



دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره نهم، شماره هجدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

علمی-پژوهشی

ویژگی‌های آتش‌سوزی‌ها در اکوسیستم جنگلی زاگرس در استان کرمانشاه (مطالعه موردی: جنگل‌ها و مراتع حوزه شهرستان گیلان غرب)

محسن جوانمیری پور^{۱*}، جبار ولی پور^۲

^{۱*} دکترای علوم جنگل، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، کرمانشاه
آ دانشجوی دکترای حشره‌شناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۲

چکیده

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع نوعیاز آتش‌سوزی است که در منطقه‌ای با گیاهان اشتعال‌پذیر در طبیعت روی می‌دهد. هدف مطالعه حاضر بررسی آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در شهرستان گیلان غرب واقع در استان کرمانشاه است. به منظور انجام این تحقیق تمام موارد آتش‌سوزی‌های حادث شده در جنگل‌ها و مراتع منطقه در طی یک فصل آتش‌سوزی با حضور در محل وقوع حریق ثبت گردید. داده‌های جمع‌آوری شده در این پژوهش شامل نام محل، نوع عرصه‌های طبیعی دچار حریق شده (جنگل، مرتع و...)، تاریخ آتش‌سوزی، ساعت آغاز و پایان آتش‌سوزی، مساحت عرصه دچار آتش‌سوزی شده، مدت آتش‌سوزی، زمان آتش‌سوزی در ۲۴ ساعت شبانه روز، موقعیت منطقه به صورت UTM می‌باشد. با استفاده از داده‌های به دست آمده نقشه مناطق با ریسک بالای آتش‌سوزی نیز تهیه گردید. نتایج نشان داد ۹۴٪ آتش‌سوزی‌های منابع طبیعی علل انسانی دارند و ۶٪ آن‌ها مربوط به عوامل طبیعی است. در بین عوامل انسانی آتش‌سوزی، عامل تفرج بیشترین فراوانی (۷۱٪/۹) را در آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در منابع ملی منطقه دارد. بیشترین تکرار و وقوع حریق در مناطق دچار آتش‌سوزی شده مربوط به مناطق پی‌کوله و ناودار، ملیه‌نی، منابع ملی مجاور روستای کلاه‌دراز علیا و پشته قاسم‌آباد می‌باشند. حدود ۶۳۳ هکتار از منابع ملی موجود در منطقه طعمه حریق شده است که بیشترین میزان آن مربوط به شیاکوه، سرکش و پی‌کوله به ترتیب با حدود ۱۵۰،

*نویسنده مسئول: mm.javanmeri@gmail.com

۷۸ و ۹۵ هکتار می‌باشد. بیشترین نرخ وقوع حریق مربوط به مرتع می‌باشد که حدود ۴/۴۸٪ آتش‌سوزی‌ها می‌باشد. شش ماه آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و به طور متوسط تقریباً به ازای هر سه روز، یک بار آتش‌سوزی اتفاق می‌افتد. همچنین، به طور میانگین حدود ۴۶ دقیقه زمان نیاز است تا هر آتش‌سوزی مهار گردد. بیشترین فراوانی در بین زمان‌های آتش‌سوزی مربوط به مدت زمان ۳۰ دقیقه آتش‌سوزی (۷/۲۹٪) است. بیشترین تعداد آتش‌سوزی مربوط به ماه مهر می‌باشد که معادل ۷/۲۹٪ است. به منظور حفاظت موثر از منابع طبیعی پیشنهاد می‌شود از اطلاعات به دست آمده به منظور مدیریت موثر و پیشگیری و اطفای حریق‌های ایجاد شده در سطح حوزه مورد مطالعه و به طور کلی اکوسیستم زاگرس بهره‌گرفت.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های آتش‌سوزی، تفرج، اختلافات محلی، ویژگی‌های اقلیمی، گیلانغرب

مقدمه

بر اساس آمار سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور سالانه صدها آتش‌سوزی در مناطق مختلف ایران رخ می‌دهد (زرع‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). بنابر گزارش‌های سازمان خوار و بار جهانی، هر ساله حدود ۰/۰۶ درصد از جنگل‌های ایران در اثر آتش‌سوزی از بین می‌رود (میرکی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مرادی و همکاران، ۱۳۹۵؛ FAO, 2018). آتش‌سوزی‌های جنگل، صرف نظر از منشأ پیدایش (طبیعی یا مصنوعی)، می‌توانند به صورت مستقیم بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک و جانوران خاکزی و به صورت غیر مستقیم از طریق تاثیر بر پوشش گیاهی، توده شاخ و برگ و بر کیفیت رویشگاه اثر داشته باشد. علاوه بر اثرات فوق، آتش‌سوزی تغییرات قابل توجهی را در سایر بخش‌های اکوسیستم جنگل مانند حیات وحش، جریان آب‌های سطحی، کیفیت هوا، میکروکلیم و به طور کلی اقلیم، ایجاد می‌کند (مافی‌غلامی و همکاران، ۱۳۸۸؛ محمدزاده، ۱۳۹۵).

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع یک نوع آتش‌سوزی است که در منطقه‌ای با گیاهان اشتعال‌پذیر در نواحی روستایی یا در طبیعت روی می‌دهد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۵). آتش‌سوزی طبیعت با دیگر انواع آتش‌سوزی‌ها از نظر گستردگی، سرعت گسترش از منشأ، پتانسیل تغییر جهت ناگهانی و توانایی جهش از میان فضاهای خالی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها، گودال‌ها و دیگر نقاط اشتعال‌ناپذیر تفاوت دارد (میرزاحسینی و آذرینوند، ۱۳۹۶). آتش‌سوزی جنگل از نظر علت آتش‌سوزی، ویژگی‌های فیزیکی آن مانند سرعت پراکندگی، وجود مواد اشتعال‌پذیر و تأثیر آب‌وهوا بر آتش توصیف می‌شوند (جمشیدی باختر و همکاران، ۱۳۹۲؛ بررسی پوررضا و همکاران ۱۳۹۲؛ کریمی و پوربابایی، ۱۳۹۵).

