

## بررسی ریسک وقوع آتش سوزی عرصه‌های طبیعی استان کردستان به

### کمک تکنیک شاخص آماری

سیده نگار هدایتی<sup>۱</sup>؛ حامد جنیدی جعفری<sup>۲</sup> و شیرکو ابراهیمی محمدی<sup>۲\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج

۲- استادیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کردستان، سنندج

(تاریخ دریافت ۹۷/۰۹/۲۶ - تاریخ پذیرش ۹۷/۱۰/۳۰)

#### چکیده:

آتش سوزی به عنوان یکی از عوامل اصلی اختلال و تغییر در اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شود. شناسایی عوامل مؤثر در وقوع آتش سوزی و تهیه الگوی مکانی خطر آن یکی از ابزارهای اساسی جهت دست‌یابی به راهکارهای کنترل و مقابله با آتش سوزی است. آمارها حاکی از وقوع ۱۱۲۴ مورد آتش سوزی و سوختن ۷۳۶۴ هکتار از جنگلها و مراتع استان کردستان تنها بین سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴ هستند. لذا در این پژوهش اقدام به تهیه نقشه ریسک خطر آتش سوزی در عرصه‌های طبیعی استان کردستان با استفاده از روش شاخص آماری (SI) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) شد. در این پژوهش، به منظور ترسیم نقشه خطر آتش سوزی از ۶ پارامتر شامل ۳ متغیر طبیعی درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع و سه متغیر انسانی فاصله از نزدیکترین روستا، فاصله از نزدیکترین جاده و فاصله از نزدیکترین زمین کشاورزی استفاده شد. از ۱۱۲۴ مورد آتش سوزی، ۷۰ درصد داده‌ها (۷۸۷ مورد) برای مدلسازی و ۳۰ درصد (۳۳۷ مورد) برای صحت‌سنجی مدل استفاده گردید. نتایج پژوهش نشان داد که حدود ۵۰ درصد از مساحت استان کردستان (۱۴۴۰۰ کیلومترمربع) در کلاس خطر آتش سوزی زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. همچنین یافته‌های حاکی از دقت بالای مدل شاخص آماری در شناسایی مناطق دارای خطر آتش سوزی با دقت ۹۳/۵ درصد (۳۱۵ مورد از ۳۳۷ مورد آتش سوزی) بود.

**کلید واژگان:** مدل شاخص آماری، آتش سوزی، جنگلها و مراتع، سیستم اطلاعات جغرافیایی، استان کردستان

## ۱. مقدمه

منابع طبیعی در مناطق خشک و نیمه خشک به صورت روزافزون در معرض بلایای طبیعی مانند آتش سوزیها قرار می گیرند که این امر می تواند تغییرات عمده ای در ساختار و عملکرد آنها در مقیاس های محلی و جهانی ایجاد کند ( Cerda and Robichaud, 2009). آتش سوزی باعث کاهش یا نابودی ارزش تجاری گونه های مرعی و درختان جنگلی، از بین رفتن نهال ها، خاک، لاشبرگ، زیستگاه حیات وحش، ارزش تفریحی و زیبایی مناظر طبیعی، افزایش مواد معدنی، کاهش اسیدیته خاک، کاهش ذخیره نیتروژن و تغییر توالی اکولوژیکی عرصه با جایگزینی گونه های نامرغوب خواهد شد (Ager et al., 2018). پدیده آتش سوزی به عواملی از جمله توپوگرافی، پوشش گیاهی، آب و هوا و انسان بستگی دارد (Ghaemi Rad and Karimi, 2015). از اقدامات اساسی در مبارزه با آتش سوزی، مطالعه رفتار آتش تحت تأثیر شرایط مختلف جوی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و انسانی ( Viegas, 2004) و تهیه نقشه خطر آتش سوزی و برنامه ریزی برای نواحی با خطر زیاد است تا بتوان در حد امکان خطرات آن را کاهش داد ( Dimopoulou and Giannikos, 2004). روشهای مختلفی برای پهنه بندی ریسک خطر آتش سوزی وجود دارد از جمله رگرسیون لجستیک (Jafarzadeh et al., 2016)، شاخصهایی چون مک آرتور و کچ بایرام (Khanmohammadi et al., 2016) شبکه عصبی مصنوعی ( Mohammadi Sarvaleh et al., 2014; Satir et al., 2016)، تکنیک سنجش از دور ( Ajin

( Said et al., 2016) و تجزیه و تحلیل نقاط داغ ( al., 2017) اشاره کرد. در دو دهه اخیر پژوهشگران با استفاده از روشهای آماری، رابطه پارامترهای موثر در وقوع بلایای طبیعی مختلف را با پراکندگی آنها مورد ارزیابی قرار داده اند که میتوان بطور مثال به پهنه بندی نقشه حساسیت به وقوع سیل ( Cao et al., 2016)، پهنه بندی خطر زمین لغزشها ( Nasr Azadani et al., 2013; Poorhashemi et al., 2014)، پهنه بندی نقشه پتانسیل آب زیرزمینی ( Razavi Termeh et al., 2017) اشاره کرد. اما تاکنون از این روش برای پهنه بندی خطر آتش سوزی عرصه های طبیعی استفاده نشده است. از طرفی یکی از علل تخریب جنگلها و مراتع استان کردستان آتش سوزی است که تأثیرات مخربی بر ویژگیهای خاک، فرسایش و رژیم هیدرولوژیکی حوضه های آبخیز استان دارد ( Ebrahimi Mohammadi et al., 2016). بر اساس آمار دریافتی از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کردستان، عرصه های طبیعی آتش گرفته در استان بین سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴، ۱۱۲۴ مورد با مساحتی بالغ بر ۷۳۶۴/۰۴ هکتار بوده است ( Hedayati, 2018). لذا با توجه به وسعت آتش سوزیهای اتفاق افتاده در سطح مراتع و جنگلهای استان کردستان در این پژوهش با استفاده از ۶ پارامتر درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از نزدیکترین روستا، فاصله از نزدیکترین جاده و فاصله از نزدیکترین زمین کشاورزی مناطق مستعد آتش سوزی تجزیه و تحلیل و پهنه بندی گردید.

