

جغرافیا و توسعه شماره ۲۹ زمستان ۱۳۹۱

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۳/۴

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۴/۲۷

صفحات : ۳۱-۴۲

شبیه‌سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک، GIS و سنجش از دور مورد: جنگل‌های شمال ایلام

دکتر صالح آرخی^۱، علی‌اکبر جعفرزاده^۲، صالح یوسفی^۳

چکیده

این تحقیق با هدف پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های شمال استان ایلام و به منظور ردیابی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل صورت گرفت. در این بررسی تأثیر هفت فاکتور فاصله از جاده و مناطق مسکونی، شاخص قطعه‌بندی جنگل، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و شیب و همچنین فاصله از مرز جنگل و غیرجنگل بر روی تخریب جنگل، مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه، برای بررسی تغییرات جنگل، داده‌های سنجنده MSS مربوط به سال ۱۳۵۵ و سنجنده TM مربوط به سال ۱۳۸۶ مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفتند. تصاویر مورد بررسی به دو کلاس جنگل و غیرجنگل طبقه‌بندی شدند و به منظور بررسی عوامل تخریب، نقشه‌ی تخریب جنگل با متغیرهای مکانی فیزیوگرافی و انسانی وارد مدل شد. برای مدل‌سازی و برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در طول ۳۱ سال حدود ۱۹۲۹۴ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاهش یافته است. با توجه به نتایج مدل‌سازی مشخص شد که در قطعات جنگلی گسسته و در مناطق نزدیک به مرز جنگل و غیرجنگل تخریب بیشتری صورت گرفته است. همچنین متغیرهای شیب، فاصله از مراکز جمعیتی و جاده با مقدار تخریب رابطه‌ی عکس دارند و با افزایش ارتفاع از سطح دریا در این منطقه مقدار تخریب کاهش می‌یابد. در نهایت، یک مدل مکانی ساده که توانایی پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل را با استفاده از رگرسیون لجستیک دارد، ارائه شد. کلیدواژه‌ها: مدل‌سازی تخریب، سنجش از دور، رگرسیون لجستیک، GIS، جنگل‌های شمال ایلام.

مقدمه

کاربری و پوشش اراضی ثابت نبوده و غالباً در اثر فعالیت‌های انسانی دستخوش تغییر و تحول می‌شود، همچنین با توجه به روند جنگل‌زدایی در دهه‌های اخیر، برآورد روند تخریب در دوره‌های زمانی مختلف بسیار حائز اهمیت است. دستیابی به اطلاعات مربوط به گذشته و پی بردن به تغییر و تحولات صورت گرفته به جهت چاره‌اندیشی برای این پدیده لازم و ضروری به نظر می‌رسد. شناسایی و کشف این تغییرات می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند تا عوامل مؤثر در تغییر کاربری و پوشش اراضی را شناسایی کرده و برای کنترل آنها برنامه‌ریزی مفید و مؤثر داشته باشند. جنگل‌های غرب کشور به لحاظ وسعت، مسایل زیست محیطی، حفظ منابع آب و خاک از اهمیت خاصی برخوردار بوده که در طی دهه‌های گذشته به دلیل عوامل اقتصادی و اجتماعی، عدم مدیریت جامع و غیره توان تولیدی خود را از دست داده و این روند آینده‌ی جنگل‌های منطقه را به مخاطره افکنده است. در نتیجه مدیریت و برنامه‌ریزی این جنگل‌ها با مشکلات فراوانی همراه است که کمبود مطالعات و بررسی‌های لازم در این منطقه به مسأله‌ی فوق دامن می‌زند. از این رو، علم و آگاهی مدیران، کارشناسان و حامیان جنگل از کم و کیف تغییر و تحولات رخ داده شده به جهت سیاست‌گذاری و چاره‌اندیشی برای رفع مشکل موجود ضروری خواهد بود.

برای کشف و ارزیابی این تغییرات، استفاده از فنون و ابزارهای سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای تولید اطلاعات مکانی و برخورداری از امکانات تحلیلی می‌تواند نقش بسزایی داشته باشند (Scheer & Sitko, 2007: 345-351). مطالعات صورت گرفته در زمینه‌ی مدل‌سازی تخریب جنگل را می‌توان به دو بخش اصلی تقسیم کرد.

دسته‌ی اول بررسی‌هایی که سطح تخریب یافته‌ی جنگل را در یک دوره‌ی زمانی برآورد نموده‌اند و دسته‌ی دوم شامل بررسی‌هایی است که در جهت مدل‌سازی تخریب جنگل با استفاده از فن‌آوری RS و GIS صورت گرفته است. رفیعیان (۱۳۸۲) با بررسی تغییرات گستره‌ی جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM⁺ دریافت که میزان کاهش سطح جنگل، با فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی و نیز افزایش ارتفاع از سطح دریا و شیب رابطه‌ی معکوس دارد.

نجلو (۱۳۸۴) با هدف بررسی روند تغییرات گستره‌ی جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای IRS-1C و ETM⁺ به صورت یک مطالعه‌ی موردی در جنگل‌های کردکوی از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۰ پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای دارای قابلیت خوب برای تهیه‌ی نقشه‌ی گستره‌ی جنگل در جنگل‌های شمال بوده و می‌توان از آنها برای بررسی روند تغییرات این جنگل‌ها استفاده نمود.

گری‌راج^۱ و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی را با عنوان مدل‌سازی مکانی و زمانی الگوهای تغییرات پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۷۳ و ۲۰۲۰ با استفاده از GEOMOD در جنوب غربی هندوستان انجام دادند. نتایج نشان داد که در طول دوره‌ی مورد مطالعه (۳۱ سال) ۱۶٪ از جنگل‌های همیشه سبز اولیه کاهش یافته است و مخرب‌های طبیعی مانند آتش‌سوزی‌ها، چرای حیات وحش، فرسایش خاک و به‌دنبال آن فعالیت‌های بشری را دلایل این تخریب در منطقه معرفی کردند. این مطالعه نقش سنجش از دور و GIS را در پردازش تغییرات پوشش گیاهی و مدل‌سازی تغییرات در آینده پررنگ‌تر کرد.

