

مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۷۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

ص ۷۸۶-۸۰۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۶  
تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴

## عوامل تأثیرگذار بر وقوع حریق در مراتع نازلوچای ارومیه با استفاده از

### تکنیک DEMATEL

- ❖ **مهشید سوری\***؛ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ❖ **پیام نجفی**؛ دانش آموخته کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ایران.
- ❖ **جواد معتمدی**؛ دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
- ❖ **سعیده ناطقی**؛ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

#### چکیده

پژوهش حاضر به منظور تعیین عوامل تأثیرگذار بر وقوع آتش سوزی‌ها در مراتع کوهستانی نازلوچای، به عنوان یکی از حوزه‌های آبخیز منتهی به دریاچه ارومیه، انجام شد. برای شناسایی و تعیین عوامل مؤثر، از تکنیک ارزیابی تصمیم‌گیری استفاده شد. در این ارتباط، در صد شیب، جهت شیب، ارتفاع، نوع (ریختار) پوشش گیاهی، تراکم گونه‌های غالب، در صد پوشش تاجی، جمعیت نیروی انسانی، مجاورت با جاده، مجاورت با مناطق مسکونی، مجاورت با زمین‌های کشاورزی، مجاورت با منابع آبی، نوع شغل مردم بومی و کاربری فعلی اراضی، به عنوان معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر، مد نظر قرار گرفت. با تشکیل ماتریس میانگین، محاسبه ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی‌مقیاس شده، محاسبه ماتریس کل (ماتریس مجموع تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم) و محاسبه ماتریس میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری، ترتیب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از معیارهای ذکر شده، مشخص شد. بر مبنای نتایج، کاربری فعلی اراضی، بیشترین تأثیرپذیری (۳/۹۳۰۸) و جهت شیب، کمترین تأثیرپذیری (۱/۰۴۷۵) را بر پدیده آتش‌سوزی‌های منطقه داشت. ضمن اینکه کاربری فعلی اراضی و جمعیت نیروی انسانی، به ترتیب تعامل بیشتری با سایر عوامل آتش‌سوزی‌ها داشتند و وزن این عوامل بر وقوع پدیده آتش‌سوزی، بیشتر بود. بر اساس نتایج بردار ارتباط که معرف قطعیت یک معیار به عنوان معیار تأثیرگذار است، مجاورت با جاده (۱/۴۳) و ارتفاع (۰/۶)، بیشترین تأثیرگذاری را بر مجموعه عوامل دیگر در زمینه وقوع حریق در مراتع منطقه داشتند. نتایج حاصل، می‌تواند به کارشناسان منابع طبیعی، در تهیه نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی، کمک کند تا مرحله پیشگیری حریق، آگاهانه‌تر و علمی‌تر انجام شود. هرچه اطلاعات ورودی نقشه‌های ریسک، دقیق‌تر باشد و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند منظوره قوی‌تری به کار برده شود، نقشه‌های ریسک دقیق‌تری تهیه می‌گردد.

کلید واژگان: پیشگیری حریق، تکنیک‌های تصمیم‌گیری، مدیریت حریق، ارومیه.

## ۱. مقدمه

اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی، باعث ایجاد حریق در پهنه‌های جنگلی و مرتعی شده است. آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی، یکی از بحران‌هایی است که هر ساله خسارت‌های غیر قابل جبرانی بر اکوسیستم‌ها و محیط زیست وارد می‌سازد [۱۴]. در دهه‌های اخیر، آتش‌سوزی‌های بسیاری در نقاط مختلف آب و هوایی کشور رخ داده که هر کدام، خسارت‌های زیادی بر عرصه‌های جنگلی و مرتعی وارد ساخته است. ایران از جمله کشورهای است که پدیده آتش‌سوزی در کنار حوادثی مثل سیل و زلزله، یکی از مهمترین بحران‌های آن محسوب می‌شود و از نظر وقوع آتش‌سوزی جنگل و مرتع، در بین کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا در رتبه چهارم قرار دارد [۲۲]. از این‌رو، داشتن یک استراتژی پیشگیری کارآمد برای مقابله با آتش‌سوزی‌های مکرر و مخرب در عرصه‌های طبیعی، از اهمیت اساسی برخوردار است و مقابله با آن از الزامات مدیریت بحران به‌شمار می‌رود [۲۳].

در این تحقیق، به‌منظور تعیین عوامل تأثیرگذار بر وقوع پدیده آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی، از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، استفاده خواهد شد. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از روش‌های کارا برای حل مسائل خاص، خوشه‌ای و پیچیده و شناسایی راه‌حل‌های کارا توسط ساختار سلسله مراتبی می‌باشد [۳۳]. روش DEMATEL<sup>۱</sup>، در سال ۱۹۷۲ توسط گابس و فوتلا جهت بررسی روابط علی و معلولی بین معیارها، معرفی شد. این روش، ابزار کاربردی مفیدی جهت تبدیل ساختار پیچیده علی و معلولی میان معیارها به یک ماتریس یا گراف قابل درک می‌باشد. روش دیماتل می‌تواند وابستگی متقابل بین معیارها را از طریق دیاگرام علی و معلولی شناسایی کند و برعکس روش سنتی فرایند تحلیل سلسله مراتبی است که فرض می‌شد معیارها مستقل از یکدیگر هستند [۱۶]. این روش، از گراف برای تعیین شدت رابطه‌های متقابل استفاده

آتش‌سوزی عرصه‌های طبیعی، اثرات مخرب اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی به‌دنبال خواهد داشت [۱] و پس از فعالیت‌های عمرانی و کشاورزی، با توجه به تغییرات اقلیمی در طی سالیان اخیر، آتش‌سوزی یکی از مهمترین عامل‌های تخریب بوم‌سازگان‌های گیاهی بوده که دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم منفی بر خصوصیات و کیفیت رویشگاه‌ها است [۳]. بنابراین حفاظت از این اکوسیستم‌ها باید مورد توجه مسئولین باشد.

امروزه آتش‌سوزی‌ها، به یکی از جدی‌ترین تهدیدات اکوسیستم‌های طبیعی تبدیل شده و معیشت اقتصادی جوامع را تهدید می‌کند. از این‌رو، داشتن یک استراتژی پیشگیری کارآمد برای مقابله با آتش‌سوزی‌های مکرر و مخرب، از اهمیت اساسی برخوردار است [۱۴].

آنچه باید به آن توجه ویژه داشت، پیشگیری قبل از وقوع آتش‌سوزی است. در این ارتباط، با بررسی شاخص‌های خطر ساز آتش‌سوزی منابع جنگلی در کارناتاکا، گزارش شد که شناسایی مهمترین شاخص‌های آتش‌سوزی، ابزار مهمی در مدیریت این پدیده است [۱۷]. همچنین با ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر در برابر آتش‌سوزی جنگل‌ها در میسوری ایالات متحده آمریکا، بر اهمیت اقدامات پیشگیرانه در مدیریت آتش‌سوزی، تأکید بسیاری شد [۱]. به‌طور کلی، مطالعات در رابطه با بررسی عوامل موثر بر آتش‌سوزی، باعث می‌شود تا مدیران و برنامه‌ریزان برای مقابله با بحران آتش‌سوزی، بتوانند پدیده آتش‌سوزی بر روی اکوسیستم‌های مرتعی را بررسی کرده و برای مقابله با این بحران، برنامه‌های مدیریتی پیشرفته‌تری تنظیم نمایند.

به‌دلیل قرارگرفتن ایران در کمربند خشک کره‌زمین و ناحیه پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی برای وقوع آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های طبیعی فراهم می‌باشد. از طرف دیگر، عوامل انسانی یا آتش‌سوزی‌های عمدی جهت تبدیل

<sup>۱</sup> Decision making trial and evaluation Laboratory

فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل در سه حوزه جنگلی استان گیلان، از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد که لایه‌های اطلاعاتی متعدد از جمله توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی و عوامل اقتصادی-اجتماعی، برای این منظور، به کار برده شد [۳۲]. برای تهیه نقشه ریسک آتش‌سوزی جنگل در کشور یونان نیز از سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری و به کارگیری مدل یکپارچه فازی، استفاده شد [۳۱]. زون‌بندی خطر آتش‌سوزی جنگل در منطقه دهرادون هند نیز با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و GIS انجام شد [۲۵]. ضمن اینکه به منظور ارزیابی خطر آتش‌سوزی در منطقه اسمولیان بلغارستان، از مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری استفاده گردید [۱۱].

