



نخستین اردو و سامان اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال یازدهم / شماره سوم) پاییز ۱۳۹۹

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیولیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت: <http://girs.iaubushehr.ac.ir>



مقاله
پژوهشی

پایش و پیش بینی روند تغییرات اراضی مرتعی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مدل زنجیره مارکوف در حوزه آبخیز نوررود-استان مازندران

نعمت اله کوهستانی^۱، شفق رستگار^۲، قدرت اله حیدری^۳، شعبان شتابی جویباری^۴، حمید امیرنژاد^۵

دریافت: ۶ خرداد ۱۳۹۹ / پذیرش: ۲۷ مرداد ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۳ شهریور ۱۳۹۹

چکیده

دارد؛ لذا نتایج این تحقیق می‌تواند مدیران را برای برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر مراتع منطقه کمک نماید. هدف از انجام این پژوهش پایش و پیش‌بینی روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی حوزه آبخیز نور رود در آینده است که با توجه به این تغییرات اقدامات مدیریتی مناسب در این حوزه آبخیز برای حفظ، احیاء و بهره‌برداری بهینه از جنگل‌ها و مراتع می‌تواند صورت گیرد.

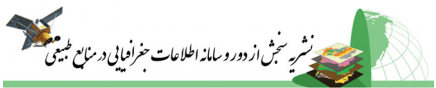
مواد و روش‌ها تحقیق حاضر در حوزه آبخیز نوررود در استان مازندران در جنوب شهرستان نور انجام شده است. این حوزه با مساحتی حدود ۱۳۰۰/۲۵ کیلومترمربع، یکی از زیر حوزه‌های مهم رودخانه بزرگ هراز است و در محدوده جغرافیایی ۱۸' ۵۱" تا ۱۳' ۲۶" ۵۱° طول شرقی و ۵۸' ۰" ۳۶" تا ۱۶' ۳۶" ۳۶° عرض شمالی قرار گرفته است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده‌های TM (۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷) و OLI (۱۳۹۷) سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS) و در ماه‌های کاملاً مشابه (تیرماه)، نقشه‌های توپوگرافی و همچنین از تصاویر گوگل‌ارث و داده‌های کنترل زمینی استفاده شد. بعد از پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های TM (۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷) و OLI (۱۳۹۷)، طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گرفت و نتایج با استفاده از واقعیت زمینی برگرفته از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و عکس‌های هوایی موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری مازندران (برای سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۸۷) و برداشت‌های زمینی (۱۳۹۷) مورد ارزیابی صحت قرار گرفت. دقت نقشه‌های تولیدی با ضریب کاپا

پیشینه و هدف مطالعه و بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در مقیاس‌های متفاوت یک نیاز اساسی برای مدیریت صحیح جنگل‌ها و مراتع است؛ و همچنین با آگاهی از روند تغییرات کاربری و پوشش اراضی در آینده می‌توان، برنامه‌ریزی صحیحی را در جهت کنترل کاهش اثرات نامطلوب بر جنبه‌های مختلف هر اکوسیستم انجام داد. لذا با توجه به اهمیت موضوع، بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در سطح جهان، مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. با توجه به اینکه حوزه آبخیز بلده از مناطق مهم دامداری در استان مازندران است و حتی اقتصاد منطقه که بر مبنای تولیدات کشاورزی و دامی است، وابستگی زیادی به مراتع

نعمت اله کوهستانی^۱، شفق رستگار^۲ (✉)، قدرت اله حیدری^۳، شعبان شتابی جویباری^۴، حمید امیرنژاد^۵

۱. دانشجوی دکتری علوم مرتع، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲. استادیار گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۳. دانشیار، گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۴. استاد، گروه جنگل‌داری، دانشکده جنگل‌داری و فناوری چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۵. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: sh.rastgar@sanru.ac.ir



افزایش مساحت طبقات خاک لخت و سنگلاخی است که روند چنین تغییراتی نه تنها کاهش تولید علوفه مراتع دامداران و کاهش توان اقتصادی آن‌ها را باعث می‌شود بلکه همچنین آثار مخرب جبران‌ناپذیری دیگری مانند فرسایش خاک، کمبود آب، کاهش تولید گیاهان دارویی و غیره را نیز در منطقه به دنبال خواهد داشت. لذا باید سعی شود با اصلاح و احیاء جنگل‌ها و مراتع و اجرای برنامه‌های مدیریتی از کاهش سطح کمی و کیفی این منابع جلوگیری کرد. به‌طورکلی هرچند پیش‌بینی تغییر پوشش اراضی ممکن است اختلافاتی با آنچه در آینده رخ می‌دهد داشته باشد اما می‌تواند هشدار برای تغییر پوشش در آینده باشد.

نتیجه‌گیری یکی از موارد مهم این تحقیق استفاده از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات کاربری و پوشش اراضی و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات پوشش‌های مختلف اکوسیستم‌های مرتعی است. بدین‌صورت که با در اختیار داشتن نقشه پیکسل‌های هر یک از پوشش‌های اراضی، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک گرفت. نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. به‌منظور دستیابی به نتایج بهتر و کمک به امر مدیریت مرتع در آینده پیشنهاد می‌شود از مدل تلفیقی زنجیره مارکوف (CA-Markov) جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات پوشش مراتع کشور استفاده گردد و ضمن نظارت بیشتر بر مدیریت تغییرات پوشش اراضی حوزه‌های آبخیز، میزان اثربخشی پروژه‌های مرتع‌داری و جنگل‌کاری در تغییرات پوشش اراضی مرتعی و جنگلی مورد ارزیابی قرار گیرد. شد نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در ارائه یک روش بهینه در کاهش حجم داده‌های ورودی به فرآیند پردازش تصاویر طبقه‌بندی مراتع و پیش‌بینی تغییرات آتی آن‌ها مفید بوده و بر لزوم انجام پژوهش در بررسی روند توسعه ناهمگون آبخیز نوررود در گسترش اراضی مسکونی، فعالیت‌های معدنی، عدم رعایت مدیریت چرا و تغییرات اقلیمی بر سلامت اکوسیستم‌های طبیعی تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: پوشش اراضی، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی، تغییرات کاربری، مدل تلفیقی مارکوف، حوزه آبخیز نوررود

محاسبه شد. سپس با استفاده از ماتریس احتمال تبدیل طبقات کاربری اراضی و اعمال مدل تلفیقی زنجیره‌های مارکوف در سه مقطع ده‌ساله طی سال‌های (۱۳۹۷-۱۴۲۷)، نقشه وضعیت پوشش اراضی حوزه آبخیز نوررود، پیش‌بینی گردید.

نتایج و بحث نتایج تحقیق طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ (۳۰ سال) نشان داد که مناطق جنگلی و مراتع درجه یک و سه در حوزه آبخیز نوررود روند کاهشی و مراتع درجه دو و اراضی سنگلاخی و مسکونی نیز روند افزایشی را داشته است. سطح کل مراتع از ۱۱۶۲۰۶ هکتار در سال ۱۳۶۷ به ۱۰۶۳۳۶ هکتار در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است. همچنین مدل پیش‌بینی مارکوف با دقت بیش از ۸۵ درصد نشان می‌دهد روند تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۴۲۷ (۳۰ سال) نیز همانند دوره‌های قبل خواهد بود به این صورت که کاربری‌های وضعیت پوشش مرتعی درجه یک (پرتراکم)، روند کاهشی (کاهش ۳۵۳۷ هکتار) و کاربری‌های نواحی سنگلاخی و مسکونی نیز روند افزایشی را تا سال ۱۴۲۷ پیش‌بینی خواهند داشت. بیشترین و کمترین ضریب کاپا به ترتیب مربوط به تصاویر سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۶۷ با مقادیر ۰/۸۶ و ۰/۸۱ بوده است. مدل پیش‌بینی مارکوف با دقت بیش از ۸۵ درصد نشان داد روند تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۴۲۷ (۳۰ سال) نیز همانند دوره‌های قبل خواهد بود. به این صورت که کاربری‌های وضعیت پوشش مرتعی درجه یک، روند کاهشی و کاربری‌های نواحی سنگلاخی و مسکونی نیز روند افزایشی را تا سال ۱۴۲۷ پیش‌بینی خواهند داشت. بخش زیادی از اراضی مرتعی (عمدتاً درجه ۳ و ۲) در پایین‌دست حوزه آبخیز نوررود به‌خصوص از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ تبدیل به اراضی لخت و فاقد پوشش شده است و ادامه این روند باعث افزایش فرسایش خاک و همچنین تبدیل این قسمت از عرصه به کانون گردوغبار خواهد شد که لازم است بعد از برداشت‌های مواد معدنی، عرصه مورد احیاء قرار گیرد. مدل‌سازی تغییرات پوشش اراضی حاکی از آن است که با ادامه روند کنونی، شاهد کاهش سطح ۱۴۷۹ هکتاری جنگل و ۱۲۴۷۰ هکتاری مرتع در ۳۰ سال آینده خواهیم بود. درحالی‌که اراضی فاقد پوشش گیاهی و همچنین مناطق سنگلاخی و مسکونی دارای رشد صعودی خواهند بود. بیشترین درصد تغییرات کاربری از سال ۱۴۲۷ نسبت به سال ۱۳۹۷ مربوط به

و استفاده از طبقه‌بندی پیکسل پایه (بیشترین شباهت) و شیء‌گرا به استخراج تیپ‌های مختلف مرتعی و طبقه‌کشاوری پرداختند. نتایج نشان‌دهنده دقت قابل قبول هردو روش طبقه‌بندی و تفاضل کم ضریب کاپا و دقت کلی است. لیکن در روش‌های شیء‌گرا در مقایسه با روش‌های پیکسل پایه با در نظر گرفتن اطلاعات مربوط به شکل، بافت و اطلاعات طیفی تصویر از دقت بالاتری برخوردار خواهند بود. با این حال محدودیت در انتخاب پارامترهای بهینه قطع‌بندی و خطای بالقوه موجود در قطع‌بندی از مشکلات و آسیب‌های روش شیء‌گرا می‌باشند که استفاده از این روش را با چالش جدی روبرو می‌سازد.

از طرف دیگر روش‌های مختلفی از جمله مدل زنجیره مارکوف (CA-Markov)، شبکه عصب مصنوعی و رگرسیون لجستیک برای مدل‌سازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی وجود دارد که در بین این روش‌ها استفاده از مدل زنجیره مارکوف به دلیل سازگاری بهتر با داده‌های سنجنش‌ازدور، به یک ابزار مفید در علوم محیطی تبدیل شده است. زنجیره مارکوف یک سری از مقادیر تصادفی است که احتمال آن‌ها در فاصله زمانی داده‌شده به مقدار اعداد در زمان گذشته وابسته است (۶، ۷ و ۱۶). جنریت و ووی (۱۰) به منظور درک چگونگی تغییر چشم‌انداز بیابان‌ها در مرکز آریزونا با استفاده از مدل ترکیبی مارکوف و اتوماتای سلولی (Markov-cellular automata) اقدام به آنالیز مکانی سری‌هایی از الگوی کاربری اراضی طی سال‌های (۱۹۱۲-۱۹۵۵) نمودند. در این ارتباط زیر (۳۱)، نسبت به آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی منطقه ایلورین در ایالت کوآرا در دوره زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۰۱ پرداختند. سپس به پیش‌بینی تغییرات پوشش و کاربری اراضی برای ۱۴ سال آینده با استفاده از مدل مارکوف و اتوماتای سلولی پرداخت.

