اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on
Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

بررسی توزیع مکانی عوامل پویای مؤثر درآتش‌سوزی در استان گلستان با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور

عبدالله وکیلی [۱*]، دکتر علی اسماعیلی [۲] فرزین ناصری [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سنجش‌ازدور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
۲- استادیار گروه مهندسی سنجش‌ازدور، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان
۳- استادیار گروه مهندسی سیستم‌های اطلاعات مکانی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان

چکیده :

آتش‌سوزی‌ها می‌تواند یک پدیده فاجعه‌بار که باعث سوختن میلیون‌ها هکتار در سطح جهان در هرسال و میلیاردها دلار خسارت باشند. آتش‌سوزی می‌تواند تخریب جنگل‌ها را تشدید کند و نوع کاربری زمینی را تغییر دهد این مسئله به‌ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم‌آبی جهان بشمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد بسیار حائز اهمیت است منطقه مورد مطالعه استان گلستان می‌باشد آمار آتش‌سوزی از سال ۱۳۸۴-۱۳۹۳ در این منطقه‌ی بنا به گزارش سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان میانگین فراوانی آتش‌سوزی در این ده سال ۱۶۲ مورد هست و بیشترین آتش‌سوزی در سال ۱۳۸۹ و به مساحت ۳۷۴۴ هکتار رخ‌داده است و همچنین تعداد منابع کمی موجود برای مقابله با این مشکلات هستند. برای اینکه با این فاجعه مقابله کنیم نیازمند شناخت عوامل آن می‌باشد و همچنین بررسی توزیع مکانی عوامل می‌باشد یکی از عوامل مهم، عوامل کوتاه مدت یا پویا که شامل پوشش گیاهی، درجه حرارت و بارش است نتایج بررسی این عوامل نشانن داد که عامل دما در ۵ سال بررسی‌شده تغییرات ماهیانه به‌صورت یک تابع گوسی بوده است این عامل نشان می‌دهد که در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت (آگست) بیشترین درجه حرارت را داشته است در عامل پوشش گیاهی اواخر ماه مارس، آوریل و مه پوشش گیاهی افزایش‌یافته است که با افزایش چگالی پوشش گیاهی، عمل احتراق صورت نمی‌گیرد پس در این ماه‌ها عامل احتراق آتش‌سوزی کمتر می‌شود و در عامل بارش که شاخص خشک‌سالی CZI استفاده شد برای سال‌های مختلف تغییرات ماهیانه متفاوت می‌باشد برای سال ۲۰۱۴ در ماه فوریه خشک‌سالی بیشتری نسبت به ماه‌های دیگر می‌باشد و همچنین اگر خشک‌سالی بیشتر باشد رطوبت کمتر است. درنتیجه با بودن پوشش گیاهی مناسب و درجه حرارت بالا می‌تواند عمل احتراق رخ دهد

واژه‌های کلیدی : آتش‌سوزی، عوامل آتش‌سوزی پویا، استان گلستان، سنجنده مادیس، شاخص خشک‌سالی

نویسنده مکاتبه کننده : عبدالله وکیلی
آدرس پستی : .استان گلستان شهرستان آق قلا
تلفن : 09361529762
آدرس پست الکترونیک : Abdollah.vakili@gmail.com

۱- مقدمه

جنگل‌ها مهم‌ترین منبع طبیعی و اکولوژیکی در کره زمین بشمار می‌آیند و عملکرد آن‌ها نقش اساسی در حفظ تعادل در چرخه طبیعت دارند علاوه بر این جنگل‌ها مانع وقوع بسیاری از بلایای طبیعی بوده و آنها می‌توانند با تهدیدهای بزرگی انسانی مقابله کند [۱]. جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده نقش حیاتی در استمرار حیات و حفظ و پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌نمایند. این مسئله به‌ویژه در ایران که در زمره کشورهای خشک و کم آبی جهان بشمار می‌رود و از محدودیت شدید پوشش گیاهی رنج می‌برد بسیار حائز اهمیت است [۲].

بسیاری از متغیرهای محیطی و انسانی مربوط به آتش‌سوزی و دانستن آن‌ها به درک وقوع آتش‌سوزی و برای تعیین خطر آتش‌سوزی لازم است. [۳] گونه‌های پوشش گیاهی و تراکم، رطوبت، مجاورت با شهرک‌سازی، فاصله از جاده‌های بین متغیرها هست. [۴-۶]. به‌منظور شناخت عوامل مؤثر به خطر آتش‌سوزی، لازم است به بررسی آتش‌سوزی در محیط اطراف بپردازیم. کانتریمن در سال ۱۹۷۲ شرایط آتش‌سوزی محیط اطراف به‌عنوان "شرایط احاطه‌کننده، تأثیرات و تغییر نیروهای خارجی" که رفتار یک آتش را تعیین می‌کنند تعریف کردند. توپوگرافی، سوخت و آب‌وهوا سه بعد مهم تشکیل‌دهنده‌ی سه ضلع مثلث شرایط آتش‌سوزی است [۷].

