پایش و پیش‌بینی تغییرات تراکم پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ونیت، استان ایلام)

وحید میرزایی‌زاده[۱]، مریم نیک‌نژاد [۲]، مهدی حیدری [۳،*]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
[۲] دانشجوی دکتری جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۳] استادیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
[*]پست الکترونیک نویسنده مسئول: m_heydari23@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۲

چکیده

اهمیت پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از تغییرات آن در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت تهیه شود. در این مطالعه باهدف پایش و پیش‌بینی تراکم پوشش حوضه آبخیز ونیت سفلی در استان ایلام، از شاخص گیاهی NDVI و تصاویر ماهواره لندست متعلق به سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷ استفاده و نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی در سه طبقه فاقد پوشش، تنک و دارای پوشش گیاهی متراکم تهیه شد. مقایسه وسعت طبقات تراکم پوشش گیاهی نشان داد که وسعت اراضی بدون پوشش به میزان ۱۱۵۸/۸ هکتار افزایش و وسعت اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم به ترتیب ۳۶۰/۸، ۷۹۷/۹ هکتار کاهش‌یافته است. همچنین بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی حاکی از آن است که از وسعت طبقات با پوشش گیاهی تنک و متراکم به ترتیب ۱۲۳۳/۴ و ۲۱۰/۴ هکتار به طبقه اراضی بدون پوشش گیاهی تبدیل‌شده است. همچنین ۲۴۶/۲ و ۳۸/۸ هکتار از وسعت اراضی بدون پوشش به ترتیب به اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم تبدیل‌شده است. مدل مارکوف و سلول‌های خودکار در پیش‌بینی تغییرات تراکم پوشش گیاهی منطقه نشان داد که بیشترین و کمترین احتمال انتقال به اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب در اراضی با تراکم پوشش گیاهی تنک (۰/۵۰۵۹) و متراکم (۰/۱۰۲۳) دیده می‌شود. در نهایت با فرض ادامه روند کنونی، نقشه تراکم پوشش گیاهی حوضه آبخیز موردنظر برای سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی گردید. این نقشه نشان می‌دهد در آینده‌ای نزدیک اراضی فاقد پوشش گیاهی سطحی معادل ۸۷ درصد این منطقه را به خود اختصاص خواهند داد در حالی که در سال ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷ به ترتیب ۶۲ درصد و ۷۱ درصد اراضی بدون پوشش گیاهی بوده است.

واژه‌های کلیدی: تراکم پوشش گیاهی، مدل مارکوف، سلول‌های خودکار، حوضه آبخیز ونیت، زاگرس

مقدمه

پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل دینامیک و مؤثر بر شرایط زیستی، باید دائماً از لحاظ کمی و کیفی موردبررسی قرار گیرد. جنگل‌ها و مراتع در زمره مهم‌ترین سرمایه‌های ملی با استفاده فراوان‌اند و مدیریت آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. شناخت و ارزیابی و نیز پایش تغییرات در رویشگاه‌های جنگلی و مرتعی از موارد حیاتی در مدیریت این اکوسیستم‌ها به شمار می‌آید. به‌علاوه، واکنش اکوسیستم‌های طبیعی به عوامل اقلیمی و مدیریتی از جمله دلایلی هستند که ضرورت پایش منظم عرصه‌های طبیعی را روشن می‌سازند. درعین‌حال وسعت جنگل‌ها و مراتع و هزینه‌های بالای ارزیابی این اکوسیستم‌ها و نیز وجود مناطق دشوارگذر از جمله مسائلی هستند که مطالعه آن‌ها را با مشکل روبه‌رو می‌سازند. داده‌های ماهواره‌ای با یک برنامه‌ریزی منظم و حساب‌شده می‌تواند کمک

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

شایانی در این مورد به برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی نماید. مطالعات پوشش گیاهی از اولین تحقیقاتی است که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حوزه مدیریت منابع طبیعی انجام شد (Campbell, 1996; Booth *et al.*, 2003). با استفاده از ویژگی‌های داده‌های ماهواره‌ای، نظارت، ارزیابی و کنترل اقداماتی که به نحوی بر پوشش گیاهی تأثیر دارند به‌سرعت و با دقت مناسب قابل‌دستیابی و حتی پیش‌بینی (با استفاده از مدل پیش‌بینی کننده به‌دست‌آمده بر اساس عوامل مؤثر در زمان‌های گذشته) می‌باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد (Jiang *et al.*, 2008; Jiménez-Muñoz *et al.*, 2009). از جمله روش‌های موجود در بررسی تغییرات پوشش گیاهی، استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی است. با توجه به اینکه گیاه دارای الگوی بازتابی خاصی است که از این خصوصیات بازتابی برای تهیه شاخص‌های گیاهی استفاده می‌شود. به‌منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی از شاخص‌های گیاهی مختلفی استفاده می‌کنند. درواقع این شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش‌های گیاهی از سایر پدیده‌ها و کاهش تأثیر پدیده‌های موجود در سطح زمین استفاده می‌گردد. در این میان شاخص NDVI نیز یکی از پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی است (Carreiras *et al.*, 2006; Smits *et al.*, 1999). شاخص گیاهی NDVI که یک شاخص نسبی است و پوشش گیاهی متراکم و نیز مناطق با لاشبرگ و یا مناطقی که عاری از پوشش گیاهی هستند نیز به‌خوبی از طریق این شاخص قابل شناسایی هستند (Jiang *et al.*, 2008). تجزیه‌وتحلیل سری‌های زمانی NDVI، برای نظارت دقیق و درازمدت تغییرات پوشش گیاهی مناسب است (Estman, 2012). مطالعات زیادی با استفاده از شاخص مذکور بر روی تغییرات پوشش گیاهی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد: Carreiras و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که ایجاد مدل‌های همبستگی بین باندهای مرئی و مادون‌قرمز نزدیک و شاخص گیاهی NDVI با سطح تاج پوشش گیاهان از توانایی مناسبی در تخمین سطح پوشش گیاهان مرتعی برخوردار است. زارع گاریزی و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به شبیه‌سازی مکانی- زمانی تغییرات گستره جنگل در آبخیز چهل چای استان گلستان با استفاده از مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف کردند. اعتبارسنجی مدل با مقایسه نقشه شبیه‌سازی‌شده با نقشه واقعی حاصل از طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۹ انجام شد. ضریب صحت استخراج‌شده، نشان‌دهنده قابلیت بالای این مدل برای شبیه‌سازی تغییرات پوشش جنگلی در آبخیز چهل چای می‌باشد (شاخص کاپا= ۰/۹۲). درنهایت آن‌ها با فرض ادامه روند کنونی، نقشه پیش‌بینی پوشش جنگلی آبخیز موردنظر را برای سال ۲۰۲۰ ارائه کردند که نتایج بیانگر کاهش قابل‌توجه مناطق جنگلی (۷/۱۶ درصد سطح اولیه جنگل) است. سرودی و جوزی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به کاربرد سنجش‌ازدور و اجرای مدل مارکوف برای بررسی تغییرات فضای سبز منطقه ۱ شهرداری تهران پرداختند. در این بررسی، از شاخص NDVI و تصاویر TM و IRS متعلق به سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۸۵ استفاده و نقشه‌های فضای سبز منطقه با تأکید بر درجات مختلف سرسبزی تهیه شد. مقایسه وسعت کلاس‌های سرسبزی نشان داد که وسعت اراضی بدون پوشش به میزان ۱۵۳۸/۲۸ هکتار افزایش و وسعت اراضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف، متوسط و متراکم به ترتیب ۲۲/۵۹، ۱۵/۳ و ۰/۳۶ هکتار کاهش‌یافته است. اعمال مدل مارکوف و سلول‌های خودکار در پیش‌بینی تغییرات فضای سبز منطقه، به ترتیب بیشترین احتمال تخریب با مقدار عددی ۰/۷۷۴۳ در ارضی تحت پوشش با درجه سرسبزی ضعیف و پراکندگی مکانی احتمالی منطقه را تا افق ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد. Chen و همکاران (۲۰۱۳) اقدام به آشکارسازی تغییرات چند دهه گذشته و پیش‌بینی وضعیت جنگل‌های مانگرو در هندوراس با استفاده از تصاویر لندست و مدل زنجیره مارکوف کردند. نتایج نشان داد طی دوره ۲۸ ساله

