

## Zoning areas prone to fire occurrences in the forest ecosystems of North Zagros (Case study: Sardasht forests in West Azarbaijan)

Shahryar Dashti<sup>1\*</sup>, Jamal Amini<sup>2</sup>, Naser Ahmadi Sani<sup>3</sup>, Abdollah Javanmard<sup>4</sup>

1. *Corresponding Author*, Assistance Prof., Department of Plant Production and Genetic Engineering, University of Maragheh, Iran.
2. MSc. Graduate of Remote Sensing and Geographic Information System, University of Tarbiat, Iran.
3. Associate Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran.
4. Associate Prof., Department of Plant Production and Genetic Engineering, University of Maragheh, Iran.

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

### Article history:

**Received:** 08 July 2020

**Revised:** 22 November 2020

**Accepted:** 07 March 2021

### Keywords:

Angstrom index,  
Hierarchical analysis process,  
Standardized precipitation  
index,  
Zagros forests.

### ABSTRACT

The ecological balance in nature is integrated with forest safety. Wildfire causes irreparable effects on the ecological functions of the forest and disrupts the production of oxygen and carbon sequestration, reducing biodiversity, expanding pests and diseases, and eventually breaking the balance of nature, which is the unique role of the forest. The purpose of this study was to identify the factors affecting the occurrence and zoning of fire hazards in Sardasht forests in the area of 1784.8 hectares to achieve control and counteraction strategies. At first, layers of elevation, slope, aspect, precipitation, temperature, organic carbon, soil texture, and vegetation cover were mapped for the study area. AHP was used for prioritization, evaluation criteria, and weighting of the layers. Finally, the classifications of the layer were done using GIS, and hazard scores were classified at four classes included; Safe, low risk, medium risk, and high risk. The results showed that 12.7% of the study area is at high risk, 39.9% has moderate risk, 31.9% is in the low-risk area and 15.5% is located in the safe area. Also, the Angstrom index was showed that wildfire occurring has maximum possibility between June to September. It was also found that the north-east of the study area is more at risk of fire due to the denser vegetation than other areas. The minimum fire hazard was observed in the north, part in the south, and the narrow strip in the central regions of the study area.

**Cite this article:** Dashti, S., Amini, J., Ahmadi sani, N., Javanmard, A. (2022). Zoning areas prone to fire occurrences in the forest ecosystems of North Zagros (Case study: Sardasht forests in West Azarbaijan). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(30), 105-126. DOI: 10.22111/jneh.2021.34965.1683



© Shahryar Dashti.

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2021.34965.1683

\* Corresponding Author Email: [shdashti@maragheh.ac.ir](mailto:shdashti@maragheh.ac.ir)

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۳۰، زمستان ۱۴۰۰

## پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت در آذربایجان غربی)

شهریار دشتی<sup>۱\*</sup>، جمال امینی<sup>۲</sup>، ناصر احمدی ثانی<sup>۳</sup>، عبدالله جوانمرد<sup>۴</sup>

۱. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه مراغه، ایران (نویسنده مسئول)

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

۳. دانشیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران

۴. دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه مراغه، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	تعادل بوم‌شناسی طبیعت وابسته به سلامتی بوم‌سازگان‌های جنگلی است. آتش‌سوزی تأثیرات جبران‌ناپذیری بر کارکردهای بوم‌شناسی بوم‌سازگان جنگلی می‌گذارد، بطوری‌که سبب اختلال در تولید اکسیژن و ترسیب کربن، کاهش تنوع زیستی، گسترش آفات و بیماری‌ها و درنهایت برهم خوردن تعادل طبیعت می‌شود که نقش بی‌همتایی بوم‌سازگان جنگلی دارد. تحقیق حاضر با هدف پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان سردشت در استان آذربایجان غربی با وسعت ۱۷۸۴/۸ هکتار برای دستیابی به راهکارهای مدیریتی جهت مقابله با آن انجام شد. به این منظور پس از گردآوری داده‌های مورد نیاز، اقدام به تهیه لایه‌های اطلاعاتی شامل ارتفاع، شیب، جهت دامنه، متوسط بارندگی سالانه، متوسط دمای ماهانه، کربن آلی، بافت خاک و تراکم پوشش گیاهی گردید. در مرحله بعد، اولویت‌بندی و ارزیابی معیارها و تعیین وزن لایه‌ها توسط فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد. با اختصاص وزن‌های حاصل به لایه‌های رستری، عوامل تاثیرگذار و روی هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه امکان وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه تهیه گردید. نتایج نشان داد که ۱۲/۷ درصد منطقه در محدوده خطر آتش‌سوزی زیاد، ۳۹/۹ درصد در محدوده متوسط، ۳۱/۹ درصد در طبقه با خطر کم و ۱۵/۵ درصد منطقه نیز در محدوده بی‌خطر واقع شده است. همچنین، بیشترین تهدید آتش‌سوزی، در نواحی شمال شرق منطقه مورد مطالعه و کمترین خطر آتش‌سوزی نیز، در شمال، بخش‌هایی در جنوب و نوار باریکی در نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه مشاهده شد. مقدار شاخص آنگستروم نیز نشان داد که بیشترین احتمال رخداد آتش‌سوزی‌ها در فاصله زمانی خرداد تا شهریور است.
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸	
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲	
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷	
واژه‌های کلیدی:	
تحلیل سلسله مراتبی، جنگل‌های زاگرس، شاخص آنگستروم، شاخص بارش استاندارد شده.	

استناد: دشتی، شهریار، امینی، جمال، احمدی ثانی، ناصر، جوانمرد، عبدالله. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس شمالی (مطالعه موردی: جنگل‌های سردشت در آذربایجان غربی). مخاطرات محیط طبیعی، ۱۰(۳۰): ۱۰۵-۱۲۶.

DOI: 10.22111/jneh.2021.34965.1683



© شهریار دشتی\*، جمال امینی، ناصر احمدی ثانی، عبدالله جوانمرد.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

## مقدمه

متن آتش‌سوزی پس از فعالیت‌های شهری و کشاورزی، اصلی‌ترین عامل تخریب بوم‌سازگان‌های طبیعی به‌شمار می‌رود (Penttila et al., 2013) و شدت آن تابع شرایط و ویژگی‌های اقلیمی محلی است (Yin et al., 2004). آتش با تاثیر بر پوشش گیاهی، توده شاخ و برگ (فلور) و موجودات خاکزی (فون) بر کیفیت رویشگاه‌ها موثر است (Barnes et al., 1998)، از این رو با آسیب دیدن پوشش گیاهی از جمله درختان، موجب شیوع بیماری‌های قارچی و حمله حشرات شده (Brown and Smith, 2000) و در مناطق مختلف خسارات متفاوتی را سبب می‌شود. به‌طور کلی وقوع این پدیده در مناطق جنگلی، تهدید جدی برای منابع طبیعی و زندگی انسان‌ها می‌باشد.

جنگل‌های زاگرس به‌صورت نواری در غرب کشور نقش بسیار مهمی در تلطیف آب‌وهوا، جلوگیری از فرسایش و حفاظت از محیط‌زیست منطقه و کشور ایفا می‌کند. این جنگل‌ها به‌عنوان پهناورترین عرصه جنگلی ایران طی سالیان گذشته مورد تخریب و تعرض فراوانی قرار گرفته است، به‌طوری‌که مساحت آن از حدود ۱۰ میلیون هکتار در گذشته‌های نه‌چندان دور، با سیر مداوم نزولی به کمتر از پنج میلیون هکتار، در حال حاضر کاهش یافته است (حیدری صفری کوچی و همکاران، ۱۳۹۴). منطقه زاگرس عمدتاً شامل جنگل‌های بلوط با تاج پوشش باز، درختان کند رشد و زادآوری طبیعی اندک به‌دلیل تخریب زیاد می‌باشد. از گونه‌های مهم بلوط منطقه می‌توان به سه گونه اصلی وی‌ول<sup>۱</sup>، بلوط ایرانی (برودار)<sup>۲</sup> و بلوط حلبی مازودار<sup>۳</sup> اشاره کرد. در حال حاضر ۹۰ درصد از سطح جنگل‌های زاگرس، تاج پوشش کمتر از ۲۶ درصد دارد. در ضمن هفت درصد جنگل‌های این منطقه فرم پرورشی دانه‌زاد و ۹۳ درصد آن فرم پرورشی شاخه‌زاد دارند (ثاقب طالبی و همکاران، ۱۳۸۳).

زاگرس از بارزترین نمونه‌های سیر قهقرایی در منابع طبیعی ایران محسوب می‌شود. تخریب زاگرس در نواحی پرجمعیت، مانند استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام و لرستان مشهودتر است. شاید نقل قول کنایه‌آمیز « اگر در بسیاری از نقاط جهان، از قرون وسطی به بعد، انسان‌ها برای به‌دست آوردن زمین زراعتی به محو فضاهای بزرگ جنگلی پرداختند در ایران نابودی جنگل‌ها عموماً به‌منظور تولید زغال چوب انجام شد» تلنگری باشد بر آنان که فهم درستی نسبت به از دست رفتن زیست‌بوم‌های بسیار با ارزش کشور ندارند (مومنی، ۱۳۸۹). در منطقه زاگرس ایران، آتش‌سوزی از مهم‌ترین منابع خطر با پیامدهای کوتاه‌مدت و عواقب درازمدت بوم‌شناختی، اقتصادی و اجتماعی است (Ebrahimi et al., 2017). در مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای و اقلیم‌های مشابه، عوامل آب و هوایی در کنار عوامل انسانی مسبب اصلی افزایش خطر آتش‌سوزی محسوب می‌شوند. افزون بر آن مواد قابل اشتعال (پوشش گیاهی خشک) و توپوگرافی نیز از عوامل تأثیرگذار هستند (Bradshaw et al., 1984). علی‌رغم اهمیت موضوع، پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی، پیچیده بوده و برآورد و مدیریت ریسک و بحران آن، نیاز به اطلاعات متنوع و چندجانبه دارد. وقوع آتش‌سوزی در جنگل پدیده‌ای تدریجی است و زمان و مکان تقریبی وقوع آن قابل تخمین است. بر اساس مطالعات انجام‌شده طی یک دوره ۳۴ ساله از سال ۱۳۴۷ تا اوایل ۱۳۸۰، در عرصه‌های طبیعی ایران، ۷۹۴۸ مورد آتش‌سوزی رخ داده که سطحی معادل ۳۰۹۲۱۸ هکتار از جنگل‌ها و مراتع کشور را در بر می‌گیرد (اسدپور، ۱۳۸۰). در سال‌های اخیر، تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (Chi et al., 2006) کارآیی قابل توجهی

