

نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشکده جغرافیا)، سال ۱۶، شماره ۴۲، زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۱۷۱-۱۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۰۱/۲۹

## **بررسی مدل رگرسیون لجستیک در تخریب جنگل‌ها با استفاده از سنجش از دور در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: جنگل‌های ارسباران)**

ابوالفضل رنجبر<sup>۱</sup>

محمد سعدی مسگری<sup>۲</sup>

### **چکیده**

کاربری و پوشش اراضی ثابت نبوده و غالباً در اثر فعالیت‌های انسانی دستخوش تغییر و تحول می‌شوند. شناسایی و کشف این تغییرات می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کند تا عوامل موثر در تغییر کاربری و پوشش اراضی را شناسایی کرده و برای کنترل آنها برنامه‌ریزی مفید و موثر نمایند. برای کشف و ارزیابی تغییرات، داده‌های چند زمانه سنجش از دور به دلیل ارزانی و سرعت اخذ داده از آن و سیستم اطلاعات جغرافیایی به خاطر برخورداری از امکانات تحلیلی می‌توانند نقش اساسی داشته باشند. به عنوان مثال برآورد میزان تخریب جنگل در طول چند سال متوالی را می‌توان خیلی سریع با استفاده از تحلیل و پردازش داده‌های چندزمانه سنجش از دور مورد ارزیابی قرار داد. در این تحقیق برای طبقه‌بندی و مطالعه تغییرات زمانی جنگل‌های منطقه ارسباران از تصاویر TM و ETM+ ماهواره لندست به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ با قدرت تفکیک مکانی ۲۸/۵ متر استفاده شده است.

۱- دانشگاه تبریز، مربی دانشکده فنی و مهندسی مرنده، دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی دانشگاه تهران.

Email: Abranjbar@tabrizu.ac.ir.

Email: Mesgari@kntu.ac.ir.

۲- دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

با روی هم‌گذاری نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی دو تصویر مربوط به تاریخ‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ میزان و تغییرات جنگل‌ها را مشخص نموده و سپس برای مدل کردن تخریب جنگل‌ها در منطقه از مدل رگرسیون لجستیک با پارامترهای مستقل ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و فاصله از مراکز روستایی استفاده شد. مدل ارائه شده نشان می‌دهد که تخریب جنگل‌های منطقه با پارامترهای فاصله از مراکز روستایی، ارتفاع و جهت جغرافیایی ارتباط معنی‌دار دارد.

**واژگان کلیدی:** پارامترهای مستقل و وابسته، تخریب جنگل، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، کشف تغییرات و مدل رگرسیون لجستیک.

#### مقدمه

میزان پوشش جنگل‌ها در طول زمان چه توسط عوامل طبیعی و چه توسط خود انسان دستخوش تغییر و تحول می‌شود که اطلاعات مربوط به این تغییرات، اساسی‌ترین منبع برای طراحان و تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع زمینی خواهد بود. می‌توان برای کشف و آشکارسازی تغییراتی که در مناطق وسیع اتفاق می‌افتد، از تکنولوژی سنجش از دور استفاده کرد.

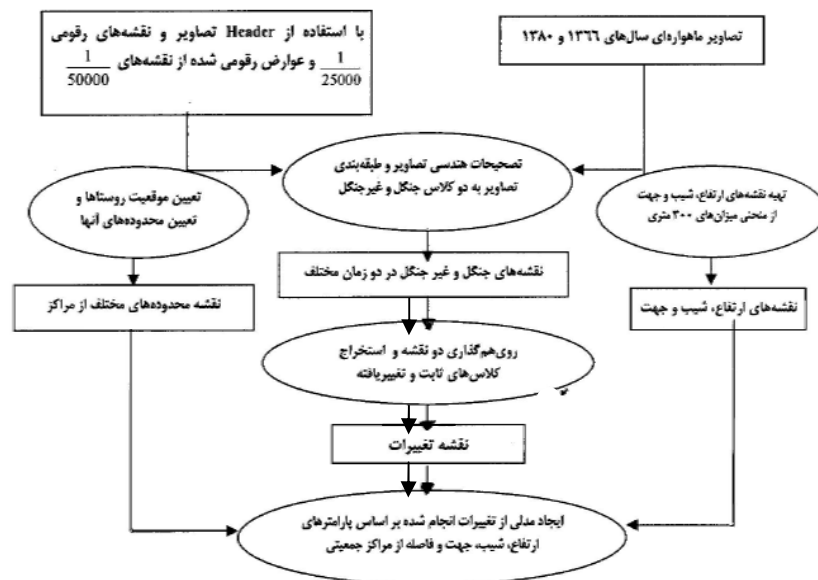
در این خصوص از فن‌آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای آشکارسازی تغییرات جنگل‌های مانگرو واقع در جنوب تایلند استفاده شده است. هدف از این تحقیق پیدا کردن نوع تغییرات و میزان تغییرات جنگل‌های مانگرو می‌باشد که در طول ۸ سال گذشته (بین سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۶۷) انجام شده است. برای کشف این تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست<sup>۱</sup> TM استفاده شده است. (Sremongkontip, Ali Hussin, Groenindijk, 2000: 569)