آتش‌سوزی باعث نابودی مراتع به عنوان بخش مهمی از محیط‌زیست شده و سبب آلودگی هوا و از بین رفتن ثروت‌ها و امکانات کشور می‌شود و معیشت انسان‌های ساکن در مجاورت چنین مناطقی را با مخاطرات جدی مواجه می‌سازد که از مصادیق بحران‌های طبیعی است و مقابله با آن از الزامات مدیریت بحران به‌شمار می‌رود. از این رو، داشتن یک استراتژی پیشگیری کارآمد برای مقابله با آتش‌سوزی‌های مکرر و مخرب، از اهمیت اساسی برخوردار است [۲۳]. در مجموع تعیین عوامل مؤثر بر آتش‌سوزی‌ها توسط تکنیک‌های مختلف تصمیم‌گیری، یکی از اقدامات اساسی در مدیریت اراضی مرتعی و در نتیجه کاهش خسارت‌های ناشی از پدیده آتش‌سوزی و یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش‌سوزی، محسوب می‌شود. مهم‌ترین کاربرد این اطلاعات، به کارگیری این اطلاعات در تهیه نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی می‌باشد. از این رو پژوهش حاضر، با هدف تعیین مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی‌ها با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری DEMATEL در مراتع کوهستانی نازلوچای ارومیه، انجام شد.

می‌کند. به عبارت دیگر، این روش از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسات زوجی و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها از یکدیگر می‌باشد. این روش، مقایسات را به صورت سیستماتیک با به کارگیری اصول تئوری گراف، ساختاردهی کرده و ساختار سلسله مراتبی عوامل موجود در سیستم را همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل معیارها، نشان می‌دهد؛ به گونه‌ای که شدت اثر روابط مذکور را به صورت امتیاز عددی معین می‌کند. از برتری‌های این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسات زوجی، پذیرش بازخور روابط است. پذیرش روابط انتقال‌ناپذیر و توانایی نمایش تمام بازخورهای ممکن نیز دلایل ارجحیت این شیوه نسبت به سایر شیوه‌های متکی بر تئوری گراف‌ها است. این تکنیک تاکنون کاربردهای گسترده‌ای داشته و در حوزه‌های مختلف مانند توسعه استراتژی، سیستم‌های مدیریت و مدیریت دانش به کار برده شده است [۱۵]. پایه روش دیماتل، بر اساس این فرض بنا شده که یک سیستم شامل مجموعه‌ای از معیارهاست و مقایسه زوجی روابط میان این معیارها می‌تواند به وسیله معادلات ریاضی، مدل شود. این تکنیک در راستای اهداف راهبردی و عینی از مسایل جهانی و به منظور دسترسی به راه‌حل‌های مناسب، مورد توجه قرار گرفته است [۲۴، ۲۶].

در این ارتباط، جهت ارزیابی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه مندرس از میر ترکیه و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی، از تکنیک‌های چند معیاره، استفاده شد [۷]. محققین بر اساس تحقیقی که بر روی بررسی شاخص‌های خطرناک آتش‌سوزی منابع جنگلی کارناتاکا انجام دادند، اظهار کردند که شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های آتش‌سوزی، ابزار مهمی در مدیریت این پدیده است [۱۷]. در تحقیق دیگری نیز که در زمینه ارزیابی مناطق آسیب‌پذیر در برابر آتش‌سوزی جنگل‌ها در میسوری ایالات متحده آمریکا انجام گرفت، بر اهمیت اقدامات پیشگیرانه در مدیریت آتش‌سوزی تأکید بسیاری شده است [۱]. همچنین به منظور تهیه نقشه پراکندگی

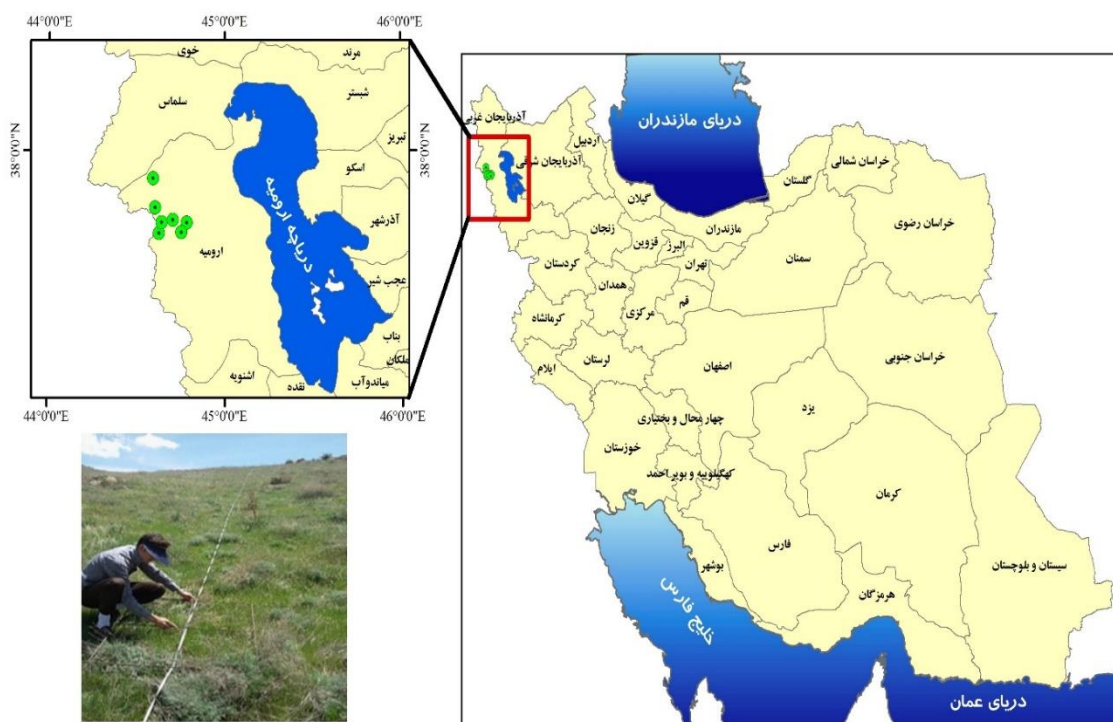
## ۲. روش شناسی

## ۱،۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز نازلوچای ارومیه بین  $44^{\circ} 24'$  تا  $45^{\circ} 53'$  طول شرقی و  $37^{\circ} 30'$  تا  $37^{\circ} 58'$  عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوزه آبخیز  $151883/6$  هکتار می باشد (شکل ۱).

محیط حوزه آبخیز نازلوچای  $260/65$  کیلومتر، حداقل ارتفاع حوزه  $1291$  متر و حداکثر ارتفاع آن  $3600$  متر می باشد. میانگین بلند مدت بارش سالانه آن،  $344/9$  میلی متر می باشد. حداکثر بارش سالانه در بهار و ماه های فروردین و اردیبهشت نازل می شود که  $47/2$  درصد کل بارش های سالانه را شامل می شود. متوسط بلند مدت دمای سالانه نیز  $9/3$  درجه سانتی گراد می باشد. اقلیم منطقه، بر مبنای طبقه بندی اقلیمی دومارتن، نیمه خشک فراسرد ارتفاعی است. اطلاعات پوشش گیاهی هر یک از تیپ های

گیاهی منطقه نیز در جدول (۱) ارائه شده است که گونه های، *Achillea Acanthophyllum baracteatum*، *Alyssum minus Aegilops cslindrica millefolium Annualforbs Anchusa iranica Alyssum strigosum Astragalus Artemisia aucheri Annual grasses Bromus Brassica nigra microcephalus Carex stenophylla Bromus tectorum dannthoniaie Centaurea Centaurea persica Centaurea cyamus Daphne Cousinia spp. Cirsium arvense virgate Euphorbia Echinops sephalotes mucronata Hordeum violaceum Fumaria parviflora aucheri Melica Kochia prostrata Hordeum bulbosum Poa bulbosa Petropyron aucheri persica Verbascum Rosa canina Polygonum arenastrum spp. و *Ziziphora persica* به عنوان گونه های همراه در ترکیب گیاهی رویشگاه مورد بررسی می باشند.*