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

حدود ۱۱/۹٪ از جنگل‌های مانگرو به زمین‌های دیگر تبدیل شده‌اند. در نهایت با استفاده از مدل زنجیره مارکوف میزان تغییرات جنگل‌های مانگرو تا سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شد، نتایج نشان داد که مساحت جنگل‌های مانگرو می‌تواند به میزان ۱۲۰۰ هکتار در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۳ کاهش یابد. هدف از این مطالعه، بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی منطقه ونیت سفلی در یک دوره زمانی ۱۹ ساله (۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از مدل مارکوف برای سال ۲۰۲۰ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ونیت سفلی با مساحت ۱۱۷۵۲ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۴۸′ ۴۵°۵۵ تا ۱۷′ ۴۶°۰۸ ۴۶ طول شرقی و ۲۸′ ۳۳°۴۷ تا ۰۹′ ۳۳°۵۷ ۳۳ عرض شمالی واقع شده است. بیشترین ارتفاع منطقه ۱۷۲۲ متر و کمترین ارتفاع آن ۶۲۶ متر می‌باشد. از لحاظ تقسیمات کشوری حوضه مورد مطالعه در محدوده شهرستان‌های ایلام و ایوان در استان ایلام واقع شده است. قسمت اعظم پوشش گیاهی حوضه ونیت سفلی را مراتع و جنگل‌های بلوط و بادام و گون زارها تشکیل می‌دهند. شغل اصلی اهالی منطقه دام‌پروری و کشاورزی است.

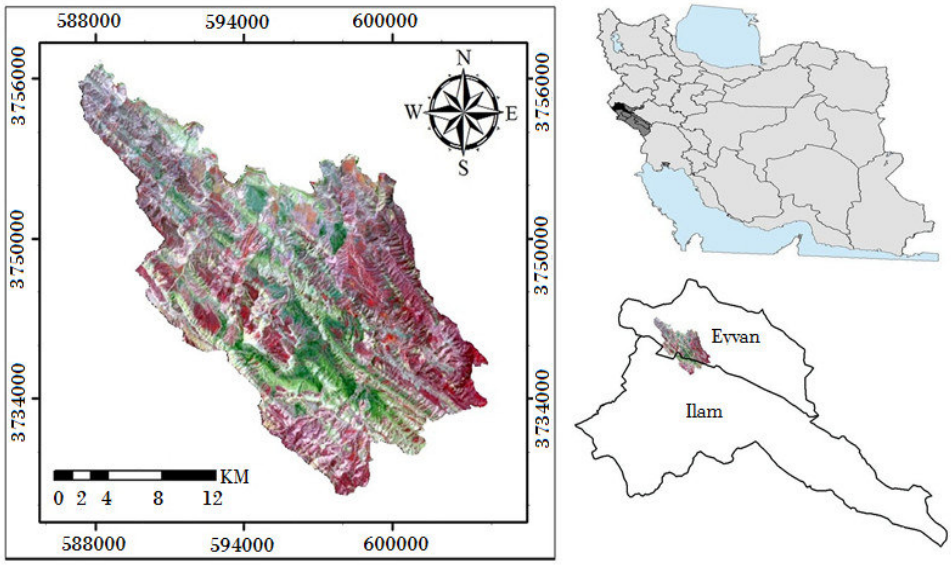
داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه، تصاویر بدون ابر ماهواره لندست سنجنده TM متعلق به ۳۰ آوریل سال ۱۹۸۸ میلادی و سنجنده ETM^{+} متعلق به ۳۱ می سال ۲۰۰۷ میلادی استفاده شد. شایان‌ذکر است که در این ماه‌ها، پوشش گیاهی منطقه به رشد حداکثر تقریبی خود دست می‌یابد.

همچنین از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۷۵ تهیه‌شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح برای ایجاد مدل رقومی ارتفاع (DEM)، انتخاب نقاط کنترل زمینی و تهیه داده‌های رقومی جاده و آبراهه‌ها جهت انجام تصحیحات هندسی و ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه‌شده استفاده گردید.

