

## مدل‌سازی درجات تخریب جنگل‌های حوضه ۱۲ ماسال استان گیلان با

### استفاده از رگرسیون لجستیک

سعدالله شادمانی<sup>۱</sup>؛ مهرداد قدس خواه دریایی<sup>۲\*</sup>؛ اسماعیل قجر<sup>۳</sup> و ابوذر حیدری صفری کوچی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلشناسی و اکولوژی جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

۲- دانشیار گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

۳- استادیار گروه جنگلداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

۴- دانشجوی دوره دکتری جنگلشناسی و اکولوژی جنگل دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت ۹۶/۰۲/۲۶-تاریخ پذیرش ۹۸/۰۳/۲۹)

#### چکیده:

برنامه‌ریزی برای مدیریت آتی جنگل‌ها، بدون داشتن اطلاع کافی از وضعیت تخریب جنگل‌ها در گذشته میسر نیست. مطالعه حاضر به منظور مدل‌سازی درجات تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک رتبه‌ای در حوضه آبخیز ۱۲ ماسال انجام پذیرفت. در این مطالعه عوامل شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی و فاصله از دامسراها به عنوان متغیرهای مستقل و درجات مختلف تخریب جنگل به عنوان متغیر وابسته وارد مدل رگرسیونی شدند. استخراج متغیرهای مستقل از نقشه‌های رقوم منطقه و ثبت درجات تخریب جنگل از طریق برداشت نمونه‌های زمینی صورت گرفت. برای تعیین میزان تأثیر هر عامل از روش تحلیل سلسله مراتبی و به منظور مدل‌سازی عوامل از رگرسیون لجستیک رتبه‌ای با پنج تابع اتصال شامل: Cauchit، Negative log-log، Complementary log-log، Logit و Probit استفاده شد. از آزمون‌های آماری نسبت تشابه و والد نیز برای بررسی معنی‌داری مدل و ضرایب آن استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل ساخته شده با تابع اتصال Probit از قابلیت مناسب در مدل‌سازی درجات تخریب برخوردار است. همچنین نتایج نشان داد که ۲۰۷۶۰/۳۲ هکتار از جنگل‌های حوضه مورد مطالعه (معادل ۸۳ درصد از سطح کل جنگل‌های منطقه) با درجات بسیار کم تا متوسط تخریب مواجه هستند. در نتیجه تدوین برنامه‌های حفاظتی برای ۸۳ درصد از سطح جنگل‌های حوضه و اجرای عملیات احیائی برای ۱۷ درصد از سطح این جنگل‌ها (مطابق با نقشه درجات تخریب جنگل ارائه شده در این مطالعه) اثر مطلوبی بر بهبود وضعیت جنگل‌های حوضه مورد مطالعه خواهد داشت.

**کلید واژگان:** آزمون خطوط موازی، تابع اتصال، تحلیل سلسله‌مراتبی، جنگل‌های هیرکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

## ۱. مقدمه

از مطالعات انجام شده در این زمینه در خارج از کشور می‌توان به بررسی تغییرات پوشش جنگلی بین سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۲ در جنگل‌های کشور لائوس با استفاده از رگرسیون لجستیک توسط Phompila و همکاران (۲۰۱۷) اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که تخریب جنگل رابطه معنی‌داری با ارتفاع از سطح دریا، فاصله از جاده‌های اصلی و تغییر شیوه‌های کاشت دارد. در مطالعه‌ای دیگر Sumon و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی عوامل مؤثر بر عامل تخریب جنگل در جنگل‌های منطقه مرکزی میانمار پرداختند. در این تحقیق نقشه تراکم تاج پوشش جنگل از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بدست آمد و با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک به مدل‌سازی مکانی تخریب جنگل با استفاده از عوامل محیطی، پرداخته شد. نتایج نشان داد ارتفاع و فاصله تا مناطق شهری، بهره‌برداری و فاصله تا روستا به شدت بر احتمال تخریب جنگل می‌افزاید. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه نیز می‌توان به مطالعات Vu و همکاران (۲۰۱۴) در کشور ویتنام و مطالعه Mahiny و Turner در حوضه آبخیز رودخانه بوروا (واقع در کشور استرالیا) اشاره نمود. در داخل کشور Pir و همکاران (۲۰۱۵) به مدل‌سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک و GIS در جنگل‌های غرب گیلان پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که احتمال تخریب جنگل با متغیرهای شیب، فاصله از جاده و مناطق مسکونی رابطه معکوس دارد. نتایج ارزیابی نشان داد که مدل به دست آمده با ضریب ROC برابر با ۰/۸۰۷ از تطبیق خوبی با واقعیت برخوردار می‌باشد. استفاده ترکیبی از رگرسیون لجستیک و

جنگل‌ها به دلیل داشتن نقش اساسی در امور تفریحی و تفرجگاهی و ایفای نقش به‌عنوان پشتوانه اساسی و اصلی کشاورزی، دارای اهمیت می‌باشند. همچنین ایجاد درآمد و تولید محصول با ارزشی به نام چوب که زمینه اشتغال تعداد کثیری از افراد جوامع بشری را فراهم ساخته و موجب شکوفایی اقتصاد کشورها می‌شود، از دیگر دلایل اهمیت جنگل‌ها می‌باشد (Heidari Safari Kouchi & Rostami, 2019). مطالعات موجود تغییرات پوشش گیاهی جوامع جنگلی را عمدتاً با عواملی چون: تغییرات دراز مدت در شرایط آب و هوایی (Ramezani, 2018)، فرآیندهای زمین‌شناختی و اکولوژیکی مانند فرسایش خاک و توالی پوشش گیاهی و از همه مهم‌تر فعالیت‌های انسانی مرتبط دانسته‌اند (Pir & Bavaghar, 2015). برای کشف و ارزیابی این تغییرات، استفاده از فنون و ابزارهای سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با برخورداری از امکانات تحلیلی می‌توانند نقش بسزایی در تولید اطلاعات مکانی داشته باشند (Sumon et al., 2017; Phompila et al., 2012). بنابراین در سال‌های اخیر، به دلیل دسترسی آسان به تصاویر ماهواره‌ای و قابلیت‌های نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل‌سازی تغییرات پوشش گیاهی و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده رایج شده است و به این منظور روش‌های متفاوتی چون تجزیه و تحلیل زنجیره مارکف، شبکه‌ی عصبی مصنوعی و روش‌های آماری مثل رگرسیون لجستیک<sup>۳</sup> گسترش یافته است (Islam et al., 2018).

