

## تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگلهای پاره

فریده محمدی<sup>۱\*</sup>، نقی شعبانیان<sup>۲</sup>، مهدی پورهاشمی<sup>۳</sup> و پرویز فاتحی<sup>۴</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج. پست الکترونیک: fariba\_forest@yahoo.com

۲- استادیار، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج.

۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران.

۴- کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سنندج.

تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۰/۲۲

### چکیده

آتش‌سوزی جنگل چه منشأ طبیعی و چه انسانی داشته باشد، یک خطر اکولوژیکی محسوب می‌شود که تأثیرات عمیقی بر پوشش گیاهی، کاربری اراضی، تولیدات، اقتصاد محلی و سلامتی دارد. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی و پهنه‌بندی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی به‌منظور دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش‌سوزی است. در این تحقیق، تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل بر پایه عوامل پوشش گیاهی، فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها، در بخشی از حوضه پاره‌رود به‌وسعت حدود ۱۴۸۸۰ هکتار انجام شد. ابتدا با انجام عملیات میدانی و استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) نقشه مناطق آتش‌سوزی شده تهیه گردید. سپس با بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عوامل مؤثر در بروز و انتشار آتش‌سوزی به‌صورت زوجی مقایسه و وزن هر یک از عوامل که مبین میزان تأثیر آنها بود، محاسبه شد. با توجه به مقادیر کمی وزن هر یک از عوامل، نقشه وزنی هر عامل تهیه و سپس اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک از عوامل گردید. در نهایت پنج طبقه از دامنه خطر آتش‌سوزی جنگل از خیلی زیاد تا خیلی کم مشتق شدند. نقشه بدست آمده تطبیق زیادی با مکان‌های واقعی آتش‌گرفته داشت. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش‌گرفته در پهنه‌هایی با خطر زیاد قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سلسله مراتبی، سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه خطر آتش‌سوزی، پاره.

### مقدمه

موجب از دست رفتن یا کاهش کمی و کیفی خدمات منابع طبیعی مانند کارکردهای فیزیکی و بیولوژیکی آن گردد، اصطلاحاً تخریب یا آسیب منابع طبیعی نامیده می‌شود (Almedia, 1994). امروزه در خشکی‌ها پس از فعالیت‌های شهری و کشاورزی انسان، آتش‌سوزی فراگیرترین عامل تخریب‌کننده اکوسیستم‌های طبیعی به‌شمار می‌رود (Yin et al., 2004). آتش‌سوزی‌های طبیعی تأثیرات عمیقی بر کاربری اراضی، تولیدات، اقتصاد، انتشار گاز و سلامتی بشر دارند. همچنین با وارد

جنگلها اصیل‌ترین منابع طبیعی کره خاکی به‌شمار می‌روند و عملکرد آنها نقش اساسی در نگهداری تعادل اکولوژیکی دارد. سلامتی جنگل در هر محل شاخصی از شرایط اکولوژیکی متداول در آن ناحیه است (Zhang & Chen, 2007). اساساً گیاهان در جنگلها و مراتع همیشه در معرض آسیب‌های طبیعی و تخریب قرار دارند. هر گونه تغییرات مضر و قابل اندازه‌گیری در کیفیت فیزیکی، شیمیایی یا توان زیستی منابع طبیعی که

استان کرمانشاه می‌باشد (فتاحی، ۱۳۷۲). به استناد آمار موجود، هر ساله آتش‌سوزی‌های مختلفی در سطح جنگلهای شهرستان پاوه رخ می‌دهد. به‌عنوان مثال، در سال ۱۳۸۵ حدود ۳۰۰ هکتار از جنگلهای این شهرستان در اثر آتش‌سوزی از بین رفتند (بی‌نام، ۱۳۸۶-ب).

از جمله مطالعات انجام شده در مورد آتش‌سوزی در جنگلهای کشور می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. زارع مایوان و معمارپانی (۱۳۸۰) در مطالعه بر روی پوشش گیاهی حاشیه جنوبی پارک ملی گلستان که در سال ۱۳۷۴ مورد آسیب آتش‌سوزی قرار گرفته بود، به این نتیجه رسیدند که پوشش علفی در نواحی سوخته نسبت به مناطق اطراف آن دارای تنوع بیشتری است و برخی گونه‌های علفی در داخل محدوده آتش‌سوزی تراکم بیشتری دارند.

در تحقیقی دیگر، از سه عامل شیب، جهت و NDVI برای ارائه مدلی ساده و سریع به‌منظور تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی در نواحی جنگلی استفاده شد. بدین منظور با فرموله کردن عوامل فوق و اعمال آن بر روی تصویر، مناطق با خطر آتش‌سوزی زیاد مشخص شدند (اکبری و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین در پژوهشی با استفاده از شاخص پیش‌آگاهی آتش‌سوزی Molgan و تکنیک GIS به پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی مناطق جنگلی استان مازندران به‌تفکیک فصول در سال ۱۳۸۳ و نیز طی یک دوره ۱۵ ساله اقدام شد. برای بررسی کارایی مدل، نتایج سال ۱۳۸۳ با تعداد حریق به‌وقوع پیوسته آزمون و سپس ضریب همبستگی سال مذکور با نتایج ۱۵ ساله بررسی گردید. نتایج بیانگر آن بود که مدل استفاده شده به‌غیر از فصل زمستان در کلیه فصول و همچنین سالانه، از کارایی مناسبی در سطح مکانی برخوردار است (ادب و همکاران، ۱۳۸۷).

در منابع خارجی مطالعات مشابه موضوع تحقیق بسیار متعددند. به‌عنوان مثال برای جنگلی در مرکز کشور پرتغال نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی بر پایه گونه‌های

آوردن خسارت‌های جبران‌ناپذیر به مناطق جنگلی سبب تغییر در اکولوژی منظر می‌شوند (Vakalis et al., 2004; Xu et al., 2005). آتش با سوزاندن گیاهان، تغییر دادن الگوی توالی و تغییر منابع گیاهی بر اکوسیستم‌های طبیعی تأثیر می‌گذارد (بانج شفیع و همکاران، ۱۳۸۴). به‌عنوان مثال، در کمتر از ۲۰۰ سال گذشته، شش میلیون کیلومترمربع از زمین‌های جنگلی در جهان بر اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند (Dimopoulou & Giannikos, 2002). در ایران نیز طی سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۵، حدود ۱۱۰۴۴ هکتار (۴۸۳۰ هکتار در سال ۱۳۸۲؛ ۲۵۶۷ هکتار در سال ۱۳۸۳؛ ۲۲۲۲ هکتار در سال ۱۳۸۴ و ۱۴۲۲ هکتار در سال ۱۳۸۵) از جنگلهای طبیعی دچار آتش‌سوزی شده‌اند. در سال ۱۳۸۴ استان کرمانشاه و فارس از لحاظ سطح و استان کردستان از لحاظ تعداد آتش‌سوزی، بحرانی‌ترین مناطق کشور بوده‌اند (بی‌نام، ۱۳۸۶-الف). کنترل طبیعی آتش‌سوزی ممکن نیست، اما با تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی برای این نواحی می‌توان خطرات آن را تا اندازه‌ای کاهش داد (Jaiswal et al., 2002; Xu et al., 2005). متأسفانه در داخل کشور مطالعات انجام شده در زمینه آتش‌سوزی و به‌ویژه تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی بسیار محدود و نوظا می‌باشد، بنابراین در این بررسی سعی شده تا به مطالعه این مهم در بخشی از جنگلهای زاگرس واقع در شهرستان پاوه استان کرمانشاه پرداخته شود. هدف از این تحقیق که برای اولین بار در حوزه رویشی زاگرس انجام می‌شود، بررسی عوامل تأثیرگذار در بروز آتش‌سوزی در بخشی از جنگلهای پاوه استان کرمانشاه، تعیین نواحی دارای استعداد آتش‌سوزی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی به‌منظور مدیریت آن می‌باشد. لازم به‌ذکر است که استان کرمانشاه ۲۰ درصد از جنگلهای زاگرس را شامل شده و ۲۸ درصد سطح استان (۷۰۰/۰۰۰ هکتار) را پوشش جنگلی تشکیل می‌دهد. شهرستان پاوه نیز که ۹۵٪ سطح آن را جنگل پوشانده، شامل بخش عظیمی از جنگلهای

تعیین مکان‌های دارای خطر آتش‌سوزی استفاده شد به‌صورت رابطه ۲ بود (Ertena *et al.*, 2004).

$$RC = 7V_T + 5(S+A) + 3(D_R + D_S) \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن:

RC: شاخص عددی از نواحی خطر آتش‌سوزی جنگل؛  $V_T$ : گونه گیاهی با ۵ طبقه؛ S: عامل شیب با ۵ طبقه؛ A: متغیر جهت با ۴ طبقه؛ شاخص‌های  $D_R$  و  $D_S$ : عامل فاصله از جاده‌ها و ساختمان‌ها.

### مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۱۴۸۸۰ هکتار در محدوده  $۰۰^{\circ} ۱۵' ۴۶''$  تا  $۰۰^{\circ} ۲۶' ۴۰''$  طول شرقی و  $۰۰^{\circ} ۰۰' ۳۵''$  تا  $۰۷' ۳۵''$  عرض شمالی، در شمال غربی استان کرمانشاه واقع شده است. این منطقه در داخل حوضه پاره‌رود قرار گرفته و از نظر تقسیمات سیاسی کشور جزء شهرستان پاوه می‌باشد (شکل ۱). مناطق مسکونی موجود در منطقه شامل روستاهای سرکران، چورژی، بین‌دره، دوريسان، خانقاه، گلال، دشه، نوریاب، نجار، کمادره و شهر پاوه می‌باشند. بارندگی در این منطقه از نیمه دوم مهرماه آغاز و در نیمه اول خردادماه به پایان می‌رسد. میزان بارندگی از ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر در نوسان بوده و به‌ندرت از این حد تجاوز می‌نماید، اما پراکنش آن نامناسب و طول فصل خشک در آن نسبتاً طولانی است. اقلیم منطقه مورد بررسی، براساس اقلیم‌نمای آمبرژه و دومارتن اقلیم نیمه‌مرطوب سرد می‌باشد (یزدیان و سهرابی، ۱۳۸۶).

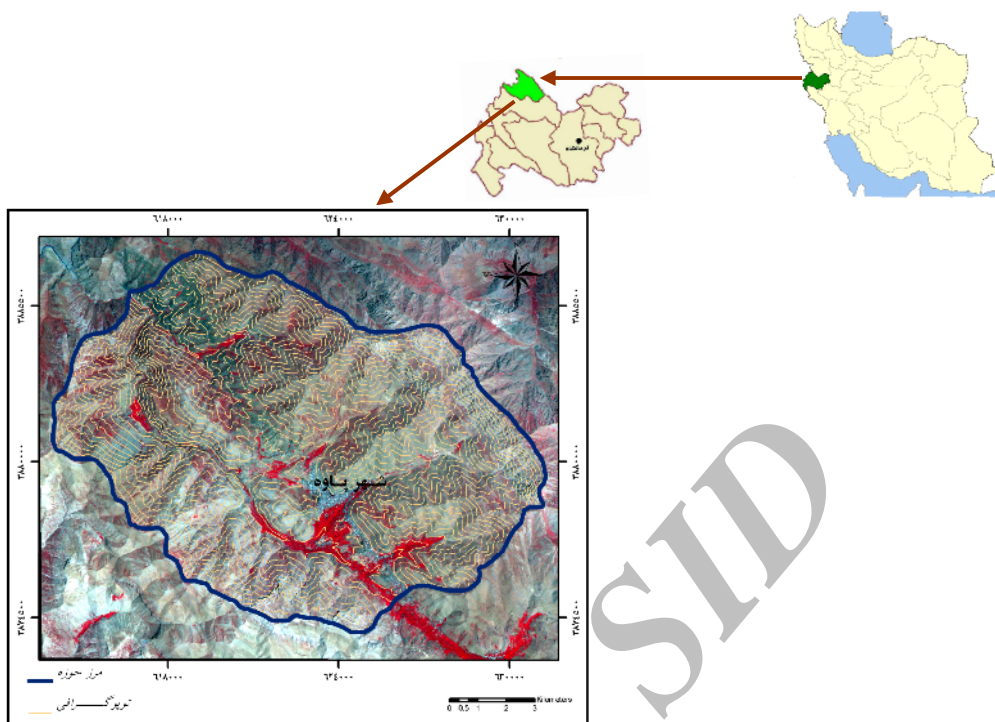
جنگلی، فاصله تا جاده‌ها و رودخانه‌های دائمی و شیب و جهت جغرافیایی تهیه گردید. متغیرهای موردنظر براساس ضریب خطر آتش‌سوزی به طبقاتی تقسیم شده و با تجزیه و تحلیل داده‌ها که در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد، پنج طبقه خطر برای منطقه بدست آمد. در این طبقه‌بندی مناطقی که خطرات بیشتری داشتند دارای این ویژگیها بودند: فاصله با جاده بیشتر از ۲۵ متر، شیب بیشتر از ۴۰٪، منطقه درخت‌زار یا بوته‌زار، فاصله از رودخانه دائمی بیشتر از ۳۰ متر و جهت منطقه بین ۱۳۵ تا ۲۲۵ درجه (Almedia, 1994). در پژوهشی دیگر نقشه خطر آتش‌سوزی برای ناحیه‌ای در هندوستان با استفاده از متغیرهای گونه‌های گیاهی، شیب، نزدیکی به محل‌های مسکونی و فاصله از جاده‌ها تهیه و رابطه ۱ به‌عنوان مدل خطر آتش‌سوزی به‌منظور تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه ارائه گردید (Jaiswal *et al.*, 2002):

$$FR = 10F_{i=1-11} + 2H_{j=1-4} + 2R_{k=1-4} + 3S_{l=1-6} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن:

FR: شاخص عددی خطر آتش‌سوزی؛ F: گونه گیاهی (۱۱ طبقه)؛ H: شاخص نزدیکی به سکونتگاه‌های انسانی (۴ طبقه)؛ R: عامل جاده (۴ طبقه)؛ S: عامل شیب (۶ طبقه) و اندیس‌های  $i, j, k, l$  و  $Z$  و  $K$  شاخص زیرطبقه‌ها بر پایه اهمیت در تعیین خطر آتش‌سوزی هستند.

همچنین نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی برای جنگلی در ترکیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و GIS طراحی شد. تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از آتش‌سوزی برای تعیین و تشخیص نواحی سوخته و برای برآورد گیاهان از بین رفته بکار رفتند. رابطه‌ای که برای



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان کرمانشاه و شهرستان پاوه  
به همراه نمایی از تصویر ماهواره‌ای منطقه (۲، ۳ و ۴) IRS

#### داده‌های مورد استفاده

- پنجره‌ای از تصویر سنجنده LISS-IV (Linear Imaging Self Scanning Sensors) ماهواره IRS-P6 (India Remote Sensing) متعلق به تاریخ هفتم جولای ۲۰۰۲ میلادی برابر با ۱۷ تیر ۱۳۸۱ هجری خورشیدی با اندازه تفکیک مکانی ۵/۸ متر  
- نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شیت ۲-۵۲۶۰ (پاوه) تهیه شده از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

#### روش تحقیق

براساس آمار آتش‌سوزی سالهای ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶ که از اداره منابع طبیعی شهرستان پاوه تهیه شد، ۴ منطقه عمده که دارای بیشترین وسعت آتش‌سوزی و بیشترین تکرار بودند، شناسایی شدند. محدوده این مناطق با پیمایش زمینی و استفاده از گیرنده GPS برداشت شد. براساس

مطالعات انجام شده در خارج از کشور (Chandra & Arora, 2006; Patah et al., 2000; Xu et al., 2005; Jaiswal et al., 2002) و همچنین بازدیدهای صورت گرفته از منطقه، در حد امکان تمام عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی در جنگلهای منطقه شامل پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب و جهت منطقه، فاصله از رودخانه‌ها و جاده‌های منطقه، تعداد جمعیت و عامل اقلیمی دما و بارندگی مشخص شدند. لازم به ذکر است که با توجه به بازدیدهای به عمل آمده و نظر به اهمیت عامل تعداد جمعیت، به جای عامل فاصله از مناطق مسکونی این عامل جایگزین گردید.

لایه اطلاعاتی این عوامل با رقومی‌سازی نقشه‌های توپوگرافی و تفسیر تصویر ماهواره‌ای منطقه در محیط GIS تهیه شد. تصاویر فاقد خطای رادیومتری قابل ملاحظه‌ای بودند، اما بررسی کیفیت هندسی تصویر با مقیاسه با نقشه رقومی جاده‌ها و آبراهه‌ها نشان داد که از

بیشترین مقدار بدست آمده در هر کدام از سطوح سلسله مراتبی به سطح بالاتر نسبت داده شد. با دادن مقادیر کمی بدست آمده برای معیارها و زیرمعیارها به نرم افزار Expert choice، وزن هر کدام از طبقات بدست آمد.