عوامل موثر در آتش‌سوزی در هر منطقه بستگی به عوامل انسانی، طبیعی و فصلی متعددی دارد. فعالیت‌های سهوی و کاربرد نامناسب آتش در کشاورزی توسط انسان و به‌ویژه حضور دام و چوپانان و همچنین اختلافات بین بهره‌برداران باعث بروز آتش‌سوزی در جنگل‌ها می‌شود (نقوی‌زاده و صابرفرد، ۱۳۸۴). نزدیکی عرصه‌های جنگلی به مناطق مسکونی به دلیل ازدیاد فعالیت‌های انسانی و از طرفی جاده‌های موجود در جنگل نیز باعث افزایش دسترسی انسان به جنگل شده و احتمال بروز آتش‌سوزی‌ها را افزایش می‌دهد (زرع‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). پدیده گرم‌باد در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی جنگل نقش مهمی دارد (Rothermel, 1972 و عزیزی و یوسفی، ۱۳۸۸). این پدیده در زمستان و بهار در دامنه‌های شمالی کوه‌های آلپ قفقاز و آسیای مرکزی به وجود می‌آید. در دامنه شرقی کوه‌های روشوز، آلپ‌های نیوزیلند و کوه‌های زاگرس نیز پدیده مشابه آن دیده می‌شود (کاوپانی و علیجانی، ۱۳۸۲). دوره‌های خشکسالی که با وزش بادهای خشک و داغ در طول روز در داخل نواحی قاره‌ای خشک همراه است باعث افزایش گرما و خشکی و نابودی گیاهان می‌شود. همچنین این موارد شرایط جوی طوفان‌های آذرخش را که منشا فراوان آتش‌سوزی هستند را تقویت می‌کنند (جانباز قبادی، ۱۳۹۸).

خلج و پورقاسم (۱۳۸۷) نقش عوامل جوی در وقوع و گسترش آتش‌سوزی را مهم می‌دانند. رطوبت هوا یکی از پارامترهای مهم جوی در تعیین پتانسیل شروع و گسترش آتش‌سوزی در یک ناحیه می‌باشد. هر چقدر سرعت وزش باد بیشتر باشد، شدت آتش‌سوزی نیز زیادتر می‌گردد، این امر به این دلیل است که وزش باد باعث جابجایی هوا و در نتیجه رسیدن میزان بیشتری اکسیژن به محیط در حال سوختن می‌شود. افزایش دما باعث افزایش تبخیر و تعرق و در نتیجه خشک شدن مواد سوختنی شده و می‌تواند یکی از عوامل موثر در بروز آتش‌سوزی باشد. بارندگی یکی از عوامل کنترل کننده آتش می‌باشد چرا که افزایش بارندگی در یک ناحیه باعث افزایش رطوبت می‌شود. ناپایداری جوی میزان گسترش و شدت آتش‌سوزی را به وسیله افزایش جریان‌ات صعودی و ارتفاع ستون دود، افزایش شانس انتقال خاکسترها و مواد نیم سوخته توسط ستون دود و رشد آتش و افزایش در سرعت بادهای همرفتی در سطح زمین بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

نامور و عشرستاقی (۱۳۹۵) مهمترین عوامل بروز آتش‌سوزی در سطح جنگل‌ها و مراتع را ایجاد حریق به منظور توسعه اراضی زراعی و تصاحب زمین، اقدامات خرابکارانه، سهل‌انگاری و بی‌توجهی شکارچیان و رهگذران، سهل‌انگاری کشاورزان در آتش زدن بقایای محصولات کشاورزی در اراضی مجاور جنگل و مرتع، پرتاب سیگار و یا کبریت در مسیرهای مجاور جنگل‌ها گزارش کرده‌اند.

کرمی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که افزایش آتش‌سوزی‌های جنگلی نتیجه تأثیرات غیر قابل کنترل آب و هوایی است.

نتایج تحقیق جانباز قبادی (۱۳۹۸) در جنگل‌های استان گلستان نشان داد بیشتر آتش‌سوزی‌ها در مناطق جنگلی با تاج پوشش انبوه و همچنین در مناطق جنگلی با تاج پوشش متوسط و در مرحله بعد در مناطق بیشه‌زار و بوته‌زارها اتفاق افتاده است. در بررسی محاسبه تراکم آتش‌سوزی در پهنه‌های ارتفاعی، نتایج نشان داد؛ تقریباً ۹۰٪ آتش‌سوزی‌ها در پهنه‌های ارتفاعی متوسط بین ۷۰۰ تا ۱۵۰۰ متر رخ داده‌اند. به طور کلی، ۹۰٪ آتش‌سوزی‌های بوقوع پیوسته در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی، ۳۰٪ در مناطق خطرناک و ۶۰٪ در مناطق پرخطر واقع شده‌اند، به طوری‌که مناطق گالیکش، مینودشت و آزادشهر، از درجه ریسک وقوع آتش‌سوزی بالا برخوردار بوده‌اند.

نتایج مطالعه امامی و شهریاری (۱۳۹۸) نشان داد که پوشش گیاهی با ۵۸/۳۶٪ هم بستگی، شیب با مقدار ۳۸/۳۸٪ دارای بالاترین تأثیر و سایر پارامترها در مراتب بعدی در انتشار آتش‌سوزی قرار دارند. همچنین نتایج ضرایب همبستگی نرمال شده این پارامترها نشان داد که به ترتیب شاخص‌های پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، جهت شیب و شیب با ۲۹/۲۰٪، ۲۹/۱۱٪، ۲۱/۹۳٪ و ۱۹/۷۵٪، بالاترین میزان همبستگی با نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی را دارند. همچنین، نتایج ارزیابی نقشه پتانسیل آتش‌سوزی با ۵۰٪ ریسک نشان داد که حدود ۱۷٪ منطقه دارای پتانسیل خیلی زیاد بوده و بیشتر از ۵۰٪ منطقه در وضعیت خطر زیاد برای آتش‌سوزی قرار دارد. علاوه بر عوامل محیطی، بررسی ارتباط عوامل انسانی با خطر آتش‌سوزی نشان داد که عامل نزدیکی به جاده بیش‌ترین سهم را در وقوع آتش‌سوزی در منطقه دارد. نتایج کمی عوامل انسانی در وقوع خطر آتش‌سوزی نشان داد که راه‌های ارتباطی و مناطق مسکونی به ترتیب حداقل ۳۲٪ و حداکثر ۶۸٪ هم پوشانی با خطر وقوع آتش‌سوزی در منطقه مطالعاتی را دارا هستند.