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط آتش سوزی در مراتع نازلوچای ارومیه

جدول ۱. اطلاعات پوشش گیاهی تیپ‌های گیاهی مراتع کوهستانی نازلوچای

تیپ گیاهی	پوشش تاجی (درصد)	لاشبرگ (درصد)	خاک لخت (درصد)	سنگ و سنگریزه (درصد)
<i>Agropyron libonaticum- Astragalus parrowianus- Noeae mucronata</i>	۵۳	۱۱	۵	۳۱
<i>Astragalus gummifera- Atraphaxis spinose- Agropyron libonaticum</i>	۶۲	۱۲/۳	۴	۲۱/۷
<i>Astragalus gummifera- Eringium billardierii- Stipa barbata</i>	۵۰/۵	۱۰	۷/۲	۳۲/۳
<i>Astragalus gummifera- Festuca ovina- Eringium billardierii</i>	۶۳/۵	۱۵	۶/۵	۱۵
<i>Astragalus gummifera- Hordeum fragilis- Prongos uloptera</i>	۵۶	۱۴	۸/۹	۲۱/۱
<i>Astragalus gummifera- Prongos uloptera- Bromus tomentellus</i>	۶۰/۸	۱۱/۲	۷/۳	۲۰/۷
<i>Astragalus macrostachyis- Noeae mucronata- Stipa barbata</i>	۵۷	۱۳	۵/۴	۲۴/۶
<i>Astragalus parrowianus- Agropyron libonaticum- Noeae mucronata</i>	۵۲/۵	۱۰/۵	۹/۳	۲۷/۷
<i>Atraphaxis spinose- Agropyron libonaticum- Noeae mucronata</i>	۶۰	۱۳/۶	۴/۳	۲۲/۱
<i>Atraphaxis spinose- Noeae mucrona- Stipa barbata</i>	۵۹	۱۱	۸/۳	۲۱/۷
<i>Onobrychis cornuta- Festuca ovina- Bromus tomentellus</i>	۵۴	۱۲	۶/۴	۲۷/۶
<i>Onobrychis cournuta- Festuca ovina- Thymus kotschyianus</i>	۵۵	۱۵	۵/۵	۲۴/۵

مجاورت با منابع آبی، نوع شغل مردم بومی و کاربری اراضی، طبقه‌بندی و بررسی شدند.

### ۳،۲. تعیین معیارها

ابتدا نقشه تیپ‌های گیاهی منطقه بر اساس نمود ظاهری، در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید. هفت سایت از مراتع منطقه نازلوچای ارومیه که در دهه اخیر چندین بار طبق آمار یگان حفاظت منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، دچار آتش سوزی‌های متعدد شده است، انتخاب گردید. موقعیت و مختصات جغرافیایی این سایت‌ها که بیشترین تعداد آتش‌سوزی در آن رخ داده است، در جدول (۲) ارائه شده است. سپس پوشش گیاهی (شامل درصد پوشش تاجی و تراکم) در هر یک از سایت‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی، در هر یک از سایت‌ها، تعداد ۳۰ پلات یک متر مربعی که با فاصله ۱۰ متر از همدیگر در امتداد سه ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر شده‌اند،

### ۲،۲. شناسایی معیارها

وقوع حریق در یک منطقه به عوامل متعددی بستگی دارد که میزان تأثیرگذاری هر یک از این عوامل بنا بر شرایط طبیعی و اقتصادی- اجتماعی خاص هر منطقه، متفاوت است [۲۰]. این عوامل از تعدد و تنوع بالایی برخوردار هستند [۸]. بنابراین، به منظور سهولت در انجام و همچنین درک بهتر روند محاسبات، این پارامترها در چهار گروه اصلی معیارها شامل: معیارهای اقلیمی [۲۸]: دما، بارش، معیارهای توپوگرافی [۴]: شیب، جهت شیب، ارتفاع، معیارهای پوشش گیاهی [۲۸]: وضعیت مرتع، گرایش مرتع، نوع پوشش، تراکم پوشش، درصد پوشش و معیارهای اقتصادی- اجتماعی [۱۹]: جمعیت انسانی، مجاورت با جاده، مجاورت با مناطق مسکونی، مجاورت با زمین‌های کشاورزی، مجاورت با مناطق گردشگری،

گرایش مشخص گردید. پس از انجام مطالعات میدانی و اندازه‌گیری پوشش گیاهی هر یک از سایت‌ها، ماتریس عوامل محیطی و انسانی مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی، به منظور تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آتش‌سوزی، ایجاد گردید.

مستقر شدند. همچنین وضعیت مرتع در هر یک از سایت‌ها با استفاده از روش چهارفاکتوری تعیین گردید و براساس مجموع امتیازات مرتبط با هر عامل، طبقه وضعیت مرتع به عنوان یکی از عوامل مؤثر مشخص شد. ضمن اینکه گرایش پوشش گیاهی در هر یک از سایت‌ها، نیز توسط ترازوی

جدول ۲. مختصات جغرافیایی نقاط آتش‌سوزی

نقاط	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۴۶ ۴۴ ۵۴.۳۶۸E	۴۱ ۹۴ ۴۱۴.۰۴۸N
۲	۴۶ ۵۴ ۲۶.۹۷۲E	۴۱ ۸۲ ۱۲۳.۸۷۱N
۳	۴۶ ۷۱ ۹۵.۳۴۲E	۴۱ ۷۱ ۱۵۹.۹۷۲N
۴	۴۶ ۸۶ ۱۰۰.۰۳۹E	۴۱ ۷۵ ۷۵۷.۷۳۶N
۵	۴۷ ۴۲ ۶۸.۸۲۶E	۴۱ ۷۶ ۸۱۸.۷۵۹N
۶	۴۸ ۱۰ ۷۷.۰۵۳E	۴۱ ۷۵ ۵۸۰.۸۹۹N
۷	۴۷ ۸۵ ۱۲.۹۱۵E	۴۱ ۷۱ ۵۱۳.۶۴۶N

$D = s \times A$  استفاده شد، در این رابطه  $s$  به صورت رابطه (۱) محاسبه شد [۱۶ و ۲۱]:

ماتریس  $D$  نشان‌دهنده تأثیر اولیه‌ای است که یک معیار بر سایر عوامل وارد کرده و از آنان دریافت می‌کند.

۳،۴،۲. محاسبه ماتریس کل (ماتریس مجموع

$$s = \min \left[ \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq m} \sum_{j=1}^n |a_{ij}|}, \frac{1}{\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^m |a_{ij}|} \right] \quad \text{معادله ۱}$$

تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم)

بر اساس قوانین موجود در تئوری گراف‌ها، مجموع آثار مستقیم و غیر مستقیم رئوس بر یکدیگر، با در نظر گرفتن تمامی بازخورهای ممکن بصورت مجموع تصاعد هندسی نامحدود است. لازم به ذکر است که، ماتریس روابط کل  $T$  یک ماتریس  $n \times n$  است که به صورت رابطه (۲) محاسبه شد [۱۶، ۲۱]:

۴،۲. پیاده‌سازی تکنیک DEMATEL در تعیین

عوامل مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی

برای پیاده‌سازی تکنیک DEMATEL گام‌های زیر به کار گرفته شد [۲۷، ۳۰]:

۱،۴،۲. تشکیل ماتریس میانگین

در فضای تصمیم‌گیری، ابتدا نظرات افراد با استفاده از یک طیف ۵ تایی شامل عدم تأثیر تا تأثیر خیلی بالای یک معیار بر معیار دیگر دریافت شد. سپس با استفاده از روش میانگین حسابی، ماتریس میانگین ( $A$ ) به دست آمد. با استفاده از ماتریس میانگین ( $A$ ) نقشه تأثیر مستقیم عوامل ترسیم شد.

۲،۴،۲. محاسبه ماتریس تأثیر روابط مستقیم

بی‌مقیاس شده

در مرحله بعد ماتریس  $D$  با بی‌مقیاس کردن ماتریس  $A$  به دست آمد. جهت بی‌مقیاس کردن ماتریس  $D$  از رابطه



$$i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$D = \left[ \sum_{j=1}^n t_{ij} \right]$$

$$R = \left[ \sum_{i=1}^m t_{ij} \right]^t \quad 1 \times n$$

### ۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

پس از ایجاد ماتریس‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB ورژن R2016a انجام شد.

