

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

*وحید میرزا‌یارزاده^۱، مریم نیک‌نژاد^۲، مهدی حیدری^۲

^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

استادیار گروه جنگل‌داری، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

^{*}پست الکترونیک نویسنده مسئول: m_heydari23@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۳

چکیده

اهمیت پوشش گیاهی به عنوان یک عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاد 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 ۷۹۷/۹، ۳۶۰/۸ هکتار کاهش یافته 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 تبدیل شده است. همچنین ۲۴۶/۲ و ۳۸/۸ هکتار از وسعت اراضی بدون پوشش به ترتیب به اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم تبدیل شده 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 خواهد 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
می‌آید. به علاوه، واکنش اکوسیستم‌های طبیعی به عوامل اقلیمی و مدیریتی از جمله دلایلی هستند که ضرورت پایش منظم عرصه‌های طبیعی را روشن می‌سازند. در عین حال 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 روبرو می‌سازند. داده‌های ماهواره‌ای با یک برنامه‌ریزی منظم و حساب‌شده می‌تواند کمک

پوشش گیاهی به عنوان یک عامل دینامیک و مؤثر بر شرایط زیستی، باید دائمًا از لحاظ کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد. جنگل‌ها و مراتع در زمرة 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

مادون‌قرمز نزدیک و شاخص گیاهی NDVI با سطح تاج پوشش گیاهان از توانایی مناسبی در تخمین سطح پوشش گیاهان مرتتعی 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 شبیه‌سازی شده با نقشه واقعی حاصل از طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۹ انجام شد. ضریب صحت استخراج شده، 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 قابل توجه مناطق جنگلی (۷/۱۶ درصد سطح اولیه جنگل) است. سروودی و جوزی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای به کاربرد سنجش از دور 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 ۰/۳۶، ۰/۳۶ 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 اراضی 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

شاپیانی 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 به سرعت و با دقت مناسب قابل دستیابی و حتی پیش‌بینی (با استفاده از مدل پیش‌بینی کننده به دست آمده بر اساس عوامل مؤثر در زمان‌های گذشته) می‌باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گستره 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. به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی از شاخص‌های گیاهی مختصی استفاده می‌کنند. درواقع این شاخص‌های گیاهی برای تمایز 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 به خوبی از طریق این شاخص قابل شناسایی هستند (Jiang *et al.*, 2008). تجزیه و تحلیل 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

می‌دهند. شغل اصلی اهالی منطقه دامپوری و کشاورزی است.

داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه، تصاویر بدون ابر ماهواره لندست سنجنده TM متعلق به ۳۰ آوریل سال ۱۹۸۸ و سنجنده ETM⁺ متعلق به ۳۱ می سال ۲۰۰۷ میلادی و سنجنده شیان ذکر است که در این ماه‌ها، پوشش گیاهی منطقه به رشد حداقل تقریبی خود دست می‌یابد. همچنین از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۷۵ تهیه شده 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 تهیه شده استفاده گردید.

تصحیح هندسی

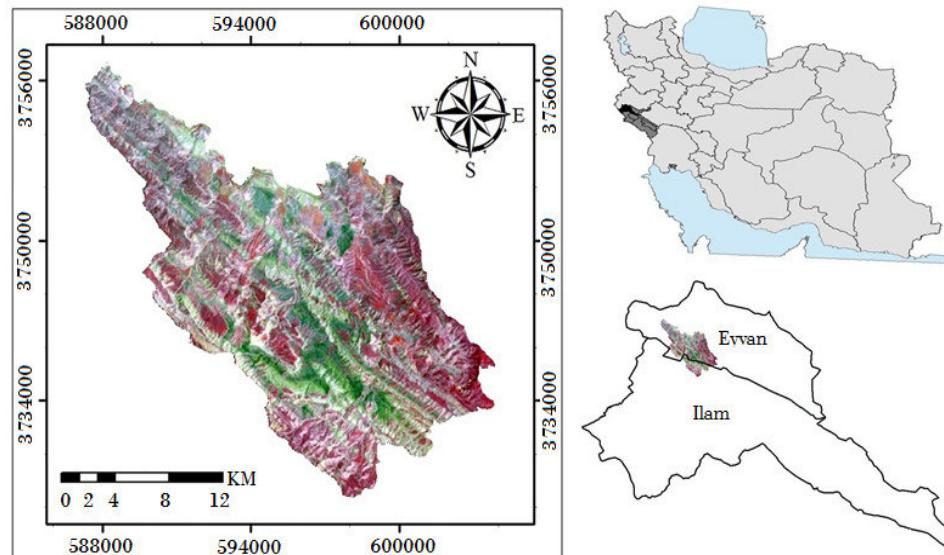
به منظور اعمال تصحیح هندسی بر روی تصویر سال ۲۰۰۷ با استفاده از روش نقشه به تصویر تعداد ۳۲ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری

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 و نیت 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 و نیت سفلی با مساحت ۱۱۷۵۲ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۴۶°۰'۸" تا ۴۵°۵'۵" ۴۸ تا ۴۶°۰'۸" طول شرقی و ۳۳°۴'۷" تا ۳۳°۵'۷" 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 و نیت سفلی را مراتع و جنگل‌های بلوط و بادام و گون زارها تشکیل



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

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

Pocas *et al.*, 2013).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

NIR: تشعشع ثبت شده در باند مادون قرمز نزدیک ماهواره و RED: تشعشع ثبت شده 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 مادون قرمز می‌باشند. مقادیر این پدیده‌ها در تصویر NDVI منفی می‌شود. بازتاب مناطق با خاک لخت در محدوده مادون قرمز و قرمز مشابه است، بنابراین تصویر NDVI دارای ارزشی نزدیک به صفر هستند. مناطق با پوشش گیاهی متراکم دارای بازتاب بیشتری در طیف مادون قرمز بوده و مقادیر این مناطق در تصویر NDVI بزرگ‌تر از صفر است. در ماهواره لنست، باند ۴ محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک و باند ۳ محدوده طیفی قرمز را پوشش می‌دهد.

طبقه‌بندی مقادیر NDVI به کلاس‌های مختلف پوشش گیاهی

به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه و نیت 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. به طوری که 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

جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی و همچنین نقاط مرجع زمینی ثبت شده با GPS استفاده شد و نقاط متناظر آن‌ها بر روی تصویر تعیین شد. پس از به کارگیری 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 به خوبی 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 به منظور جلوگیری از تغییر ارزش‌های طیفی تصاویر به کار گرفته شد.

لازم به ذکر است که در تصحیحات هندسی، مقدار خطای ریشه میانگین مربعات قابل قبول، کمتر از ۰/۵ پیکسل است (Shalaby *et al.*, 2007). جهت هماهنگ قدرت تفکیک مکانی تصاویر، نمونه‌گیری مجدد استفاده گردید. به منظور کاهش اثر گردوغبار و ذرات معلق از مدل کاست (Cost) در نرمافزار IDRISI Selva استفاده شد. برای کنترل دقت تصحیحات هندسی اعمال شده، لایه‌های خطی تهیه شده 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 استفاده شده است. در این شاخص محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک (NIR) و قرمز (RED) به کار گرفته شده و

درست طبقه‌بندی شده است. همچنین ضریب کاپا نیز از رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه (۳)

موردنظر-۱/ مشاهده شده-موردنظر= ضریب کاپا
در رابطه (۳) مشاهده شده به صحت گزارش شده در ماتریس خطأ و موردنظر به طبقه‌بندی صحیح که ممکن است با توافق شناسی بین دو تصویر همراه باشد، اشاره دارد. مشاهده شده همان درصد صحت کلی یعنی مجموع اعداد قطری بخش بر تعداد کل نمونه‌ها است. موردنظر برآورده از سهم توافق شناسی 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 برآورده شده توافق شناسی، تعدیل می‌کند. وقتی که درصد صحت کلی به ۱۰۰ و سهم توافق شناسی به صفر نزدیک می‌شود ارزش ضریب کاپا به $+1$ نزدیک می‌گردد که نشان‌دهنده توافق کامل دو تصویر است.

بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی
به منظور 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 به دست آمده انجام شد. حاصل این فرآیند تصویری است که در بردارنده تبدیلات هریک از طبقات به طبقات دیگر در بازه زمانی موردنظر مطالعه است. بدین ترتیب مساحتی از هر طبقه که در گذر زمان تغییرنیافته و یا به کلاس‌های دیگر تراکم پوشش گیاهی تبدیل شده است، قبل بررسی است.

مدل زنجیره مارکوف

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

نقشه طبقات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید.