## ۱- Hot Spot Analysis

## ۲. مواد و روش

### ۱.۱. منطقه مورد پژوهش

منطقه مورد پژوهش، استان کردستان با مساحتی برابر با ۲۸۹۲۱ کیلومترمربع بین عرض ۳۴ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و طول ۴۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی در ناحیه کوهستانی در غرب ایران قرار دارد. به طور کلی ارتفاع این استان از شرق به غرب افزایش می‌یابد. آب و هوای استان کردستان بر اساس طبقه بندی کوپن، جزء اقلیم سرد و معتدل است. آب و هوای استان تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی استان ۵۲۱ میلی‌متر و متوسط دما ۱۲/۵ درجه سانتیگراد است (Mozafari and Safarpour, 2013).

### ۲.۲. پارامترهای مؤثر در تهیه نقشه پتانسیل آتش

#### سوزی

در این پژوهش به منظور ترسیم نقشه خطر آتش سوزی مجموعاً از ۶ متغیر شامل ۳ متغیر طبیعی درصد شیب، جهت شیب و ارتفاع با استفاده از نقشه DEM با دقت ۱۰ متر استخراج شده از نقشه‌های ارتفاعی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و ۳ متغیر انسانی فاصله از روستا، فاصله از نزدیکترین جاده و فاصله از نزدیکترین اراضی کشاورزی استفاده شد (Vadrevu et al., 2010; Janbaz Ghobadi et al., 2012; Yakubu et al., 2015; You et al., 2017). با توجه به اینکه نقشه DEM دارای پیکسل سایز ۱۰ متر بود، بنابراین نقشه‌های رستری متغیرهای مختلف در محیط GIS با اندازه پیکسل ۱۰ متر تهیه شدند. نقشه طبقات ارتفاع زمین با توجه به مدل

رقومی ارتفاع به ۵ کلاس (>۱۰۰۰، ۱۶۰۰-۱۰۰۰، ۲۲۰۰-۱۶۰۰، ۲۸۰۰-۲۲۰۰ و <۲۸۰۰ متر) طبقه بندی گردید. نقشه شیب نیز برحسب درصد تهیه و به ۴ کلاس (۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و >۶۰ درصد) طبقه بندی شد. نقشه فاصله از نزدیکترین زمین زراعی در ۷ کلاس (۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۰۰۰ و >۳۰۰۰ متر)، فاصله از نزدیکترین جاده در ۵ کلاس (۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۱۵۰۰، ۱۵۰۰-۲۰۰۰ و >۲۰۰۰ متر) و فاصله از نزدیکترین سکونتگاه (روستا) در ۵ کلاس (۰-۱۰۰۰، ۱۰۰۰-۲۰۰۰، ۲۰۰۰-۳۰۰۰، ۳۰۰۰-۴۰۰۰ و >۴۰۰۰ متر) تهیه شدند. لازم به ذکر است که فاصله طبقات با توجه به نظر کارشناسی تعیین شد. موقعیت مکانی آتش سوزیها (۱۱۲۴ مورد آتش سوزی) بر روی نقشه گوگل ارث مشخص شد و کمترین فاصله مستقیم هر یک از نقاط آتش سوزی از جاده، زمین کشاورزی و روستا در نقشه گوگل ارث محاسبه گردید.

### ۳.۲. روش شاخص آماری

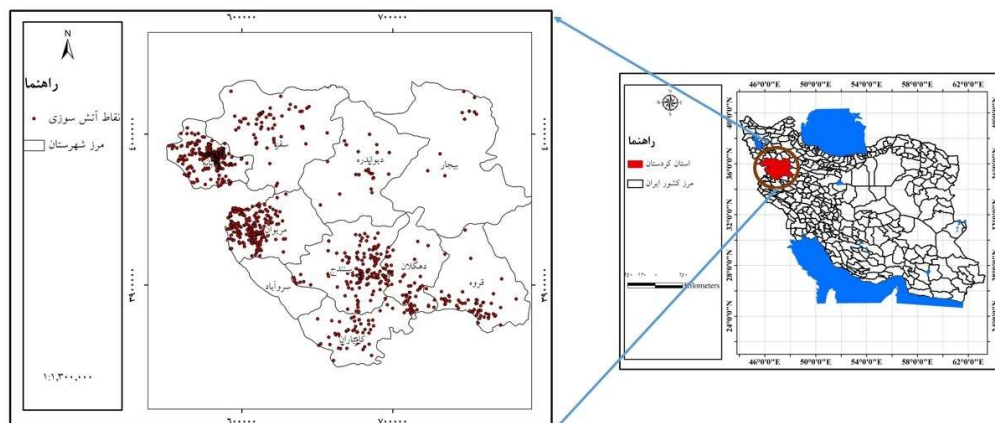
روش شاخص آماری یک روش آماری دو متغیره است که اولین بار توسط Van Westen (1997) برای نقشه حساسیت به زمین لغزش پیشنهاد شد. مقادیر وزن معین برای هریک از کلاسهای پارامترهای مؤثر در وقوع آتش سوزی به صورت لگاریتم طبیعی تراکم آتش سوزی در هرکلاس، تقسیم بر تراکم آتش سوزی در کل نقشه به دست می‌آید. فرمول این روش به صورت زیر است: رابطه (۱)

$$W_{si} = \ln\left(\frac{E_{ij}}{E}\right) = \ln\left(\frac{L_{ij}}{P_i}\right)$$

۱-Ground Length

بیکسل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$  تعداد کل آتش سوزی در کل نقشه و  $P_L$  تعداد کل بیکسل نقشه. در این پژوهش وزن معین برای هر کلاس بر اساس تعداد آتش سوزیهای اتفاق افتاده محاسبه گردید.

$W_{si}$  وزن معین برای هر کلاس مشخص  $i$  از پارامتر  $z_j$  تراکم آتش سوزی در داخل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$   $E_{ij}$  تراکم کل آتش سوزی در داخل کل نقشه،  $L_{ij}$  تعداد آتش سوزی در داخل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$ ،  $P_{ij}$  تعداد



شکل ۱- موقعیت منطقه (استان کردستان) و نقاط آتش سوزی در دوره پژوهش

#### ۴.۲. اعتبارسنجی نقشه پتانسیل آتش سوزی

در این پژوهش ۳۰ درصد نقاط آتش سوزی (۳۳۷ نقطه) به منظور اعتبارسنجی نقشه پتانسیل آتش سوزی، لحاظ شد. لذا این ۳۳۷ نقطه در محیط GIS با نقشه پتانسیل آتش سوزی بر روی هم قرار داده شدند و با استفاده از دستور Sample از نقاطی که در کلاسهای مختلف نقشه پیش بینی قرار گرفتند نمونه برداری شد و بدین ترتیب صحت سنجی نقشه پیش بینی با استفاده از هیستوگرام فراوانی وقوع نقاط آتش سوزی انجام شد.