### 3- Logistic regression

### 1- Remote Sensing

### 2- Geographic Information System

برای حضور در طبقه مورد نظر یا طبقات پایین تر پیش‌بینی می‌کند.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۲-۱. منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در مورد حوضه آبخیز ۱۲ ماسال با موقعیت جغرافیایی  $08^{\circ} 18' 37''$  طول شرقی و  $17^{\circ} 18' 49''$  عرض شمالی در استان گیلان انجام شد. این حوضه از نظر حفاظتی زیر نظر اداره کل منابع طبیعی استان گیلان و اداره منابع طبیعی ماسال قرار دارد (شکل ۱). متوسط درجه حرارت سالیانه حوضه ۱۶ سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه آن ۹۲۶ میلی‌متر می‌باشد. قسمت اعظم این منطقه دارای جهت شرقی و شیب عمومی منطقه به طور متوسط ۶۰-۳۰ درصد است. نوع سنگ مادری منطقه سنگ‌های آهکی، آتشفشانی، سیلت، بازالت و ماسه‌سنگ است. تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق کلسیک، تیپ خاک راندزین و تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده همراه با قرمز پدزولیک عمده تیپ‌های خاک قابل مشاهده در سطح حوضه هستند. (اطلاعات دریافت شده از اداره کل منابع طبیعی استان گیلان).

### ۲-۲. روش پژوهش

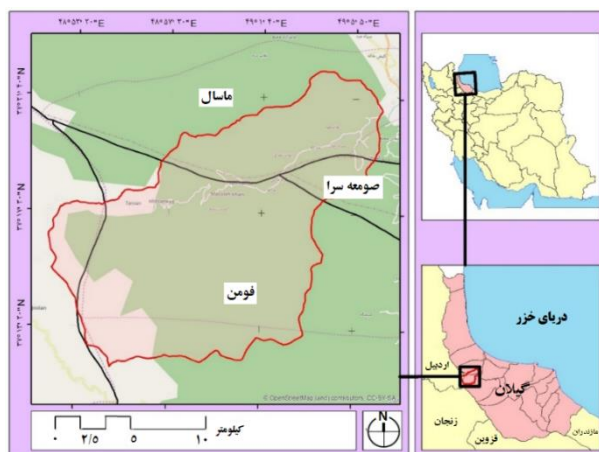
در این پژوهش با استفاده از تکنیک‌های درون‌یابی و عملیات نرم‌افزاری در محیط نرم افزار ArcGIS نقشه‌های توپوگرافی حوضه مورد مطالعه (دریافت شده از اداره کل منابع طبیعی گیلان) به قالب رستر تبدیل و لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه که بیانگر تغییرات ارتفاع در منطقه است ساخته شد. سپس با استفاده از مدل رقومی ارتفاع منطقه و تابع Slope، لایه شیب منطقه ساخته شد. در مرحله بعد نسبت به

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) نیز در مطالعه Ghajar و همکاران (۲۰۱۲) به‌منظور برآورد سهم صخره و سنگ در خاکبرداری جاده‌های جنگلی در جنگل‌های آموزشی دانشگاه تربیت مدرس به انجام رسیده است. به این منظور، واحدهای زمین‌شناسی به‌وسیله فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) ارزش‌دهی و به همراه عامل شیب وارد مدل مربوطه شدند. از بین توابع اتصال مورد استفاده در قدرت برازش مدل، بهترین نتیجه مربوط به تابع اتصال Probit بود. برای نشان دادن قابلیت به‌کارگیری روش پیشنهادی برای پهنه‌بندی سهم سنگ، مدل ساخته شده در بخشی از جنگل‌های کوهستانی شمال ایران با موفقیت پیاده‌سازی شد.

از سایر مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعات Azizi ghalaty و همکاران (۲۰۱۵) در منطقه کوهمره سرخی و Jafarzadeh و Arekhi (۲۰۱۲) در استان ایلام اشاره نمود. با توجه به خسارت‌های سخت جبران‌پذیر ناشی از کاهش سطوح جنگلی از جمله سیلاب‌های رخ داده در فروردین ماه سال جاری (۱۳۹۸-ش) اطلاع از شدت تخریب سطوح جنگلی و عوامل مؤثر بر آن به‌منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت بهتر این عرصه‌های طبیعی در آینده بسیار ضروری است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر، مدل‌سازی درجات تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک رتبه‌ای در حوضه آبخیز ۱۲ استان گیلان می‌باشد. مزیت انتخاب رگرسیون لجستیک رتبه‌ای در مطالعه حاضر این است که در این روش یک معادله جداگانه برای هر طبقه از متغیر وابسته رتبه‌ای ساخته می‌شود و هر یک از معادلات نیز یک احتمال را

تهیه نقشه جهت منطقه اقدام گردید. به منظور حفظ حداکثر اطلاعات و ممانعت از کاهش آن‌ها، مقادیر کمی معیار جهت جغرافیایی (زاویه قرارگیری دامنه نسبت به شمال) وارد مدل نهایی شد. در مرحله بعد نقشه فاصله از رودخانه تهیه گردید. از آنجایی که برای دستیابی به نتایج دقیق و قابل استناد، استفاده از داده‌های دقیق امری اجتناب ناپذیر است و به علت اینکه در این پژوهش لایه رودخانه‌های موجود فاقد دقت مکانی مناسبی بودند نسبت به تهیه مستقیم نقشه شبکه آبراهه‌ها از روی مدل رقومی ارتفاع در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ اقدام شد. برای تهیه نقشه فاصله از راه‌ها نیز بایستی میزان فاصله از شبکه راه‌ها به‌عنوان یک لایه ایجاد می‌شد که برای رسیدن به این هدف از تابع Euclidean Distance نرم افزار ArcGIS استفاده شد (Jafarzadeh *et al.*, 2012). همچنین برای استفاده از معیار فاصله از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی بایستی میزان فاصله از مراکز جمعیتی به‌عنوان یک لایه ایجاد گردد که در محیط نرم افزار ArcGIS نسبت به تهیه این نقشه اقدام گردید. به‌منظور تهیه لایه فاصله از دامسرا از آمارهای موجود و بازدیدهای میدانی استفاده شد. به‌طوری که مختصات دامسراهای موجود با حضور در محل و استفاده از دستگاه GPS ثبت گشت. سپس نقشه پراکندگی دامسراها در محدوده مورد مطالعه با وارد کردن داده‌های GPS در محیط ArcGIS به‌دست آمد (Wan *et al.*, 2018).