فریده محمدی در سال ۱۳۸۹، اقدام به تهیه نقشه نواحی پرخطر آتش‌سوزی جنگل بر پایه عوامل پوشش گیاهی، فیزیوگرافی، اقلیمی، انسانی و فاصله از جاده‌ها و رودخانه‌ها در بخشی از حوضه پاوه رود در شمال غربی استان کرمانشاه به وسعت ۱۴۸۸۰ هکتار انجام دادند. نتایج نشان داد که ۹۰ درصد از مناطق آتش‌گرفته در پهنه‌هایی با خطر زیاد قرار دارند [۸].

آقای رحیمی و اسماعیلی در سال ۱۳۸۹ در مطالعه‌ای پتانسیل آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع با استفاده از داده‌ها و تکنیک‌های سنجش‌ازدور بررسی کرده‌اند. درواقع در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده مادیس و تکنیک‌های سنجش‌ازدور و همچنین داده‌های بارندگی و دما، اثر پوشش گیاهی و وضعیت سلامت و کیفیت آن بر روی پتانسیل آتش‌سوزی در جنگل‌های شهر مریوان نمایش داده‌اند. مطالعه و بررسی داده‌های هواشناسی نشان می‌دهد که پارامتر دما در افزایش و کاهش تعداد آتش‌سوزی‌های این سال‌ها تأثیر چندانی نداشته است ولی مقادیر شاخص NDVI و داده‌های بارندگی برخلاف داده‌های دما، در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۹ نوسانات چشمگیری داشته است با توجه به وابستگی بسیار زیاد وضعیت پوشش گیاهی به بارندگی، فرض ارتباطی معنی‌دار میان کیفیت و کمیت آتش‌سوزی‌های سال‌های 2007 تا 2009 و مقدار شاخص NDVI منطقی به نظر می‌رسد در سال‌های پرباران و با مقادیر شاخصNDVI بالا شاهد آتش‌سوزی‌های بیشتری می‌باشد چراکه در بهار با وضعیت خوب از بارندگی باعث سلامت و تراکم پوشش گیاهی و علوفه‌ای روبرو هستیم، در تابستان این علوفه‌ها با توجه به فقدان بارندگی و رطوبت کافی در این فصل خشک می‌شوند. لذا هر چه پوشش علوفه‌ای متراکم‌تر و مرتفع‌تر، تحت تأثیر بارندگی‌های بیشتر، در فصل بهار داشته باشیم، پوشش علوفه‌ای خشک بیشتری در تابستان داشته و متعاقباً با احتمال آتش‌سوزی بالاتری روبرو هستیم [۹].

هرناندز-لیل و همکارانش در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی، شاخص پویای خطر آتش‌سوزی (DFRI[1]) را پیشنهاد کرده‌اند که به عوامل مختلف استاتیک و دینامیک وابسته می‌باشد. متغیرها عبارت‌اند از ساعت تابشی خورشید، پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب، نزدیکی به جاده‌های اصلی، آمار آتش‌سوزی‌ها به‌منظور ایجاد یک شاخص خطر آتش‌سوزی استاتیک (SFRI[2]) با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک می‌باشند. در این پژوهش مطالعات خطر آتش‌سوزی را در جزایر لاپالما و تنریف واقع در جزایر قناری انجام گرفته است. متغیرهای استاتیک و داده‌ها از دو سنسور ماهواره‌های مختلف (NOAA-AVHRR، MODIS-TERRA) برای ارزیابی شرایط قبل از آتش‌سوزی اخذشده است. با استفاده از روش

[1] Dynamic Fire Risk Index
[2] Static Fire Risk Index

مشابه، دو تا آتش‌سوزی مختلف، برای تجزیه‌وتحلیل کارایی شاخص خطر آتش‌سوزی پویا توسعه‌یافته مورد آزمون‌های قرار گرفت. برای این کار به‌طور جداگانه این دو رویداد را ازنظر استفاده از محصولات ماهواره‌ای مختلف و سری زمانی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در این تحقیق، دو نقشه خطر آتش استاتیک برای جزایر لاپالما و تنریف با استفاده از روش مشابه توسعه داده‌شده است و با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای برای استخراج استرس آبی از جنگل، شاخص پویا جدیدی با وزن شاخص استاتیک باارزش واقعی استرس آبی تعریف‌شده است. و درنهایت این ایندکس‌ها یک همبستگی مثبت آشکار از سطوح ارزیابی‌شده ریسک آتش در ۱۵ روز قبل از وقوع آتش ارائه می‌دهد. بااین‌حال داده‌های اضافی را از ایستگاه‌های زمینی (دمای هوا، سرعت باد، رطوبت و غیره)، مدل‌سازی را بهبود بخشیده است [۱۰].