تصحیح هندسی

به‌منظور اعمال تصحیح هندسی بر روی تصویر سال ۲۰۰۷ با استفاده از روش نقشه به تصویر تعداد ۳۲ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و ایران

Figure 1. Location of the study area in Ilam, Iran

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج‌شده از نقشه‌های توپوگرافی و همچنین نقاط مرجع زمینی ثبت‌شده با GPS استفاده شد و نقاط متناظر آن‌ها بر روی تصویر تعیین شد. پس از به‌کارگیری روش ناپارامتری چندجمله‌ای و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۲۵ نقطه کنترل زمینی و میزان خطای ریشه میانگین مربعات (RMSE) ۰/۲۹ پیکسل صورت گرفت. جهت تصحیح هندسی تصویر سال ۱۹۸۸ نیز پس از اصلاح تصویر سال ۲۰۰۷، با استفاده از روش تصویر به تصویر و با ۲۶ نقطه کنترل زمینی و خطای ریشه میانگین مربعات ۰/۳۱ پیکسل تصحیحات هندسی انجام گرفت. با عنایت به اینکه تصاویر در سطح سیستمی به‌خوبی تصحیح شده بودند و همچنین منطقه مورد مطالعه دارای تغییرات پستی و بلندی شدیدی نبود، جهت تصحیح هندسی از معادله درجه اول استفاده گردید. همچنین عمل نمونه‌گیری مجدد با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه به‌منظور جلوگیری از تغییر ارزش‌های طیفی تصاویر به کار گرفته شد.

لازم به ذکر است که در تصحیحات هندسی، مقدار خطای ریشه میانگین مربعات قابل‌قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل است (Shalaby *et al*., 2007). جهت هماهنگ قدرت تفکیک مکانی تصاویر، نمونه‌گیری مجدد استفاده گردید. به‌منظور کاهش اثر گردوغبار و ذرات معلق از مدل کاست (Cost) در نرم‌افزار IDRISI Selva استفاده شد. برای کنترل دقت تصحیحات هندسی اعمال‌شده، لایه‌های خطی تهیه‌شده در محیط ARC GIS 10.2 مانند جاده‌ها و آبراهه را روی تصویر قرار داده که میزان تطابق آن‌ها رضایت‌بخش بود.

شاخص گیاهی NDVI

این شاخص از مشهورترین شاخص‌های گیاهی است که در بیشتر تحقیقات و بررسی‌های ماهواره‌ای برای تعیین شدت و ضعف پوشش گیاهی استفاده‌شده است. در این شاخص محدوده طیفی مادون‌قرمز نزدیک (NIR) و قرمز (RED) به کار گرفته‌شده و توسط رابطه کلی زیر تشریح می‌گردد (Pocas *et al*., 2013).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \qquad \text{رابطه (۱)}$$

NIR: تشعشع ثبت‌شده در باند مادون‌قرمز نزدیک ماهواره و RED: تشعشع ثبت‌شده در باند قرمز ماهواره است. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و ۱- می‌باشد. ابرها، برف و آب دارای انعکاس بیشتری در طیف قرمز نسبت به مادون‌قرمز می‌باشند. مقادیر این پدیده‌ها در تصویر NDVI منفی می‌شود. بازتاب مناطق با خاک لخت در محدوده مادون‌قرمز و قرمز مشابه است، بنابراین تصویر NDVI دارای ارزشی نزدیک به صفر هستند. مناطق با پوشش گیاهی متراکم دارای بازتاب بیشتری در طیف مادون‌قرمز بوده و مقادیر این مناطق در تصویر NDVI بزرگ‌تر از صفر است. در ماهواره لندست، باند ۴ محدوده طیفی مادون‌قرمز نزدیک و باند ۳ محدوده طیفی قرمز را پوشش می‌دهد.

طبقه‌بندی مقادیر NDVI به کلاس‌های مختلف پوشش گیاهی

به‌منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه ونیت سفلی، اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه با تأکید بر درجات تراکم پوشش گیاهی گردید. با توجه به اینکه شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده دارای مقادیر نرمال در دامنه ۱- و ۱+ است و مقادیر مختلف NDVI نمایانگر پوشش‌های مختلف می‌باشند بر همین اساس اقدام به طبقه‌بندی تصاویر حاصل از شاخص گیاهی NDVI گردید. به‌طوری‌که مقادیر NDVI بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ برای مناطق گیاهی با تاج پوشش تنک، مقادیر بین ۰/۱ تا ۰/۵ برای مناطق گیاهی با تاج پوشش متراکم و معمولی و مقادیر بالاتر از ۰/۵ برای مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی می‌باشد و همچنین مقادیر کمتر از ۰/۰۵ مناطق بدون پوشش را تشکیل می‌دهد (Mather & Koch, 1999، فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵). لذا بر همین اساس اقدام به طبقه‌بندی تصاویر مربوطه گردید و

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

نقشه طبقات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید.

ارزیابی دقت نقشه‌ها

به‌منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تهیه‌شده، با توجه به آشنایی با منطقه موردمطالعه و به کمک تفسیر بصری تصویر رنگی کاذب مربوط به دو سال ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷ اقدام به جمع‌آوری نمونه‌های تعلیمی با استفاده از نقشه توپوگرافی منطقه (۱:۵۰۰۰۰)، تصاویر Google Earth و برداشت‌های میدانی از منطقه موردمطالعه شد. به‌منظور اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۱۷۹ نقطه جهت برداشت انتخاب و درصد پوشش گیاهی آن‌ها با استفاده از پلات‌های ۷ در ۳ متری اندازه‌گیری شد ابعاد پلات‌ها با استفاده از روش حداقل مساحت مؤثر محاسبه گردید. مختصات نقاط نمونه‌برداری با استفاده از GPS برداشت‌شده و بر روی لایه‌های اطلاعاتی درصد پوشش گیاهی ثبت گردید. به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی در هر پلات ۷ در ۳ متری از پلات توجه به مساحت پوشیده شده توسط گیاه تعیین شد؛ که این نمونه‌ها جهت بررسی صحت نقشه‌های تولیدی بکار گرفته شدند. جهت طبقه‌بندی درصدهای مختلف تراکم پوشش گیاهی بر اساس تعریف سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور اقدام شد که در این مطالعه ۰-۱۰ درصد بدون پوشش گیاهی، ۱۰ تا ۲۵ درصد پوشش تنک و بیش از ۲۶ درصد را به‌عنوان پوشش گیاهی متراکم طبقه‌بندی گردید.

بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۱۷۹ نمونه تعلیمی از روش Smits و همکاران (۱۹۹۹) که جهت برآورد صحت طبقه‌بندی تصاویر پیشنهاد شد مطابق رابطه (۲) ذیل استفاده شد:

رابطه (۲)
$$OA = \frac{1}{N(\sum P_{ii})}$$

که در آن OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی، $\sum P_{ii}$ مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده است. همچنین ضریب کاپا نیز از رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه (۳)

مورد انتظار- ۱/مشاهده شده-مورد انتظار=ضریب کاپا

در رابطه (۳) مشاهده‌شده به صحت گزارش‌شده در ماتریس خطا و مورد انتظار به طبقه‌بندی صحیح که ممکن است با توافق شانسی بین دو تصویر همراه باشد، اشاره دارد. مشاهده‌شده همان درصد صحت کلی یعنی مجموع اعداد قطری بخش بر تعداد کل نمونه‌ها است. مورد انتظار برآوردی از سهم توافق شانسی در درصد صحت مشاهده شده است. در ضریب کاپا سلول‌هایی را که در دو نقشه با هم مطابقت ندارند را نیز در محاسبه لحاظ می‌کند. در واقع ضریب کاپا، درصد صحت کلی را با کم کردن سهم برآورد شده توافق شانسی، تعدیل می‌کند. وقتی که درصد صحت کلی به ۱۰۰ و سهم توافق شانسی به صفر نزدیک می‌شود ارزش ضریب کاپا به ۱+ نزدیک می‌گردد که نشان‌دهنده توافق کامل دو تصویر است.

بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی

به‌منظور بررسی رویه تغییرات تراکم پوشش گیاهی از تکنیک بررسی تغییرات پس از طبقه‌بندی استفاده گردید. بدین منظور عملیات تقابل بر روی نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی به‌دست‌آمده انجام شد. حاصل این فرآیند تصویری است که دربردارنده تبدیلات هریک از طبقات به طبقات دیگر در بازه زمانی موردمطالعه است. بدین ترتیب مساحتی از هر طبقه که درگذر زمان تغییرنیافته و یا به کلاس‌های دیگر تراکم پوشش گیاهی تبدیل‌شده است، قابل‌بررسی است.

مدل زنجیره مارکوف

زنجیره مارکوف توسط یک ریاضیدان روسی به نام آندری آندریویچ مارکوف در سال ۱۹۰۷ ارائه‌شده است. زنجیره مارکوف یکسری از مقادیر تصادفی است که احتمالات در یک‌فاصله زمانی به تعداد آن مقدار در زمان گذشته بستگی دارد. مدل زنجیره مارکوف در

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

شبیه‌سازی و مدل‌سازی سری‌های زمانی گسسته کاربرد گسترده‌ای دارد. وابستگی متغیرهای تصادفی به زمان در سری‌های زمانی از طریق ضریب همبستگی یا ماتریس‌های احتمال انتقال بیان می‌شوند. ماتریس احتمال انتقال ماتریس مربعی است که بسته به تعداد حالت‌های آن، تعداد n ترکیب ممکن از احتمال انتقال از حالتی به حالت دیگر را دربر می‌گیرد. مدل زنجیره مارکوف بر اساس تعداد حالت‌ها و احتمال‌های انتقال از حالت i به حالت j (P_{ij}) شناخته می‌شود. احتمال انتقال بیانگر احتمال قرار گرفتن سیستم دریکی از حالت‌های ممکن در گام زمانی آینده می‌باشد.

اگر مجموعه‌ای از حالات را به‌صورت $S=\{s_1,s_2,s_3,...,s_r\}$ داشته باشیم، P_{ij} از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_{ij}^{(n)}=\sum_{k=1}^{r} p_{ik}\,p_{kj} \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه $P_{ij}^{(n)}$ احتمال رفتن از حالت i به حالت j را پس از n گام نشان می‌دهد (سرودی و جوزی، ۱۳۹۲).

در این مدل دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی به‌صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به‌طوری‌که بر اساس حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود (Eastman, 2012). در این مطالعه به‌منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از مدل مارکوف در محیط نرم‌افزار IDRISI Selva استفاده شد.

مدل سلول خودکار- مارکوف

به‌منظور تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه ونیت سفلی، مدل سلول خودکار- مارکوف با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از اعمال مدل مارکوف در محیط نرم‌افزاری IDRISI Selva اجرا شد. با استفاده از این مدل، وضعیت پیکسل‌ها برای پیش‌بینی تغییرات وضعیت آن‌ها در آینده از قوانین خاصی پیروی می‌کنند. به‌طور مثال پیکسل C_{ij} (پیکسل قرارگرفته در سطر i و ستون j) در زمان t+1 به چهار عامل، وضعیت سلول در زمان t، پنجره همسایگی، وضعیت همسایگان سلول در زمان t و قوانین تبدیل (وضعیت هریک از سلول‌ها درگذر زمان‌بر اساس قوانین تبدیل، به‌طور خودکار به‌روز می‌شوند) بستگی دارد. به گام‌های به‌روزرسانی از زمان t_0 (مبدأ زمانی) تا t_n (زمان پایان عملیات) در اصطلاح، تکرار گفته می‌شود (Eastman 2012).

نتایج

نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی‌شده با شاخص NDVI نشان می‌دهد که تصویر سال ۱۹۸۸ دارای صحت کلی ۸۸/۳۲ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۵ می‌باشد همچنین تصویر طبقه‌بندی‌شده سال ۲۰۰۷ دارای صحت کلی ۹۱/۲۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۸۷۳۱ است. با توجه به مقادیر بالای ۸۸٪ صحت کلی می‌توان از این تصاویر برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی استفاده نمود.

با اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر ماهواره لندست سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷، نقشه‌های تراکم پوشش گیاهی حوزه ونیت سفلی با تعریف درجات مختلف تراکم تهیه شد. این مهم در اشکال شماره ۲ و ۳ نمایش داده شده است.

