



## پایش زمانی و مکانی پدیده گرد و غبار و منشاء یابی آن با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در غرب ایران بین سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳

مریم صادقی\*، هومن مرادپور، مهدی بابایی، حسین فتحیان

کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز  
کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز  
کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز  
استادیار گروه مهندسی منابع آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

### چکیده

آتش سوزی در جنگل‌ها و مراتع باعث نابودی بخش عظیمی از منابع طبیعی منطقه جنگلی کهگیلویه و بویراحمد شده است. هدف از این تحقیق تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش سوزی، با استفاده از معیارها و زیر معیارهای توپوگرافی (شیب، فاصله از رودخانه، ارتفاع، جهت شیب)، معیار فیزیکی (نوع پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، رطوبت خاک)، معیار انسانی (فاصله از راه‌ها، فاصله از روستا) و معیار اقلیم (میانگین دمای سالانه، بارش، رطوبت نسبی و جهت باد غالب) است که وابستگی میان معیارها با استفاده از تکنیک دیماتل تعیین شد. سپس با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه تمامی معیارها و زیر معیارها در نرم‌افزار سوپردسیژن وزن دهی شدند و در گام آخر لایه‌ها توسط منطق فازی، فازی سازی شده و در محیط GIS نقشه نهایی پتانسیل خطر آتش سوزی تهیه گردید. در نتیجه از بین معیارها، معیار توپوگرافی (۰،۴۲۳)، دارای وزن بالا و وزن معیار انسانی، زیست‌شناختی و اقلیم به ترتیب از راست به چپ (۰،۲۵۷)، (۰،۱۹۴) و (۰،۱۲۴) دارند. درصد مساحت نقشه‌های فازی شده با عملگر فازی برای طبقه پتانسیل آتش سوزی بالا به ترتیب؛ عملگر پروداکت (PRODUCT) ۵ درصد، AND ۳۵/۶۸، Gamma ۳۴/۸۲ و عملگر SUM ۳۴/۸۴ درصد است. همچنین مدل فایر ریسک با استفاده از تصاویر لندست ۸، مدل رقومی ارتفاعی، شیب و جهت شیب برای منطقه تهیه شد. در نهایت با استفاده از داده‌های نقطه‌ای آتش سوزی برای ۴ سال (۹۳-۹۶) تهیه گردید. مقایسه نتایج حاصل از مدل‌های FUZZY-ANP و FIRE RISK بدست آمده از داده‌های نقطه‌ای آتش سوزی‌های رخ داده در منطقه جنگلی، تطابق بالایی با مناطق پرخطر در نقشه نهایی پتانسیل خطر آتش سوزی دارد.

**کلیدواژه‌ها:** فازی ای ان پی، دیماتل، پتانسیل خطر آتش سوزی، کهگیلویه و بویراحمد



## مقدمه

جنگل‌ها مهم‌ترین منبع طبیعی و اکولوژیکی در کره زمین به شمار می‌آیند و کارکرد آن‌ها نقش اساسی در حفظ تعادل در چرخه طبیعت دارد علاوه بر این وجود جنگل مانع از وقوع بسیاری از بلایای طبیعی دیگر بوده و از این رو می‌تواند همراه بسیار بزرگی برای انسان در مقابله با تهدیدهای طبیعی باشد. برای مثال پوشش گیاهی جنگل همواره مانعی برای فرسایش خاک بوده و در نتیجه از وقوع سیلاب و رانش زمین جلوگیری خواهد نمود (۱، ۱۷)، وقوع آتش‌سوزی مکرر در این عرصه‌ها یکی از عوامل مهم تهدیدکننده است. جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدید پذیر شونده نقش حیاتی در استمرار حیات و پایداری زیست‌بوم‌ها را ایفا می‌نمایند. این مسئله به‌ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم آب جهان بشمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد بسیار حائز اهمیت است (۲۱). امروزه بعد از خشکی، فعالیت‌های شهری و کشاورزی انسان و آتش‌سوزی، جزء فراگیرترین عوامل تخریب‌کننده اکوسیستم‌های طبیعی به شمار می‌روند (۲۸). درک فاکتورهای مؤثر بر آتش‌سوزی بسیار با اهمیت است. بی‌نظمی فاکتورها در تنظیم زمان وقوع آتش‌سوزی پوشش گیاهی نقش برجسته‌ای دارند، آب و هوا و توپوگرافی فاکتورهایی هستند که خطر آتش‌سوزی با چالش‌های بزرگی همراه می‌سازند (۳) آتش‌سوزی‌های طبیعی تأثیر عمیقی بر کاربری اراضی، تولیدات اقتصاد، انتشار گاز و سلامتی بشر دارد، همچنین با وارد آوردن خسارت‌های جبران‌ناپذیر به مناطق جنگلی سبب تغییر در اکولوژی منظر می‌شود. به دلیل قرار گرفتن کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب‌حاره‌ای شرایط جوی لازم برای وقوع حوادث غیرمترقبه کاملاً فراهم است مطابق بررسی‌های انجام‌شده، کشور ما جز ۱۰ کشور حادثه‌خیز دنیاست به طوری که از ۴۰ حادثه‌ای که تاکنون شناسایی شده ۳۱ مورد آن در ایران رخ داده است. در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا، کشور ایران در رتبه چهارم از لحاظ وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها قرار دارد. آتش‌سوزی‌های رخ داده در جنگل‌های یاسوج در سال ۱۳۸۹ بیش از ۲۰ هکتار برآورد شده است (۱۸). شناسایی مناطق بحرانی خطر آتش‌سوزی یکی از زمینه‌های پژوهش برای کنترل آتش‌سوزی‌های جنگل است (۱۴). بنابراین امروزه با استفاده از فناوری و دانش روزافزون و با در نظر گرفتن علت دقیق بروز آتش در منطقه و ارائه راهکارهای مناسب در جهت پیشگیری از بروز آن، می‌توان تا حدودی از وقوع آتش‌سوزی جلوگیری به عمل آورد و یا خسارات آن را به حداقل می‌رساند (۲۰). این تکنیک‌ها با ارائه محیط دیجیتال، توانایی تولید نقشه‌های رقومی، مقایسه، نظارت و پایش سطوح مورد مطالعه (۲۲) و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی را ممکن ساخته‌اند (۱۵) و به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و لایه مدل رقومی ارتفاع (DEM) مربوط به منطقه می‌توان به مناطق پرخطر آتش‌سوزی پی برد. بدین منظور سه فاکتور شیب، جهت شیب و شاخص تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) که روی آتش‌سوزی تأثیرگذارند، در نظر گرفته شده و با فرموله کردن اعمال آن‌ها بر روی تصویر، مناطق با خطر زیاد مشخص شد. جعفرزاده (۱۷) به ارزیابی پتانسیل منابع آب دشت اردبیل با استفاده از تحلیل شبکه‌ای فازی (FANP) پرداختند و با استفاده از چهار معیار طبیعی، هیدرولیکی، کشاورزی و انسانی، مناطق کم‌خطر، متوسط و با خطر بالا شناسایی کردند که نتایج نشان دادند که مناطق با خطر بالا بیشتر در شرق و جنوب شرق دشت اردبیل قرار گرفته‌اند. نظم فر و بهشتی (۱۳۹۶) طی مقاله‌ای به پهنه‌بندی