درمندرا سینگ در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی آتش‌سوزی جنگل را بر اساس عوامل توپوگرافی و بیوفیزیکی پهنه‌بندی انجام داده است به این صورت که این فاجعه زیست‌محیطی طبیعی، صرف‌نظر از اینکه توسط نیروهای طبیعی یا فعالیت‌های انسانی انجام شود، ایجاد می‌شود. برای کنترل این فاجعه می‌توان از نقشه مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات مکانی به دست می‌آیند استفاده کرد. در این پژوهش برای تهیه نقشه مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل و به تجزیه‌وتحلیل سابقه‌ای طولانی در آتش‌سوزی جنگل در ارتباط با عوامل مختلف آب‌وهوایی، محیط‌زیست، فصلی و انسانی در رایپور محدوده از بخش جنگل موسوری را واقع در اوتاراخاند هند می‌باشد. تصویر رنگی کامپوزیت از ماهواره‌ای هندی LISS IV (IRS) (قدرت تفکیک مکانی ۵.۸ متر) برای نقشه‌برداری پوشش گیاهی مورداستفاده قرار گرفت. شیب، جهت و ارتفاع همراه با اطلاعات دیگر از قبیل جاده‌ها و شهرک‌سازی از مدل‌های دیجیتال ارتفاع (DEM ASTER)، نقشه‌های توپوگرافی و اطلاعات حوزه استخراج شد. مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل با اختصاص وزن‌های موضوعی به کلاس از تمام لایه‌ها با توجه به حساسیت آن به آتش و یا قابلیت آتش‌زا بودن مشخص شد. نتایجی که مشاهده‌شده، جهت شیب جنوب غرب با محدوده ارتفاع بالاتر از ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ متر و با ۲۰-۴۰ درصد شیب به‌شدت مستعد به آتش‌سوزی می‌باشد اگر آن‌ها جنگل با تراکم متوسط و در ماه خشک از آوریل و مه باشد [۱۱].

همان‌طور که دیدیم در پژوهش‌های گذشته متناسب با روش مطالعه و منطقه‌ی مورد مطالعه جهت پتانسیل سنجی آتش‌سوزی از عوامل مختلف استفاده شده است. هدف ما در این مقاله بررسی توزیع مکانی عوامل پویای آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان بر اساس عوامل کوتاه مدت است این عوامل کوتاه مدت به‌صورت ماهیانه بررسی‌شده‌اند که دیتاهای مورد استفاده در این مقاله از تکنیک‌های سنجش‌ازدوری به دست آمده‌اند. در بخش ۲ عوامل تاثیرگذار در آتش‌سوزی بررسی می‌شود و در بخش ۳ منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده تشریح شد و دربخش ۴ و ۵ به ترتیب نتایج ونتیجه‌گیری شرح داده شد

۲- عوامل مؤثر در آتش‌سوزی

به‌منظور شناخت عوامل مؤثر به خطر آتش‌سوزی، لازم است به بررسی آتش‌سوزی در محیط اطراف بپردازیم. کانتریمن در سال ۱۹۷۲ شرایط آتش‌سوزی محیط اطراف به‌عنوان "شرایط احاطه‌کننده، تأثیرات و تغییر نیروهای خارجی" که رفتار یک آتش را تعیین می‌کنند تعریف کردند. توپوگرافی، سوخت و آب‌وهوا سه بعد مهم تشکیل‌دهنده‌ی سه ضلع مثلث شرایط آتش‌سوزی است [۷].

آتش‌سوزی می‌تواند به میزان قابل‌توجهی تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی قرار بگیرد بنابراین تغییر در شرایط آتش‌سوزی ازنظر زمانی و مکانی وابسته به تغییرات این پارامترها باشد ما این پارامترها را به دو گروه تقسیم می‌کنیم

سه گروه از شاخص‌های ارائه‌شده برای تعیین ریسک آتش‌سوزی بر اساس مقیاس زمانی ارائه‌شده توسط اتحادیه اروپا مرکز تحقیقات مشترک (Joint Research Center (JRC) 2002) به شرح زیر است:

شاخص وابسته (بنیادی، ساختاری) یا طولانی‌مدت: این شاخص عمدتاً اطلاعات استاتیک در مقیاس جهانی را نشان می‌دهد. [۱۲] آن‌ها درزمانی کوتاه تغییر نمی‌کنند. این شاخص‌ها شامل ارتفاع، نوع پوشش گیاهی، پوشش زمین، کاربری زمین، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده‌ها و مجاورت با شهرک [۱۳, ۱۴]، متغیرهای آب‌وهوایی، خاک و [۱۵] تراکم جمعیت[۱۶] این شاخص بیشتر سازگار برای شناسایی ریسک آتش‌سوزی و درنتیجه می‌تواند قبل از فصل آتش‌سوزی محاسبه شوند و هرگونه خطر به دلیل آتش‌سوزی تشخیص داده شوند[۱۷].