وزن های بدست آمده از این روش در مقیاس ۱۰۰ برای طبقات محاسبه شد، به این ترتیب که حداکثر وزن محاسبه شده براساس روش AHP برای آن طبقه برابر ۱۰۰ و سایر طبقات براساس نسبت گیری وزن هایشان محاسبه شدند. برای طبقه های واقع در بین طبقه های دارای حداکثر آتش سوزی و فاقد آتش سوزی با توجه به مقادیر درصد آتش سوزی اقدام به محاسبه و مشخص کردن امتیاز آن طبقه شد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶؛ گرای و آرخی، ۱۳۸۷). به این ترتیب چنانچه امتیاز در یک طبقه به عدد ۱۰۰ نزدیک باشد، به مفهوم حساسیت بیشتر یا منطقه پرخطرتر از نظر وقوع آتش سوزی بوده و بعکس هر چه به سمت صفر میل کند به مفهوم منطقه فاقد حساسیت است. وزن های بدست آمده در این مرحله در وزن عوامل مربوطه ضرب که با اضافه کردن آنها به جدول توصیفی هر کدام از نقشه ها در محیط GIS (رابطه ۴) و رویهم گذاری نقشه ها، نقشه خطر آتش سوزی منطقه تهیه شد. رابطه مورد استفاده که به طور معمول برای تعیین شدت یا توان و یا خطر رخداد پدیده مورد نظر در تحلیل سلسله مراتبی مورد استفاده قرار می گیرد مبتنی بر حاصل جمع نتایج حاصل از حاصل ضرب وزن هر یک از عوامل در امتیاز مربوط به هر یک از طبقات ذیربط هر عامل است که بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می کند. به این ترتیب امتیاز نهایی مشخص گردید و با طبقه بندی این امتیاز طبقات خطر بدست آمد (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶؛ گرای و آرخی، ۱۳۸۷).

$$\sum \sum W_{R_i, T_j, \dots} X_i = I-IV$$

رابطه ۴  
که در آن:

هندسه مناسبی برخوردار نیستند. بنابراین تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از ۲۴ نقطه کنترل زمینی و با RMSE (Root Mean Square Error) کمتر از یک پیکسل انجام شد. نقشه کاربری اراضی نیز با تفسیر چشمی تصاویر تهیه گردید. با توجه به قدیمی بودن نقشه های توپوگرافی منطقه، آنها نیز با استفاده از تصاویر شبکه راه های منطقه به هنگام شدند. نقشه پوشش گیاهی منطقه نیز با طبقات تعریف شده قبلاً در قالب "طرح صیانت از جنگلهای زاگرس" برای کل حوضه پاورود تهیه شده بود که این نقشه اسکن و رقومی گردید.

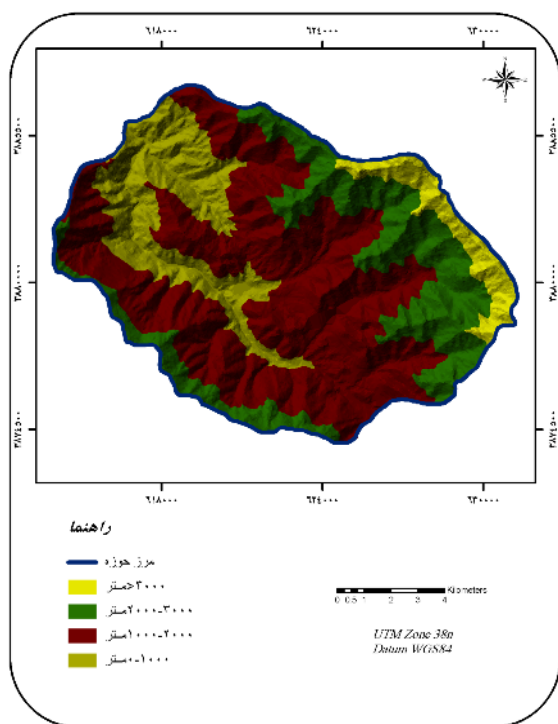
با توجه به این که در وقوع آتش سوزی، عوامل با دامنه تأثیر متفاوتی دخالت دارند، برای تعیین ضریب اهمیت هر یک از عوامل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process = AHP) و نرم افزار Expert choice استفاده شد. همچنین چون نقشه مناطق آتش گرفته برای مشخص نمودن ویژگی های محیطی مربوط به محل وقوع آتش سوزیها در منطقه مورد مطالعه تهیه شده بود، ارزش یا مقدار کمی وزن هر یک از طبقه های مربوط به هر یک از عوامل با استفاده از تعیین سطح تحت اشغال آتش سوزیهای به وقوع پیوسته در هر طبقه از لایه های مورد نظر به صورت درصد مساحت دارای آتش سوزی به مساحت کل منطقه آتش گرفته، بین صفر تا ۱۰۰ مشخص گردید (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶؛ گرای و آرخی، ۱۳۸۷). لازم به یادآوریست که روش معمول در تحلیل سلسله مراتبی استفاده از پرسشنامه ها و نظرات کارشناسی است، اما در این تحقیق از آتش سوزیهای به وقوع پیوسته در منطقه برای وزندهی استفاده شد. این فرایند بر مبنای شناخت ویژگی های طبیعی ناحیه مورد مطالعه انجام می شود و وزن طبقات براساس بیشترین نقشی است که آن لایه در آتش سوزی مؤثر است. این روش در مقایسه با تکمیل پرسشنامه توسط کارشناسانی که ممکن است در مورد منطقه شناخت کاملی نداشته باشند، نتایج مطمئن تری را به همراه دارد. برای بدست آوردن مقادیر معیارها،

آمدند. شکل ۶ نقشه فاصله از جاده‌ها، شکل ۷ نقشه تعداد جمعیت و شکل ۸ نقشه فاصله از رودخانه‌ها را که از نقشه توپوگرافی و تصویر ماهواره‌ای بدست آمده‌اند، نشان می‌دهند. نقشه پوشش گیاهی نیز رقومی شد (شکل ۹) که در جدول ۱ توضیحات مربوط به تیپ‌های پوشش گیاهی آورده شده است. نقشه‌های هم‌دما و هم‌باران با استفاده از معادله گرادیان متوسط درجه حرارت و بارندگی و ارتفاع (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) در محیط GIS تهیه شدند. ساختار سلسله مراتبی استفاده شده در این تحقیق به صورت شکل ۱۲ می‌باشد.

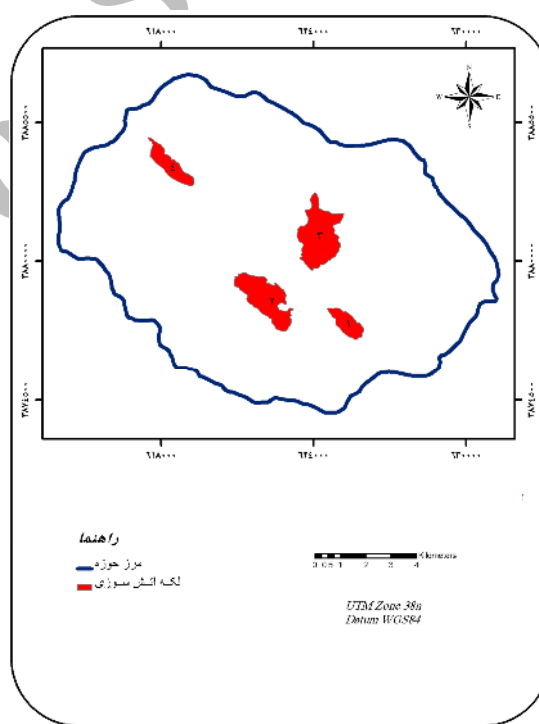
وزن معیار لایه‌ها،  $W_{Ri}$ :  $Ty$ ,  $Al$ ,  $As$ ,  $S$ ,  $Ra$ ,  $Te$ ,  $P$ ,  $Ro$ : بارندگی،  $Ri$ : فاصله از رودخانه،  $Al$ : ارتفاع،  $P$ : تعداد جمعیت،  $As$ : جهت،  $Ro$ : فاصله از جاده،  $S$ : شیب،  $Ty$ : وزن طبقات،  $Ty$ : پوشش گیاهی و  $Te$ : دما می‌باشند.