میونیر و همکاران (Meunier et al., 2019) ویژگی‌های رژیم آتش‌سوزی در رابطه با فیزیوگرافی در مقیاس محلی و وسیع در جنگل‌های کاج در ایالات متحده را بررسی کردند. آتش‌سوزی‌های مکرر (میانگین بازه‌های بازگشت آتش ۸ سال) و سال‌های آتش‌سوزی گسترده در میان مناطق مختلف مشاهده شد. هیچ تفاوتی در بازه‌های بازگشت آتش یا منشا پیدایش و اثرات فیزیوگرافی (توپوگرافی و ویژگی‌های آب) در مقیاس گسترده به دست نیامد. بیشترین تنوع در منشا پیدایش آتش در مقیاس محلی با افزایش ویژگی‌های آب و ناهمواری توپوگرافی محاسبه شد که هر دو منجر به کوتاه‌تر شدن فاصله بازگشت می‌شوند.

سو و همکاران (Su et al., 2019) تجزیه و تحلیل تطبیقی تنوع مکانی در آتش‌سوزی جنگل بین اکوسیستم‌های سردسیری و نیمه گرمسیری در چین را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که آتش‌سوزی جنگل‌ها به طور کلی از منطقه سردسیر به منطقه نیمه گرمسیری تغییر می‌کند و تفاوت‌های مکانی در عوامل آتش‌سوزی بین اکوسیستم جنگل‌های سردسیری و نیمه گرمسیری قابل توجه است ($P < 0.05$). آتش‌سوزی جنگل‌ها در اکوسیستم سردسیر توسط عوامل هواشناسی، توپوگرافی و انسانی انجام می‌شد که دارای تغییرات مکانی مشخصی بودند. در مقابل، وقوع آتش‌سوزی در جنگل در اکوسیستم جنگل نیمه گرمسیری از نظر مکانی ساکن بود.

محرک‌های محیطی شدت آتش‌سوزی در حوادث شدید آتش‌سوزی که اکوسیستم جنگل کاج مدیترانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نقش دارند. نتایج نشان داد که شدت آتش بیشتر تحت تأثیر سربسی پوشش گیاهی قبل از آتش‌سوزی قرار گرفت. با این وجود، اثر سبزی گیاهان قبل از آتش‌سوزی به شدت به ارتباطات ساختار عمودی پوشش گیاهی، تاریخ‌آتش‌سوزی و شرایط آب و هوایی وابسته بود. مدل‌هایی که فقط از متغیرهای فیزیکی استفاده می‌کنند ارتباط قابل توجهی با شدت آتش نشان می‌دهند. با این حال، نتایج نشان می‌دهد خواص فیزیکی ممکن تا حدودی توسط ویژگی‌های ساختاری زیست توده سوختنی تحت تأثیر قرار گیرد (García-Llamas et al., 2019).

میتسوپولوس و همکاران (Mitsopoulos et al., 2020) عوامل محرک پتانسیل شدت آتش‌سوزی در اکوسیستم کاج مدیترانه‌ای را بررسی کردند. نتایج حاصل از الگوریتم طبقه‌بندی کننده جنگل تصادفی نشان داد که پتانسیل شدت بالا و طبقه‌بندی بین سطح شدت آتش به طور عمده به متغیرهای توپوگرافی و ویژگی‌هایماده سوختنی بستگی دارد.

در رابطه با موضوع آتش‌سوزی جنگل تا کنون در داخل و خارج کشور تحقیقات متعددی انجام شده است که عمده آن‌ها بر روی اثرات آتش‌سوزی بر تغییر تنوع و فراوانی گونه‌ای، تغییر ساختار توده‌های دچار آتش‌سوزی شده، تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی خاک، پهنه‌بندی و امکان پیش‌بینی آن تمرکز داشته‌اند. در زمینه بررسی آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در منابع ملی از نظر بررسی فراوانی، تکرار، مدت زمان اطفای حریق، علل ایجاد آن و... شکاف اطلاعاتی وجود دارد که بررسی حاضر تلاش دارد خلأ موجود را پوشش دهد. بنابراین هدف مطالعه حاضر بررسی ویژگی‌های آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در اکوسیستم زاگرس در حوزه استحفاظی شهرستان گیلان غرب واقع در استان کرمانشاه است.

