصل از ارزیابی دقت طبقه‌بندی‌ها با بهره‌گیری از ضریب کاپا به دست آمده است. نتایج حاکی از کاهش وسعت پوشش جنگلی و مراتع متوسط حوضه (به ترتیب ۲/۹ و ۱۷/۰۷ درصد) و روند افزایشی کاربری مرتع فقیر، کشاورزی، اراضی مسکونی و اراضی بایر (به ترتیب ۹/۱۷، ۲/۹۶، ۰/۴۰ و ۷/۴۴ درصد) که بیانگر تخریب کلی در منطقه و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. در پایان با بهره‌گیری از مدل مارکوف وضعیت طبقه‌های کاربری اراضی ۱۴ سال آینده (سال ۱۴۰۰) مورد پیش‌بینی قرار گرفت. نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ نشان داد که در فاصله زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۶، احتمال می‌رود ۶۲٪ جنگل، ۳۸٪ مرتع متوسط، ۶۴٪ مرتع فقیر، ۷۲٪ کشاورزی، ۶۹٪ اراضی مسکونی و ۷۶٪ اراضی بایر بدون تغییر باقی بمانند، که مرتع متوسط دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر مرتع فقیر کمترین پایداری را خواهند داشت. نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده توسط مدل مارکوف می‌توانند به عنوان سیستم هشدار برای پیامدها و تأثیرات آینده تغییرات کاربری به خدمت گرفته شود.

واژگان کلیدی: زنجیره‌ی مارکوف؛ تغییر کاربری / پوشش زمین؛ پیش‌بینی تغییرات؛ تصاویر لندست؛ دویرج.

■ مقدمه

عرصه‌های منابع طبیعی به طور رایج و به دلیل‌های گوناگونی در معرض بهره‌برداری خارج از توان طبیعی آنها قرار دارند. بهره‌برداری اصولی از این مناطق نیاز به الگوها و مدل‌های منطبق بر واقعیت‌های منطقه دارد تا ضمن رعایت دستورالعمل‌های مدل‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک) بهره‌برداری پایدار را نیز مد نظر قرار دهند. همچنین روند رو به گسترش زمین‌های کم‌بازده کشاورزی دیم در اراضی جنگلی و مراتع نشان از عدم برنامه‌ریزی صحیح برای این مناطق و لزوم توجه به امر برنامه‌ریزی و حفاظت از این مناطق منطبق بر واقعیات موجود می‌دهد (کوچکی، ۱۳۷۶). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه‌هایی که نمایشگر چنین فعالیت‌هایی در سطوح مختلف زمین باشد، نقشه کاربری اراضی نامیده می‌شود (احمدی زاده، ۱۳۸۲). نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی را تأمین می‌کنند. آشکارسازی تغییرات و همچنین پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی برای ارائه دیدی کلی به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی و در بلند مدت بسیار مؤثر است. روش‌های گوناگونی به منظور بررسی و آشکارسازی تغییرات ارائه شده است که مدل زنجیره مارکوف به عنوان یکی از این روش‌ها در کنار سایر روش‌ها می‌باشد. (Muller & Middleton, 1994؛ نشاط، ۱۳۸۱). با پیش‌بینی تغییرات کاربری می‌توان مقدار گسترش و تخریب منابع را مشخص و این تغییرات را در مسیرهای مناسب هدایت کرد (Brown et al., 2000; Hath out, 2002; Jenrette & Jianguo, 2001). Jianguo و Jenrette، به منظور درک چگونگی تغییر چشم‌انداز بیابان‌ها در مرکز آریزونا به واسطه گسترش مناطق شهری به آنالیز مکانی سری‌هایی از الگوی کاربری اراضی از سال ۱۹۱۲ تا ۱۹۹۵ پرداختند. نتایج تحلیل مکانی نشان می‌دهد که گسترش مناطق شهری طی سال به طور صعودی افزایش داشته است و این گسترش با

افزایش جمعیت در این دوره مطابق بوده‌است. در این پژوهش به منظور شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی از مدل Markov-cellular automata استفاده نمود (Jenrette & Jianguo, 2001). Ayodeji در سال ۲۰۰۶، به آشکارسازی تغییرهای پوشش و کاربری اراضی منطقه ایلورین در ایالت کوآرا با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و علوم سنجش از دور در دوره زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۱ با بهره‌گیری از داده‌های TM، MSS، ETM⁺ و پرداخته وی سپس به پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی برای ۱۴ سال آینده با بهره‌گیری از مدل مارکوف پرداختند. نتایج کار رشد سریعی را در اراضی ساخته شده بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۶ نشان داد در حالی که در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۱ در این طبقه کاهش رخ داده و پیش‌بینی می‌شود که این روند تا سال ۲۰۱۵ ادامه داشته باشد (Ayodeji, 2006). Chang و Chang در سال ۲۰۰۶، برای بررسی پوشش گیاهی کوه جیوجیو از داده‌های SPOT مربوط به ۴ دوره زمانی (مارس ۱۹۹۹، اکتبر ۱۹۹۹، نوامبر ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵) استفاده کردند. آنها نیز در انتها از آنالیز زنجیره مارکوف Cellular automata برای پیش‌بینی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی بهره‌گرفته و نتیجه گرفتند که در مطالعه انجام شده مدل برای شبیه‌سازی روند تغییرات CA-Markov برای شبیه‌سازی روند تغییرات پوشش گیاهی مناسب‌تر از سایر روش‌های موجود است (Chang & Chang, 2006). میر باقری (۱۳۸۵) مدل CA^۱ را برای شبیه‌سازی نحوه گسترش کاربری‌های شهری در شهرستان اسلامشهر و قسمت‌هایی از شهرستان رباط کریم تهران استفاده کرده است (میرباقری، ۱۳۸۵). فلاحتکار و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی شهر اصفهان پرداختند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای MSS سال ۱۹۷۲، TM سال ۱۹۹۰ و ETM⁺ سال ۲۰۰۱ برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی منطقه استفاده شد. برای بررسی توانایی مدل CA مارکوف نیز از دو روش محاسبه جدول توافق و عدم

^۱ Cellular Automata

حوضه ۵۳ و ۱۳/۷۲ و میانگین دمای روزانه ۲۷ درجه سانتیگراد است. گرم‌ترین ماه سال تیرماه با میانگین بیشینه حدود ۴۳ درجه و سردترین ماه سال دی‌ماه با کمینه میانگین دمایی برابر ۴ درجه می‌باشد. منطقه مورد بررسی براساس روش دومارتن اصلاح شده در طبقه خشک گرم واقع شده است. شکل ۱، موقعیت استانی و کشوری منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

■ روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست (TM) مربوط به سال ۱۳۶۴، لندست (ETM⁺) مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ که تنها داده‌های ماهواره‌ای در دسترس در منطقه مورد بررسی بود استفاده شده است. انتخاب این تصاویر مزایایی همچون دید وسیع و یکپارچه، چندطیفی بودن تصاویر و پوشش تکراری را در دوره‌های مختلف زمانی فراهم می‌آورد. تصاویر این ماهواره بخوبی هدف این پژوهش مبنی بر تهیه نقشه پوشش اراضی امکان پذیر می‌کند. به این منظور داده‌های ماهواره‌ای پس از انجام تصحیح و پردازش‌های اولیه با بهره‌گیری از روش نظارت‌شده بیشترین احتمال^۱ طبقه‌بندی شده‌اند. به منظور تهیه نقشه پوشش/ کاربری اراضی به ترتیب مراحل زیر انجام شده است:

پس از تهیه داده‌های ماهواره‌ای به منظور آماده سازی داده‌ها برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید، تطابق هندسی و مختصات‌دار کردن تصویر با بهره‌گیری از نقشه و کتوری شبکه راه‌ها و عکس هوایی منطقه انجام شد. عمل نمونه‌گیری مجدد با بهره‌گیری از روش درون‌یابی نزدیک‌ترین همسایه NN^۲ 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 بهره‌گیری از روش همبستگی بین باندها، ترکیب کاذب رنگی ۴۳۲ برای سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ تهیه و

توافق و آزمون نکوئی برآزش استفاده شد (فلاحتکار و همکاران، ۱۳۸۸). علی‌محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین حومه شهر تهران پرداختند. نتایج تحقیق آنها حاکی از گسترش بی‌رویه مناطق ساخته شده و تخریب شدید اراضی کشاورزی طی این دوره در منطقه مورد بررسی است. برای آگاهی از مقدار تغییر که در آینده رخ خواهد داد، مدل زنجیره‌ای مارکوف درجه اول به عنوان مدل پیش‌بینی کننده در نظر گرفته شده است (علی‌محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). شیخ‌گودرزی و همکاران (۱۳۸۸)، با بهره‌گیری از تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای (۱۹۸۹ و Landsat (۲۰۰۰)، IRS/P6 (۲۰۰۷) و مدل سلول‌های خودکار مارکوف تغییرات پوشش/ کاربری سرزمین در آبخیز کرگانرود مورد بررسی قرار دادند (شیخ‌گودرزی و همکاران، ۱۳۸۸).