تهیه نقشه جهت منطقه اقدام گردید. به منظور حفظ حداکثر اطلاعات و ممانعت از کاهش آن‌ها، مقادیر کمی معیار جهت جغرافیایی (زاویه قرارگیری دامنه نسبت به شمال) وارد مدل نهایی شد. در مرحله بعد نقشه فاصله از رودخانه تهیه گردید. از آنجایی که برای دستیابی به نتایج دقیق و قابل استناد، استفاده از داده‌های دقیق امری اجتناب ناپذیر است و به علت اینکه در این پژوهش لایه رودخانه‌های موجود فاقد دقت مکانی مناسبی بودند نسبت به تهیه مستقیم نقشه شبکه آبراهه‌ها از روی مدل رقومی ارتفاع در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ اقدام شد. برای تهیه نقشه فاصله از راه‌ها نیز بایستی میزان فاصله از شبکه راه‌ها به‌عنوان یک لایه ایجاد می‌شد که برای رسیدن به این هدف از تابع



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه

سپس با استفاده از مقیاس پیشنهادی Saaty (۱۹۹۳) توسط متخصصین و صاحب‌نظران این حوزه تکمیل شد. در این روش به صورت زوجی گزینه‌های پیشنهاد شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در هر مقایسه اگر ارزش عنصر  $i$  بر عنصر  $j$  برابر  $k$  باشد، ارزش  $j$  بر  $i$  برابر  $1/k$  خواهد بود. در هر مقایسه نتیجه قضاوت به صورت کمی و بسته به درجه اهمیت آن‌ها براساس جدول ۱ بیان خواهد شد.

به علت اینکه عوامل و معیارهای شناسایی شده به‌منظور بررسی و مدلسازی درجات تخریب جنگل اثرات متفاوتی در راستای این هدف دارند لذا لازم است پیش از تجزیه و تحلیل آن‌ها، میزان تأثیر هر یک از آن‌ها مشخص شود. بدین منظور در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. برای نیل به این هدف ابتدا پرسشنامه‌ای استاندارد به‌منظور مقایسه دو به دو عوامل، معیارها و زیر معیارها طراحی و

جدول ۱- مقیاس ۹ کمیتی (Saaty (1993) برای قضاوتها در مقایسه زوجی

| شدت اهمیت | ۹             | ۷        | ۵   | ۳   | ۱           | ۲، ۴، ۶ و ۸ |
|-----------|---------------|----------|-----|-----|-------------|-------------|
| معنی      | کاملاً مهم تر | خیلی قوی | قوی | قوی | اهمیت اندکی | مقادیر      |
|           |               |          |     |     | برابر       | بینابینی    |

نقشه وضعیت تبدیل و تخریب اراضی حاصل می‌شود. برای تهیه این نقشه ابتدا مناطق تخریب شده با استفاده از جنگل گردشی و آمارهای موجود شناسایی و با استفاده از دستگاه GPS محدوده تخریب شده به‌عنوان یک پلی‌گون بسته و ذخیره شد (Azizi, 2015). سپس براساس وضعیت تبدیل و تخریب اراضی با سابقه وجود جنگل، شدت آن در پنج درجه کیفی خیلی زیاد (تخریب یا تبدیل بیش از ۷۵٪ از سطح جنگل)، زیاد (تخریب یا تبدیل ۵۰ تا ۷۵ درصد از سطح جنگل)، متوسط (تخریب یا تبدیل ۲۵ تا ۵۰ درصد از سطح جنگل)، کم (تخریب یا تبدیل کمتر از ۲۵٪ درصد از سطح جنگل) و بسیار کم (شامل مناطق فاقد تخریب و یا تخریب کمتر از ۵ درصد از سطح جنگل) تقسیم‌بندی شد (Eastman, 2002). پس از آماده‌سازی و تهیه لایه کیفی شدت تخریب جنگل در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مقادیر پیکسل‌های متناظر تمامی معیارهای مورد بررسی در محدوده تخریب استخراج شد و پس از خروجی گرفتن در قالب فایل MS Excel ذخیره شد. پس از تهیه این فایل مدل‌سازی درجات تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک رتبه‌ای در محیط نرم افزار SPSS 22 انجام گرفت (Pirbavaghar et al., 2015). در این پژوهش پنج تابع اتصال مختلف جدول ۲ برای مدل‌سازی درجات تخریب جنگل استفاده و در نهایت بهینه‌ترین تابع برای مدل نهایی با استفاده از آماره‌های کنترل انتخاب شد (Ghajar et al., 2012).

برای دستیابی به این هدف تعداد ۱۰ پرسشنامه میان ۱۰ نفر از متخصصین و مدیران منابع طبیعی قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد که با توجه به اعداد جدول فوق مقایسات زوجی را بین عوامل، معیارها و زیرمعیارها انجام دهند. از میان پرسشنامه‌های ارسال شده هر ۱۰ پرسشنامه به شکل کامل دریافت شد. پس از طراحی و تکمیل پرسشنامه‌ها بر اساس استانداردهای مورد نظر، نتایج حاصل از آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به علت متفاوت بودن نظر کارشناسان مربوطه در اولویت‌بندی عوامل و معیارهای مختلف در مقایسات زوجی، به‌منظور دستیابی به یک نظر بهینه و وارد کردن آن در مدل تحلیل سلسله مراتبی از تمام نظرات کارشناسان برای هر سؤال میانگین هندسی گرفته شد (۱).

رابطه (۱)  $GM_{\bar{x}} = \sqrt[n]{(X_1 X_2 X_3 \dots X_n)}$  میانگین هندسی هر سؤال، n : تعداد کارشناسان (پاسخ دهندگان)، X1 تا Xn: نظرات هر کارشناس است. پس از محاسبه میانگین هندسی از تمامی پاسخ‌های مربوط به هر سؤال، جدول مقایسات زوجی نهایی برای تمامی معیارها تشکیل و مدل تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد و در نهایت با در نظر گرفتن ضریب ناسازگاری قابل قبول (کمتر از ۰/۱) وزن تمامی معیارها محاسبه و اولویت‌بندی شدند (Ghajar et al., 2012). معیارهای ساخته شده در مراحل قبلی، متغیر-های مستقل مورد استفاده به‌عنوان ورودی مدل مورد بررسی هستند. متغیر وابسته نیز در این پژوهش درجات مختلف تخریب جنگل می‌باشد که از روی