شمال استان ایلام در حفاظت خاک و جلوگیری از فرسایش‌های مختلف و ضرورت حفظ این جنگل‌ها به منظور نگهداشت ذخایر ژنتیکی و تنوع‌زیستی برای نسل‌های آینده به شکلی پایدار، آگاهی از میزان و موقعیت تخریب جنگل و ارائه‌ی مدل تخریب برای دست آوردن یک الگوی مناسب به منظور پیش‌بینی مناطق در معرض تخریب برای برنامه‌ریزان و مدیران بخش منابع طبیعی بسیار ضروری می‌باشد.

جنگل‌های مورد نظر در این مطالعه همچون سایر مناطق جنگلی به دلیل دخل و تصرف‌های بی‌رویه در دهه‌های اخیر با تغییراتی مواجه بوده است. تعیین این میزان تغییرات در طول ۳۱ سال با استناد به اسناد معتبر و گویا با نام تصاویر ماهواره‌ای هدف این بررسی را تشکیل می‌دهد. در تحقیق حاضر با استفاده از اطلاعات حاصل از مقایسه‌ی تصاویر ماهواره‌ای در دو دوره‌ی مختلف، روند تغییرات در جنگل‌های مورد مطالعه شناسایی و سپس با به کارگیری تحلیل‌های GIS به شناسایی فاکتورهای مؤثر در این تغییرات می‌توان اقدام و نتایج را به صورت نقشه‌های موضوعی ارائه و در نهایت مدل احتمال تخریب را برای منطقه‌ی مورد مطالعه پیشنهاد داد.

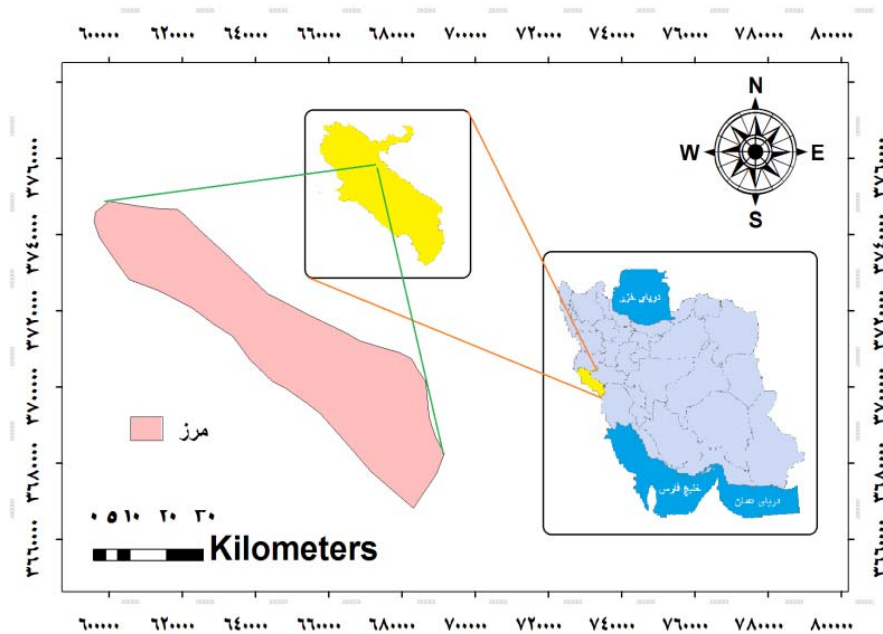
مواد و روش‌ها

- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در شمال استان ایلام و در محدوده‌ی شهرستان سرابله واقع شده است. این منطقه با مساحت ۲۲۵۵۹۳ هکتار در محدوده‌ی ارتفاعی ۷۰۰۰ تا ۲۷۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است و بطور کلی منطقه‌ی تپه‌ماهور با کوه‌های اطراف می‌باشد که از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۵۰' ۵۹° تا ۰۷' ۶۹° طول شرقی و ۸۲' ۳۶° تا ۳۷' ۶۱° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).

گرونبِrg^۱ و همکاران (۲۰۰۰) طی مطالعه‌ای تحت عنوان "مدل‌سازی احتمال تخریب جنگل در ذخیره‌گاه زیست کره مایا" با هدف مطالعه‌ی تأثیر سه مشخصه مناطق مسکونی، جاده و کیفیت خاک بر روی میزان تخریب جنگل پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که مشخصه‌ی فاصله از مناطق مسکونی تأثیر قابل توجهی در پدیده‌ی تخریب جنگل در فاصله‌ی کمتر از ۴ کیلومتری از نقاط مسکونی در منطقه‌ی مورد مطالعه داشت. همچنین نزدیکی به جاده نیز بر میزان احتمال تخریب جنگل به میزان زیاد می‌افزاید. در همین راستا رنجبر (۱۳۸۱) با تجزیه و تحلیل و برآورد تخریب جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS در جنگل‌های ارسباران با هدف ارزیابی و مطالعه میزان جنگل‌های تخریب شده و بررسی مشخصه‌های مختلف بر تخریب جنگل با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک^۲، تحقیقی را انجام داد و نتیجه گرفت که عوامل ارتفاع از سطح دریا، فاصله از مراکز جمعیتی و جهت دامنه به عنوان مشخصه‌های مؤثر بر تخریب یا عدم تخریب جنگل می‌باشد. ایشان بیان می‌دارد که با افزایش ارتفاع و فاصله از مناطق مسکونی میزان تخریب کمتر و در جهت جنوبی تخریب بیشتری مشاهده شد.