### ۳. نتایج

#### ۱.۳. تشکیل ماتریس میانگین

ماتریس میانگین با استفاده از روش میانگین حسابی طبق جدول (۳) به دست آمد. در این ماتریس (شیب = A)، (جهت شیب = B)، (ارتفاع = C)، (نوع پوشش = D)، (تراکم پوشش = E)، (درصد پوشش = F)، (جمعیت انسانی = G)، (کاربری اراضی = H)، (مجاورت با جاده = I)، (مجاورت با مناطق مسکونی = J)، (مجاورت با زمین‌های کشاورزی = K)، (مجاورت با منابع آبی = L)، (نوع شغل مردم بومی = M) می‌باشد.

برای تشکیل ماتریس میانگین، با استفاده از نظر کارشناسان، روابط حاکم بر ارتباطات بین همه عوامل A تا M (شیب تا نوع شغل بومی) تعیین شد و ماتریس (۱۳\*۱۳) مقایسات زوجی ایجاد گردید. اعداد این ماتریس معرف میزان تأثیر رابطه بین عوامل است بدین صورت که هر درایه ماتریس (aij) نشان دهنده درجه نفوذ معیار ci را بر zj نشان می‌دهد که از روش میانگین حسابی نظرات کارشناسان مختلف محاسبه گردیده است. دامنه درایه‌های ماتریس بین صفر به معنی بدون تأثیر تا ۴ به معنی بسیار اثرگذار می‌باشد. به طور مثال درایه a13,8 برابر ۳/۷۵ است یعنی تأثیر عامل نوع شغل مردم بومی بر عامل کاربری اراضی بسیار اثرگذار است.

$$T = \sum_{m=1}^{\infty} D^i = D + D^2 + D^3 + \dots$$

$$= D(I + D)D^2 + D^2 + \dots + D^{m-1}$$

معادله ۲

$$= D(I - D)^{-1}(I - D)(I + D + D^2 + D^3 + \dots + D^{m-1}) = D(I - D)^{-1}(I - D^m) = D(I - D)^{-1}$$

در رابطه (۲)، I ماتریس یکه می‌باشد و ماتریس T نیز ماتریس روابط کل است. معیار (i, j) ماتریس T، نشان دهنده تأثیر مستقیم و غیر مستقیم ایجاد شده توسط معیار بر معیار دیگر است.

به دلیل اینکه در برخی موارد معیارها تأثیر مستقیم بر یکدیگر ندارند، ماتریس تأثیرات غیر مستقیم نیز محاسبه شد. بدین منظور از رابطه (۳) استفاده گردید. این ماتریس با استدلالی مشابه با فوق، از مجموع تصاعد هندسی حاصل شد [۱۶، ۲۱]:

$$T = D^2 + D^3 + \dots + D^m$$

$$= D^2(I - D)^{-1}$$

معادله ۳

$$\lim_{m \rightarrow \infty} D^m = 0$$

#### ۴.۴.۲. تعیین میزان تأثیرگذاری و میزان

##### تأثیرپذیری

مجموع سطرها و ستون‌ها به صورت بردار D و R در نظر گرفته شد. D: نشان دهنده سلسله مراتب از معیار تأثیرگذار و R نشان دهنده سلسله مراتب از معیار تأثیرپذیر بود. محور افقی (D + R) که برتری نام دارد از طریق مجموع D و R به دست آمد که میزان اهمیت و مجموع شدت یک معیار هم از نظر تأثیرگذاری و هم تأثیرپذیری می‌باشد. به طور مشابه محور افقی (D - R) نشان دهنده موقعیت یک معیار در طول محور عرض‌ها است و از طریق اختلاف بین D و R محاسبه شد. این موقعیت در صورت مثبت بودن (D - R)، به طور قطع، تأثیرگذار و در صورت منفی بودن آن به طور قطع تأثیرپذیر است [۱۶ و ۲۱]:

$$T = [t_{ij}]_{n \times n}$$

معادله ۴

جدول ۳. تشکیل ماتریس میانگین

	شن	رس	آهک	ماده آلی	سیلت	نفوذپذیری	سیلت+شن ریز	pH	EC
MWD <sub>w</sub>	۰/۱۷۹*	-۰/۲۵۷	۰/۱۴۱	۰/۲۷۴**	۰/۲۶۹**	۰/۲۸۰**	۰/۱۹۴*	۰/۰۱۵	-۰/۰۴۶
MWD <sub>d</sub>	۰/۴۱۹**	-۰/۳۶۳**	۰/۰۸۱	۰/۲۳۳**	-۰/۲۹۴**	۰/۲۲۹**	۰/۲۲۷**	-۰/۰۲۷	-۰/۲۶۱**

محاسبه شد و بیشترین آن در درایه‌های ماتریس میانگین ضرب گردید. با این کار شدت نسبی حاکم بر روابط مستقیم تعیین می‌شود. به همین دلیل مجموع سطرها و ستون‌ها طبق جدول (۴) محاسبه شد

در گام بعدی مجموع سطرها و ستون‌ها طبق جدول (۴) محاسبه شد: برای محاسبه ماتریس نرمال یا ماتریس بی مقیاس شده، معکوس جمع سطری درایه‌های ماتریس میانگین

جدول ۴. به دست آوردن مجموع سطر و ستون ماتریس میانگین (A)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	sum
A	۰	۰	۲/۵	۲/۲۵	۲/۵	۲/۷۵	۰/۷۵	۱/۵	۰	۱	۱	۱	۱/۵	۱۶/۷۵
B	۰/۲۵	۰	۰/۷۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۵	۱	۲/۲۵	۰/۲۵	۱	۱/۵	۱/۵	۱	۱۷/۵
C	۲/۲۵	۰/۷۵	۰	۳/۲۵	۳/۲۵	۳/۲۵	۲/۷۵	۲/۵	۰/۷۵	۲/۵	۲/۷۵	۱/۲۵	۲	۲۷/۲۵
D	۲	۲	۲/۷۵	۰	۲/۵	۳	۲	۲	۰/۷۵	۱	۱/۵	۲/۲۵	۱/۵	۲۶/۲۵
E	۲/۲۵	۲/۲۵	۲/۷۵	۲/۵	۰	۳/۷۵	۲/۲۵	۱/۷۵	۰/۷۵	۱/۲۵	۱	۲/۲۵	۲/۵	۲۵/۲۵
F	۲/۲۵	۲	۲/۷۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۰	۲/۲۵	۲	۰/۷۵	۰/۷۵	۱	۲/۲۵	۲	۲۳/۵
G	۰/۷۵	۴	۲/۲۵	۲/۲۵	۲/۲۵	۲/۲۵	۰	۳	۲/۲۵	۲/۷۵	۲/۵	۲/۲۵	۳/۲۵	۲۹/۷۵
H	۱/۵	۱/۵	۲/۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۲	۲/۲۵	۰	۲	۲/۵	۲/۷۵	۲/۲۵	۳/۷۵	۲۸
I	۰	۰	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱	۳/۲۵	۳/۲۵	۰	۳/۵	۳/۲۵	۲/۲۵	۳/۵	۲۳/۷۵
J	۰/۲۵	۱	۱/۵	۲	۲	۱/۷۵	۳/۷۵	۳/۵	۱/۷۵	۰	۲	۲/۵	۳/۵	۲۵/۵
K	۰/۲۵	۱	۱/۵	۲	۱/۷۵	۲	۳/۷۵	۳/۵	۲	۲	۰	۲/۵	۳/۷۵	۲۶
L	۰/۵	۰/۷۵	۱/۲۵	۳	۳/۲۵	۲/۲۵	۲/۵	۳/۵	۲/۲۵	۳/۲۵	۳/۷۵	۰	۳/۵	۲۹/۷۵
M	۰/۷۵	۰/۲۵	۱/۲۵	۱/۷۵	۲	۲	۲/۵	۳/۵	۲	۳/۵	۳/۲۵	۲/۲۵	۰	۲۵
sum	۱۳	۱۵/۵	۲۳	۲۸/۵	۲۸/۵	۲۸/۵	۲۹	۳۲/۵	۱۵/۵	۲۵	۲۶/۲۵	۲۴/۵	۳۱/۷۵	

در این مرحله ماتریس D با بی مقیاس کردن ماتریس A به دست آمد:

۲,۳. محاسبه ماتریس تأثیر روابط مستقیم بی مقیاس شده



$$S = \min\left[\frac{1}{\max(16.75 - 17.5 - 27.25 - 26.25 - 25.25 - 23.5 - 29.75 - 28 - 23.75 - 25.5 - 26 - 29.75 - 25)}, \frac{1}{\max(13 - 15.5 - 23 - 28.5 - 28.5 - 28.5 - 29 - 32.5 - 15.5 - 25 - 26.25 - 24.5 - 31.75)}\right]$$

S= 0.0357

D= s\* A

هر ورودی از ماتریس A در معکوس بیشترین مجموع ردیفی (α) از آن ماتریس ضرب شد که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. ماتریس نشان دهنده تأثیر اولیه یک معیار بر سایر عوامل

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	.	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۳۵۷	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷
B	.	.	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷
C	/۰.۷۱۴	.	.	/۱.۰۷۱	/۱.۰۷۱	/۱.۰۷۱	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴
D	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۷۱۴	/۱.۰۷۱	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	/۰.۳۵۷
E	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۱.۰۷۱	/۰.۷۱۴	/۰.۳۵۷	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴
F	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	.	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴
G	.	۰,۱۴۲ ۹	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۱.۰۷۱	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۱.۰۷۱
H	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۱.۰۷۱
I	.	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۱.۰۷۱	/۱.۰۷۱	.	/۱.۰۷۱	/۱.۰۷۱	/۰.۷۱۴	/۱.۰۷۱
J	.	/۰.۳۵۷	/۰.۳۵۷	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۰.۳۵۷	/۱.۰۷۱	/۱.۰۷۱	/۰.۳۵۷	.	/۰.۷۱۴	/۰.۷۱۴	/۱.۰۷۱

K	.	۰/۳۵۷	۰/۳۵۷	۰/۷۱۴	۰/۳۵۷	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴
L	.	.	۰/۳۵۷	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴
M	.	.	۰/۳۵۷	۰/۳۵۷	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴	۰/۷۱۴

۳,۳. محاسبه ماتریس کل (ماتریس مجموع

تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم)

در این مرحله، ماتریس معکوس و ماتریس کل (مجموع

تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم) به شرح جدول (۶) و (۷)

تعیین گردید:

بر اساس نتایج جدول (۶) تأثیر عوامل بر یکدیگر به صورت تأثیر مستقیم و تأثیر غیرمستقیم (ناشی از تأثیر هر عامل بر سایر عوامل واسط) محاسبه گردید. این تأثیرات در قالب ماتریس کل (جدول ۷) نمایش داده شد.

جدول ۶. ماتریس معکوس

$$D(I - D)^{-1} =$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	۰/۶۰۰	۰/۷۶۹	۰/۱۶۳۲	۰/۱۹۳۱	۰/۱۹۴۰	۰/۲۰۲۲	۰/۱۲۸۸	۰/۱۷۵۲	۰/۰۵۹۹	۰/۱۳۸۹	۰/۱۴۵۶	۰/۱۴۷۲	۰/۱۷۲۷
B	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C	۰/۰۵۶۵	۰/۰۸۳۳	۰/۰۹۷۳	۰/۱۹۲۴	۰/۱۹۳۴	۰/۲۰۱۵	۰/۱۶۴۲	۰/۲۱۲۲	۰/۰۶۵۹	۰/۱۴۱۱	۰/۱۴۷۸	۰/۱۵۱۰	۰/۱۷۷۳
D	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E	۰/۱۶۰۵	۰/۱۳۵۰	۰/۱۶۰۰	۰/۳۰۵۹	۰/۳۰۷۵	۰/۳۲۰۸	۰/۲۷۸۱	۰/۳۰۴۵	۰/۰۵۹	۰/۲۴۲۶	۰/۲۵۳۳	۰/۲۲۴۷	۰/۳۰۰۲
F	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
G	۰/۱۴۹۳	۰/۱۸۴۵	۰/۲۰۷۵	۰/۱۸۸۳	۰/۲۵۶۸	۰/۲۹۷۵	۰/۲۵۲۰	۰/۲۷۸۹	۰/۰۹۳۲	۰/۱۹۱۸	۰/۲۰۱۷	۰/۲۳۳۹	۰/۲۴۲۹
H	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
I	۰/۱۴۷۹	۰/۱۸۳۳	۰/۲۰۶۲	۰/۲۵۴۰	۰/۱۸۹۷	۰/۲۹۷۰	۰/۲۵۱۸	۰/۲۴۸۵	۰/۰۹۳۳	۰/۱۹۲۶	۰/۲۰۲۵	۰/۲۳۳۶	۰/۳۷۲۸
J	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
K	۰/۱۴۴۵	۰/۱۷۷۵	۰/۲۰۰۹	۰/۲۴۶۲	۰/۲۴۸۵	۰/۱۹۲۱	۰/۲۴۳۱	۰/۲۷۰۰	۰/۰۹۱۳	۰/۰۱۵۶۶	۰/۱۹۶۳	۰/۲۲۶۴	۰/۲۶۴۴
L	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
M	۰/۰۹۸۱	۰/۲۸۰۳	۰/۲۴۲۳	۰/۳۰۷۵	۰/۳۱۰۲	۰/۳۲۱۶	۰/۲۵۲۰	۰/۳۸۴۸	۰/۱۹۵۴	۰/۲۸۲۳	۰/۲۹۳۶	۰/۲۸۸۲	۰/۳۷۵۹
H	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
I	۰/۱۲۳۷	۰/۱۶۸۹	۰/۲۳۰۳	۰/۲۸۵۲	۰/۲۸۷۸	۰/۲۹۸۲	۰/۲۹۶۷	۰/۲۶۰۸	۰/۱۸۴۷	۰/۰۲۶۴۶	۰/۲۷۴۵	۰/۲۶۹۰	۰/۳۵۲۲
J	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
K	۰/۰۷۹۴	۰/۱۳۳۷	۰/۱۹۱۱	۰/۲۴۴۰	۰/۲۴۵۶	۰/۲۵۳۴	۰/۳۲۵۸	۰/۳۵۶۱	۰/۱۲۵۰	۰/۲۹۵۸	۰/۳۰۴۲	۰/۰۲۶۴۶	۰/۳۵۱۸
L	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰
M	۰/۰۸۳۰	۰/۰۱۶۶۴	۰/۱۸۸۹	۰/۲۷۲۰	۰/۲۷۴۵	۰/۲۵۳۳	۰/۳۱۵۸	۰/۳۴۵۴	۰/۱۵۱۳	۰/۱۸۸۳	۰/۲۶۳۵	۰/۲۵۸۸	۰/۳۴۰۱
K	۰/۰۸۵۵	۰/۱۷۰۷	۰/۱۹۵۱	۰/۲۷۹۳	۰/۲۵۱۳	۰/۲۹۱۶	۰/۳۲۶۳	۰/۳۵۸۰	۰/۱۸۸۷	۰/۳۶۳۷	۰/۲۰۶۷	۰/۲۶۷۴	۰/۳۵۱۶
L	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱
M	۰/۱۰۰۸	۰/۱۵۴۸	۰/۲۱۷۳	۰/۳۳۸۱	۰/۳۳۹۹	۰/۳۲۲۰	۰/۳۲۵۷	۰/۳۸۷۴	۰/۲۰۰۷	۰/۳۱۷۲	۰/۳۲۷۹	۰/۲۲۷۰	۰/۳۸۲۵
M	۰/۰۸۳۱	۰/۱۳۲۰	۰/۱۹۰۲	۰/۲۴۲۳	۰/۲۷۴۰	۰/۲۸۲۸	۰/۲۹۰۸	۰/۳۴۸۹	۰/۱۸۵۲	۰/۲۸۸۴	۰/۲۹۷۸	۰/۰۲۶۱۶	۰/۲۴۸۹
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱

$$D(I - D)^{-1} =$$

جدول ۷. ماتریس کل

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	۰/۰۶۰۰	۰/۰۷۶۹	۰/۱۶۳۲	۰/۱۹۳۱	۰/۱۹۴۰	۰/۲۰۲۲	۰/۱۲۸۸	۰/۱۷۵۲	۰/۰۵۹۹	۰/۱۳۸۹	۰/۱۴۵۶	۰/۱۴۷۲	۰/۱۷۲۷
B	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
C	۰/۰۵۶۵	۰/۰۸۳۳	۰/۰۹۷۳	۰/۱۹۲۴	۰/۱۹۳۴	۰/۲۰۱۵	۰/۱۶۴۲	۰/۲۱۲۲	۰/۰۶۵۹	۰/۱۴۱۱	۰/۱۴۷۸	۰/۱۵۱۰	۰/۱۷۷۳
D	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
E	۰/۱۶۰۵	۰/۱۳۵۰	۰/۱۶۰۰	۰/۳۰۵۹	۰/۳۰۷۵	۰/۳۲۰۸	۰/۲۷۸۱	۰/۳۰۴۵	۰/۱۰۵۹	۰/۲۴۲۶	۰/۲۵۳۳	۰/۲۲۴۷	۰/۳۰۰۲
F	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
G	۰/۱۴۹۳	۰/۱۸۴۵	۰/۲۰۷۵	۰/۱۸۸۸	۰/۲۵۶۸	۰/۲۹۷۵	۰/۲۵۲۰	۰/۲۷۸۹	۰/۰۹۳۲	۰/۱۹۱۸	۰/۲۰۱۷	۰/۲۳۳۹	۰/۲۴۲۹
H	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
I	۰/۱۴۷۹	۰/۱۸۳۳	۰/۲۰۶۲	۰/۲۵۴۰	۰/۱۸۹۷	۰/۲۹۷۰	۰/۲۵۱۸	۰/۲۴۸۵	۰/۰۹۳۳	۰/۱۹۲۶	۰/۲۰۲۵	۰/۲۳۳۶	۰/۲۷۲۸
J	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
K	۰/۱۴۴۵	۰/۰۷۷۵	۰/۲۰۰۹	۰/۲۴۶۲	۰/۲۴۸۵	۰/۱۹۲۱	۰/۲۴۳۱	۰/۲۷۰۰	۰/۰۹۱۳	۰/۰۱۵۶۶	۰/۱۹۶۳	۰/۲۲۶۴	۰/۲۶۴۴
L	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
M	۰/۰۹۸۱	۰/۰۸۰۳	۰/۲۴۲۳	۰/۳۰۷۵	۰/۳۱۰۲	۰/۳۲۱۶	۰/۲۵۲۰	۰/۳۸۴۸	۰/۱۹۵۴	۰/۲۸۲۹	۰/۲۹۳۶	۰/۲۸۸۲	۰/۳۷۵۹
H	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
I	۰/۱۲۳۷	۰/۰۶۸۹	۰/۲۳۰۳	۰/۲۸۵۲	۰/۲۸۷۸	۰/۲۹۸۲	۰/۲۹۶۷	۰/۲۶۰۸	۰/۱۸۴۷	۰/۰۲۶۴۶	۰/۲۷۴۵	۰/۲۶۹۰	۰/۳۵۲۲
J	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
K	۰/۰۷۹۴	۰/۱۳۳۷	۰/۱۹۱۱	۰/۲۴۴۰	۰/۲۴۵۶	۰/۲۵۳۴	۰/۳۲۵۸	۰/۳۵۶۱	۰/۱۲۵۰	۰/۲۹۵۸	۰/۳۰۴۲	۰/۰۲۶۴۶	۰/۳۵۱۸
L	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
M	۰/۰۸۳۰	۰/۰۱۶۶۴	۰/۱۸۸۹	۰/۲۷۲۰	۰/۲۷۴۵	۰/۲۵۳۳	۰/۳۱۵۸	۰/۳۴۵۴	۰/۱۵۱۳	۰/۱۸۸۳	۰/۲۶۳۵	۰/۲۵۸۸	۰/۳۴۰۱
K	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
L	۰/۰۸۵۵	۰/۰۷۰۷	۰/۱۹۵۱	۰/۲۷۹۸	۰/۲۵۱۳	۰/۲۹۱۶	۰/۳۲۶۳	۰/۳۵۸۰	۰/۱۸۸۷	۰/۲۶۳۷	۰/۲۰۶۷	۰/۲۶۷۴	۰/۳۵۱۶
M	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
A	۰/۱۰۰۸	۰/۰۵۴۸	۰/۲۱۷۳	۰/۳۳۸۱	۰/۳۳۹۹	۰/۳۲۲۰	۰/۳۲۵۷	۰/۳۸۷۴	۰/۲۰۰۷	۰/۳۱۷۲	۰/۳۲۷۹	۰/۲۲۷۰	۰/۳۸۲۵
B	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
M	۰/۰۸۳۱	۰/۱۳۲۰	۰/۱۹۰۲	۰/۲۴۲۳	۰/۲۷۴۰	۰/۲۸۲۸	۰/۲۹۰۸	۰/۳۴۸۹	۰/۱۸۵۲	۰/۲۸۸۴	۰/۲۹۷۸	۰/۰۲۶۱۶	۰/۲۴۸۹
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

### ۴.۳. ماتریس میزان تأثیرگذاری و میزان

#### تأثیرپذیری

پس از محاسبه ماتریس کل، مجموع درایه‌های هر سطر متناظر با هر عامل تعیین شد که میزان تأثیرگذاری هر عامل را مشخص می‌کند، جدول (۸).

بر اساس نتایج جدول (۸) عامل مجاورت با منابع آبی بیشترین تأثیر گذاری (۳/۶۴۱۴) و عامل جهت شیب کمترین تأثیرگذاری (۱/۸۰۳۹) را بر پدیده آتش‌سوزی دارا است.

جدول ۸. میزان تأثیرگذاری

D=	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	۱/۸۰۷۸	۱/۸۰۳۹	۳/۰۹۹۰	۲/۷۷۸۸	۲/۷۷۳۱	۲/۶۵۷۷	۳/۶۳۲۹	۳/۲۹۶۵	۳/۱۷۰۴	۳/۱۰۱۳	۳/۲۳۶۵	۳/۶۴۱۴	۳/۱۲۶۱

به دست آمده، عامل کاربری اراضی (۳/۹۳۰۸) بیشترین تأثیرپذیری و عامل جهت شیب کمترین تأثیرپذیری (۱/۰۴۷۵) را دارا است.

پس از محاسبه ماتریس کل، مجموع درایه‌های هر ستون متناظر با هر عامل تعیین شد که میزان تأثیرپذیری هر عامل را مشخص می‌کند، جدول (۹). بر اساس نتایج

جدول ۹. میزان تأثیرپذیری

R=

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
۱/۳۷۲۳	۱/۰۴۷۵	۲/۴۹۰۳	۳/۳۴۹۴	۳/۳۷۳۳	۳/۵۳۴۰	۳/۴۵۱۳	۳/۹۳۰۸	۱/۷۴۰۴	۲/۹۶۴۳	۳/۱۱۵۴	۳/۰۵۳۴	۳/۸۳۳۲

در این مرحله ترتیب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها نسبت به یکدیگر با توجه به مقادیر D و R، در قالب جدول (۱۰) ارائه گردید.

۵.۳. ترتیب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

جدول ۱۰. ترتیب میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارها نسبت به یکدیگر

ترتیب واقع شدن معیار	بر اساس (D+R)	ترتیب واقع شدن معیار	بر اساس (D-R)
<b>H</b>	۷/۷۰۷۳	<b>I</b>	۱/۴۳
<b>G</b>	۷/۶۸۴۲	<b>C</b>	۰/۶۰۸۷
M	۶/۹۵۹۳	L	۰/۵۸۸
L	۶/۶۹۴۸	G	۰/۱۸۱۶
K	۶/۳۵۱۹	A	۰/۱۵۵۵
F	۶/۱۹۱۷	K	۰/۱۲۱۱
E	۶/۱۴۶۴	J	۰/۱۳۷
D	۶/۱۲۸۲	D	-۰/۵۷۰۶
J	۶/۰۶۵۶	E	-۰/۶۰۰۲
C	۵/۵۸۹۳	H	-۰/۶۳۴۳
I	۵/۴۴۰۱	F	-۰/۷۱۱۶
A	۳/۲۲۰۱	B	-۰/۷۶۳۶
B	۲/۸۴۱۴	M	-۰/۸۷۶۳