ایی و همکاران (۲۷) تغییر کاربری اراضی ایالت ناینجینگ چین را در دوره زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۰۰ با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجنش‌ازدور بررسی و با استفاده از شبکه خودکار مارکوف کاربری اراضی سال‌های ۲۰۱۵ و

افزایش جمعیت و افزایش نیاز غذایی در دهه‌های اخیر باعث تخریب و تبدیل سطح زیادی از مراتع به سایر کاربری‌ها شده است و این تخریب و تبدیل عواقب جبران‌ناپذیری از جمله سیل‌های مخرب، کمبود آب، فرسایش خاک و غیره را به دنبال داشته است. یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در امور منابع طبیعی و محیط‌زیست آگاهی از میزان و روند تغییرات کاربری/پوشش اراضی در طول زمان است. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و برقراری ارتباط بین این تغییرات با عواقب اقتصادی- اجتماعی حاصل از آن اهمیت بسیار بالایی برای مدیریت پایدار اراضی دارد (۲۳) و لذا مدل‌های پیش‌بینی کاربری اراضی برای برنامه‌ریزی استفاده پایدار از زمین یک نیاز ضروری است (۱۴).

تغییرات کاربری و پوشش اراضی به‌خصوص در دهه‌های اخیر به دلیل عوامل مختلفی از جمله تخریب مراتع و جنگل‌ها، افزایش‌یافته است و لذا فن‌آوری سنجنش‌ازدور می‌تواند در ارزیابی، بررسی و پایش این تغییرات بسیار مهم است. با توجه به‌پهنه‌های وسیع حوزه‌های آبخیز و تنوع پوشش اراضی روش‌های مختلفی جهت طبقه‌بندی پوشش اراضی و وضعیت مراتع با درجات مختلفی از پیچیدگی و دقت توسط محققین به کار گرفته شده است. گودرزی و همکاران (۸) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده TM) به ارزیابی کاربری/پوشش اراضی حوزه آبخیز نمود پرداختند. در این تحقیق با استفاده تکنیک‌های آشکارسازی (ترکیب رنگی کاذب، تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی) و شاخص پوشش گیاهی NDVI و طبقه‌بندی نظارت‌شده انواع پوشش اراضی کشاورزی آبی، کشاورزی دیم، مناطق صخره‌ای (توده‌ای سنگی) و انواع طبقات مراتع (درجه یک، دو و سه) را با دقت کلی ۸۹/۵ درصد از هم تفکیک نمودند. کشاورز و همکاران (۱۲) در پژوهشی به مقایسه دقت روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه و تفکیک پوشش گیاهی در مراتع شهرستان بروجن پرداختند. آن‌ها با استفاده از تصاویر لندست

کاربری اراضی در اکوسیستم‌های طبیعی کشور را نشان می‌دهد.

هدف از انجام این پژوهش ارائه یک روش بهینه و کارآمد جهت طبقه‌بندی، پایش و پیش‌بینی تغییرات منابع پوشش گیاهی مراتع در اکوسیستم‌های طبیعی حوزه‌های آبخیز است. در این پژوهش با استفاده از انجام محاسبات تصویری و حذف همبستگی بین باندهای مختلف و استخراج شاخص پوشش گیاهی NDVI طبقات مراتع برحسب درجه یک، درجه دو و درجه سه تفکیک شدند. همچنین بهره‌گیری از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال در پردازش تصاویر و الگوریتم زنجیره مارکوف به پیش‌بینی روند تغییرات و استخراج اطلاعات مدنظر با سرعت و دقت قابل قبول در پردازش تصاویر ماهواره‌ای در این پژوهش انجامیده است.

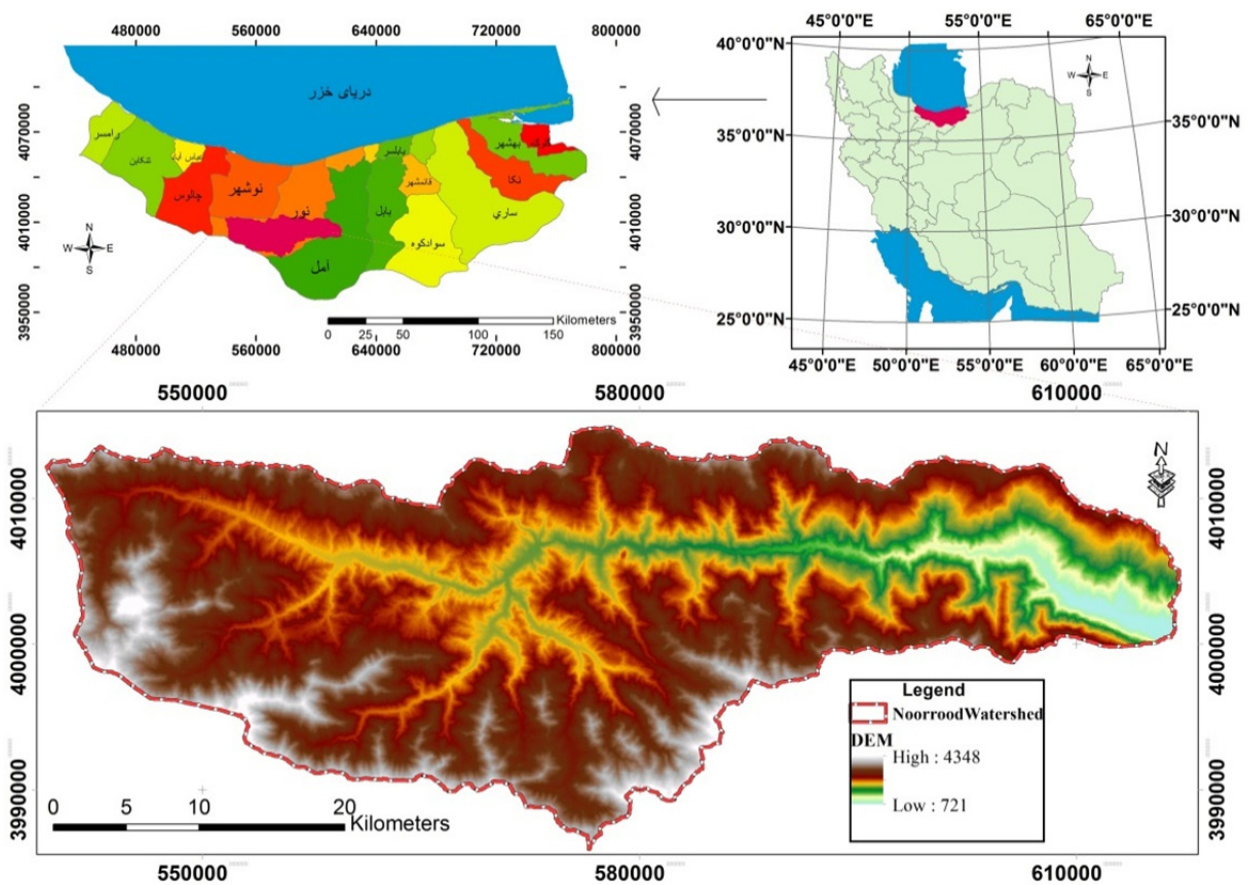
روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نوررود در استان مازندران در جنوب شهرستان نور واقع است. این حوزه با مساحتی حدود ۱۳۰۰/۲۵ کیلومتر مربع، یکی از زیر حوزه‌های مهم رودخانه بزرگ هراز است و حدود یک سوم مساحت این حوزه بزرگ را تشکیل می‌دهد. حوزه مذکور در جنوب استان مازندران، در محدوده جغرافیائی $51^{\circ} 21' 18''$ تا $51^{\circ} 26' 13''$ طول شرقی و $36^{\circ} 0' 58''$ تا $36^{\circ} 36' 16''$ عرض شمالی قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع حوزه ۴۳۳۳ متر و حداقل ارتفاع آن ۷۲۱ متر از سطح دریا، میزان بارندگی سالانه حدود ۳۲۰ میلی‌متر و اقلیم آن طبق روش دومارتن نیمه‌خشک است. بیشترین سطح محدوده مورد مطالعه به اراضی مرتعی اختصاص دارد که انواع گونه‌های گیاهی متعلق به خانواده گندمیان، چتریان، آفتابگردان، پروانه‌آسا و غیره در این مراتع رویش دارند (شکل ۱).

۲۰۳۰ را شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که در دوره زمانی مورد مطالعه کاربری جنگل روند کاهشی و کاربری اراضی کشاورزی روند افزایشی داشته است. مطالعه وانگ و همکاران (۲۴) که تغییرات کاربری اراضی ساگا در ژاپن را برای سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۲ با استفاده از مدل زنجیره‌های مارکوف مورد مطالعه قراردادند نیز افزایش اراضی شهری و کاهش اراضی طبیعی و کشاورزی را نشان داد. چانگ‌چنگ و چانگ‌جوئی (۳) برای بررسی پوشش گیاهی و پیش‌بینی تغییرات منطقه جیوجیو از مدل مارکوف و داده‌های ماهواره اسپات در دوره‌های زمانی ۱۹۹۹، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۵ استفاده کرده‌اند که نتایج آن گویای قابلیت بالای مدل مذکور در پیش‌بینی روند تغییرات پوشش گیاهی است.