در تحقیق دیگری میزان جنگل‌های تخریب شده بین سال‌های ۱۳۶۳ و ۱۳۷۶ در منطقه‌ای با نام Sariyer واقع در جنوب شهر استانبول مورد بررسی قرار گرفته است. برای اینکار ابتدا دو تصویر سال‌های ۱۳۷۶ و ۱۳۶۳ نسبت به هم ژئورفرنس شده و سپس دو

تصویر فوق را طبقه‌بندی کرده و در نهایت این دو تصویر را روی هم‌گذاری کرده‌اند، که از آن به یک نقشه تغییرات پوشش زمین بین سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۶۳ دست یافته‌اند. پس از این نقشه برای استخراج نوع تغییرات و میزان تغییرات در منطقه جنوب شهر استانبول استفاده شده است (Musaoglu, 2000, p 941). یکی دیگر از روش‌های بکار رفته در کشف تغییرات روش تفریق تصاویر است. نتیجه چندین تحقیق در این زمینه نشان داده‌اند که روش تفریق تصاویر ساده‌ترین روش می‌باشد که از تفاضل مقادیر عددی هر پیکسل در دو تصویر مربوط به دو تاریخ مختلف همان منطقه استفاده می‌کند. هیستوگرام تصویر حاصله شامل یک سری اعداد مثبت و منفی می‌باشد. مقادیری که حول و حوش صفر هستند مناطق بدون تغییر و سایر اعداد مناطق تغییر را نشان می‌دهند. مزیت این روش در کشف تغییرات ساده‌ی محاسبات و تفسیر ساده آن می‌باشد. عیب اول این روش مشکل بودن تعیین مقدار آستانه مناسب در هیستوگرام تصویر تفریقی می‌باشد که برای جدا کردن مناطق تغییر و عدم تغییر نقش به سزائی دارد. عیب دوم این روش محدودیت آن در تفسیر و مقایسه دوبه‌دو باندها می‌باشد. زیرا در این روش هر باند از یک تصویر بایستی با باند نظیر خودش در تصویر دیگر مقایسه شود. در روش تفریق تصاویر به علت متفاوت بودن میزان اطلاعات تغییرات موجود در باندهای مختلف، که از واکنش طیفی پدیده‌ها در باندهای مختلف ناشی می‌شود، تغییرات حاصله از باندهای مختلف با هم متفاوت خواهد بود. اما روش‌های دیگر این محدودیت را نداشته و همزمان می‌توانند از چندین باند برای کشف تغییرات استفاده نمایند. (Muchoney and Haack, 1994: 1245; Coppin and Beier, 1996: 208) از روش NDVI جهت استخراج پوشش گیاهی از تصویر ماهواره‌ای استفاده شده و نتایج تحقیقات نشان می‌دهند که نسبت به روش طبقه‌بندی ماکزیمم شباهت از دقت پایینی برخوردار بوده است (Sader and Winne, 1992, p 3055-3067) و (Desclée, Bogaert and Defourny, 2006: 3). از روش رگرسیون با در نظر گرفتن کمترین مربعات جهت بررسی تغییرات جنگل‌ها استفاده شده است. مدل نشان می‌دهد که افزایش تخریب رابطه معنی‌داری با افزایش جمعیت، توسعه زمین‌های کشاورزی و جاده‌های احداث شده در منطقه دارد (Mahapatra and Kant 2005: 22). روش تحلیل مولفه‌های اصلی