برای بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، وسعت هریک از طبقه‌های تراکم پوشش گیاهی در دو مقطع زمانی ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷ در جدول با یکدیگر مقایسه شده‌اند؛ بنابراین می‌توان دریافت که در این بازه زمانی از وسعت مناطق با پوشش گیاهی تنک و متراکم کاسته شده و به سطح اراضی بدون پوشش گیاهی افزوده می‌شود که در این میان نرخ کاهش اراضی با پوشش گیاهی متراکم بیشتر است. نتایج بررسی رویه تغییرات تراکم پوشش گیاهی حوزه ونیت سفلی در شکل ۴ آمده است.

جدول ۲ ماتریس احتمال انتقال مدل زنجیره مارکوف برای پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی سال ۲۰۲۰ را نشان می‌دهد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

این ماتریس با توجه به انتقال طبقات در طول دوره مورد مطالعه احتمال تغییر طبقات برای سال ۲۰۲۰ را مشخص می‌کند.

جدول ۱- نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی‌شده

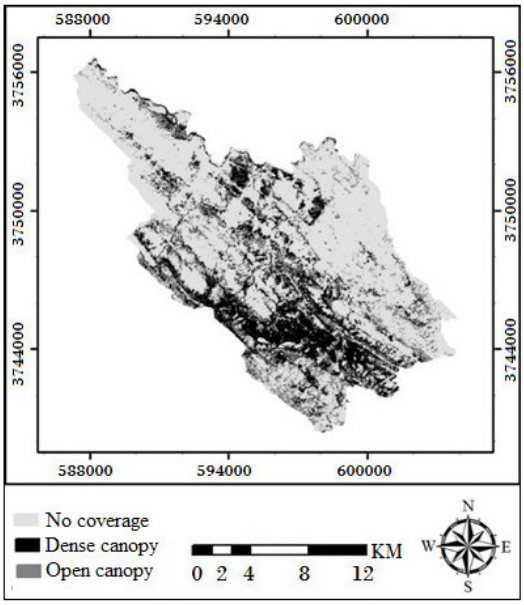
Table 1. The results of the evaluation of classified images

2007		1988		طبقات
صحت کاربر User Accuracy	صحت تولیدکننده Accuracy producer	صحت کاربر User accuracy	صحت تولیدکننده Accuracy producer	Classes
91.50	95.09	91.11	96.24	No coverage
89.60	90.15	89.83	94.34	Open canopy
23.54	85.30	93.12	96.18	Dense canopy

جدول ۲- نتایج کلی ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر

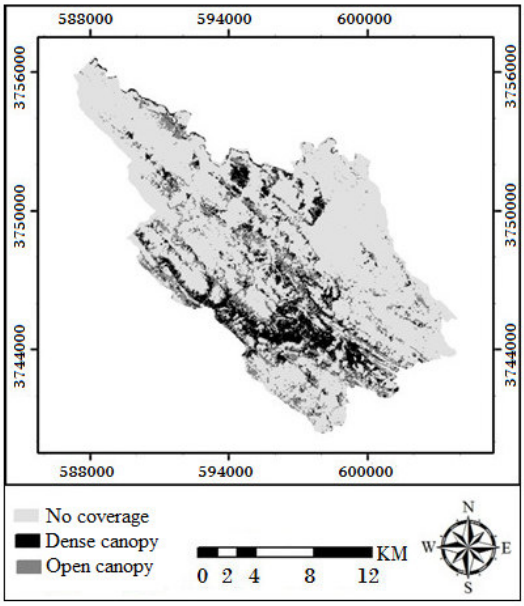
Table 2. The results of the evaluation of the overall classification accuracy Pictures

ضریب کاپا Kappa coefficient	صحت کلی (٪) Overall accuracy (%)	سال Year
0.8832	88.32	1988
0.8413	91.26	2007



شکل ۲- تصاویر لندست TM ونیت سفلی مربوط به ۳۰ آوریل ۱۹۹۸، تراکم پوشش گیاهی

Figure 2. Landsat TM Venit image from April 30, 1988 vegetation density



شکل ۳- تصاویر لندست ETM^+ ونیت سفلی مربوط به ۳۱ می ۲۰۰۷، تراکم پوشش گیاهی

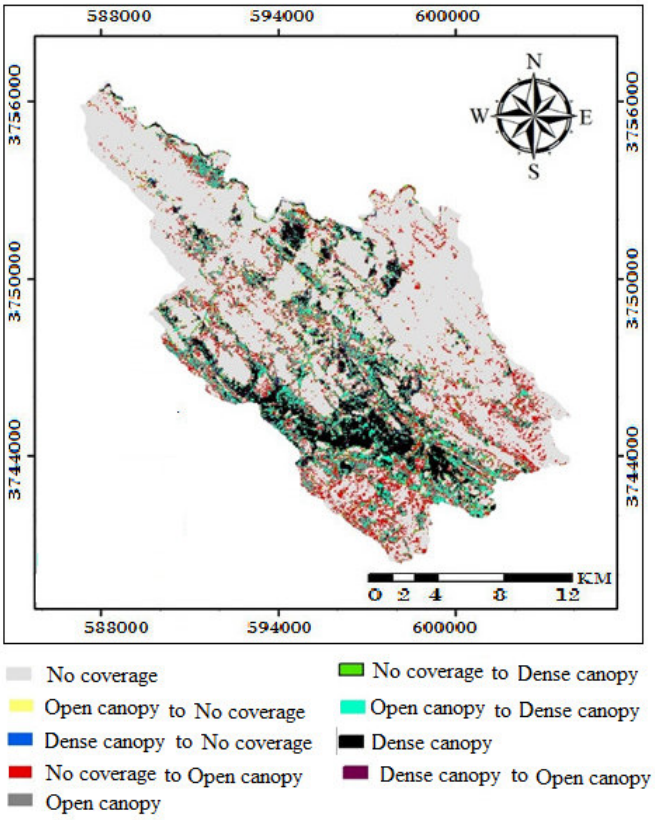
Figure 3. Landsat ETM^+ Venit image from May 31, 2001 vegetation density

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

جدول ۳- تغییرات وسعت طبقات تراکم پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷

Table 3. Changes in the size classes between the years 1988 and 2007 vegetation density