### نتایج

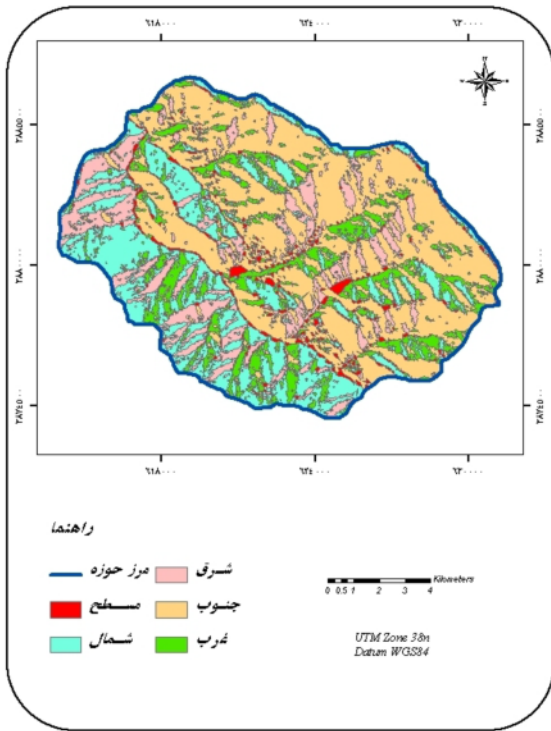
پس از برداشت صحرایی آتش‌سوزیهای به‌وقوع پیوسته در منطقه، نقشه آن به صورت شکل ۲ تهیه شد. نقشه‌های طبقات ارتفاعی، شیب و جهت (شکل‌های ۳، ۴ و ۵) از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه بدست