<sup>۱</sup> - Quercus libani

<sup>۲</sup> - Q. brantii

<sup>۳</sup> - Q. infectoria

در جهت تعیین ریسک آتش‌سوزی بوم‌سازگان‌های طبیعی داشته است. این روش تلفیقی در کنار اطلاعات حاصل از سنجش‌از‌دور، همراه با داده‌های کمکی توپوگرافی، وضعیت پوشش گیاهی، کاربری اراضی، جمعیت و سکونت‌گاه‌ها، نواحی ریسک‌پذیر را دقیق‌تر مشخص می‌سازد (Chuvieco et al., 1989). به‌عنوان نمونه در یک مطالعه روی، توزیع مکانی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از وضعیت توپوگرافی، داده‌های جوی، مدل‌های سوختی<sup>۱</sup> (طراحی خاصی از بستر حاوی مواد سوختی که در مدل‌سازی آتش‌سوزی کاربرد دارد) و عوامل انسانی مؤثر بر آتش‌سوزی مشخص شد که استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی چگونگی توزیع مکانی خطر آتش‌سوزی و برنامه‌ریزی برای جلوگیری از آن بهبود داده و راه‌کارهای مقابله با آن را بسیار کارآمد می‌سازد (Chuvieco et al., 1996). در تحقیقی سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با یکدیگر تلفیق شدند تا آسیب‌پذیری نواحی جنگلی اطراف دریاچه زریوار را مشخص کنند. مطالعه آن‌ها نشان‌داد که ۷۸/۰۳ درصد از نواحی آتش گرفته در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ آسیب‌پذیری شدید تا متوسط دارند (Rasooli et al., 2018). در پژوهش دیگری، محققان به‌منظور شناسایی مناطق مستعد آتش‌سوزی جنگل، از نقشه جاده‌ها و مناطق مسکونی و داده‌های ماهواره IRS جهت تهیه نقشه پوشش گیاهی استفاده کردند. اطلاعات حاصل از سنجش از دور با نقشه‌های توپوگرافی تلفیق و در سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نهایت مدل خطر آتش‌سوزی جنگل تهیه گردید (Jaiswal et al., 2002). مطالعه‌ای در کشور رومانی نشان داد که با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و در نظر گرفتن عواملی از قبیل پوشش گیاهی، رطوبت، شیب، جهت دامنه، ارتفاع، فاصله از جاده و مجاورت با سکونت‌گاه‌ها، می‌توان ریسک آتش‌سوزی را با دقت مناسب برآورد نمود (Banu et al., 2014). مطالعات متعدد دیگری نیز وجود دارد که سودمندی تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تاکید شده است (Adab et al., 2009; ChiHan, 2006; Dong et al., 2005; Erten et al., 2002; Siachalou et al., 2011).

در ایران نیز به‌کارگیری این رهیافت چندی است که فراگیر شده و محققان در تلاش هستند تا عرصه‌های جنگلی را از خطر آتش‌سوزی ایمن نمایند. تحقیقات پژوهشگران داخلی مؤید این مطلب است که بهره‌گیری از مدل‌های شبیه‌سازی، مدل رقومی ارتفاع و شاخص قابلیت آتش‌سوزی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی، می‌تواند در جهت پیش‌بینی، مدیریت و کنترل آتش‌سوزی جنگل، مطرح باشد (Mahdavi et al., 2012). برخی محققان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و با بهره‌گیری از لایه‌های اطلاعات پوشش گیاهی، ارتفاع، شیب و عوامل اقلیمی، نقشه خطر آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های پاره واقع در استان کرمانشاه را تهیه نموده و نتیجه گرفتند که ۹۰ درصد از مناطقی که پیش‌تر آتش گرفته بودند در پهنه‌هایی با ریسک آتش‌سوزی بالا قرار می‌گیرند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهشی، با تلفیق سنجش‌از‌دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، خطر آتش‌سوزی و نحوه مدیریت بحران در سه فاز پیشگیری، مقابله و بازبانی پس از وقوع حادثه در منطقه مانشت و فلارنگ ایلام مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت منجر به تدوین برنامه مدیریت بحران آتش‌سوزی جنگل در منطقه مورد مطالعه گردید (منصوری و همکاران، ۱۳۹۰). گراوند و همکاران (۱۳۹۲) جهت بررسی پراکنش و توزیع الگوی مکانی خطر آتش‌سوزی در اراضی طبیعی استان لرستان از روش کوادرات<sup>۲</sup>، نزدیک‌ترین همسایه<sup>۱</sup> و k راپیلی<sup>۲</sup> برای تعیین الگوی پراکنش نقاط، و همچنین

<sup>۱</sup>- Fuel models

<sup>۲</sup>- Quadrat analysis

برای تعیین مناطق پرخطر، از روش کرنل<sup>۳</sup> استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین فراوانی آتش-سوزی در طبقه ارتفاعی ۱۷۰۰-۱۳۰۰ متر و شیب ۲۰-۱۰ درصد و جهت‌های جنوب و جنوب غربی رخ داده است (گراوند و همکاران، ۱۳۹۲).

رفع کاستی‌های موجود در زمینه عدم کفایت امکانات و تجهیزات اطفاء حریق و نیز اقدام به آموزش و فرهنگ‌سازی به‌منظور بهبود الگوهای رفتاری مخرب، در طیف وسیعی از کاربران جنگل شامل گردشگران تا کشاورزان نیاز به صرف هزینه و زمان زیادی دارد. تحقیق حاضر با هدف مشخص ساختن پهنه‌های مستعد آتش‌سوزی به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه که به‌عنوان محل آغاز رویش جنگل‌های زاگرس شناخته می‌شود و اهمیت مطالعه در این منطقه را دو چندان می‌کند انجام شد، تا استفاده از امکانات را با بهره‌وری بالاتری ممکن سازد و با هدفمندسازی آموزش‌ها ضمن کاهش هزینه‌ها، نتایج موثرتری حاصل نماید.

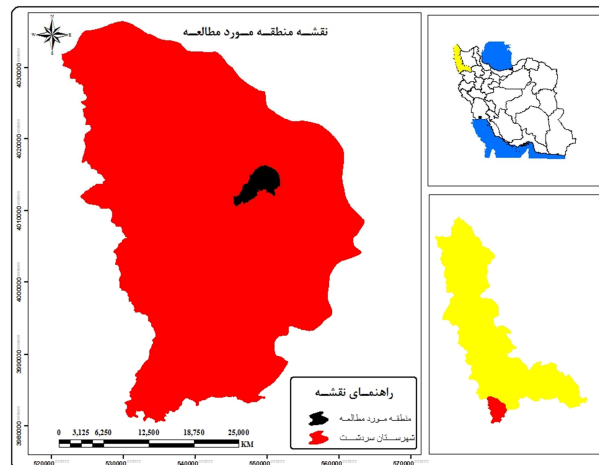
### داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) با مساحت حدود ۱۸۰۰ هکتار در ۱۲ کیلومتری شمال شرق شهرستان سردشت، در استان آذربایجان غربی در محدوده جغرافیایی ۴۵/۵ تا ۴۵/۵۷ درجه طول شرقی و ۳۶/۲۴ تا ۳۶/۲۹ درجه عرض شمالی قرار دارد. محدوده ارتفاعی منطقه مورد مطالعه ۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا است. متوسط درجه حرارت منطقه، ۱۳/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالانه آن حدود ۷۰۰ میلی‌متر است. جمعیت ساکنان منطقه مورد مطالعه حدود ۲۰۰۰ نفر است که در ۲۰ روستا، با جمعیت بین هفت نفر (روستاهای شیخ عیسی و کوتان) تا ۴۳۰ نفر (روستاهای بناویله و ورگیل) پراکنده شده‌اند.

بانک اطلاعاتی داده‌های اقلیمی شامل متوسط بارندگی سالانه و متوسط دمای ماهانه از داده‌های ایستگاه سینوپتیک سردشت و مقادیر بارش سالانه از ایستگاه‌های بارانسنجی موسالان (۵۰۶/۷ میلی‌متر)، کوپر (۷۲۳/۴ میلی‌متر)، گل-کانک (۹۸۳/۱ میلی‌متر)، کوهسلان (۷۴۲/۹ میلی‌متر)، شلماش (۹۶۶/۳ میلی‌متر) و خورخوره (۵۰۶/۷ میلی‌متر) بود.

---

1- Nearest neighbor analysis  
2- Ripley  
3- Kernel analysis



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

پس از بررسی کفایت داده‌ها توسط آزمون ماکوس، (علیزاده، ۱۳۸۹) سال ۱۳۷۸ به‌عنوان سال پایه آماری قرار داده شد. کیفیت داده‌ها از لحاظ تصادفی بودن (Wald et al., 1940)، همگنی (Buishand, 1982)، و همچنین، وجود داده‌های پرت بررسی شد. مدل رقومی ارتفاع با دقت متوسط ارتفاعی ۲۰ متر (تخمین دقت در سطح اطمینان ۹۵ درصد) و قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر در قطعات ۱×۱ درجه از باندهای<sup>۱</sup> سنجنده استر<sup>۲</sup> تهیه گردید. نقشه‌های ارتفاع، شیب و جهت شیب، از مدل رقومی ارتفاع منطقه حاصل گردید. جهت تهیه نقشه تراکم پوشش علفی و تراکم جنگل از روش نمونه‌برداری سیستماتیک در خرداد ماه و تیر ماه سال ۱۳۹۵ استفاده شد. سنجش کربن آلی خاک، با روش اکسیداسیون مرطوب با دی‌کرومات پتاسیم (Walkley et al., 1934) انجام شد. بانک اطلاعاتی حاصل، ماهیت برداری داشت جهت که پس از بررسی، جهت تهیه لایه رستری بارش از روش وزن‌دهی معکوس فاصله<sup>۳</sup> استفاده شد. در تهیه دیگر لایه‌های رستری بعد از تحلیل واریوگرام تجربی، روش زمین‌آماري کریجینگ<sup>۴</sup> مناسب تشخیص داده شد و مورد استفاده قرار گرفت.

اقلیم منطقه با استفاده از شاخص خشکی دومارتن (رابطه ۱) تعیین گردید.

$$\text{Aridity Index} = \frac{P}{10+t} \quad (1)$$

در رابطه فوق،  $P$ ، میانگین بارش سالانه برحسب میلی‌متر و  $t$  میانگین درجه حرارت سالانه برحسب درجه سانتی‌گراد است.

به‌منظور بررسی تناسب توزیع بارش در ماه‌های مختلف از شاخص یکنواختی شانون (رابطه ۲) استفاده گردید.

$$S = -\sum_i^n \left( \frac{r_i}{R} \times \ln \frac{r_i}{R} \right) \quad (2)$$

<sup>1</sup> - Band3 Nadir view and Band3 Backward scan

<sup>2</sup> - Aster

<sup>3</sup> - Inverse Distance Weighting (IDW)

<sup>4</sup> - Kriging

در رابطه ارائه شده  $t_i$  بارش ماهانه منطقه مورد مطالعه و  $R$  میانگین بارش سالانه است. هرچقدر مقدار شاخص بیشتر از ۲ باشد نشان از توزیع یکنواخت تر بارش در ماه‌های مختلف سال دارد و اگر عدد شاخص نزدیک به صفر باشد، نشان دهنده تمرکز بارش در محدوده زمانی کوتاه است.