تغییرات وسعت (هکتار) Area changes (ha)	وسعت سال ۲۰۰۷ (هکتار) Area 2007 (ha)	وسعت سال ۱۹۸۸ (هکتار) Area 1988 (ha)	طبقات Classes
+1158.8	8414.3	7255.5	No coverage
-360.8	2077.4	2438.2	Open canopy
-797.9	1260.2	2058.1	Dense canopy
-	11752	11752	Total



شکل ۴ - رویه تغییرات تراکم پوشش گیاهی حوزه ونیت سفلی بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷

Figure 4. Changes in vegetation density surface area of Lower Venite between the years 1988 and 2007

جدول ۴ - ماتریس احتمال انتقال طبقات مختلف پوشش گیاهی منطقه ونیت سفلی به یکدیگر

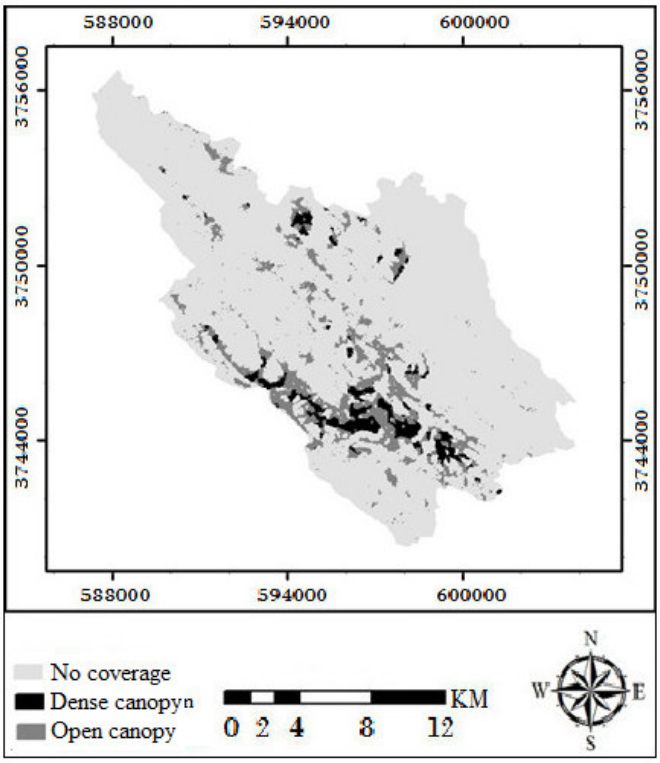
Table 4. transition probability y matrix classes of vegetation to each other

طبقات تراکم پوشش گیاهی Vegetation density classes	بدون پوشش No cover	تنک Open canopy	متراکم dense canopy
No coverage	0.9874	0.0109	0.0017
Open canopy	0.5059	0.4075	0.0866
dense canopy	0.1023	0.4070	0.4908

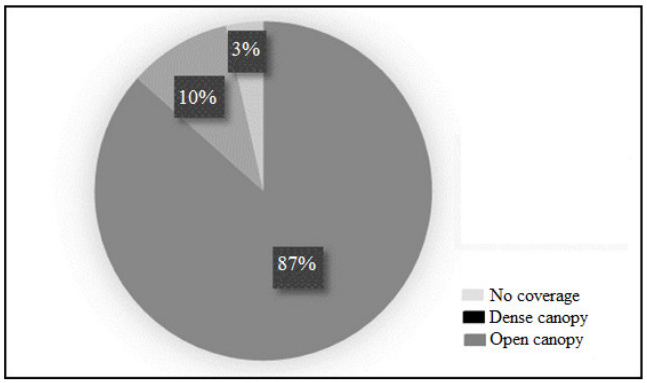
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

بنابراین همان‌گونه که در جدول نشان داده‌شده است بیشترین و کمترین احتمال انتقال به اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب در اراضی تحت پوشش با تراکم پوشش گیاهی تنک و متراکم دیده می‌شود. همچنین تبدیل اراضی فاقد پوشش به اراضی با پوشش گیاهی تنک بیشترین احتمال یعنی ۰/۰۱۰۹ را نشان می‌دهد.

همچنین با اعمال مدل سلول‌های خودکار- مارکوف با استفاده از احتمالات به‌دست‌آمده از اجرای مدل مارکوف، نقشه پیش‌بینی تراکم پوشش گیاهی



شکل ۵- تصویر تراکم پوشش گیاهی اراضی در سال ۲۰۲۰ حاصل از مدل سلول های خودکار و زنجیره مارکوف
Figure 5. Vegetation density image area 2020 from CA-Markov model



شکل ۶- وسعت پیش‌بینی‌شده برای هرکدام از طبقات تراکم پوشش گیاهی سال ۲۰۲۰ حاصل از مدل سلول های خودکار و زنجیره مارکوف
Figure 6. The extent of vegetation density predicted for each of the classes of 2020 from CA-Markov model

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۲۰ (شکل ۵) حاصل و وسعت احتمالی هر یک از طبقات تراکم پوشش گیاهی منطقه (شکل ۶) تعیین شد.

بحث

پوشش گیاهی یک از شاخص‌های اصلی و اساسی در حیات اکولوژیک محیط‌زیست می‌باشد که به‌طور مستقیم با شرایط مختلف منطقه در ارتباط می‌باشد. مقایسه پوشش گیاهی در دو دوره زمانی با شرایط متفاوت در یک منطقه به‌خوبی می‌تواند میزان تأثیر شرایط حاکم را روشن سازد. استفاده از داده‌های زمانی- مکانی سنجش از دور جهت شناسایی تغییرات و چگونگی آن درگذشته و شبیه‌سازی پوشش گیاهی در آینده می‌تواند به برنامه ریزان و طراحان شهری جهت مدیریت و برنامه‌ریزی و کاربرد سیاست‌های توسعه‌ای پایدار، یاری رساند.

ارزیابی صحت تصاویر حاصل از اعمال شاخص NDVI بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که این شاخص برای برآورد تراکم پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس مناسب می‌باشد که این موضوع با نتایج تحقیقات Carreiras و همکاران (۲۰۰۶) بیان داشتند که ایجاد مدل‌های همبستگی بین باندهای مرئی و مادون‌قرمز نزدیک و شاخص گیاهی NDVI با سطح تاج پوشش گیاهان از توانایی مناسبی در تخمین سطح پوشش گیاهان مرتعی برخوردار است. همچنین Dymond and Shepherd (۲۰۰۴)، Smith و همکاران (۱۹۹۰) شاخص NDVI را به‌عنوان بهترین شاخص معرفی کردند.