جدول ۲- توابع اتصال مورد استفاده در روش رگرسیون لجستیک رتبه‌ای

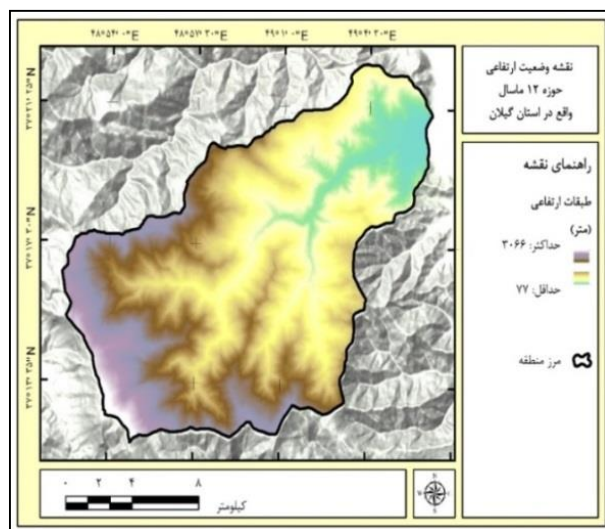
| تابع اتصال               | معادله تابع                                     |
|--------------------------|---|
| Logit                    | $\text{Log} \left( \frac{\pi}{1 - \pi} \right)$ |
| Complementary log-log    | $\text{Log} (-\text{Log}(1 - \pi))$             |
| Negative log-log         | $-\text{Log}(-\text{Log}(\pi))$                 |
| Probit                   | $\Phi^{-1}(\pi)$                                |
| Cauchit (Cauchy Inverse) | $\tan(\text{phi}(\pi - 0.5))$                   |

افزار Arcgis شد و با انجام عملیات اتصال (Join) به مقادیر اولیه پیکسل‌ها متصل شد. در ادامه با استفاده از ابزارهای تحلیل مکانی موجود در نرم افزار Arcgis فایل مذکور به قالب رستر با ابعاد پیکسل ۳۰ متری تبدیل و در کلاس‌های برآورد شده ارائه شد. در نهایت پس از تهیه نقشه نهایی درجات تخریب جنگل، مساحت هر یک از طبقات تخریب استخراج و ارائه شد (Ghajar et al., 2012).

### ۳. نتایج

بر اساس لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه که بیانگر تغییرات ارتفاع در منطقه است، حداقل ارتفاع از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه ۷۷ متر و حداکثر ارتفاع از سطح دریا ۳۰۶۶ متر می‌باشد (شکل ۲).

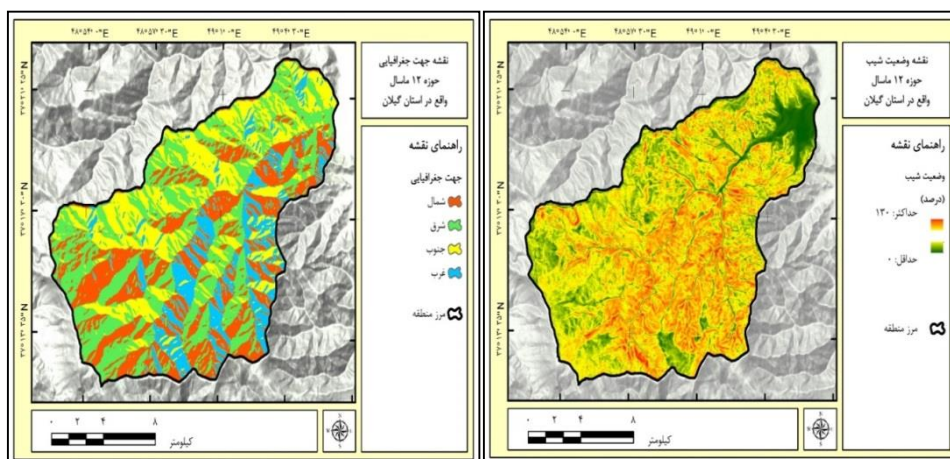
پس از انتخاب مدل بهینه (مناسب‌ترین تابع اتصال) اقدام به استخراج مقادیر تمامی پیکسل‌ها از متغیرهای مستقل مورد استفاده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. لازم به ذکر است که هر کدام از مؤلفه‌های مورد استفاده در ضرایب به‌دست آمده از تحلیل سلسله مراتبی ضرب و در روابط عددی به‌دست آمده از تابع اتصال مورد استفاده جای‌گذاری شد. در نهایت مقادیر استخراج شده از هر متغیر که مجموعاً ۲۷۸۰۰۰ پیکسل را شامل می‌شد پس از استخراج وارد محیط نرم افزار SPSS شد و با اعمال وزن‌های محاسبه شده در روش تحلیل سلسله مراتبی برای هر متغیر، میزان درجه تخریب تمامی نمونه‌ها (مقادیر هر پیکسل) با مدل رگرسیون لجستیک رتبه‌ای ارائه شده برآورد شد (Ghajar et al., 2012). مقادیر برآورد شده پس از ذخیره در قالب فایلی با فرمت dbf وارد محیط نرم