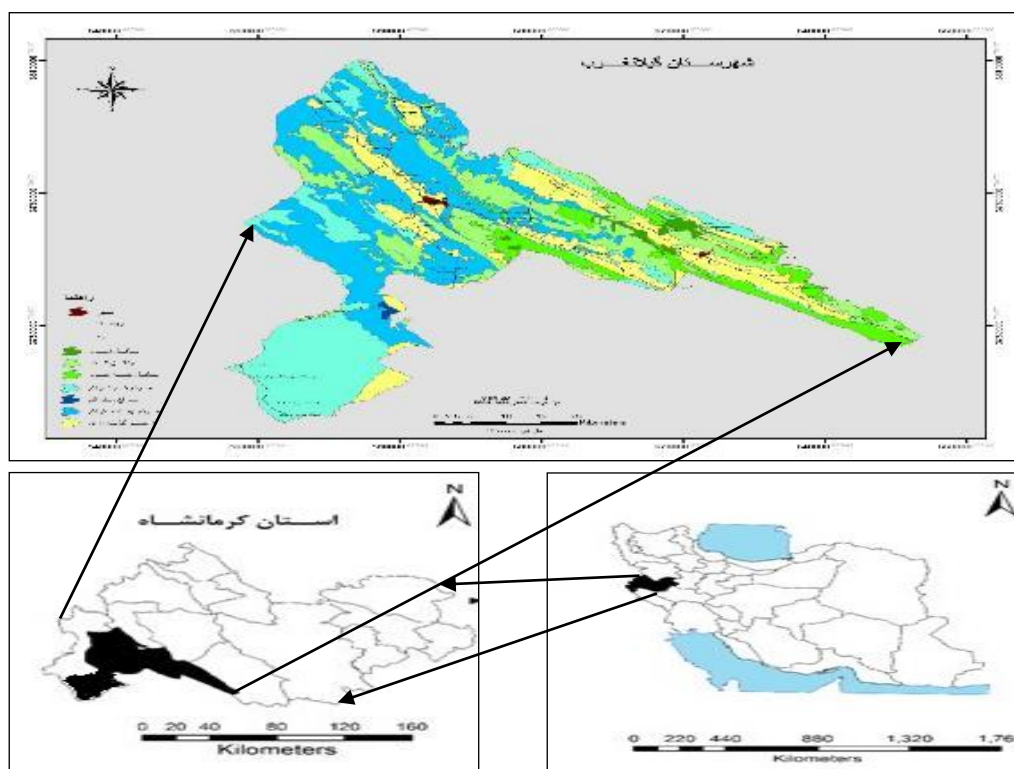
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان گیلان غرب می‌باشد که در استان کرمانشاه واقع شده است. این شهرستان در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه یکی از شهرهای واقع در غرب و جنوب استان کرمانشاه است؛ که از طرف شمال به سرپل ذهاب و دالاهو، از شمال شرق، شرق و جنوب شرق به اسلام‌آباد غرب، گردنه قلاج، سرابله، ایوان غرب و ایلام و از طرف جنوب و جنوب غرب به سومار و مندلی (کشور عراق) و در مغرب آن نفت شهر و قصرشیرین واقع شده است (شکل ۱). شهرستان گیلان غرب در ارتفاع ۸۰۴ متری از سطح دریا واقع شده است و مرکز شهرستان جز مناطق گرمسیر استان کرمانشاه است. به طرف شرق و شمال شهرستان ارتفاع از سطح دریا بیشتر شده و هوا رو به سردی می‌رود و به طرف جنوب و غرب و مرز عراق ارتفاع از سطح دریا کم شده و هوا رو به گرمی می‌رود. به‌طور مثال از مرکز شهرستان به سمت اسلام‌آباد غرب یا کرمانشاه، پس از ۱۵ کیلومتر از ارتفاع ۸۰۰ متری شهرستان به ارتفاع ۱۱۰۰ متری در روستاهای اطراف در دهستان چله می‌رسد و پس از ۶۸ کیلومتر، در بخش گواور به ارتفاع ۱۵۰۰ متر نیز می‌رسد. برعکس، به سمت عراق یا قصرشیرین به تدریج به ارتفاع ۵۰۰ متر و حتی در مرز سومار به ارتفاع ۲۹۰ متر از سطح دریا نیز می‌رسد (باقری و همکاران، ۱۳۹۹).

از نظر پوشش جنگلی گونه بلوط ایرانی درخت اصلی در جنگل‌های شهرستان گیلان غرب است. سایر گونه‌های درختی و درختچه‌ای مهم جنگل‌های این منطقه عبارتند از: پسته وحشی (بنه)، خنجوک، انجیر، کیکم (کرکو)، بادام معمولی، بادام کوهی (ارژن)، تنگرس، بادامک، آلبالو وحشی (راناس)، زالزالک، زبان گنجشک، گلایی وحشی، تا (تایلپیاتاوی)، خرزهره، پده و غیره

گیاهان مرتعی غالب در این حوزه شامل گونه‌های کلاه میرحسن، چوبک، اسپرس، دم روباهی، آویشن، شبدر، شیرین بیان و انواع گندمیان می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۹۹).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان کرمانشاه

روش انجام تحقیق

به منظور انجام این تحقیق تمام موارد آتش‌سوزی حادث شده در عرصه‌های طبیعی واقع در شهرستان گیلان غرب در فصل آتش‌سوزی در سال ۱۳۹۸ ثبت گردید. علت انتخاب این حوزه وجود پوشش جنگلی و مرتعی مناسب (۷۵۰۰۰ هکتار جنگل و ۱۳۰۰۰۰ هکتار مرتع) و همچنین تنوع اقلیمی حاکم در این حوزه است به طوری که در منطقه مذکور اقلیم‌های گرمسیر، معتدل و سردسیر قابل ملاحظه است و امکان آنالیز آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در شرایط مختلف را فراهم می‌سازد. همچنین فراوانی موارد وقوع حریق نیز از دیگر دلایل انتخاب این منطقه است به طوری که در فصل برداشت داده‌های مربوط به بررسی حاضر تعداد ۶۴ مورد حریق ثبت شده است.

نوع عرصه‌های طبیعی دچار آتش‌سوزی شده به صورت مرتع غیرمشجر، مرتع مشجر، جنگل، ذخیره‌گاه‌های جنگلی تقسیم‌بندی گردید. علت این نوع تقسیم‌بندی وجود مراتع غیرمشجر در نواحی گرمسیر و وجود مراتع مشجر در مناطق معتدله و سردسیر منطقه مورد مطالعه است. همچنین در ذخیره‌گاه‌های جنگلی لازم است تمهیداتی جهت حفاظت از این منابع لحاظ گردد که با سایر منابع جنگلی تفاوت دارد بنابراین در این بررسی به صورت جداگانه در نظر گرفته شده‌اند.