حساسیت وقوع زمین لغزش در حوضه آبریز چلی چای در استان گلستان با استفاده از مدل تحلیل شبکه و پارامترهای مؤثر طبیعی و انسانی پرداختند که نتایج نشان دهنده ۷۰ درصد وقوع زمین لغزش در مناطق با خطر زیاد بوده است. عابدینی و بهشتی (۱) به ارزیابی وضعیت سیل خیزی و حوضه آبریز ليقوان چای با استفاده از مدل ترکیبی فرآیند تحلیل شبکه و منطق فازی با استفاده از ۱۲ معیار طبیعی پرداختند.

لاکسمی (۱۹) به مدل سازی تهیه نقشه وقوع آتش سوزی در باهدف برنامه ریزی در جهت استفاده از زمین و مدیریت پایدار منابع طبیعی در منطقه جنگلی تراديو (tardive) با مدل AHP- FUZZY پرداختند. عابدی و فیضی زاده (۳) با استفاده از یک رویکرد یکپارچه از فرآیند تحلیل شبکه و سیستم های تصمیم گیری فضایی مبنی بر فازی برای ارزیابی خطر زمین لغزش در حوضه آذرشهر در شمال غرب ایران پرداختند. لین (۲۷) طی مقاله ای با استفاده از منطق فازی و الگوریتم تجزیه و تحلیل داده های بزرگ، برای پیش بینی آتش سوزی در جنگل و ارزیابی خطر آتش سوزی و پتانسیل وقوع آتش سوزی به کار گرفتند. با توجه به مطالعات انجام گرفته، در منطقه کهگیلویه و بویر احمد که از مناطق مهم طبیعی و اقتصادی به لحاظ گردشگری می باشد نتایج پهنه بندی تکنیک های متعددی برای ارزیابی تولید و مدیریت جنگل، برنامه ریزی و سناریو توسعه جنگل پیشنهاد شده است، برخی از تکنیک ها محدود به استفاده در جنگل های سالم است در حالی که برای هر نوع مدیریت جنگل، از جمله سیستم های مداوم پوششی کاربرد دارد. از انواع بهترین مدل های برنامه ریزی، با کاربرد تجزیه و تحلیل ریسک است. گادو (۱۳) پتانسیل خطر آتش سوزی در این منطقه برای مدیریت بهتر و حفظ چشم انداز طبیعت مؤثر می باشد. با توجه به پیشینه پژوهش در اکثر مطالعات از روش های تصمیم گیری مکانی همچون AHP، FUZZY، AHP و ANP استفاده شده که از نظر موضوعی در زمینه آتش سوزی جنگل کمتر مطالعه صورت گرفته است. بویژه اینکه در جنگل های کهگیلویه و بویر احمد چنین پژوهشی انجام نگرفته است. بنابراین روش های ای ان پی فازی و فایر ریسک به طور مقایسه ای برای تهیه نقشه خطر آتش سوزی در این منطقه بررسی گردید که این نکته نوآوری پژوهش محسوب می شود. هدف از این پژوهش تکراربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش سوزی برای منطقه جنگلی کهگیلویه و بویر احمد است و هدف جزئی تر شناسایی عوامل مؤثر با تأثیر گذاری بالا بر پتانسیل وقوع خطر آتش سوزی و مقایسه نتایج مدل برای شناسایی مناطق با پتانسیل آتش سوزی بالا است.

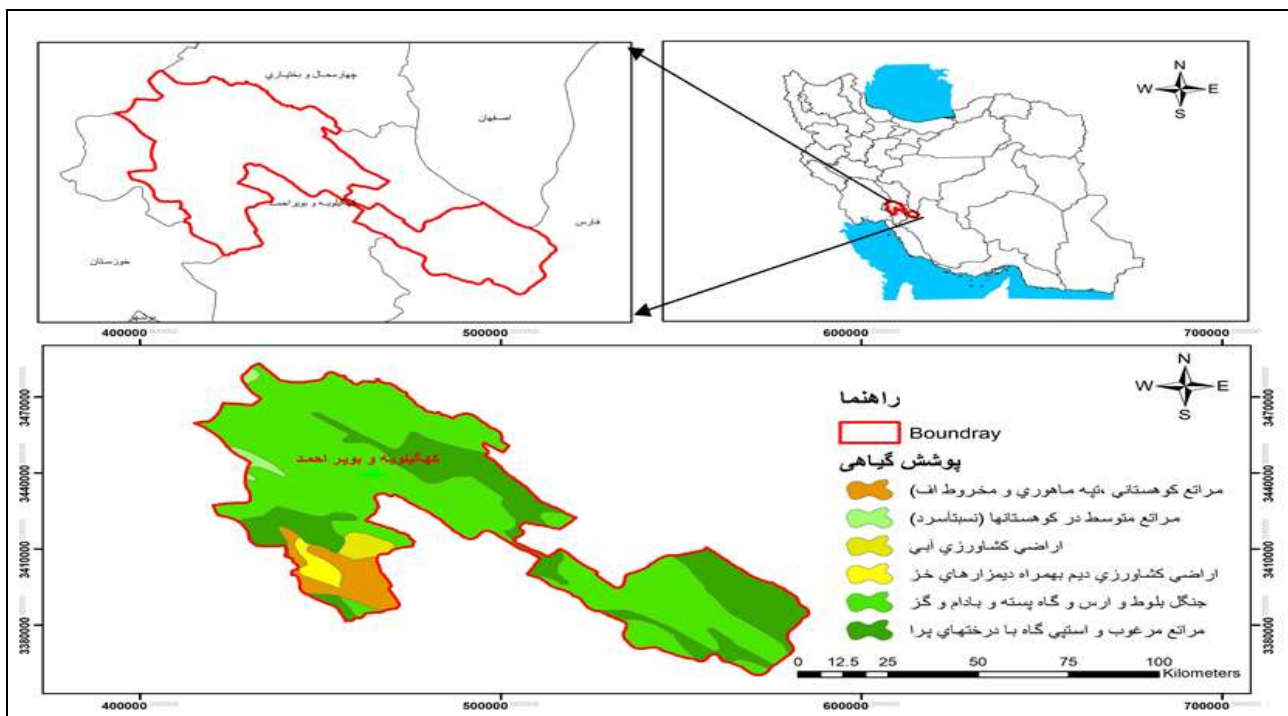
## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

استان کهگیلویه و بویر احمد در جنوب غربی ایران در حدفاصل استان های فارس و خوزستان واقع شده است مساحت آن ۱۶ هزار و ۲۶۴ کیلومتر مربع است، از شمال با چهارمحال بختیاری و از جنوب با استان بوشهر همسایه است. مرکز استان شهر یاسوج است که در موقعیت ارتباطی شرق و غرب زاگرس اهمیت گردشگری دارد. این استان در میان کوه های زاگرس قرار



دارد و به همین دلیل بیشتر مناطق استان کوهستانی و دارای اقلیم سردسیری است اما بخش جنوبی از هوای گرمسیری برخوردار است (۱۰).