### ۳. نتایج

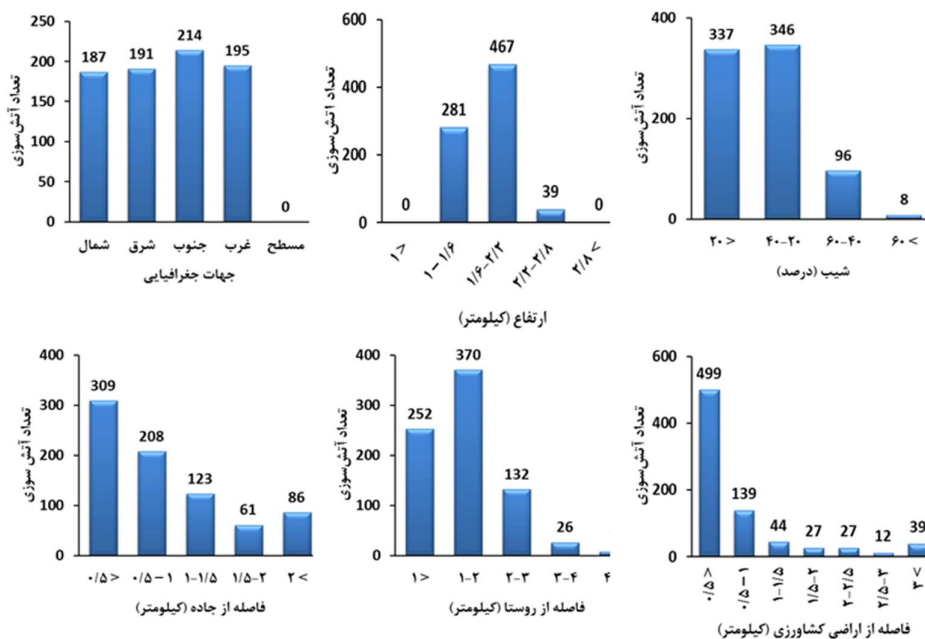
#### ۱.۳. نقشه پیش بینی وقوع آتش سوزی

پس از تهیه نقشه های درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع نقاط آتش سوزی، فاصله نقاط آتش سوزی از نزدیکترین روستا، جاده و اراضی کشاورزی در محیط GIS (شکل ۳) و تعیین موقعیت مکانی ۷۸۷ مورد

$W_{si}$  وزن معین برای هر کلاس مشخص  $i$  از پارامتر  $z_j$  تراکم آتش سوزی در داخل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$   $E_{ij}$  تراکم کل آتش سوزی در داخل کل نقشه،  $L_{ij}$  تعداد آتش سوزی در داخل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$ ،  $P_{ij}$  تعداد بیکسل کلاس  $i$  پارامتر  $z_j$   $L_T$  تعداد کل آتش سوزی در کل نقشه و  $P_L$  تعداد کل بیکسل نقشه. در این پژوهش وزن معین برای هر کلاس بر اساس تعداد آتش سوزیهای اتفاق افتاده محاسبه گردید. در نهایت نرخهای به دست آمده برای هر کلاس با استفاده از این روش در GIS در لایه های مربوطه اعمال شده، سپس لایه های مورد نظر با استفاده از ابزار Raster Calculator با هم جمع شدند و در نهایت نقشه پیش بینی احتمال آتش سوزی به دست آمد. سرانجام، نقشه تهیه شده با روش Natural Breaks به پنج کلاس حساسیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به وقوع آتش سوزی تقسیم بندی گردید.

وقوع آتش سوزی و مدلسازی مکانی آن استفاده شد. جداول ۱ و ۲ به ترتیب وزن متغیرهای طبیعی و انسانی مؤثر در وقوع آتش سوزی را نشان می دهند.

آتش سوزی اتفاق افتاده در استان کردستان طی سالهای ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴، تعداد آتش سوزیها در کلاسهای مختلف عوامل موثر تعیین و از مدل شاخص آماری برای تعیین وزن طبقات عوامل مؤثر بر



شکل ۲- تعداد آتش سوزیها در طبقات مختلف عوامل مؤثر

بیشترین به کمترین عبارتند از جنوب < غرب < شرق < شمال. نتایج بررسی تعداد آتش سوزیها در طبقات مختلف ارتفاعی بیانگر بیشترین تعداد آتش سوزی در طبقه ارتفاعی ۱۶۰۰-۲۲۰۰ متر (۴۶۷ مورد) و کمترین آن در طبقه ارتفاعی ۲۸۰۰-۲۲۰۰ متر (۳۹ مورد) بود. طبقه ۱۰۰۰-۱۶۰۰ متر با ۲۸۱ مورد آتش سوزی حد واسط دو طبقه فوق الذکر است. تعداد آتش سوزی در پنج طبقه فاصله از نزدیکترین جاده بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد آتش سوزی در کلاس ۰-۵۰۰ متر (۳۰۹ مورد) و کمترین آن در کلاس <۲۰۰۰ متر (۸۶ مورد) بوده است. تعداد آتش سوزیها در طبقه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر ۲۰۸ مورد، در طبقه ۱۰۰۰ تا

بررسی تعداد آتش سوزیها در کلاسهای مختلف شیب نشان داد که از بیشترین به کمترین عبارتند از کلاس شیب ۲۰ تا ۴۰ درصد (۳۴۶ مورد)، کلاس شیب کوچکتر از ۲۰ درصد (۳۳۷ مورد)، کلاس شیب ۴۰ تا ۶۰ درصد (۹۶ مورد) و کلاس شیب بزرگتر از ۶۰ درصد (۸ مورد). لذا حدود ۸۷ درصد تعداد آتش سوزیها در شیبهای کمتر از ۴۰ درصد اتفاق افتاده اند.