آنچه قبل از آتش‌سوزی مهم است و باید به آن توجه ویژه داشت، پیشگیری قبل از وقوع آتش‌سوزی است. تحقیقات در زمینه آتش‌سوزی باعث می‌شود تا مدیران و برنامه‌ریزان برای مقابله با این بحران، برنامه‌های مدیریتی پیشرفته‌تری تنظیم نمایند. استفاده از چندین معیار به جای یک معیار با کاربرد روش دیماتل، خطاهای احتمالی ناشی از عدم لحاظ همه جوانب امر مرتبط با بررسی یک پدیده (آتش‌سوزی) را تا حدودی جبران می‌کند [۶، ۱۰]. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، عامل‌های کاربری اراضی و جمعیت نیروی انسانی، تعامل بیشتری با سایر عناصر سیستم دارند و وزن این عوامل بر وقوع پدیده آتش‌سوزی بیشتر است. همچنین بر اساس نتایج بردار ارتباط که معرف قطعیت یک معیار به‌عنوان معیار تأثیرگذار است، عوامل مجاورت با جاده (۱/۴۳) و ارتفاع (۰/۶)، بیشترین تأثیرگذاری را بر مجموعه عناصر دیگر در زمینه وقوع حریق در مراتع را دارند. بنابراین، در تهیه نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی عوامل مجاورت با جاده و ارتفاع بیشترین وزن را باید داشته باشند. در این زمینه، در تحقیقی تحت عنوان تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی در سه حوزه جنگلی استان گیلان به این نتیجه رسیدند که مجاورت به جاده‌ها و مناطق مسکونی از معیارهای اصلی هستند که حتی عوامل توپوگرافیک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نقش بارزی در وقوع حریق دارند [۳۲] که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. در تحقیقی که بر روی بررسی مناطق پر خطر آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان، بر اساس شاخص خطر آتش‌سوزی انجام گرفت، چنین نتیجه‌گیری شد که نزدیکی به جاده به دلیل افزایش دسترسی انسان، احتمال بروز آتش‌سوزی‌ها را افزایش می‌دهد [۱۴] که این نتیجه با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

در تحقیقی تهیه نقشه نواحی دارای خطر آتش‌سوزی جنگل بر پایه گونه‌های جنگلی، فاصله تا جاده، فاصله تا

اعداد موجود در جدول (۱۰) بدین شرح تفسیر می‌گردند:

**R+D:** بردار برتری، که بردار افقی بوده و میزان تأثیر و تأثر عامل مورد نظر در سیستم است. به عبارت دیگر هرچه مقدار R+D عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عناصر سیستم دارد، بنابراین، عامل‌های کاربری اراضی و جمعیت نیروی انسانی، تعامل بیشتری با سایر عناصر سیستم دارند و وزن این عوامل بر وقوع پدیده آتش‌سوزی بیشتر است. **R-D:** بردار ارتباط، که بردار عمودی بوده و مقدار نهایی تأثیرگذاری هر عامل بر مجموعه عناصر دیگر سیستم را نشان می‌دهد. بنابراین، بر اساس نتایج بردار ارتباط، عوامل مجاورت با جاده و ارتفاع بیشترین تأثیرگذاری را بر مجموعه عناصر دیگر در زمینه وقوع حریق در مراتع را دارند.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات زیادی برای بهینه‌سازی عملکرد مدیریت پدیده آتش‌سوزی انجام شده است. با این حال، در تعداد کمی از این تحقیقات تعامل و روابط بین عوامل تأثیرگذار مورد توجه قرار گرفته است. حتی در بسیاری از آن‌ها به صورت علمی، چگونگی انتخاب فاکتورهای تأثیرگذار بیان نگردیده است. بنابراین داشتن یک متد علمی در بهینه‌سازی عملکرد مدیریت پدیده آتش‌سوزی ضروری به نظر می‌رسد که در تحقیقی که انجام دادند [۴] بر اهمیت شناسایی تعامل و روابط بین عوامل تأثیرگذار برای بهینه‌سازی عملکرد مدیریت تأکید کردند. همچنین در تحقیقی که در زمینه مدیریت محیط زیست توسط محققین کره‌ای انجام گردید چنین بیان شد که از آنجایی که بهینه‌سازی کلیه عوامل تأثیرگذار در مدیریت هر پدیده‌ای، غیر عملی است، یک روش عملی در مدیریت، یافتن فاکتورهای بحرانی و تأثیرگذار در رخداد یک پدیده است [۲۹].

پوشش گیاهی، شیب، جهت، ارتفاع، فاصله از جاده و مناطق مسکونی گزارش کردند [۲۵]. همچنین، در تحقیقی که در زمینه پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی با استفاده از مدل-سازي شبکه باور لیزین در استان چهارمحال و بختیاری انجام شد، عامل دسترسی به جاده را به دلیل افزایش تردد و حضور گردشگران عامل خطرپذیری آتش‌سوزی ذکر کردند [۲۲].

با توجه به اینکه شناسایی مهمترین عوامل تأثیرگذار بر وقوع آتش‌سوزی یکی از اقدامات اساسی در مدیریت اراضی مرتعی و در نتیجه کاهش خسارت‌های ناشی از این پدیده و یکی از ابزارهای اساسی جهت دستیابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش‌سوزی محسوب می‌شود، پیشنهاد می‌گردد که برای نواحی اقلیمی متفاوت این بررسی انجام شود.

مدیریت ریسک و پیشگیری از حریق مهم‌ترین مرحله مدیریت حریق می‌باشد. مهم بودن این مرحله به این دلیل است که اگر در انجام این مرحله موفق عمل شود، آتش‌سوزی کمتری رخ می‌دهد. با پیشگیری از حریق، خسارات به عرصه‌ها کمتر می‌شود و کار طاقت فرسای اطفاء حریق نیز نیاز نمی‌باشد. به هر میزان که در این مرحله سرمایه‌گذاری شده و هزینه صرف شود، از خسارات اقتصادی حریق و همچنین هزینه‌های بعدی مانند اطفاء حریق و بازسازی منطقه کاسته می‌شود. در صورت انجام این مرحله با دقت و توأم با موفقیت، عرصه‌های کمتری آتش گرفته و توده‌های بسیار بارزش جنگلی و مرتعی حفظ می‌شود که خود این امر سبب کاهش خسارات جبران ناپذیر می‌گردد. شناسایی مهمترین عوامل تأثیرگذار بر آتش‌سوزی، در زمینه پیشگیری از حریق و شناسایی مناطق بحرانی آتش‌سوزی کارا می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت که این اطلاعات در اختیار مدیران قرار می‌گیرد تا مرحله پیشگیری حریق آگاهانه‌تر و علمی‌تر انجام شود. مهم‌ترین کاربرد این اطلاعات، به‌کارگیری این اطلاعات در تهیه نقشه‌های ریسک آتش‌سوزی می‌باشد. زیرا هرچه اطلاعات ورودی نقشه‌های ریسک دقیق‌تر باشد و از تکنیک‌های

رودخانه‌های دائمی، شیب و جهت جغرافیایی برای ناحیه‌ای در مرکز پرتغال انجام شد که مشخص گردید مناطقی که خطرات بیشتری دارند، دارای این ویژگی‌ها می‌باشند: فاصله از جاده کمتر از ۲۵ متر، شیب بیشتر از ۴۰ درصد، منطقه درخت‌زار یا بوته‌زار، فاصله از رودخانه دائمی بیشتر از ۳۰ متر و جهت جغرافیایی منطقه بین ۱۳۵ و ۲۲۵ درجه است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد [۲]. براساس نتایج تحقیقی که برای شناسایی مناطق حساس به حریق در جنگل‌های هندوستان انجام شد، مشخص گردید که فاکتورهای مؤثر بر وقوع آتش‌سوزی جنگل به ترتیب پوشش گیاهی، شیب و فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها بودند، در صورتی که بر اساس نتایج این تحقیق، نزدیکی به جاده بیشترین اهمیت را دارا بود و پوشش گیاهی تأثیرپذیر بود [۱۳]. در تحقیق دیگری نیز، که مناطق پرخطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های گالی پولی ترکیه را تعیین کردند، نتایج تحقیقشان نشان داد که در مناطق با پوشش گیاهی خشک، شیب زیاد، جهت جنوبی، نزدیک به جاده و مناطق مسکونی، پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی بالاست [۹] که با نتایج این تحقیق، هم‌خوانی دارد. ارتباط میان احتمال وقوع آتش‌سوزی و پارامترهای مختلف زیست محیطی را با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای مدلسازی کردند و مدلی را برای احتمال وقوع آتش‌سوزی بر اساس مشخصات توپوگرافی، قابلیت دسترسی، نوع پوشش و تاریخچه آتش‌سوزی در مناطق مدیرانه‌ای ارائه دادند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که وقوع آتش‌سوزی با فاکتورهای محیطی در مقیاس‌های مکانی مختلف ارتباط زیادی دارد و اغلب مناطق خطر وقوع آتش‌سوزی در بوته‌زارها و شیب‌های تند واقع شده است [۱۸]. بر اساس نتایج تحقیقی که در هیمالیا در زمینه تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی انجام گرفت، مشخص گردید که مناطقی که دارای ریسک آتش‌سوزی بالای می‌باشند، بیشتر در نواحی با ارتفاع زیاد قرار دارند [۵]. در تحقیقی که خطر آتش‌سوزی جنگل در منطقه دهرادون هند را زون‌بندی کردند، فاکتورهای مؤثر بر پدیده آتش‌سوزی را رطوبت،

مدیران برای پیشگیری در مناطق با ریسک بالا متمرکز شده و در نتیجه آتش‌سوزی کمتری اتفاق بیفتد.