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعاتی

Figure 1. Location of the study area

## روش اجرای پژوهش

در این پژوهش معیارها و عوامل مؤثر در پیشبرد مدلها، با توجه به ادبیات مطالعه شده در این زمینه و با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه مشخص گردید. در ادامه مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تهیه نقشه پتانسیل آتش‌سوزی از نظر ۳۰ نفر کارشناس ( اساتید و دانشجویان دانشکده منابع طبیعی و برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز در حوزه خاک،



جنگل‌داری و اقلیم و سنجش از دور) شناسایی و برای وزن دهی به صورت پرسشنامه در اختیار خبرگان جامعه مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها و لایه‌های مورد استفاده در تهیه رستری خطر آتش‌سوزی عبارت‌اند از: تصاویر لندست ۸ برای تهیه نقشه رطوبت خاک ۲۸/۰۷/۲۰۱۸، پوشش گیاهی (NDVI) در ۲۰۱۸، مدل رقومی ارتفاع (DEM SRTM) و لایه‌های تهیه‌شده از آن، مانند؛ نقشه شیب جهت شیب است. همچنین لایه‌های مورد استفاده در روش تحلیل شبکه، از داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک کهکیلویه و بویراحمد تا سال ۱۳۹۶، برای تهیه نقشه میانگین بارش، رطوبت نسبی، دما و جهت باد غالب است، از سازمان منابع طبیعی استان لایه نوع پوشش گیاهی و آمار آتش‌سوزی ۴ ساله که در منطقه رخ داده است در نهایت لایه روستاها، راه‌ها از نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ منطقه از سازمان نقشه‌برداری استان کهکیلویه و بویراحمد تهیه گردید. ورودها از سایت اپن استریت مپ (Open Street Map) تهیه و در نرم‌افزار گلوبال مپر به شیب فایل تبدیل گردید؛ که تمامی لایه‌های فوق‌الذکر به‌عنوان معیارهای ورودی ما (شکل ۳) در مدل فازی ای ان پی در نرم‌افزارهای ENVI.5.3، GIS، EXCEL، SUPER DECITION تهیه و مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت.



شکل ۲. معیارها و زیر معیارهای استفاده‌شده در تهیه نقشه پتانسیل خطر آتش‌سوزی

Figure2. Criteria and sub-criteria used in the preparation of a potential fire hazard map



برای اولین بار  
نظریه  
فازی به وسیله  
زاده در سال  
محاسبات نو  
(۲۹) در تحلیل  
تصمیم در هر  
به اهمیت آن‌ها

اعداد فازی مثلثی متناظر	اعداد قطعی	متغیر زبانی
(۰/۲۵، ۰، ۰)	۰	بی تأثیر
(۰/۲۵، ۰/۲۵، ۰)	۱	تأثیر خیلی کم
(۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۲۵)	۲	تأثیر کم
(۱، ۰/۷۵، ۰/۵)	۳	تأثیر زیاد
(۱، ۱، ۰/۷۵)	۴	تأثیر خیلی زیاد

منطق فازی  
در پی تنظیم  
مجموعه‌های  
پروفسور لطفی  
۱۹۶۵ در صحنه  
مطرح شد  
شبکه‌ای عناصر  
قسمت با توجه

در کنترل معیار به صورت زوجی مقایسه می‌گردند. ماتریس مقایسات زوجی از طریق تبدیل عبارات کلامی به داده‌های فازی تبدیل می‌شوند عناصر تصمیم در هر یک از خوشه‌ها بر اساس میزان اهمیت آن‌ها در ارتباط با معیارهای کنترلی دوه‌دو مقایسه می‌شوند خود خوشه‌ها نیز بر اساس نقش و تأثیر آن‌ها در دستیابی به هدف دوه‌دو مورد مقایسه قرار می‌گیرند. علاوه بر این، وابستگی بین عناصر یک خوشه نیز باید دوه‌دو مورد مقایسه گیرند. تأثیر هر عنصر بر عنصر دیگر از طریق بردار ویژه قابل ارائه است (۲). فرآیند تحلیل شبکه فازی از تلفیق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ماتریس تأثیرات وابستگی متقابل بین معیارها به دست می‌آید. اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد مثلثی فازی اند (جدول ۱). در این پژوهش از منطق فازی (فازی مثلثی) برای تهیه نقشه پتانسیل آتش‌سوزی استفاده گردید.

جدول ۱: متغیرهای اعداد فازی متناظر (۱۳)

Table 1. The variables of the corresponding fuzzy numbers



در ابتدا برای مشخص کردن روابط بین معیارها و زیر معیارها با استفاده از نظر کارشناسان و وابستگی آنها در قالب یک جدول با روش دیماتل تعیین شد؛ که وزن دهی به صورت مقایسات زوجی تأثیر عامل سطر بر عامل ستون به صورت عددی بین صفرتا چهار طبق جدول مشخص شد که پس از تجمیع نظر کارشناسان، تکنیک دیماتل فازی بر روی ماتریس تکمیل و محاسبه گردید. وزن هریک از چهار معیار اصلی نسبت به هدف (پتانسیل خطر آتش سوزی) مشخص و به صورت فازی در جدول ۳ مشخص گردیده است.

### جدول ۲. ماتریس بردار ویژه سطح ۲ نسبت به سطح یک

**Table 2. Special vector level 2 matrix versus level one**

	پتانسیل خطر آتش سوزی
عوامل انسانی	(۰/۶۵۷، ۰/۲۵۷، ۰/۵۱۴)
عوامل توپوگرافی	(۰/۲۶۶، ۰/۴۲۳، ۰/۸۴۶)
عوامل زیست شناختی	(۰/۷۰۶، ۰/۱۹۴، ۰/۳۸۸)
عوامل اقلیمی	(۰/۸۵۸، ۰/۱۲۴، ۰/۲۴۸)

برای استخراج روابط میان معیارها و زیر معیارهای پژوهش، با بهره گیری از قضاوت و نظرات خبرگان به منظور شناسایی عناصر تأثیرگذار در پتانسیل خطر آتش سوزی با استفاده از تکنیک دیماتل به صورت جدول (۲) محاسبه شد. ماتریس روابط کلی را پس از اعمال تکنیک دیماتل فازی به دست آمده نشان داده می شود.