بطور گسترده‌ای در سنجش از دور در زمینه‌های مختلف و به خصوص جهت آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه چندین تحقیق در این زمینه نشان داده‌اند که روش تحلیل مولفه‌های اصلی در آنالیز تصاویر چند زمانه مفید بوده است. در آنالیز چند زمانه دو جزء اول تمایل به نشان دادن مناطق عدم تغییر و نویز تصویر می‌باشند (تغییرات فصلی و اتمسفری)، در حالی که مولفه‌های سوم به بعد مناطق تغییر را نشان می‌دهند. مطالعات قبلی تایید کرده‌اند که این اجزاء در نشان دادن تغییرات در منطقه مفید و موثر بوده‌اند در حالی که نسبت تغییرات درصدی از منطقه مورد مطالعه را شامل شود. یکی از مشکلات روش تحلیل مولفه‌های اصلی این است که مقدار اطلاعات مربوط به تغییرات در مولفه‌های خروجی متفاوت خواهد بود و در هر صورت مشکل می‌توان تعیین کرد که کدام مولفه یا مولفه‌ها حاوی اطلاعات تغییرات می‌باشند. به عبارت دیگر در تحلیل مولفه‌های اصلی پراکندگی اطلاعات تغییرات در مولفه‌های حاصل از محدودیتهای این روش به حساب می‌آید. (Muchoney and Haack, 1994: 1246; Macleod and Congalton, 1998: 209)

در این تحقیق هدف نهایی ارزیابی و مطالعه در میزان جنگل‌های تخریب شده منطقه ارسباران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست به تاریخ‌های ۱۳۶۶/۴/۲۸ و ۱۳۸۰/۳/۲۵ می‌باشد. در فلوچارت شکل ۱، روش به کار رفته در این تحقیق برای بررسی میزان جنگل‌های تخریب شده منطقه ارسباران ارائه شده است. برای رسیدن به این هدف، پدیده تخریب جنگل براساس ارتباط آن با تعدادی از پارامترهای دخیل در آن مدل شده است. به منظور مدلسازی تخریب جنگل‌های منطقه، از چهار پارامتر ارتفاع، شیب، جهات جغرافیایی و فاصله از مراکز روستاها استفاده شد. برای کالیبراسیون مدل به اطلاعات و نقشه‌های پایه‌ای نیاز داشتیم که عبارتند از: نقشه شیب، جهت و ارتفاع، که از مدل رقومی ارتفاعی منطقه برای به دست آوردن این سه پارامتر استفاده شد. و فاصله از مراکز روستایی، که توسط عملیات Buffering تعیین شد. سپس با روی هم‌گذاری نقشه‌ها در GIS علت تخریب جنگل‌ها با توجه به چهار پارامتر فوق بررسی شده است.



شکل (۱) دیاگرام مراحل پردازش داده‌ها و تهیه اطلاعات لازم

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه ارسباران منطقه‌ای کوهستانی و مرتفع بوده و ارتفاع آن از ۳۰۵ تا ۲۷۴۳ متر از سطح دریا متغیر بوده و در محدوده  $38^{\circ}40'$  تا  $39^{\circ}09'$  عرض شمالی و  $46^{\circ}42'$  تا  $47^{\circ}03'$  طول شرقی قرار دارد. این منطقه در شمال استان آذربایجان شرقی و در محدوده شهرستان کلیبر واقع شده است.

### داده‌ها و نرم‌افزارها

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از یک تصویر ماهواره لندست سنجنده TM به تاریخ ۱۳۶۶/۴/۲۸ و یک تصویر دیگر مربوط به سنجنده ETM+ به تاریخ ۱۳۸۰/۳/۲۵ می‌باشد. این تصاویر دارای قدرت تفکیک مکانی  $۲۸/۵$  متر می‌باشند. از

نقشه‌های  $\frac{1}{50000}$  سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح و نقشه‌های  $\frac{1}{25000}$  سازمان نقشه‌برداری برای ژئورفرنس کردن تصاویر مربوطه استفاده شده است. از منحنی‌میزان‌های ۳۰۰ متری منطقه برای به دست آوردن نقشه طبقات ارتفاعی، نقشه طبقات جهت و نقشه طبقات جهات جغرافیایی استفاده شده است. همچنین از موقعیت روستاهای منطقه برای انجام عملیات Buffering استفاده شده است.

در این تحقیق از نرم‌افزار ESRI جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای، از نرم‌افزار ArcGIS جهت عملیات بافر و غیره و همچنین از نرم‌افزار SPSS جهت بررسی رگرسیون استفاده شده است.