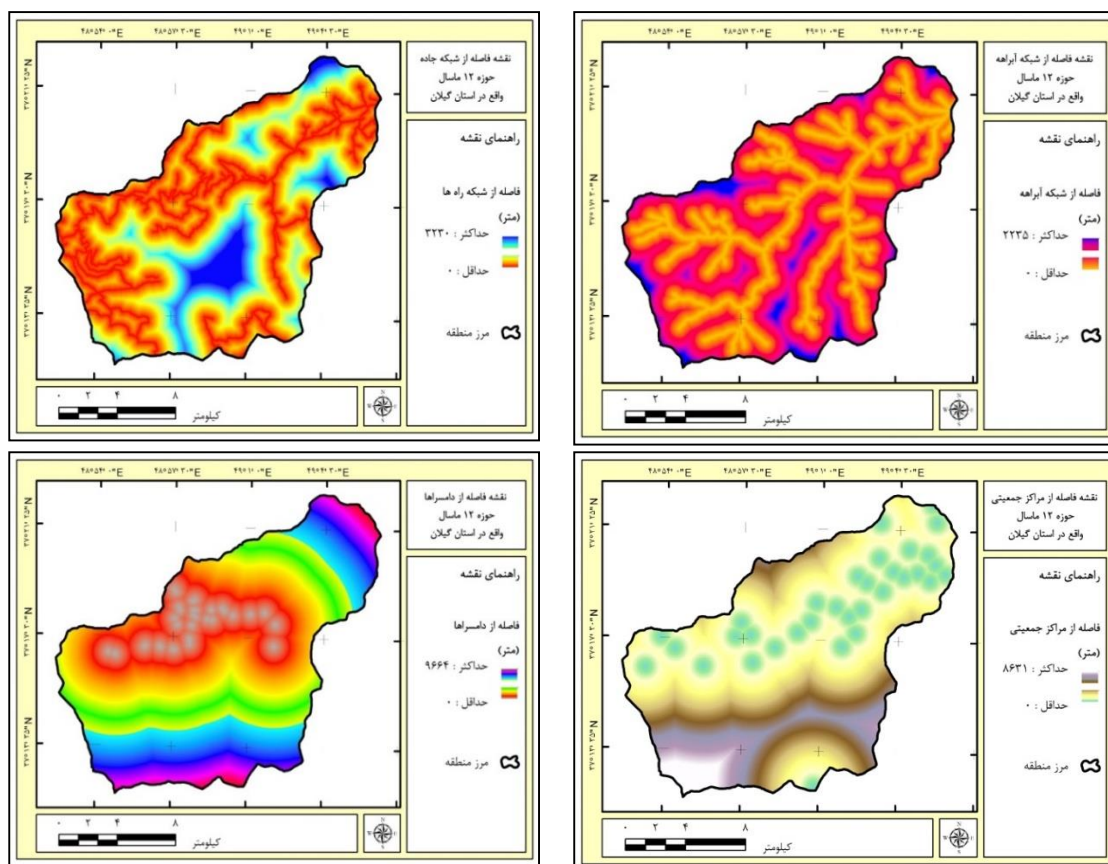
شکل ۲- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه ۱۲ ماسال واقع در استان گیلان

و جاده و نقشه‌های فاصله از مراکز جمعیتی (مسکونی) و دامسراها از مناطق تخریب در شکل ۴ نشان داده شده است؛ که با توجه به پراکنش زیاد (و همگن) عوارض مورد بررسی در سطح حوضه مورد مطالعه، فاصله عوارض مورد بررسی تا مناطق تخریب غالباً حداقل تا متوسط می‌باشد.

همچنین نقشه‌های شیب و جهت منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است که نشان می‌دهد که بیشتر سطح حوضه را عوارضی با شیب متوسط (۳۰ تا ۶۰ درصد) و پرشیب (بیش از ۶۰ درصد) تشکیل می‌دهد. و جهت عمومی منطقه نیز شرقی است. همچنین نقشه‌های مربوط به فاصله از شبکه‌های آبراهه



شکل ۳- نقشه وضعیت شیب و جهت اراضی حوضه ۱۲ ماسال واقع در استان گیلان



شکل ۴- نقشه وضعیت فاصله مراکز تخریب با عوارض مورد بررسی شامل: آبراهه‌ها، جاده‌ها مراکز جمعیتی و دامسراها

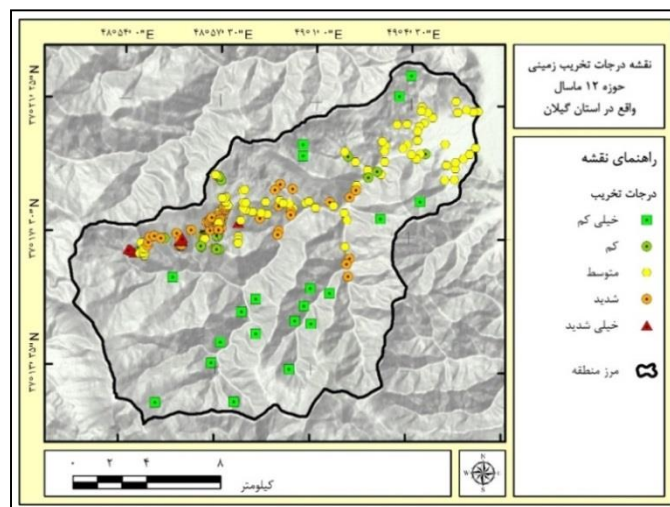


عامل فاصله از مناطق مسکونی در بین عوامل مستقل مورد مطالعه بیش از سایر عوامل مرتبط با تخریب جنگل است. شکل ۶ نقشه نمونه‌های برداشت شده از وضعیت تخریب جنگل که به صورت برداشت زمینی در قالب پنج درجه تخریب به دست آمده است را نشان می‌دهد که تخریب متوسط بیشترین درصد (۴۹٪) را در بین نمونه‌های برداشت شده نشان می‌دهد.

مدل تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی متغیرهای مورد بررسی در این مطالعه معیارهای مورد بررسی را به صورت نشان داده شده در شکل ۵ اولویت بندی نمود. که در این نمودار A: ارتفاع، B: شیب، C: جهت جغرافیایی، D: فاصله از رودخانه و شبکه آبراهه‌ها، E: فاصله از شبکه راه‌ها، F: فاصله از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی و G: فاصله از دامسراها می‌باشد. بنابراین بر اساس نظر متخصصان امر، وزن



شکل ۵- میزان وزن و اهمیت هر یک از معیارهای مورد بررسی با استفاده از روش AHP



شکل ۶- نقشه نمونه‌های برداشت شده از وضعیت تخریب جنگل

داد که مدل‌های برازش شده با تابع اتصال Probit قابلیت مناسبی را به منظور مدلسازی درجات کیفی تخریب جنگل در پژوهش حاضر دارد.

براساس نتایج ارائه شده در جداول ۳ و آماره‌های محاسبه شده تابع اتصال Probit بهترین نتایج ضریب تشخیص را داشته است. آزمون خطوط موازی نشان



جدول ۳- نتایج به کارگیری توابع مختلف در ساخت رگرسیون لجستیک رتبه‌ای عوامل مورد بررسی

| Probit | Negative Log-log | Logit | Complementary Log-log | Cauchit | منابع                  |
|--------|------------------|-------|-----------------------|---------|------------------------|
| ۰/۰۰۰  | ۰/۰۰             | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۰                 | ۰/۰۰۰   | معنی داری رگرسیون      |
| ۱      | ۰/۶۱۹            | ۱     | ۱                     | ۰/۹۹۱   | آماره Pearson          |
| ۱      | ۱                | ۱     | ۱                     | ۱       | آماره Deviance         |
| ۱      | ۰/۵۴۶            | ۰/۵۸۳ | ۰/۹۱۹                 | ۰/۵۳۷   | آماره Cox and Snell    |
| ۱      | ۰/۵۹۴            | ۰/۶۳۴ | ۱                     | ۰/۵۸۴   | آماره Nagelkerke       |
| ۱      | ۰/۳۱۴            | ۰/۳۴۸ | ۱                     | ۰/۳۰۶   | آماره Mc Fadden        |
| ۱      | ۰/۹۰۸            | ۰/۰۰۱ | ۱                     | ۰/۰۰    | آزمون خطوط موازی (Sig) |

$$Pr_3 = \text{Probit} (Y \leq 3) = 0.207 + (0.001 * A) + (0.39 * B) + (0.003 * C) + (-0.009 * D) + (-0.005 * E) + (0.001 * F) + (-0.008 * G)$$