شاخص مرسوم در برآورد شرایط خطر آتش‌سوزی، آنگستروم است که مقدار بیشتر از ۴، حاکی از فراهم نبودن شرایط برای وقوع آتش‌سوزی است. مقادیر ۴-۲/۵ نشان از شرایط نامطلوب برای رخداد آتش است، مقادیر ۲-۲/۵، نشان‌دهنده وجود شرایط مطلوب جهت وقوع آتش‌سوزی و در صورتی که مقدار عددی شاخص کمتر از دو باشد، شرایط برای آتش‌سوزی را بسیار مهیا نشان می‌دهد. شاخص آنگستروم از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$I = \left( \frac{R}{20} + \frac{27-T}{10} \right) \quad (3)$$

که در آن  $R$ ، رطوبت نسبی و  $T$ ، دمای هوا در ماه مورد نظر است.

جهت محاسبه شاخص بارش استاندارد شده<sup>۱</sup>، از برازش گاما استفاده گردید. هرچه مقدار شاخص منفی تر باشد حاکی از خشک‌سالی شدیدتر است.

### یافته‌های تحقیق

با توجه به اینکه ارزیابی خطر آتش‌سوزی نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلفی دارد، از میان روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، تحلیل فرآیند سلسله مراتبی<sup>۲</sup> انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت. به این منظور اطلاعات لازم به وسیله پرسشنامه، از کارشناسان و ساکنین بومی مطلع منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید و نظرات در نرم-افزار اکسپرت چویس<sup>۳</sup> مورد تحلیل قرار گرفت. این نرم افزار با استفاده از مقایسه‌های دو به دو براساس تحلیل سلسله مراتبی به استخراج اوزان با دقت بالا می‌پردازد (نیکمردان، ۲۰۰۷).

جدول ۱: اوزان معیارها و زیرمعیارها

معیارها	زیر معیارها	وزن نسبی	وزن نهایی
تراکم علفی (درصد)	<۵	۰/۰۹۳	۰/۰۳۲۱
	۵-۲۵	۰/۱۳۵	۰/۰۴۶۷
	۲۵-۵۰	۰/۱۷۸	۰/۰۶۱۵
	۵۰-۷۵	۰/۲۲۲	۰/۰۷۶۸
	>۷۵	۰/۳۷۲	۰/۱۲۸۷
تراکم جنگلی (درصد)	۰-۲۵	۰/۱۵۷	۰/۰۳۵۳
	۲۵-۵۰	۰/۲۴۳	۰/۰۵۴۶
	۵۰-۷۵	۰/۲۸۱	۰/۰۶۳۲
	۷۵-۱۰۰	۰/۳۱۹	۰/۰۷۱۷
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۶-۲۸	۰/۱۹۶	۰/۰۲۵۸
	۲۸-۳۰	۰/۳۱۱	۰/۰۴۱
	>۳۰	۰/۴۹۳	۰/۰۶۵

<sup>1</sup> - Standardized Precipitation Index (SPI)

<sup>2</sup> - Analytical Hierarchy Process (AHP)

<sup>3</sup> - Expert Choice

۰/۰۰۷۵	۰/۰۹۳	۷۸۷-۷۹۷	بارندگی (میلی‌متر)
۰/۰۱۱	۰/۱۳۵	۷۶۸-۷۸۷	
۰/۰۱۴۴	۰/۱۷۸	۷۴۷-۷۶۷	
۰/۰۱۷۹	۰/۲۲۲	۷۲۷-۷۴۷	
۰/۰۰۳	۰/۳۷۲	۷۰۷-۷۲۷	
۰/۰۲۶	۳	۰/۹-۱/۵	کربن آلی خاک (درصد)
۰/۰۵۲	۰/۶۶۷	۱/۵-۲/۰	
۰/۰۰۸	۰/۱۹۶	شمال	جهت شیب
۰/۰۱۲۷	۰/۳۱۱	شرق، غرب و مسطح	
۰/۰۲۰۲	۰/۴۹۳	جنوب	
۰/۰۰۷	۰/۱۹۶	رسی	بافت خاک
۰/۰۱۱	۰/۳۱۱	لوم رسی	
۰/۰۱۷۷	۰/۴۹۳	لومی و لوم شنی	
۰/۰۰۶۶	۰/۱۹۶	۰-۳۰	شیب (درجه)
۰/۰۱۰۵	۰/۳۱۱	۳۰-۶۰	
۰/۰۱۶۷	۰/۴۹۳	>۶۰	
۰/۰۰۵۲	۰/۱۹۶	۱۶۰۰-۱۸۰۰	ارتفاع (متر)
۰/۰۰۸۴	۰/۳۱۱	۱۴۰۰-۱۶۰۰	
۰/۰۱۳۳	۰/۴۹۳	۱۰۰۰-۱۴۰۰	

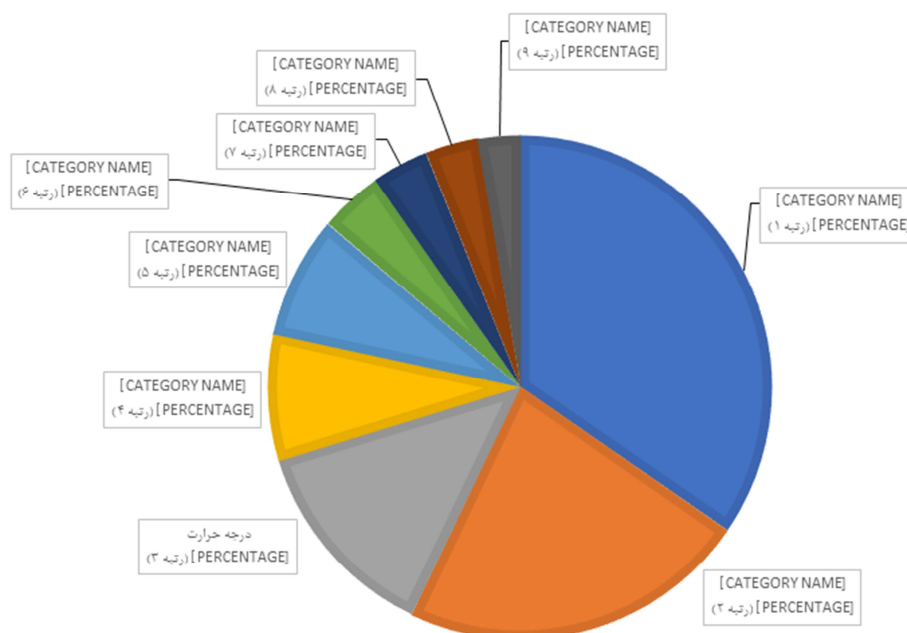
با توجه به جمعیت افراد مطلع و بر اساس جدول مورگان تعداد ۳۶ پرسشنامه به‌صورت تصادفی توزیع شد. روایی پرسشنامه توسط متخصصان منابع طبیعی و پایایی آن بوسیله آزمون آلفای کرونباخ (۰/۷۶) تایید شد. در فرآیند تعیین اوزان (جدول ۱)، ضریب ناسازگاری تحت پایش بود تا مقدار آن کمتر از ۰/۱ باشد. سپس با اعمال وزن‌ها به لایه‌های رستری بر اساس معیار و مدل مورد نظر، ترکیب و همپوشانی اطلاعات انجام شد و نقشه نهایی ریسک آتش-سوزی منطقه تهیه گردید. برای تعیین ارزش کمی پارامترهای کیفی از روش فاصله‌ای استفاده شد. این روش براساس یک مقیاس ۱۰ نقطه‌ای می‌باشد که صفر مینیمم ارزش و ۱۰ ماکزیمم ارزش را نشان می‌دهد. ارزش طبقات هر لایه براساس مرور منابع و نظر کارشناسان، مشخص گردید (Sani et al., 2016).

سپس وزن نهایی هر زیرمعیار در لایه استاندارد شده مربوطه، ضرب و نقشه‌های استاندارد شده وزنی به‌دست آمد و با اعمال روش خطی-وزنی<sup>۱</sup>، نقشه پیوسته ریسک آتش‌سوزی تهیه و با توجه به مرور منابع و همچنین دامنه ارزش‌ها در نقشه پیوسته حاصله، به‌صورت نقشه درجات تناسب با چهار کلاس معمول طبقه‌بندی و نقشه نهایی خطر آتش-سوزی تهیه گردید (Vadrevu et al., 2010).

رخداد آتش‌تابعی از حضور ماده قابل اشتعال، شرایط آب و هوایی و توپوگرافی است. ساختار جنگل چه در بخش زنده و چه در بخش‌های غیر زنده خود شامل مقادیری از زی‌توده قابل اشتعال است (Agee, 1996). تحقیق حاضر نشان داد سه عامل تراکم پوشش علفی، تراکم توده جنگلی و درجه حرارت، بیشترین وزن را در میان عوامل مؤثر در بروز آتش‌سوزی دارند و ارتفاع، شیب، بافت خاک و جهت شیب، کمترین تاثیرات را بر آتش‌سوزی داشته‌اند. بارندگی و مقدار کربن آلی سهم متوسطی در ایجاد خطر آتش‌سوزی به‌خود اختصاص دادند (شکل ۲).