با توجه به نتایج حاصل از رویه تغییرات تراکم پوشش گیاهی منطقه موردمطالعه می‌توان بیان کرد: از وسعت طبقات اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم به ترتیب ۱۲۳۳/۴۸۲۸ و ۲۱۰/۴۵۳۹ هکتار به طبقه اراضی بدون پوشش گیاهی تبدیل‌شده است که این موضوع نشان‌دهنده از بین رفتن ۱۴۴۳/۹۳۶۷ هکتار از اراضی دارای پوشش گیاهی منطقه ونیت سفلی است. همچنین مشاهده می‌شود که ۲۴۶/۲ و ۳۸/۸ هکتار از وسعت اراضی بدون پوشش به ترتیب به اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم تبدیل‌شده است؛ بنابراین می‌توان بیان داشت میزان کاهش پوشش گیاهی نهایی منطقه ۱۱۵۸/۸ هکتار می‌باشد. بیشترین وسعت تخریب صورت گرفته در طبقات اراضی با پوشش گیاهی تنک صورت گرفته است که به‌صورت گسترده در منطقه دیده می‌شود و اراضی تحت پوشش گیاهی متراکم ازنظر میزان تخریب در رده بعدی قرار دارد. همان‌طور که دیده می‌شود در راستای افزایش سطوح تحت پوشش، بیشترین تبدیلات از طبقه فاقد پوشش گیاهی به طبقه با پوشش گیاهی تنک صورت گرفته است که این موضوع شاید به اعمال مدیریت قرقی برگردد که در منطقه مورد مطالعه طی دوره مورد مطالعه انجام شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌کنیم مجموعه پوشش گیاهی از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ کاهش قابل‌توجهی داشته و این امر می‌تواند تابع شرایط خشک‌سالی، ترسالی، تغییرات اقلیم منطقه، چرای دام و دخالت مستقیم انسان بر تغییرات درصد تاج پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه در این مدت مؤثر بوده است، این موضوع در تحقیق راهداری و ملکی نجف‌آبادی (۱۳۸۹) که با استفاده از شاخص‌های گیاهی به بررسی تراکم پوشش گیاهی پرداختند و عوامل فوق‌الذکر را بر کاهش تراکم پوشش گیاهی مؤثر می‌دانند.

نتایج ماتریس احتمال انتقال مدل زنجیره مارکوف نشان می‌دهند که بیشترین و کمترین احتمال انتقال به اراضی فاقد پوشش گیاهی به ترتیب در اراضی تحت پوشش با تراکم پوشش گیاهی تنک (۰/۵۰۵۹) و متراکم (۰/۱۰۲۳) دیده می‌شود. همچنین تبدیل اراضی فاقد پوشش به اراضی با پوشش گیاهی تنک بیشترین احتمال یعنی ۰/۰۱۰۹ را نشان می‌دهد. پس احتمال تغییر تراکم پوشش گیاهی از مناطق تنک به مناطق عاری از پوشش گیاهی بسیار بیشتر از مناطق با تراکم خوب می‌باشد که این موضوع به حساس بودن این مناطق به تخریب‌های انسانی و غیرانسانی برمی‌گردد هرچند دیده می‌شود در آینده

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

به‌احتمال‌زیاد انتقال از اراضی فاقد پوشش به اراضی با پوشش گیاهی تنک صورت می‌گیرد که این دو موضوع نشان‌دهنده این است که با اعمال مدیریتی هدفمند در مناطق با تراکم پوشش گیاهی می‌توان از تخریب بیشتر اراضی جلوگیری نمود و بستر افزایش سطح مناطق با پوشش گیاهی تنک را فراهم نموده که این اراضی تنک می‌توانند خود در آینده به اراضی با تراکم پوشش گیاهی متراکم انتقال یابند.

با اعمال مدل سلول‌های خودکار-مارکوف با استفاده از احتمالات به‌دست‌آمده از اجرای مدل مارکوف، نقشه پیش‌بینی تراکم پوشش گیاهی منطقه موردمطالعه در سال ۲۰۲۰ حاصل و وسعت احتمالی هر یک از طبقات تراکم پوشش گیاهی منطقه تعیین شد. همان‌گونه که در شکل می‌بینیم در سال ۲۰۲۰ چشم‌انداز حوضه آبخیز ونیت سفلی منطقه‌ای بدون پوشش گیاهی است که در صورت تحقق چنین تغییراتی فرسایش خاک، رانش زمین، سیل‌خیزی و نمود شواهد بیان زایی در آبخیز ونیت سفلی به‌شدت تشدید خواهد شد. همان‌طور که می‌بینیم که در آینده‌ای نزدیک اراضی فاقد پوشش گیاهی سطحی معادل ۸۷ درصد سطح منطقه را به خود اختصاص خواهند داد درحالی‌که از اراضی با پوشش گیاهی متراکم تنها ۳ درصد آن باقی خواهند ماند. این مقدار کاهش پوشش گیاهی خود می‌تواند یک فاجعه زیست‌محیطی باشد که در مناطق غرب کشور اتفاق می‌افتد، لذا این موضوع هم‌اکنون مدیریت بحرانی هدفمند و سریع را می‌طلبد که روند کنونی و نابودگر این پدیده کنترل شود و برای حفظ وضع موجود اقدام گردد و در ادامه برای توسعه پوشش گیاهی در منطقه اقدامات مفید و راهگشایی انجام گیرد.

ازآنجاکه نقشه‌های پوشش گیاهی و استفاده از اراضی به‌عنوان اطلاعات‌پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است امید است نتایج این تحقیق در برنامه‌ریزی‌های آینده منطقه که با تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی مرتبط است موردتوجه قرار گیرد.

منابع

راهداری، و. و ملکی نجف‌آبادی. س. ۱۳۸۹. مقایسه شاخص‌های مختلف گیاهی جهت تهیه نقشه درصد تاج پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از داده‌های ماهواره (مطالعه موردی پناهگاه حیات‌وحش موته). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۱(۱): ۸۶-۷۹.