### آماده‌سازی اطلاعات و پردازش آنها

هنگامی که سنجنده‌ها مشغول ثبت امواج بازتابی می‌باشند اصولاً سه دسته خطا می‌تواند رخ دهد که نوع اول مربوط به خطای سنجنده‌ها می‌باشد که این خطاها قبلاً توسط سازمان ارائه دهنده تصاویر اصلاح شده بودند. نوع دوم خطاهای رادیومتریک<sup>۱</sup> می‌باشند و با توجه به اینکه در این تحقیق به دنبال نشان دادن نوع تغییرات و مقدار تغییرات جنگل هستیم و برای نشان دادن نوع تغییرات از روش طبقه‌بندی تصاویر استفاده کردیم. پس لزومی به انجام تصحیح خطاهای رادیومتریک نمی‌باشد. به عبارتی دیگر طبقه‌بندی کاربری زمین با استفاده از تصاویر خام بهتر صورت می‌گیرد.

(Musaoglu, 2000: 940) نوع سوم خطاها، تصحیح خطای هندسی<sup>۲</sup> می‌باشد. تحلیل داده‌های چند زمانه تنها با هم مختصات کردن دقیق هندسی آنها حاصل می‌شود. (Hayes, 1999: 36) این تصاویر بایستی با دقت کمتر از یک پیکسل با همدیگر، هم مختصات شوند و گر نه خطاهای ناشی از هم مختصات نبودن تصاویر می‌تواند به طور بالقوه به عنوان تغییر کاربری و یا تغییر پوشش تفسیر شود. برای مقایسه داده‌های چند زمانه ابتدا باید یکی از

1- Radiometric Correction

2- Geometric Correction

تصاویر را با استفاده از نقشه‌های موجود ژئورفرنس کرده و برای ژئورفرنس کردن تصویر یا تصاویر اخذ شده دیگر نسبت به هم، از روش هم مختصات کردن تصویر به تصویر<sup>۱</sup> استفاده می‌شود.

برای انتخاب نقاط کنترل در تصویر و نقشه باید دقت بسیاری اعمال شود، (Armenteras, Rudas, Rodriguez and Romero, 2006: 355) خصوصاً اگر فاصله زمانی بین تصویربرداری و تهیه نقشه مورد نظر زیاد باشد. در انتخاب نقاط کنترل باید سعی کرد از محل‌های غیرقابل تغییر یا با میزان تغییرپذیری کم در طی سال‌های زیاد از قبیل مسیرهای ثابت گذر رودخانه‌ها و تقاطع جاده‌ها و غیره استفاده کرد.

از معادلات درجه اول برای ژئورفرنس کردن تصاویر استفاده شد که می‌تواند خطاهای تغییر مقیاس و چرخش تصویر را از روی تصاویر حذف کند.

$$\begin{cases} X = a_0 + a_1x + a_2y \\ Y = b_0 + b_1x + b_2y \end{cases}$$

که در آن  $x, y$  مختصات نقاط در سیستم مختصات اولیه و  $X, Y$  مختصات جدید می‌باشند.

روند تصحیح هندسی تصاویر در این تحقیق به صورت کلی به این صورت می‌باشد که ابتدا با استفاده از Header تصاویر، تصویر سال ۱۳۸۰ را ژئورفرنس تقریبی کرده و سپس با استفاده از نقشه‌های  $\frac{1}{25000}$  رقومی سازمان نقشه‌برداری کشور و عوارض رقومی شده از نقشه‌های  $\frac{1}{50000}$  ژئورفرنس دقیق بر روی آن انجام شد. لازم به ذکر است که انتخاب نقاط کنترل بر روی تصاویر ترکیب رنگی ۴۳۲، ۷۵۴ و ۵۴۳ انجام شد. تصویر سال ۱۳۶۶ به وسیله ژئورفرنس تصویر به تصویر نسبت به تصویر ۱۳۸۰، مختصات‌دار شد.