شاخص‌های پویا و یا کوتاه‌مدت: این نوع از شاخص تغییر در حد متوسط به‌طور مداوم در طول زمان با توجه به پوشش گیاهی و یا شرایط آب‌وهوایی است. این شاخص فرموله شده برای تشخیص قابلیت اشتعال سوخت‌های جنگل در فصل آتش است. ازاین‌رو، شاخص‌های پویا از متغیرهای که در حال تغییر در یک دوره کوتاه از زمان هستند استفاده می‌شوند، به‌طوری‌که این شاخص بر احتمال احتراق آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن متمرکز می‌کند[۱۸]. به‌عنوان‌مثال، قابلیت اشتعال پوشش گیاهی، تحت تأثیر مقدار سوخت‌های زنده و مرده، رطوبت و نوع پوشش گیاهی است[۱۹, ۲۰]. ازآنجایی‌که رطوبت پوشش گیاهی، به شرایط آب‌وهوا برای هر نوع سوخت و سرسبزی مربوط است یک مدل آتش پویا باید روزانه توسط نقشه‌های سوخت به‌روز شده و متغیرهای هواشناسی مانند دما، بارش، رطوبت نسبی با تقریبی از میزان زنده و مرده مواد سوختی محاسبه شوند[۱۷].

شاخص ترکیبی: این شاخص‌ها شامل هر دو عوامل ساختاری و پویا که در بالا ذکرشده است[۲۱] موضوع مهم در این روش، چگونه به ترکیب مؤثر از متغیرهای مربوط به یک ایده منطقی برسیم. ازآنجایی‌که ادغام هر دو متغیر ساختاری و پویا، معمولاً بر روی دانش خاص از کارشناسان و قضاوت شخصی خود است، پس آن واقعاً برای ترکیب درست از متغیرهای آتش‌سوزی جنگل به‌مراتب دشوار است[۲۲].

در این مقاله به بررسی عوامل پویا به‌صورت ماهیانه بررسی شد در ادامه این عوامل تشریح شده است:

۱. عوامل کوتاه مدت (پویا): این عوامل شامل درجه حرارت زمین، شاخص پوشش گیاهی و بارش می‌باشد

I. دمای سطح

دمای سطح به‌طور مستقیم می‌تواند ریسک آتش‌سوزی را تحت تأثیر قرار دهد به دلیل این‌که می‌تواند درجه حرارت سوخت را کنترل کند. دمای سطحی می‌تواند به‌صورت مستقیم روی ریسک آتش‌سوزی تأثیر بگذارد افزایش دما تأثیر مستقیم و غیرمستقیم را به همراه خواهد داشت. تأثیر مستقیم دما بر سوخت باعث مهیا شدن عامل حرارت و رسیدن به نقطه شروع آتش‌سوزی خواهد بود و تأثیر غیرمستقیم دما، رطوبت نسبی موجود در هوا را کاهش داده و همچنین با تبخیر رطوبت درختان، خشکی آن‌ها را سبب می‌شود که بسیار خطرناک است [۲۳].

II. بارش

عامل بارش می‌تواند خطر آتش‌سوزی را کاهش داده و حتی مناطقی که آتش‌گرفته را خاموش نماید. همچنین بارش باران روی پوشش گیاهی، محتوای رطوبت سوخت را افزایش می‌دهد، به‌طوریکه با افزایش رطوبت سوخت گیاه به گرمای بیشتری نیز برای تبخیر و احتراق نیاز دارد. به همین دلیل است که افزایش طول دوره خشک‌سالی در یک منطقه شدت و احتمال وقوع آتش را افزایش می‌دهد درنتیجه از شاخص خشک سالی CZI[3] به جای بارش استفاده شد[۲۳].

[3] China Z-index

III. پوشش گیاهی

پوشش گیاهی سوخت لازم جهت آتش‌سوزی را فراهم می‌کند و یکی از پارامترهای مهم در مثلث شرایط آتش‌سوزی است. اگرچه پوشش گیاهی در مناطق گرمسیری و استوایی به زمان بستگی ندارند بلکه بیشتر مکانی هستند. انواع پوشش گیاهی دارای خواص مختلفی است که به‌نوبه خود بر رفتار آتش تأثیر دارند. آن‌ها شامل مقدار سوخت و اندازه سوخت را شامل می‌شوند [۲۴].

۳- منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه استان گلستان می‌باشد که در سواحل جنوبی دریای خزر واقع‌شده است و ازجمله مناطقی است که آتش‌سوزی زیادی در آن روی می‌دهد. طول منطقه‌ی موردمطالعه حدود ۲۶۸ کیلومتر و عرض آن حدود ۲۰ تا ۹۰ کیلومتر و مساحت آن به‌طور تقریبی ۲۱۰۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. اکثر نواحی آن شامل زمین‌های زراعت، بوته‌زارها و جنگل می‌باشد. طول جغرافیایی منطقه موردمطالعه حدود (´۵۱ °۵۳ الی ´۱۸ °۵۶) و عرض جغرافیایی آن (´۳۰ °۳۶ الی ´۲۷ °۳۸) می‌باشد.