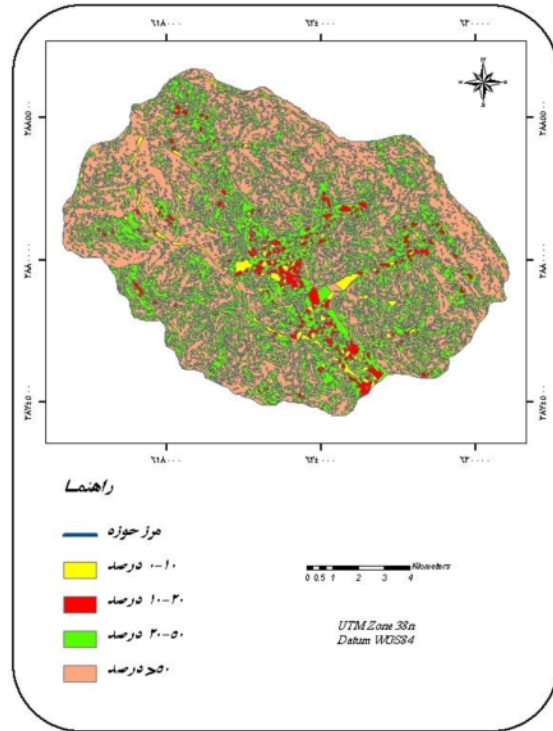
شکل ۳- نقشه طبقات ارتفاعی



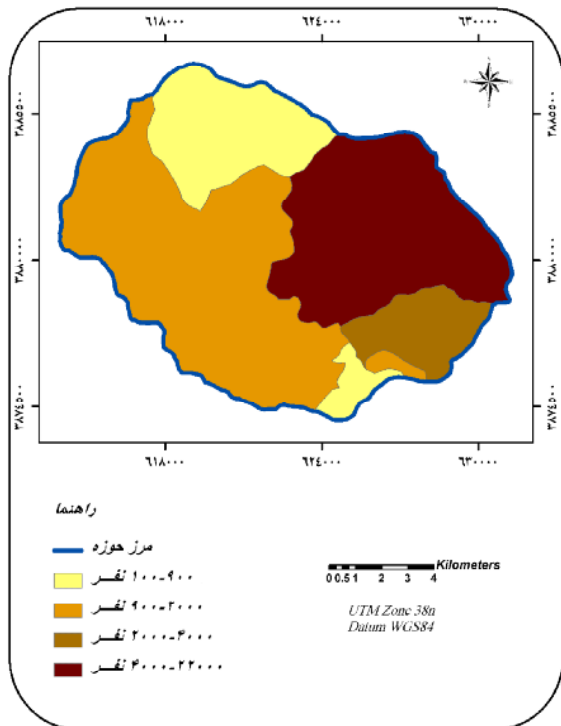
شکل ۲- نقشه مناطق آتش‌سوزی شده



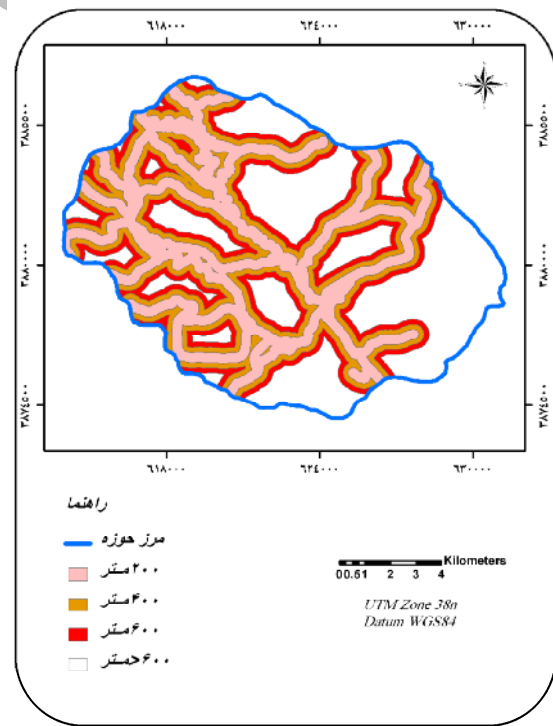
شکل ۵- نقشه طبقات جهت



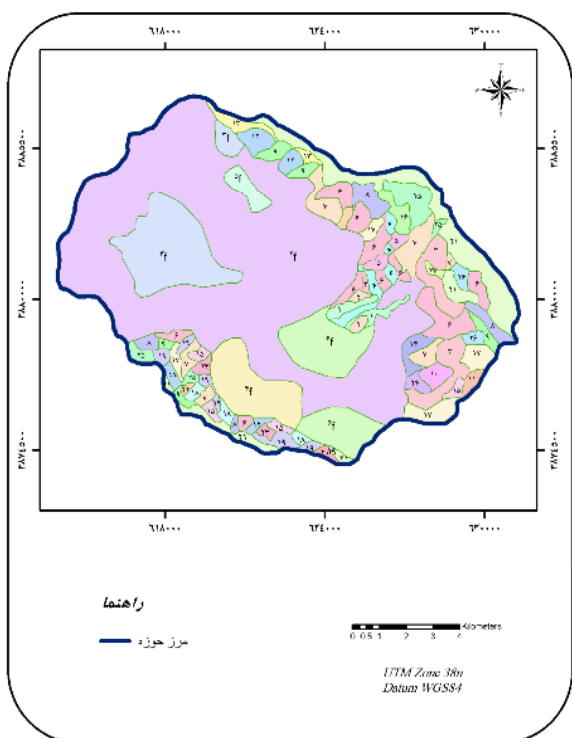
شکل ۴- نقشه طبقات درصد شیب



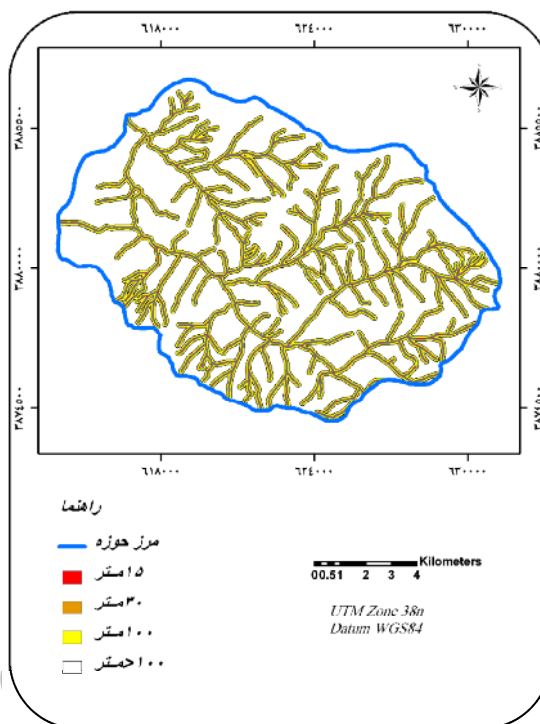
شکل ۷- نقشه تعداد جمعیت



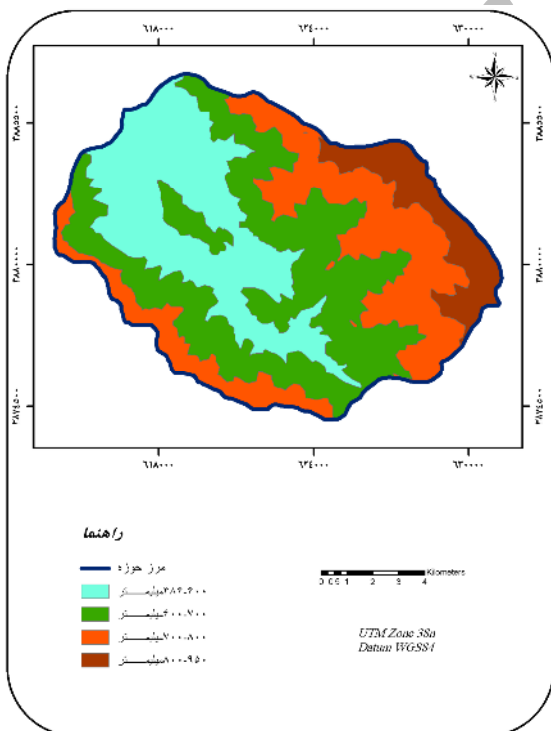
شکل ۶- نقشه فاصله از جاده



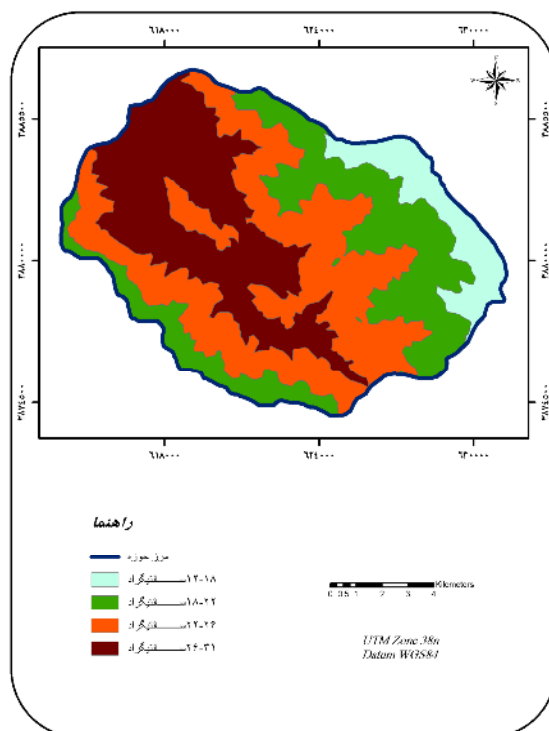
شکل ۹- نقشه پوشش گیاهی



شکل ۸- نقشه فاصله از رودخانهها



شکل ۱۱- نقشه هم باران



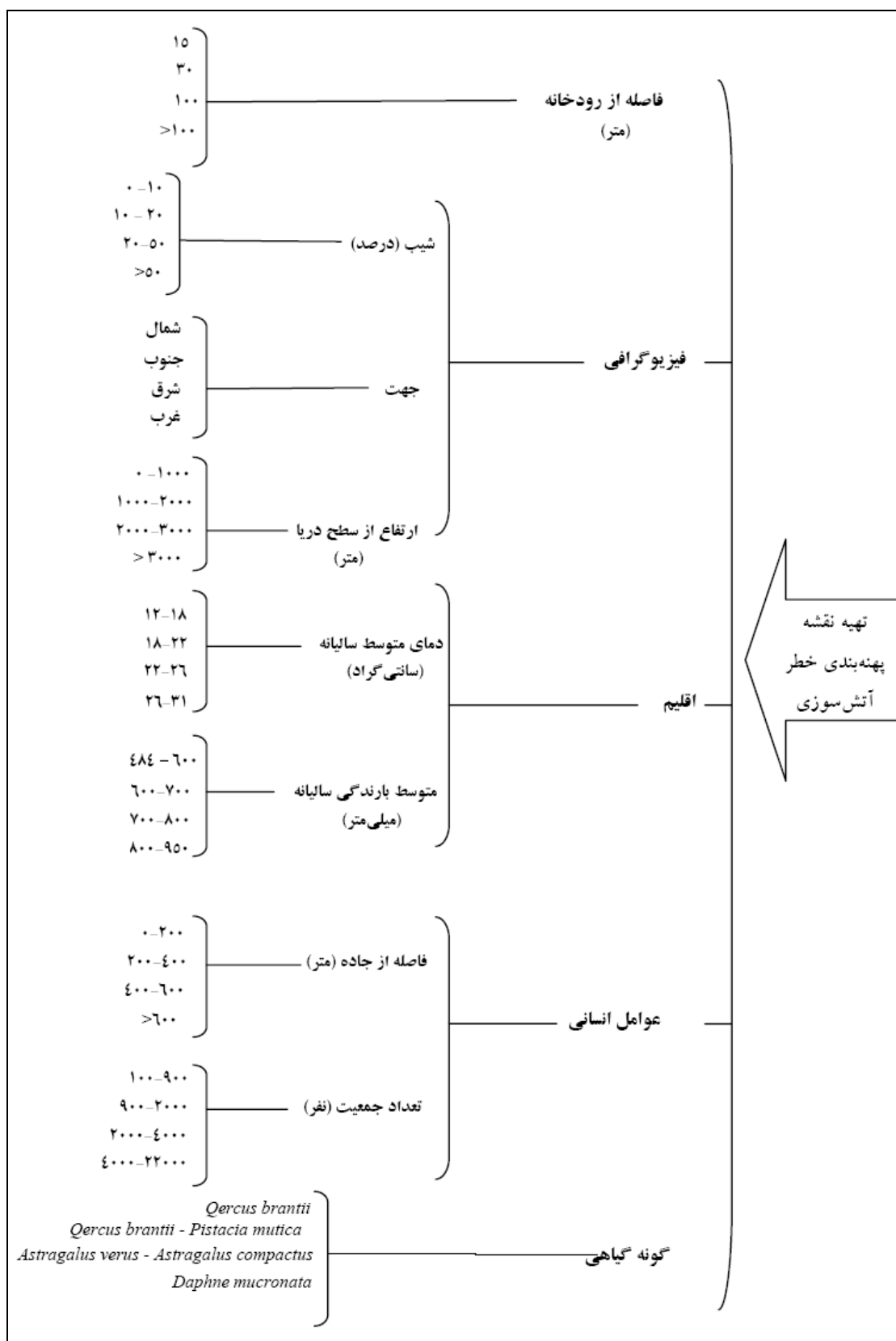
شکل ۱۰- نقشه هم دما



جدول ۱- تیپ‌های گیاهی موجود در منطقه (استفاده شده در شکل ۹)

| کد | تیپ گیاهی   | کد | تیپ گیاهی   |
|----|---|----|---|
| ۱  | <i>Astragalus verus - Poa bulbosa</i>                             | ۱۷ | <i>Astragalus verus - Bromus tomentellus</i>                      |
| ۲  | <i>Hordeum bulbosum - Astragalus gossypinus</i>                   | ۱۸ | <i>Astragalus verus - Hordeum bulbosum</i>                        |
| ۳  | <i>Astragalus grasses - Astragalus verus</i>                      | ۱۹ | <i>Astragalus verus - Daphne mucronata</i>                        |
| ۴  | <i>Hordeum bulbosum - Agropyron podperae</i>                      | ۲۰ | <i>Bromus tomentellus - Agropyron podperae</i>                    |
| ۵  | <i>Bromus tomentellus - Festuca ovina</i>                         | ۲۱ | Rock  |
| ۶  | <i>Astragalus verus - Astragalus compactus</i>                    | ۲۲ | <i>Astragalus verus - Stipa arabica - Hordeum bulbosum</i>        |
| ۷  | <i>Hordeum bulbosum - Bromus tomentellus</i>                      | ۲۳ | <i>Stipa arabica - Bromus tomentellus - Festuca ovina</i>         |
| ۸  | <i>Prangos ferulacea - Hordeum bulbosum - Bromus tomentellus</i>  | ۲۴ | <i>Astragalus verus - Astragalus tortosus</i>                     |
| ۹  | <i>Bromus tomentellus - Festuca ovina - Agropyron podperae</i>    | ۲۵ | <i>Festuca ovina - Bromus tomentellus - Hordeum bulbosum</i>      |
| ۱۰ | <i>Astragalus verus - Astragalus geminanus - Hordeum bulbosum</i> | ۲۶ | <i>Astragalus verus - Hordeum bulbosum - Prangos ferulacea</i>    |
| ۱۱ | <i>Astragalus verus - Astragalus brachycalyx</i>                  | ۲۷ | Fruit garden  |
| ۱۲ | <i>Bromus tomentellus - Hordeum bulbosum - Stipa kurdistanica</i> | ۲f | <i>Quercus brantii</i>  |
| ۱۳ | <i>Bromus tomentellus - Stipa kurdistanica</i>                    | ۳f | <i>Quercus brantii - Pistacia mutica</i>                          |
| ۱۴ | <i>Astragalus verus - Astragalus geminanus</i>                    | ۴f | <i>Quercus brantii - Acer monspessulanum - Amygdalus scoparia</i> |
| ۱۵ | <i>Astragalus verus - Agropyron trichophorum</i>                  | ۵f | <i>Quercus brantii - Amygdalus scoparia</i>                       |
| ۱۶ | <i>Astragalus verus - Astragalus brachycalyx</i>                  | ۶f | <i>Daphne mucronata</i>   |

Archive of SID



شکل ۱۲- ساختار سلسله مراتبی عوامل مؤثر در خطر آتش سوزی

پس از تهیه عوامل مختلف مؤثر در وقوع آتش سوزی جنگل، لایه‌ها طبقه‌بندی شدند (جدول ۲).