برای ژئورفرنس کردن تصویر سال ۱۳۸۰ از ۱۸ نقطه کنترل در ابتدا استفاده شد که با توجه به خطای  $RMS^1$  و خطای باقیمانده هر یک از نقاط کنترل زمینی که بیشتر از یک

---

1- Image to Image Registration

پیکسل بودند از معادلات حذف و عمل ژئورفرنس کردن با نقاط باقی‌مانده دوباره انجام می‌شد. در کل ۸ نقطه کنترل از معادلات خارج و در نهایت ۱۰ نقطه کنترل برای ژئورفرنس کردن تصویر با خطای متوسط هندسی ۱۶/۴۷ متر استفاده شد. برای ژئورفرنس کردن تصویر به تصویر در مورد تصویر سال ۱۳۶۶ به ۱۳۸۰ از ۲۰ نقطه کنترل در ابتدا استفاده شد که بعد با توجه به RMS و خطای باقیمانده هر یک از نقاط کنترل، ۶ نقطه کنترل حذف شدند و در نهایت با ۱۴ نقطه کنترل و خطای متوسط مربع هندسی ۱۸/۹۲ متر ژئورفرنس تصویر به تصویر انجام شد. از آنجایی که در این تحقیق یکی از اهداف اصلی، طبقه‌بندی تصاویر مورد مطالعه است و تغییرات ارزش‌های عددی پیکسل‌ها در اثر واسطه‌یابی آثار نامطلوبی بر تصویر طبقه‌بندی شده می‌گذارند، بنابراین جهت حداقل نمودن این آثار نامطلوب برای بازنویسی و تولید مقادیر و ارزش‌های جدید برای پیکسل‌های تصاویر تصحیح شده از روش واسطه‌یابی نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد.

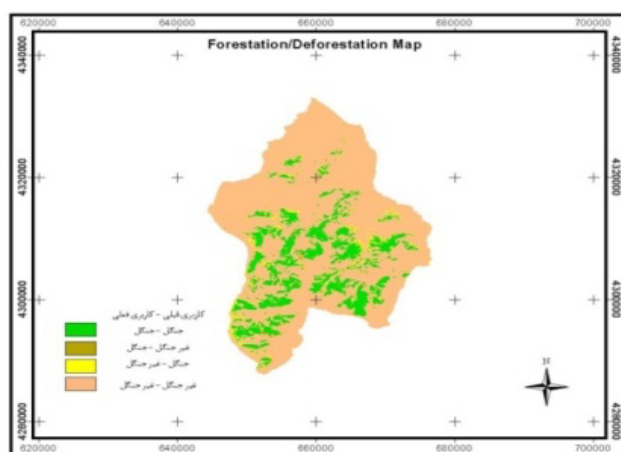
### مقایسه طبقه‌بندی دو تصویر جهت ارزیابی تغییرات جنگل‌ها در منطقه

در این روش تصاویر طبقه‌بندی شده مربوط به زمانهای مختلف با هم مقایسه می‌شوند. (Sader, 1989: 110; Linkie, Smith and Willams, 2004: 1811) مزیت این روش نسبت به روش‌های تفریق تصاویر، تقسیم تصاویر و غیره در این می‌باشد که انواع تغییرات کاربری اراضی را برای هر پیکسل در تاریخ‌های مختلف نشان می‌دهد. این روش نه تنها مقدار و محل تغییرات بلکه طبیعت و نوع تغییرات را نیز نشان می‌دهد.

در روش مقایسه طبقه‌بندی‌ها ابتدا تصاویر را با توجه به هدف تحقیق به روش ماکزیمم شباهت<sup>۱</sup> طبقه‌بندی کرده و سپس با روی هم‌گذاری نقشه‌های طبقه‌بندی شده به نقشه تغییرات منطقه مورد مطالعه می‌توان دست یافت. به علت اینکه هدف از این تحقیق بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها می‌باشد پس طبقه‌بندی که انجام شد فقط شامل دو کلاس جنگل و غیرجنگل می‌باشد (Liu, Song, Townshend and Gong, 2008: 2222-2231).

1- Root Mean Square

2- Maximum Likelihood Classifier



شکل (۲) نقشه تخریب جنگل‌های ارسباران بین سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰

در این روش تصاویر سال‌های ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ ابتدا در دو کلاس به روش طبقه‌بندی ماکزیم شباهت طبقه‌بندی شدند و سپس با روی هم‌گذاری این نقشه‌های طبقه‌بندی شده به نقشه تغییرات منطقه (شکل ۲) دست یافتیم.