بررسی مقدار تغییر و تخریب منابع در سال‌های گذشته و پیش‌بینی این تغییرات در سال‌های آینده می‌تواند گام مهمی در مهار و کنترل تغییرات غیر اصولی، برنامه‌ریزی و استفاده بهینه از منابع سرزمین باشد. هدف از تحقیق حاضر پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف در منطقه دویرج استان ایلام می‌باشد.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

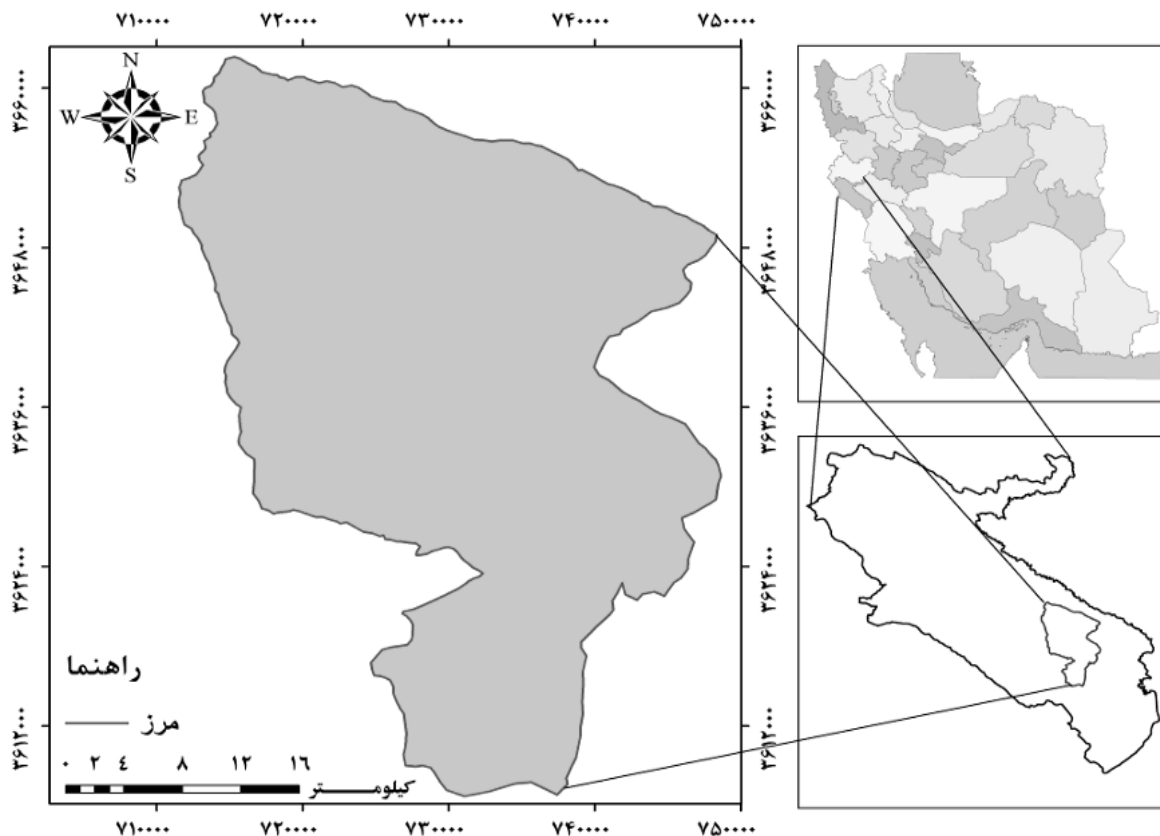
منطقه خشک و نیمه‌خشک دویرج، در جنوب استان ایلام و در محدوده جغرافیایی ۱۶ و ۴۷ تا ۴۰ و ۴۷ طول شرقی و ۳۴ و ۳۲ تا ۰۵ و ۳۳ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال به کبیرکوه از جنوب به بخش موسیان، از شرق به کوه دال پری و حوزه آبخیز رودخانه چیخواب و از غرب به دینار کوه محدود می‌شود. بیشترین و کمترین بلندبندیدی منطقه به ترتیب ۲۱۶۳ و ۱۷۷ متر از سطح دریا می‌باشد. مساحت منطقه مورد بررسی حدود ۱۱۹۵۰۴ هکتار می‌باشد. مینگین بارش در قسمت‌های شمالی ۴۳۶/۳ و در قسمت‌های جنوبی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر است. بیشترین و کمترین درجه حرارت

¹ Maximum Likelihood

² Nearest neighbor

و تفکیک کاربری‌ها از یکدیگر بهره‌گیری از نقشه پوشش گیاهی ۱۳۸۶ استان ایلام که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور تهیه گردیده استفاده شد. برای بررسی دقت طبقه‌بندی نیز مقایسه‌ای با نقشه‌های کاربری موجود و همچنین بازدیدهای میدانی صورت گرفت و دقت طبقه‌بندی، با توجه به هدف پژوهش ارزیابی شد. در این پژوهش از نرم افزارهای ENVI 4.5، Arc GIS 9.3 و Idrisi Andes 15 استفاده شده است.

طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشترین احتمال انجام شد. با توجه به هدف پژوهش و نوع پوشش‌های موجود در منطقه، شش طبقه شامل جنگل، مرتع با تراکم متوسط، مرتع فقیر، مناطق کشاورزی، مناطق مسکونی و اراضی بایر مورد شناسایی و طبقه‌بندی قرار گرفت. تفاوت مرتع متوسط و مرتع فقیر در مقدار تاج پوشش و سطح پوشش می‌باشد و برای جداسازی آنها از بازتاب طیفی هر کاربری و همچنین بازدید میدانی استفاده گردید. مبنای طبقه‌بندی



شکل ۱. موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد بررسی

طبقه‌بندی تصاویر

تصاویر چند زمانه استفاده شده در پژوهش پس از تصحیح هندسی، برای تهیه نقشه پوشش زمین طبقه بندی شده است. تعداد طبقات نیز با توجه به تصاویر و نقشه‌های موجود، شرایط منطقه مورد بررسی و طبقات مورد نیاز برای نقشه پوشش زمین انتخاب شده و تفکیک شش طبقه به این شرح مورد توجه قرار گرفته است. این طبقات شامل جنگل، مرتع با تراکم متوسط، مرتع فقیر، مناطق کشاورزی، مناطق مسکونی و اراضی بایر می‌باشد.

۴ روش پژوهش

- ۱- طبقه‌بندی تصاویر به روش بیشترین احتمال.
- ۲- محاسبه مساحت انواع مختلف کاربری‌های زمین برای هر سال مطالعه به هکتار و سپس مقایسه نتایج.
- ۳- شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده (NDVI)^۱.
- ۴- مدل زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییر پوشش/ کاربری اراضی.

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

در این پژوهش برای طبقه‌بندی بیشترین احتمال از روش دادن مقدار مشخص احتمالی که از قبل تعیین شده بود برای هر کاربری استفاده شد. این مقدار را با توجه به مقدار مساحتی که هر کاربری از سطح منطقه به خود اختصاص داده بود تعیین شد.

مدل زنجیره ای مارکوف

زنجیره‌های مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مناطق شهری و غیر شهری دارند (Wu et al, 2006). در بیشتر پژوهش‌ها درجه مارکوف برابر با یک و حالت ایستایی با زمان را برای مدل مارکوف قائل بوده‌اند و فقط تعداد بسیار محدودی از آن‌ها ایستایی یا درجه مارکوف را برای منطقه مطالعاتی آزمایش کرده‌اند (Bell, 1974). در تحلیل زنجیره مارکوف از طبقه‌های پوشش به عنوان حالت یا همان وضعیت‌های^۳ زنجیر استفاده شده است. در این تحلیل همواره از دو نقشه رستری^۴ 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^۵ هر طبقه و در پایان تصاویر احتمالات شرطی^۶ برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (Gilks, 1996; Weng, 2002).

تصاویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ به عنوان نقشه‌های پوشش برای تهیه ماتریس تبدیل وضعیت به کار برده شده است. با بهره‌گیری از نقشه‌های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره، ماتریس تبدیل وضعیت طبقه‌های پوشش زمین بین هر دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه‌های پوشش سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۷۹ ماتریس تبدیل وضعیت اول و از نقشه‌های پوشش سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ ماتریس تبدیل وضعیت دوم و در نهایت بین سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۶ نیز یک ماتریس تبدیل وضعیت کلی محاسبه شده

برای روش طبقه‌بندی از الگوریتم بیشترین احتمال استفاده شده است. این روش با بهره‌گیری از میانگین و ماتریس کوواریانس داده‌های آموزشی^۱ از روش‌های دگر طبقه‌بندی همچون طبقه‌بندی کمترین فاصله^۲ از داده‌های تصویر تحلیلی بهتر به دست می‌دهد (Xiuping, 2006 Richards &). روش طبقه‌بندی بیشترین احتمال، واریانس و کواریانس طبقه‌ها را ارزیابی می‌کند. برای این کار فرض می‌شود همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. در حقیقت نمونه‌های طبقه‌های آموزشی باید معرف آن طبقه باشند، بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرهای گوناگون ویژگی‌های طیفی در این گستره پیوسته قرار گیرد. بنابراین شرط توزیع نرمال در روش بیشترین احتمال اهمیت خاصی دارد (علوی پناه، ۱۳۸۴). این روش از داده‌های آموزشی برای محاسبه میانگین برداری M_c برای هر طبقه و ماتریس - کواریانس هر طبقه C برای باند K و V_c استفاده می‌شود.

بر این اساس، X در طبقه C قرار می‌گیرد اگر و فقط اگر که در آن

$$r_i = 1, 2, 3, \dots, m \quad P_C(a_c) > P_1(a_c)$$

که

$$P_c = [-0.5 \log_e \{ \det(v_c) \}] - 0.5 \\ [\{ X - M_c \}^T (V_c)^{-1} (X - M_c)]$$

و P_i احتمال وجود آن طبقه است.

در صورتی که دانش مورد نظر در مورد آن عارضه زمینی وجود نداشته باشد از لحاظ نظری به P_i برای هر طبقه وزن مساوی داده می‌شود. اگر احتمال یک طبقه بیش از دیگران باشد، کاربر می‌تواند مجموعه‌ای از احتمال پیشین‌های در اولویت برای عارضه‌ها تعریف کند و رابطه کمی اصلاح می‌شود (علوی پناه و ولدنی، ۱۳۸۹).

طبقه ممکن که در آن

$$r_i = 1, 2, 3, \dots, m \quad P_C(a_c) > P_i(a_c)$$

$$P_c(a_c) = \log_e(a_c) - [-0.5 \log_e \{ \det(v_c) \}] - 0.5 \\ [\{ X - M_c \}^T (V_c)^{-1} (X - M_c)]$$

³ State

⁴ Raster

⁵ Transition Areas Matrix

⁶ Conditional Probability Images

¹ Training Data

² Minimum Distance

اشکال ۶، ۷ و ۸ نشان دهنده‌ی نتایج جدول بالاست. ستون سمت راست نشان دهنده مقدار افزایش مساحت هر کاربری را به هکتار نشان می‌دهد، در حالی که ستون چپ مقدار کاهش مساحت هر کاربری را نشان می‌دهد.

شاخص استاندارد پوشش گیاهی

شاخص گیاهی تفاضل نرمال شده (NDVI) از معروف‌ترین شاخص‌های گیاهی است. که بر حسب دو باند قرمز (IR^2) و مادون قرمز نزدیک (NIR^3) به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (Mather, 1999).

$$NDVI = (NIR + IR) / (NIR - IR) \quad (1)$$

این شاخص معرف انعکاس انرژی خورشیدی از سطح زمین است و انواع شرایط پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. مقادیر NDVI بین -۱ و +۱ در نوسان است و زمانی که پاسخ طیفی اندازه‌گیری شده از سطح زمین برای هر دو باند خیلی مشابه باشد، مقادیر NDVI به صفر نزدیک می‌شود. پوشش گیاهی سالم (دارای فعالیت فتوسنتزی) در بخش طیفی مادون قرمز نزدیک (NIR) (باند ۴ لندست) در مقایسه با بخش طیفی مرئی (قرمز، باند ۳ لندست) انعکاس بیشتری دارد. بنابراین مقادیر NDVI برای پوشش گیاهی سبز مثبت خواهد شد. مناطق با پوشش گیاهی کم یا بدون پوشش گیاهی از قبیل مناطق شهری و اراضی بایر معمولاً مقادیر NDVI بین -۰/۱ و +۰/۱ را نشان می‌دهند در حالی که ابرها و منابع آبی مقادیر منفی یا صفر را نشان می‌دهند. شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) برای محاسبه داده‌های طیفی زمینی استفاده می‌شود و نتایج آن نشان داده که این شاخص، همبستگی بالایی با زیتوده سطح زمین دارد (Lin, 1997). در این پژوهش برای تهیه نقشه NDVI در سال‌های مورد بررسی از نرم افزار IDRISI استفاده شده است. نقشه NDVI سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ در شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده‌اند.

است. این ماتریس‌ها اطلاعات درصد تبدیل هر طبقه به دیگر طبقه‌ها هستند.

نتایج

در این مطالعه، طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه‌های پوشش/کاربری سرزمین، به روش بیشترین احتمال که یک روش طبقه‌بندی نظارت شده است، انجام شد. در طبقه‌بندی نظارت شده، نمونه‌های تعلیمی اساس طبقه‌بندی را تشکیل می‌دهند. در این مطالعه، از روش نمونه‌برداری تصادفی جهت طبقه‌بندی داده‌ها استفاده گردید. نمونه‌ها با توجه به نقشه کاربری اراضی و بازدیدهای محلی از منطقه مورد بررسی با بهره‌گیری از GPS تعدادی چند ضلعی (پلی‌گون) به روش تصادفی از هر گروه از پوشش گیاهی/کاربری اراضی ثبت شد. در انتخاب نمونه‌های تعلیمی سعی شد ضمن معرف بودن برای طبقه مورد نظر باشد، از پراکنش خوب نیز برخوردار باشند. برای بررسی دقت طبقه‌بندی تصویرها، با بهره‌گیری از نمونه‌های آزمایشی، نسبت به محاسبه دقت با بهره‌گیری از ماتریس خطا و محاسبه شاخص‌های آماری دقت کل، ضریب کاپا، دقت تولید کننده دقت‌بهره‌بردار اقدام شد (جدول ۱). سپس فیلتر بیشینه^۱ برای به دست آوردن تصویر یکنواخت و حذف پیکسل‌های پراکنده بر تصویرهای حاصل از طبقه‌بندی اعمال شد، که نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی در اشکال ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. آمار مربوط به مساحت و مقدار تغییرات به وقوع پیوسته در جدول ۲ روند تغییرات در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۶، شاهد روند کاهشی اراضی با پوشش مرتعی متوسط و از طرف دیگر شاهد افزایش اراضی مرتعی فقیر، کشاورزی، بایر و همچنین روند کاهشی اراضی جنگلی هستیم که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط توسط سایر کاربری‌ها چون مرتع فقیر، کشاورزی و اراضی بایر هستیم. لازم به ذکر است که مرتع متوسط بخش عمده کاربری منطقه را تشکیل می‌دهد که بیانگر وضعیت بهتر منطقه در گذشته می‌باشد.

¹ Majority

² Infa Red

³ Near Infa Red

جدول ۱. دقت طبقه‌بندی (%) تصویر سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶

| ETM ⁺ - ۱۳۸۶ | | ETM ⁺ - ۱۳۷۹ | | TM- ۱۳۶۴ | | طبقه پوشش |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|--------------|
| دقت استفاده کننده | دقت تولید کننده | دقت استفاده کننده | دقت تولید کننده | دقت استفاده کننده | دقت تولید کننده | |
| ۹۷ | ۸۶ | ۹۷ | ۹۴ | ۹۸ | ۹۵ | جنگل |
| ۹۱ | ۸۹ | ۹۲ | ۹۰ | ۹۵ | ۹۸ | مرتع متوسط |
| ۶۴ | ۸۱ | ۶۱ | ۷۰ | ۹۸ | ۹۰ | مرتع فقیر |
| ۵۳ | ۶۶ | ۵۵ | ۶۴ | ۶۰ | ۷۰ | کشاورزی |
| ۸۲ | ۱۰۰ | ۶۸ | ۹۱ | ۸۷ | ۸۵ | مناطق مسکونی |
| ۸۵ | ۹۷ | ۹۳ | ۹۴ | ۱۰۰ | ۹۷ | اراضی بایر |
| | | ۸۹ | ۹۳ | | | دقت کل % |
| ۸۷ | | ۹۱ | | ۹۶ | | ضریب کاپا |

جدول ۲. مساحت طبقه‌های مختلف کاربری‌ها در سال‌های ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶

| ۱۳۸۶ | | ۱۳۷۹ | | ۱۳۶۴ | | طبقه پوشش |
|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|--------------|
| درصد | مساحت | درصد | مساحت | درصد | مساحت | |
| ۲۴/۵۵ | ۲۹۳۴۲/۳۴ | ۲۳/۸۱ | ۲۸۴۵۹/۳۰ | ۲۷/۴۵ | ۳۲۸۰۴/۶۷ | جنگل |
| ۵۱/۵۷ | ۶۱۶۲۵/۴۵ | ۶۴/۵ | ۷۷۰۸۲/۵۸ | ۶۸/۶۴ | ۸۲۰۳۱/۱۲ | مرتع متوسط |
| ۱۱/۵۳ | ۱۳۷۷۸/۴۶ | ۷/۰۷ | ۸۴۴۴/۶۳ | ۲/۳۶ | ۲۸۱۹/۴۲ | مرتع فقیر |
| ۳/۰۹ | ۳۶۸۹/۵۵ | ۱/۱ | ۱۳۲۰/۲۸ | ۰/۱۳ | ۱۶۱/۷۳ | کشاورزی |
| ۰/۵۵ | ۶۵۳/۸۵ | ۰/۲۶ | ۳۰۷/۴۰ | ۰/۱۵ | ۱۷۲/۲۶ | اراضی مسکونی |
| ۸/۷۱ | ۱۰۴۱۵/۰۷ | ۳/۲۶ | ۳۸۹۰/۵۳ | ۱/۲۷ | ۱۵۱۵/۵۲ | اراضی بایر |
| ۱۰۰ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ | ۱۰۰ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ | ۱۰۰ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ | مجموع |

گیاهی نشان دهنده دخالت‌های بشری در عرصه‌های طبیعی می‌باشد.