### جدول ۳. ماتریس نتیجه نهایی روابط کلی زیر معیارها

**Table 3. Matrix of the final result of the general relations of the following criteria**

ارتفاع	تراکم پوشش	گله	جهت باد	غالب	جهت شیب	رطوبت خاک	پوشش	شیب	فاصله از	صطبر	رودخانه	فاصله از	میانگین	لبش	میانگین دما	میانگین	طبیعت	نوع پوشش	گیاهی
--------	------------	-----	---------	------	---------	-----------	------	-----	----------	------	---------	----------	---------	-----	-------------	---------	-------	----------	-------



ارتفاع	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
تراکم پوشش گیاهی	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰
جهت باد غالب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱
جهت شیب	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
رطوبت خاک	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
شاخص پوشش گیاهی	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
شیب	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱
فاصله از جاده	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
فاصله از رودخانه	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
فاصله از روستا	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱
میانگین بارش	۰	۱		۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
میانگین دما	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
میانگین رطوبت نسبی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۱
نوع پوشش گیاهی	۱	۰	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰



عوامل انسانی	عوامل اقلیمی	عوامل زیست‌شناختی	عوامل توپوگرافی	عوامل انسانی
کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، شماره ۱۲، دوره ۴، فصل پاییز سال ۱۴۰۳	عوامل اقلیمی	عوامل زیست‌شناختی	عوامل توپوگرافی	عوامل انسانی
(۰/۳۴۹، ۰/۲۶۸)	(۰/۲۸۹، ۰/۱۳۰)	(۰/۲۹۵، ۰/۱۹۵)	(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)	(۰/۳۴۹، ۰/۲۶۸)
(۰/۴۱۲)	(۰/۳۸۰)	(۰/۳۳۵، ۰/۳۰-۴۸)	Application of remote sensing and GIS in environmental sciences, Vol.4., No.12, Autumn 2024,	(۰/۴۱۲)
(۰/۲۲۵، ۰/۱۹۸)	(۰/۱۹۸، ۰/۱۵۰)	(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)	(۰/۳۴۶، ۰/۲۶۷)	(۰/۲۲۵، ۰/۱۹۸)
(۰/۲۴۷)	(۰/۲۴۵)	(۰/۴۶)	عوامل زیست‌شناختی	(۰/۲۴۷)
(۰/۱۸۹، ۰/۲۱۳)	(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)	(۰/۱۶۴، ۰/۱۳۴)	(۰/۲۴۶، ۰/۱۷۸)	(۰/۱۸۹، ۰/۲۱۳)
(۰/۲۴۷)	(۰/۱۸۶)	عوامل اقلیمی	(۰/۳۷۹)	(۰/۲۴۷)
(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)	(۰/۱۹۸، ۰/۱۴۰)	(۰/۲۲۱، ۰/۱۹۷)	(۰/۳۴۵، ۰/۲۶۰)	(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)
(۰/۲۴۶)	عوامل انسانی	(۰/۲۴۸)	(۰/۴۲۰)	(۰/۲۴۶)

جدول ۴. ماتریس بردار ویژه سطح ۲ نسبت به سطح دو  
**Table 4. Special vector level 2 matrix versus level 2**

هر یک از معیارها دارای زیر معیارهایی هستند در تعیین وزن نهایی هر معیار اثرگذارند که در جدول (۴) نشان داده شده‌اند. زیرمعیارها علاوه بر اینکه می‌توانند با معیارهای خود در ارتباط باشند با زیر معیارهای، معیارهای دیگر نیز می‌توانند در ارتباط باشند.

جدول ۵. ماتریس بردار ویژه سطح دو نسبت به سطح سه



عوامل انسانی	عوامل توپوگرافی	عوامل زیست‌شناختی	عوامل اقلیمی	
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۰، ۹۸۹/۰، ۰۳۹/۰۳)	ارتفاع
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۰، ۰۶۹/۰۶۹، ۰/۱۶)	میانگین بارش سالیانه
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۱۵۲، ۰/۳۰۴ ۰/۵۸۹	میانگین دمای سالیانه
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۱۳۶، ۰/۲۷۴ ۰/۶۹۲	میانگین رطوبت نسبی
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۹۹۷، ۰/۰۳، ۰/۰	جهت باد غالب
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰/۵، ۰/۵، ۰/۵)	(۰، ۰، ۰)	تراکم پوشش گیاهی
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۸۹۸، ۰/۰، ۵۵۶ ۰/۱۱۳	(۰، ۰، ۰)	انواع پوشش گیاهی
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۱۲۵، ۰/۲۵ ۰/۱۴۲	(۰، ۰، ۰)	پوشش گیاهی
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	۰/۰۶۱، ۰/۱۲۲ ۰/۰۰۶	(۰، ۰، ۰)	رطوبت خاک
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	شیب
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	جهت شیب
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	ارتفاع
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰) ۱۰	(۰، ۰، ۰)	فاصله از رودخانه
(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	(۰، ۰، ۰)	فاصله از روستا



				(۰/۰۲۹)
فاصله از جاده	(۰ ، ۰ ، ۰)	(۰ ، ۰ ، ۰)	(۰ ، ۰ ، ۰)	(۰/۰۳۸ ، ۰/۰۰۶) (۰/۱۵۸)

**Table5.** is a spacial matrix vector of two levels relative to the surface of thired

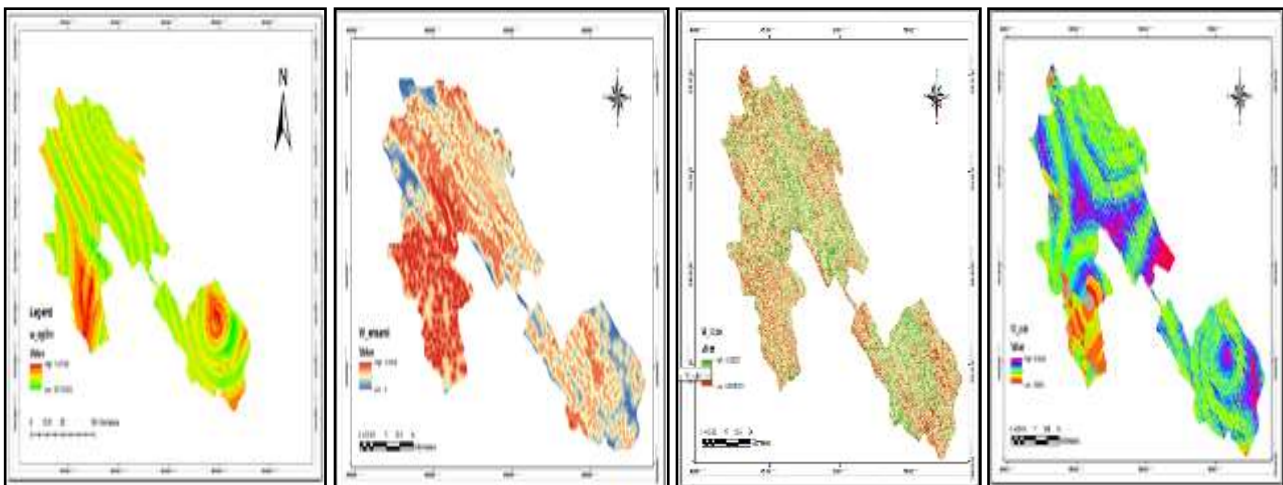
جدول ۶. وزن نهایی زیر معیارها در تهیه نقشه پتانسیل خطراتش سوزی