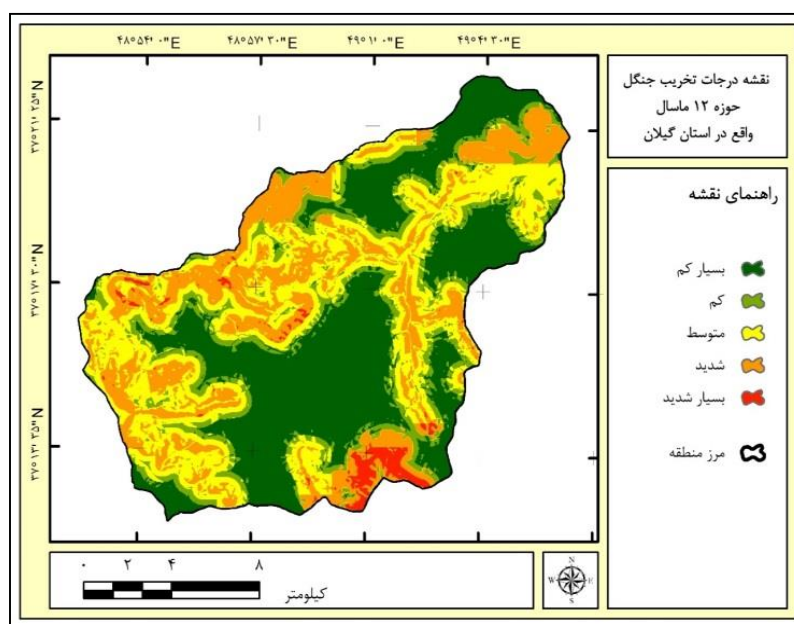
$$Pr_4 = \text{Probit} (Y \leq 4) = 3.816 + (0.001 * A) + (0.39 * B) + (0.003 * C) + (-0.009 * D) + (-0.005 * E) + (0.001 * F) + (-0.008 * G)$$

شکل ۷ نقشه نهایی حاصل از مدل سازی درجات مختلف تخریب جنگل را نشان می‌دهد. بر اساس نقشه به دست آمده، درجات تخریب متوسط و بسیار کم بیشترین درصد را بین درجات مختلف تخریب جنگل نشان می‌دهند.

پس از انتخاب مدل بهینه (تابع اتصال Probit) اقدام به استخراج مقادیر تمامی پیکسل‌ها از تمامی متغیرهای مستقل مورد استفاده در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی شد. مدل‌های عددی ساخته شده به شکل زیر تهیه شدند:

$$Pr_1 = \text{Probit} (Y \leq 1) = -1.085 + (0.001 * A) + (0.39 * B) + (0.003 * C) + (-0.009 * D) + (-0.005 * E) + (0.001 * F) + (-0.008 * G)$$

$$Pr_2 = \text{Probit} (Y \leq 2) = -0.103 + (0.001 * A) + (0.39 * B) + (0.003 * C) + (-0.009 * D) + (-0.005 * E) + (0.001 * F) + (-0.008 * G)$$



شکل ۷- نقشه نهایی درجات تخریب جنگل

همچنین پس از تهیه نقشه نهایی میزان مساحت هر یک از طبقات استخراج شد که نتایج آن در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس جدول فوق بیشترین نوع تخریب در حوضه مورد مطالعه مربوط به درجه

تخریب متوسط با ۹۴۰۸ هکتار و درجه تخریب بسیار کم با ۸۵۱۲/۰۷ هکتار می‌باشد. همچنین تخریب بسیار شدید کمترین میزان برآورد را در بین طبقه-بندی درجات تخریب داشته است (۲۸۶/۳۳ هکتار).

جدول ۴- مساحت طبقات مختلف درجات کیفی تخریب جنگل

| درجه تخریب | مساحت به هکتار | درصد  |
|------------|----------------|-------|
| بسیار کم   | ۸۵۱۲/۰۷        | ۳۴/۰۱ |
| کم         | ۲۸۴۰/۲۵        | ۱۱/۳۵ |
| متوسط      | ۹۴۰۸           | ۳۷/۵۹ |
| شدید       | ۳۹۸۰/۲۸        | ۱۵/۹۰ |
| بسیار شدید | ۲۸۶/۳۳         | ۱/۱۴  |
| مجموع      | ۲۵۰۲۶/۹۳       | ۱۰۰   |

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که متغیرهای بررسی شده بر مدل‌سازی تخریب جنگل تأثیرگذار بوده‌اند. نتایج بررسی میزان وزن و اهمیت هر یک از معیارهای مورد بررسی در رابطه با تخریب جنگل با استفاده از روش AHP نشان داد که به ترتیب معیارهای فاصله از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی، فاصله از دامسراها، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از رودخانه و شبکه آبراهه-ها، شیب، جهت و ارتفاع دارای بیشترین وزن بین معیارهای مورد بررسی بودند. بنابراین در حوضه مورد بررسی، مکان‌هایی که بیشتر مورد تهدید تخریب هستند در نزدیک مراکز جمعیتی، شهرها، روستاها و مناطق حفاظت‌نشده قرار دارند که مورد تقاضا برای توسعه مناطق انسان‌ساخت می‌باشند. ایجاد بسترهای دسترسی به مناطق بکر استان گیلان و گسترش ویلاسازی در این استان در سال‌های اخیر موجب برجسته‌تر شدن نقش توسعه مناطق مسکونی توسط اجتماعات انسانی در تخریب جنگل نسبت به عوامل سنتی‌تر تخریب جنگل مانند دامسراها شده