در سال ۱۳۸۶، NDVI به دست آمده بین ۱ تا ۰/۳۱- را نشان می‌دهد. این نشان دهنده وضعیت خوب پوشش در مناطق جنگلی بخاطر حفاظت از آنها می‌باشد. اما در مناطق کم ارتفاع منطقه روند تغییر کاربری و کاهش پوشش گیاهی توسط فعالیت‌های انسانی خود را حفظ کرده است.

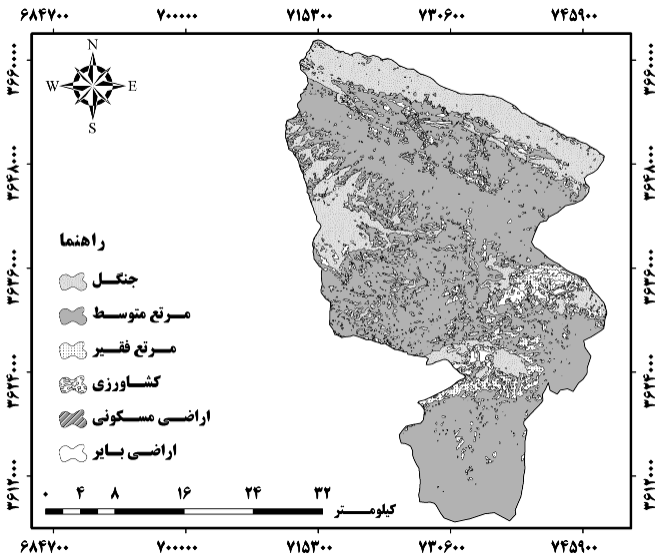
نقشه‌های به دست آمده نشان می‌دهد که در منطقه دویرج در سال ۱۳۶۴، مقدار NDVI بین ۰/۵۹ تا ۰/۳۹- می‌باشد. این نشان دهنده این است که در مناطق جنگلی و ارتفاعات بالا وضعیت پوشش خوب بوده و تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار نگرفته است. بر عکس در ارتفاعات پایین که مقدار شاخص NDVI برابر با ۰/۳۹- شده است نشان دهنده مراتع متوسط و فقیر تحت فعالیت‌های بشری قرار گرفته‌اند.

در سال ۱۳۷۹، NDVI به دست آمده بین ۰/۳۶ تا ۰/۶۴- را نشان می‌دهد. کوچک بودن شاخص پوشش

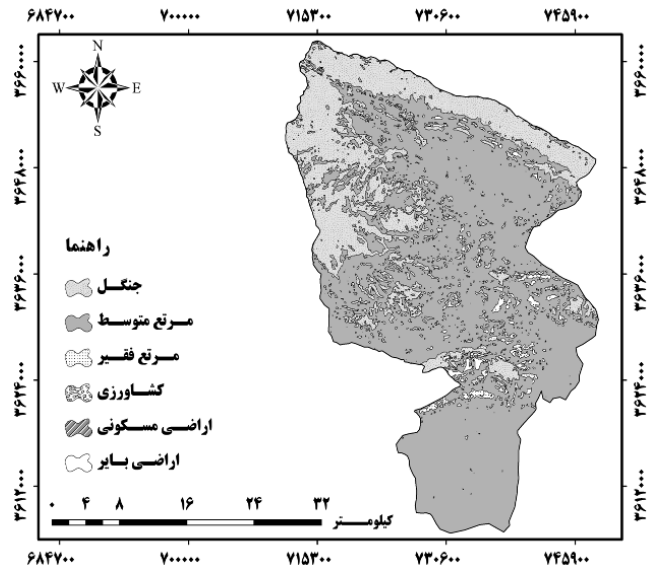
نتایج تحلیل زنجیره‌های مارکوف

نتایج پیش بینی تغییرات کاربری با بهره گیری از ماتریس تبدیل وضعیت دوره اول (۱۳۶۴ تا ۱۳۷۹) برای سال ۱۳۸۶ که به منظور ارزیابی مدل مارکوف با بهره گیری از نقشه کاربری موجود برای این سال صورت

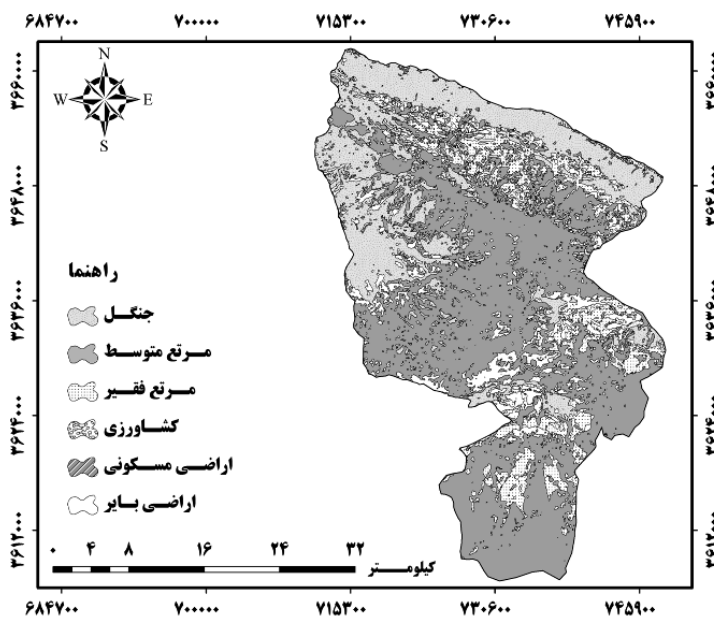
گرفته، در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. در این جدول مجموع هر ستون نشان دهنده مساحت هر طبقه در سال ۱۳۸۶ است.



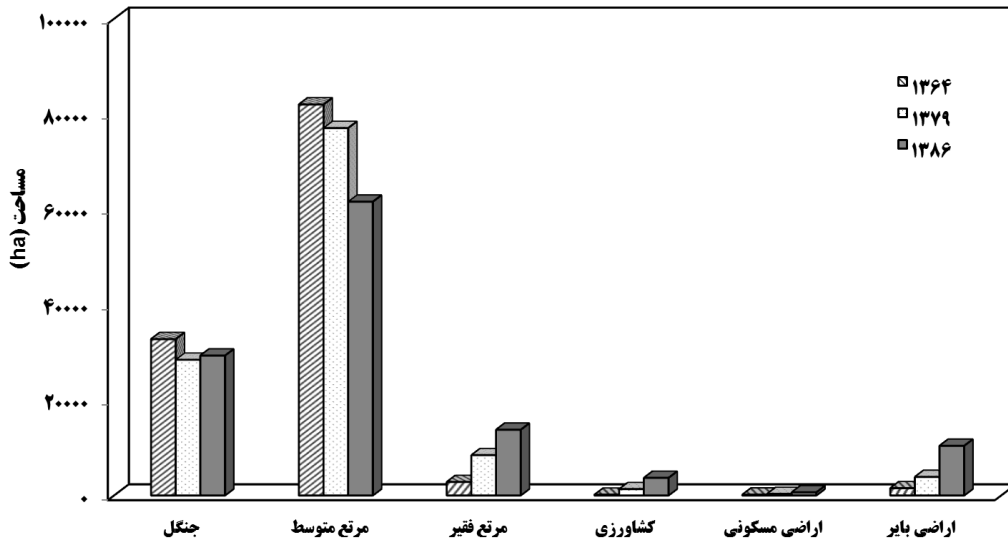
شکل ۳. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۷۹