**Table 6: The final weight of the following criteria in the preparation of a potential fire hazard**

وزن خام	وزن نرمال شده	وزن ایدئال	نام
۰/۰۳۶۱۹۵	۰,۰۳۹۹۵۳	۰/۲۶۲۵	ارتفاع
۰/۰۶۹۰۱۳	۰/۰۷۶۱۷۷	۰/۵۰۰۵	تراکم پوشش گیاهی
۰/۰۲۷۴۲۲	۰/۰۳۰۲۹۱	۰/۱۹۹۰۱۸	جهت باد غالب
۰/۰۹۶۱۸۶	۰/۱۰۶۱۷۲	۰/۶۹۷۵۸	جهت شیب
۰/۰۵۵۸۹۳	۰/۰۶۱۶۹۶	۰/۴۰۵۳۶	رطوبت خاک
۰/۰۱۱۳۵۳	۰/۱۲۵۳۱۶	۰/۸۲۳۳۶	شاخص پوشش گیاهی
۰/۰۲۲۷۷۲	۰/۰۲۵۱۳۶	۰/۱۶۵۱۵۱	شیب
۰/۰۲۶۴۷۹	۰/۰۲۹۲۸۳	۰/۱۹۲۰۳۹	فاصله از جاده
۰/۰۱۸۰۰۳	۰/۰۱۹۸۷۸	۰/۱۳۰۵۶	فاصله از رودخانه
۰/۰۳۴۹۲۴	۰/۰۳۸۵۵	۰/۲۵۳۲۸۵	فاصله از روستا
۰/۰۶۲۰۷۲	۰/۰۶۹۲۰۱۲	۰/۴۵۴۷۴۱	میانگین بارش
۰/۱۳۷۸۸۵	۰/۱۵۲۲۲	۱/۰	میانگین دما
۰/۰۸۱۵۲	۰/۰۹۸۴۶۷	۰/۵۸۷۸۲۸	میانگین رطوبت نسبی
۰/۱۲۳۸۷	۰/۱۳۶۷۲	۰/۸۹۸۳۵۲	نوع پوشش گیاهی

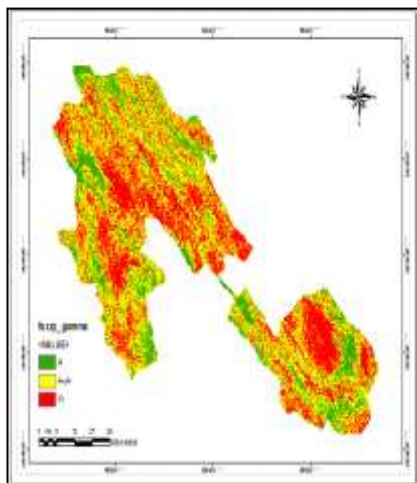


نقشه‌های فازی شده (شکل ۴) در سه طبقه، مناطق با پتانسیل کم برای خطر آتش‌سوزی، مناطق دارای پتانسیل متوسط و مناطق با پتانسیل بالا برای آتش‌سوزی طبقه‌بندی شد نمایش داده می‌شود. عمل فازی سازی لایه‌ها (معیارها و زیر معیارها) در محیط GIS با استفاده از توابع عضویت خطی، گوسین و همسایگی (Near) انجام گردید. برای فازی سازی لایه برحسب نوع رابطه آن از توابع مختلف استفاده کرد. برای شاخص پوشش گیاهی از تابع خطی استفاده شد به این صورت که با افزایش پوشش گیاهی پتانسیل خطر آتش‌سوزی نیز افزایش می‌یابد یا برای ارتفاع برعکس این نیز با این تابع صورت می‌گیرد یعنی هر چه قدر رطوبت پایین‌تر مطلوبیت آن بیشتر است و ارزش عددی بالاتری می‌گیرد. بدین صورت لایه‌های وزنی فازی سازی شدند و پس از اعمال ضریب به دست آمده از تحلیل شبکه در نرم‌افزار سوپردسیژن، نتایج نهایی چهار معیار به صورت نقشه در شکل ۳ ارائه گردید و با استفاده از ۵ تابع AND، Gama، OR، sum و Product و نقشه نهایی پتانسیل خطر آتش‌سوزی تهیه گردید (شکل ۴).

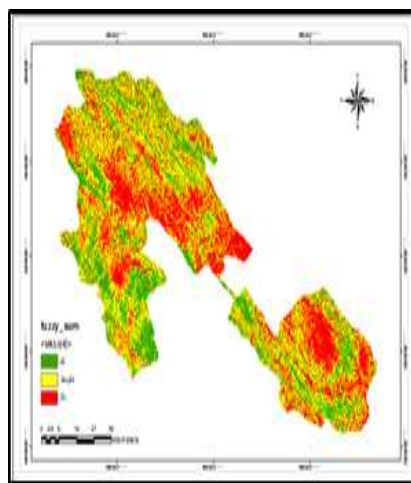


شکل ۳. نقشه نهایی وزنی معیارهای اقلیم، انسانی، توپوگرافی و زیست‌شناختی (به ترتیب از چپ به راست)

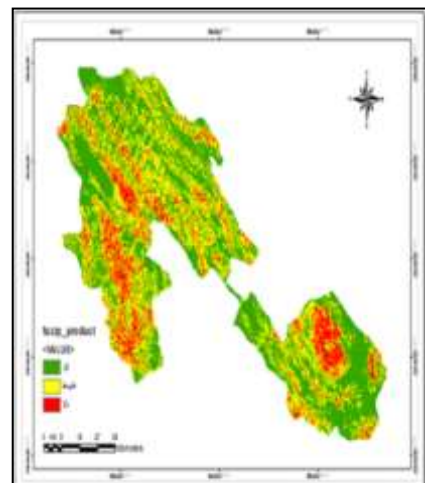
**Figure 3. Final weight map of climatic, human, topographic and biological criteria  
(from left to right, respectively)**