است. Yamaguchi و Dewan (۲۰۰۹) در مطالعات خود، مراکز سکونتگاهی را مهم‌ترین عامل روند تخریب جنگل‌های بنگلادش معرفی می‌کنند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. Ranjbar (۲۰۰۳) نیز با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، مقدار تخریب در جنگل‌های ارسباران را برآورد کرد و نشان داد که ارتفاع، فاصله از مراکز جمعیتی و جهت، عوامل اصلی مؤثر بر گسترش تخریب یا عدم تخریب جنگل هستند. در مطالعه حاضر عامل ارتفاع از عوامل اصلی تأثیرگذار بر تخریب جنگل تشخیص داده نشد و دلیل آن را به پراکندگی عوامل تخریب در طبقات مختلف ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه مربوط دانست. در مطالعه‌ای دیگر Pirmavaghar (۲۰۰۴) به بررسی توزیع مکانی تغییرات پوشش جنگل از سال ۱۳۴۶ تا ۱۳۷۳ در چهار حوضه آبخیز شرق گیلان پرداخت و تأثیر شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از شبکه جاده و فاصله از مراکز سکونتگاهی را بر روند گسترش تغییرات این جنگل‌ها، تأیید کردند. دلیل آن را می‌توان به ییلاقی بودن حوضه مورد بررسی در مطالعه حاضر و گسترش

قابل توجه ویلاسازی و توسعه مناطق مسکونی در این حوضه نسبت به حوضه های آبخیز شرق گیلان که غالباً در محدوده ارتفاعی پایین تری قرار داشته و مصونیت بیشتری از فعالیت های انسانی یافته اند مربوط دانست. براساس نتایج آزمون های آماری انجام گرفته بر روی توابع اتصال مختلف مشخص شد که هر پنج تابع اتصال مورد استفاده از نظر آماری نتایج قابل قبولی را ارائه داده اند و فرض صفر مورد نظر یعنی صفر بودن ضریب رگرسیون را رد کرده اند اما نتایج آزمون خطوط موازی نشان داد که مدل های برازش شده با توابع اتصال Cauchit و Logit قابلیت مناسب تری را به منظور مدل سازی درجات کیفی تخریب جنگل در پژوهش حاضر ندارند. با توجه به بررسی سایر آماره ها از قبیل نیکویی برازش و ضرایب تشخیص تقریبی مشخص شد از میان سه مدل ساخته شده با توابع اتصال  $C \log \log$ ، Negative Log-log و Probit، مدل ساخته شده با تابع اتصال Probit قابلیت مناسبی را به منظور مدل سازی درجات تخریب جنگل دارد. لذا از پارامترها و ضرایب محاسبه شده توسط این مدل برای تهیه نقشه درجات تخریب جنگل بهره گرفته شد. Ghajar و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه ای به منظور برآورد سهم صخره و سنگ در خاکبرداری جاده های جنگلی در جنگل های آموزشی دانشگاه تربیت مدرس به انجام رساندند. به این منظور، واحدهای زمین شناسی به-وسیله فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزش دهی و به همراه عامل شیب وارد مدل شدند. از بین توابع اتصال مورد استفاده در قدرت برازش مدل، بهترین نتیجه مربوط به تابع اتصال Probit بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Bagheri و Shataee (۲۰۱۰) نیز نتایج رگرسیون لجستیک نشان دهنده توافق نسبی مدل به دست آمده با تخریب واقعی

و توانایی به نسبت مناسب مدل در برآورد تغییرات جنگل در حوضه آبخیز چهل چای استان گلستان است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. بر اساس نتایج، برای هر یک از متغیرها در مدل های به دست آمده ضریبی به عنوان میزان اثر متغیر مستقل بر تخریب اراضی جنگلی بیان شده است. ضرایب (مثبت یا منفی) متغیرها در معادله شاخص نسبی ارتباط همسو یا غیر همسوی بین متغیرهای مستقل و وابسته هستند. با این حال در بیشتر موارد، متغیرهای مستقل در مدل های ایجاد شده در مقیاس های متفاوت، نتایج متفاوتی را در بر دارند. به عنوان مثال گاهی افزودن یک متغیر مستقل اضافی به تعداد متغیرهای مورد استفاده در مدل ها باعث تغییر ضرایب متغیرها می شود. لذا جهت استفاده از این ضرایب برای ارزیابی ارتباط متغیر وابسته با متغیرهای مستقل باید با احتیاط عمل نمود. (Pirbavaghar *et al.*, 2012; *et al.*, 2015) Heidari Safari Kouchi). با توجه به ضرایب موجود در مدل های ایجاد شده مشخص می شود که متغیرهای ارتفاع، شیب، جهت جغرافیایی و فاصله از مناطق مسکونی و مراکز جمعیتی دارای اثر مثبت بر کاهش تخریب جنگل و در مقابل، فاصله از رودخانه و آبراهه ها، فاصله از شبکه راه ها و فاصله از دامسراها دارای اثر منفی بر کاهش تخریب جنگل هستند. همچنین با توجه به ضریب متغیر شیب مشخص می شود که افزایش شیب نقش مهمی در تخریب اراضی جنگلی داشته و هر چه شیب منطقه بیشتر باشد، احتمال تخریب نیز بیشتر است. دلیل آن را می توان به افزایش شدت فرسایش خاک در شیب های تند مربوط دانست. Jafarzadeh و Arekhi (۲۰۱۲) به شبیه سازی تخریب در جنگل های شمال ایلام پرداختند. نتایج نشان داد که متغیر شیب با مقدار تخریب رابطه عکس

روند تخریب اراضی جنگلی، موجودی این سرمایه ارزشمند طبیعی در مدت زمان کوتاهی کاهش چشمگیری خواهد یافت. قابل ذکر است نحوه جداسازی مناطق با درجات تخریب با اثرگذاری بر حساسیت مدل به تخریب، در نوع نتیجه‌گیری نیز اثرگذار خواهد بود. برای مثال اگر مناطق با تخریب بیش از ۵۰ درصد جزء طبقه تخریب بسیار شدید قرار گیرد، سطح مناطق با درصد تخریب بالا در نقشه نهایی درجات تخریب به طرز چشم‌گیری افزایش خواهد یافت که به نوبه خود در نوع احیاء و حفاظت جنگل و هزینه‌های آن در آینده اثرگذار خواهد بود. بنابراین این نکته باید در طبقه‌بندی درجات تخریب مورد توجه قرار گیرد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک به صورت مطلوبی قادر به مدل‌سازی درجات تخریب اراضی جنگلی در منطقه مورد مطالعه است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که سطح وسیعی از منطقه (حدود ۳۸ درصد) در معرض تخریب با درجه متوسط قرار دارد. بنابراین انجام اقدامات مدیریتی و حفاظتی همچون شناسنامه‌دار کردن کاربری حفاظتی و نیز جلوگیری از گسترش روستاها و ممانعت قانونی از تجاوز به حریم منابع طبیعی در کاهش سطوح تخریب در این جنگل‌ها ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از نقشه خروجی مدل به‌کار گرفته شده در مطالعه حاضر نیز می‌تواند به عنوان یک راهنمای کاربردی از وضعیت تخریب جنگل‌های منطقه، در مدیریت و بهبود وضعیت جنگل‌های حوضه مورد بررسی اثرگذار باشد.