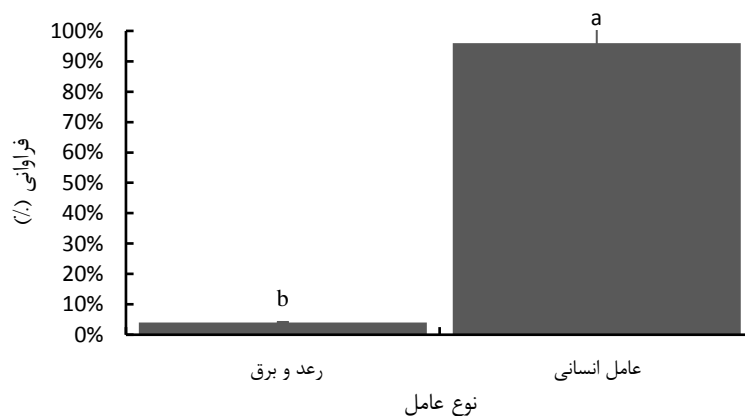
برداشت داده‌های مربوط به تحقیق حاضر به صورت میدانی، مستقیم و همراه با نیروهای شرکت کننده در عملیات اطفای حریق بوده است به طوری که بلافاصله بعد از آگاهی از وقوع آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی، در محل حضور یافته و نسبت به ثبت داده‌ها اقدام گردیده است. داده‌های جمع‌آوری شده در این پژوهش شامل نام منطقه، نوع عرصه دچار حریق شده (جنگل، مرتع غیرمشجر، مرتع مشجر و...)، تاریخ آتش‌سوزی، فصل آتش‌سوزی، ساعت آغاز و ساعت پایان آتش‌سوزی، مساحت عرصه دچار آتش‌سوزی شده، مدت آتش‌سوزی، زمان آتش‌سوزی در ۲۴ ساعت شبانه روز و موقعیت منطقه به صورت UTM می‌باشد. علت آتش‌سوزی نیز از دیگر اطلاعات برداشت شده در این تحقیق می‌باشد. به طور کلی علت آتش‌سوزی طبیعی و یا انسانی است که مهمترین عوامل انسانی مورد توجه در این پژوهش شامل سرایت از پس‌چر مزارع، سرایت از زباله‌های آتش گرفته، رزمایش نیروهای نظامی، تفرج و اختلاف بر سر مالکیت سامان‌های عرفی می‌باشد. تشخیص علت آتش‌سوزی نیز با استفاده از مدارک و مستندات باقیمانده در محل آتش‌سوزی، سابقه ایجاد آتش‌سوزی در محل در سال‌های گذشته، مشاهدات افراد محلی که اولین شاهدان عینی وقوع حریق بوده‌اند و نوع کاربری عرصه مذکور صورت می‌گیرد. به عنوان مثال علت حریق در مناطق تفرج‌گاهی با علت حریق در مراتع متفاوت است.

برای ثبت موقعیت منطقه و محاسبه مساحت منطقه سوخته از GPS دستی استفاده گردید و با استفاده از گزینه مخصوص محاسبه سطح و نیز پیاده‌روی در مرزهای منطقه سوخته اقدام گردید. نوع GPS مورد استفاده در این تحقیق Garmin مدل GPSmap 62s بود. برای تهیه نقشه مناطق پر خطر (ریسک بالا) آتش‌سوزی با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS معیارهای محیطی همانند ویژگی‌های فیزیوگرافیک، اقلیمی و انسانی در نظر گرفته شد (حیدری پور و همکاران، ۱۳۹۶). داده‌های مختلفی شامل موارد زیر در تهیه نقشه ریسک وقوع آتش؛ اطلاعات آتش‌سوزی‌ها و مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده قرار گرفت. همچنین داده‌های عرصه‌ای شامل اطلاعات هواشناسی، مناطق مسکونی، رودخانه‌ها و راه‌ها از دیگر اطلاعات مورد نیاز برای این منظور است. اطلاعات هواشناسی شامل دما، باد، رطوبت و بارندگی از ایستگاه‌های سینوپتیک

موجود در منطقه به دست آمد. اطلاعات مربوط به مناطق مسکونی، رودخانه‌ها و جاده‌ها از اداره منابع طبیعی شهرستان گیلان غرب دریافت شد.

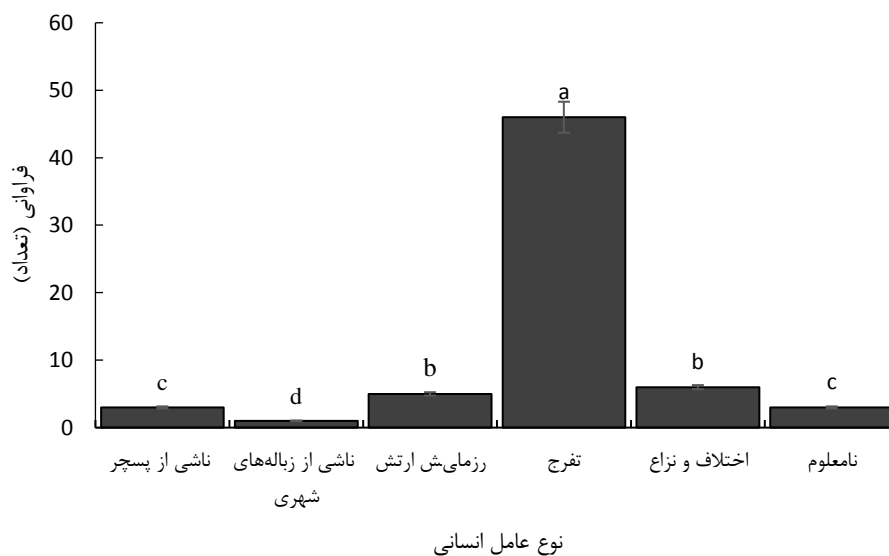
نتایج

نتایج نشان داد ۹۴٪ آتش‌سوزی‌های عرصه‌های طبیعی علل انسانی دارند و ۶٪ آن‌ها مربوط به عوامل طبیعی است که در بین آنها رعد و برق حایز اهمیت می‌باشند (شکل ۲). همچنین، کلیه آتش‌سوزی‌های ایجاد شده چه طبیعی و چه انسانی از نوع آتش‌سوزی سطحی بوده و آتش‌سوزی‌های تاجی و تنه‌ای مشاهده نگردید (شکل ۲).