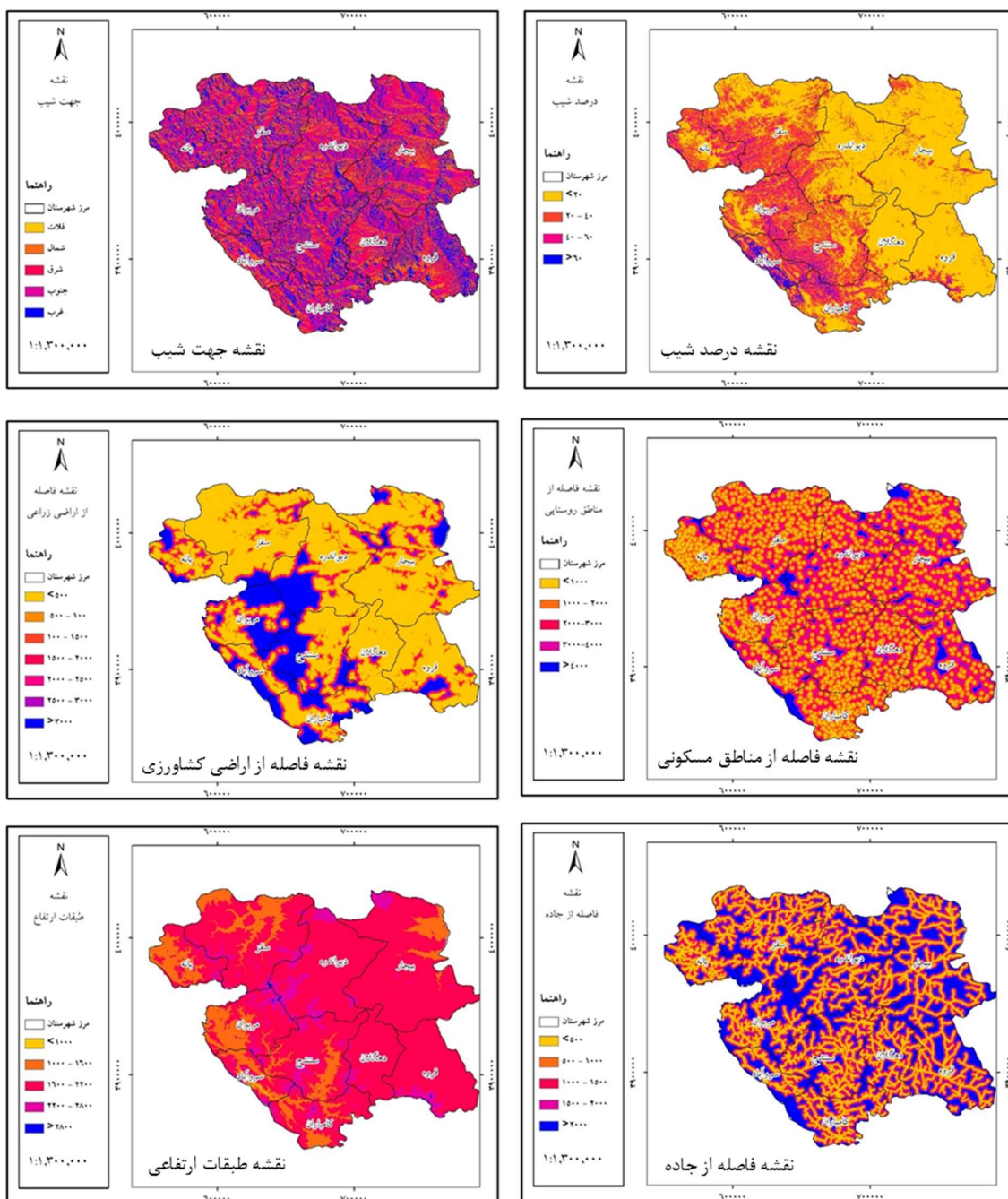
نتایج بررسی تعداد آتش سوزیها در چهار جهت جغرافیایی حاکی از بیشترین تعداد آتش سوزی در جهت جنوبی (۲۱۴ مورد) و کمترین آن در جهت شمالی (۱۸۷ مورد) بود. تعداد آتش سوزیها در جهت های مختلف جغرافیایی منطقه مورد پژوهش از

۱۵۰۰ متر ۱۲۳ متر و در طبقه ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر ۶۱ مورد بود. نتایج بررسی تعداد آتش سوزیها در پنج کلاس فاصله از نزدیکترین روستا (مرکز جمعیتی) حاکی از بیشترین تعداد آتش سوزی در کلاس ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متر (۳۷۰ مورد) و کمترین تعداد در کلاس <۴۰۰۰ متر (۷ مورد) بود. تعداد آتش سوزیها در طبقه کوچکتر از ۱۰۰۰ متر ۲۵۲ مورد، در طبقه ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر ۱۳۲ مورد، در طبقه ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر ۲۶ مورد بود. بررسی تعداد آتش سوزیها در هفت طبقه فاصله از نزدیکترین زمین کشاورزی حاکی از بیشترین تعداد آتش سوزی در کلاس ۵۰۰-

۰ متر (۴۹۹ مورد) و کمترین آن در کلاس ۳۰۰۰- ۲۵۰۰ متر (۲۲ مورد) بود. تعداد آتش سوزیها در طبقات دیگر نزدیکترین فاصله از اراضی کشاورزی عبارتند از ۱۳۹ مورد در طبقه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر، ۴۴ مورد در طبقه ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر، ۲۷ مورد در هر یک از طبقات ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر و ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر و ۳۹ مورد در طبقه بیش از ۳۰۰۰ متر. شکل ۳ نقشه طبقات متغیرهای مؤثر در تعیین نقشه پتانسیل آتش سوزی و شکل ۴ نقشه ریسک وقوع آتش سوزی در استان کردستان را نشان می دهد.