جدول ۲- کد طبقات عوامل مختلف

| کد | ارتفاع از سطح دریا (متر) | شیب (درصد) | جهت  | تعداد جمعیت (نفر) | فاصله از جاده (متر) | بارندگی متوسط سالیانه (میلی‌متر) | دمای متوسط سالیانه (سانتی‌گراد) | فاصله از رودخانه (متر) | تیپ گیاهی  |
|----|--------------------------|------------|------|-------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|--|
| ۱  | ۰-۱۰۰۰                   | ۰-۱۰       | شمال | ۱۰۰-۹۰۰           | ۲۰۰                 | ۴۸۴-۶۰۰                          | ۱۲-۱۸                           | ۱۵                     | <i>Quercus brantii</i>                                   |
| ۲  | ۱۰۰۰-۲۰۰۰                | ۱۰-۲۰      | جنوب | ۹۰۰-۲۰۰۰          | ۴۰۰                 | ۶۰۰-۷۰۰                          | ۱۸-۲۲                           | ۳۰                     | <i>Quercus brantii</i> -<br><i>Pistacia mutica</i>       |
| ۳  | ۲۰۰۰-۳۰۰۰                | ۲۰-۵۰      | شرق  | ۲۰۰۰-۴۰۰۰         | ۶۰۰                 | ۷۰۰-۸۰۰                          | ۲۲-۲۶                           | ۱۰۰                    | <i>Astragalus verus</i> -<br><i>Astragalus compactus</i> |
| ۴  | > ۳۰۰۰                   | > ۵۰       | غرب  | ۴۰۰۰-۲۲۰۰۰        | > ۶۰۰               | ۸۰۰-۹۵۰                          | ۲۶-۳۱                           | > ۱۰۰                  | <i>Daphne mucronata</i>                                  |

نقشه پراکنش آتش سوزی در منطقه تحقیق با استفاده از تعیین سطح تحت اشغال آتش سوزیهای به وقوع پیوسته در هر کلاس به صورت درصد مساحت دارای آتش سوزی به مساحت کل منطقه آتش گرفته بین صفر تا ۱۰۰ به صورت جدول ۳ محاسبه گردید.

لازم به یادآوریست که پس از تهیه نقشه پوشش گیاهی مشاهده شد که در تمامی تیپها آتش سوزی صورت نگرفته، بنابراین نقشه پوشش گیاهی به چهار طبقه کاهش داده شد. ارزش یا مقدار کمی وزن هر یک از کلاسهای مربوط به هر یک از عوامل از طریق رویهم گذاری نقشه‌های مربوط به هر یک از عوامل محیطی موردنظر با

جدول ۳- اندازه کمی طبقه‌ها به درصد

| کد | ارتفاع | شیب | جهت | تعداد جمعیت | فاصله از جاده | دمای متوسط سالیانه | بارندگی متوسط سالیانه | فاصله از رودخانه | تیپ گیاهی |
|----|--------|-----|-----|-------------|---------------|--------------------|-----------------------|------------------|-----------|
| ۱  | ۲۶     | ۵   | ۱۳  | ۱۵          | ۱۷            | ۰                  | ۲۶/۵                  | ۶                | ۸۴        |
| ۲  | ۷۳     | ۶   | ۴۲  | ۲۷          | ۲۴            | ۱                  | ۷۳                    | ۵                | ۳         |
| ۳  | ۱      | ۴۵  | ۲۸  | ۸           | ۲۱            | ۷۱/۵               | ۰/۵                   | ۲۴               | ۱         |
| ۴  | ۰      | ۴۴  | ۱۷  | ۵۰          | ۳۸            | ۲۸/۵               | ۰                     | ۶۵               | ۱۲        |

به این صورت که بیشترین مقدار بدست آمده در طبقات به معیارها نسبت داده شد (جدول ۴).

برای بدست آوردن مقدار کمی معیارهای سطح ۱ و ۲، بیشترین مقدار سطوح پایین به سطح بالا نسبت داده شد،

جدول ۴- اندازه کمی معیارها و زیرمعیارها

| معیار        | اندازه کمی | زیرمعیار         | اندازه کمی |
|--------------|------------|------------------|------------|
| توپوگرافی    | ۷۳         | ارتفاع           | ۷۳         |
|              |            | شیب              | ۴۵         |
|              |            | جهت              | ۴۲         |
| عوامل انسانی | ۵۰         | تعداد جمعیت      | ۵۰         |
|              |            | فاصله از جاده    | ۳۸         |
| عوامل اقلیمی | ۷۳         | دما              | ۷۱         |
|              |            | بارندگی          | ۷۳         |
|              |            | فاصله از رودخانه | ۶۵         |
| تیپ گیاهی    | ۸۴         |                  |            |

مقادیر بدست آمده در جدولهای ۳ و ۴ وارد محاسبه شده با این روش در جدولهای ۵ و ۶ نمایش داده نرم‌افزار Expert choice گردید که وزنهای شده‌اند.

جدول ۵- وزن داخلی طبقات

| کد | ارتفاع | شیب   | جهت   | تعداد جمعیت | فاصله از جاده | دما   | بارندگی | فاصله از رودخانه | تیپ گیاهی |
|----|--------|-------|-------|-------------|---------------|-------|---------|------------------|-----------|
| ۱  | ۰/۰۲۵  | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۷ | ۰/۰۱۲       | ۰/۰۱۱         | ۰     | ۰/۰۲۸   | ۰/۰۱۱            | ۰/۲۰۵     |
| ۲  | ۰/۰۰۷  | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۲۳ | ۰/۰۲۲       | ۰/۰۱۵         | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۷۸   | ۰/۰۰۹            | ۰/۰۰۷     |
| ۳  | ۰/۰۰۱  | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۰۷       | ۰/۰۱۳         | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۰۱   | ۰/۰۴۵            | ۰/۰۰۲     |
| ۴  | ۰      | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۴۱       | ۰/۰۲۴         | ۰/۰۲۹ | ۰       | ۰/۱۲۲            | ۰/۰۲۹     |

جدول ۶- وزن معیارها و زیرمعیارها

| معیار        | اندازه کمی | زیرمعیار         | اندازه کمی |
|--------------|------------|------------------|------------|
| توپوگرافی    | ۰/۲۱۲      | ارتفاع           | ۰/۰۹۷      |
|              |            | شیب              | ۰/۰۰۶      |
|              |            | جهت              | ۰/۰۵۶      |
| عوامل انسانی | ۰/۱۴۵      | تعداد جمعیت      | ۰/۰۸۲      |
|              |            | فاصله از جاده    | ۰/۰۶۳      |
| عوامل اقلیمی | ۰/۲۱۲      | دما              | ۰/۱۰۴      |
|              |            | بارندگی          | ۰/۱۰۷      |
|              |            | فاصله از رودخانه | ۰/۱۸۸      |
| تیپ گیاهی    | ۰/۲۴۳      |                  |            |

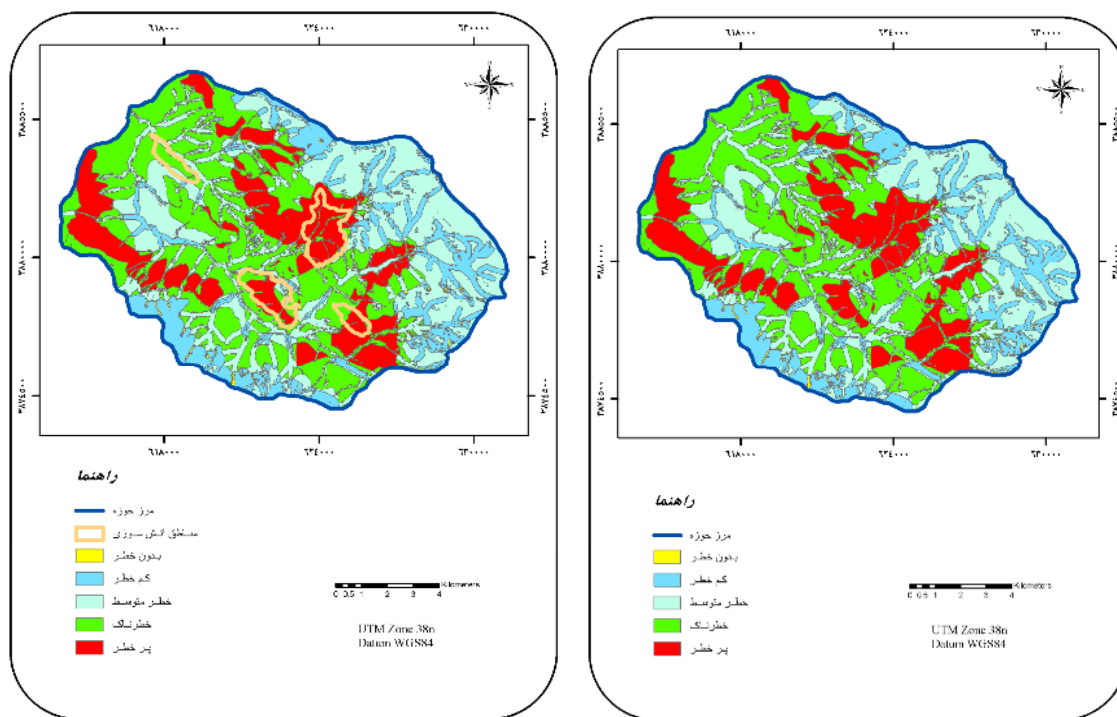
وزن‌های بدست آمده برای طبقات مختلف در مقیاس ۱۰۰ و ۱۰۰ و سایر طبقات نسبت به این طبقه محاسبه گردیدند محاسبه شدند، به این صورت که بیشترین مقدار به عنوان (جدول ۷).