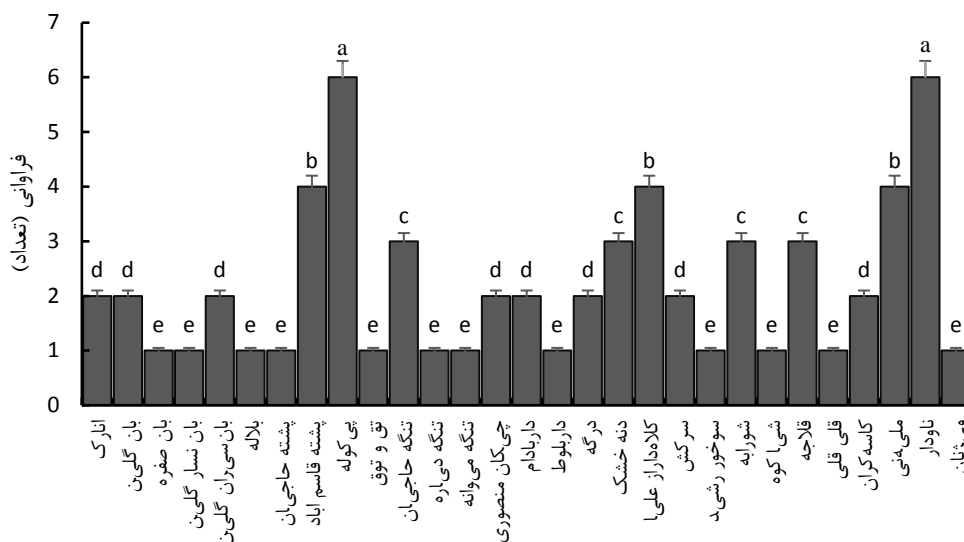
شکل ۲ - فراوانی نوع عامل آتش‌سوزی از نظر انسانی و طبیعی بودن

نتایج نشان داد در بین عوامل انسانی عامل تفرج بیشترین فراوانی (۷۱/۹٪) را در آتش‌سوزی‌های ایجاد شده در منابع ملی منطقه دارد (شکل ۳). عامل‌های اختلاف و نزاع میان جوامع محلی، رزمایش، سرایت از پس‌چر مزارع کشاورزی، عوامل نامعلوم انسانی و سرایت ناشی از سوختن زباله‌های شهری به ترتیب ۷/۱۸٪، ۴/۷٪، ۴/۷٪ و ۱/۵٪ را دارا هستند.



شکل ۳- فراوانی نوع عامل انسانی آتش‌سوزی

بیشترین تکرار و وقوع حریق در مناطق دچار آتش‌سوزی شده مربوط به مناطق پی‌کوله و میان‌دار (ناودار) هر کدام با شش بار آتش‌سوزی می‌باشد. ملیه‌نی، عرصه‌های طبیعی مجاور روستای کلاه‌دراز علیا و پشته قاسم‌آباد نیز هر کدام چهار بار دچار آتش‌سوزی شده‌اند (شکل ۴).

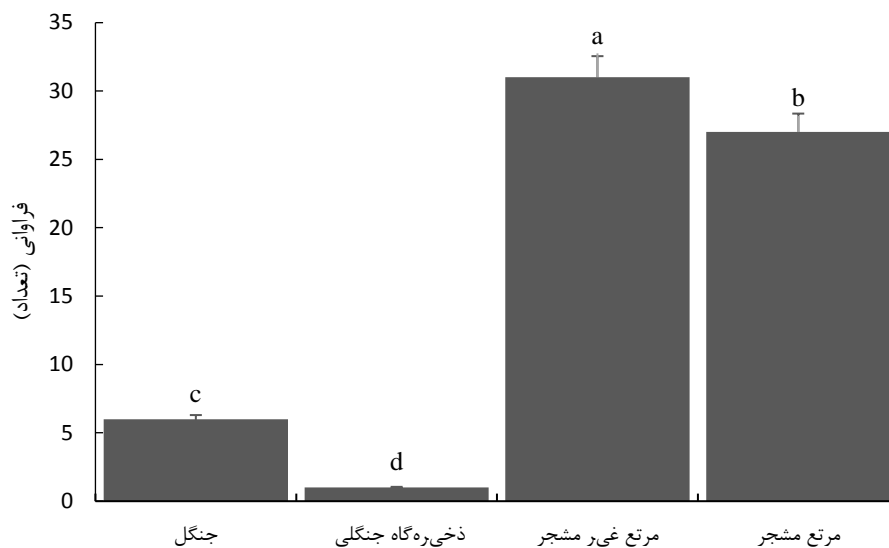


شکل ۴- فرآوانی وقوع آتش‌سوزی در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه

مساحت مناطق دچار حریق شده در جدول (۱) ارائه شده است. به طور کلی حدود ۶۳۳ هکتار از منابع ملی موجود در منطقه شامل جنگل و مرتع طعمه حریق شده است. بیشترین میزان سوختگی مربوط به شیاکوه با حدود ۱۵۰ هکتار، سرکش با حدود ۹۵ هکتار و پی کوله ۷۸ هکتار می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- نام محل و مساحت منطقه دچار آتش‌سوزی شده