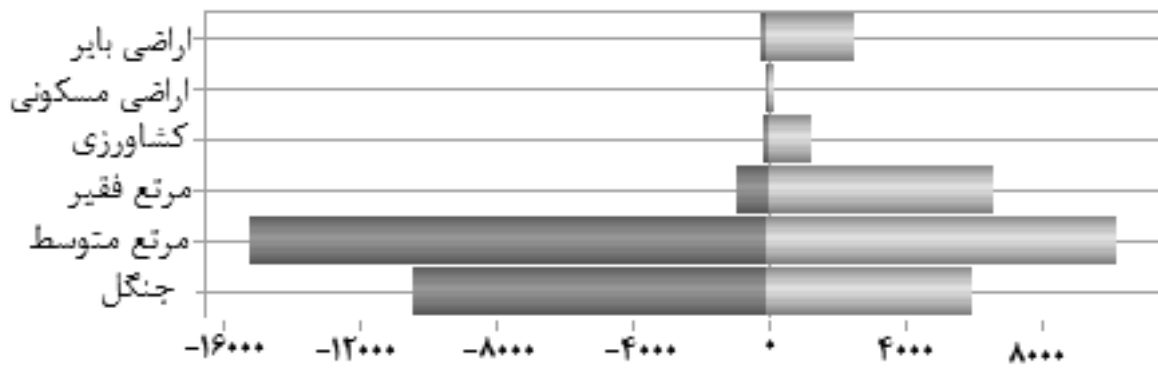
شکل ۲. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۶۴



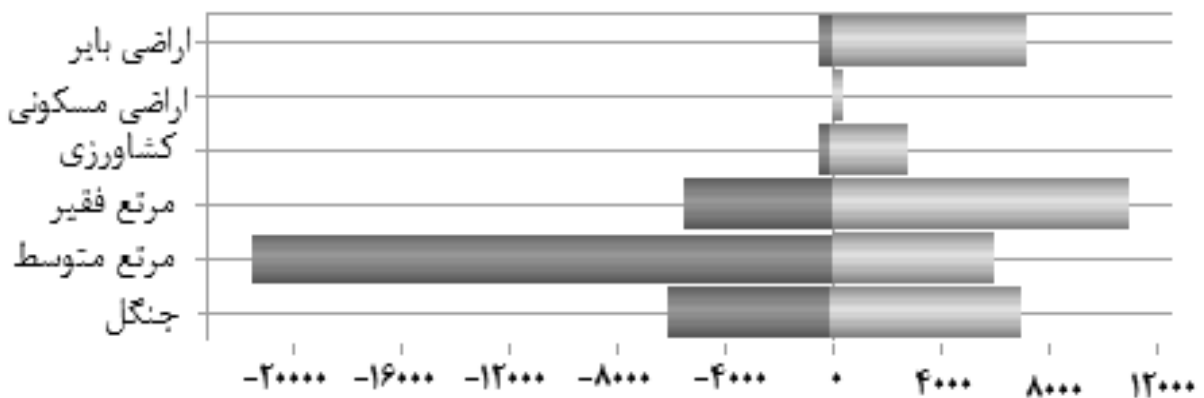
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی سال ۱۳۸۶



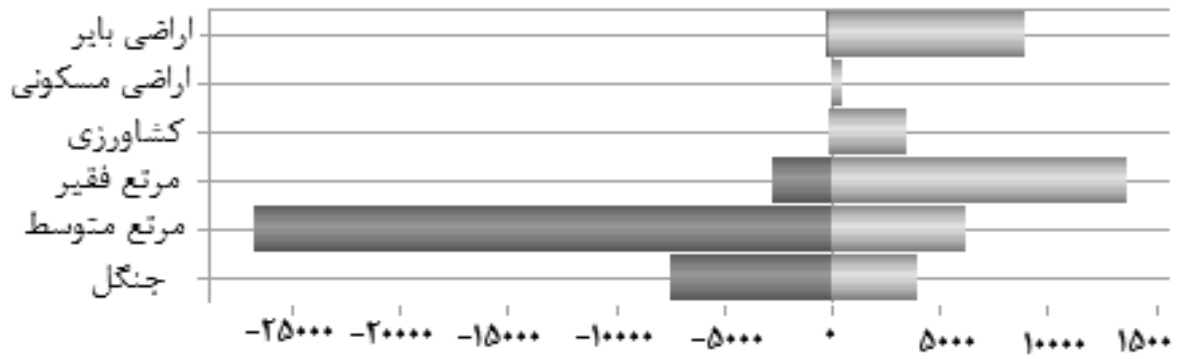
شکل ۵. روند تغییرات سطح طبقه‌ها در دوره ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۶



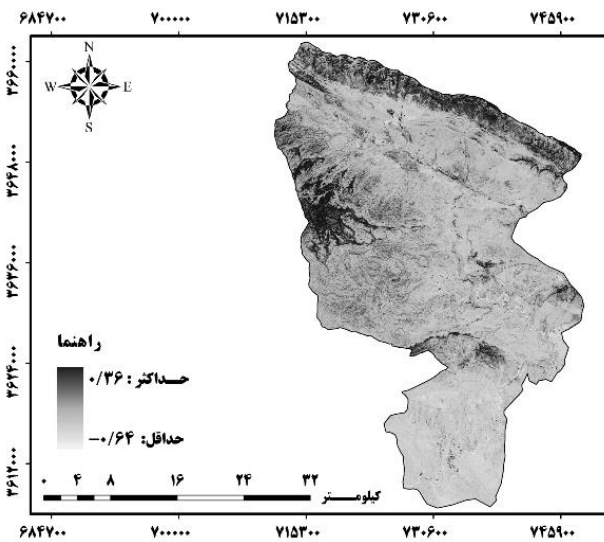
شکل ۶. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۷۹



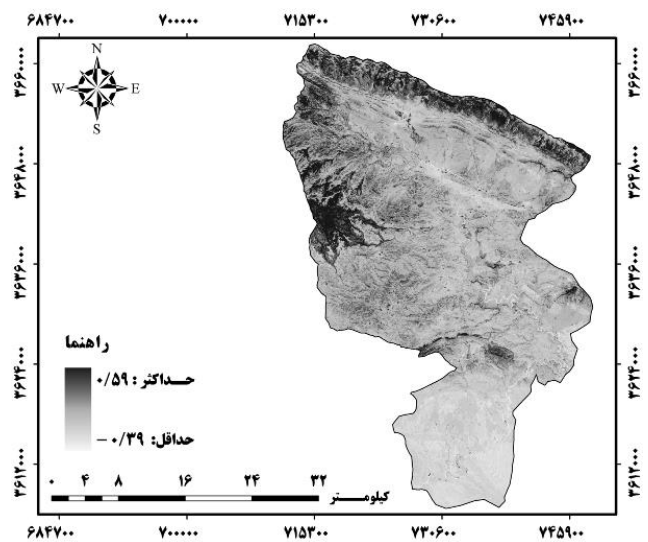
شکل ۷. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۶



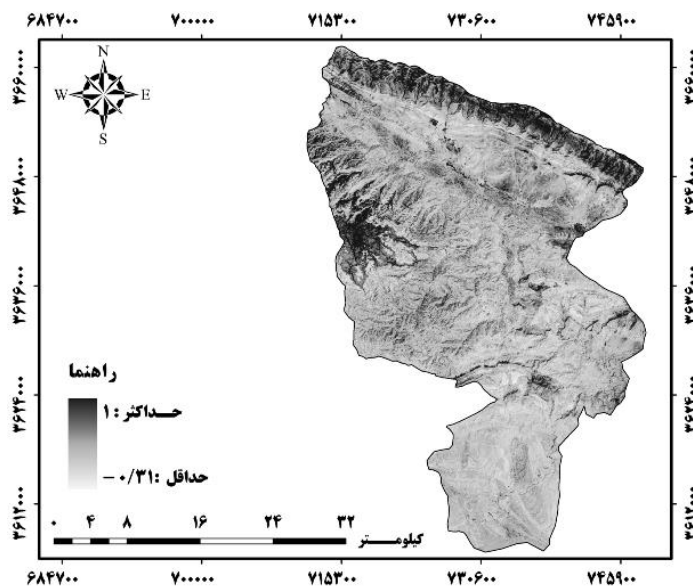
شکل ۸. افزایش و کاهش مساحت به هکتار بین سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۸۶