<sup>1</sup> -Weighted Linear Combination (WLC)



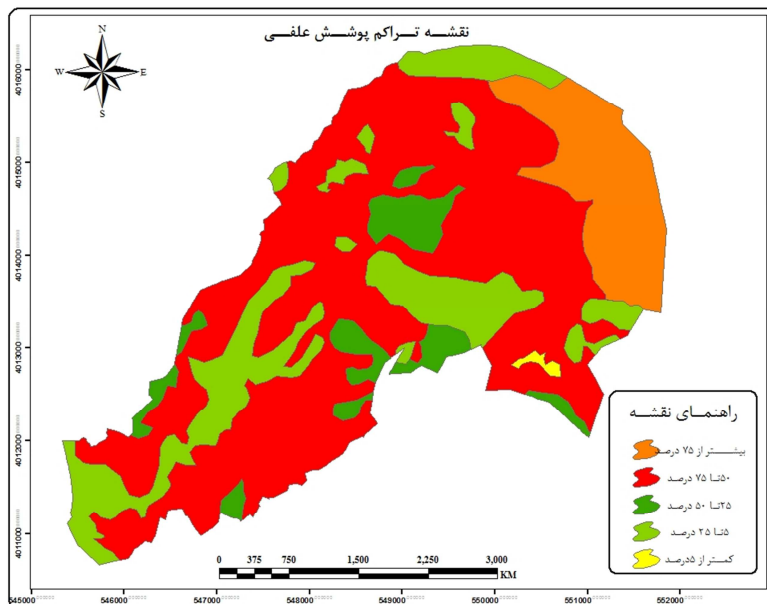


شکل ۲: سهم عوامل موثر در رخداد آتش‌سوزی منطقه مورد مطالعه

## نتایج و بحث

### تراکم پوشش علفی

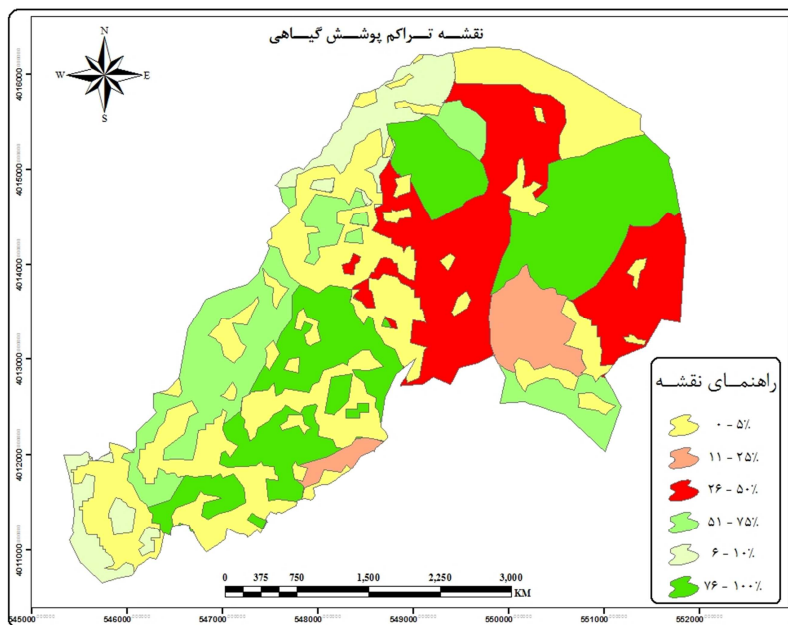
بخش بسیار کوچکی واقع در جنوب شرق منطقه، تراکم علفی اندک (کمتر از ۲۵ درصد) داشت که وسعت آن تنها ۰/۳ درصد از کل اراضی را شامل می‌شود. پوشش ۵۰ تا ۷۵ درصدی، تقریباً در کل منطقه مورد مطالعه (۶۰ درصد از مساحت کل)، غیر از نواحی شرقی قابل مشاهده است. بیشترین مقدار پوشش علفی (تراکم پوشش بیش از ۷۵ درصد) مربوط به شرق منطقه (۱۲ درصد از مساحت کل) می‌باشد. (شکل ۳). برخی پژوهشگران، مرغزارها را در محدوده حد واسط خطرپذیری قرار داده‌اند (Long et al., 2004). بنابراین حضور پوشش متراکم علفی، منطقه را بالقوه مستعد آتش‌سوزی نموده است. اراضی واقع در نیمه غربی بیشتر به فعالیت‌های کشاورزی اختصاص دارد و با خطر کمتری مواجه است. احتمالاً دلیل آن الگوی کشت رایج و فشرده بودن کشاورزی در منطقه است که مبتنی بر استفاده حداکثری از زمین و حذف بقایای گیاهی برای آماده‌سازی سریع زمین جهت کشت بعدی یا به‌منظور نابودی آفات و بیماری‌ها به روشی دور از منطق علمی و از طریق سوزاندن کنترل شده می‌باشد که سبب می‌شود زی‌توده گیاهی در حداقل باقی بماند و در نتیجه ماده قابل اشتعالی باقی نمی‌ماند تا خطر آتش‌سوزی را افزایش دهد. همچنین شدت بیشتر تخریب اراضی و تغییر و تبدیل کاربری‌ها آن به انواع زراعی یا مسکونی سبب شده تا عملاً اراضی قابل توجهی برای آتش‌گرفتن باقی نماند.



شکل ۳: نقشه تراکم پوشش علفی منطقه مورد مطالعه

### تراکم توده جنگلی

این عامل رتبه دوم را از نظر اهمیت در وقوع آتش‌سوزی‌های منطقه به خود اختصاص داد (شکل ۲). اراضی موجود در شمال، شمال شرق و شرق منطقه که حدود ۴۰ درصد مساحت کل را شامل می‌شوند، به‌جز نواحی اندکی در محدوده روستای میونه تقریباً پوشیده از جنگل هستند. (شکل ۴، جدول ۲).



شکل ۴: نقشه پوشش جنگلی منطقه مورد مطالعه

جدول ۲: درصد تراکم جنگل

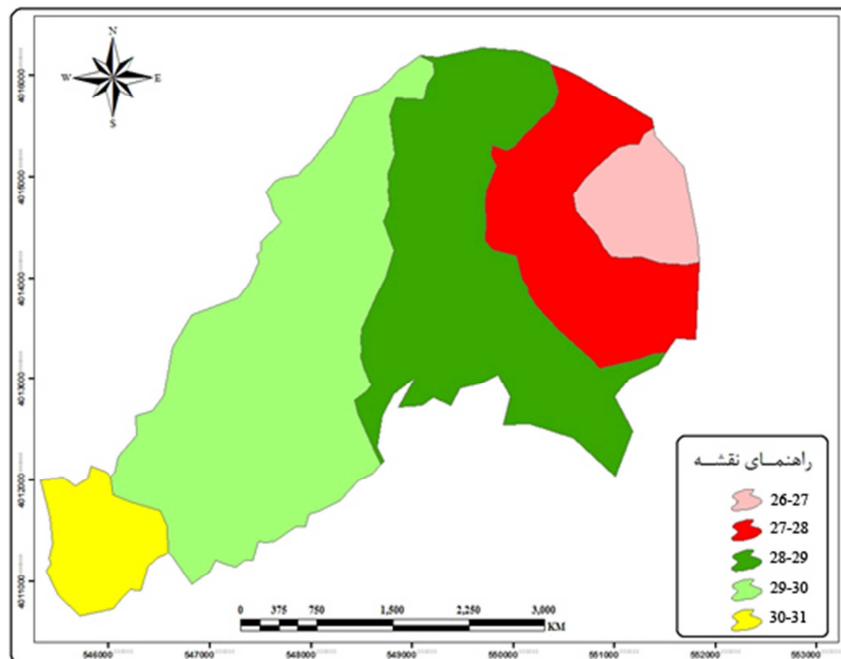
ردیف	تراکم	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	۰ تا ۵ درصد	۵۴۹/۲	۳۰/۲۳
۲	۵ تا ۱۰ درصد	۱۱۶/۵۲	۶/۴۱
۳	۱۰ تا ۲۵ درصد	۸۹/۸۶	۴/۹۵
۴	۲۵ تا ۵۰ درصد	۳۷۴/۳۹	۲۰/۶۱
۵	۵۰ تا ۷۵ درصد	۲۳۶/۶۷	۱۳/۰۲
۶	۷۵ تا ۱۰۰ درصد	۴۴۹/۸۳	۲۴/۷۶

اگرچه در برخی مطالعات، جنگل‌های بلوط در محدوده با خطر پائین از نظر وقوع آتش‌سوزی طبقه‌بندی شده‌اند (Long et al., 2004)، اما دلایلی از قبیل وجود زی‌توده بیشتر، بهره‌برداری‌های غیر اصولی بومی حاضر در منطقه و همچنین عوامل محیطی و محلی می‌تواند وقوع آتش‌سوزی را موجب شود. به عنوان مثال با افزایش تراکم جنگل احتمال سرایت آتش نیز افزایش می‌یابد، در شرایطی که تراکم کمتری از درختان موجود باشد، نیاز است شرایط آب و هوایی مساعد نیز آتش‌سوزی را همراهی کند؛ مثلاً سرعت باد در حدی باشد تا توان سرایت آتش را به بخش‌های دیگر جنگل افزایش دهد. اما با افزایش تراکم و فاصله نزدیک‌تر درختان، سرعت کم جریان هوا جبران شده و موجب انتقال آتش به سایر بخش‌ها می‌شود (Song et al., 2017).

### درجه حرارت

منبع حرارتی لایه‌های پایین تروپوسفر، زمین است. با تابش خورشید سطح زمین گرم شده و انرژی گرمایی به هوای نزدیک سطح منتقل می‌شود. با گرم شدن محیط، دمای مواد قابل اشتعال موجود در طبیعت افزایش می‌یابد، بنابراین گرمای کمتری برای شروع آتش‌سوزی لازم خواهند داشت. از سوی دیگر امواج بازگشتی از سطح زمین، جذب بخار آب موجود در هوا شده و به افزایش دما کمک می‌کند. همچنین برخورد و اصطکاک میان اجسام جامد از قبیل درختان و پوشش علفی نیز از عوامل ایجاد کننده حرارت است. بطور کلی درجه حرارت بر محتوی آب مواد زائد سوختی موجود در جنگل تاثیر گذاشته و هرچه شرایط خرد اقلیم موجود خشک‌تر باشد بر احتمال خطر اشتعال می‌افزاید (Chuvieco et al., 2004). امکان آتش‌سوزی، در بعد از ظهرها بیشتر است زیرا در این مقطع از شبانه روز درجه حرارت بالاتر و درصد رطوبت نسبی نیز در حداقل مقدار است.

در منطقه مورد مطالعه بخش‌های در جنوب غربی دمای حداکثر بالاتری دارند (شکل ۵)، اما ضمن مساحت کم (۶/۶۲ درصد) در طبقه متوسط از نظر خطر آتش‌سوزی واقع هستند. علت آن بیشتر بودن کاربری زراعی، در این منطقه است. در حدود ۷۰ درصد منطقه حداکثر دمایی بین ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد دارد (جدول ۳) اما علی‌رغم دارا بودن رتبه سوم (شکل ۲) بدلیل دامنه کمتر دمایی و همچنین تاثیر غالب نوع کاربری اراضی که عمدتاً زراعی است، از شدت تاثیر آن کاسته شده است.