هرناندز گوزمان و همکاران (۹) تغییرات کاربری/ پوشش اراضی را در منطقه غربی و مرکزی مکزیک مورد بررسی قراردادند. در این بررسی نقشه‌های موضوعی در سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۷ با استفاده از تصاویر لندست تهیه و با استفاده از زنجیره مارکوف تغییرات کاربری/ پوشش اراضی برای سال‌های ۲۰۳۳ و ۲۰۵۰ پیش‌بینی گردید. در ایران نیز زارع‌گاریزی و همکاران (۲۹) از تصاویر سنجنده TM (۱۹۸۷)، نقشه کاربری (۲۰۰۰) و تصویر ETM⁺ (۲۰۰۹) استفاده کردند و پوشش و کاربری سال ۲۰۰۹ را با استفاده از مدل زنجیره مارکوف پیش‌بینی کردند. همچنین پژوهش‌های عزیز قلاتی و همکاران (۲) در پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی در منطقه کوهمره سرخی استان فارس، میرعلیزاده فرد و علی بخشی (۱۶) در پایش و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی دشت برتش استان ایلام، عسگری زاده و همکاران (۱) در بررسی گذشته، حال و آینده تغییرات پوشش گیاهی مراتع البرز مرکزی، صالحی و همکاران (۲۲) در حوزه آبخیز صفارود استان مازندران، قابلیت بالای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل زنجیره مارکوف در پایش و پیش‌بینی تغییرات



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز نوررود، استان مازندران، ایران
 Fig. 1. Location of the study area in Nour-rud basin, Mazandaran province, Iran

اراضی انجام گرفت. به طور کلی برای عملیات پردازش (طبقه بندی تصاویر ماهواره ای) و پایش تغییرات، پیش پردازش تصاویر ماهواره ای امری لازم و ضروری است. در ابتدا عملیات زمین مرجع کردن (Geo referencing) بر روی تصاویر باهدف تصحیح هندسی اعمال شد. برای این منظور از نقشه های توپوگرافی موجود و سیستم مختصات UTM استفاده شد به این ترتیب که تعداد ۱۹ نقطه کنترلی پراکنده در سطح منطقه روی نقشه توپوگرافی انتخاب و بر روی تصویر تعریف گردیدند. ریشه مربع خطا (RMSE) برابر ۰/۶۵ به دست آمد. برای رفع خطای اتمسفری در تصاویر سنجنده های TM از ماژول تصحیح اتمسفری (Quick Atmospheric Correction) در نرم افزار ENVI استفاده شد.

این ماژول با استفاده از شاخص های زمان و مکان و شاخص های فیزیکی دیگر، اقدام به تولید یک مدل انتقال

داده های مورد استفاده

در این تحقیق، از تصاویر ماهواره ای لندست از سنجنده های TM (۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷) و OLI (۱۳۹۷) سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده (USGS) از ماه های کاملاً مشابه (تیرماه)، نقشه های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و عکس های هوایی اورتو با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و همچنین از تصاویر گوگل ارث و داده های کنترل زمینی استفاده شد.

پیش پردازش تصاویر

مرحله پیش پردازش همواره به عنوان یکی از مهم ترین مراحل در پردازش تصاویر ماهواره ای مطرح بوده است. این مرحله شامل آماده سازی تصاویر برای پردازش است. پس از تهیه تصاویر ماهواره ای پیش پردازش و پردازش اطلاعات مورد نیاز بر روی تصاویر تهیه شده به منظور استخراج نقشه پوشش

وضوح بهتری نمایان شده و تفاوت میان اراضی خاک لخت و سنگلاخی از مراتع درجه ۳ به خوبی قابل تفکیک خواهد بود.

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی یکی از کاربردی ترین شاخص های پوشش گیاهی است که کارایی مفید آن در بسیاری از مطالعات توسط محققان مختلف گزارش شده است. شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) به عنوان باندهای ورودی در طبقه بندی ها شرکت داده شد و دقت آن ها مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که منطقه مورد مطالعه بیشتر از پوشش گیاهی تشکیل گردیده است. ارزش عددی این شاخص بین اعداد ۱ تا -۱ در نوسان است و ثابت شده که هر چه به عدد ۱ نزدیک شود بر میزان پوشش گیاهی افزوده می گردد. ارزش عددی ۱ برای اراضی جنگلی متراکم و ارزش عددی -۱ برای کاربری خاک لخت است. به دلیل اینکه بازه فوق متراکم بوده و تفکیک پذیری انواع مراتع کمی مشکل است. ضرب تصویر NDVI در عدد ۱۲۷ و سپس جمع آن با ۱۲۸ تصویر حاصل در بازه ۰-۲۵۵ نمایان شد که با استفاده از این تصویر تفکیک طبقات جنگل و مرتع از هم امکان پذیر بوده، لیکن طبقات کشاورزی و اراضی لخت و سنگلاخی در تقابل با این طبقات نیز در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. نام طبقات و ضریب شاخص برای هر طبقه در جدول ۱ آمده است. ضمناً کاربری مرتع بر اساس تراکم پوشش گیاهی به سه طبقه مرتع درجه یک (درصد تاج پوشش بیش از ۶۲/۵ درصد)، مرتع درجه دو (درصد تاج پوشش ۳۷/۵ از ۶۲/۵ درصد) و مرتع درجه سه (درصد تاج پوشش کمتر از ۳۷/۵ درصد) تقسیم بندی شده است.

تابشی با استفاده از MODTRAN4 می کند. از آنجاکه این ماژول بر مبنای مدلی فیزیکی است، نسبت به مدل های تصحیح اتمسفری دیگر دقت بهتری دارد (۵).

پردازش تصاویر و آشکارسازی تصاویر ماهواره ای

هریک از سنجنده های TM و OLI دارای چندین باند در بخش مرئی و مادون قرمز بوده که تصاویر رنگی کاذب بسیاری را ارائه می دهند و این تصاویر قابلیت زیادی در شناخت عوارض و پدیده های مختلف زمینی دارند. برای آشکارسازی و استخراج اطلاعات مفیدتر از تصاویر ماهواره ای، تصاویر رنگی کاذب ایجاد شد. تصاویر رنگی از نظر توانایی چشم به لحاظ تفسیر چشمی و تفکیک پدیده های مختلف دارای کیفیت بالاتری نسبت به تصاویر با تن خاکستری است. در این مطالعه برای نمایش واضح تر دیده های خاص، تصاویر با ترکیب رنگی کاذب تهیه و تولید شدند.

با توجه به هدف مطالعه از میان رنگ های ایجاد شده ترکیب رنگی ۳، ۴ و ۵ سنجنده TM و ۴، ۵ و ۶ سنجنده OLI در تعیین نمونه های تعلیمی و تعیین دقیق نقاط کنترل زمینی استفاده گردید. از آنجایی که جداسازی و تفکیک بعضی از طبقات در شاخص های پوشش گیاهی مورد بررسی به راحتی امکان پذیر نیست، لذا از روش متراکم سازی اطلاعات که در تفسیر اطلاعات کمک کننده است مثل تجزیه مؤلفه اصلی برای حذف همبستگی بین باندهای مختلف و همچنین فشرده سازی و جلوگیری از افزونگی مجموعه داده ها، مؤلفه های اصلی استفاده شد. PCA روشی برای تبدیل مختصات و کاهش داده ها در سنجش از دور است. مهم ترین فواید PCA جمع آوری و متراکم ساختن اطلاعات پدیده های موجود در باندهای مختلف در تعداد کمتری باند یا مؤلفه است. با استفاده از تصاویر حاصل از این روش مناطق سنگلاخی و مسکونی با

جدول ۱. طبقه‌بندی استفاده‌شده برای شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

Table 1. Determining the specific level of vegetation on the basis of NDVI

نام طبقه	ضریب شاخص برای هر طبقه
جنگل	بزرگ‌تر مساوی ۲۰۰ تا ۲۵۰
مرتع درجه یک و کشاورزی	بزرگ‌تر مساوی ۱۷۰ تا کوچک‌تر از ۲۰۰
مرتع درجه دو	بزرگ‌تر مساوی ۱۵۰ تا کوچک‌تر از ۱۷۰
مرتع درجه سه و اراضی لخت	بزرگ‌تر مساوی ۱۵۰ تا کوچک‌تر از ۱۷۰
اراضی لخت و سنگلاخی	کوچک‌تر از ۱۵۰

طبقه‌بندی تصاویر (Image Classification)

جهت طبقه‌بندی تصاویر ابتدا اقدام به برداشت نمونه‌های تعلیمی به روش نمونه‌برداری تصادفی ساده از منطقه مورد مطالعه شد. این نمونه‌ها به نحوی برداشت شد که تا شعاع ۳۰ متری، یک تیپ همگن از پوشش گیاهی را نشان می‌دادند به طوری که مساحت هر کدام از نمونه‌های تعلیمی برای هر کاربری معادل حداقل ۶ پیکسل از تصویر باشد. تعریف طبقات اولین اقدامی است که در انجام طبقه‌بندی مؤثر خواهد بود. فاکتورهای مختلفی با تأثیر بر روند طبقه‌بندی، لیست نهایی طبقات را تغییر می‌دهند. در طبقه‌بندی تصاویر اگرچه تأکید بر طبقات مختلف مراتع بوده لیکن جهت تعیین روند تغییرات طبقات به سایر کاربری‌ها طبقات کشاورزی، جنگل و اراضی بایر و صخره‌ای نیز در نظر گرفته شده است. انتخاب نمونه‌های تعلیمی در این تحقیق با استفاده از برداشت‌های میدانی، تفسیر عکس‌های هوایی و تفسیر بصری با استفاده از ترکیب رنگی کاذب و تصاویر حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. تعداد نمونه‌های تعلیمی برای هر کدام از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷، ۱۳۹۷ برابر با ۳۰۰ نمونه بودند که ۷۰ درصد داده‌ها را برای مرحله طبقه‌بندی و ۳۰ درصد آن‌ها را برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. مرحله بعد انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی است که از مراحل مهم در طبقه‌بندی است. در این تحقیق از الگوریتم حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) استفاده شد. در روش‌های طبقه‌بندی گاهی به جای استفاده از باندهای اصلی

لایه‌های محاسباتی جدیدی بر مبنای محاسبات تصویری انجام گرفته در طبقه‌بندی تصاویر وارد می‌شوند. بالا رفتن دقت طبقه‌بندی به علت استفاده از شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) گزارش شده است (۱۵ و ۳۱). همچنین تحقیقات اخیر نشان داده است که ترکیب PCA با شاخص‌های پوشش گیاهی صحت طبقه‌بندی را افزایش داده و در بررسی تغییرات زیست‌محیطی حائز اهمیت است (۱۹، ۲۰ و ۲۴). در این پژوهش تصویر حاصل از شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) و سه مؤلفه اول حاصل از PCA در طبقه‌بندی وارد شدند.

مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات با مدل تلفیقی زنجیره مارکوف

مدل مارکوف کاربردهای گسترده‌ای در مدل‌سازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی دارد. 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 احتمالات تبدیل وضعیت، ماتریس مساحت‌های تبدیل شده هر کلاس و در نهایت تصاویر احتمالات شرطی برای تبدیل کاربری‌های مختلف است (۸ و ۲۰).