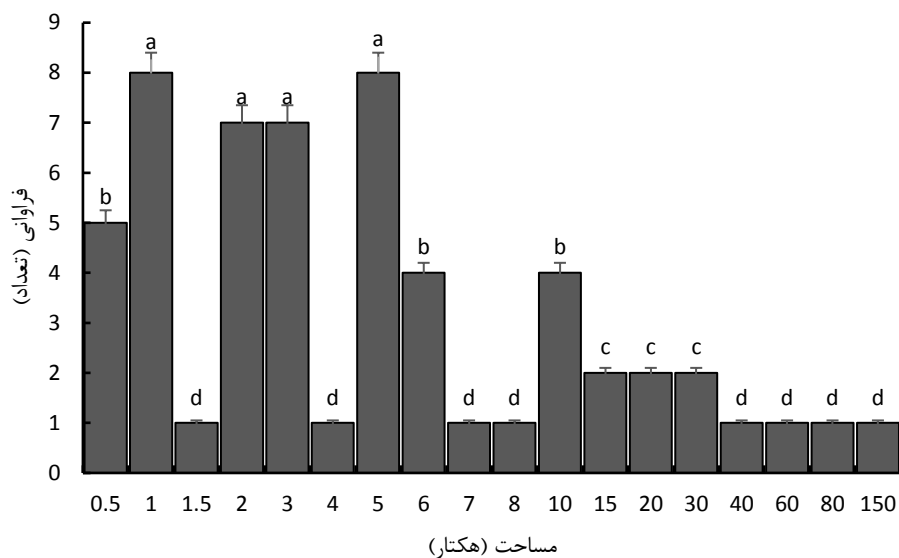
نام محل	سطح (هکتار)	نام محل	سطح (هکتار)	نام محل	سطح (هکتار)	نام محل	سطح (هکتار)	نام محل	سطح (هکتار)
انارک	۲	پشته	۲۷/۵	تنگه میوانه	۴۰	کلاه‌دراز علیا	۵/۵	قلی قلی	۰/۵
بان گلین	۶	پی کوله	۷۸	چیکان منصوره	۴۵	سرکش	۹۵	کاسه کران	۴
بان سیران گلین	۱۲	تق و توق	۰/۵	داربادام	۳۰	سوخور رشید	۱	ملیه‌نی	۳۴/۵
بان صفره	۵	تنگه حاجیان	۲۱/۵	داربلوط	۳	شورابه	۷/۵	ناودار	۴/۵
بان نثار گلین	۵	تنگه دیاره	۵	درگه	۸	شیا کوه	۱۵۰	ویژنان	۱
بلاله	۸	دنه خشک	۱۵			قلاجه	۱۸		
مجموع	۳۸		۱۳۲/۵		۱۴۱		۲۷۷		۴۴/۵



شکل ۵- نوع و فراوانی منبع دچار آتش‌سوزی شده

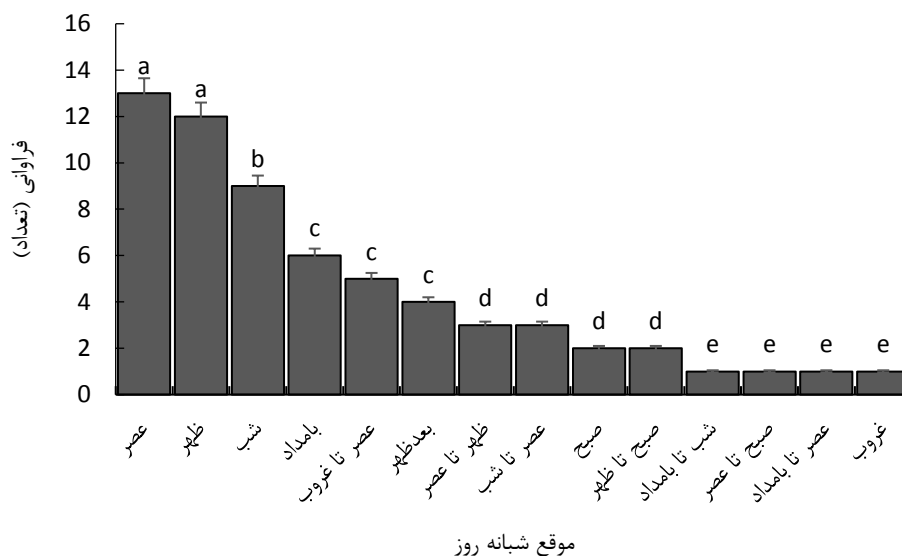
از مجموع ۶۴ حریق ایجاد شده بیشترین نرخ وقوع حریق مربوط به مرتع می‌باشد که ۳۱ بار دچار حریق شده است (۴۸٪/۴). مراتع مشجر، جنگل و ذخیره‌گاه‌های جنگلی به ترتیب ۲۷ (۴۲٪/۲)، ۶ (۹٪/۴) و ۱ (۱٪/۵) سوخته شده‌اند (شکل ۵).

نتایج نشان داد بیشترین میزان سطح دچار سوختگی شده از نظر فراوانی مربوط به سطوح یک و پنج هکتار است که در هر مورد هشت بار اتفاق افتاده است (جمعاً ۲۵٪). سطوح دو و سه هکتار نیز هر کدام هفت بار دچار حریق شده‌اند که ۲۱/۹٪ فراوانی حریق‌های حادث شده را شامل می‌شوند. سطح ۰/۵ هکتار نیز پنج بار دچار سوختگی شده است (۷٪/۸)؛ (شکل ۶).



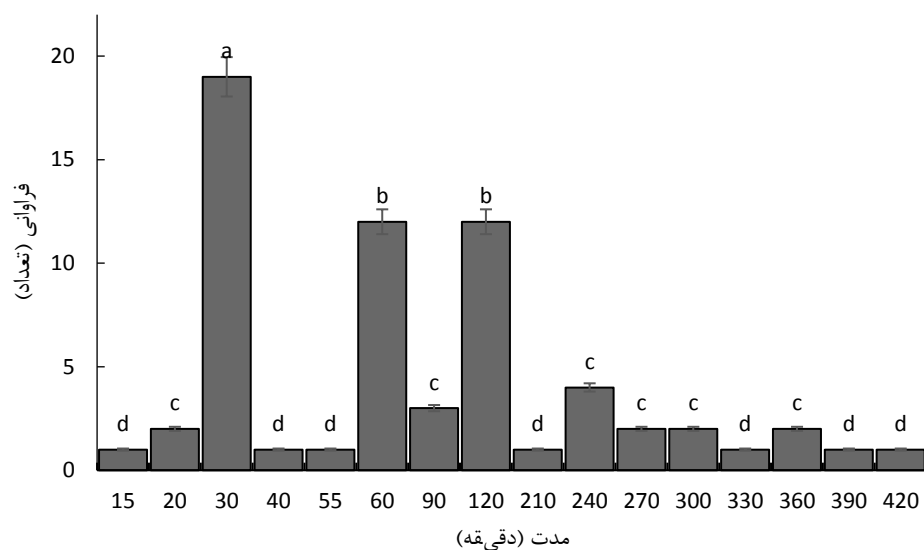
شکل ۶- فراوانی و دفعات تکرار حریق در سطوح دچار آتش‌سوزی شده