شکل ۵: نقشه درجه حرارت منطقه مورد مطالعه

جدول ۳: طبقه‌بندی درجه حرارت حداکثر منطقه مورد مطالعه

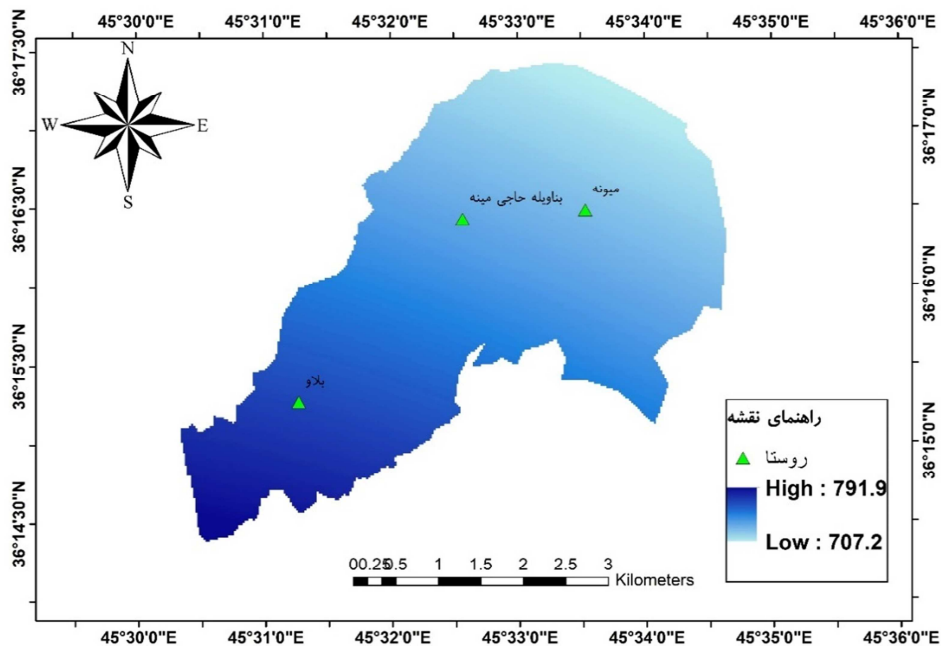
ردیف	سطوح هم دما	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	۲۶-۲۷	۱۱۱/۱۸	۶/۱۲
۲	۲۷-۲۸	۳۱۵/۳۵	۱۷/۳۴
۳	۲۸-۲۹	۵۶۲/۲۲	۳۰/۹۳
۴	۲۹-۳۰	۷۰۸/۴۵	۳۸/۹۷
۵	۳۰-۳۱	۱۲۰/۴۳	۶/۶۲

## بارش

با توجه به اوزان حاصل تأثیر بارش که خشکی هوا و رطوبت نسبی را تحت الشعاع خود دارد در رتبه چهارم قرار دارد (شکل ۲). کمترین مقدار نزولات مربوط به شمال و شمال شرق منطقه با مساحتی حدود ۲۱۲ هکتار است که ۱۱/۶۵ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است. تنها در ۱/۲ درصد از منطقه (حدود ۲۱ هکتار) واقع در جنوب غرب منطقه، بیشترین مقادیر نزولات مشاهده می‌شود. در حدود ۸۷ درصد از منطقه نیز در حد متوسط بارش سالانه منطقه، از نزولات بهره می‌برند. به‌طورکلی از جنوب غربی به شمال شرقی منطقه مورد مطالعه از مقادیر بارش کاسته می‌شود. در مطالعه حاضر، مناطق پرخطر منطبق بر نواحی است که حداقل نزولات را دریافت می‌کنند (شکل ۶).

طبق شاخص خشکی دومارتن ( $AI=38/15$ )، منطقه مورد مطالعه در محدوده بسیار مرطوب و در تقسیم‌بندی به‌روش آمبرژه در محدوده مرطوب سرد ( $Q2=87$ ) واقع است. این شرایط باعث ایجاد توان مناسب در تولید پوشش علفی می‌گردد. به‌ویژه مقدار شاخص یکنواختی بارش ( $H=2/11$ )، مطلوب بوده و حاکی از وجود نزولات در بیشتر ماه‌های سال است. مسلماً، مقدار، فراوانی و طول مدت بارش تأثیر مهمی بر رخداد آتش‌سوزی جنگل‌ها و شدت وقوع آن دارد (Chen et al., 2008). گرچه مقدار نزولات در محدوده زمانی خرداد تا شهریور به حداقل خود می‌رسد اما بارش‌های پاییز تا بهار، افزایش رشد گیاهان را موجب شده و در نتیجه با افزایش تراکم پوشش گیاهی بر حجم زی‌توده افزوده می‌شود. از اواخر بهار تا اوایل پاییز که بارش به‌ندرت رخ می‌دهد، زی‌توده گیاهی رطوبت خود را از دست داده و به مواد قابل اشتعال تبدیل می‌گردد.

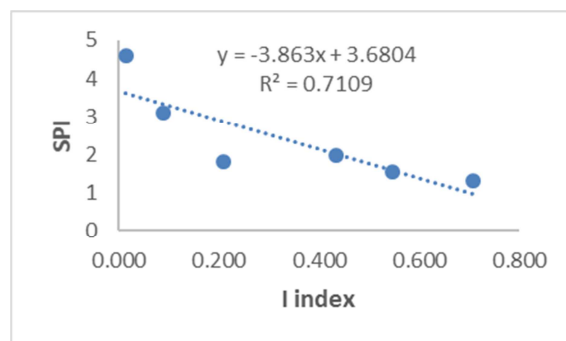
بررسی پتانسیل وقوع آتش‌سوزی به کمک شاخص آنگستروم (جدول ۴) نشان می‌دهد که در چهار ماه از سال شرایط مطلوبی برای وقوع آتش‌سوزی در منطقه وجود دارد. شاخص آنگستروم در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر (حدود مرداد تا شهریور) حداقل است (به‌طور متوسط  $1/7$ ) و کاهش رطوبت هوا در کنار دمای بالا در فصول خشک موجب فراهم شدن شرایط آتش‌سوزی است. بنابراین در این ایام نیاز است محیط‌بانان در پایش و مشاهدات میدانی مداومت داشته باشند تا با مشاهده نشانه‌های آتش‌سوزی اقدام سریع را به‌عمل آورند. محققان در یونان نشان دادند که مقدار بارش‌های مدیترانه‌ای سال‌های اخیر در اکثر مناطق روندی نزولی داشته و در مقابل دوره‌های خشک طولی‌المدت در فصول زمستان و تابستان رخ می‌دهد (Giannakopoulos et al., 2012) که در صورت فراهم بودن پوشش گیاهی متراکم، قابلیت اشتعال را افزایش خواهد داد و در نهایت موجب تشدید تخریب اراضی شده و افزایش خطر بیابان‌زایی را به همراه خواهد داشت (Salvati et al., 2012). بررسی همبستگی میان شاخص‌های بارش استاندارد شده و آنگستروم، نشان می‌دهد که این دو شاخص همبستگی منفی قابل توجهی با یکدیگر دارند (شکل ۷). به‌عبارتی نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه در پی شرایط ترسالی، احتمال رخداد آتش بیشتر است، گرچه به‌طور منطقی باید عکس این قضیه صادق باشد. دلیل این موضوع، افزایش تراکم پوشش علفی در شرایط وجود رطوبت و فراهم شدن ماده قابل اشتعال برای دوره مواجهه با شرایط خشکی است.



شکل ۶: نقشه پراکنش باران در منطقه مورد مطالعه

جدول ۴: شاخص آنگستروم و بارش استاندارد شده در ماه‌های مختلف

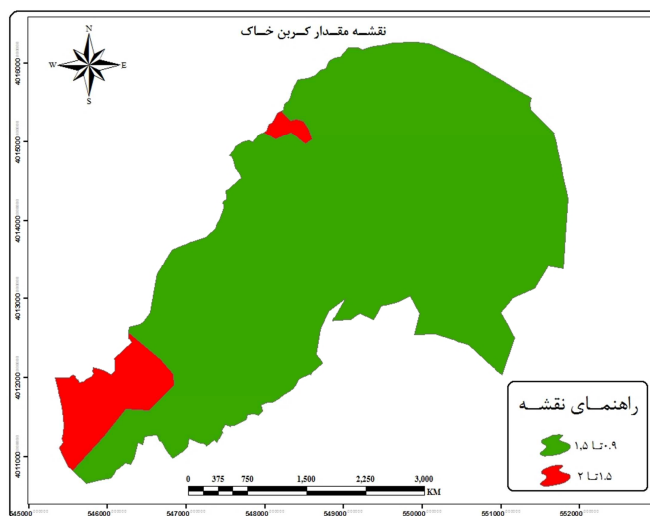
شاخص بارش استاندارد شده	شاخص آنگستروم	ماه
-۰/۰۰۱	۶/۵	ژانویه
۰/۰۱۱	۵/۹	فوریه
۰/۰۲۲	۴/۹	مارس
۰/۰۰۱	۳/۹	آوریل
-۰/۰۰۸	۲/۹	می
۰/۲۰۹	۱/۸	ژوئن
۰/۵۴۵	۱/۶	ژولای
۰/۷۰۸	۱/۳	اوت
۰/۴۳۴	۲/۰	سپتامبر
۰/۰۸۸	۳/۱	اکتبر
۰/۰۱۳	۴/۶	نوامبر
-۰/۰۰۴	۵/۵	دسامبر



شکل ۷: همبستگی بین شاخص آنگستروم و شاخص SPI

### کربن آلی

از نظر اهمیت عوامل مؤثر بر آتش‌سوزی، کربن آلی، در رده پنجم قرار گرفت. نقشه توزیع کربن آلی نشان می‌دهد که فقط بخش‌هایی از جنوب غرب منطقه، غنای کربن قابل توجهی دارد (هفت درصد از مساحت کل) که منطبق بر بیشینه بارش و تراکم پوشش علفی است و از عوامل افزایشدهنده کربن آلی در این منطقه می‌تواند باشد (شکل ۸). بقیه اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر کربن آلی حداقل مقدار را دارد. نقش این عامل در رخداد آتش‌سوزی پیچیده است. کربن آلی نقشی دوجانبه در احتمال رخداد آتش‌سوزی دارد (McCaw, 2013)، از طرفی وجود شرایط مناسب اقلیمی موجب افزایش مقدار کربن آلی خاک شده و خطر وقوع آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد و از سوی دیگر کنترل آتش‌سوزی و اقدامات پیشگیرانه از وقوع آتش، در درازمدت، بر ذخیره کربن در زی‌توده گیاهی و خاک می‌افزاید و موجب فراهم شدن شرایط رخداد آتش‌سوزی می‌شود. به این ترتیب، گاهی آتش‌سوزی عمدی و کنترل‌شده برای حفاظت از عرصه‌های طبیعی، شهرها، حوضه‌های آبخیز و مزارع، مهم و راه‌کاری تعیین‌کننده است. پژوهشگران پرتغالی در مطالعه‌ای که روی ۱۳۸۲ مورد آتش‌سوزی انجام دادند، دریافتند که احتمال آتش‌سوزی در بوته‌زارها بسیار بیشتر از اراضی کشاورزی و مناطقی است که در آن‌ها جنگل‌زراعی رواج دارد (Carmo et al., 2011).