در این مطالعه با استفاده از ماتریس احتمال تبدیل نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۷ نقشه

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه پوشش اراضی مربوط به سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷، ۱۳۹۷ به دست آمد. نتایج با استفاده از واقعیت زمینی مورد ارزیابی صحت قرار گرفت. ارزیابی خطا و برآورد دقت طبقه‌بندی بر اساس پارامترهای آماری حاصل از ماتریس خطا استخراج می‌شود. این ماتریس حاصل مقایسه پیکسل‌های معلوم و پیکسل‌های متناظر در طبقه‌بندی است. پس از تشکیل ماتریس خطا، ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا صورت گرفت (۱ و ۲۴).

$$OA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n pii \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی، $\sum pii$ جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا است.

$$ka = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [2]$$

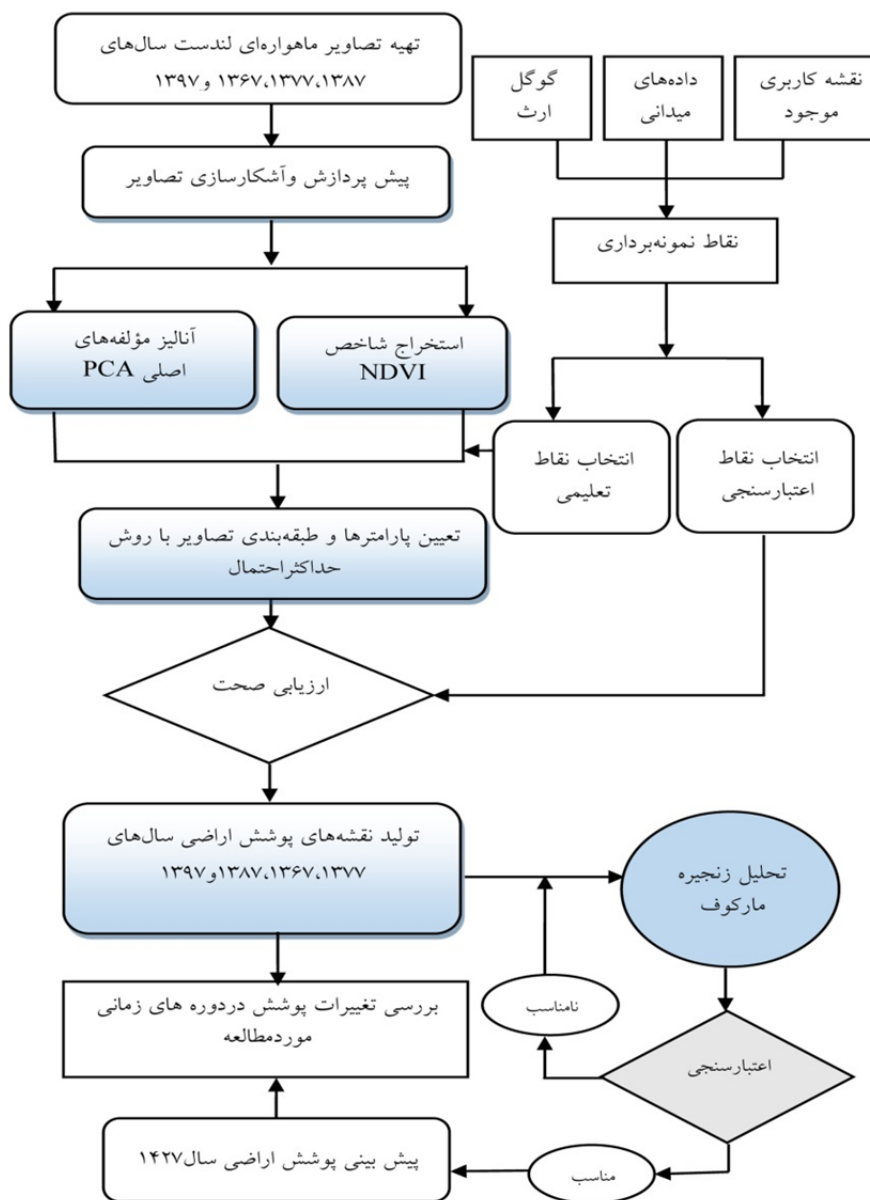
در این رابطه؛ P_o نشان‌دهنده درستی مشاهده، P_c توافق مورد انتظار است. برای ارزیابی صحت نتایج مدل CA-Markov در شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی از شاخص کاپا استفاده شد. این شاخص صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی ارزیابی می‌کند.

پوشش اراضی سال ۱۳۹۷ شبیه‌سازی گردید و سپس با استفاده از نقشه واقعی (۱۳۹۷) اعتبارسنجی می‌شود و در ادامه با استفاده از ماتریس احتمال تبدیل سال‌های مذکور نقشه پوشش اراضی حوزه آبخیز نور رود برای (۱۴۲۷) پیش‌بینی می‌گردد. جهت اعتبار سنجی مدل تلفیقی زنجیره مارکوف (CA-Markov) از ابزار VALIDATE در نرم‌افزار IDRISI TerrSet استفاده شد.

پس‌ازاینکه نقشه پوشش اراضی هر دوره استخراج شد، اقدام به تهیه نقشه‌های آشکارسازی تغییرات گردید. آشکارسازی به‌منظور مشخص نمودن میزان تغییر مساحت وضعیت‌های مختلف پوشش در یک دوره ۳۰ ساله انجام می‌شود. همچنین نقشه‌های تهیه‌شده تغییرات پوشش اراضی هر دوره، باهم مقایسه شدند. ضمناً بر اساس نقشه‌های تغییرات هر دوره، مساحت هر یک از طبقات پوشش اراضی نیز محاسبه گردید. احتمال انتقال محاسبه‌شده از هر پوشش به نوع دیگر با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه گردید.

در مدل مارکوف حالت سیستم در زمان ۲ می‌تواند بر اساس حالت سیستم در زمان ۱ پیش‌بینی شود و در نتیجه از ماتریس احتمالات انتقال به‌عنوان پایه مدل‌سازی تغییر پوشش اراضی استفاده گردید (۴). شکل ۲، مراحل اجرای تحقیق را نشان می‌دهد.

تعیین صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی



شکل ۲. مراحل اجرای تحقیق
Fig. 2. Research implementation steps

سال ۱۳۹۷ به ترتیب برابر با ۰/۸۴ و ۸۷ درصد است (جدول ۲). نقشه پوشش اراضی حوزه آبخیز نور رود به صورت شکل ۴ تهیه شد. همچنین شکل‌های ۵ و ۶ میزان افزایش و یا کاهش هریک از طبقات بین سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد.

نتایج

نتایج صحت سنجی نقشه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین ضرایب صحت‌سنجی مربوط به تصویر سال ۱۳۹۷ است. به طوری که ضریب کاپا و صحت کلی نقشه به دست آمده برای

جدول ۲. مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌های طبقه‌بندی

Table 2. The values of the Kappa coefficient and the general accuracy of the classification maps

نام سنجنده	سال	الگوریتم طبقه‌بندی	ضریب کاپا	صحت کلی (%)
TM	۱۳۶۷	حداکثر احتمال	۰/۸۱	۸۰
TM	۱۳۷۷	حداکثر احتمال	۰/۸۶	۸۵
TM	۱۳۸۷	حداکثر احتمال	۰/۸۲	۸۳
OLI	۱۳۹۷	حداکثر احتمال	۰/۸۴	۸۷

همان‌طوری که در نقشه‌های طبقه‌بندی شده و جدول مساحت طبقات (جدول ۳) مشاهده می‌شود، مرتع بیشترین مساحت اصلی‌ترین نوع کاربری زمین را در حوزه آبخیز نور رود دارا است و کمترین مساحت مربوط به کاربری کشاورزی است. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد که نواحی جنگل از ۲۹۳۶/۹۸ هکتار در سال ۱۳۶۷ به ۲۳۰۵/۸ هکتار در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است. همچنین مناطق مرتعی نیز در دوره مشابه ۳۰ ساله ۹۸۶۹/۹۵ هکتار روند کاهشی را طی کرده است و بیشترین دوره کاهشی نواحی مرتعی در دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۷ بوده است. از طرفی نواحی سنگلاخی و خاک لخت روند افزایشی را نشان می‌دهند.

همان‌طوری که در نقشه‌های طبقه‌بندی شده و جدول مساحت طبقات (جدول ۳) مشاهده می‌شود، مرتع بیشترین مساحت اصلی‌ترین نوع کاربری زمین را در حوزه آبخیز نور رود دارا است و کمترین مساحت مربوط به کاربری کشاورزی است. نتایج طبقه‌بندی نشان می‌دهد که نواحی جنگل از ۲۹۳۶/۹۸ هکتار در سال ۱۳۶۷ به ۲۳۰۵/۸ هکتار در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است. همچنین مناطق مرتعی نیز در دوره مشابه ۳۰ ساله ۹۸۶۹/۹۵ هکتار روند کاهشی را طی کرده است و بیشترین دوره کاهشی نواحی مرتعی در دوره ۱۳۸۷-۱۳۹۷ بوده است. از طرفی نواحی سنگلاخی و خاک لخت روند افزایشی را نشان می‌دهند.

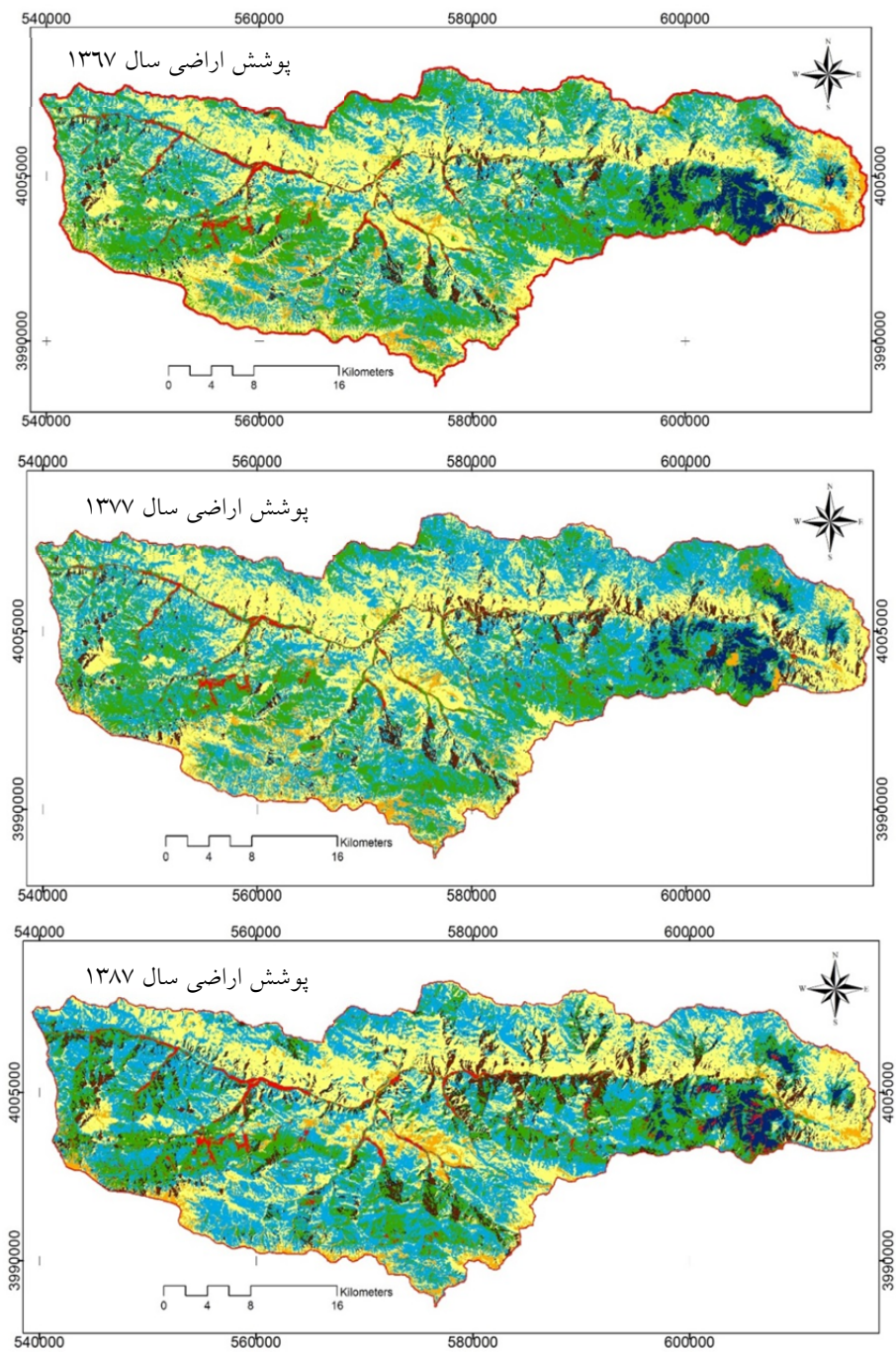
جدول ۳. مساحت پوشش زمین در سال‌های مورد بررسی