### بررسی مدل رگرسیون لوجستیک<sup>۱</sup>

هدف رگرسیون<sup>۲</sup> این است که یکی از مشخصات، از روی مقادیر سایر مشخصات برآورد یا پیش‌بینی شود که اینکار از طریق ساختن معادله رگرسیون صورت می‌گیرد. (Tabachnick and Fidell, 1996) یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که جهت پیش‌بینی مقادیر یک متغیر معیار<sup>۳</sup> از روی مقادیر متغیرهای دیگر که به عنوان رگرسور شناخته می‌شوند، می‌توان از روش‌های رگرسیون استفاده کرد. رگرسیون لوجستیک زمانی مورد استفاده واقع می‌شود که بخواهیم عضویت در یک طبقه را مورد بررسی قرار دهیم. لازم به

1- Logistic Regression

2- Regression

3- Criterion

ذکر است که رگرسیون لوجستیک برای تعیین احتمال وقوع هر یک از سطوح متغیر دو حالتی بر اساس متغیرهای مستقل عمل می‌کند. فرمول زیر رگرسیون لوجستیک را با سه متغیر مستقل نشان می‌دهد:

$$\text{logit}(p) = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

که در اینجا  $\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$ ، در اینجا  $p$  متغیر وابسته و نشان دهنده این می‌باشد که حادثه با چه احتمالی اتفاق افتاده است.  $x_1, x_2, x_3$  متغیرهای مستقل و  $b_1, b_2, b_3$  به ترتیب ضرایب متغیرهای مستقل و  $a$  ضریب جمع‌شونده می‌باشد. (Aldrich, and Nelson, 1984; Demaris, 1992; Pearce and Ferrier, 2000: 230)

### نتیجه‌گیری

تحلیل داده‌های چندزمانه از هم مختصات کردن دقیق هندسی آنها حاصل می‌شود. این تصاویر بایستی با دقت یک پیکسل با همدیگر، هم مختصات شوند و گرنه خطاهای ناشی از هم مختصات نبودن تصاویر می‌تواند به طور بالقوه به عنوان تغییر کاربری و یا تغییر پوشش تفسیر شود. از آنجایی که در این تحقیق یکی از اهداف اصلی، طبقه‌بندی تصاویر مورد مطالعه است و تغییرات ارزش‌های عددی پیکسل‌ها در اثر واسطه‌یابی آثار نامطلوبی بر تصویر طبقه‌بندی شده می‌گذارند، بنابراین جهت حداقل نمودن این آثار نامطلوب برای بازنویسی و تولید مقادیر و ارزش‌های جدید برای پیکسل‌های تصاویر تصحیح شده از روش واسطه‌یابی نزدیک‌ترین همسایه استفاده شد.

اکثر پژوهشگران مدل ریاضی تخریب را بررسی نموده‌اند بلکه صرفاً به صورت بصری یا عددی میزان تخریب جنگل‌ها را بررسی کرده‌اند (Sremongkontip, Ali Hussin, 2000: 572) و یا به صورت جداولی درصد تغییرات جنگل‌ها را بررسی نموده‌اند. (Musaoglu, 2000: 941) همچنین (Songer, Aung, Senior and DeFries, 2009/; 1007) تغییرات نزولی سطح پوشش جنگل‌ها را به صورت رگرسیون خطی بررسی و (Geoghegan, Schneider and Vance, 2004: 357) تخریب جنگل‌ها را با مدل Logit انجام داده‌اند.

مدل استفاده شده برای تخریب جنگل‌های ارسباران مدل رگرسیون لجستیک بوده و نتایج تفسیر این مدل با توجه به ضرایبی که دارد نشان‌دهنده واقعیت دلایل تخریب در جنگل‌های ارسباران می‌باشد.

در این تحقیق به صورت تصادفی ۵ درصد پیکسل‌های منطقه مورد نظر، شامل جنگل‌هایی که تخریب شده‌اند و جنگل‌هایی که ثابت مانده‌اند، را انتخاب می‌کنیم و پارامترهای ارتفاع، شیب، جهت و فاصله از مراکز روستاها را به عنوان متغیرهای مستقل و عدم تخریب جنگل را به عنوان متغیر وابسته در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است که ارتفاع، شیب، جهت هر پیکسل به عنوان پارامترهای فیزیوگرافی زمین از روی منحنی میزان‌های ۳۰۰ متری و پارامتر فاصله از مراکز روستاها توسط عملیات بافر به دست آمده است. در کل پیکسل‌های تحت بررسی در این مطالعه ۵۱۰۶ پیکسل بوده است. متغیر وابسته در این مطالعه عدم تخریب جنگل‌ها می‌باشد که با دو عدد ۱ و ۰ نشان داده شده‌اند که در آن عدد ۱ نشان‌دهنده عدم تخریب جنگل و عدد ۰ نشان‌دهنده تخریب جنگل می‌باشد.