شکل ۱۰. نقشه NDVI سال ۱۳۷۹ منطقه مورد بررسی



شکل ۹. نقشه NDVI سال ۱۳۶۴ منطقه مورد بررسی



شکل ۱۱. نقشه NDVI سال ۱۳۸۶ منطقه مورد بررسی

جدول ۳. مساحت (هکتار) پیش‌بینی برای سال ۱۳۸۶ با بهره‌گیری از مدل مارکوف و ماتریس تبدیل ۱۳۶۴-۱۳۷۹

| طبقه پوشش | جنگل | مرتع متوسط | مرتع فقیر | کشاورزی | اراضی مسکونی | اراضی بایر | مجموع |
|--------------|----------|------------|-----------|---------|--------------|------------|-----------|
| جنگل | ۲۷۰۰۰/۱۸ | ۲۱۲۶/۶۱ | ۰ | ۱۶۲/۶۶ | ۰ | ۳۵۸/۴۴ | ۲۹۶۴۷/۸۹ |
| مرتع متوسط | ۱۰۵۱/۲۲ | ۵۸۵۰۷/۸۶ | ۱۵۵۶/۲۳ | ۳۴۴/۵۴ | ۵۸/۹۳ | ۲۵۴/۶ | ۶۱۷۷۳/۳۸ |
| مرتع فقیر | ۴۸/۱۱ | ۱۲۴۵/۷۵ | ۱۱۰۷۲/۵۳ | ۰ | ۰ | ۸۱۹/۰۹ | ۱۳۱۸۵/۴۸ |
| کشاورزی | ۱۳۶۷/۶۸ | ۰ | ۰ | ۲۸۲۸/۵۲ | ۱۸/۳۳ | ۴۶/۱۸ | ۴۲۶۰/۷۱ |
| اراضی مسکونی | ۴۲/۲۳ | ۱۲۱/۹۳ | ۶۹/۶۵ | ۶۲/۱۳ | ۵۴۸/۰۲ | ۲/۶۴ | ۸۴۶/۶ |
| اراضی بایر | ۵۱۰/۳۱ | ۰ | ۱۳۶/۲۲ | ۲۲/۴۳ | ۱۲/۱۲ | ۹۱۰۹/۵۸ | ۹۷۹۰/۶۶ |
| مجموع | ۳۰۰۱۹/۷۳ | ۶۲۰۰۲/۱۵ | ۱۲۸۳۴/۶۳ | ۳۴۲۰/۲۸ | ۶۳۷/۴ | ۱۰۵۹۰/۵۳ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ |

جدول ۴. مقایسه نتایج پیش‌بینی و مساحت‌های استخراج شده از نقشه کاربری (به هکتار) سال ۱۳۸۶

| طبقه پوشش | جنگل | مرتع متوسط | مرتع فقیر | کشاورزی | اراضی مسکونی | اراضی بایر | مجموع |
|------------------------|----------|------------|-----------|---------|--------------|------------|-----------|
| پیش‌بینی برای سال ۱۳۸۶ | ۳۰۰۱۹/۷۳ | ۶۲۰۰۲/۱۵ | ۱۲۸۳۴/۶۳ | ۳۴۲۰/۲۸ | ۶۳۷/۴۰ | ۱۰۵۹۰/۵۳ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ |
| مساحت در نقشه سال ۱۳۸۶ | ۲۹۳۴۲/۳۴ | ۶۱۶۲۵/۴۵ | ۱۳۷۷۸/۴۶ | ۳۶۸۹/۵۵ | ۶۵۳/۸۵ | ۱۰۴۱۵/۰۷ | ۱۱۹۵۰۴/۷۲ |
| اختلاف مساحت‌ها | ۶۷۷/۳۹ | ۳۷۶/۷ | -۹۴۳/۸۳ | -۲۶۹/۲۷ | -۱۶/۴۵ | ۱۷۵/۴۶ | ۰ |
| درصد اختلاف (%) | +۲/۳ | +۰/۶۱ | -۶/۸۵ | -۷/۲۹ | -۲/۵۱ | ۱/۶۸ | ۰ |

دوره زمانی ۲۲ ساله وسعت زمین‌های جنگلی حوضه به مقدار (۳۴۶۲/۳۳ هکتار) کاهش یافته، در حالی که زمین‌های کشاورزی با روند افزایشی (۳۵۲۷/۸۲ هکتار) روبرو بوده است. کاهش وسعت پوشش جنگلی حوضه و روند افزایشی کاربری کشاورزی بیانگر جایگزینی و تبدیل پوشش طبیعی منطقه با زمین‌های کشاورزی است، از سوی دیگر، وسعت مراتع متوسط به مقدار (۲۰۴۰۴/۶۷ هکتار) روند کاهشی داشته و اراضی مرتعی فقیر روند افزایش داشته که نشان دهنده روند تخریب در عرصه مورد بررسی می‌باشد. کاهش وسعت پوشش جنگلی و مراتع متوسط حوضه و روند افزایشی کاربری مرتعی فقیر، کشاورزی و اراضی بایر بیانگر تخریب کلی در منطقه و جایگزینی کاربری‌های ضعیف‌تر در منطقه است. از طرفی طی این دوره زمانی، مقدار اراضی مسکونی و بایر روند صعودی داشته است که نشان دهنده افزایش جمعیت و همچنین افزایش فشار انسانی در عرصه مورد بررسی

نتایج مربوط به ارزیابی دقت پیش‌بینی با مدل زنجیره‌ای مارکوف، به کمک نقشه کاربری موجود برای سال ۱۳۸۶ در جدول شماره ۴ ذکر شده است. ملاحظه می‌شود که اختلاف‌های طبقه‌های مختلف متفاوت است و بزرگی آن به طور کلی کمتر از ۸ درصد است، این رقم نشان دهنده مفید بودن و قابلیت بهره‌گیری از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربری است (Baker, 1989).

با توجه به اینکه دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای صددرصد نبوده ولی مقدار دقت به دست آمده بسیار نزدیک به هم است و از طرفی خطاهای موجود در طبقه‌بندی تصاویر دارای اریبی یکسانی می‌باشد، می‌توان با همین نتایج به دست آمده از طبقه‌بندی‌ها، تغییرات به وجود آمده در کاربری‌های اراضی را در بازه‌های زمانی مکور ارزیابی و بررسی نمود. نتایج بررسی آشکارسازی تغییرات منطقه دویرج استان ایلام نشان می‌دهد که طی

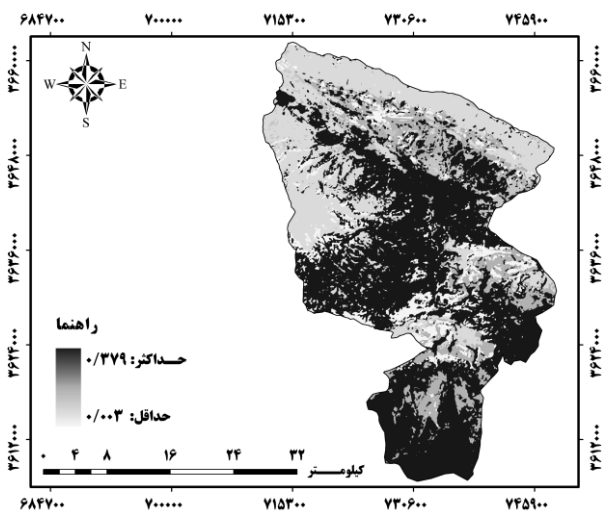
تغییر باقی بمانند، که اراضی بایر دارای بالاترین پایداری و از طرف دیگر مرتع متوسط کمترین پایداری را خواهند داشت. هم‌چنین در طی سال‌های ۱۴۰۰-۱۳۸۶ تبدیل مرتع متوسط به مرتع فقیر ۰/۴۹٪ دارای بالاترین احتمال و در حالت عکس آن تبدیل جنگل به اراضی مسکونی ۰/۵٪، مرتع متوسط به اراضی مسکونی ۰/۳٪، اراضی بایر به کشاورزی و اراضی مسکونی به ترتیب برابر ۰/۳۶ و ۰/۳٪ دارای کم‌ترین احتمال هستند. هم‌چنین نقشه حاصل شده از پیش بینی توسط زنجیره ماکوف برای هر یک از کاربری‌ها در اشکال ۱۲ تا ۱۷ آمده است.

است. به عبارات دیگر، در کل شاهد افزایش جایگزین شدن مراتع متوسط توسط مراتع فقیر و بایر و بروز تخریب در منطقه هستیم.