Table 3. Land cover area in the studied years

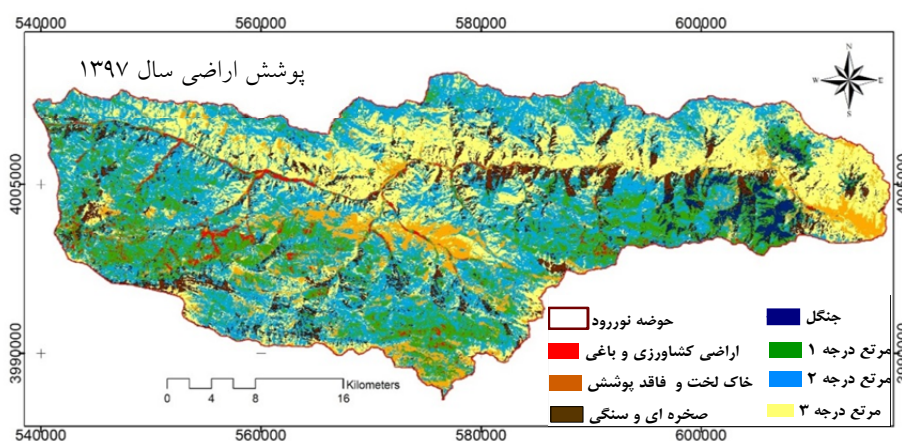
طبقه پوشش	۱۳۶۷		۱۳۷۷		۱۳۸۷		۱۳۹۷	
	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد
جنگل	۲۹۳۶/۹۸	۲/۲۸	۲۶۱۹/۱۳	۲/۰۴	۲۶۲۶	۲/۰۴	۲۳۰۵/۸	۱/۷۹
خاک لخت	۴۵۵۶/۹۹	۳/۵۴	۵۴۳۱/۵۴	۴/۲۲	۶۴۸۵/۶	۵/۰۴	۱۰۴۷۷/۲	۸/۱۴
سنگلاخی	۳۱۴۲/۵۱	۲/۴۴	۴۴۰۹/۶۸	۳/۴۳	۵۰۴۴/۴	۳/۹۲	۷۳۷۷/۳	۵/۷۳
کشاورزی	۱۸۳۶/۶۴	۱/۴۳	۱۵۰۱/۴۴	۱/۱۷	۲۶۲۲/۹	۲/۰۴	۲۱۷۸/۴	۱/۶۹
مرتع درجه ۱	۳۰۸۰۱/۴۷	۲۳/۹۴	۲۴۲۴۱/۸۴	۱۸/۸۴	۲۴۲۲۴/۵	۱۸/۸۳	۲۰۴۲۷/۱	۱۵/۸۸
مرتع درجه ۲	۳۸۳۴۵/۴۷	۲۹/۸	۴۶۷۹۹/۶۱	۳۶/۳۷	۴۶۶۷۶/۸	۳۶/۲۸	۴۹۱۰۳/۵	۳۸/۱۶
مرتع درجه ۳	۴۷۰۵۹/۲۱	۳۶/۵۷	۴۳۶۷۴/۹	۳۳/۹۴	۴۰۹۹۳/۲	۳۱/۸۶	۳۶۸۰۵/۶	۲۸/۶
جمع	۱۲۸۶۷۹/۳	۱۰۰	۱۲۸۶۷۸/۱	۱۰۰	۱۲۸۶۷۳/۴	۱۰۰	۱۲۸۶۷۴/۹	۱۰۰

همان‌طوری که در شکل‌های ۳ و ۴ مشخص شده است، بیشترین تغییرات مساحت پوشش‌های مختلف اراضی مربوط به کاربری مرتع بوده است و در بین پوشش‌های مختلف مرتعی، مرتع درجه ۲ بیشترین تغییرات را داشته است به‌طوری‌که مساحت مراتع درجه ۲ از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ روند افزایشی را داشته است. ضمناً کاربری کشاورزی، کمترین تغییرات را در بین پوشش‌های مختلف اراضی و در واقع

بیشترین پایداری را داشته است. همان‌طوری‌که در نقشه‌ها مشخص است روند تغییرات تبدیل پوشش‌های مختلف مرتعی به اراضی لخت یا سنگلاخی در انتهای حوزه آبخیز نور رود بسیار بیشتر بوده است. به‌طورکلی بیشترین تغییرات پوشش‌های مختلف اراضی (به‌غیر از کاربری کشاورزی) طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ اتفاق افتاده است.



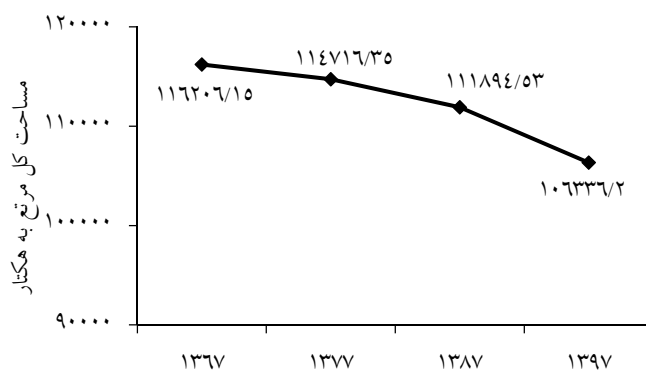
شکل ۳. نقشه‌های پوشش / کاربری اراضی سال‌های مطالعه
Fig. 3. Land cover / land use maps of study years



شکل ۳. (ادامه)

Fig. 3. (continued)

نتایج روند کاهش سطح مراتع را بین سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ نشان می‌دهد که سطح کل مراتع از ۱۱۶۲۰۶ هکتار در سال ۱۳۶۷ به ۱۰۶۳۳۶ هکتار در سال ۱۳۹۷ کاهش یافته است (شکل ۴).



شکل ۴. روند کاهش سطح کل مراتع به هکتار طی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷

Fig. 4. The trend of reducing the total area of rangelands per hectare during the years 1988 to 2018

سنگلاخی بوده است و در واقع بیشترین نقش را در افزایش مساحت نواحی فاقد پوشش را داشته است (جدول ۴).

نتایج روند تبدیل کاربری‌ها در این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان تبدیل کاربری‌ها در دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷) مربوط به تبدیل کاربری مراتع به نواحی فاقد پوشش و

جدول ۴. ماتریس تغییرات کاربری/پوشش اراضی برای دوره‌های مختلف (۱۳۶۷-۱۳۹۷)

Table 4. Matrix of landuse/landcover change for different periods (1988-2018)

سال ۱۳۶۷							سال ۱۳۹۷
کشاورزی	سنگلاخی	خاک لخت	مرتع درجه ۳	مرتع درجه ۲	مرتع درجه ۱	جنگل	
۱۰۳۵	۲۴۳۹	۱۸۵	۱۸	۴۳۱	۹۱۸۶	۱۲۵۸۱	جنگل
۷۹۱۸	۴۴۷۲	۱۰۶۰۷	۵۴۵۴	۸۴۷۷۷	۱۱۳۲۱۲	۱۴۸۴	مرتع درجه ۱
۲۷۳	۲۷۴۶۰	۱۵۸۷۱	۹۲۸۰۹	۳۶۶۲۶۰	۳۷۱۰۴	۶۵	مرتع درجه ۲
۳۱۸	۲۱۵۱۶	۴۷۴۶۲	۲۴۱۶۷۳	۹۳۶۶۵	۴۵۰۱	۳۳	مرتع درجه ۳
۱۴۸	۱۹۴۵	۶۶۳۰۴	۳۲۳۹۲	۱۵۴۴۱	۱۸۴۵	۱۵۷	خاک لخت
۱۲۶	۵۶۵۰۸	۳۸۷	۱۶۹۳۹	۹۴۹۲	۲۳۲	۲۱	سنگلاخی
۱۲۹۶۵	۲۰	۱۰۵۹	۱۹۷	۱۹۰۱	۷۴۳۵	۱۴۶۵	کشاورزی

این دوره به خاک لخت و سنگلاخی و بیشترین تبدیل کاربری جنگل به مرتع بوده است.

همان‌طوری که در جدول ۵ مشخص شده است روند تبدیل کاربری مرتع و جنگل در دوره ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ نیز کاهشی بوده است. به‌طوری که بیشترین تبدیل کاربری مرتع در

جدول ۵. ماتریس تغییرات کاربری/پوشش اراضی برای دوره‌های مختلف (۱۳۷۷-۱۳۹۷)

Table 5. Matrix of landuse/landcover change for different periods (1998-2018)

سال ۱۳۷۷							سال ۱۳۹۷
کشاورزی	سنگلاخی	خاک لخت	مرتع درجه ۳	مرتع درجه ۲	مرتع درجه ۱	جنگل	
۳۵۹	۱۸۴۵	۲۲	۵	۱۰۲	۵۹۱۱	۱۷۶۳۲	جنگل
۱۲۰۵۷	۲۵۷۹	۸۰۲۸	۱۸۹۹	۶۰۷۴۰	۱۳۹۲۴۵	۳۳۷۷	مرتع درجه ۱
۲۲۱	۲۲۴۹۶	۲۳۱۷۱	۷۷۳۶۴	۳۶۶۱۸۴	۵۰۳۴۵	۶۱	مرتع درجه ۲
۹۱	۲۳۴۰۹	۴۷۸۴۵	۲۵۱۴۲۰	۸۵۵۱۴	۸۷۳	۱۵	مرتع درجه ۳
۲۳۵	۱۹۰۲	۵۶۳۲۲	۳۲۶۰۴	۲۲۴۹۳	۳۶۸۷	۹۸۹	خاک لخت
۵۴	۴۸۴۴۱	۷۲۸	۲۸۷۰۸	۵۴۶۱	۲۶۵	۴۷	سنگلاخی
۱۴۵۹۸	۴۰	۱۱۸۶	۱۷۲	۱۱۳۷	۶۰۳۹	۱۸۶۸	کشاورزی

در این دوره به مرتع درجه ۱، مرتع درجه ۱ به مرتع درجه ۲، مرتع درجه ۳ به مرتع درجه ۲ بوده است.