جدول ۱- تعداد پیکسل، تعداد آتش سوزی و امتیاز طبقات متغیرهای طبیعی

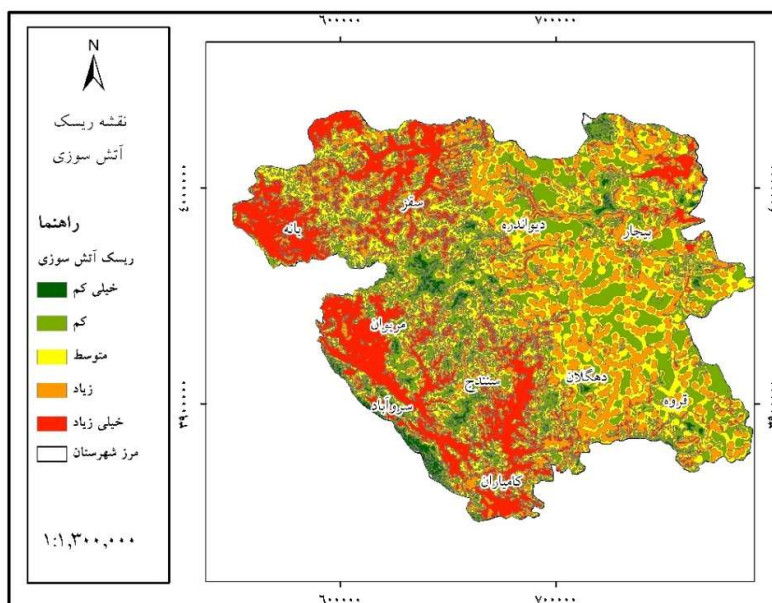
امتیاز	درصد آتش سوزی	تعداد آتش سوزی	درصد پیکسل	تعداد پیکسل	طبقات
۰/۰	۰	۰	۰/۰۰۰۱۷	۷۰۴	مسطح
۰/۹	۲۳/۷	۱۸۷	۰/۲۵۵	۱۰۱۹۶۵۱	شمال
۰/۹	۲۴/۲	۱۹۱	۰/۲۶	۱۰۳۷۳۰۸	شرق
۱/۱	۲۷/۱	۲۱۴	۰/۲۵۰۶	۹۹۹۸۴۱	جنوب
۱/۰۶	۲۴/۷	۱۹۵	۰/۲۳۳	۹۳۱۷۰۴	غرب
۳/۹۶	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۹۲۰۸	جمع
۰/۷	۴۳	۳۳۷	۰/۶۳	۲۵۰۶۱۵۰	>۲۰
۱/۷	۴۴	۳۴۶	۰/۲۵	۱۰۱۳۲۷۱	۲۰-۴۰
۱/۲	۱۲	۹۶	۰/۱۰	۳۹۳۹۷۸	۴۰-۶۰
۰/۵	۱	۸	۰/۰۲	۷۵۸۹۱	<۶۰
۴/۱	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۹۲۹۰	جمع
۰	۰	۰	۰/۰۰	۶۳۷۱	>۱۰۰۰
۲/۴	۳۶	۲۸۱	۰/۱۵	۶۰۳۵۲۸	۱۰۰۰-۱۶۰۰
۰/۸	۵۹	۴۶۷	۰/۷۶	۳۰۲۶۰۳۳	۱۶۰۰-۲۲۰۰
۰/۶	۵	۳۹	۰/۰۹	۳۴۸۲۷۲	۲۲۰۰-۲۸۰۰
۰	۰	۰	۰/۰۰	۵۲۱۷	<۲۸۰۰
۳/۸	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۹۴۲۱	جمع



شکل ۳- نقشه متغیرهای مؤثر در تعیین نقشه پتانسیل آتش سوزی

جدول ۲- تعداد پیکسل، تعداد آتش سوزی و امتیاز طبقات متغیرهای انسانی

امتیاز	درصد آتش	تعداد آتش سوزی	درصد پیکسل	تعداد پیکسل	طبقات
۱/۵۷۴	۳۹	۳۰۹	۰/۲۴۹	۹۹۳۹۷۱	۵۰۰ >
۱/۳۲۴	۲۶	۲۰۸	۰/۱۹۹	۷۹۵۲۰۲	۵۰۰ - ۱۰۰۰
۰/۹۶۹	۱۵	۱۲۳	۰/۱۶	۶۴۲۵۴۷	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰
۰/۶۰۳	۷/۱	۶۱	۰/۱۲۸	۵۱۱۷۴۰	۱۵۰۰ - ۲۰۰۰
۰/۴۱۸	۱۰/۹	۸۶	۰/۲۶	۱۰۴۱۳۲۳	۲۰۰۰ <
۴/۸۸۸	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۴۷۸۳	جمع
۱/۶	۳۲	۲۵۲	۰/۲۰	۸۰۲۵۰۱	۱۰۰۰ >
۱/۲	۴۷	۳۷۰	۰/۳۹	۱۵۷۰۲۶۰	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰
۰/۷	۱۷	۱۳۲	۰/۲۶	۱۰۲۵۷۰۴	۲۰۰۰ - ۳۰۰۰
۰/۳	۳	۲۶	۰/۱۰	۴۰۷۹۲۳	۳۰۰۰ - ۴۰۰۰
۰/۲	۱	۷	۰/۰۵	۱۸۰۸۷۶	۴۰۰۰ <
۴	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۷۲۶۴	جمع
۱/۱	۶۳	۴۹۹	۰/۵۹۷	۲۳۸۲۰۹۲	۵۰۰ >
۲/۰	۱۷/۶	۱۳۹	۰/۰۸۹	۳۵۶۹۴۵	۵۰۰ - ۱۰۰۰
۰/۹	۵/۶	۴۴	۰/۰۶۱	۲۴۴۳۱۲	۱۰۰۰ - ۱۵۰۰
۰/۸	۳/۵	۲۷	۰/۰۴۵۵	۱۸۱۸۶۳	۱۵۰۰ - ۲۰۰۰
۱/۰	۳/۸	۲۷	۰/۰۳	۱۳۱۶۸۵	۲۰۰۰ - ۲۵۰۰
۰/۶	۱/۵	۱۲	۰/۰۲۶	۱۰۳۸۲۶	۲۵۰۰ - ۳۰۰۰
۰/۳	۵	۳۹	۰/۱۴۷	۵۸۸۷۶۶	۳۰۰۰ <
۶/۷	۱۰۰	۷۸۷	۱	۳۹۸۹۴۸۹	جمع



شکل ۴- نقشه ریسک وقوع آتش سوزی استان کردستان



در جدول ۳ مساحت و درصد مساحت طبقات خطر آتش سوزی عرصه های طبیعی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود حدود ۵۰ درصد از سطح استان در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است. به طوری که نواحی شمال غرب، غرب و جنوب غربی بیشترین حساسیت به وقوع آتش سوزی را دارند.

### ۲.۳. ارزیابی دقت نقشه پیش بینی پتانسیل آتش

#### سوزی عرصه‌های طبیعی

از ۳۰ درصد (۳۳۷ واقعه) تعداد آتش سوزیهای مربوط به دوره پژوهش (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۴) که در فرایند ارزیابی ریسک وقوع آتش سوزی در مدل احتمالاتی وارد نشدند برای ارزیابی دقت نقشه پیش بینی پتانسیل آتش سوزی استفاده شد. نتایج ارزیابی دقت مدل به صورت هیستوگرام در شکل ۵ ارائه شده است. در محور افقی کلاسهای مربوط به نقشه