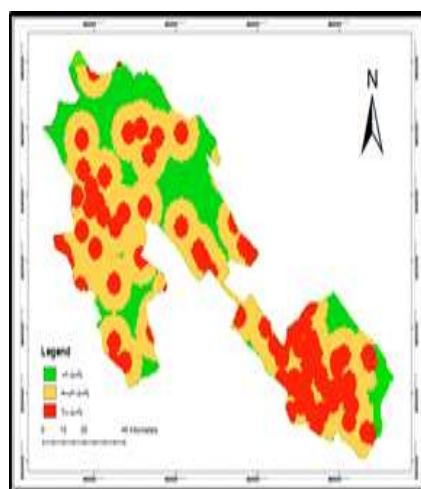
c



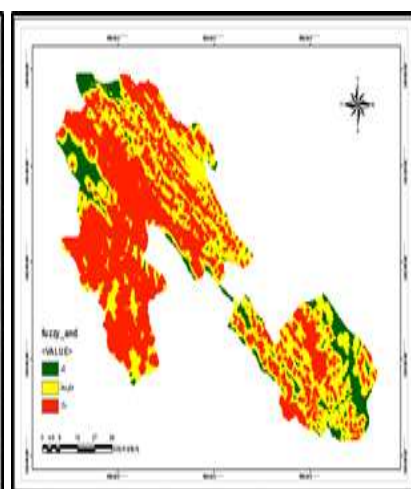
b



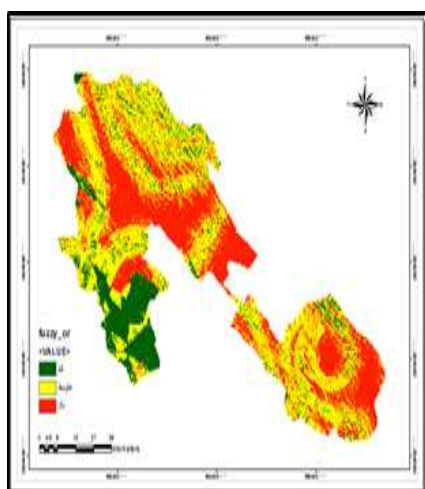
a



f



e



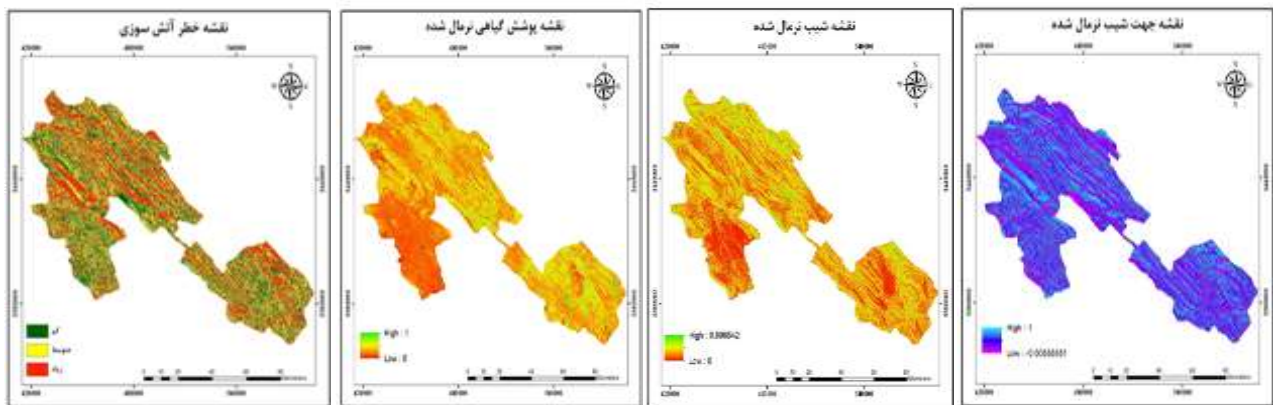
d

شکل ۴. نقشه نهایی پتانسیل خطر آتش‌سوزی با عملگرهای فازی: (a) SUM (d), OR (e) AND و (f) نقشه طبقه‌بندی نقاط آتش‌سوزی به وقوع پیوسته در سال‌های ۹۳-۹۶



**Figure 4. Final map of fire hazard potential with fuzzy operators: PRODUCT: a; GAMMA: b; SUM: c; OR: d; AND: e and Classification map of continuous fire points in the years 93-96:f.**

لایه‌های به‌کاررفته (a, b, c) در فایر ریسک و (d) نقشه خطر آتش‌سوزی به‌دست‌آمده از تصویر لندست ۸ در شکل ۵ آورده شده است.



d (c) (b) (A)

**Figure 5. Map for apple (a), slope (b), normalized vegetation (c) and (d) FIRE RISK final map**

نتایج حاصل از نقشه فازی شده در سه طبقه مناطق با پتانسیل کم برای خطر آتش‌سوزی، مناطق دارای پتانسیل متوسط و مناطق با پتانسیل بالا خطر آتش‌سوزی طبقه‌بندی شد که مساحت هر کدام از طبقات برای هر کدام از توابع در جدول ۷ آورده شده است. با توجه به نتایج عملگر OR مساحت بیشتری (۷۲ درصد) مناطق با پتانسیل خطر آتش‌سوزی بالا و عملگر Product کمترین مساحت را دارد.



### جدول ۷. مساحت نقشه نهایی پتانسیل خطر آتش‌سوزی

طبقات پتانسیل خطر آتش‌سوزی	مساحت مناطق پتانسیل کم (km <sup>2</sup> )	مساحت مناطق پتانسیل متوسط (km <sup>2</sup> )	مساحت مناطق پتانسیل بالا (km <sup>2</sup> )	% مساحت مناطق پتانسیل خطر بالای آتش‌سوزی
نقشه نهایی عملگر OR	۹/۳۳۸	۳۳/۱۵۷	۳۷/۵۰۰	۷۲/۳۵
نقشه نهایی عملگر Product	۹۲/۴۲۵	۸۶/۳۳۴	۸۴/۳۶۸	۵/۳۴
نقشه نهایی عملگر AND	۱۲/۶۵۴	۴۲/۳۱۶	۰۵/۳۱۰	۴۵/۶۸
نقشه نهایی عملگر Gama	۷۵/۸۰۴	۷۱/۳۷۰	۱۱/۲۴۱	۳۴/۸۴
نقشه نهایی عملگر SUM	۵/۱۰۲	۳۳/۳۴۹	۷/۲۳۹	۳۴/۶۴

**Table7. Area of the final map of fire hazard potential**

### نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی یکی از بحران‌هایی است که همه‌ساله حجم زیادی از درختان را در مناطق جنگلی جهان نابود می‌کند و علاوه بر مضرات زیست‌محیطی، زیان‌های بسیاری را در زمینه حیات وحش، اقتصادی و امنیت جانی انسان‌ها به دنبال دارد به‌منظور پیشگیری از این رخداد خطرناک یکی از بهترین راهکارها تهیه مدل ریسک آتش‌سوزی برای جنگل می‌باشد این پدیده به دلیل پیچیدگی زیاد به پارامترهای مختلف طبیعی و انسانی وابسته است (۱۶). در این پژوهش برای ارزیابی پتانسیل خطر آتش‌سوزی در منطقه جنگلی کهگیلویه و بویراحمد، با بهره‌گیری از سنجش از دور و GIS و مدل فایر ریسک و مدل ترکیبی فازی ای ان پی که تاکنون در این منطقه چنین پژوهشی با استفاده بیشتر عوامل تأثیرگذار بر خطراتش سوزی انجام نگرفته است. در مدل فازی ای ان پی از چهار عامل اصلی: عوامل اقلیمی، فیزیکی (زیست‌شناختی)، توپوگرافی و عوامل انسانی با ۱۴ زیر معیار اجرا گردید. بر اساس مقایسات زوجی و درونی معیارها که وزن دهی معیارهای انسان ساخت، بیولوژیکی، اقلیمی و توپوگرافی (۱۱) با استفاده از نرم‌افزار SuperDecision با ضریب خطا کمتر از ۰/۱ وزن دهی گردید که آماده‌سازی و اعمال وزن بر لایه‌ها در محیط نرم‌افزار GIS انجام گرفت. با توجه به وزن‌های بدست آمده برای معیارها، دما، جهت شیب و