ارزیابی دقت نقشه‌ها

به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های تهیه شده، با توجه به آشنایی با منطقه موردنظر مطالعه 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 موردنظر مطالعه شد. به منظور اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی در منطقه موردنظر 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 برداشت شده و بر روی لایه‌های اطلاعاتی درصد پوشش گیاهی ثبت گردید. به منظور 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 ۱۰-۰ درصد بدون پوشش گیاهی، ۱۰ تا ۲۵ درصد پوشش تنک و بیش از ۲۶ درصد را به عنوان پوشش گیاهی متراکم طبقه‌بندی گردید.

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

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

که در آن OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی، $\sum P_{ii}$ مجموع پیکسل‌های

(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 در گذر زمان بر اساس قوانین تبدیل، به طور خودکار به روز می‌شوند) بستگی دارد. به گام‌های به روزرسانی از زمان t (مبدأ زمانی) تا t_n (زمان پایان عملیات) در اصطلاح، تکرار گفته می‌شود (Eastman 2012).

نتایج

نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده با شاخص NDVI نشان می‌دهد که تصویر سال ۱۹۸۸ دارای صحت کلی $88/32$ درصد و ضریب کاپای $0/85$ می‌باشد همچنین تصویر طبقه‌بندی شده سال ۲۰۰۷ دارای صحت کلی $91/26$ درصد و ضریب کاپای $0/8731$ است. با توجه به مقادیر بالای 88% 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.

شبیه‌سازی و مدل‌سازی سری‌های زمانی گسترش کاربرد گسترده‌ای دارد. وابستگی متغیرهای تصادفی به زمان در سری‌های زمانی از طریق ضریب همبستگی با ماتریس‌های احتمال انتقال بیان می‌شوند. ماتریس احتمال انتقال ماتریس مربعی است که بسته به تعداد حالات‌های 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 حالات‌های ممکن در گام زمانی آینده می‌باشد.

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

$$P_{ij}^{(n)} = \sum_{k=1}^r P_{ik} P_{kj} \quad (4)$$

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 به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که 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 به منظور پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه از مدل مارکوف در محیط نرم‌افزار IDRISI Selva اجرا شد. با استفاده از این مدل، وضعیت پیکسل‌ها برای پیش‌بینی تغییرات وضعیت آن‌ها در آینده از قوانین خاصی پیروی می‌کنند. به طور مثال پیکسل z_j

مدل سلول خودکار- مارکوف

به منظور تهیه نقشه پیش‌بینی تغییرات پوشش گیاهی منطقه ونیت سفلی، مدل سلول خودکار- مارکوف با استفاده از نتایج به دست آمده 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. به طور مثال پیکسل z_j

۲۰۲۰ را مشخص می‌کند.

این ماتریس با توجه به انتقال طبقات در طول دوره مورد مطالعه احتمال تغییر طبقات برای سال

جدول ۱- نتایج ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده

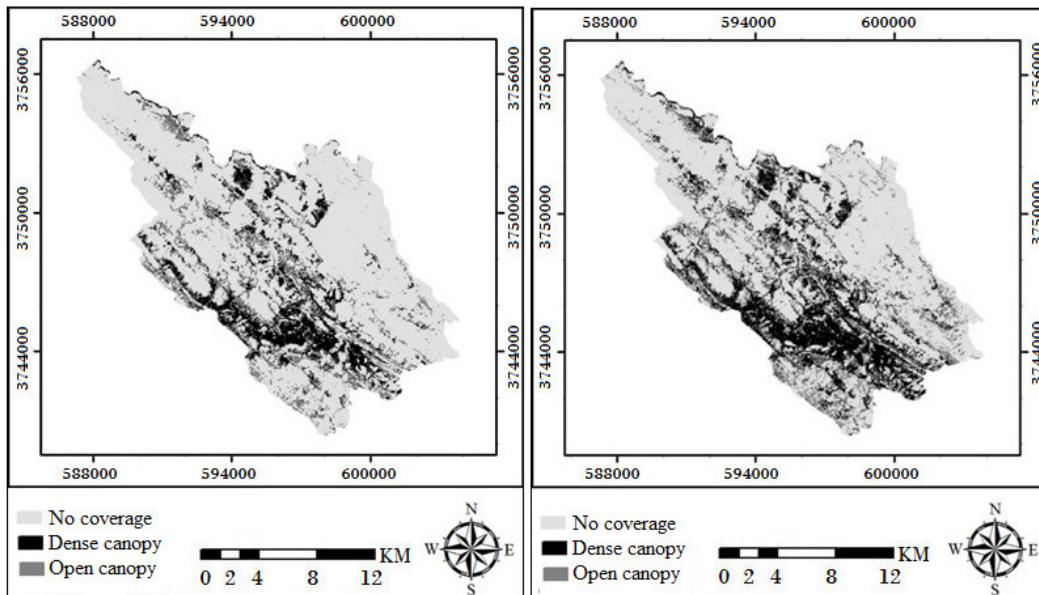
Table 1. The results of the evaluation of classified images