روند تبدیل کاربری‌ها در دوره ده‌ساله (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷) در جدول ۶ مشخص شده است. بیشترین تبدیل کاربری جنگل

جدول ۶. ماتریس تغییرات کاربری/پوشش اراضی برای دوره‌های مختلف (۱۳۸۷-۱۳۹۷)

Table 6. Matrix of landuse/landcover change for different periods (2008-2018)

سال ۱۳۸۷							سال ۱۳۹۷
کشاورزی	سنگلاخی	خاک لخت	مرتع درجه ۳	مرتع درجه ۲	مرتع درجه ۱	جنگل	
۱۱۳	۱۴۲۳	۲۹	۲	۵۵	۷۱۵۷	۱۷۰۹۶	جنگل
۷۷۷۶	۱۶۹۶۸	۸۸۵۰	۲۸۲۹	۷۹۹۶۸	۱۰۹۹۴۴	۱۵۹۳	مرتع درجه ۱
۸۸۱	۱۱۱۳۷	۱۹۱۳۶	۶۴۵۰۱	۳۶۲۶۴۰	۸۱۵۰۲	۵۱	مرتع درجه ۲
۲۲	۱۱۴۹۲	۵۱۱۱۳	۲۸۰۳۵۲	۶۵۵۰۲	۶۹۶	۲	مرتع درجه ۳
۷۲۳	۲۶۵۲	۶۸۱۷۳	۲۶۲۸۴	۱۵۵۷۷	۴۸۱۷	۲۱	خاک لخت
۷	۴۳۰۳۹	۳۰۱	۲۰۷۹۳	۱۸۹۳۷	۶۳۰	۶	سنگلاخی
۱۲۱۷۹	۱۴	۶۴۵	۷۱	۸۸۰	۷۴۷۴	۳۷۷۷	کشاورزی

پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز نوررود

در این مطالعه به منظور انجام فرآیند پیش‌بینی تغییرات پوشش اراضی در حوزه آبخیز نور رود ابتدا با استفاده از ماتریس احتمال تبدیل نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و نقشه پوشش اراضی سال ۱۳۹۷ شبیه‌سازی گردید و با استفاده از ماژول VALIDATE در نرم‌افزار IDRISI Terrset و با نقشه واقعیت زمینی سال ۱۳۹۷ اعتبارسنجی گردید. سپس با توجه به نتایج اعتبارسنجی، نقشه

پوشش اراضی سال ۱۴۲۷ پیش‌بینی گردید. نتایج اعتبارسنجی با دقت ۸۹/۷۵ درصد صحت نتایج را نشان می‌دهد. جهت تخصیص احتمال تغییر از یک پوشش در سال ۱۳۹۷ به پوشش دیگر در سال ۱۴۲۷ از زنجیره مارکوف استفاده شد. با استفاده از زنجیره مارکوف در دوره‌های واسنجی مختلف و با توجه به نقشه‌های پوشش اراضی سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ وضعیت‌های مختلف پوشش اراضی در سال‌های ۱۴۰۷، ۱۴۱۷ و ۱۴۲۷ پیش‌بینی گردید (جدول ۷).

جدول ۷. پیش‌بینی مساحت کاربری‌های مختلف اراضی طی سال‌های (۱۳۹۷-۱۴۲۷)

Table 7. Predicting the area of different land uses during the years (2018-2048)

۱۴۲۷		۱۴۱۷		۱۴۰۷		۱۳۹۷		طبقه پوشش
درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	
۱/۱۳	۱۴۵۷/۵۵	۱/۶۸	۲۱۵۹/۷۴	۱/۵۸	۲۰۳۳/۱۸	۱/۷۹	۲۳۰۵/۸	جنگل
۹/۱۴	۱۱۷۵۸/۱۸	۹/۰۳	۱۱۶۱۹/۲۳	۱۰/۲۴	۱۳۱۷۸/۱	۸/۱۴	۱۰۴۷۷/۲	خاک لخت
۷/۵۲	۹۶۷۷/۷۱	۶/۵۸	۸۴۶۷/۵۲	۶/۰۵	۷۷۸۰/۳۵	۵/۷۳	۷۳۷۷/۳	سنگلاخی
۱/۵۹	۲۰۴۵/۳۸	۱/۹۵	۲۵۰۷/۱۸	۱/۴۵	۱۸۶۷/۶۷	۱/۶۹	۲۱۷۸/۴	کشاورزی
۱۳/۱۳	۱۶۸۸۹/۹۷	۱۵	۱۹۲۹۸/۹۶	۱۴/۸	۱۹۰۴۲/۷۴	۱۵/۸۸	۲۰۴۲۷/۱	مرتع درجه ۱
۴۰/۳۲	۵۱۸۷۶/۶۸	۳۸/۴۵	۴۹۴۶۹/۵۸	۳۸/۳۵	۴۹۳۵۲/۴۳	۳۸/۱۶	۴۹۱۰۳/۵	مرتع درجه ۲
۲۷/۱۸	۳۴۹۶۹/۵۵	۲۷/۳۲	۳۵۱۵۲/۹۶	۲۷/۵۳	۳۵۴۲۰/۷۸	۲۸/۶	۳۶۸۰۵/۶	مرتع درجه ۳
۱۰۰	۱۲۸۶۷۵/۲	۱۰۰	۱۲۸۶۷۵/۱۷	۱۰۰	۱۲۸۶۷۵/۲	۱۰۰	۱۲۸۶۷۴/۹	جمع

در این مرحله احتمال انتقال هر یک از وضعیت‌های مختلف پوشش گیاهی به سایر وضعیت‌ها از سال شروع (سال‌های مربوط به ابتدای هر دوره که شامل سال‌های ۱۳۶۷ و

۱۳۷۷، ۱۳۸۷ می‌باشند) به سال پیش‌بینی (سال ۱۳۹۷) با استفاده از زنجیره مارکوف در دوره‌های واسنجی مختلف (۱۳۹۷-۱۳۶۷، ۱۴۰۷-۱۳۹۷ و ۱۴۱۷-۱۳۹۷ و ۱۴۲۷-۱۳۹۷)

توجه به جدول احتمال انتقال، احتمال تبدیل مراتع درجه ۳، اراضی سنگلاخی و خاک لخت به مراتع درجه ۱ و جنگل بسیار کم می‌باشد و لذا لازم است در جهت حفظ وضع موجود توسط ارگان‌های مربوطه برنامه‌ریزی گردد.

(۱۳۹۷) محاسبه شد (جدول ۸). با توجه به این جدول، احتمال انتقال از هر یک از وضعیت‌ها به سایر خیلی کمتر از احتمال انتقال هر وضعیت به خود می‌باشد. ضمن اینکه احتمال انتقال در مدل LCM با استفاده از زنجیره مارکوف محاسبه می‌شود. با

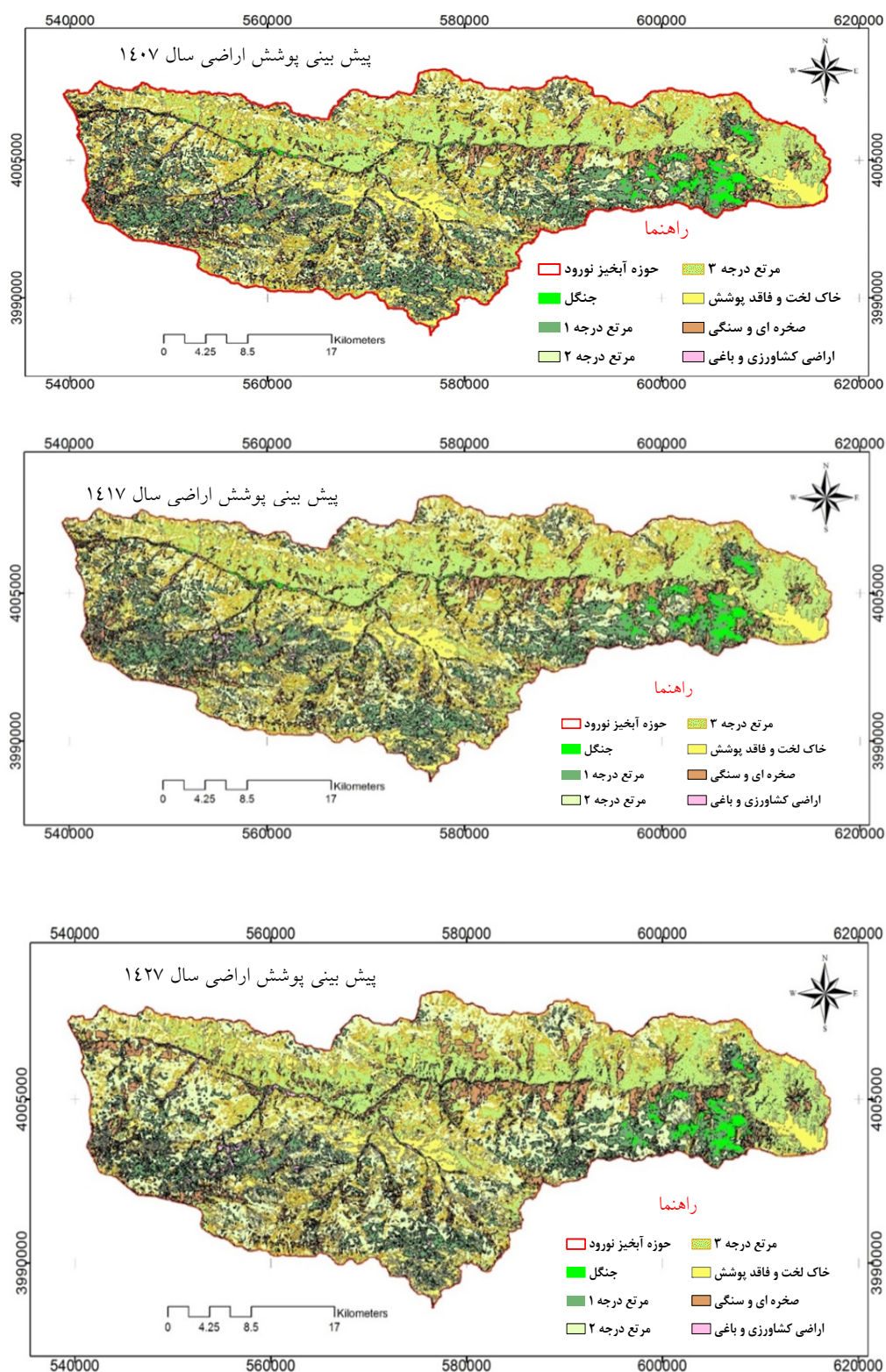
جدول ۸. احتمال انتقال محاسبه شده با زنجیره مارکوف برای دوره‌های مختلف