امینی و همکاران (۱۳۸۵) به بررسی روند تغییرات گستره‌ی جنگل و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی در جنگل‌های غرب کشور پرداخت. به این منظور از روش همبستگی اسپیرمن و مدل رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج روش همبستگی اسپیرمن نشان داد فاصله از جاده رابطه‌ی عکس با پدیده‌ی تخریب داشته است. نتایج بررسی با مدل رگرسیون لجستیک با ضریب تبیین ظاهری و تطبیق شده برابر با ۰/۳۷ نشان داد که فاصله از جاده، مؤثرترین عامل تخریب در منطقه است. با توجه به اهمیت جنگل‌های



شکل ۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان

– داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر MSS (سال ۱۳۵۵) و TM (سال ۱۳۸۶) و نیز نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ منطقه استفاده شد.

– تصحیح هندسی تصاویر

در این مرحله اقدام به اعمال تصحیح هندسی بر روی تصاویر شد و تصویر TM سال ۱۳۸۶ با استفاده از روش نقشه به تصویر با استفاده از تعداد ۴۷ نقطه کنترل زمینی بر روی لایه‌های وکتوری جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج شده از نقشه‌ی توپوگرافی انتخاب و نقاط متناظر آنها بر روی تصویر تعیین شد و پس از به کارگیری روش ناپارامتری چندجمله‌ای^۱ و حذف نقاط نامناسب، تصحیح هندسی با تعداد ۳۸ نقطه‌ی کنترل زمینی و میزان خطای ریشه میانگین مربعات ۰/۳۷ پیکسل صورت گرفت. همچنین عمل نمونه‌گیری مجدد

با استفاده از روش نزدیکترین همسایه^۲ به منظور جلوگیری از تغییر ارزش‌های طیفی تصاویر به کار گرفته شد. جهت تصحیح هندسی تصویر MSS نیز پس از اصلاح تصویر TM، با استفاده از روش تصویر به تصویر و با ۳۰ نقطه کنترل زمینی و خطای ۰/۴، این تصحیح انجام گرفت است. در ضمن، جهت یکسان‌سازی قدرت تفکیک مکانی تصاویر، از گزینه ریسایز^۳ در نرم‌افزار ENVI استفاده گردیده است. در نهایت، تصاویر ایجاد شده با نقشه‌ی پایه هماهنگی لازم را پیدا نموده‌اند.

– تهیه نقشه‌های جنگل مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۶ به منظور طبقه‌بندی و تهیه‌ی نقشه‌ی جنگل مربوط به سال‌های مورد بررسی، اقدام به تهیه‌ی نمونه‌های تعلیمی هم به کمک عملیات زمینی با استفاده از دستگاه GPS و هم با استفاده از پردازش و بارزسازی تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار IDRISI و در

2-Nearest Neighbor
3-Resize

1-Nonparametric Polynomial

پایه شد و با در نظر گرفتن موقعیت مکانی محل قطعات نمونه در روی زمین، نوع پوشش سطح زمین از نظر جنگل یا غیرجنگل بودن در قطعات نمونه ۱۲ آری تعیین شد. در مجموع ۵۰۶ نقطه از منطقه‌ی مورد مطالعه برداشت و از آنها یک نقشه با ساختار رستری تهیه شد. در نهایت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی مقایسه شده و پس از تشکیل ماتریس خطا^۲، ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا صورت گرفت.

- تهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات و تخریب سطح جنگل مربوط به سال‌های مورد نظر

پس از زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترل زمینی، نقشه‌ی گستره‌ی جنگل مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۶ از طریق طبقه‌بندی بر روی تصاویر اصلی و پردازش شده (MSS) و (TM) تهیه شد. پس از تهیه‌ی نقشه‌های گستره‌ی جنگل مربوط به سال‌های ۱۳۵۵ و ۱۳۸۶، هرکدام از نقشه‌های یاد شده به دو طبقه‌ی جنگل و غیرجنگل طبقه‌بندی شدند و پس از اطمینان از صحت نقشه‌های تولید شده، در محیط GIS برای تهیه‌ی نقشه‌ی تغییرات سطح جنگل، دو نقشه‌ی مربوط به ابتدا و انتهای دوره‌ی مورد بررسی با همدیگر تقابل (Cross) داده شدند.

- تهیه‌ی نقشه‌های فاکتورهای مؤثر در تخریب جنگل از مهمترین عوامل مؤثر در روند تخریب جنگل عوامل طبیعی و انسانی می‌باشد (مسگری، ۱۳۸۱: ۳-۱). در این تحقیق نقشه شیب، جهت جغرافیایی، طبقات ارتفاعی به عنوان عوامل طبیعی مؤثر در تغییرات و فاصله از مناطق مسکونی، جاده‌ها، شاخص قطعه‌بندی جنگل^۳ و فاصله از حاشیه‌ی جنگل به عنوان نقش عوامل انسانی در وقوع تغییرات مد نظر قرار گرفت.

نهایت نمونه‌های تعلیمی از مناطق جنگل و غیرجنگل تهیه شد. همچنین منحنی پاسخ طیفی باندهای مختلف برای هر یک از طبقات نمونه‌های تعلیمی ترسیم و تفسیر شد. برای ارزیابی تفکیک‌پذیری طبقات از شاخص واگرایی تبدیل شده و فاصله باتاچاریا^۱ استفاده شد. ابتدا کلیه‌ی باندهای اصلی (بدون باندهای مصنوعی حاصل از الگوریتم‌های بارزسازی تصویر) به صورت ترکیبات مختلف در طبقه‌بندی به کار گرفته شد. همچنین به منظور استخراج هر چه بیشتر اطلاعات مفید از تصویر، از الگوریتم‌ها و تبدیل‌های مختلف بارزسازی استفاده گردید. در این تحقیق از طریق نسبت‌گیری طیفی و تهیه NDVI (شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده) برای کاهش اثر توپوگرافی و افزایش قدرت تفکیک پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها استفاده گردید (شتایی و همکاران، ۱۳۸۶: ۷۸-۶۷). از تبدیل تسلدکپ نیز برای تصاویر MSS و TM استفاده و از میان مؤلفه‌های آن، مؤلفه روشنایی و سبزی‌نگی به دلیل تمرکز اطلاعات مفید پوشش گیاهی موجود در آن به کار برده شدند (Brammoh & Vlek, 2003: 201-214).