۳-۲- جنگل و منابع طبیعی استان گلستان

نزدیک ۱۸ درصد از سطح این استان را جنگل‌ها پوشانده‌اند، اما چرای بی‌رویه‌ی دام‌ها، گسترش زمین‌های کشاورزی، برداشت بی‌رویه از جنگل، آتش‌سوزی و سیلاب‌هایی که در این چندساله در استان رخ داد، آسیب زیادی به جنگل‌ها استان وارد کرده است. بلوط، ممرز، راش، توسکا، لرگ و انجیلی از گونه‌های درختی جنگل‌ها استان هستند که از بلندی ۳۰۰ متری تا ۲۵۰۰ متری رویش دارند. در بلندی‌های بیش از ۲۵۰۰ متر نیز درختان سرو کوهی (اورس) به‌صورت پراکنده دیده می‌شوند. در بخش‌هایی بازسازی‌شده‌ی زمین‌های جنگلی، گونه‌هایی از کاج و درختان میوه‌دار، مانند گردو و زیتون، نیز کاشته شده است. نزدیک ۵۰ درصد از سطح استان را مرتع‌ها پوشانده‌اند که دامداران کوچانده، روستاییان گله‌دار و دامداران کوهستانی از آن‌ها بهره‌برداری می‌کنند. بیش از ۷۳ درصد مرتع‌های استان از نوع فقیر، نزدیک ۱۵ درصد متوسط و کم‌تر از ۱۲ درصد از نوع خوب است. سالانه بیش از ۲/۵ میلیون واحد دامی در مرتع‌های استان چرا می‌کنند. چرای بی‌رویه آسیب زیادی به مرتع‌های استان زده و میزان مرتع فقیر را افزایش داده است. این در حالی است که مرتع‌ها این استان گونه‌های گیاهی باارزشی را در خوددارند.

۳-۳- آب‌وهوای استان گلستان

آب‌وهوای استان گلستان عوامل محلی چون، عرض جغرافیایی، ناهمواری، منابع آب و عوامل بیرونی مانند فرا بار سیبری، کم‌فشار مدیترانه‌ای و بادهای موسمی سبب تنوع اقلیمی استان شده‌اند. تنوع اقلیمی استان به دلیل شرایط جغرافیایی و طبیعی قابل‌توجه است به‌گونه‌ای که نواحی جنوبی از آب‌وهوای کوهستانی نواحی مرکزی و جنوب غربی از آب‌وهوای مدیترانه‌ای و نواحی شمالی از آب‌وهوای نیمه‌خشک و خشک برخوردار است. در زمستان‌ها به علت پیشروی توده‌های سرد شمالی کاهش دمای هوا سبب ریزش باران در جلگه و برف در ارتفاعات می‌گردد. در این فصل میزان بارندگی از ۲۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در نوسان است.

۳-۴- داده‌های ماهواره‌ای

این داده‌ها از محصولات سنجنده MODIS[۴] و ماهواره TRMM[۵] به ترتیب برای مدت ۵ سال (۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴) و ۱۰ سال (۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴) اخذشده‌اند محصولات انتخاب‌شده از سنجنده MODIS شامل کاربری زمین، دمای سطح زمین،

[4] Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

[5] Tropical Rainfall Measuring Mission

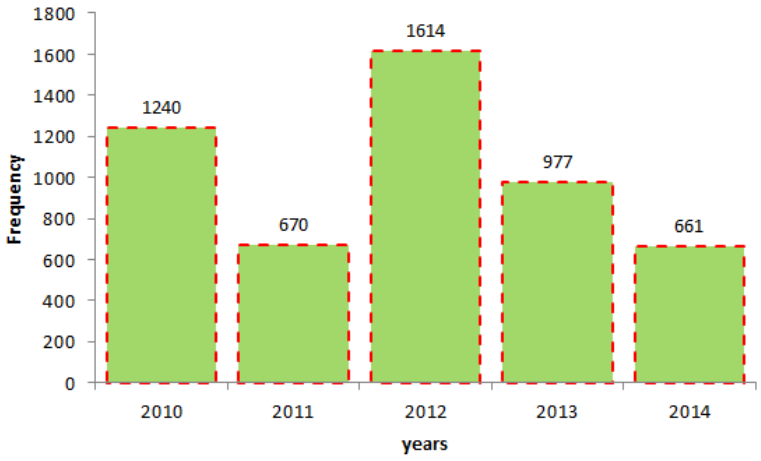
شاخص پوشش گیاهی که عوامل کوتاه مدت را تشکیل می‌دهند و همچنین مناطق آتش‌سوزی شده جهت بررسی توزیع مکانی داده‌ها می‌باشد و محصولات انتخاب‌شده از ماهواره TRMM شامل بارش ماهیانه می‌باشد طی مدت ۱۰ سال از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ که جهت برآورد شاخص خشک‌سالی CZI می‌باشد (جدول ۲)

جدول ۲: داده‌های ماهواره‌ای

نام ماهواره	نام محصول	رزولوشن مکانی (متر)	رزولوشن زمانی	تاریخ	توضیحات
MODIS	MCD12Q1	۵۰۰	سالیانه	۲۰۱۴-۲۰۱۰	تصاویرکاربری‌زمین
	MOD11A1	۱۰۰۰	ماهیانه	۲۰۱۴-۲۰۱۰	تصاویر دمای سطح زمین
	MOD13A3	۱۰۰۰	ماهیانه	۲۰۱۴-۲۰۱۰	شاخص پوشش گیاهی
	MCD45A1	۵۰۰	ماهیانه	۲۰۱۴-۲۰۱۰	تصاویر مناطق آتش‌سوزی
TRMM	3B43	۰.۲۵*۰.۲۵ درجه	ماهیانه	۲۰۱۴-۲۰۰۴	بارش