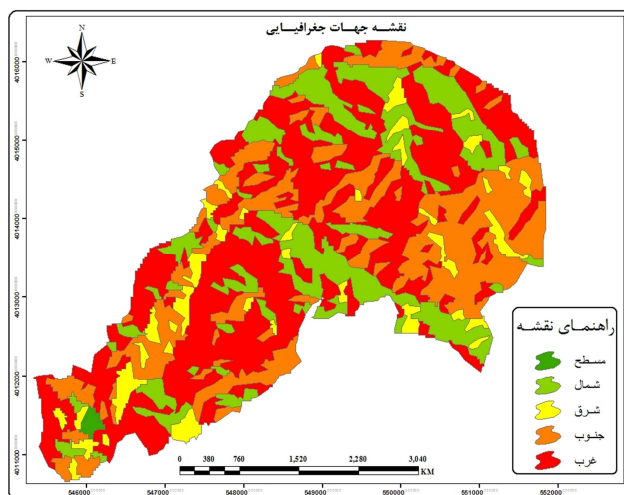
شکل ۸: نقشه مقدار کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه

## جهت شیب

منطقه مورد مطالعه، به‌گونه‌ای است که ۲۱ درصد اراضی منطقه (۳۸۲ هکتار) رو به جهت شمال، ۴۴/۶ درصد، در جهت غربی با مساحتی بالغ بر ۴۸۳ هکتار و ۷/۳ درصد (۱۳۲/۷ هکتار) در جهت شرقی واقع شده‌اند (جدول ۵). میزان تابش خورشیدی، متأثر از شیب، جهت شیب و عرض جغرافیایی است که اثری بارز بر محتوی رطوبتی مواد قابل اشتعال دارد. به‌عنوان مثال در اراضی که جهت شیب، شمال شرقی است، تبخیر شبنم صبحگاهی با صرف انرژی همراه بوده و مانع افزایش سریع دما می‌شود. همچنین در شیب‌های روبه شمال، رطوبت مواد سوختنی در بالاترین حد است. به‌علاوه میانگین دما در حداقل بوده و کمترین نرخ پراکنش را دارند. همچنین نزولاتی که در قالب برف هستند دیرتر ذوب‌شده و شرایط محیطی مانع شعله‌ور شدن مواد سوختنی، می‌شود. نواحی واقع در جهات جنوبی و غربی، تشعشعات خورشیدی را بیشتر دریافت می‌کنند و در نتیجه افزایش دما در این نواحی بیشتر است؛ که منجر به کاهش رطوبت نسبی، به‌ویژه در فصول گرم و در بعدازظهرها می‌شود. وقوع دماهای بالا و کاهش رطوبت مواد سوختنی موجبات افزایش خطر آتش‌سوزی را فراهم می‌کند (غضنفری و همکاران، ۱۳۸۳). هفتاد درصد منطقه مورد مطالعه اراضی هستند که جهت شیب آن‌ها جنوبی و غربی است. جهت شیب غالب منطقه، (۷۰ درصد اراضی) جنوبی و غربی است. بنابراین انتظار می‌رود دریافت تابش خورشیدی قابل توجه باشد و می‌تواند در وسعت زیادی به‌عنوان عاملی کمکی در تسریع آتش‌سوزی محسوب شود.

جدول ۵: طبقات جهت شیب اراضی منطقه مورد مطالعه

ردیف	جهت	تعداد پلیگون	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	شمال	۴۶	۳۸۱/۸	۲۱/۰۴
۲	شرق	۴۰	۱۳۲/۶۵	۷/۳۱
۳	جنوب	۵۳	۴۸۳	۲۶/۶۱
۴	غرب	۴۸	۸۱۰/۴۶	۴۴/۶۴
۵	بدون جهت	۱	۳/۷	۰/۴



شکل ۹: نقشه جهات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



### بافت خاک

بافت خاک در نیمی از اراضی منطقه رسی است که از مرکز تا جنوب و جنوب غربی گسترده شده است. همچنین از مرکز تا بخش‌هایی در شمال، بافت خاک از نوع لومی رسی است که مساحت آن، ۳۴ درصد اراضی را شامل می‌شود. پهنه باریکی در شمال و شمال شرق (نه درصد) بافت لومی و اراضی بسیار محدودی (۵/۰ درصد) در شمال شرق بافت لومی شنی دارند (جدول ۶). بافت خاک بر شدت زهکشی، نفوذ و ظرفیت نگهداری آب موثر است (Houle, 2015) اراضی واقع در شمال و شمال شرق از کیفیت بالاتری برخوردار هستند (منطبق بر نواحی با استعداد آتش-سوزی بالا، شکل ۱۱) و با توجه به حجم نزولات این نواحی، پوشش گیاهی موجود، توان تولید و بقای بیشتری دارد که به افزایش ماده آلی خاک و حاصلخیزی آن کمک می‌نماید. با افزایش فعالیت زیستی و ایجاد تنوع در فون، بر کیفیت خاک افزوده شده که خود موجب تولید زی‌توده بیشتری می‌شود و با افزایش حجم پوشش علفی و در حضور دیگر عوامل تسهیل کننده، نواحی تحت تاثیر خود را مستعد آتش‌سوزی خواهد نمود.

جدول ۶: طبقات بافت خاک در منطقه مورد مطالعه

ردیف	نوع خاک	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	لوم	۱۵۶/۳۵	۸/۶
۲	رسی	۱۰۳۹/۴۴	۵۷/۲
۵	لوم رسی	۶۱۱/۴۷	۳۳/۷
۶	لوم شنی	۹/۷۵	۰/۵

### درصد شیب

مقدار شیب، در ۱۰ درصد از اراضی مورد مطالعه بیش از ۳۰ درصد است (جدول ۷). شاید یکی از دلایلی که در نواحی شمال غرب منطقه، خطر آتش‌سوزی بالاتر است، همین موضوع باشد. زیرا درجه شیب دامنه‌ها، نسبت به عرض جغرافیایی تأثیر بیشتری بر مقدار دریافت تابش دارد و با افزایش آن بر مقدار دریافت انرژی خورشیدی اضافه می‌شود. به عبارتی هرچه درصد شیب دامنه‌ها بیشتر باشد، مقدار انرژی خورشیدی رسیده به سطح بیشتر خواهد بود و گرمای بیشتری تولید خواهد کرد. بنابراین از آنجایی که شیب، بر پیش‌گرمایی<sup>۱</sup> مواد سوختنی مؤثر است، سرعت و جهت توزیع آتش‌سوزی را تحت تاثیر قرار خواهد داد. کارمو و همکاران (۲۰۱۱)، نشان دادند که سرایت آتش از شیب‌های بیش از پنج درصد به بالا روند صعودی دارد، در حالی که در نواحی مسطح احتمال وقوع آتش‌سوزی در حداقل است (Carmo et al., 2011)

جدول ۷: توزیع درصد شیب اراضی در منطقه مورد مطالعه

ردیف	درصد شیب	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	۰-۱۵	۷۸۶/۶۷	۴۳/۳۱
۲	۱۵-۳۰	۸۲۷/۶۰	۴۵/۵۵
۳	۳۰-۴۵	۱۸۶/۵	۱۰/۲۶
۴	۴۵-۶۰	۱۳/۵۵	۰/۷۶
۵	۶۰-۸۰	۲/۲۰	۰/۱۲

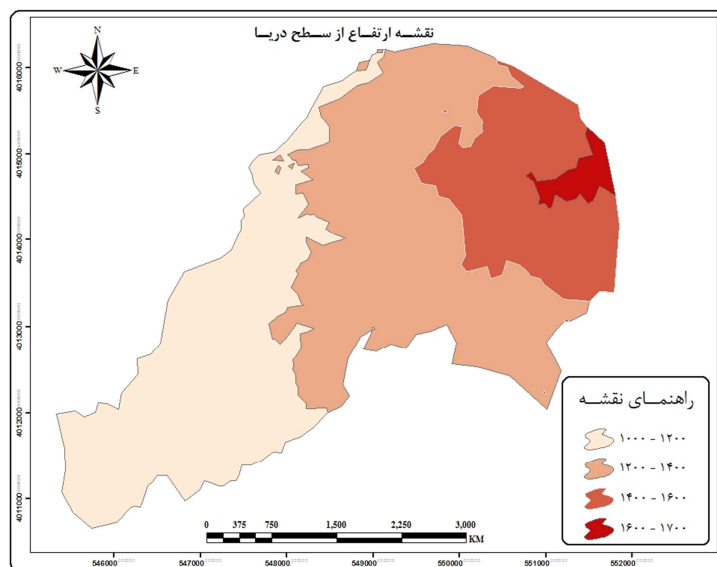
<sup>۱</sup> - Pre-heating

## ارتفاع

شمال شرق منطقه مورد مطالعه، بیشترین مقدار ارتفاع از سطح دریا را دارد. در این مناطق (۱۴۰۰ تا ۱۷۰۰ متر) بیشترین احتمال آتش‌سوزی نیز مشاهده می‌شود. به عبارتی مناطق مرتفع‌تر بر مناطق مستعد آتش‌سوزی منطبق هستند (شکل ۱۰) که حدود ۲۲ درصد اراضی را در بر می‌گیرد (جدول ۸). به‌طور معمول باید با افزایش ارتفاع، از ریسک آتش‌سوزی کاسته شود اما گاهی شرایط اکولوژیکی حاکم سبب می‌شود تا تراکم پوشش گیاهی در ارتفاعات به قدری افزایش یابد که منجر به تراکم مواد قابل اشتعال شده و در نتیجه اثر کاهنده رطوبت نسبی به حداقل برسد. ارتفاع با کاستن از درجه حرارت، مقدار رطوبت نسبی را افزایش داده و موجب تغییر در الگوی رشد پوشش گیاهی و تجمع مواد سوختنی شده است. در کنار عوامل یادشده افزایش دما در جهت پشت به باد کوه بسیار محسوس است، زیرا هوای صعود کرده، رطوبت را از دست‌داده و در حین نزول ضمن خشک بودن با افزایش دما هم مواجه است (به ازای هر یک‌صد متر، یک درجه سانتی‌گراد) که سبب افزایش خطر آتش‌سوزی یا شدت آن خواهد شد. در ضمن افزایش مقطعی درجه حرارت، با افزودن به سرعت رشد و گسترش عوامل بیماری‌زا و پاتوژن‌ها باعث تخریب پوشش سبز شده و به‌صورت غیرمستقیم سبب تسریع روند تولید مواد قابل اشتعال می‌گردد (Schwartz et al., 2015).