همچنین از تجزیه‌ی مؤلفه‌های اصلی (PCA) و ادغام داده‌ها نیز استفاده گردید. سپس کلیه‌ی باندهای اصلی، باند پانکروماتیک و باندهای مصنوعی حاصل از تبدیل‌های مختلف با ترکیبات مختلف در فرآیند طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال به کار گرفته شدند و نقشه‌ی جنگل و غیرجنگل مربوط به ابتدا و انتهای دوره تهیه گردید.

- تهیه‌ی نقشه‌ی واقعیت زمینی

در این تحقیق برای تعیین صحت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، با استفاده از روش نمونه‌برداری تصادفی سیستماتیک، یک شبکه نمونه‌برداری ۵۵۰ متری طراحی و بر روی نقشه‌ی منطقه

رگرسیون لجستیک روش آماری متعلق به گروه مدل‌های آماری خطی تعمیم یافته است که با استفاده از متغیرهای مستقل، احتمال وقوع یک حادثه را مورد پیش‌بینی قرار می‌دهد. نکته‌ی اصلی در رگرسیون لجستیک این است که متغیر وابسته یک‌متغیر دوحالتی است یعنی اینکه می‌تواند فقط عدد صفر به معنی عدم وقوع و یک به معنی وقوع رویداد باشد. در مورد تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت یا احتمال تخریب جنگل، هدف رگرسیون لجستیک یافتن بهترین مدل برای تشریح روابط میان حضور و یا عدم حضور متغیر وابسته (تخریب جنگل) و مجموعه گروه‌هایی از متغیرهای مستقل است. رگرسیون لجستیک از روش برآورد حداکثر احتمال^۲ (MLE) برای پیدا کردن بهترین مجموعه پارامترهایی که مدل را بهتر برازش می‌کنند، استفاده می‌کند. خروجی مدل، ضریب‌هایی بین ۰ و ۱ خواهد داشت که از طریق تئوری فازی به احتمالات بالاتر از ۰/۵ ارزش ۱ (تخریب) و کمتر از ۰/۵ ارزش صفر (بدون تخریب) می‌دهد و نقشه‌ی بولین تخریب را تولید می‌کند. رگرسیون لجستیک با این فرض به کار می‌رود که احتمال یک بودن متغیر وابسته از منحنی لگاریتمی پیروی می‌کند و مقدار آن توسط رابطه ۲ تخمین زده می‌شود (Eastman, 2002: 227):

$$P(y = 1 | X) = \exp(\Sigma BX) / 1 + \exp(\Sigma BX) \quad (2)$$

P احتمال یک بودن متغیر وابسته، X متغیر مستقل، B پارامتر برآورد شده و Y همان متغیر وابسته است که در اینجا تخریب جنگل مورد نظر است. به منظور خطی‌سازی رابطه بالا تغییر لگاریتمی روی آن صورت می‌گیرد و به صورت رابطه‌ی ۳ حاصل می‌شود:

(۳)

$$\text{Loge } (P/(1+P)) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + \text{error term}$$

در این راستا نقشه‌ی عوامل فوق با استفاده از نرم‌افزار IDRISI و ARCVIEW در محیط GIS تهیه شده و جهت تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه‌ی نقشه‌های طبقات شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا، مدل رقومی ارتفاع منطقه‌ی مورد مطالعه بایستی تهیه گردد. برای تهیه‌ی این مدل ارتفاعی ابتدا منحنی میزان‌های ۲۰ متری از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ رقومی شده و وارد محیط GIS می‌گردد. برای تهیه هر یک از نقشه‌های مشخصه‌های انسانی از جمله فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شده، استفاده می‌شود و این نقشه‌ها به ساختار رستری تبدیل می‌شوند تا برای استفاده در تجزیه و تحلیل‌های مکانی مناسب باشند.

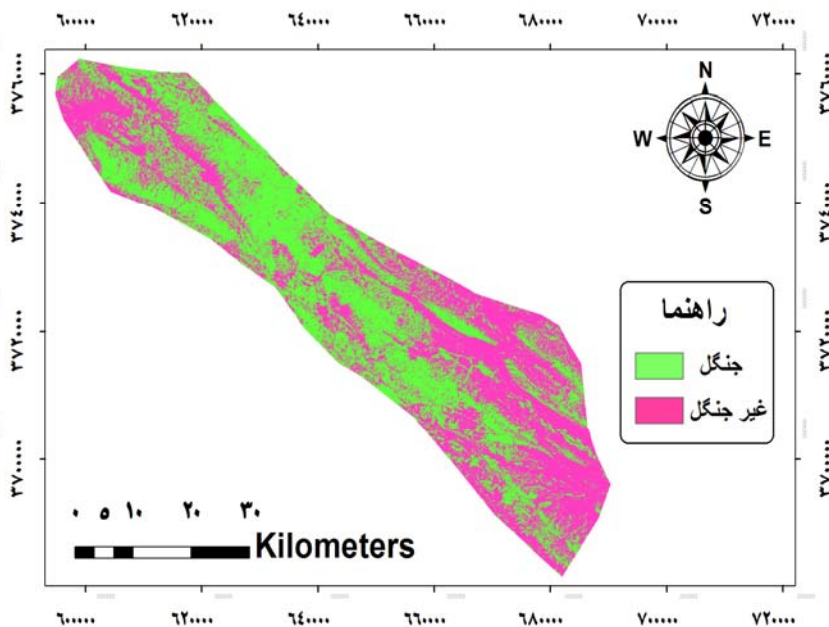
قطعه‌بندی جنگل یا لکه‌لکه شدن جنگل به وسیله‌ی شاخص ماترن^۱ محاسبه شده و نشان‌دهنده‌ی نسبت پیکسل‌های جنگلی محاسبه شده در یک پنجره پیکسلی ۳×۳ می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M = \frac{N_F - N_{F-NF}}{\sqrt{N_F \times \sqrt{N}}} \quad (1)$$