۳- نتایج

برای اینکه توزیع مکانی عوامل آتش‌سوزی را به دست بیاوریم عمل هپوشانی کردن عوامل آتش‌سوزی با نقشه مناطق سوخته (MCD45A1) را انجام می‌دهیم این کار را برای ۵ سال و به‌صورت ماهیانه برای هریک از عوامل آتش‌سوزی انجام شد و توزیع مکانی یعنی فراوانی آن‌ها به دست آمد در نمودار ۱ فراوانی پیکسل‌های شناسای شده به عنوان منطقه سوخته شده در منطقه‌ی مورد مطالعه به تفکیک سال نشان می‌دهد

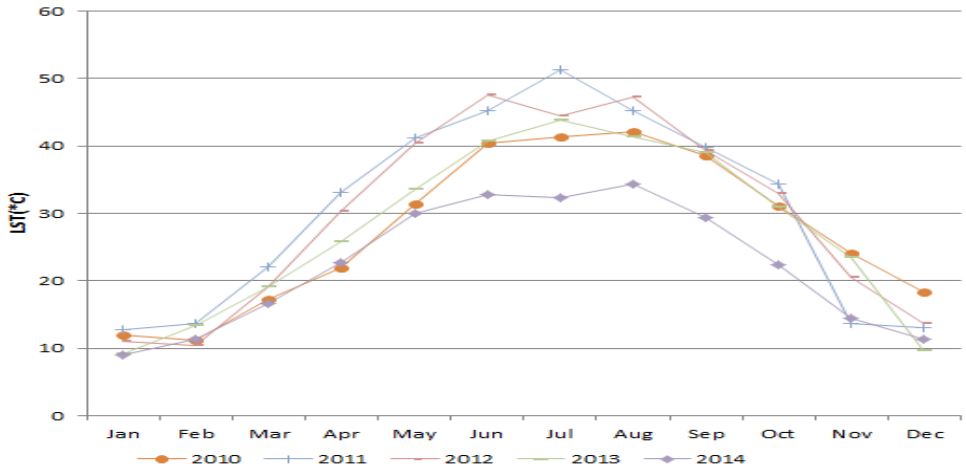


نمودار ۱: فراوانی مناطق سوخته به تفکیک سال

۳-۱- عوامل کوتاه مدت

دما:

دمای بالا می‌تواند خطر آتش‌سوزی به علت اثر تبخیر و تعرق و کاهش رطوبت سوخت افزایش دهد[۲۵]. ماه‌های مشخص که با درجه حرارت بیشتر هستند باعث افزایش خطر آتش‌سوزی می‌شود. نمودار۲ دما در هرسال نشان می‌دهد که تقریباً تغییرات سالیانه به یک شکل می‌باشد.

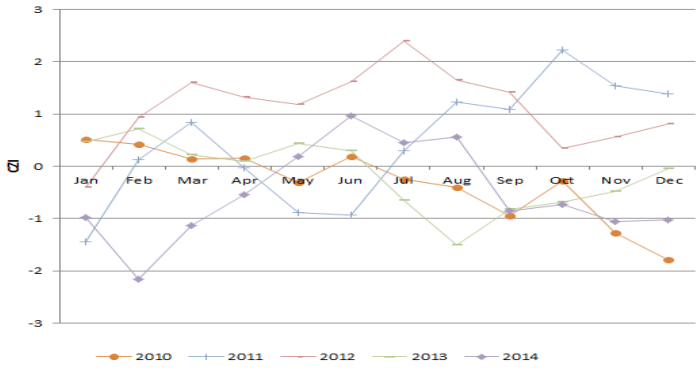


نمودار ۲: تغییرات دما برحسب درجه سانتی‌گراد برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۴

بارش

بارش به‌طور مستقیم بر رطوبت سوخت و درنتیجه بر احتمال اشتعال آتش و انتشار آن تأثیر دارد.[۲۵] بااین‌حال، خطر ابتلا به این اتفاق نه‌تنها به شرایط بارندگی فعلی تحت تأثیر قرار دارد بلکه با شرایطی که ماه گذشته داشته تحت تـأثیر قرار دارد. ازاین‌رو نه‌تنها مقدار بارندگی، بلکه زمان آن بارش را در نظر گرفته شود مهم است شاخص خشک‌سالی قـادر به بیان این دو ابعاد مختلف می‌باشد. شاخص China Z-Index (CZI) یکی از مناسب‌ترین شاخص‌ها است این شـاخص برای مدت ۱۰سال از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴ برای مقیاس زمانی ۳ ماهه محاسبه گردید

متوسط ارزش CZI برای هرماه در دوره ۲۰۱۰- ۲۰۱۴ محاسبه شد. و برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۴ در **نمـودار ۳** رسـم شد. تغییرات CZI بین ۳- تا ۳+ می‌باشد هرچه به سمت منفی نزدیک‌تر می‌شویم خشک‌سالی بیشتر می‌شود تغییـرات برای این سال‌ها یکسان نیست چون شاخص خشک‌سالی بستگی به میزان بارش دارد که میزان بارش طی این ۱۰ سال متغیر بوده است