2007		1988		طبقات
صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	Classes
User Accuracy	Accuracy producer	User accuracy	Accuracy producer	
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 ۳- تصاویر لندست ETM⁺ و نیت سفلی مربوط به ۳۱ می ۲۰۰۷، تراکم پوشش گیاهی

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

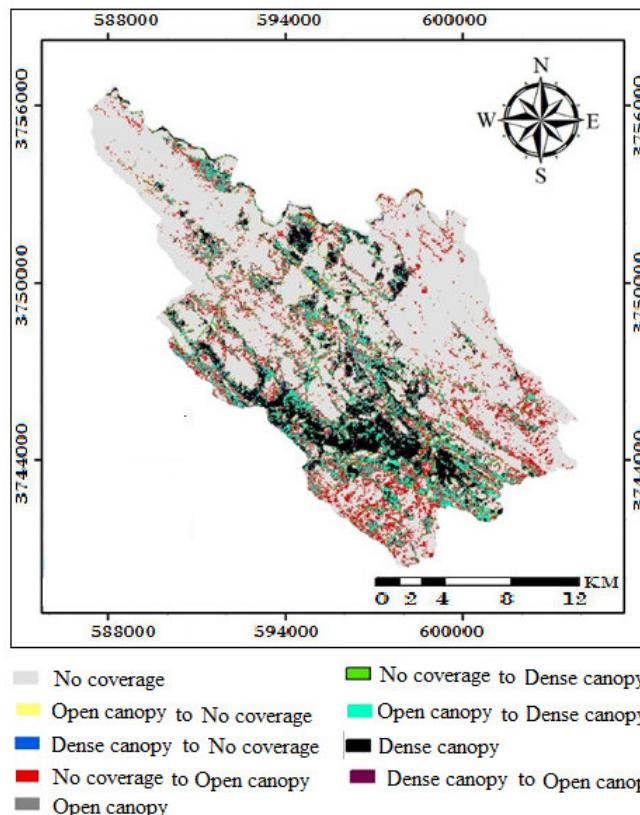
شکل ۲- تصاویر لندست TM و نیت سفلی مربوط به ۳۰ آوریل ۱۹۹۸، تراکم پوشش گیاهی

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

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

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



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

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

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

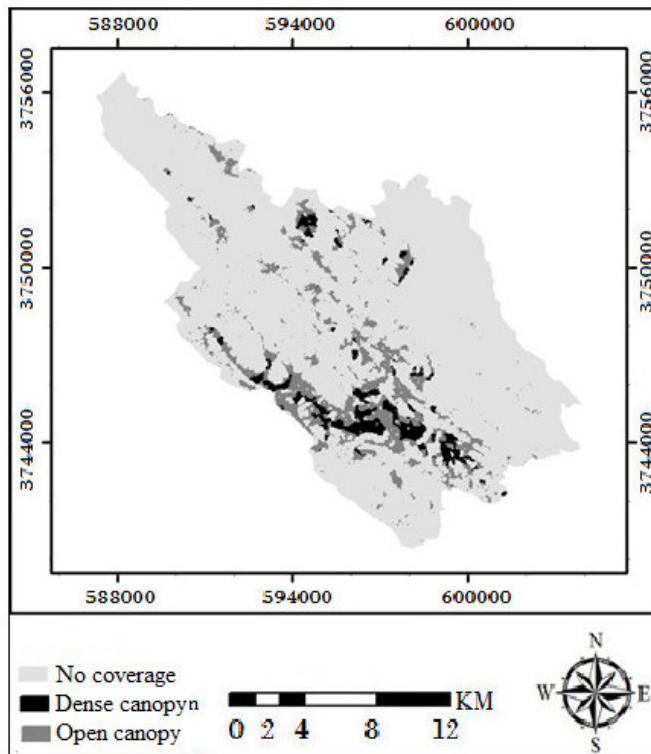
Table 4. transition probability y matrix classes of vegetation to each other

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

پوشش گیاهی تنک بیشترین احتمال یعنی 0.109 را نشان می‌دهد.