پس از اجرای رگرسیون لجستیک برای داده‌های ذکر شده در اولین مرحله متغیر فاصله از مراکز روستاها با بهبود مجذور خی برابر با  $601/641$  و  $p=0/00$  وارد معادله شده و در ادامه شاهد یک جدول  $2 \times 2$  می‌باشیم که گروه‌های تخریب و غیرتخریب با پیش‌بینی انجام گرفته توسط مدل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به طوری که حساسیت مدل در تعیین میزان تخریب جنگل  $12/18\%$  و ویژگی عدم تخریب جنگل برابر  $92/47\%$  می‌باشد. به طور کلی نیز مدل  $72/72\%$  پیکسل‌ها را به درستی تفکیک کرده است (مطابق شکل ۳). در شکل‌های زیر نماد c به معنی پیکسل تخریب شده و نماد n به معنی پیکسل تخریب نشده است.

		Predicted		Percent Correct
		c	n	
Observed	c	153	1103	12.18%
	n	290	3560	92.47%
Overall				72.72%

شکل (۳) جدول طبقه‌بندی پیکسل‌ها بعد از ورود اولین متغیر مستقل (فاصله از مراکز روستاها) به مدل

و در دومین مرحله متغیر ارتفاع با بهبود مجذور خی برابر  $272/826$  و  $p=0/00$  وارد معادله شده، به طوری که حساسیت مدل در تعیین میزان تخریب جنگل  $18/55\%$  و ویژگی عدم تخریب جنگل برابر  $93/82\%$  می‌باشد. به طور کلی نیز مدل  $75/30\%$  پیکسل‌ها را به درستی تفکیک کرده است (مطابق شکل ۴).

		Predicted		Percent Correct
		c	n	
Observed	c	233	1023	18.55%
	n	238	3612	93.82%
Overall				75.30%

شکل (۴) جدول طبقه‌بندی پیکسل‌ها بعد از ورود دومین متغیر مستقل (ارتفاع) به مدل

و سپس در سومین مرحله متغیر جهت جغرافیایی با بهبود مجذور خی برابر  $92/681$  و  $p=0/00$  وارد معادله شده، به طوری که حساسیت مدل در تعیین میزان تخریب جنگل  $31/93\%$  و ویژگی عدم تخریب جنگل برابر  $93/90\%$  می‌باشد. به طور کلی نیز مدل  $78/65\%$  پیکسل‌ها را به درستی تفکیک کرده است (مطابق شکل ۵).

		Predicted		Percent Correct
		c	n	
Observed	c	401	855	31.93%
	n	235	3615	93.90%
Overall				78.65%

شکل (۵) جدول طبقه بندی پیکسل‌ها بعد از ورود سومین متغیر مستقل (جهت جغرافیایی) به مدل

پس از این سه مرحله هیچ متغیر دیگری وارد معادله نشد. بدین ترتیب نشان داده شده که تنها این سه متغیر، در میزان تخریب و یا عدم تخریب جنگل‌ها موثر بوده‌اند. ضرایب



نتایج کلی مدل رگرسیون لوجستیک با توجه به ضرایب طبق جدول شماره ۱ به صورت زیر می‌باشد:

با افزایش فاصله از روستاها تخریب کمتر می‌شود و این بدین معنی است که یکی از علت‌های اصلی تخریب جنگل، تخریب آن به قصد تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی و یا استفاده از چوب به عنوان سوخت توسط روستائیان است.

با افزایش ارتفاع میزان تخریب کم می‌شود و این بدین علت است که در ارتفاعات انگیزه قطع و برداشت جنگل بدلیل مشکلات ارتفاع، حمل چوب و غیره کاهش می‌یابد.

در جهت‌های غربی تخریب کمتر است. به دلیل اینکه نواحی با جهت شیب غربی معمولاً پشت به دریاچه خزر می‌باشند و از رطوبت ناشی از دریاچه بی‌بهره بوده و به همین دلیل در جهت غربی اغلب تراکم جنگلی بسیار کم بوده است و به همین دلیل چون از گذشته دور تراکم بسیار کمی داشته در مجموع تغییر چندانی نکرده و تخریب زیادی صورت نگرفته است.