جدول ۷- وزن مربوط به طبقه‌های عوامل مؤثر در مقیاس ۱۰۰

| کد | ارتفاع | شیب   | جهت   | تعداد جمعیت | فاصله از جاده | دما  | بازندگی | فاصله از رودخانه | تیپ گیاهی |
|----|--------|-------|-------|-------------|---------------|------|---------|------------------|-----------|
| ۱  | ۳۵/۷۱  | ۱۱/۱۱ | ۳۰/۴۳ | ۲۹/۲۶       | ۴۵/۸          | ۰    | ۳۵/۸۹   | ۹/۱              | ۱۰۰       |
| ۲  | ۱۰۰    | ۱۴/۸۱ | ۱۰۰   | ۵۳/۶        | ۶۲/۵          | ۱/۳۵ | ۱۰۰     | ۷/۴              | ۳/۴۱      |
| ۳  | ۱/۴۲   | ۱۰۰   | ۶۹/۵۶ | ۱۷/۰۷       | ۵۴/۱۶         | ۱۰۰  | ۲۸/۱    | ۳۶/۸۸            | ۰/۹۷      |
| ۴  | ۰      | ۹۶/۲۹ | ۳۹/۱۳ | ۱۰۰         | ۱۰۰           | ۳۹/۱ | ۰       | ۱۰۰              | ۱۴/۱۴     |

خطر)، ۲۰ تا ۴۰ (کم‌خطر)، ۴۰ تا ۶۰ (متوسط)، ۶۰ تا ۸۰ (خطرناک) و ۸۰ تا ۱۰۰ (پرخطر). برای ارزیابی نقشه پهنه‌بندی، نقشه پراکنش آتش‌سوزی و نقشه پهنه‌بندی تهیه شده با هم تلفیق شدند (شکل ۱۴). به نظر می‌رسد که ارتباط بین نواحی خطر با مکان‌های واقعی تحت تأثیر، امتحان مهمی برای موفقیت این روش باشد. بنابراین محاسبه درصد طبقات خطر واقع در مناطق آتش گرفته که در جدول ۸ ارائه شده، نشان دهنده دقت زیاد این روش می‌باشد.

به‌منظور بدست آوردن وزن نهایی طبقه‌ها، وزن‌های بدست آمده در مرحله قبل (جدول ۷) در وزن معیار مربوطه ضرب شدند. برای هر کدام از نقشه‌ها این کار انجام و سپس با توجه به رابطه ارائه شده (رابطه ۴) کل نقشه‌ها در محیط GIS با هم تلفیق شدند که حاصل آن نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی می‌باشد (شکل ۱۳). در نقشه موردنظر کلیه وزن‌ها با هم جمع شده که مقدار وزن نهایی بدست آمده بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد. این مقدار به پنج طبقه تقسیم گردید که عبارتند از: صفر تا ۲۰ (بدون



شکل ۱۳- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی / شکل ۱۴- نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی و مناطق آتش‌سوزی

جدول ۸- درصد نواحی واقع در مناطق پهنه‌بندی

| مناطق پهنه‌بندی  | بدون خطر | کم خطر | متوسط | خطرناک | پرخطر |
|------------------|----------|--------|-------|--------|-------|
| آتش گرفته (درصد) | ۰        | ۱      | ۹     | ۳۰     | ۶۰    |
| کل منطقه (درصد)  | ۱        | ۱۵     | ۳۲    | ۳۳     | ۱۹    |

### بحث

هر ساله آتش‌سوزی نواحی جنگلی کشور را تهدید می‌کند و سبب کاهش سطح جنگلها می‌گردد (پورمجیدیان و پارساخو، ۱۳۸۷) که از جمله آنها می‌توان به آتش‌سوزیهای وسیع در جنگلهای استان گلستان و نیز شهرستان مریوان استان کردستان در سال ۱۳۸۹ اشاره نمود. نتایج این آتش‌سوزیها بر زندگی انسان تأثیرگذار است. یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش خطرات سالانه آتش‌سوزی در جنگلها تهیه نقشه حساسیت آتش‌سوزی می‌باشد که به‌عنوان یک راهنما برای مدیریت آتش‌سوزی

بسیار سودمند است. همانطور که قبلاً اشاره شد، در این تحقیق برای اولین بار در جنگلهای زاگرس نقشه حساسیت آتش‌سوزی جنگل با تعیین سطح حساس نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل تهیه و برای این منظور از سامانه اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی و سنجش از دور استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که این روش برای تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی مناسب بوده و می‌تواند کاربرد خوبی برای اداره منابع طبیعی شهرستان پاوه و اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه داشته باشد.

آتش‌سوزی با عامل انسانی در جوامع گیاهی مجاور دوچندان می‌شود. به طوری که در کارهای قبلی انجام شده که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند (Chandra & Arora, 2006; Patah et al., 2000; Xu et al., 2005; Jaiswal et al., 2002; Ertena et al., 2004) به صورت فاصله از مناطق مسکونی مورد توجه قرار گرفته که نزدیکترین فاصله به نواحی مسکونی دارای بیشترین خطر آتش‌سوزی بوده‌اند. اما در دو مورد فاصله از جاده و فاصله از رودخانه، بیشترین آتش‌سوزی در دورترین فاصله از این پدیده‌ها اتفاق افتاده است. در کلیه منابع مورد بررسی نیز بیشترین آتش‌سوزی در نزدیکترین فاصله از جاده و رودخانه اتفاق افتاده است. براساس مشاهدات زمینی، اکثراً اطراف رودخانه‌های موجود در منطقه به صورت باغ درآمده‌اند، به طوری که با حفاظت مالکان آنها از این مناطق، آتش‌سوزی طبیعتاً در فواصل دورتر از رودخانه رخ می‌دهد. همچنین پس از مقایسه نقشه فاصله از جاده و نقشه تعداد جمعیت در منطقه مورد مطالعه مشخص گردید که مناطق دارای بیشترین تعداد جمعیت نسبت به نواحی دیگر دارای جاده‌های کمتری می‌باشند، بنابراین نتیجه بدست آمده در مورد عامل فاصله از جاده منطقی است.

براساس نتایج بدست آمده، ۹۰ درصد آتش‌سوزیهای بوقوع پیوسته در مناطقی با خطر زیاد آتش‌سوزی واقع شده‌اند (۳۰٪ در مناطق خطرناک و ۶۰٪ در مناطق پرخطر). بدیهی است که چنین تحقیقی نقش مهمی در بررسی و ارزیابی میزان حساسیت عرصه‌های جنگلی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی صحیح اطفای حریق ایفا می‌کند که در صورت عدم چاره‌اندیشی صحیح، این مقدار پوشش سبز موجود نیز از بین خواهد رفت. بنابراین نقشه حاصل از این تحقیق به مدیریت آتش‌سوزی در

نتایج حاصل از وزن‌دهی طبقه‌ها در این روش نشان داد که در طبقات ارتفاعی موجود بیشترین خطر مربوط به طبقه دوم (که جزو طبقات کم‌ارتفاع منطقه است) می‌باشد. در تحقیق انجام شده توسط Xu et al. (2005) نیز ۵ طبقه ارتفاعی به صورت ۶۰۰-۷۰۰، ۷۰۰-۸۵۰، ۸۵۰-۱۰۰۰ و ۱۰۰۰ متر تعریف شد که بیشترین خطر در طبقات کم‌ارتفاع منطقه بدست آمد. همچنین در تحقیق پیش رو بیشترین خطر در بیشترین طبقه‌های شیب موجود در منطقه (۰.۵۰٪ - ۲.۰٪ و ۰.۵۰٪ >) بود. در پژوهش‌های مشابه که توسط Almedia (1994)، Jaiswal et al. (2002)، Ertena et al. (2004) و Xu et al. (2005) انجام شده نیز بیشترین طبقه شیب، بیشترین خطر آتش‌سوزی را به همراه داشته است. این طبقات به ترتیب پژوهش‌های اشاره شده عبارت بودند از ۰.۴۰٪ >، ۰.۳۵٪ - ۰.۱۵٪، ۰.۳۵٪ > و ۰.۳۵٪ >. در طبقات جهت هم بیشترین خطر در جهت جنوبی بود که در منابع یادشده نیز به همین صورت می‌باشد. همچنین بیشترین آتش‌سوزی در تیپ بلوط ایرانی بوقوع پیوسته بود که این امر با توجه به این که این تیپ سطح زیادی از منطقه را پوشانده و به مناطق مسکونی نزدیکتر می‌باشد، قابل توجیه است. تنک بودن تاج‌پوشش و رسیدن نور کافی به اشکوب زیرین و سطح خاک سبب شده که این بخش پوشش علفی و تولید خوبی داشته باشد، بنابراین در شرایط مساعد اقلیمی مواد سوختنی کافی برای آتش‌سوزی سطحی فراهم می‌شود.