زارع گاریزی، آ.، بردی شیخ، و.، سعدالدینی، آ. و سلمان ماهینی، ع. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی مکانی- زمانی تغییرات گستره جنگل در آبخیز چهل چای استان گلستان با استفاده از مدل تلفیقی سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰(۲): ۲۸۵-۲۷۳.

سرودی، م. و جوزی، ع. ۱۳۹۲. سنجش‌ازدور و اجرای مدل مارکوف برای بررسی تغییرات فضای سبز شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱ شهرداری تهران)، مجله محیط‌شناسی، ۳۹(۱): ۱۱۳-۱۲۲.

فاطمی، س.ب. و رضائی، ی. ۱۳۸۴. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده. ۲۵۷ صفحه.

Booth, D.T. & Tueller, P.T. 2003. Rangeland monitoring using remote sensing. Arid Land Research and Management, 17(4): 455–467.

Campbell, J.B. 1996. Introduction to remote sensing, Guilford Press: NewYork. 460 p.

Carreiras, J.M.B., Pereira, J.M.C. & Pereira, J. S. 2006. Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing. Forest Ecology and Management, 223(1): 45-53.

Chen, C. F., Son, N.T., Chang, N.B., Chen, C.R., Chang, L.Y., Valdez, M. & Aceituno, J.L. 2013. Multi-decadal mangrove forest change detection and prediction in Honduras, Central

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

America, with Landsat imagery and a Markov chain model. Remote Sensing, 5(12):6408-6426.

Dymond, J.R. & Shepherd, J.D. 2004. The spatial distribution of indigenous forest and its composition in the Wellington region, New Zealand, from ETM+ satellite imagery. Remote Sensing of Environment, 90(1): 116-125.

Estman, J. R. 2012. IDRISI selva tutorial. Clark Labs, Clark University, Worcester, Ma, 354p.

Jiang, Z., Huete, A.R., Didan, K. & Miura, T. 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. Remote Sensing of Environment, 112(10): 3833-3845.

Jiménez-Muñoz, J.C., Sobrino, J.A., Plaza, A., Guanter, L., Moreno, J. & Martínez, P. 2009. Comparison between fractional vegetation cover retrievals from vegetation indices and spectral mixture analysis: Case study of PROBA/CHRIS data over an agricultural area. Sensors, 9(2): 768-793.

Mather, P.M. & Koch, P.M. & Koch, M. 1999. Computer processing of remotely -sensed images. John Wiley & Sons.257p.

Pôças, I., Cunha, M., Pereira, L.S. & Allen, R.G. 2013. Using remote sensing energy balance and evapotranspiration to characterize montane landscape vegetation with focus on grass and pasture lands. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21: 159-172.

Shalaby, A. & Tateishi, R. 2007. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. Applied Geography, 27(1): 28-41.

Smith, M.O., Ustin, S.L., Adams, J.B. & Gillespie, A.R. 1990. Vegetation in deserts: I. A regional measure of abundance from multispectral images. Remote sensing of Environment, 31(1): 1-26.

Smits, P.C., Dellepiane, S.G. & Schowengerdt, R.A. 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: a review and a proposal for a cost-based approach. International Journal of Remote Sensing, 20(8): 1461-1486.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

Journal of Zagros Forests Researches, Vol: 3(1), 2016

Monitoring and Predicting Changes in Vegetation Density Using Remote Sensing (Case Study: Venet Watershed, Ilam Province)

Vahid Mirzaei Zadeh [1], Maryam Niknejad [2], Mehdi Heydari [3,*]

[1] *Graduated of Forestry, University of Ilam, Ilam, Iran*
[2] *Ph.D. Student of Forestry, Sari University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Sari, Iran*
[3] *Assistant Professor of Forestry Department, University of Ilam, Ilam, Iran*
[*] Corresponding author, E-mail address: m_heydari23@yahoo.com

Received: 04.07.2015 Accepted: 22.01.2016

Abstract

The importance of vegetation as a dynamic factor affecting biological conditions makes it necessary to obtain precise qualitative and quantitative information about its changes at short intervals. In this study, in order to monitor and predict vegetation density in Venet Watershed in Ilam province, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Landsat images from 1988 and 2007 were used and vegetation density maps in three classes of without canopy cover, open and dense canopy covers were obtained. Comparing the extent of vegetation density classes indicated that the extent of bare soil areas increased as 1158.8ha, while the extent of open and dense canopy covers were reduced360.8 and 797.9ha, respectively. Assessing changes in vegetation density showed that 1233.4 and 210.4539 ha of classes of open and dense canopy cover changed to no vegetation cover class, respectively. Moreover, 246.2 and 38.8ha of bare soil was converted to open and dense canopy cover classes, respectively. Markov models and automated cells applied to predict changes in vegetation density showed that the highest and the lowest probability of transition to no vegetation cover lands were observed in open (0.5059) and dense canopy cover (0.1023) lands, respectively. Finally, assuming a continuation of the current trend, the vegetation density map of the studied watershed was forecasted for 2020. This map shows lands without vegetation cover will constitute about 87 percent of this region in the near future while the amount of lands without vegetation cover were 62 and 71percent in 1988 and 2007, respectively.

Keywords: Vegetation cover density, Markov models, Automated cell, Venet watershed, Zagros

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]

Translated References

Fatemi, S.B. & Rezaei, Y. 2006. Principles of remote sensing . Azadeh Publications. Tehran. (In Persian).

Rahdari. V. & Maleki Najafabadi, S. 2010. Compression of vegetation indices for vegetation cover mapping in aridandsemi-arid environment using satellite data (Case study: MoutehWild life sanctuary). Journal of Applied RS and GIS Techniques in Natural Resource Science, 1(1): 79-86. (In Persian with English Abstract).

Soroudi, M. & Jozi., S.A. 2013. Application of remote sensing and markov in investigation and prediction of change in vegetation cover (Case study: District 1 of Tehran Municipality). Journal of Environmental Studies, 39(1): 113-122. (In Persian with English Abstract).

Zare Garizi, A., Sheikh, V., Sadoddin, A. & Mahiny, A. 2012. Simulating the spatiotemporal changes of forest extent for the Chehelchay watershed (Golestan province), using integrated CA-Markov model. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(2): 273-285. (In Persian with English Abstract).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-10]