## منابع

- 1- Aldrich, J.H., Nelson F.E., (1984), "Linear Probability, Logit and Probit Models", Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Beverly Hills, California.
- 2- Armenteras D. Rudas G, Rodriguez N., Sua S. and Romero M. (2006), "Patterns and Causes of Deforestation in the Colombian Amazon", *Ecological Indicators* 6 pp353-368.
- 3- Brown S., Hall M., Andrasko K. Anf Ruiz F. (2007): "Baselines for Land-use Change in the Tropics: Application to Avoided Deforestation Projects", *Mitig Adapt Strat Glob Change*, no. 12, pp.1001-1026.
- 4- Coppin R. (1996), "Digital Change Detection in Forest Ecosystems with Remotely Sensed Imagery", *Remote Sensing*, No. 13, pp. 207-234.
- 5- Demaris, A., (1992), "*Logit Modeling: Practical Applications*", Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Newbury park, California.
- 6- Desclee B., Bogaert P. and Defourny P. (2006), "Forest Change Detection by Statistical Object-based method", *Remote Sensing of Environment*, 102, pp. 1-11.
- 7- Geoghegan J., Schneider L. and Vance C. (2004), "Temporal Dynamics and Spatial Scales: Modeling Deforestation in the Southern Yucata's Peninsular Region", *Geo Journal*, No. 61, pp. 353-363.
- 8- Hayes J. (1999), "Remote Sensing for Monitoring Land Cover and Landuse Change in the Maya Biosphere Reserve", Thesis, University of Maine, Orono.
- 9- Linkie M., Smith R. and Willams N. (2004), "Mapping and Predicting Deforestation Patterns in the Lowlands of Sumatra", *Biodiversity and Conservation*, No. 13, pp. 1809-1818.
- 10- Liu D, Song K, Townshend J and Gong P. (2008), "Using Local Transition Probability Models in Markov Random Fields for Forest

- Change Detection", *Remote Sensing of Environment*, 112, pp. 2222-2231.
- 11- Macleod D. and Congalton G. (1998), "A Quantitative Comparison of Change Detection Algorithms for Monitoring Eelgrass from Remotely Sensed Data", *PE & RS*, Vol. 64, No. 3, pp. 207-216.
  - 12- Mahapatra K. and Kant S. (2005), "Tropical Deforestation: A Multinomial Logistic Model and Some Country-specific policy Prescriptions", *Forest Policy and Economics*, 7 pp.1-24.
  - 13- Muchoney M. and Haack N. (1994), "Change Detection for Monitoring Defoliation", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, No. 60, pp. 1243-1251.
  - 14- Musaoglu N. (2000), "Multitemporal Forest Change Analysis, A Case Study: SARIYER Region", *ISPRS, XXXIII*, Part C7, pp. 939-945.
  - 15- Pearce J. and Ferrier S. (2000), "Evaluating the Predictive Performance of Habitat Models Developed Using Logistic Regression", *Ecological Modelling*, No. 133, pp. 225-245.
  - 16- Puyravaud J. (2003), "Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation", *Forest Ecology and Management*, No. 177, pp.593-596.
  - 17- Reusing M. (2000), "Change Detection of Natural High Forest in ETHIOPIA Using Remote Sensing and GIS Techniques", *ISPRS, XXXIII*, Part C7, pp. 1253-1258.
  - 18- Sader A. (1989), "Multispectral and Seasonal Characteristics of Northern Hardwood and Boreal Forest Types in Maine", *ASPRS*, pp. 109-116.
  - 19- Sader A. and Winne C. (1992), "RGB-NDVI Colour Composites for Visualizing Forest Change Dynamics", *International Journal of Remote Sensing*, No. 13, pp. 3055-3067.
  - 20- Songer M., Aung M., Senior B. and DeFries R. (2009), "Spatial and Temporal Deforestation Dynamics in Protected and Unprotected dry

- Forests: A Case Study from Myanmar (Burma)", *Biodivers Conserv*, No.18, pp.1001-1018.
- 21- Sremongkontip S, Ali Hussin Y. and Groenindijk L. (2000), "Detecting Changes in the MANGROVE Forests of Southern THAILAND Using Remotely Sensed Data and GIS", *ISPRS*, **XXXIII**, Part B7, pp. 567-574.
- 22- Tabachnick, B.G., and Fidell, L.S. (1996), "*Using Multivariate Statistics, New York: Harper and Row*".