جدول ۸: پراکنش طبقات ارتفاع از سطح دریا در منطقه

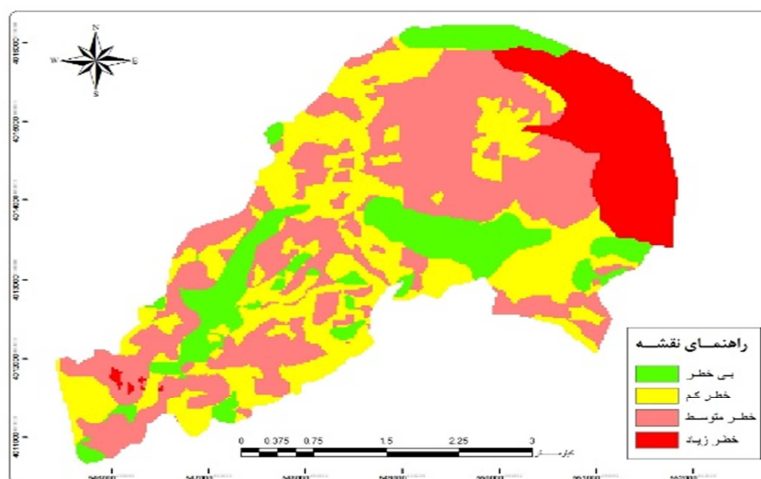
ردیف	ارتفاع (متر)	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
۱	۱۰۰۰-۱۲۰۰	۶۵۷/۹۱	۳۶/۳۰
۲	۱۲۰۰-۱۴۰۰	۷۶۳/۶۴	۴۲/۰۲
۳	۱۴۰۰-۱۶۰۰	۳۵۹/۰۵	۱۹/۷۶
۴	۱۶۰۰-۱۷۰۰	۳۶/۹۶	۲/۰۲



شکل ۱۰: نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا

جدول ۹: سطوح پراکنش نواحی با درجات مختلف مستعد آتش سوزی

طبقه	مساحت (هکتار)	درصد نسبت به کل
بی خطر	۲۷۷/۰	۱۵/۵
خطر کم	۵۶۹/۵	۳۱/۹
خطر متوسط	۷۱۲/۲	۳۹/۹
خطر زیاد	۲۶۶/۱	۱۲/۷



شکل ۱۱: نقشه پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های سردشت

### نتیجه‌گیری

طبق نتایج، ۱۵/۵ درصد منطقه از نظر خطر آتش‌سوزی در محدوده بی‌خطر، ۳۱/۹ درصد با خطر کم، ۳۹/۹ درصد با خطر متوسط و ۱۲/۷ درصد در محدوده با خطر زیاد قرار دارند (جدول ۹). از میان عوامل مورد مطالعه، تراکم پوشش گیاهی بیشترین تأثیر را بر آتش‌سوزی (۵۷ درصد) دارد. عوامل زیستی در شمال و شمال شرق تأثیر بیشتری در وقوع آتش‌سوزی احتمالی دارند که ۳۵ درصد آن مربوط به تراکم پوشش علفی و ۲۳ درصد مربوط به پوشش جنگلی است. عوامل اقلیمی و توپوگرافی (دما، بارندگی، کربن آلی، درصد شیب، جهت شیب، بافت خاک و ارتفاع) مجموعاً ۴۳ درصد از وزن نهایی را به خود اختصاص دادند. اندک بودن سهم عوامل غیر زیستی در کنار تنوع ماکرولیف و میکرولیف متنوع در منطقه سبب شده که در مجموع عوامل غیرزیستی اهمیت کمتری داشته باشند. بنابراین در اقدامات آینده جهت پایش و سیاست‌گذاری‌ها باید این اولویت‌ها در نظر گرفته شوند. همچنین تجهیز ارگان‌های مرتبط با پایش آتش‌سوزی به دستگاه‌ها و لوازم اطفاء حریق از ضروریات است. بیشتر روستاهای منطقه مورد مطالعه جزء دهستان گورک سردشت محسوب می‌شوند، که متأسفانه فاقد جاده آسفالت بوده و به گاز شهری دسترسی ندارند. از اقدامات اولیه که به زمان کمتری نیاز دارد، سرمایه‌گذاری و ترغیب روستاییان به استفاده از انرژی‌های نو می‌باشد. بخصوص که در این مناطق، سرمایه بسیار با ارزش جنگل، صرف رفع احتیاجات ابتدایی زندگی خانوارهای

ساکن می‌شود. در صورتی که درختان اجازه رشد داشته باشند، کالایی سرمایه‌ای محسوب شده و درآمد حاصل از رشد درخت بیش از درآمد قطع آن خواهد بود. امکان‌سنجی استفاده از نور خورشید و اعطاء تسهیلات مناسب جهت تهیه آبگرمکن‌های خورشیدی کمک شایانی به جلوگیری از قطع و سوزاندن جنگل نموده و به موجب بقاء این زیست‌بوم ارزشمند خواهد شد. بویژه در فصل تابستان سراسر آذربایجان غربی از وزش بادهای باران‌آور بی‌بهره است که سبب افزایش ریسک وقوع آتش‌سوزی و سرایت آن خواهد شد. آموزش و ترغیب مردم بومی و محلی به مشارکت در دیده بانی، حفظ، حراست، احیاء و توسعه جنگل‌ها و مراتع اقداماتی اساسی هستند که نیاز به صرف وقت بیشتری دارند اما در راستای توسعه پایدار بوده و بقاء جنگل و جمعیت محلی را در بلند مدت ممکن می‌سازند.

### تقدیر و تشکر

از کارشناسان محترم ادارات هواشناسی و جهاد کشاورزی شهرستان سردشت که در تهیه آمار و اطلاعات لازم، همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

### منابع

- اسدپور علیجان (۱۳۸۰)، تحلیلی بر خسارت ناشی از آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران طی یک دوره ۳۴ ساله از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۰، دومین همایش ملی گیاهپزشکی جنگل‌ها و مراتع، تهران، صفحه ۱۲۶-۱۲۵.
- ثاقب طالبی خسرو، ساجدی تکت، یزدیان فرشاد (۱۳۸۳)، نگاهی به جنگل‌های ایران، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، شماره ۳۳۹، ۲۷ صفحه.
- حیدری صفری کوچکی ابودر، مرادیان‌فرد فرشته، اسکندری آریتا، رستمی شاهراجی تیمور (۱۳۹۴)، بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) در جنگل‌های بازفت استان چهار محال و بختیاری، مجله تحقیقات جنگل‌های زاگرس، سال دوم، شماره اول، صفحه ۹۱-۷۵.
- علیزاده امین (۱۳۹۰)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ سی و یکم، ۹۴۲ صفحه.
- غضنفری هدایت، نمیرانیان منوچهر، سبحانی هوشنگ، مروی مهاجر محمدرضا، پورطهماسی کامبیز (۱۳۸۳)، برآورد رویش قطری درختان وی ول (*Quercus libani*) در منطقه زاگرس شمالی (مطالعه موردی: هواره خول)، منابع طبیعی ایران، دوره پنجاه و هفتم، شماره چهارم، صفحه ۶۶۲-۶۴۹.
- گراوند سودابه، یارعلی نبی‌الله، صادقی کاجی حمد‌الله (۱۳۹۲)، الگوی مکانی و نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی در اراضی طبیعی استان لرستان، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، دوره بیست و یکم، شماره دوم، صفحه ۲۴۲-۲۳۱.
- محمدی فریده، شعبانیان نقی، پورهایمی مهدی، فاتحی پرویز (۱۳۸۹)، تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگل‌های پناه، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، دوره هجدهم، شماره چهارم، صفحه ۵۶۹-۵۸۶.
- منصوری نبی‌الله، نظری رحیم، نصیری پروین، قراگوزلو علیرضا (۱۳۹۰)، تدوین برنامه مدیریت بحران آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه ریزی، دوره دوم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۰، صفحه ۷۳-۶۳.
- مومنی مهدی (۱۳۸۹)، نقش انسان در تغییرات محیط طبیعی، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، سپهر، دوره نوزدهم، شماره هفتاد و پنجم، صفحه ۲۱-۱۶.

- Adab H, Kanniah KD (2011), Effect of Drought on Forest Fire Occurrence in North of Iran Using Remote Sensing and GIS-Based Modeling Approach, Paper presented at the Faculty of Geoinformation and Real Estate (FKSG), Colloquium, University Technology Malaysia.
- Agee JK (1996), The influence of forest structure on fire behavior, Paper presented at the Proceedings of the 17th annual forest vegetation management conference.
- Banu TP, Banu C, Banu CA (2014), GIS-based assessment of fire risk in national park Domogled-Cerna valley, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 18(2): 52-56.
- Barnes BV, Zak DR, Denton SR, Spurr, SH (1998), *Forest Ecology*, John Wiley and Sons, USA: 774 p.
- Bradshaw LS, Deeming JE, Burgan RE, Cohen JD (1984), The 1978 National Fire-Danger Rating System: technical documentation.
- Brown JK, Smith JK (2000), Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p., 42.
- Buishand JA (1982), Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, 58: 11-27.
- Carmo M, Moreira F, Casimiro P, Vaz P (2011), Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal, *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2): 169-176.
- Chen T-Y, Tsao C-Y (2008), The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 159(11): 1410-1428.
- Chi KH, Han JG (2006), Development of forest fire risk information management system using GIS technology, Paper presented at the Proceedings of the ISPRS Commission VII Symposium Remote Sensing: From Pixels to Processes, Netherlands.
- Chuvieco E, Cocero D, Riano D, Martin P, Martinez-Vega J, de la Riva J, Pérez F (2004), Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating, *Remote sensing of Environment*, 92(3): 322-331.
- Chuvieco E, Congalton RG (1989), Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping, *Remote Sensing of Environment*, 29(2): 147-159.
- Chuvieco E, Salas J (1996), Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS, *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(3): 333-345.
- Dong X, Li-min D, Guo-fan S, Lei T, 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 H, Rasuly A, Mokhtari D (2017), Development of a Web GIS System Based on the MaxEnt Approach for Wildfire Management: A Case Study of East Azerbaijan. *ECOPERSIA*, 5(3): 1859-1873.
- Erten E, Kurgun V, Musaoglu NE (2002), Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS case study, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4: 1-10.
- Giannakopoulos C, Kostopoulou E, Varotsos K, Tziotziou K, Plitharas A (2012), An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future, *Regional Environmental Change*, 11: 829-843.
- Gravand S, Nabiollah Y, Sadeghi H (2013), Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 231-242.
- Heidari Safari Kouchi A, Moradian Fard F, Eskandari A, Rostami Shahraji T (2015), Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province, *Journal of Zagros Forests Researches*, 2(1): 76-91.
- Houle G (2015), Changes in carbon pools influenced by changes in soil texture, slope, and aspect a decade following wildfire in black spruce forests of interior Alaska, Open access master's thesis, Michigan technological university.
- Jaiswal RK, Mukherjee S, Raju KD, 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.
- Long A, Randal C (2004), *Wildfire risk assessment guide for homeowners in the southern United States*. School of Forest Resources and Conservation, University of Florida.
- Mahdavi A, Fallah Shamsi SR, Nazari R (2012), Forests and rangelands' wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1). pp 43-52.
- Mansouri N, Nazari R, Nasiri N, Gragozloo AR (2012), Collection of management program of forest fire crisis by GIS and RS technology, *Journal of Application of Remote Sensing and Geographical Information System in Programming*, 2(3): 128-141.
- McCaw WL (2013). Managing forest fuels using prescribed fire - A perspective from southern Australia. *Forest Ecology and Management*, 294: 217-224.
- Mohammadi F, Shabaniyan N, Pourhashemi M, Fatehi P (2010), Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 569-586
- Momeni M (2010), The Role of Humans in Environmental Changes. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 19(75): 16-21.
- Penttila R, Junninen K, Punttila P, Siitonen J (2013), Effect of Drought on Forest Fire Occurrence in North of Iran Using Remote Sensing and GIS-Based Modeling Approach, Faculty of Geoinformation and Real Estate (FKSG). Paper presented at the Colloquium, University Technology Malaysia.