Table 8. Possibility of transferring the calculated Markov chain for different periods

کشاورزی	سنگلاخی	خاک لخت	مرتع درجه ۳	مرتع درجه ۲	مرتع درجه ۱	جنگل	نوع کاربری/پوشش
۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۱	۰	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۴۹	جنگل
۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۳۷	۰/۵	۰/۰۱	مرتع درجه ۱
۰	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۶۸	۰/۰۷	۰	مرتع درجه ۲
۰	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۵۹	۰/۲۳	۰/۰۱	۰	مرتع درجه ۳
۰	۰/۰۲	۰/۵۶	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۰۲	۰	خاک لخت
۰	۰/۶۸	۰	۰/۰۲	۰/۱۱	۰	۰	سنگلاخی
۰/۵۲	۰	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۳	۰/۰۶	کشاورزی
۰/۰۱	۰/۰۷	۰	۰	۰	۰/۲۳	۰/۶۸	جنگل
۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۲۷	۰/۶۱	۰/۰۱	مرتع درجه ۱
۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۶۸	۰/۰۹	۰	مرتع درجه ۲
۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۶۱	۰/۲۱	۰	۰	مرتع درجه ۳
۰	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۰۳	۰/۰۱	خاک لخت
۰	۰/۵۸	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۰۷	۰	۰	سنگلاخی
۰/۵۸	۰	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۰۷	کشاورزی
۰	۰/۰۶	۰	۰	۰	۰/۲۸	۰/۶۶	جنگل
۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۰۱	مرتع درجه ۱
۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۶۷	۰/۱۵	۰	مرتع درجه ۲
۰	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۶۹	۰/۱۶	۰	۰	مرتع درجه ۳
۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۵۸	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۰۴	۰	خاک لخت
۰	۰/۵۱	۰	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۰۱	۰	سنگلاخی
۰	۰/۰۶	۰	۰	۰	۰/۲۸	۰/۶۶	کشاورزی

مراتع درجه ۲ می‌باشد (شکل ۵). ضمناً بر اساس پیش‌بینی مدل مارکوف، در صورت ادامه روند واگذاری معدن در اراضی پایین‌دست حوزه و برداشت زیاد از این عرصه روند تخریب و تبدیل مراتع به اراضی بدون پوشش در سال‌های آتی محتمل است.

در نقشه‌های پیش‌بینی سال‌های ۱۴۰۷، ۱۴۱۷ و ۱۴۲۷ مشخص شده است مجموع مساحت مراتع روند کاهشی دارد اما نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد که مساحت مراتع درجه ۲ روند افزایشی خواهد داشت و مساحت آن از ۴۹۱۰۳۰۵ هکتار سال ۱۳۹۷ به ۵۱۸۷۶/۶۸ هکتار ارسال ۱۴۲۷ خواهد رسید که دلیل اصلی روند افزایش این طبقه، تبدیل مراتع درجه ۱ به



شکل ۵. نقشه پیش بینی وضعیت پوشش گیاهی سال های ۱۴۰۷، ۱۴۱۷ و ۱۴۲۷
 Fig. 5. Prediction map of vegetation status in 2028, 2038 and 2048

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مدل نشان داد که تصاویر حاصل از ماهواره لندست و به کارگیری مدل زنجیره مارکوف می تواند به صورت کارآمدی در پایش و پیش بینی روند تغییرات اراضی مرتعی در طبقات مختلف پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. ضریب کاپا و دقت کلی بالای ۸۰ درصد در تولید نقشه های پوشش اراضی و پیش بینی آن ها نشان دهنده اطمینان از حصول نتایج است.

نتایج حاصل از این مطالعه به طور کلی نشان دهنده کاهش سطح جنگل و مرتع و افزایش سطوح اراضی لخت و فاقد پوشش گیاهی است. ضمناً نتایج مدل سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش مارکوف نیز بیانگر این است که روند تغییرات جنگل و مرتع تا سال ۱۴۲۷ روند کاهشی خواهد بود. نتایج این مطالعات با برخی از پژوهش های صورت گرفته با استفاده از مدل زنجیره مارکوف مانند مطالعات میرعلیزاده فرد و علی بخشی (۱۶) در پایش و پیش بینی تغییرات کاربری اراضی دشت برتش استان ایلام، عسگری زاده و همکاران (۱) در بررسی گذشته، حال و آینده تغییرات پوشش گیاهی مراتع البرز مرکزی، صالحی و همکاران (۲۲) در حوزه آبخیز صفارود استان مازندران که کاهش شاخص پوشش گیاهی را در آینده پیش بینی کرده بودند، همخوانی دارد. با توجه به اینکه حوزه آبخیز بلده از مناطق مهم دامداری در استان مازندران است و حتی اقتصاد منطقه که بر مبنای تولیدات کشاورزی و دامی قرار است، وابستگی زیادی به مراتع دارد و به همین لحاظ یکی از عواملی که می تواند در تغییرات کاربری و پوشش اراضی نقش مهمی ایفا کند، میزان و شدت چرای دام در مراتع منطقه است. لذا، نتایج این تحقیق می تواند حتی در برنامه ریزی برای افزایش درآمدهای اقتصادی منطقه کمک شایانی نماید.

مساحت کاربری جنگل از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ روند کاهشی را داشته است؛ اما کمترین تغییر در مساحت جنگل های منطقه مربوط به دوره ۱۰ ساله ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ بوده است که

یکی از دلایل عمده بر اساس بررسی های به عمل آمده تخصیص اعتبار و جنگل کاری های متعدد در منطقه بوده است که از روند کاهشی عرصه های جنگلی جلوگیری نموده است؛ لذا در آینده با انجام مدیریت صحیح در این عرصه ها می توان از کاهش این کاربری جلوگیری نمود. همچنین با توجه به نتایج حاصله بخش زیادی از مراتع درجه ۱ به مراتع درجه ۲ و مراتع درجه ۳ به مناطق فاقد پوشش تبدیل گردیده است. لذا با مدیریت مرتع و اجرای برنامه های اصلاحی از این روند نیز جلوگیری نمود.

نتایج مدل پیش بینی نشان می دهد که احتمال تبدیل پیکسل های نزدیک تر به مناطق فاقد پوشش و همچنین احتمال تبدیل اراضی مرتعی درجه ۳ به مناطق فاقد پوشش و سنگلاخی بیشتر است و لذا به اصلاح و احیاء این گونه اراضی باید بیشتر توجه کرد. لازم به ذکر است که بخش زیادی از اراضی مرتعی (عمدتاً درجه ۳ و ۲) در پایین دست حوزه آبخیز نور رود به خصوص از سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۷ تبدیل به اراضی لخت و فاقد پوشش شده است و ادامه این روند باعث افزایش فرسایش خاک و همچنین تبدیل این قسمت از عرصه به کانون گردوغبار خواهد شد که لازم است بعد از برداشت های مواد معدنی، عرصه مورد احیاء قرار گیرد.

مدل سازی تغییرات پوشش اراضی حاکی از آن است که با ادامه روند کنونی، شاهد کاهش سطح ۱۴۷۹ هکتاری جنگل و ۱۲۴۷۰ هکتاری مرتع در ۳۰ سال آینده خواهیم بود. در حالی که اراضی فاقد پوشش گیاهی و همچنین مناطق سنگلاخی و مسکونی دارای رشد صعودی خواهند بود و حتی بیشترین درصد تغییرات کاربری ارسال ۱۴۲۷ نسبت به سال ۱۳۹۷ مربوط به درصد افزایش مساحت طبقات خاک لخت و سنگلاخی است که روند چنین تغییراتی نه تنها کاهش تولید علوفه مراتع برای دامداران منطقه و در نتیجه کاهش توان اقتصادی آن ها را باعث می شود بلکه همچنین آثار مخرب جبران ناپذیری دیگری مانند فرسایش خاک، کمبود آب، کاهش تولید گیاهان دارویی و غیره را نیز در حوزه آبخیز نور رود به دنبال خواهد داشت. لذا باید سعی شود با اصلاح و احیاء

- RS and GIS for Natural Resources, 7(1): 59-71. (In Persian)
3. Chang C, Chang J. 2001. Markov model and cellular automata for vegetation. *Journal of Geographical Research*, 45(1): 45-57.
 4. Eastman JR. 2006. *IDRISI Andes guide to GIS and image processing*. Clark University, Worcester, 328 p.
 5. 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. doi:https://doi.org/10.3390/s7071323.
 6. FAO. 2007. *State of the World's Forests*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 144 pp.
 7. Gilks WR. 1996. *Introducing markov chain monte carlo*. Markov chain Monte Carlo in practice, Chapman & Hall/CRC, 1 Edition, 512 p.
 8. Goudarzi M, Farahpour M, Mosav A. 2006. Land cover and rangeland classification map using Land sat satellite image (TM) (Case study: Namrood watershed). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13(3): 265-277. (In Persian)
 9. Hernández-Guzmán R, Ruiz-Luna A, González C. 2019. Assessing and modeling the impact of land use and changes in land cover related to carbon storage in a western basin in Mexico. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13: 318-327. doi:https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.005.
 10. Jenerette GD, Wu J. 2001. Analysis and simulation of land-use change in the central Arizona – Phoenix region, USA. *Landscape Ecology*, 16(7): 611-626. doi:https://doi.org/10.1023/A:1013170528551.
 11. Kamusoko C, Aniya M, Adi B, Manjoro M. 2009. Rural sustainability under threat in Zimbabwe – Simulation of future land use/cover changes in the Bindura district based on the Markov-cellular automata model. *Applied Geography*, 29(3): 435-447. doi:https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.10.002.
 12. Keshavarz E, Ebrahimi A, Naghipoor A. 2020. Comparing the accuracy of pixel and object-based classification methods in mapping vegetation types (Case study: Marjan Boroujen). *Journal of Rangeland*, 14(2): 272-285. (In Persian)
 13. Khoi DD, Murayama Y. 2010. Forecasting areas vulnerable to forest conversion in the Tam Dao National Park Region, Vietnam. *Remote sensing*, 2(5): 1249-1272. doi:https://doi.org/10.3390/rs2051249.
 14. Lee JK, Acharya TD, Lee DH. 2018. Exploring land cover classification accuracy of Landsat 8 image using spectral index layer stacking in hilly region of South Korea. *Sensors and Materials*, 30(12): 2927-2941. doi:https://doi.org/10.18494/SAM.2018.1934.