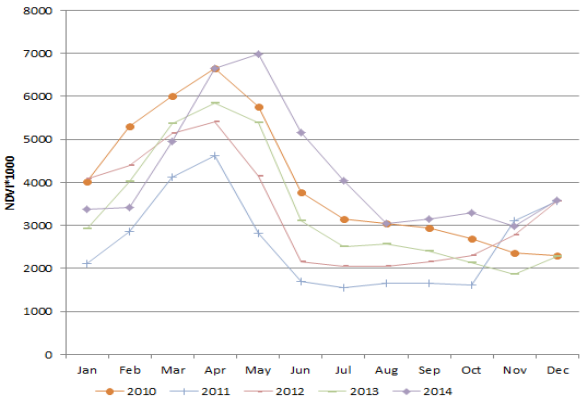


نمودار ۳: شاخص خشک‌سالی برای ۲۰۱۰-۲۰۱۴

شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

پوشش گیاهی سوخت لازم جهت آتش‌سوزی را فراهم می‌کند و یکی از پارامترهای مهم در مثلث شرایط آتـش‌سـوزی است. اگرچه پوشش گیاهی در مناطق گرمسیری و استوایی به زمان بستگی ندارند بلکـه بیشـتر مکـانی هسـتند. انـواع پوشش گیاهی دارای خواص مختلفی است که به‌نوبه خود بر رفتار آتش تأثیر دارند. آن‌ها شامل مقدار سـوخت و انـدازه سوخت را شامل می‌شوند [۲۴]. این خروجی با فراوانی آتش‌سوزی به‌صورت معکوس عمل می‌کنـد یعنـی در مـاه‌هـای

فوریه، مارس و اوریل پوشش گیاهی افزایش‌یافته این افزایش باعث می‌شود عمل احتراق صورت نگیرد چون احتـراق در چمن و علف هرز بیشتر به خاطر چگالی سوخت کم صورت می‌گیرد. در مقابـل، سـوخت متـراکم ماننـد تختـه و الـوار (جنگل) به‌طورمعمول مساحت سطح کمی نسبت به حجم ایجاد می‌کند. این مسئله که مانع از انتقال حرارت همرفتـی و تابشی است که باعث تأخیر قابل‌ملاحظه زمانی تا زمان احتراق ایجاد می‌شود. بازده احتراق نیز در سوخت متـراکم بـا محدودیتی به‌عنوان اکسیژن که در فضاهای خالی منافذ کمتر موجود است پـس ایـن شـاخص را مـی‌توانـد بـه‌صـورت معکوس اعمال کرد این شاخص هم مثل دما تغییرات زیادی در پنج سـال گذشـته نـدارد (Error! Reference source not found.۴)



نمودار ۴: شاخص پوشش گیاهی برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۴

۴- نتیجه‌گیری

عوامل پویا یا کوتاه‌مدت تغییر در حد متوسط به‌طور مداوم در طـول زمـان بـا توجـه بـه پوشـش گیـاهی و یـا شـرایط آب‌وهوایی است. این شاخص فرموله شده برای تشخیص قابلیت اشتعال سوخت‌های جنگل در فصل آتش اسـت. عامـل دما در ۵ سال بررسی‌شده تغییرات ماهیانه به‌صورت یک تـابع گوسـی بـوده اسـت ایـن عامـل نشـان مـی‌دهـد کـه در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت(آگست) بیشترین درجه حرارت را داشته است که می‌توان بیشترین ریسک آتش‌سوزی را در این ماه‌ها اختصاص دارد در عامل پوشش گیاهی اواخر ماه مـارس، آوریـل و مـه پوشـش گیـاهی افـزایش‌یافتـه اسـت همان‌طور که گفته شد با افزایش چگالی پوشش گیاهی، عمل احتراق صورت نمی‌گیرد پس در این ماه‌ها عامل احتـراق آتش‌سوزی کمتر می‌شود و در عامل بارش که شاخص خشک‌سالی CZI استفاده شد همان‌طور که در نمودار۳ مشاهده شد برای سال‌های مختلف تغییرات ماهیانه متفاوت می‌باشد برای سال ۲۰۱۴ در ماه فوریه خشک‌سالی بیشتری نسبت به ماه‌های دیگر می‌باشد و همچنین اگر خشک‌سالی بیشتر باشد رطوبت کمتر است. درنتیجه با بـودن پوشـش گیـاهی مناسب و درجه حرارت بالا می‌تواند عمل احتراق رخ دهد بعد از بررسی این عوامل نیاز است که با یـک روش مناسـبی باهم ترکیب شوند تا بتوان مناطق ریسک با عوامل پویا به دست بیاید و از این فاجعه بزرگ جلـوگیری کنـیم و در آخـر نباید از کمک‌های سنجش‌ازدور که داده‌های ماهواره‌ای را در سطح کلان در اختیار قرار می‌دهد غافل شد

۵- مراجع

[1] R. Almeida, "Forest fire risk areas and definition of the prevention priority planning actions using GIS," in *Proceedings of the EGIS/MARI'94 Conference*, 1994, pp. 1700-1706.