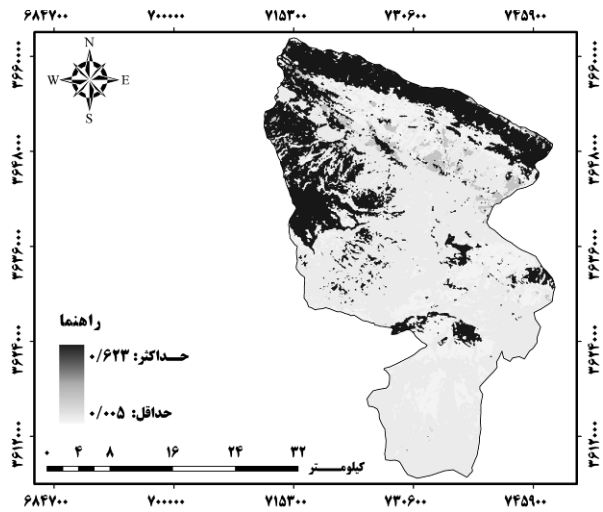
چنانچه روند تغییرات آتی را معادل تغییرات فعلی در نظر بگیریم، جدول ۵ ماتریس احتمال به دست آمده از نقشه‌های سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ با بهره‌گیری از زنجیره مارکوف برای پیشگویی تغییرات ۱۴ سال آینده (۱۴۰۰) را نشان می‌دهد. با توجه به ماتریس به دست آمده در فاصله‌ی زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۶، احتمال می‌رود، ۰/۶۲٪ جنگل، ۰/۳۸٪ مرتع متوسط، ۰/۶۴٪ مرتع فقیر، ۰/۷۲٪ کشاورزی، ۰/۶۹٪ اراضی مسکونی و ۰/۷۶٪ اراضی بایر بدون

جدول ۵. ماتریس احتمال تبدیل طبقه‌ها در فاصله زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۶ به روش مارکوف (درصد)

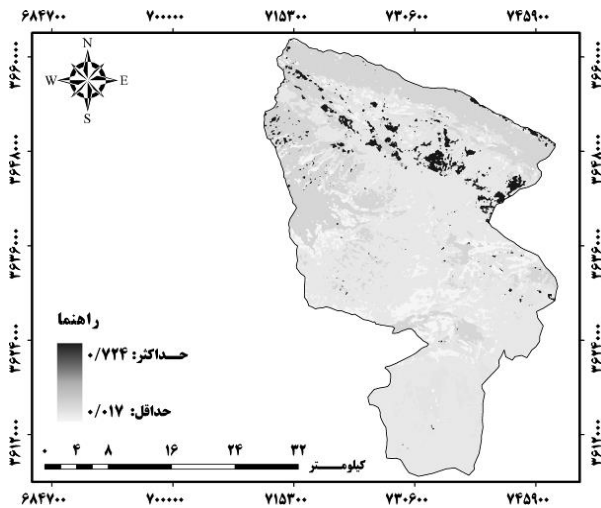
| مجموع | ۱۳۸۶ | ۱۴۰۰ | جنگل | مرتع متوسط | مرتع فقیر | کشاورزی | اراضی مسکونی | اراضی بایر |
|-------|-------|-------|-------|------------|-----------|---------|--------------|------------|
| ۱۰۰ | ۶۲/۳۱ | ۱۹/۷۸ | ۸/۱۴ | ۳۹ | ۵/۳۵ | ۰/۵۲ | ۰/۳۳ | ۵/۳۵ |
| ۱۰۰ | ۷/۰۳ | ۳۷/۹۳ | ۴۶/۸۹ | ۱۹/۹ | ۵/۸۳ | ۰/۳۰ | ۰/۳۳ | ۵/۸۳ |
| ۱۰۰ | ۳/۵۹ | ۲/۲۳ | ۶۴/۷۷ | ۱۱/۲۳ | ۱۷/۵۶ | ۰/۳۰ | ۰/۳۰ | ۱۷/۵۶ |
| ۱۰۰ | ۸/۸۹ | ۱۰/۳۸ | ۴/۴۱ | ۷۲/۴۳ | ۲/۲۳ | ۱/۷ | ۱/۷ | ۲/۲۳ |
| ۱۰۰ | ۲/۰۹ | ۵/۳۶ | ۵/۴۶ | ۱/۵۴ | ۱۶/۲۷ | ۶۹/۳۸ | ۶۹/۳۸ | ۱۶/۲۷ |
| ۱۰۰ | ۳/۶۲ | ۵/۹۶ | ۱۳/۵۸ | ۰/۳۶ | ۷۶/۱۸ | ۰/۲۹ | ۰/۲۹ | ۷۶/۱۸ |



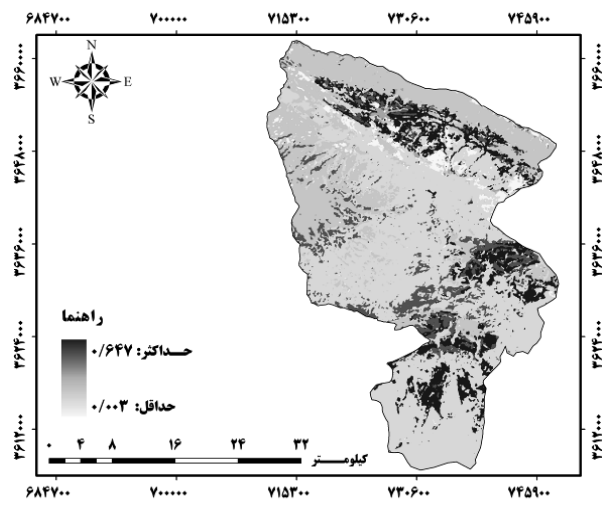
شکل ۱۳- نقشه پیش بینی کاربری مرتع متوسط برای سال ۱۴۰۰



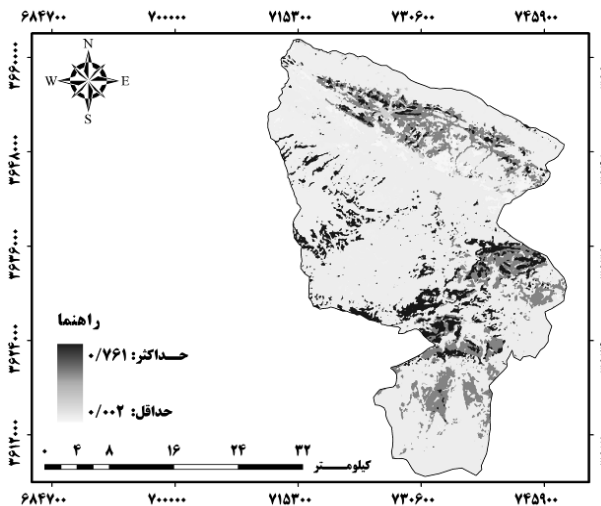
شکل ۱۲. نقشه پیش بینی کاربری جنگل برای سال ۱۴۰۰



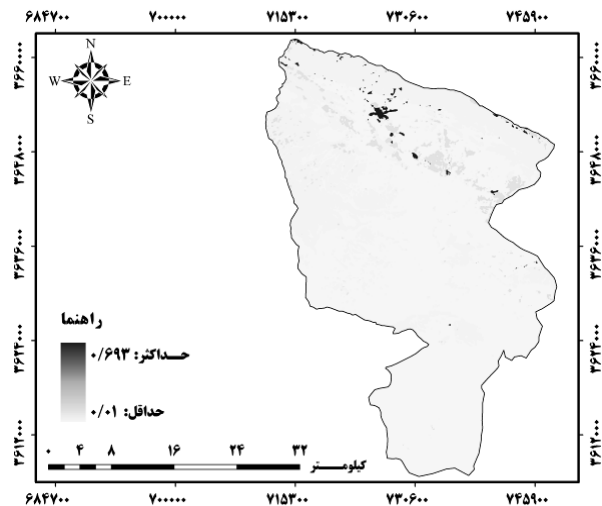
شکل ۱۵- نقشه پیش‌بینی کاربری کشاورزی برای سال ۱۴۰۰



شکل ۱۴. نقشه پیش‌بینی کاربری مرتع فقیر برای سال ۱۴۰۰



شکل ۱۷- نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی بایر برای سال ۱۴۰۰



شکل ۱۶- نقشه پیش‌بینی کاربری اراضی مسکونی برای سال ۱۴۰۰

است. که این تغییرات از طریق عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای بررسی شد. نهایتاً با بکارگیری نقشه‌های کاربری سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۷۹ و بهره‌گیری از مدل مارکوف وضعیت طبقه‌های کاربری اراضی ۱۴ سال آینده (سال ۱۴۰۰) مورد پیش‌بینی قرار گرفت و اندازه تغییرات و متغیرهای مؤثر در آن از طریق داده‌های سنجش از دور به دست آمد.

در فاصله سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۷۹، مقدار وسعت اراضی جنگلی و مراتع متوسط به ترتیب ۴۳۴۵ (۳/۶۴ درصد) و ۴۹۴۹ (۴/۱۴ درصد) هکتار کاهش یافته است.

■ بحث و نتیجه‌گیری

گسترش روز افزون فن‌آوری‌های GIS، RS و بهره‌گیری از داده‌های زمانی- مکانی آنها به منظور بررسی تغییرات و چگونگی آن در گذشته و شبیه‌سازی پوشش زمین در آینده می‌تواند به مدیران و استفاده‌کنندگان برای مدیریت و برنامه‌ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه پایدار کمک کند. در این تحقیق منطقه دوبرج به عنوان یکی از مهم‌ترین از حوزه‌های استان ایلام می‌باشد، که در اثر دخالت‌های انسانی از یک طرف و تغییرات اقلیمی از طرف دیگر دستخوش تغییرات قابل توجهی قرار گرفته

دیگر مرتع متوسط کمترین پایداری را خواهند داشت. نتایج به دست آمده در این پژوهش هم راستا با نتیجه‌های به دست آمده قبلی (فلاحکار و همکاران، ۱۳۸۸؛ شیخ گودرزی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Ayodeji Opeyemi, 2006; Chang & Chang, 2006) در امکان به کارگیری از مدل مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی می‌باشد.