N_{F-NF} ، تعداد مرزهای بین پیکسل‌های جنگل و غیرجنگل، N_F تعداد پیکسل‌های جنگل و N تعداد کل پیکسل‌ها می‌باشد.

صورت کسر نشان‌دهنده‌ی تعداد جفت پیکسل‌های مجاور طبقه‌بندی شده به عنوان جنگل و غیرجنگل (طول محیط پیکسل‌های جنگل) و مخرج کسر نرمال-سازی این تعداد را به وسیله‌ی اندازه جنگل و مساحت کل نشان می‌دهد (Matheron, 1970: 5).

- تجزیه و تحلیل داده‌های با رگرسیون لجستیک کاربرد رگرسیون لجستیک تعیین احتمال وقوع هر یک از سطوح متغیر کیفی دوحالتی بر اساس متغیرهای مستقل می‌باشد و شرایط استفاده از آن به گونه‌ای است که متغیر وابسته حتماً یک متغیر دوحالتی است.



شکل ۲: نقشه‌ی جنگل و غیر جنگل سال ۱۳۵۵ به دست آمده از تصاویر MSS
مأخذ: نگارندگان

نتایج

نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به مقادیر بالای ۸۳ درصد صحت کلی، می‌توان از این نقشه‌ها برای تهیه‌ی نقشه‌ی تخریب استفاده کرد. پس از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نقشه میزان و موقعیت پراکنش سطوح جنگلی در منطقه‌ی مورد مطالعه در سال ۱۳۵۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MSS و سال ۱۳۸۶ با استفاده از تصاویر TM تهیه گردید (اشکال ۲ و ۳). با همپوشانی نتایج طبقه‌بندی‌های دو دوره، نقشه‌ی تغییرات اتفاق افتاده به دست آمد. از این نقشه می‌توان مقدار جنگل تخریب شده و مکان این تغییرات را استخراج کرد (شکل ۴). نتایج حاصل از مقایسه‌ی دو نقشه حاصل از طبقه‌بندی مربوط به ابتدا و انتهای دوره‌ی زمانی مورد نظر (۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶) نشان داد که در طی این دوره ۱۹۲۹۴ هکتار از سطح مناطق جنگلی کاسته شده است.

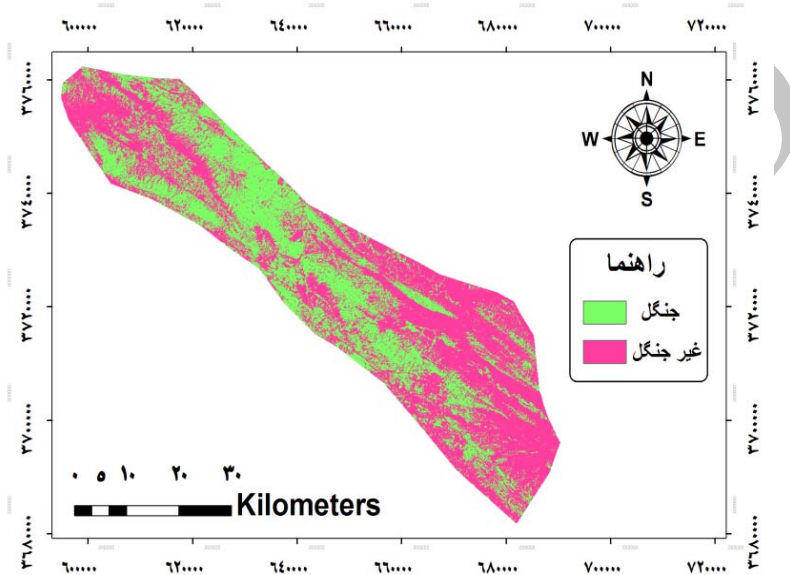
این تغییر لگاریتمی سبب می‌شود احتمال پیش‌بینی شده در دامنه ۰ تا ۱ پیوسته باشد و خروجی مدل به صورت یک نقشه پیش‌بینی مکانی احتمال تخریب ارائه شود. مدل به دست آمده با استفاده از درصدی از نقاط برگرفته شده از نقشه‌ی اولیه تخریب به روش‌های نمونه‌برداری سیستماتیک یا تصادفی طبقه‌بندی شده^۱ به صورت ارائه‌ی آماره‌های ROC^۲ و Pseudo R^۲ (مشخصه نسبی اجرایی) ارزیابی می‌شود. Pseudo R^۲ برابر ۰/۲. به عنوان برآزش خوب در نظر گرفته می‌شود (Clark and Hosking, 1986: 528). ROC آماره‌ی مناسبی برای ارزیابی اعتبار مدل است و می‌توان از آن برای مقایسه‌ی تصویر مدل‌سازی شده با تصویر واقعی تخریب استفاده کرد.

ارزش ۱ نشان‌دهنده‌ی توافق مکانی کامل و ارزش ۰/۵ نشان‌دهنده‌ی توافق کم مدل با واقعیت است (Pontius and Schneider, 2001: 239-248).