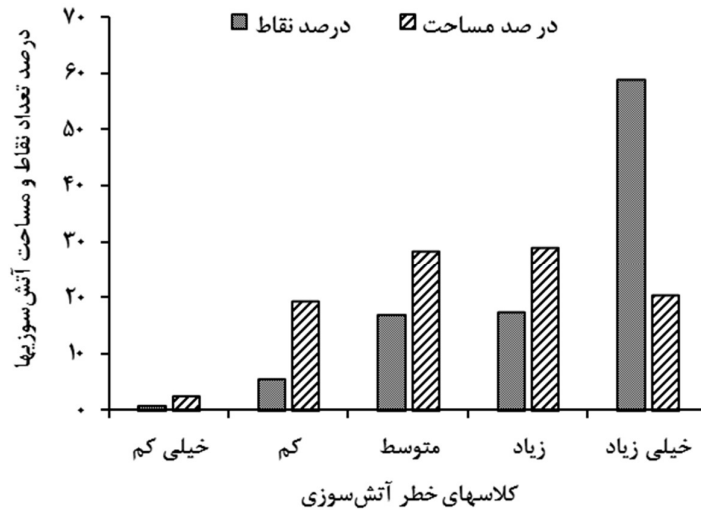
پتانسیل آتش سوزی قرار گرفته و در محور عمودی درصد مساحت هر یک از کلاسها و همچنین درصد وقوع آتش سوزیهای اتفاق افتاده در داخل هر کلاس از نقشه پتانسیل آتش سوزی درج شده است. با توجه به اینکه ۳۳۷ نقطه انتخاب شده برای صحت سنجی، در واقع نشان دهنده شرایط وقوع آتش سوزی می باشند، بنابراین احتمال حضور این نقاط در کلاسهای با حساسیت بیشتر (کلاسهای خیلی زیاد و زیاد) و حتی در کلاس متوسط نیز وجود دارند. با توجه به هیستوگرامهای مربوطه که بیشتر نقاط اعتبارسنجی در کلاسهای خیلی زیاد، زیاد و متوسط قرار دارد و همچنین از نتایج جدول ۴ می توان دریافت که روش شاخص آماری در تهیه نقشه پهنه بندی پتانسیل مناطق آتش سوزی کارآیی مناسبی دارد. دقت پیش بینی روش شاخص آماری برای تهیه نقشه پتانسیل آتش سوزی ۹۳/۵ درصد بود.

جدول ۳- مساحت و درصد مساحت طبقات خطر آتش سوزی عرصه های طبیعی

ردیف	دامنه ارزش	طبقات خطر	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱	۳/۹-۴/۹	خیلی کم	۷۶۷۹۴/۵۷	۲/۷
۲	۴/۹-۵/۹	کم	۵۶۱۷۷۳/۰۶	۱۹/۴
۳	۵/۹-۶/۹	متوسط	۸۲۱۰۳۵/۹	۲۸/۴
۴	۶/۹-۸	زیاد	۸۴۰۰۶۰/۶۳	۲۹
۵	۸-۱۰/۴	خیلی زیاد	۵۹۲۴۲۸/۷	۲۰/۵

جدول ۴- محاسبه دقت پیش بینی پتانسیل آتش سوزی در روش آماری

تعداد آتش سوزی	مورد
۳۳۷	کل وقایع استفاده شده برای صحت سنجی
۳۱۵	تطابق بین موقعیت آتش سوزی و پیش بینی آتش سوزی
۲۲	عدم تطابق بین موقعیت آتش سوزی و پیش بینی آتش سوزی
٪۹۳/۵	دقت پیش بینی



شکل ۵- هیستوگرام ارزیابی صحت نقشه پتانسیل آتش سوزی در استان کردستان

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

با جهت غربی بخصوص جنوب غربی در آخر بعد از ظهر بعلت افزایش تشعشعات انرژی تابشی دریافتی توسط پوشش گیاهی بطور معنی داری بالاتر است در نتیجه پوشش گیاهی موجود در شیبهای با جهت جنوب غربی در بالاترین دما بوده و با انرژی کمتری نسبت به دیگر جهات به دمای سوختن می رسند (Pyne et al., 1996). به طور کلی، جهت جنوبی بالاترین میزان دریافت تابش خورشید را دارد و در نتیجه شرایط محیطی برای وقوع آتش سوزی مساعدتر است (Chandra et al., 2005). Garavand و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی الگوی پراکنش مکانی نقاط آتش سوزی و خطر وقوع آتش سوزی در جنگلهای استان لرستان نیز به این نتیجه رسیدند که جهت های جنوب و جنوب غربی بیشترین فراوانی آتش سوزی را دارند. میزان دریافت تابش خورشید و گرما در یک محدوده با خشک بودن گیاهان آن محدوده و در حقیقت ماده سوختنی در ارتباط است. نتایج حاکی از بیشترین تعداد آتش سوزی (۵۹ درصد) در طبقه ارتفاعی میانه ۲۲۰۰-۱۶۰۰ متر بود. بیشتر روستاها در ارتفاعات پایین

نتایج این پژوهش نشان داد که حدود ۸۷ درصد تعداد آتش سوزیها در شیبهای کمتر از ۴۰ درصد اتفاق افتاده اند. در شیبهای تند، اراضی بیشتر سنگلاخی بوده و عمق خاک کم می باشد که خود باعث کاهش تراکم پوشش گیاهی و کاهش وقوع آتش سوزی خواهد شد. همچنین نتایج Mohammadi Sarvaleh و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که ۸۳ درصد آتش سوزیهای جنگل در سروآباد کردستان، در شیب کمتر از ۵۰ درصد روی داده است و با افزایش درصد شیب شاهد روند نزولی رخداد آتش سوزی بودند. بر اساس نتایج، تعداد آتش سوزیها در جهت های مختلف جغرافیایی از بیشترین به کمترین عبارتند از جنوب < غرب < شرق < شمال که با نتایج Vadrevu و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. به طور کلی در نیمکره شمالی، در طول روز جهت جنوبی، نور مستقیم بیشتری نسبت به جهت شمالی دریافت می کند که بر تعدد آتش - سوزی تاثیر دارد. دمای پوشش گیاهی در یک شیب

تاثیرگذار در آتش افروزی مراتع بشمار می روند. نتایج پژوهش Mohammadi Sarvaleh و همکاران (۲۰۱۴) در جنگلهای سروآباد کردستان نیز مشخص کرد که بیش از ۶۶ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از یک کیلومتری از جاده ها به وقوع پیوسته است. نتایج حاکی از وقوع ۷۳ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از دو کیلومتری از نزدیکترین روستا بود. دلیل افزایش تعداد آتش سوزیها در فاصله ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از نزدیکترین روستا نسبت به فاصله کوچکتر از ۱۰۰۰ متری احتمالاً مربوط به حفاظت اهالی روستا از جنگلها و مراتع نزدیک روستا و در دید بودن آن برای نیروهای گشت حفاظت منابع طبیعی نسبت به دیگر اراضی ملی است. نتایج این پژوهش با تحقیق de Torres churt و همکاران (۲۰۱۲)، Jaiswal و همکاران (۲۰۰۲)، Erten و همکاران (۲۰۰۴) و Somashekar و همکاران (۲۰۰۹) مبنی بر تأثیر وجود مراکز جمعیتی بر وقوع آتش سوزی مطابقت دارد.