جنگل‌ها و مراتع و اجرای برنامه‌های مدیریتی از کاهش سطح کمی و کیفی این منابع جلوگیری کرد. به‌طورکلی هرچند پیش‌بینی تغییر پوشش اراضی ممکن است اختلافاتی با آنچه در آینده رخ می‌دهد داشته باشد اما می‌تواند هشدار برای تغییر پوشش در آینده باشد.

یکی از موارد مهم این تحقیق استفاده از مدل مارکوف در پیش‌بینی تغییرات و تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات پوشش‌های مختلف اکوسیستم‌های مرتعی است. بدین‌صورت که با در اختیار داشتن نقشه پیکسل‌های هر یک از پوشش‌های اراضی، می‌توان از این مسئله در برنامه‌ریزی‌های آینده کمک گرفت. نقشه‌های شبیه‌سازی‌شده در این بررسی می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و برنامه‌ریزان در بخش منابع طبیعی باشد. به‌منظور دستیابی به نتایج بهتر و کمک به امر مدیریت مرتع در آینده پیشنهاد می‌شود از مدل تلفیقی زنجیره مارکوف جهت پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات پوشش مراتع کشور استفاده گردد و ضمن نظارت بیشتر بر مدیریت تغییرات پوشش اراضی حوزه‌های آبخیز، میزان اثربخشی پروژه‌های مرتع‌داری و جنگل‌کاری در تغییرات پوشش اراضی مرتعی و جنگلی مورد ارزیابی قرار گیرد. شد نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در ارائه یک روش بهینه در کاهش حجم داده‌های ورودی به فرآیند پردازش تصاویر طبقه‌بندی مراتع و پیش‌بینی تغییرات آتی آن‌ها مفید بوده و بر لزوم انجام پژوهش در بررسی روند توسعه ناهمگون آبخیز نوررود در گسترش اراضی مسکونی، فعالیت‌های معدنی، عدم رعایت مدیریت چرا و تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های طبیعی تأکید دارد.

References

1. Askarizadeh D, Arzani H, Jaffari M, Bazeafshan J. 2018. Surveying of the past, present and future of vegetation changes in the central Alborz ranges in relation to climate change. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9(3): 1-18. (In Persian)
2. Azizi G, Rangzan K, Sadidy J, Heydarian P, Taghizadeh A. 2016. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Kohmare Sorkhi, Fars province). *Journal of*

15. Lourdes L, Karina Z, Pedro L, Héctor M, Néstor M. 2011. A dynamic simulation model of land cover in the Dulce Creek Basin, Argentina. *Procedia Environmental Sciences*, 7: 194-199. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.07.034>.
16. Mir Alizadehfard SR, Alibakhshi SM. 2016. Monitoring and forecasting of land use change by applying Markov chain model and land change modeler (Case study: Dehloran Bartash plains, Ilam). *Journal of RS and GIS for natural Resources*, 7(2): 33-45. (In Persian)
17. 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. doi:[10.1007/BF00124382](https://doi.org/10.1007/BF00124382).
18. Otukei JR, Blaschke T. 2010. Land cover change assessment using decision trees, support vector machines and maximum likelihood classification algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12: S27-S31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.002>.
19. Pain WJ. 2007. Landcover Classification and Change Detection Analysis Using High-resolution IKONOS Imagery for the Bayview Bog Wetland, Ontario. Ontario Doctoral dissertation, Queen's University, 278 p.
20. Pontius GR, Malanson J. 2005. Comparison of the structure and accuracy of two land change models. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(2): 243-265. doi:<https://doi.org/10.1080/13658810410001713434>.
21. Richards John A, Xiuping J. 1999. Remote sensing digital image analysis: an introduction. Springer-Verlag, Berlin, <https://doi.org/10.1007/978-3-642-30062-2>.
22. Salehi N, Ekhtesasi M, Talebi A. 2019. Predicting locational trend of land use changes using CA-Markov model (Case study: Safarod Ramsar watershed). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1): 106-120. (In Persian)
23. Shahabi H, Ahmad BB, Mokhtari MH, Zadeh MA. 2012. Detection of urban irregular development and green space destruction using normalized difference vegetation index (NDVI), principal component analysis (PCA) and post classification methods: A case study of Saqqez city. *International Journal of Physical Sciences*, 7(17): 2587-2595. doi:<https://doi.org/10.5897/IJPS12.009>.
24. Wang SQ, Zheng XQ, Zang XB. 2012. Accuracy assessments of land use change simulation based on Markov-cellular automata model. *Procedia Environmental Sciences*, 13: 1238-1245. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.117>.
25. 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. doi:<https://doi.org/10.1006/jema.2001.0509>.
26. 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.10.002>.
27. Ye B, Bai Z. 2008// 2008. Simulating Land Use/Cover Changes of Nenjiang County Based on CA-Markov Model. In: Li D (ed) *Computer And Computing Technologies In Agriculture*, Volume I, Boston, MA. Springer US, pp 321-329. https://doi.org/310.1007/1978-1000-1387-77251-77256_77235.
28. Yuan F, Sawaya KE, Loeffelholz BC, Bauer ME. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98(2): 317-328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.08.006>.
29. Zareh Garizi A, Bardi Sheikh V, Sadodin A, Salman Mahini A. 2012. Application of logistic regression to model spatial pattern of vegetation change (Case study: Chehel Chai basin, Golestan province). *Journal of Geographical Research*, 37: 55-68. (In Persian). doi:<https://doi.org/10.22092/ijfpr.2015.13174>.
30. Zhou Y, Xiao X, Qin Y, Dong J, Zhang G, Kou W, Jin C, Wang J, Li X. 2016. Mapping paddy rice planting area in rice-wetland coexistent areas through analysis of Landsat 8 OLI and MODIS images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 46: 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.11.001>.
31. 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). Department of Geography, University of Ibadan, 176 p.



Monitoring and predicting the trend of changing rangelands using Satellite images and CA-Markov model (Case study: Noor-rood basin, Mazandaran province)

Nematollah Koohestani, Shafaq Rastgar, Ghodrattollah Heidari, Shaban Shatai Joybari, Hamid Amirnejad

Received: 26 May 2020 / Accepted: 17 August 2020
Available online 24 August 2020

Abstract

Background and Objective Survey of land use/land cover changes in different scales is a primary need for proper management of forests and rangelands. Also, being aware of the trend of land use /land cover changes in the future, it is possible to A proper management to control the reduction of adverse effects on various aspects of each ecosystem. Therefore, due to the importance of the subject, the study of land use/land cover changes in the world has been attracted by many researchers. According to the fact that Balade watershed is one of the important livestock areas in Mazandaran province and even the region's economy, which is based on agricultural and livestock production, is highly dependent on rangelands. Therefore, the results of this research can help managers and policymakers to better plan and manage the rangelands of the region.

This study aims to monitor and predict the trend of land use/ land cover changes LULC in Noor- Rud watershed in the future. Due to these changes, appropriate management can be taken to maintain, rehabilitate and make optimal use of forests and pastures.

Materials and Methods The present study was conducted in Nour-rud river basin in Mazandaran province in the south of Noor city. This region with an area of about 1300.25 square kilometres is one of the important sub-areas of the great Haraz river. The study area lies between 36° 00' 58" to 36°16' 36" N latitudes and 51°18' 21" to 51°26' 13" E longitudes. In this study, images of Landsat satellites TM (1988, 1998, 2008) and OLI (2016) of the United States Geological Survey (USGS) site and in completely similar months (July), topographic maps, as well as Google Earth images and ground control data have been used. After processing of the Landsat satellite images of TM (1988, 1998, 2008) and OLI (2016), image classification was performed using the maximum probability algorithm. And the results using terrestrial reality derived from topographic maps with a scale of 1:25000 and aerial photographs, the aerial photographs in the General Department of Natural Resources and Watershed Management of Mazandaran (1988-1998) and land surveys (2018) were evaluated. The accuracy of the maps was calculated with the Kappa coefficient. Then, using the probability matrix, the conversion of land use classes and the application of the integrated model of Markov chains in three ten-years periods during (2018-2048), the land cover map of Nou-rud watershed was predicted.

N. Koohestani ¹, Sh. Rastgar(✉) ², Gh. Heidari ³, Sh. Shatai Joybari ⁴, H. Amirnejad ⁵

1. PhD student of Range Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Assistant Professor, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Associate Professor, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4. Professor, Department of Forestry, Faculty of Forestry and Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran
5. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
e-mail: sh.rastgar@sanru.ac.ir

Results and Discussion The results showed that during 1988 to 2018 (30 years) forest areas, first and third-degree pastures in the watershed of Nour-rud had

decreased trendy; secondary pastures and rocky and residential lands have also been on the rise. The total area of rangelands had decreased from 116206 hectares in 1988 to 106336 hectares in 2018. Also, Markov's prediction model by the accuracy of more than 85% showed that the trend of land-use change during 2018-2048 (30 years) will be the same as in previous periods. In which case, excellent range condition class will have a decreasing trend and the uses of rocky and residential areas will also have an increasing trend until 2048. A large part of the rangeland lands (mainly good and fair) in the lower part of Nour-rud watershed especially from 1998 to 2018, has been turned into bare and uncovered lands and continuing this process will increase soil erosion. also, this part of the arena will be turned into a dust center so it is necessary to revive the field after the extraction of minerals. The modeling of land cover changes indicates that if the current trend continues we will see a decrease in the 1479 hectare area of the forests and 12470 hectares of pastures in the next 30 years. The most changes in the from 2048 compared to 2018 are related to the increase in the area of bare and stony soils. The trend of such changes is not only lead to the reduction of livestock pasture production and reducing their economic potential it will also have devastating effects on the region such as soil erosion, water shortage, reduced production of medicinal

plants, etc. Therefore, we should try to improve and rehabilitate forests and the implementation of management programs prevent the reduction of the quantitative and qualitative level of these resources. However, land cover change forecasting may differ from what will happen in the future but it could be a warning to change coverage in the future.

Conclusion One important aspect of this research is the use of the Markov model to the prediction of LULC change and preparation of a prediction map of changes in the range ecosystems. Thus, having a pixel mapping of each land cover can be useful in planning for the future. Simulated maps in research can be a good guide for managers and planners in the natural resources department. In order to achieve better results and help in the management of rangeland management in the future it is recommended to use the integrated model of Markov chain (CA-Markov) to predict and model changes in the rangeland cover of the country and while overseeing the management of land cover changes in watersheds, assess the effectiveness of rangeland and forestry projects in changing rangeland and forest land cover.

Keywords: Land cover, Normalized difference vegetation index (NDVI), Landuse, CA-Markov model, Nour-rud river basin