[2] H. Salamati, H. Mostafalou, A. Mastoori, and F. Honardoost, "Evaluation and provision of forest fire risk map using GIS in Golestan forests," in *Proceeding of the First International Conference on Fire in Natural Resources, Gorgan, Iran*, 2011, pp. 26-28.

[3] V. Krivtsov, O. Vigy, C. Legg, T. Curt, E. Rigolot, I. Lecomte, *et al.*, "Fuel modelling in terrestrial ecosystems: an overview in the context of the development of an object-orientated database for wild fire analysis," *Ecological Modelling*, vol. 220, pp. 2915-2926, 2009.

[4] E. Chuvieco and R. G. Congalton, "Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping," *Remote sensing of Environment*, vol. 29, pp. 147-159, 1989.

[5] P. Roy, B. Ranganath, P. Diwakar, T. Vohra, S. Bhan, I. Singh, *et al.*, "Tropical forest typo mapping and monitoring using remote sensing," *Remote Sensing*, vol. 12, pp. 2205-2225, 1991.

[6] J. Abhineet, S. A. Ravan, R. Singh, K. Das, and P. Roy, "Forest fire risk modelling using remote sensing and geographic information system," *Current Science*, vol. 70, pp. 928-933, 1996.

[7] C. M. Countryman, "fire environment concept," 1972.

[8] F. Mohammadi, N. Shabanian, M. Pourhashemi, and P. Fatehi, "Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests," 2011.

[9] آ. رحیمی and ع. اسماعیلی.(۱۳۸۹) بررسی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره. همایش ژیوماتیک .

[10] P. Hernández-Leal, A. González-Calvo, M. Arbelo, A. Barreto, and A. Alonso-Benito, "Synergy of GIS and remote sensing data in forest fire danger modeling," *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of*, vol. 1, pp. 240-247, 2008.

[11] D. Singh, "Historical Fire Frequency based Forest Fire Risk Zonation Relating Role of Topographical and Forest Biophysical Factors with Geospatial Technology in Raipur and Chilla Range."

[12] V. Chéret and J.-P. Denux, "Analysis of MODIS NDVI time series to calculate indicators of mediterranean forest fire susceptibility," *GIScience & Remote Sensing*, vol. 48, pp. 171-194, 2011.

[13] A. Pelizzari, R. A. Goncalves, and M. Caetano, "Information Extraction for Forest Fires Management," in *Computational intelligence for remote sensing*, ed: Springer, 2008, pp. 295-312.

[14] K. Puri, G. Areendran, K. Raj, S. Mazumdar, and P. Joshi, "Forest fire risk assessment in parts of Northeast India using geospatial tools," *Journal of Forestry Research*, vol. 22, pp. 641-647, 2011.

[15] A. Sebastián-López, R. Salvador-Civil, J. Gonzalo-Jiménez, and J. SanMiguel-Ayanz, "Integration of socio-economic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Southern Europe," *European Journal of Forest Research*, vol. 127, pp. 149-163, 2008.

[16] L.-M. Li, W.-G. Song, J. Ma, and K. Satoh, "Artificial neural network approach for modeling the impact of population density and weather parameters on forest fire risk," *International Journal of Wildland Fire*, vol. 18, pp. 640-647, 2009.

[17] H. Carrao, S. Freire, and M. R. Caetano, "Fire risk mapping using satellite imagery and ancillary data: towards operationality," in *International Symposium on Remote Sensing*, 2003, pp. 154-165.

[18] E. Chuvieco, "W i l d l and F ire D an g er E stimation and Ma pp in g: T h e ro l eof R emote Sensin g data, vol. 4 of R emote Sensin g," ed: World Scientific, 2003.

[19] F. A. Albini, "Estimating wildfire behavior and effects," 1976.

[20] R. C. Rothermel, R. A. Wilson Jr, G. A. Morris, and S. S. Sackett, "Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: Input to the BEHAVE Fire Prediction System. USDA, For," *Serv. Gen. Tech. Rep. INT-359. Intermt. Res. Sta., Ogden, UT*, 1986.

[21] M. Graña and R. J. Duro, *Computational intelligence for remote sensing* vol. 133: Springer, 2008.

[22] M. Caetano, S. Freire, and H. Carrão, "Fire risk mapping by integration of dynamic and structural variables," *Remote Sensing in Transition*, pp. 319-326, 2004.

[23] Y. A. Hussin, M. Matakala, and N. Zagdaa, "The applications of remote sensing and GIS in modeling forest fire hazard in Mongolia," *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 37, pp. 289-294, 2008.

[24] W. Trollope, L. Trollope, and D. Hartnett, "Fire behaviour a key factor in the fire ecology of African grasslands and savannas," *Forest Fire Research and Wildland Fire Safety, Millpress, Rotterdam*, 2002.

[25] E. Chuvieco, I. Aguado, and A. P. Dimitrakopoulos, "Conversion of fuel moisture content values to ignition potential for integrated fire danger assessment," *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 34, pp. 2284-2293, 2004.