نتایج این پژوهش حاکی از وجود رابطه معکوس بین تعداد آتش سوزی و فاصله از نزدیکترین زمین کشاورزی بود به طوری که ۶۳ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از ۵۰۰ متری و ۸۱ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از یک کیلومتری از نزدیکترین زمین کشاورزی روی داده است. در منطقه مورد پژوهش، اراضی زراعی نزدیک جنگل قرار دارند و فعالیت انسان جهت توسعه زمین کشاورزی میتواند یکی از علت‌های افزایش رخداد آتش سوزی در جنگلها باشد. نتایج به دست آمده در این خصوص با نتایج پژوهش Donge و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. Martinez و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان کردند که گاهی آتش سوزی توسط چوپانان و کشاورزان به سه دلیل حفظ

(۱۰۰۰-۱۶۰۰ متر) قرار داشته و مردم برای خاموش کردن آتش سوزیها به این منطقه دسترسی نداشته - اند. نتایج این پژوهش با نتایج Garavand و همکاران (2013) در خصوص وقوع بیشترین خطر آتش سوزی در طبقه ارتفاعی میانه (۱۳۰۰-۱۷۰۰ متر) همخوانی دارد. در این پژوهش از ارتفاع ۲۲۰۰ متری به بالا تعداد آتش سوزیها به شدت کاهش یافته چرا در ارتفاعات، رطوبت بیشتر، درجه حرارت کمتر و دوره رشد گیاهان کوتاه است و احتمال رخداد آتش سوزی کاهش می یابد. در ارتفاعات بعضی از گونه های مرتعی به بذر نشسته، ولی آلبومین بذر آنها به طور کامل تشکیل نمی شود که این امر سبب ضعف قوه رشد و عدم سبز شدن آنها و در نتیجه کاهش تراکم گونه های مرتعی می شود.

نتایج این پژوهش حاکی از وجود رابطه معکوس بین تعداد آتش سوزی و فاصله از نزدیکترین جاده است به طوری که ۶۶ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از یک کیلومتری از جاده ها روی داده است که با نتایج Eskandari و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. مهمترین راههای دسترسی جنگل، جاده های موجود در منطقه است که همین امر زمینه را برای ایجاد آتش سوزی توسط انسان فراهم می کند ( Jaiswal et al., 2002; Erten et al., 2004). Martinez و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی تأثیر عوامل انسانی بر آتش سوزی در اسپانیا بیان کردند که تعداد بیشتر جاده و خط آهن باعث افزایش فراوانی آتش سوزیها می شود. مسافران عبوری از جاده ها با انداختن کبریت و یا ته سیگار خاموش نشده، روشن کردن آتش و ترک محل بدون خاموش کردن آن، انداختن اشیائی مانند بطری، استکان و لیوان در طبیعت (آتش سوزی بر اثر ذره بینی شدن نور خورشید) عاملی

وقوع آتش سوزی شکل ۴، مشخص شد که ۵۰٪ سطح منطقه در طبقات خطر زیاد تا خیلی زیاد قرار گرفته و خطر آتش سوزی، منابع طبیعی، حیات وحش و حتی رفاه مردم منطقه را تهدید می کند. همچنین مشخص شد که ۲۸٪ منطقه در طبقه ریسک وقوع متوسط و تنها ۲۲٪ مساحت منطقه در طبقات خطر کم و خیلی کم قرار گرفته اند. این نقشه می تواند به عنوان راهنما در مدیریت بحران آتش سوزی در مناطق با خطر زیاد قرار گیرد و با ایجاد آتش برها (Fire Break)، دیده بانی (Fire Watch Tower) در فصل خشک سال (Zarekar et al., 2013)، متمرکز کردن نیروها و امکانات در این مناطق و همچنین افزایش آگاهی جوامع محلی و گردشگران جهت استفاده از توان مشارکتی آنها از وقوع آتش سوزی و یا گسترش آن جلوگیری کرده و آسیبها را به حداقل رساند.

گیاهان یک ساله، جلوگیری از رشد گیاهان هرز در حاشیه زمین زراعی و از بین بردن آفات شروع شده و نهایتاً به عرصه های طبیعی سرایت می کند. در پژوهش Mohammadi Sarvaleh و همکاران (۲۰۱۴) در جنگلهای سروآباد کردستان نیز مشخص شد که بیش از ۴۴ درصد آتش سوزیها در فاصله کمتر از ۵۰۰ متری از اراضی زراعی به وقوع پیوسته است. یافته های این پژوهش حاکی از دقت ۹۳/۵ درصدی مدل شاخص آماری در شناسایی مناطق دارای پتانسیل آتش سوزی است. بنابراین استفاده از مدل شاخص آماری احتمالاتی، در ارزیابی خطر آتش سوزی مفید و قابل اعتماد بود. نتایج نشان داد که عوامل درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از اراضی کشاورزی در تعیین پتانسیل آتش سوزی مؤثر بوده و بکارگیری آنها در مدل های احتمالاتی ارزیابی پتانسیل آتش سوزی مفید می باشد. با توجه به نقشه ریسک