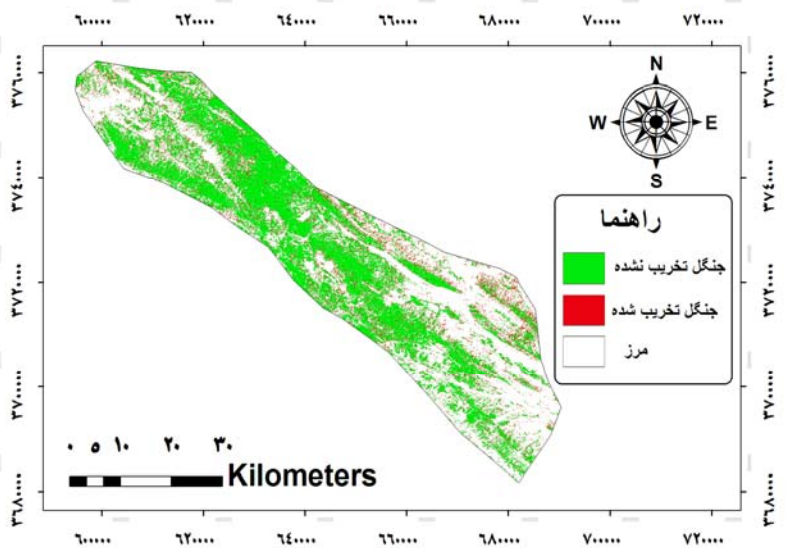
جدول ۱: نتایج ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر

تصویر TM		تصویر MSS	
ضریب کاپا	صحت کلی	ضریب کاپا	صحت کلی
۰/۷۳	٪۸۷	۰/۷۱	٪۸۳

مأخذ: نگارندگان



شکل ۳: نقشه‌ی جنگل و غیرجنگل سال ۱۳۸۶ به دست آمده از تصاویر TM
مأخذ: نگارندگان



شکل ۴: نقشه مناطق تخریب شده جنگل در طول دوره‌ی ۳۱ ساله (۱۳۵۵ تا ۱۳۸۶)
مأخذ: نگارندگان

ضرایب متغیرها در معادله‌ی رگرسیون بسیار مهم می‌باشد و ضرایب معادله‌ی لوجیت را لیست می‌کند (رابطه ۴). رابطه‌ی ۳ مدل آماری پیش‌بینی احتمال تخریب به‌دست آمده از مدل‌سازی رگرسیون لجستیک با هفت متغیر شیب، جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از جاده و مراکز جمعیتی، فاصله از حاشیه جنگل و شاخص قطعه‌بندی جنگل را نشان می‌دهد. R^2 pseudo برای این مدل برابر ۰/۱۶۰۸ و مقدار ضریب ROC رابطه رگرسیونی حاصل برابر با ۰/۷۶۷۸ به دست آمد. براساس این معادله نقشه برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه به دست آمد (شکل ۵).

(۴)

احتمال تخریب جنگل = $۳۰۳۲,۴ - ۷۰۲۷۰۰,۰$ (جهت شیب) $۸۸۴۰۲۰,۰ -$ (فاصله از روستاها) $۵۹۴۱۰۰,۰ -$ (ارتفاع از سطح دریا) $۶۱۱۰۰,۰ -$ (شیب) $۸۰۹۱۰۰,۰ -$ (فاصله از جاده) $۷۸۶۷۸۰,۰ -$ (فاصله از حاشیه جنگل) $۴۴۵۴۱,۰ +$ (الگوی قطعه‌بندی جنگل)

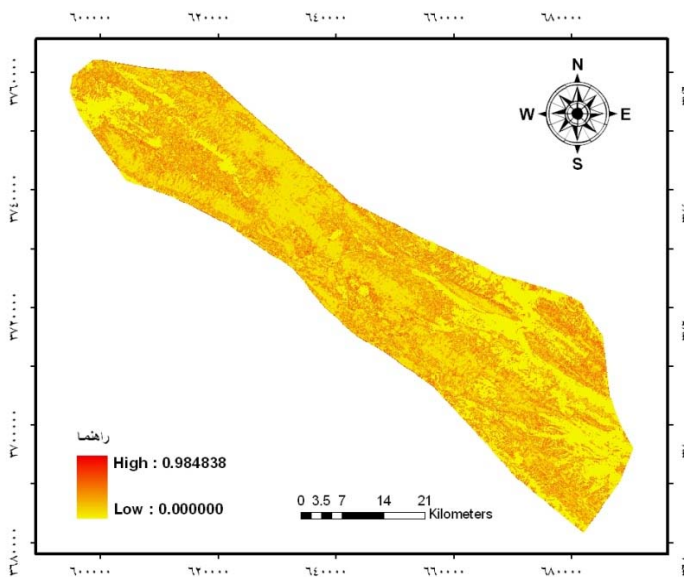
برآورد پراکنش مکانی تخریب با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک

در رگرسیون لجستیک از آماره‌ی کای مربع (-2Log Likelihood) یا (-2LL) به‌طور گسترده استفاده می‌شود. هنگامی که یک مدل تطابق ضعیفی دارد، دارای مقدار بزرگی بوده و هنگامی که مدل با داده‌ها به خوبی تطابق دارد، مقدار آن کوچک می‌باشد. در این مطالعه‌ی کای مربع با مقدار ۱۱۷/۳۰۹ به دست آمد (جدول ۲). جدول ۲ شامل یک آزمون کای مربع (Chi-square) می‌باشد. این آزمون تطابق بین تعداد موارد مشاهده شده و پیش‌بینی شده را برای دو طبقه وضعیت تخریب و عدم جنگل‌ها نشان می‌دهد. بالابودن مقدار معنی‌داری (P-value) دلیل تطابق خوب می‌باشد. در این جدول، ضریب کای مربع برابر با ۳/۱۶۹ به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۲: خلاصه مدل رگرسیون لجستیک