بهره‌گیری از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات کاربرهای مختلف از جنبه‌های مهم نوآوری این مطالعه محسوب می‌شود. با در اختیار داشتن نقشه موقعیت مکانی - احتمالی (طول و عرض جغرافیایی) تمام پیکسل‌های هر یک از کاربری‌ها، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آتی کمک گرفت.

نقشه‌های شبیه‌سازی شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. علاوه بر این، نقشه‌های کاربری شبیه‌سازی شده می‌توانند به عنوان سامانه هشدار دهنده پیامدها و تأثیر آینده تغییر کاربری به خدمت گرفته شود.

از طرفی مقدار وسعت اراضی مرتع فقیر، کشاورزی، مسکونی و بایر به ترتیب ۵۶۲۵ (۴/۷۱ درصد)، ۱۱۵۹ (۰/۹۷ درصد)، ۱۳۵ (۰/۱۱ درصد) و ۲۳۷۵ (۱/۹۹ درصد) هکتار افزایش یافته است.

در فاصله‌ی زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶ شاهد کاهش مقدار وسعت اراضی مرتع متوسط هستیم. مساحت این کاربری ۱۵۴۵۷ (۱۳/۹۳ درصد) هکتار کاهش یافته است. از طرفی شاهد افزایش وسعت سایر کاربری‌ها هستیم، که بیانگر روند کلی تخریب در منطقه از طریق جایگزین شدن مراتع متوسط توسط سایر کاربری‌ها چون مرتع فقیر، کشاورزی و اراضی بایر هستیم. نکته قابل توجه در این بازه زمانی افزایش وسعت اراضی جنگلی به مقدار ۸۸۳ (۰/۷۴ درصد) هکتار می‌باشد. دلیل افزایش حفاظت از اراضی جنگلی منطقه دویرج جلوگیری از ورود دام و قطع درختان توسط انسان است (حالت قرق).

نتایج حاصل از ماتریس پیش‌بینی تغییرات بر مبنای نقشه‌های سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ نشان داد که احتمال می‌رود در فاصله‌ی زمانی ۱۴۰۰-۱۳۸۶، ۶۲٪ جنگل، ۳۸٪ مرتع متوسط، ۶۴٪ مرتع فقیر، ۷۲٪ کشاورزی، ۶۹٪ اراضی مسکونی و ۷۶٪ اراضی بایر بدون تغییر باقی بمانند، که اراضی بایر دارای بالاترین پایداری و از طرف

■ منابع

۱. احمدی‌زاده، س. (۱۳۸۲). تعیین مدل‌های کمی اکولوژیک در محیط GIS، رساله دکتری جنگلداری دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۸ص.
۲. شیخ گودرزی، م.، علیزاده شعبانی، ا.، سلمان ماهینی، ع.، و فقهی، ج. (۱۳۸۸). بررسی قابلیت سلول‌های خودکار مارکوف در شبیه‌سازی کاربری اراضی. همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور.
۳. علوی پناه، س. ک. (۱۳۸۴). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.
۴. علوی پناه، ک.، و ولدنی، م. (۱۳۸۹). سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی. انتشارات دانشگاه تهران، ۱۵۳-۱۴۹.
۵. علی‌محمدی، ع.، موسیوند، ع.، و شایان، س. (۱۳۸۹). پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره‌ای مارکوف. مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲ (۳): ۱۳ - ۱۱۷.
۶. فلاحکار، س.، سفیانیان، ع.، خواجه‌الدین، س. ج.، و ضیایی، ح. (۱۳۸۸). بررسی توانایی مدل CA مارکوف در پیش‌بینی نقشه پوشش اراضی شهر اصفهان. همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور.
۷. کوچکی، ع. (۱۳۷۶). کشاورزی پایدار، بینش یا روش؟، اقتصاد کشاورزی و توسعه.

۸. میرباقری، ب. (۱۳۸۵). شبیه‌سازی نحوه گسترش کاربری شهری با استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل سلول‌های خودکار (مورد مطالعاتی: شهرستان اسلام‌شهر). دانشگاه شهید بهشتی، تهران.
۹. نشاط، ع. (۱۳۸۱). تجزیه و تحلیل و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش زمین با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی در استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور و GIS. دانشگاه تربیت مدرس.
10. 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), The department of Geography, University of Ibadan in Partial Fulfillment for the award of master of science.
11. Baker W. L. (1989). A review of models of landscape change. *Landscape Ecology* 2, 111-133.
12. Bell, E. J. (1974). Markov analysis of land use change: Application of stochastic processes to remotely sensed data. *Socioeconomic Planning Sciences*, 8, 311-316.
13. Brown, D. G., Pijanowski, B. C., & Duh, J. D. (2000). Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA. *Journal of Environmental Management*, 59, 247-263.
14. Chang, C. L., & Chang, J. C. (2006). Markov model and cellular automata for vegetation, *Journal of geographical research*, 45, 45-57.
15. Gilks, W. R. (1996). Markov Chain Monte Carlo in Practice. Chapman & Hall/CRC.
16. 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, 229-238.
17. Jenerette, D., & Jianguo. Wu. (2001). Analysis and simulation of land use change in the central Arizona-Phoenix region, USA. *Landscape ecology*, 16, 611- 626.
18. Lin, C.Y. (1997). A study on the width and placement of vegetated buffer strips in a mudstone-distributed watershed. *J.china. Soil water conserves*. 29 (3), 250-266 (in Chinese with English abstract),
19. Mather, P. M. (1999). Computer processing of remotely sensed images. 2nd Edition, John Wiley & Sons.
20. Muller, M. R., & Middleton, J. (1994). A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 9, 151-157.
21. Richards John, A., & Xiuping, J. (2006). Remote Sensing Digital Image - Analysis: An Introduction, 4th Edition. Springer.
22. Weng, Q. (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modeling. *Journal of Environmental Management*, 64, 273-284.
23. Wu, Q., Li, H.Q., Wang, R.S., Paulssen, J., He, Y., Wang, Min., Wang, B.H., & Wang, z. (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS, *Landscape and urban planning*.

Desert Management

www.isadmc.ir



Iranian Scientific Association of Desert
Management and Control

Prediction of Land Use and Land Cover Changes in Arid and Semi-Arid Regions Using Satellite Images and Markov Chain Models (Case study: Doviraj Basin, Ilam Province)

H. Fathizad¹, H. Karimi², M. Tazeh³ and M. Tavakoli⁴

1. Ph.D. Student in Combating of Desertification, Yazd University, Iran
 2. Associate Professor, Agriculture College, Ilam University, Iran
 3. Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Department, Ardakan University, Iran
 4. Assistant Professor, Agriculture College, Ilam University, Iran
- * Corresponding author: hasan.fathizad@gmail.com

Received: 2013.07.16

Accepted: 2014.07.09

Abstract

Land cover and land use change occurs during the time due to human activities. Identification and detection of these changes can help planners and managers to recognize the effective factors which cause the changes, and use them at different levels of planning. Studying the rate of resources changes and destruction, and prediction and feasibility study of these changes in future years may play a key role in planning and optimal use of resources and controlling undesirable changes in the future. There are various methods for predicting land use and land cover changes, among them the Markov Chain model can be pointed out. In this study, by using the Landsat satellite data of TM (1995) and ETM⁺ (2000 and 2007) sensors, complementary data of the study area and Markov Chain model the changes occurred in land use and land cover over the past 22 years in Doviraj region of Ilam province are investigated. After performing required corrections on the satellite images and field visits, different land use classes were defined, the training samples were selected and the accuracy of obtained results was evaluated using Kappa coefficient. The results indicate the decreasing trend of forest cover and average rangeland areas of the region (i.e. 2.9 and 17.07 percent, respectively) and increasing trend of poor rangelands, agricultural lands, residential areas and barren land uses (9.17, 2.96, 0.4 and 7.44 percent, correspondingly) which represent total destruction in the region and replacement of weaker land uses. Finally, using Markov Chain model, the status of land use classes in the next 14 years (2021) has been predicted. The results from changes prediction matrix based on the maps of 2000 and 2007 showed that in the time period of 2007-2021 it is probable that 62% of forest lands, 38% of average rangelands, 64% of poor rangelands, 72% of agricultural lands, 69% of residential areas and 76% of barren lands remain unchanged. The average rangelands are of the highest stability and on the other hand poor rangelands have the lowest stability. The calibrated land use maps by Markov Chain model can be employed as an alarming system about the effects and consequences of future land use changes.

Keywords: Markov Chain, Land cover changes, Changes prediction, Landsat imagery, Doviraj