البته در عوامل اقلیمی نیز بیشترین خطر در طبقات با بارندگی کم و دمای زیاد اتفاق افتاده که کاملاً منطقی است. خطر آتش‌سوزی زیاد در مورد عامل تعداد جمعیت نیز در طبقه با بیشترین تعداد رخ داده است. با توجه با بیشترین تعداد جمعیت در شهر پاوه، خطر وقوع

ضروریست که از همکاری اداره منابع طبیعی شهرستان پاوه و اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه نیز به‌جهت در اختیار قرار دادن اطلاعات میدانی و آمارهای لازم سپاسگزاری شود.

### منابع مورد استفاده

- ادب، ح.، حبیبی نوخندان، م.، میرزا بیاتی، ر. و ادبی فیروزجایی، ع.، ۱۳۸۷. پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در مناطق جنگلی استان مازندران براساس شاخص پیش‌آگاهی Molgan با بهره‌گیری از تکنیک GIS. مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، دانشگاه مازندران، ساری: ۱۸۹-۱۷۸.
- اکبری، د.، امینی، ج. و سعادت سرشت، م.، ۱۳۸۶. ارائه مدلی ساده و سریع برای تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی در نواحی جنگلی. مجموعه مقالات دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دانشگاه تهران، تهران: ۱۱۵۷-۱۱۵۱.
- بانج شفیع، ع.، اکبری‌نیا، م.، جلالی، غ.، عزیزی، پ. و حسینی، م.، ۱۳۸۴. تأثیر آتش‌سوزی بر ساختار جنگل، مطالعه موردی: سری چلیپر خیرودکنار (حوزه ۴۵ گلبند نوشهر). پژوهش و سازندگی، ۷۶: ۱۱۲-۱۰۵.
- بی‌نام، ۱۳۸۶- الف. آمار آتش‌سوزی ۴ ساله ایران. سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۳۶ صفحه.
- بی‌نام، ۱۳۸۶- ب. آمار آتش‌سوزی سال ۱۳۸۵. اداره منابع طبیعی شهرستان پاوه، ۱۰ صفحه.
- پورمجیدیان، م.ر. و پارساخو، ا.، ۱۳۸۷. بررسی توزیع مکانی و مشخصات کمی و کیفی آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های منابع طبیعی استان مازندران. مجموعه مقالات اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، دانشگاه مازندران، ساری: ۲۶۴-۲۵۳.

جنگل، پیشگیری از وقوع آتش‌سوزی و در نهایت اطفاء سریع آن کمک شایانی می‌نماید. براساس این نقشه می‌توان امکانات مورد نیاز برای مقابله با آتش‌سوزی را در مناطق پرخطر و قبل از شروع فصل آتش‌سوزی متمرکز نمود. در پایان ذکر پیشنهادها زیر الزامی به‌نظر می‌رسد:

- نقش سایر عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی یا انتشار آن مانند سرعت و جهت باد در مطالعات بعدی در نظر گرفته شود.

- نظر به این که در این تحقیق تنها اقدام به بررسی امکان استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه شده، پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات بعدی نسبت به مقایسه نتایج حاصل از بکارگیری این روش با نتایج حاصل از سایر روشها مانند روش نسبت فراوانی که یک روش آماریست و یا روش AHP با طرح پرسشنامه که طی آن با نظر کارشناسان وزن عوامل بدست می‌آید، اقدام و درباره حدود و میزان دقت حاصل، بررسی و تحقیق لازم انجام شود.

- تهیه نقشه‌های موسوم به نقشه خطر آتش‌سوزی یا نقشه مناطق دارای توان آتش‌سوزی در سطح خرد و کلان کشور، به مدیریت فرایند آتش‌سوزی در جنگلها که متولی آن سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور است، کمک شایانی خواهد نمود؛ بنابراین ضروریست که در دستور کار این سازمان قرار گیرد.

### سپاسگزاری

این پایان‌نامه با استفاده از مساعدت مالی دانشگاه کردستان انجام شده که بدین‌وسیله از مسئولین ذیربط تشکر می‌شود. همچنین از آقایان دکتر غضنفری، مهندس مرادی و مهندس غالبی که در مراحل مختلف اجرای این پژوهش یاریگر ما بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد. در پایان



- Proceedings of the SPIE, Volume 6412: 64120A. 1-64120A.10.
- Dimopoulou, M. and Giannikos, I., 2002. Towards an integrated framework for forest fire control. *European Journal of Operational Research*, 152 (2): 476-486.
  - Ertena, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N., 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS: a case study. XX<sup>th</sup> Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey: 222-230.
  - Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D. and Saxena, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4 (1): 1-10.
  - Patah, N.A., Mansor, S. and Mispan, M.R., 2000. An application of remote sensing and geographic information system for forest fire risk mapping. *Bulletin of Malaysian Center for Remote Sensing*: 54-67.
  - Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C., Alexandridis, A. and Bafas, G., 2004. A GIS based operational system for wildland fire crisis management I. Mathematical modeling and simulation. *Applied Mathematical Modelling*, 28 (4): 389-410.
  - Xu, D., Dai, L.M., Shao, G.F., Tang, L. and Wang, H., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin China. *Journal of Forestry Research*, 15 (3): 169-174.
  - Yin, H.W., Kong, F.H. and Li, X.Z., 2004. RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in da hinggan mountains. *Chinese Geographical Science*, 14 (3): 251-257.
  - Zhang, Q.F. and Chen, W.J., 2007. Fire cycle of the Canada's boreal region and its potential response to global change. *Journal of Forestry Research*, 18 (1): 55-61.
  - زارع مایوان، ح. و معماریانی، ف.، ۱۳۷۸. بررسی روند احیاء طبیعی پوشش گیاهی در مناطق آسیب دیده پارک ملی گلستان بعد از آتش سوزیهای سال ۱۳۷۴. پژوهش و سازندگی، ۵۴: ۳۹-۳۴.
  - شادفر، ص.، یمانی، م.، قدوسی، ج. و غیومیان، ج.، ۱۳۸۶. پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چالکروند تنکابن). پژوهش و سازندگی، ۷۵: ۱۲۶-۱۱۸.
  - فتاحی، م.، ۱۳۷۲. سیمای جنگلهای پاره. پژوهش و سازندگی، ۲۰: ۲۸-۲۲.
  - گرابی، پ. و آرخی، ص.، ۱۳۸۷. بررسی مدل های AHP و Frequency ratio برای تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد ایلام با استفاده از تکنیک GIS. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک، سازمان نقشه برداری کشور، تهران: ۴۷۹-۴۷۰.
  - یزدیان، ف. و سهرابی، ه.، ۱۳۸۶. پروژه مطالعات تفصیلی - اجرایی تهیه طرح صیانت و توسعه جنگلهای زاگرس، حوضه پاره رود. مهندسین مشاور جامع ایران، ۱۵۸ صفحه.
  - Almedia, R., 1994. Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning actions using GIS. Proceedings of the Fifth European Conference and Exhibition on Geographic Information Systems, EGIS 94. Utrecht: EGIS Foundation, 2: 1700-1706.
  - Chandra, S. and Arora, M.K., 2006. Forest fire risk zonation mapping using remote sensing technology.

## Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests

F. Mohammadi <sup>1\*</sup>, N. Shabanian <sup>2</sup>, M. Pourhashemi <sup>3\*</sup> and P. Fatehi <sup>4</sup>

1\* - Corresponding author, M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

E- mail: fariba\_forest@yahoo.com

2- Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

3- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

4- Senior Research Expert, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Kurdistan province, Sanandaj, Iran.

Received: 24.11.2009

Accepted: 12.01.2010

### Abstract

Forest fires, as an ecological risk, whether with human or natural origin, have profound effects on land cover, land use, production, local economies, global trace gas emissions, and health. Identification of factors affecting the existence of forest fire as well as its zonation in the given watershed is one of the basic tools for forest fire control and fighting actions. The aim of this research is to develop the forest fire risk map based on vegetation, physiographic and climatic factors, human, distance to rivers and roads, in a part of Paveh forests. For this purpose, digitally diffusion forest fires map with field checks using GPS were prepared, initially. Then affecting factors were binary compared using Analytical Hierarchy Process (AHP) method by indicating the weight of each factor as indicator for their effects in occurrence of forest fire. Accordingly, the forest fire zonation risk map was prepared using weighted information layers and weighted coefficient of each factor. Five categories of forest fire risk, including very high to very low, were derived, automatically. The mapping result of the study area was found to be in strong agreement with actual fire-affected sites. The results indicate that the 90% of burned areas are located in high risk class.

**Key words:** AHP, GIS, remote sensing, forest fire risk map, Paveh.