Sig	Chi-square	-2 Log likelihood	آماره‌های رگرسیون
۰/۸۷۹	۳/۱۶۹	۱۱۷/۳۰۹	

مأخذ: نگارندگان



شکل ۵: نقشه برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه

مأخذ: نگارندگان

بحث و نتیجه

مدل سازی مکانی یک ابزار مناسب برای درک بهتر علت‌های تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمینی محسوب می‌شوند (Jat and Khare, 2008: 26-43) (Mertens and Lambin, 1999: 48-52) (Gomez et al, 2006: 267-290)

این تحقیق با هدف پیش‌بینی پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های زاگرس و به منظور ردیابی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل صورت گرفت. در این بررسی تأثیر هفت فاکتور فاصله از جاده و مناطق مسکونی، شاخص قطعه‌بندی جنگل، جهت جغرافیایی، طبقات ارتفاعی، شیب و همچنین فاصله از مرز جنگل و غیرجنگل بر روی میزان تخریب جنگل مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه برای بررسی تغییرات جنگل، داده‌های سنجنده MSS مربوط به سال ۱۳۵۵ و سنجنده TM مربوط به سال ۱۳۸۶ مورد پردازش و طبقه‌بندی قرار گرفتند. تصاویر مورد بررسی به دو کلاسه جنگل و غیرجنگل طبقه‌بندی شدند و به منظور بررسی عوامل تخریب، نقشه تخریب جنگل با متغیرهای مکانی فیزیوگرافی و انسانی وارد مدل شد. برای مدل سازی و برآورد پراکنش مکانی تخریب جنگل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه از روش آماری رگرسیون لجستیک استفاده شد.

خروجی رگرسیون لجستیک با $Pseudo R^2$ حدود ۰/۱۶۰۸ و ROC، ۰/۷۶ نشان‌دهنده‌ی توافق نسبی مدل به‌دست آمده با تخریب واقعی و توانایی به نسبت مناسب مدل در برآورد تغییرات جنگل در منطقه است. نتیجه‌ی حاصل با نتایج برازش مدل باقری و شتایی (۱۳۸۹)، مطابقت دارد.

نتایج این بررسی نشان داد که در قطعات جنگلی گسسته و در مناطق نزدیک به مرز جنگل و غیرجنگل تخریب بیشتری صورت گرفته است، همچنین نتیجه‌ی

حاصل با نتایج ماس^۱ و همکاران (2002: 461-471)، مطابقت دارد. همچنین با توجه به ضرایب منفی مربوط متغیرهای فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها می‌توان گفت با کمتر شدن فاصله نسبت به این عوامل، گسترش شهرسازی و توسعه‌ی مناطق انسان ساخت، جاده‌سازی و افزایش جمعیت نقش مؤثرتری در تخریب جنگل‌های منطقه‌ی مورد مطالعه ایفا می‌کنند.

ماتیو^۲ و همکاران (2004: 1809-1818)، گرونبرگ و همکاران (2000: 266)، میریام و تیلور^۳ (2010: 229-242)، جاده‌سازی را به عنوان عامل اصلی تخریب جنگل در مناطق مورد مطالعه‌ی خود معرفی کردند.

یکی دیگر از عوامل مستقلى که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت و در مدل به آن ضریب تعلق گرفت، فاکتور شیب می‌باشد. در این بررسی در مدل به فاکتور شیب ضریب منفی تعلق گرفت، که نشان‌دهنده‌ی ارتباط معنی‌دار میان تغییرات شیب و تخریب جنگل است یعنی با افزایش شیب از میزان تخریب جنگل‌های منطقه کاسته می‌شود. به دلیل اینکه تخریب عمده جنگل‌های منطقه در اثر فعالیت‌های آگروفارستری اتفاق افتاده است و شیب‌های پایین برای کشاورزی مناسب می‌باشند و در نتیجه مناطق مذکور بیشتر مورد تخریب واقع شده‌اند. در ارتباط با تأثیر عامل ارتفاع از سطح دریا روی تخریب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه نتایج نشان داد که در ارتفاعات پایین تخریب بیشتر است که از تجمع بیشتر روستاها و گسترش جاده در ارتفاعات پایین ناشی می‌شود و در خروجی رگرسیون لجستیک به آن ضریب منفی تعلق گرفت. که نتیجه حاصله با نتایج تحقیقات پیرباوقار (۱۳۶: ۱۳۸۳) و رفیعیان (۱۳۸۲: ۲۸۶-۲۷۷) که بیان کردند که در ارتفاعات بالا میزان تخریب جنگل بیشتر از ارتفاعات پایین است مغایرت دارد. ذکر این نکته