- Rasooli SB, Bonyad AE, Pir Bavaghar M (2018), Forest fire vulnerability map using remote sensing data, GIS and AHP analysis (Case study: Zarivar Lake surrounding area), *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 16(4): 369-377.
- Sagheb-Talebi K, Sajedi T, Yazdian F (2004), Forests of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands. Forest Research division, 339, 27 p.
- Salvati L, De Angelis A, Bajocco S (2012), A satellite-based vegetation index as a proxy for and cover quality in a Mediterranean region, *Ecological Indicators*, 23: 578-587.
- Sani NA, Kafaky SB, Pukkala T, Mataji A (2016), Integrated use of GIS, remote sensing and multi-criteria decision analysis to assess ecological land suitability in multi-functional forestry, *Journal of forestry research*, 27(5): 1127-1135.
- Schwartz MW, Butt N, Dolanc CR, Holguin A, Moritz MA, North MP, ... , van Mantgem PJ (2015), the Increasing elevation of fire in the Sierra Nevada and implications for forest change, *Ecosphere*, 6(7): 1-10.
- Siachalou S, Doxani G, Tsakiri-Strati M (2009), Integrating remote sensing processing and GIS to fire risk zone mapping: a case study for the Seih-Sou forest of Thessaloniki, ICC 2009, International Cartography Conference.
- Song H-S, Lee S-H (2017), Effects of wind and tree density on forest fire patterns in a mixed-tree species forest, *Forest science, and technology*, 13(1): 9-16.
- Vadrevu KP, Eaturu A, Badarinath K (2010), Fire risk evaluation using multicriteria analysis—a case study, *Environmental monitoring, and assessment*, 166: 223-239.
- Wald A, Wolfowitz J (1940), On a Test Whether Two Samples are from the Same Population, *Ann. Math. Statist.*, 11(2): 147-162.
- Walkley A, Black IA (1934), An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Yin H, Fanhua K, Xiu-Zhen L (2004), RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in Da Hinggan Mountains, *Chinese Geographical Science*, 14: 251-257.

## References

### References (in Persian)

- Alizadeh A (2011), Principles of applied hydrology, Mashhad, Iran: Imam Reza University Press. [In Persian]
- Asadpoor A (2001), An Analysis of the damage caused by the fires in forests and rangelands of Iran over 34 years from 1347 to 1380, The National Conference on Protection of Forests and Rangelands, Tehran, 126-125. [In Persian]
- Ghazanfari H, Namiranian M, Sobhani H, Marvi Mohajer MR, Pourtahmasi H (2005), An Estimation of Tree Diameter Growth of Lebanon Oak (*Quercus libani*) in Northern Zagros Forests (Case Study, Havareh khole), Iranian J. Natural Res., 57(4): 649-662. [In Persian]
- Gravand S, Nabiollah Y, Sadeghi H (2013), Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 21(2): 231-242. [In Persian]
- Heidari Safari Kouchi A, Moradian Fard F, Eskandari A, Rostami Shahraji T (2015), Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province, Journal of Zagros Forests Researches, 2(1): 76-91. [In Persian]
- Mansouri N, Nazari R, Nasiri N, Gragozloo AR (2012), Collection of management program of forest fire crisis by GIS and RS technology, Journal of Application of Remote Sensing and Geographical Information System in Programming, 2 (3): 128-141. [In Persian]
- Mohammadi F, Shabanian N, Pourhashemi M, Fatehi P (2010), Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 18(4): 569-586. [In Persian]
- Momeni M (2010), The Role of Humans in Environmental Changes, Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 19: 16-21. [In Persian]
- Nikmardan Ali (2007), Introducing Expert Choice11 software, Amir Kabir University Jihad Publications, 172 pages. [In Persian]
- Sagheb-Talebi K, Sajedi T, Yazdian F (2004), Forests of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands. Forest Research division, 339, 27 p. [In Persian]

### References (in English)

- Adab H, Kanniah KD (2011), Effect of Drought on Forest Fire Occurrence in North of Iran Using Remote Sensing and GIS-Based Modeling Approach, Paper presented at the Faculty of Geoinformation and Real Estate (FKSG), Colloquium, University Technology Malaysia.
- Agee JK (1996), The influence of forest structure on fire behavior, Paper presented at the Proceedings of the 17th annual forest vegetation management conference.
- Banu TP, Banu C, Banu CA (2014), GIS-based assessment of fire risk in national park Domogled-Cerna valley, Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology, 18(2): 52-56.
- Barnes BV, Zak DR, Denton SR, Spurr, SH (1998), Forest Ecology, John Wiley and Sons, USA: 774 p.
- Bradshaw LS, Deeming JE, Burgan RE, Cohen JD (1984), The 1978 National Fire-Danger Rating System: technical documentation.
- Brown JK, Smith JK (2000), Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 257 p., 42.
- Buishand JA (1982), Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, Journal of Hydrology, 58: 11-27.
- Carmo M, Moreira F, Casimiro P, Vaz P (2011), Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal, Landscape and Urban Planning, 100(1-2): 169-176.
- Chen T-Y, Tsao C-Y (2008), The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, Fuzzy Sets and Systems, 159(11): 1410-1428.
- Chi KH, Han JG (2006), Development of forest fire risk information management system using GIS technology, Paper presented at the Proceedings of the ISPRS Commission VII Symposium Remote Sensing: From Pixels to Processes, Netherlands.
- Chuvieco E, Cocero D, Riano D, Martin P, Martinez-Vega J, de la Riva J, Pérez F (2004), Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating, Remote sensing of Environment, 92(3): 322-331.
- Chuvieco E, Congalton RG (1989), Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping, Remote Sensing of Environment, 29(2): 147-159.
- Chuvieco E, Salas J (1996), Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS, International Journal of Geographical Information Systems, 10(3): 333-345.
- Dong X, Li-min D, Guo-fan S, Lei T, 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 H, Rasuly A, Mokhtari D (2017), Development of a Web GIS System Based on the MaxEnt Approach for Wildfire Management: A Case Study of East Azerbaijan. ECOPERSIA, 5(3): 1859-1873.
- Erten E, Kurgun V, Musaoglu NE (2002), Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS case study, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 4: 1-10.

- Giannakopoulos C, Kostopoulou E, Varotsos K, Tziotziou K, Plitharas A (2012), An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future, *Regional Environmental Change*, 11: 829–843.
- Gravand S, Nabiollah Y, Sadeghi H (2013), Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 231-242.
- Heidari Safari Kouchi A, Moradian Fard F, Eskandari A, Rostami Shahraji T (2015), Investigation of Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Bazoft Forests of Chahar Mahal and Bakhtiari Province, *Journal of Zagros Forests Researches*, 2(1): 76-91.
- Houle G (2015), Changes in carbon pools influenced by changes in soil texture, slope, and aspect a decade following wildfire in black spruce forests of interior Alaska, Open access master's thesis, Michigan technological university.
- Jaiswal RK, Mukherjee S, Raju KD, 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.
- Long A, Randal C (2004), *Wildfire risk assessment guide for homeowners in the southern United States*. School of Forest Resources and Conservation, University of Florida.
- Mahdavi A, Fallah Shamsi SR, Nazari R (2012), Forests and rangelands' wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1). pp 43-52.
- Mansouri N, Nazari R, Nasiri N, Gragozloo AR (2012), Collection of management program of forest fire crisis by GIS and RS technology, *Journal of Application of Remote Sensing and Geographical Information System in Programming*, 2(3): 128-141.
- McCaw WL (2013). Managing forest fuels using prescribed fire - A perspective from southern Australia. *Forest Ecology and Management*, 294: 217-224.
- Mohammadi F, Shabanian N, Pourhashemi M, Fatehi P (2010), Risk zone mapping of forest fire using GIS and AHP in a part of Paveh forests, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(4): 569-586
- Momeni M (2010), The Role of Humans in Environmental Changes. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 19(75): 16-21.
- Penttila R, Junninen K, Punttila P, Siitonen J (2013), Effect of Drought on Forest Fire Occurrence in North of Iran Using Remote Sensing and GIS-Based Modeling Approach, Faculty of Geoinformation and Real Estate (FKSG). Paper presented at the Colloquium, University Technology Malaysia.
- Rasooli SB, Bonyad AE, Pir Bavaghar M (2018), Forest fire vulnerability map using remote sensing data, GIS and AHP analysis (Case study: Zarivar Lake surrounding area), *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 16(4): 369-377.
- Sagheb-Talebi K, Sajedi T, Yazdian F (2004), Forests of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands. Forest Research division, 339, 27 p.
- Salvati L, De Angelis A, Bajocco S (2012), A satellite-based vegetation index as a proxy for and cover quality in a Mediterranean region, *Ecological Indicators*, 23: 578–587.
- Sani NA, Kafaky SB, Pukkala T, Mataji A (2016), Integrated use of GIS, remote sensing and multi-criteria decision analysis to assess ecological land suitability in multi-functional forestry, *Journal of forestry research*, 27(5): 1127-1135.
- Schwartz MW, Butt N, Dolanc CR, Holguin A, Moritz MA, North MP, ..., van Mantgem PJ (2015), the Increasing elevation of fire in the Sierra Nevada and implications for forest change, *Ecosphere*, 6(7): 1-10.
- Siachalou S, Doxani G, Tsakiri-Strati M (2009), Integrating remote sensing processing and GIS to fire risk zone mapping: a case study for the Seihi-Sou forest of Thessaloniki, ICC 2009, International Cartography Conference.
- Song H-S, Lee S-H (2017), Effects of wind and tree density on forest fire patterns in a mixed-tree species forest, *Forest science, and technology*, 13(1): 9-16.
- Vadrevu KP, Eaturu A, Badarinath K (2010), Fire risk evaluation using multicriteria analysis—a case study, *Environmental monitoring, and assessment*, 166: 223-239.
- Wald A, Wolfowitz J (1940), On a Test Whether Two Samples are from the Same Population, *Ann. Math. Statist.*, 11(2): 147-162.
- Walkley A, Black IA (1934), An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method, *Soil science*, 37(1): 29-38.
- Yin H, Fanhua K, Xiu-Zhen L (2004), RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in Da Hinggan Mountains, *Chinese Geographical Science*, 14: 251-257.