نوع پوشش گیاهی بالاترین وزن را در بین عوامل موثر داشتند که نتایج با مطالعات موسی بیگی و مییرزا بیگی (۲۳) همخوانی دارد. با توجه به مقایسه نقشه خطراتش سوزی به دست آمده از مدل رستری فایر ریسک با نقشه طبقه بندی شده نقاط آتش سوزی اتفاق افتاده در سال های ۹۳-۹۶ همپوشانی قابل قبولی در مناطق با خطر آتش سوزی بالا دارند به ویژه مناطق جنوبی و جنوب غرب، غرب و مرکز منطقه بخصوص بخش شمالی و مرکزی یاسوج که نزدیک به جاده ها هستند. با توجه به این که در نقشه خطر آتش سوزی تنها عوامل توپوگرافی و پوشش گیاهی دخیل هستند بیشتر این نواحی پرخطر در مناطق با پوشش گیاهی قرار دارد. همچنین نتایج نهایی نقشه های به دست آمده از مدل تحلیل شبکه فازی که در سه طبقه با پتانسیل خطر آتش سوزی کم، متوسط و بالا طبقه بندی گردید؛ که در بین عوامل تأثیرگذار بر خطر آتش سوزی با توجه به نتایج می توان گفت معیار توپوگرافی با وزن  $0/423$  بالاترین عامل اثرگذار در پتانسیل آتش سوزی منطقه کهگیلویه و بویراحمد و از بین زیر معیارهای آن جهت شیب ( $0/106$ ) بالاترین وزن را دارد و در مرتبه بعدی معیار انسانی با وزن ( $0/257$ )، زیست شناختی ( $0/194$ ) و اقلیم ( $0/124$ ) را به دست آوردند. در این در بین عوامل زیست شناختی نوع پوشش گیاهی و پوشش گیاهی به عنوان ماده سوختنی قابل اشتعال، بیشترین وزن را در آتش سوزی ایفا می کنند که با نتایج مطالعه المدیا (۸) تطابق دارد و از نظر پوشش گیاهی در شرایط مناسبی برای تقویت خطر آتش سوزی هستند و جزء مناطق با خطر بالا قرار گرفته اند در منطقه مورد مطالعه بخش های شمال غربی و شمال و شمال شرق مناطق با پتانسیل آتش سوزی کم و متوسط قرار گرفته اند که این مناطق جهت شیب و ارتفاع می تواند از عوامل اثرگذار در آن باشد. با مقایسه نقشه نقاط آتش سوزی با نتایج نهایی عملگر AND وسعت بیشتری در طبقه با خطر بالای آتش سوزی قرار داده که بیشتر نواحی وقوع آتش سوزی را پوشش می دهد و در قسمت شمال غرب و غرب قسمتی که وقوع آتش سوزی در آنجا اتفاق نیفتاده را نیز جزء مناطق پرخطر قرار گرفته است. نقشه به دست آمده از عملگر OR با  $72$  درصد از مساحت کل منطقه در بین توابع بیشترین مساحت را برای طبقه حساس به پتانسیل بالای خطر آتش سوزی را نشان می دهد. همچنین برای مناطق کم خطر درصد مساحت کمی ( $4$  درصد) را شناسایی کرده است؛ و عملگر PRODUCT کمترین مساحت را از مناطق با خطر بالا پوشش می دهد که بیشتر این مناطق با مناطق وقوع آتش سوزی همپوشانی دارند. در کل نقشه آتش سوزی واقعی حاصل از نتایج عملگرها در مدل مکانی فازی ای ان پی نسبت به مدل فایر ریسک همپوشانی بالایی با مناطق وقوع آتش سوزی نشان می دهند که با نتایج اسکندری و همکاران (۱۲)، انصاری همکاران (۱۱)، موسی بیگی و مییرزا بیگی (۲۳)، دانگ و همکاران (۱۱) و پرادهان (۲۵) مطابقت دارد. که این به دلیل در نظر گرفتن بیشتر عوامل مهم تأثیرگذار در مدل سازی پتانسیل خطر آتش سوزی می باشد. این نشانگر دقت نتایج به دست آمده در این پژوهش است.

در شرایط کنونی شناسایی مناطق با پتانسیل بالا آتش سوزی همچنین شناسایی عوامل تأثیرگذار در آن و کاهش هزینه ها با استفاده از فناوری های سنجش از دور و GIS، موجب برنامه ریزی و تصمیم گیری های آگاهانه تر در راستای حفاظت منابع طبیعی و کنترل بحران های آتش سوزی گردد. این امر می تواند از بسیاری از آتش سوزها که موجب از دست رفتن منابع بارزش جنگلی این منطقه و مخدوش ساختن چهره طبیعت که از جمله مناطق گردشگری محسوب می شود، جلوگیری شود.





همچنین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی عوامل تأثیرگذار انسانی بیشتر مورد توجه قرار گیرد که در این تحقیق وزن پایین در پتانسیل وقوع آتش‌سوزی به این خاطر بوده است. البته بیشتر تأثیر انسان به صورت غیرمستقیم است و این نیز این موضوع را پررنگ‌تر می‌کند.

### تقدیر و تشکر

در اینجا جا دارد که از محضر اساتید محترم جنابان آقای دکتر ولیزاده و دکتر رستم‌زاده به خاطر راهنمایی‌های ارزندیشان در انجام این پژوهش، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشیم.