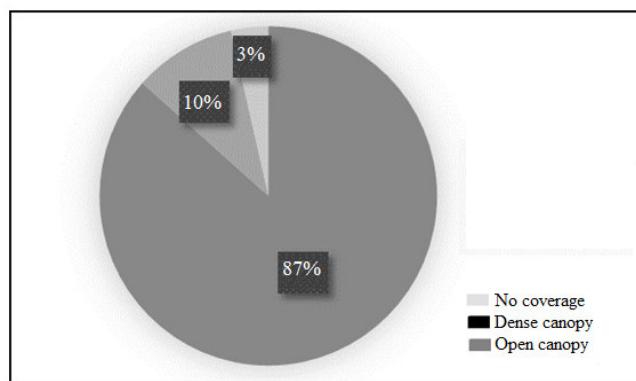
همچنین با اعمال مدل سلول‌های خودکار- مارکوف با استفاده از احتمالات به دست آمده از اجرای مدل مارکوف، نقشه پیش‌بینی تراکم پوشش گیاهی

بنابراین همان‌گونه که در جدول نشان داده شده 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



شکل ۵- تصویر تراکم پوشش گیاهی اراضی در سال ۲۰۲۰ حاصل از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف

Figure 5. Vegetation density image area 2020 from CA-Markov model



شکل ۶- وسعت پیش‌بینی شده برای هر کدام از طبقات تراکم پوشش گیاهی سال ۲۰۲۰ حاصل از مدل سلول‌های خودکار و زنجیره مارکوف

Figure 6. The extent of vegetation density predicted for each of the classes of 2020 from CA-Markov model

۳۸/۸ هکتار از وسعت اراضی بدون پوشش به ترتیب به اراضی با پوشش گیاهی تنک و متراکم تبدیل شده 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 به صورت گسترده در منطقه دیده می‌شود و اراضی تحت پوشش گیاهی متراکم از نظر 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 قابل توجهی 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 فوق الذکر 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 (۰/۰۵۰۵۹) و متراکم (۰/۰۱۰۲۳) 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 بر می‌گردد هرچند دیده می‌شود در آینده

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 به طور مستقیم با شرایط مختلف منطقه در ارتباط می‌باشد. مقایسه پوشش گیاهی در دو دوره زمانی با شرایط متفاوت در یک منطقه به خوبی می‌تواند میزان تأثیر شرایط حاکم را روشن سازد. استفاده از داده‌های زمانی-مکانی سنجش از دورجهت شناسایی تغییرات و چگونگی آن درگذشته و شبیه‌سازی پوشش گیاهی در آینده می‌تواند به برنامه‌ریزی 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 مرتّعی برخوردار است. همچنین Dymond and Shepherd (۱۹۹۰)، Smith و همکاران (۲۰۰۴) شاخص NDVI را به عنوان 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 ۲۱۰/۴۵۳۹ و ۱۲۳۳/۴۸۲۸ هکتار به طبقه اراضی بدون پوشش گیاهی تبدیل شده است که این موضوع نشان‌دهنده از بین رفتن ۱۴۴۳/۹۳۶۷ هکتار از اراضی دارای پوشش گیاهی منطقه نیت سفلی است. همچنین مشاهده می‌شود که ۲۴۶/۲ و

تشدید خواهد شد. همان‌طور که می‌بینیم که در آینده‌ای نزدیک اراضی فاقد پوشش گیاهی سطحی معادل ۸۷ درصد سطح منطقه را به خود اختصاص خواهد داد درحالی‌که از اراضی با پوشش گیاهی متراکم تنها ۳ درصد آن باقی خواهد 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 می‌طلبید 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.

از آنجاکه نقشه‌های پوشش گیاهی و استفاده از اراضی به عنوان اطلاعات پایه 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 مورد توجه قرار گیرد.

به‌احتمال زیاد 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 به دست‌آمده از اجرای مدل مارکوف، نقشه پیش‌بینی تراکم پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه 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 و نیت سفلی منطقه‌ای بدون پوشش گیاهی است که در صورت تحقق چنین تغییراتی فرسایش خاک، رانش زمین، سیل خیزی و نمود شواهد بیان زایی در آبخیز و نیت سفلی بهشت

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 موتله). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۱(۱): ۸۶-۷۹.
- زارع گاریزی، آ.، بردى 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. سنجش از دور 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: New York. 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

- 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.

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

Vahid Mirzaei Zadeh¹, Maryam Niknejad², 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 reduced 360.8 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 71 percent in 1988 and 2007, respectively.

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

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 arid and semi-arid environment using satellite data (Case study: Mouteh Wild 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).