## References:

- Ajin, R.S., Loghin, A.M., Vinod, P.G., and Jacob, M.K., 2016. Forest fire risk zone mapping using RS and GIS techniques: a study in Achankovil forest division, Kerala, India. *Journal of Earth, Environment and Health Sciences*, 2(3): 109-115.
- Ager, A.A., Barros, A.M.G. Day, M.A., Preisler, H.K., Spies, Th.A., and Bolte, J., 2018. Analyzing fine-scale spatiotemporal drivers of wildfire in a forest landscape model. *Ecological Modelling*. 384, 87-102.
- Cao, Ch., Xu, P., Wang, Y., Chen, J., Zheng, L., and Niu, C. 2016. Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas. *Sustainability*, 8(948), 1-18.
- Cerda, A., and Robichaud, P.R. 2009. Fire effects on soils and restoration strategies. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, 1- 605p.
- Chandra, S., 2005. Application of remote sensing and GIS technology in forest fire risk modeling and management of forest fires: A case study in the Garhwal Himalayan Region: 1239-1254. In: Van Oosterom, P., Zlatanova, S. and Fendel, M.E. (Eds.). *Geo-information for disaster management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1434 p.
- de Torres Curth, M., Biscayart, C., Ghermandi, L., Pfister, G., 2012. Wildland-urban interface fires and socioeconomic conditions: A case study of a Northwestern Patagonia city. *Environ. Manage.* 49, 876-891p.
- Dimopoulou, M. and and Giannikos, I. 2004. Towards an integrated framework for forest fire control. *European Journal of Operational Research*, 2, 476-486.
- Dong, X., Li-min, D., Gue- 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.
- Ebrahimi Mohammadi, Sh., Azari, M., and Manoochehri, E. 2016. Effects of Fire on Soil Properties, Erosion and Hydrologic Regime of Zrebar Lake Watershed. *Journal of Water and Soil*, 30(2), 618-631. (in Persian).
- Erten, E., Kurgun, V. and Musaoglu, N., 2004. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS a case study. *Proceedings of 20th Congress of ISPRS, Istanbul, Turkey*, 29
- Eskandari, S. 2015. Investigation on the relationship between climate change and fire in the forests of Golestan Province. *Iranian Journal of Forest and Range protection research*, 13(1), 1-10. (in Persian).
- Garavand, S., Yaralli, N., Sadeghi, H. 2013. Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province. *Iranian journal of Forests and Poplar Research*. 21(2), 231-242. (in Persian).
- Ghaemi Rad, T., and Karimi, M. 2015. Evaluating and Comparing the Results of Forest Fire Spreading Model Optimization based on Cellular Automata using PSO and ABC Algorithms. *Scientific-Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR)*, 24(93), 65-76. (in Persian).
- Hedayati, S.N. 2018. The role of climatic factors on Rangeland fire in Kurdistan province. M.Sc Thesis, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan. (in Persian).
- Jafarzadeh, A.A., Ahmadi, R., Fathi, H., and Naderi, M. 2016. Preparation of forest fire risk maps using logistic regression in GIS environment (Case study: Ilam forests). *Forest strategical approachment journal*. 1(2), 34-45. (in Persian).
- Jaiswal, R. K., Mukerjee, S., Raju, D. K. and Saxana, R., 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation*, 4: 1-1.
- Janbaz Ghobadi, Gh., Gholizadeh, B., and Majidi Dashliburun, O. 2012. Forest Fire Risk Zone Mapping From Geographic Information System in Northern Forests of Iran (Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 4(12), 818-824. (in Persian).
- Khanmohammadi, M., Rahimi, M., and Kartoolinezhad, D. 2016. Wildfires Risk Assessment of North-East Hyrcanian Forests of Iran by using Keetch-Byram and Mc-Arthur Indices. *Iranian Journal of Forest and Range protection research*, 1(14), 48-57. (in Persian).
- Martinez, J., Vega-Garcia, C., Chuvieco, E., 2009. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *J. Environ. Manage.* 90, 1241-1252.
- Mohammadi Sarvaley, F., Pir bavaghar, M., and Shabanian, N. 2014. Application of artificial neural network for forest fire risk mapping based on physiographic, human and climate factors in Sarvabad, Kurdistan province. *Iranian Journal of Forest and Range protection research*, 11(2), 97-107. (in Persian).
- Mozafari, Gh., and Safarpour, F. 2013. The Ecological Model of Pastures Zoning of Kurdistan Province Emphasizing on the Climatic Elements of Temperature and Precipitation. *Geography and Sustainability of Environment*, 3(6), 23-39. (in Persian).
- Nasr Azadani, A., Ghazi Fard, A., Shirani, K., and Safaei, H. 2013. Evaluating of Bivariate Statistical Analysis Method, by using GIS in Dez Olya Basin. *Journal of Geospatial Information Technology*, 1(1), 65-80. (in Persian).
- Pyne, SJ, PL Andrews, and RD Laven. 1996. *Introduction to Wildland Fire*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. NY.
- Poorhashemi, S., Amirahmadi, A., and Akbari, E. 2014. Selection of appropriate model between bivariate statistical methods for zoning of landslide hazard in GIS environment. *Arid Regions Geographic Studies*. 4(15), 71-89. (in Persian).
- Razavi Termeh, S.V., Mesgari, M.S., and kazemi,

- K. 2017. Evaluation and comparison of frequency ratio, statistic index and entropy methods for groundwater potential mapping using GIS (Case Study: Jahrom Township). *ECOhydrology*, 4(3), 725-736. (in Persian).
- Said, S.N.M.B.M., Zahran, E.S.M.M., and Shams, S. 2017. Forest Fire Risk Assessment Using Hotspot Analysis in GIS. *The Open Civil Engineering Journal*, 11, 786-801.
- Satir, O., Berberoglu, S., and Donmez, C. 2016. Mapping regional forest fire probability using artificial neural network model in a Mediterranean forest ecosystem. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(5), 1645-1658.
- Somashekar, R., Ravikumar, P., Mohankumar, C., Prakash, K. and Nagaraja, B., 2009. Burnt area mapping of Bandipur National Park, India using IRS1C/1D LISS III data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37: 37-5.
- Vadrevu, K.P., Eaturu, A., and Badarinath, K.V.S. 2010. Fire risk evaluation using multicriteria analysis-a case study. *Environmental Monitoring Assessment*. 166 (1-4), 223-239.
- Van Westen, C.J. 1997. Statistical landslide hazard analysis, ILWIS 2.1 for Windows application guide, ITC Publication, Enschede, pp 73-84.
- Viegas, D. 2004. Slope and wind effect on fire propagation. *International Journal of Wild Land Fire*, 13, 143-156.
- Yakubu, L., Mireku-Gyimah, D., and Duker, A.A. 2015. Review of methods of modeling forest fire risk and hazard. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 9(3), 155-165.
- You, W., Lin, L., Wu, Liyun., Ji, Zh., Yu, J., Zhu, J., Fan, Y., and He, D. 2017. Geographical information system-based forest fire risk assessment integrating national forest inventory data and analysis of its spatiotemporal variability. *Ecological Indicators*, 77, 176-184.
- Zarekar, A., Kazemi Zamani, B., Ghorbani, S., Ashegh Moalla, M., and Jafari, H.R. 2013. Mapping Spatial Distribution of Forest Fire using MCDM and GIS (Case Study: Three Forest Zones in Guilan Province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2), 218-230. (in Persian).