دارند. دلیل تفاوت موجود بین دو مطالعه را می‌توان به مهاجرت درختان بلوط غرب به مناطق پرشیب مربوط دانست. درحالی که در جنگل‌های شمال کشور به دلیل پرتوقع‌تر بودن گونه‌های موجود نسبت به بلوط غرب، استقرار درختان در مناطق کم‌شیب‌تر و دارای خاک عمیق، بهتر صورت می‌گیرد. همچنین فعالیت‌های کشاورزی مجاور جنگل در تخریب اراضی جنگلی در طول زمان نقش داشته‌اند. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه مناطق جنگلی منطقه تحت تخریب جدی قرار داشته و نیاز به انجام اقدامات مدیریتی برای جلوگیری از تخریب بیشتر سطوح جنگل طبیعی در منطقه وجود دارد. بنابراین اگر فرآیندهای تغییر کاربری زمین کنترل و مدیریت نگردد، موجب تغییرات شدید کاربری زمین در آینده‌ای نه چندان دور در منطقه می‌گردد. دلیل این امر، توسعه فعالیت‌های اقتصادی-اجتماعی و در واقع فرآیند تغییر کاربری زمین در منطقه است که با نتایج مطالعات Peterson و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۱۷ درصد منطقه مورد مطالعه دچار تخریب شدید و بسیار شدید شده است. دلیل اصلی این امر فعالیت‌های انسانی در منطقه است. بخش عمده تغییرات به دلیل تبدیل جنگل‌ها به مناطق مسکونی و نیز تبدیل اراضی جنگلی به اراضی کشاورزی است. اگر این روند ادامه یابد، در آینده وضعیت نامناسب و سخت‌گیران‌پذیری را در مورد اراضی جنگلی در این منطقه شاهد خواهیم بود. در صورت عدم انجام اقدامات مدیریتی مناسب و با افزایش

## References

Azizi ghalaty, S., Rangzan, K., Taghizadeh, A., Ahmadi, S., 2015. Application of artificial neural network and ordinary least squares regression in

modeling land use changes. Forest and Wood Products, 68(1): 1-16. (in Persian).

Bagheri, R., Shataee, SH., 2010. Modeling forest areas decreases, using logistic regression (case study:

- Chehl-Chay catchment, Golestan province). Iranian Journal of Forest, 2(3): 243-252. (in Persian).
- Dewan, A.M., Yamaguchi, Y., 2009. Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in Dhaka Metropolitan of Bangladesh during 1960-2005. Environmental Monitoring and Assessment, 150, 237-249.
- Eastman, J.R., 2002. Idrisi for windows user's guide ver.32, Clark labs for cartography technology and geographic analysis, (Clark University), 327.
- Ghajar, I., Najafi, A., Torabi, S.A., Boston, K., 2012. Rock share estimation in forest road excavation using the Ordinal Logistic Regression (OLR) and the Analytical Hierarchy Process (AHP). – Iranian Journal of Forest and Poplar Research 20(2): 313-323. (In Persian).
- Heidari Safari Kouchi, A., Rostami shahraji, T., 2019. Poplar plantation and its role in carbon sequestration, Sepid Rood Press, Rasht, Iran, 180p. (In Persian).
- Heidari Safari Kouchi, A., Rostami Shahraji, T., Iranmanesh, Y., 2015. Comparison of allometric equations to estimate the above-ground biomass of species (Case study; poplar plantations in Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran, Caspian Journal of Environmental Sciences, 13 (3), 237-246. (in Persian).
- Islam, K., Rahman, M.F., Jashimuddin, M., 2018. Modeling land use change using Cellular Automata and Artificial Neural Network: The case of Chunati Wildlife Sanctuary, Bangladesh. Ecological Indicators, 88, 439-453.
- Jafarzadeh, A.A., Arekhi, S., 2012. Analyze and predict processes of deforestation using logistic regression and GIS (a case study of northern Ilam forest, Ilam province, Iran). Elixir Agriculture 44, 7104-7111. (in Persian).
- Peterson, L.K., Bergen, K.M., Brown, D.G., Vashchuk, L., Blam, Y., 2009. Forested land-cover patterns and trends over changing forest management eras in the Siberian Baikal region. Forest Ecology and Management, 257, 911-922.
- Pirbavaghar, M., 2004. Investigating the variations in forest cover in relation to topographical factors and manmade regions. Case study: East forests of Guilan province. Master thesis for forestry, University of Tehran, 136 p. (In Persian).
- Pirbavaghar, M., 2015. Deforestation modelling using logistic regression and GIS. Journal of Forest Science, 61(5), 193-199. (In Persian).
- Phompila, Ch., Lewis, M., Ostendorf, B., Clarke, K., 2017. Forest cover changes in Lao tropical forests: physical and socio-economic factors are the most important drivers. Land, 6(23), 1-14.
- Ramezani, S., Naji, HR., Mahdavi, A., 2018. Impact of Climate Change and Dust Storm on Forests Ecosystems. Second International Dust Conservation Conference. Ilam University, 25-27 April, 699-703. (In Persian).
- Ranjbar, A., Asgari, Ms., 2003. Estimation and evaluation of forest degradation process using Landsat satellite imagery and geographic information system, Geomatics conference 82, Tehran, Mapping Organization of Iran. (In Persian).
- Saaty, T.L., 1998. Decision Support Software, Expert Choice INC, Pittsburgh, PA, 128 p.
- Sumon, N., Mizoue, N., Zawhtum, N., Kajisa, T., Yoshida, S., 2012. Factors affecting deforestation and forest degradation in selectively logged production forest: A case study in Myanmar. Article in Forest Ecology and Management, 267, 190-198.
- Vu, Q.M., Le, Q.B., Frossard, E., Vlek, P.L.G., 2014. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level. Land Use Policy, 36, 605-617.
- Wan, Ji-Zh., Wang, Ch-J., Qu, H., Liu, R., Xi-Zh, Zh., 2018. Vulnerability of forest vegetation to anthropogenic climate change in China. Science of the Total Environment, 621, 1633-1641.