قوی‌تری برای تهیه آن‌ها استفاده شود، به تبع نقشه‌های ریسک دقیق‌تری نیز تهیه می‌گردند که سبب می‌گردد،

## References

- [1] Akinola, O. V. and Adegoke, J. (2018). Assessment of forest fire vulnerability zones in Missouri, United States of America. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 1–7.
- [2] 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.
- [3] Amiri, T. (2019). Determining the location of observation towers in the rapid detection of forest fires using the geographic information system, *Journal of Mapping and Spatial Information Engineering*, 10(2):1-11.
- [4] Burges, R. (2011). Development of a spatial, dynamic, fuzzy fire risk model for Chitwan District, Nepal. *Geo-Information Science and Earth Observation for Environmental Modeling and Management*, 96 p.
- [5] Chavan, M.E., Das, K.K. and Suryawanshi, R.S. (2012). Forest fire risk zonation using Remote Sensing and GIS in Huynial watershed, Tehri Garhwal district, UA. *International Journal of Basic and Applied Research*, 2: 6-12.
- [6] Chuvieco, E., Aguado, I., Jurdao, S., Pettinari, M.L., Yebra, M., Salas, J., Hantson, S., de la Riva, J., Ibarra, P., Rodrigues, M., Echeverria, M., Azqueta, D., Roman, M.V., Bastarrিকা, A., Martinez, S., Recondo, C., Zapico, E., and Martinez-Vega, F.J. (2012). Integrating geospatial information into fire risk assessment. *International Journal of Wildland Fire*, 23(5): 606-619.
- [7] Çolak, E. and Sunar, F. (2020). Evaluation of forest fire risk in the Mediterranean Turkish forests: A case study of Menderes region, Izmir. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45, 471-479.
- [8] Elmas, C. and Sonmez, Y. (2011). A data fusion framework with novel hybrid algorithm for multi-agent. *Decision Support System for Forest Fire Cetin*. *Journal of Expert Systems with Applications*, 38: 9225-9236.
- [9] Erten, E., Kurgun, V. and Musaolu, N. (2005). Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Imagery and GIS, a Case Study: Civil Engineering Faculty, *Journal of Remote Sensing Division*, 15(3): 1-7.
- [10] Gandhi, S., Mangla, S.K., Kumar, P. and Kumar, D. (2015). Evaluation factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL, A case study: Indian manufacturing company. *International Journal of Strategic Management Review*, 3(2): 96–109.
- [11] Gerdzheva, A.A. (2014). A Comparative analysis of different wildfire risk assessment models (a case study for smolyan district, Bulgaria). *European Journal of Geography*, 5(3): 22-36.
- [12] Han, Y. and Deng, Y. (2018). An enhanced fuzzy evidential DEMATEL method with its application to identify critical success factors. *Journal of Soft Computing*, 22(15), 5073–5090.
- [13] 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.
- [14] Janbaz Ghobadi, GH., 2019. Investigation of forest fire risk areas in Golestan province based on fire risk index Using GIS, *Iranian Journal of Space Analysis of Environmental Hazards*, 6 (3):89-109.
- [15] Ju, Y., Wang, A. and You, T. (2014). Emergency alternative evaluation and selection based on ANP, DEMATEL, and TL-TOPSIS. *Journal of Natural Hazards*, 75(52): 347–379.
- [16] Kilic, H. and Yalcin, AS. (2020). Comparison of municipalities considering environmental sustainability via neutrosophic DEMATEL based TOPSIS. *Socio-Economic Planning Sciences, Elsevier*, 23, 117-128.
- [17] Konkathi, P., Shetty, A., Kolluru, V., Yathish, P. and Pruthviraj, U. (2019). Static Fire Risk Index for the Forest Resources of Karnataka. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 115-117.



- [18] Lozano, F.J., Suarez-Seoane, S., Kelly, M. and Luis, E. (2008). A multi-scale approach for modeling fire occurrence probability using satellite data and classification trees: A case study in a mountainous Mediterranean region, *Journal of Remote Sensing of Environment*, 112: 708-719.
- [19] Martinez, J., Vega-Garcia, C. and Chuvieco, E. (2009). Human caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90(2): 1241–1252.
- [20] Mobarghai, N., Sherzei, G.H.A. Makhdom, M., Yavari, A.R. and Jafari, H.R. (2009). The Spatial Valuation Forests of Iran. *Journal of Environmental Science*, 35(3): 57-68.
- [21] Mohammad Yazdi, A., Nedjati, E. and Zarei, R. (2020). A novel extension of DEMATEL approach for probabilistic safety analysis in process systems. *Safety Science journal*, 121, 119-136.
- [22] Naghipour, A. (2018). Forecasting the occurrence of fire using modeling of Bavarian Lizin network in Chaharmahal and Bakhtiari province, *Rangeland Scientific Research Journal*, 13 (1): 90-100.
- [23] Sakellariou, S., Tampekis, S., Samara, F., Flannigan, M., Jaeger, D., Christopoulou, O. and Sfougaris, A. 2018. Determination of fire risk to assist fire management for insular areas: the case of a small Greek island *Journal of Forestry Research*, 13, 178-188.
- [24] Sheng-Li, Si., Xiao-Yue, Y., Hu-Chen, L. and Zhang, P. (2018). DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications. *Mathematical Problems in Engineering Journal*, 41, 127-136.
- [25] Thakur, A.K. and Singh, D. (2014). Forest Fire Risk Zonation Using Geospatial Techniques and Analytic Hierarchy Process in Dehradun District, Uttarakhand, India. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 4(2): 82-89.
- [26] Tseng, M. L. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Journal of Expert Systems with Applications*, 36, 7738-7748.
- [27] Tzeng, G.H. and Huang, J.J. (2011). *Multiple Attribute Decision making methods and application*, Taylor and Francis Group.
- [28] Vadrevu, K.P., Eaturu, A., Badarinath. K. (2010). Fire risk evaluation using multi criteria analysis– a case study. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 166(2): 223–239.
- [29] Xue-qian, Sh., Moxian, S., Kai, H. and Wen, J. (2019). An improved evidential DEMATEL identify critical success factors under uncertain environment. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 16 (3), 113-121. <https://doi.org/10.1007/s12652-019-01546-1>.
- [30] Yang, J.L. and Tzeng, G.H. (2011). An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster-weighted with ANP method. *Journal of Expert system with applications*, 38(2): 1417- 1424.
- [31] Yiliadis, L.S. (2005). A decision support system applying an integrated fuzzy model for long-term forest fire risk estimation. *Environmental Modelling and Software*, 20(5): 613–621.
- [32] Zarrakar, A., Kazemi Zamani, B., Ghorbani, S., Ashegh Maala, M. and Jafari, HR. (2013). Spatial Distribution Mapping of Forest Fire Risk Using Decision Making Method Multi Criteria and GIS in Three Forest Areas of Guilan Province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21 (2): 230- 218.
- [33] Zhou, L., Dai, G., Qin, R., Tang, M. and Qiu, J. (2018). Risk Analysis of Gob Coal Spontaneous Combustion in Methane-Rich, Combustion-Prone Coal Seam Based on Intuitionistic Fuzzy DEMATEL. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 18(4), 975–987.