منابع

- ۱- امینی، محمدرشید؛ شعبان شتایی؛ محمدهادی معیری؛ هدایت غضنفری (۱۳۸۵). بررسی تغییرات گستره جنگل زاگرس و ارتباط آن با عوامل فیزیوگرافی و انسانی با استفاده از GIS و RS. مطالعه موردی: جنگل‌های آرمرده بانه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری. به راهنمایی دکتر شتایی. دانشگاه گرگان.
- ۲- باقری، رضا؛ شعبان شتایی (۱۳۸۹). مدل‌سازی کاهش گستره‌ی جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک، مطالعه موردی: حوزه آبخیز چهل‌چای استان گلستان، مجله جنگل ایران. انجمن جنگلبانی ایران. سال دوم، ۲ (۳).
- ۳- پیرباوقار، مهتاب (۱۳۸۳). بررسی تغییرات گستره جنگل در ارتباط با عوامل توپوگرافی و مناطق انسان ساخت، مطالعه موردی: جنگل‌های شرق استان گیلان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشگاه تهران.
- ۴- رفیعیان، امید؛ علی‌اصغر درویش‌صفت؛ منوچهر نمیرانیان (۱۳۸۵). تعیین تغییرات گستره‌ی جنگل‌های شمال کشور بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM^+ . مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۳).
- ۵- رنجبر، ابوالفضل (۱۳۸۱). بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها با استفاده از GIS و داده‌های سنجش از دور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- ۶- شتایی، شعبان؛ محسن حسینعلی‌زاده؛ شمس‌الله ایوبی (۱۳۸۶). بررسی قابلیت داده‌های طیفی سنجنده ETM^+ در برآورد مقدار ماده آلی سطحی خاک، مجله علمی پژوهشی مرتع. سال اول. ۱.
- ۷- مسگری، سعید (۱۳۸۱). بررسی تغییرات سطوح جنگل‌ها با استفاده از GIS و سنجش از دور، تهران. طرح پژوهشی دانشکده فنی. دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

مهم می‌باشد که تحقیقات مذکور در جنگل‌های شمال کشور و یا در مناطق مشابه ولی متفاوت با جنگل‌های غرب بوده است و تمرکز جمعیتی در غرب به دلیل کوهستانی بودن در همه‌ی نقاط ارتفاعی بخصوص پایین‌بند پراکنده می‌باشد و تفاوت ناچیز اختلاف ارتفاعی بین مراکز جمعیتی و جنگل وجود دارد در حالیکه در شمال کشور با افزایش ارتفاع به‌طور چشم‌گیری روستاها و مراکز جمعیتی کاهش می‌یابد. ضریب جهت شیب نیز مثبت بوده و طبق بررسی صورت گرفته از منطقه‌ی مورد مطالعه، مشاهده شد که تراکم درختان جنگلی در جهت‌های شمالی بیشتر و وجود لکه‌های غیرجنگلی در این مناطق نیز به نسبت کمتر از سایر جهت‌ها می‌باشد. جهت‌های شرقی به دلیل برخورداری از گرما و پوشش علفی بیشتر نسبت به جهت‌های شمالی در طول زمان بیشتر مورد تعرض قرار گرفته و جنگل‌های واقع در این مناطق بیشتر تخریب یافته‌اند.

نتایج تجزیه و تحلیل تحقیق حاضر نشان داد که استفاده از علم سنجش از دور به همراه روش‌های مدل‌سازی مکانی برای شناسایی و ارزیابی متغیرهای مکانی که روی الگوی موقعیت تخریب جنگل و قطعه‌بندی آن تأثیر می‌گذارند، می‌تواند مفید واقع شود. مدل‌های رگرسیونی که آنالیز داده‌ها را انجام می‌دهند، می‌توانند به خوبی و با صحت بالا ارتباط بین تخریب و متغیرهای مستقل مکانی را نشان دهند. این مدل‌ها برای پیش‌بینی اینکه کجا تخریب اتفاق خواهد افتاد مناسب بوده و مدیران و مسؤولان منابع طبیعی می‌توانند با اتخاذ استراتژی‌های مدیریتی مناسب در جلوگیری از افزایش روند تخریب و حفاظت از این منابع نقش بسزایی داشته باشند.

- 15- Eastman, J. R (2002). Idrisi for windows user's guide ver. 32, Clark labs for cartography technology and geographic analysis, (Clark University).
- 16- Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L., and Sosa-Lopel, A (2004). Modeling Deforestation using GIS and Artificial Neural Networks. *Environmental Modeling & Software*, 19.
- 17- Matheron, G (1970). La the'orie des variables ge'ne'ralise'es et ses applications. Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathe'matiques de Fontainebleau, Fascicule.
- 18- Matthew, L., Robert, J., Smith, R.J., and Nigel, L. W (2004). Mapping and predicting deforestation patterns in the lowlands of Sumatra. *Biodiversity and Conservation*, 13.
- 19- Mertens, B., and Lambin, E. F (1999). Modelling land cover dynamics: integration of fine-scale land cover data with landscape attributes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 1.
- 20- Miriam, S.W., and Taylor, V.S (2010). Modeling social and land-use/land-cover change data to assess drivers of smallholder deforestation in Belize. *Applied Geography* 30.
- 21- Pontius, R.G., and Schneider, L (2001). Land-use changemodel validation by a ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 85(1-3).
- 22- Scheer, L., and Sitko, R (2007). Assessment of some forest characteristics employing ikonos satellite data. *Journal of Forest Science*, 53.
- ۸- نجارلو، سحر (۱۳۸۴). بررسی تغییرات گستره جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر IRS و ETM+ . پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- 9- Braimoh, A., and Vlek, P.L.G (2003). Modeling land use change in Northern Ghana, Conference, technological and institutional innovations for sustainable rural development, Gottingen, Germany. 21.
- 10- Clark, W.A., and Hosking, P.L (1986). *Statistical Methods for Geographers* (Chapter 13), New York: John Wiley & Sons.
- 11- Giriraj, A., Ullah, M. I., Murthy, M.R., and Beierkuhnlein, C (2008). Modelling Spatial and Temporal Forest Cover Change Patterns (1973-2020). A Case Study from South Western Ghats (India). *Sensors*, 8.
- 12- Gomez-Mendoza, L., Vega-Pen, AE., Ramirez, M.I., Palacio-Prieto, J.L., and Galicia, L (2006). Projecting land-use change processes in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Applied Geography*, 26.
- 13- Gruenberg, W.D., Curtin, P., and Shaw, W (2000). Deforestation Risk for the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. School of Renewable Natural Resources, The University of Arizona, Tucson, Arizona, USA.
- 14- Jat, M.K., Khare, P.K., and Khare, D (2008). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 10.