### References

1. Abedini M, Beheshti E. 1397. Evaluation of the flood situation in Lighvan-e-Chai watershed using the combined model of network analysis and fuzzy logic, Zeomorhologicism research, seventh edition. no.1, pp. 169-179. (In Persian).
2. Ahmadi O, Mortazavi A, Seyyed B, Chainin A. 2017. Choosing optimal method for analysis of accidents in petroleum industry using fuzzy ANP and TOPSIS multi – criteria decision methods, Journal of Health Administration Volume 14, Issue : 2.
3. Abedi H G, Feizizadeh B. 2017. An integrated approach of analytical network process and fuzzy based spatial decision making systems applied to landslide risk mapping, Journal of African Earth Sciences 133 15-24.
4. Ataei M. 1394. Decisions with Multiple Criteria, Shahrood University Press, Second Edition, 264 P.
5. Adab H, K Devi Kanniah K, Solaimani. 2012. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques, Natural Hazard, 65(3): 1723-1743.
6. Aalim Tabriz A, Mohammad Bagh zadeh A. 2010. Decision Making Process for Fuzzy Network Analysis for Selecting a Strategic Supplier, Quarterly Journal of Commerce Research, Vol. 554, pp. 57-86.
7. Adab H, Nokhandan M, Miza Bayati R, Adab Firouzjani A. 2008. Mapping fire risk in forests of Mazandaran province using Molgan Precautionary Index and GIS, Abstracts of 1st International Conference on Climate Change and Botany in Caspian Ecosystems, Iran, 178-189.
8. Almedia, R. 1994. Forest fire risk areas and definition of the priority planning actions using GIS, pp:1-9.
9. Adevu KP, Eaturu A, Badarinath AVS KD, Raju R. 2002. Saxena Forest Fire Risk Zone Mapping through Satellite Imagery & Geographical Information System, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Elsevier Publications, 4:1 -10.
10. Azadkhani PA, Navai, Kh. 2013. Resource Map, Attractions and Cultural Heritage in Attracting Tourists (Case Study: Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces), 2 National Conference on Environmental Protection and Planning, Hamedan, Farda Environmental Thinkers Company.
11. Dong, X.U., Li-min, D., Guo-fan, SH., Lei, T. and Hui, W., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. Journal of Forestry Research, 16(3): 169-174.



12. Eskandari E, Olad Qadiklayi J, Jalilvand H, Serajian MR. 2014. Modeling and predicting fire risk in the forests of Seh Neka-Zalmarud section Using GIS, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 203-217.
13. Gadow, K.V., (2000), "Evaluating risk in forest planning models", Silva Fennica, Vol. 34 No. 2, pp. 181-91. (In Persian).
14. Gonzales R, Wintz P. 1977). Digital Image Processing (Addison Wesley) 503 pp.
15. Jaiswal RK, Mukhrjee S, Raju KD, Saxena R. 2002. Forest fire risk zone Mapping from satellite Imagery and GIS, International Journal of Aerial Earth Observation and Geoinformation: 1-10
16. Jaiswal RK, Prasad KVS, Badarinath A. 2008. Eaturu. Biophysical and Plateau Management , 86: 1-13.
17. Jafarzadeh J, Rostamzadeh H, Nikjou (deceased) M R, Asadas I. 2016. Assessment of water resource potential of Ardebil Plain using Fuzzy Network Analysis Process (GIS)", Journal of Research Geography and Planning, No. 61, pp. 146-16. (In Persian).
18. Hoseinpoor Milaghardan A. 2012. Modeling forest fire potential using geospatial information systems (case study: golestan forest), A Thesis Submitted as a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master, Graduate University of Advanced Technology Faculty of Civil and Surveying Engineering. (In Persian).
19. Laxmi K, Sharma SK, Mahendra S N, Suman S, Prem Chandra P. 2012. Fuzzy AHP for forest fire risk modeling. Products", Disaster Prevention and Management, Vol. 21 Iss: 2 pp. 160 – 171.
20. Li R. 1998. Potential of High-resolution Satellite Imagery, National Mapping Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 64(12), pp: 116-1166.
21. Mobarghai N, Sherzei GH A, Makhdom M, Yavari AR, Jafari R. 2009. The Spatial Valuation Pattern of Co2 Absorption Function in Caspian Forests of Iran", Journal of Environmental Science, 35(3): 57-68.
22. Miguel-Ayanz SJ, Vogt J, De Roo A, Schmuck G. 2000. Natural hazards monitoring: forest fires, droughts and floods - the example of European pilot projects. Surv. Geophys., 21, pp: 291-305.
23. Musa Beigi Mo, Mirzabeigi F .2013. Forest Fire Risk Zoning Using Network Analysis Model and Geographic Information System (Case Study: Manesht and Qalarang Protected Area (Quarterly Journal of Environmental Sciences, Volume 14, Number 4. Page 175 - 178.
24. Perry DA. 1998. The scientific basis of forestry, Annu Rev Ecol Syst 29:435-466.
25. Pradhan B, Bin Suliman MH, Bin Awang MA. 2007. Forest fire susceptibility and risk mapping using remote sensing and geographical information systems (GIS). Proceedings of Disaster Prevention and Management, 16(3): 344 – 352. Lumpur, India, 3 – 4 May 2006: 7-12.26.
26. Ramkumar M, Jenamani M. 2015b. Sustainability in Supply Chain Through E-Procurement—An Assessment Framework Based on DANP and Liberatore Score", IEEE Systems Journal, Forthcoming.
30. Lin H (a. b), Liu X.W (c), Liu Y(a,b). 2018. A fuzzy inference and big data analysis algorithm for the prediction of forest fire based on rechargeable wireless sensor networks, Sustainable Computing: Informatics and Systems. 101-111.
28. Yin HH, Knowlton BJ, Balleine BW. 2004. Lesions of dorsolateral striatum preserve outcome expectancy but disrupt habit formation in instrumental learning. Eur. J. Neurosci, 19, 181-189.
29. Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. Information and Content, University Shahrood, 8:338-356. (In Persian).



## **Spatial-Temporal monitoring of the dust phenomenon and its origin using Remote Sensing in western Iran between 2000 and 2023**

### **Abstract**

Fires, in the forests and parks become causative to fall away to natural resources largeness of locale sector Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad forests. The purpose of this research is, Forest fire risk zone mapping using utilization from of topography criteria and sub criteria (slope, distance from the river, height, direction of inclination), Physical (type of vegetation, vegetation density, soil moisture), human (distance from roads, distance from the village), and climate (average annual temperature, precipitation, relative humidity, and windiness direction), that criterions connection became distinctive relationship between criteria Fuzzy DEMATEL technique. Network analysis process, was used to weighting all parameters in Super Decision software. by fuzzy logic method, maps is fuzzed, and in the GIS environment getting Forest fire risk zone final mapping. results of this study expressing that among of the criteria, was the topographic criteria (0.423) and the between sub-criteria's t slope map is high weight and human criteria, biological and climatic getting from right to left value of %0.257, %0.194 and %0.124. the percentage area classification mapping forest fire potential by Boolean operator for is in series, PRODUCT PROCESSOR value of 5%, AND 35.68%, Gamma 34.82%, and SUM 34.84%. Too model FIRE RISK using images Landsat 8, digital elevation model, slope and windiness direction provide for the region. Fire classification map was prepared using fire point data for 4 years (93-96). Comparing its results with the results of the FUZZY ANP model and FIRE RISK indicates a high degree of compliance in areas with high fire risk.

**Keywords: Dimatel, Fire Hazard Potential, Kohgiluyeh and Boyerahmad, Fuzzy ENP**