زمان وقوع حریق در ۲۴ ساعت شبانه‌روز در شکل ۷ ارائه شده است. بیشترین فراوانی آتش‌سوزی‌های ایجاد شده مربوط به ظهر و عصر می‌باشد که در هر مورد ۱۲ بار اتفاق افتاده است (جمعاً ۳۷/۵٪). در هنگام شب ۹ بار حریق رخ داده که ۱۴٪ فراوانی حریق‌های رخ داده را شامل می‌شود. در زمان‌های نصف شب، عصر تا غروب و بعد ظهر نیز به ترتیب ۶، ۵ و ۴ بار حریق رخ داده است (شکل ۷).



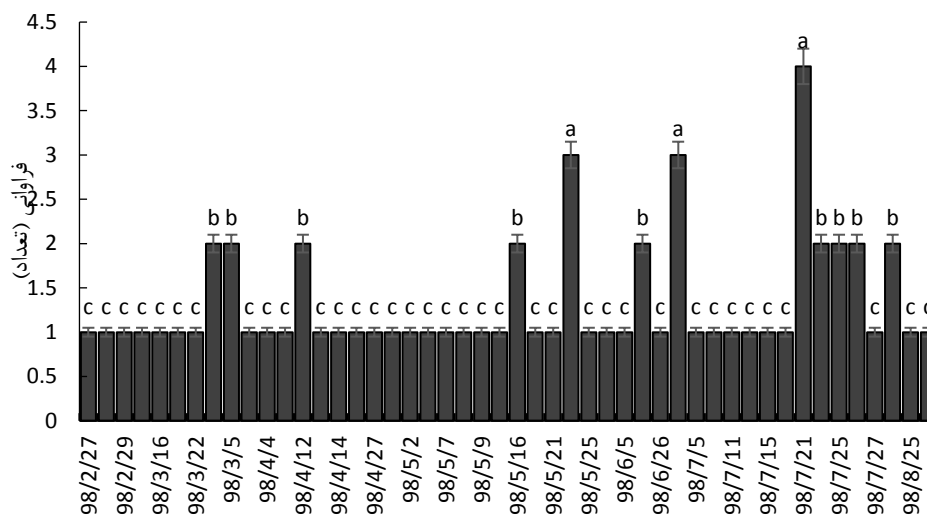
شکل ۷- فراوانی ایجاد آتش سوزی در ساعات مختلف شبانه روز

نتایج نشان می دهد هر آتش سوزی به طور میانگین حدود ۴۶ دقیقه طول می کشد تا خاموش گردد. مدت زمان ۳۰ دقیقه آتش سوزی بیشترین فراوانی (۱۹ مورد معادل ۲۹/۷٪) را در بین زمان های آتش سوزی موجود دارد. مدت زمان های ۶۰ دقیقه و ۱۲۰ دقیقه نیز جزو موارد پر تکرار آتش سوزی هستند که در هر کدام ۱۲ مورد آتش سوزی اتفاق افتاده است (جمعاً ۳۷/۵٪)؛ (شکل ۸).



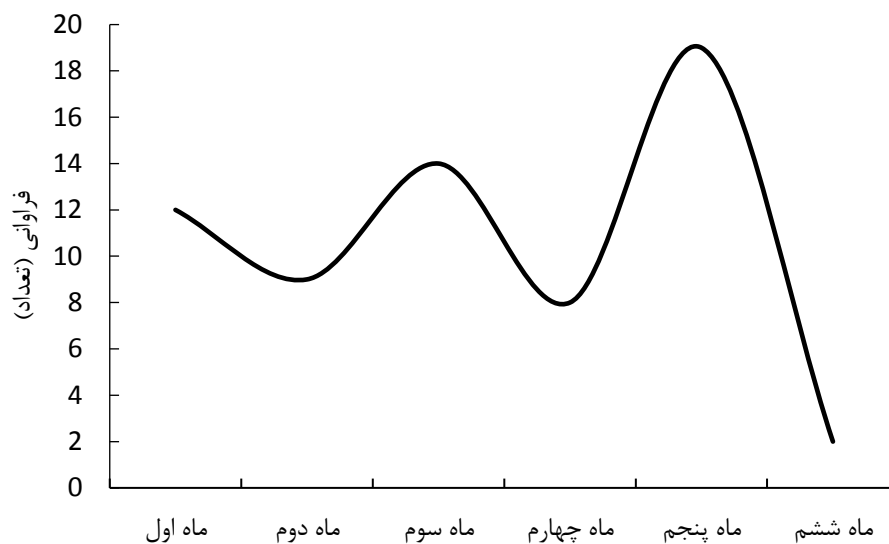
شکل ۸- فراوانی آتش‌سوزی‌ها از نظر مدت آتش‌سوزی

از لحاظ زمانی اولین آتش‌سوزی عمده مربوط به اواخر ماه اردیبهشت (۱۳۹۸/۲/۲۷) و آخرین آن مربوط به اوایل ماه آذر (۱۳۹۸/۹/۳) می‌باشد. همچنین بیشترین تعداد آتش‌سوزی چهار مورد در روز بوده که مربوط به تاریخ ۱۳۹۸/۷/۲۱ می‌باشد. سه مورد آتش‌سوزی در روز نیز در تاریخ‌های ۱۳۹۸/۵/۲۲ و ۹۸/۶/۲۸ اتفاق افتاده است (شکل ۹).



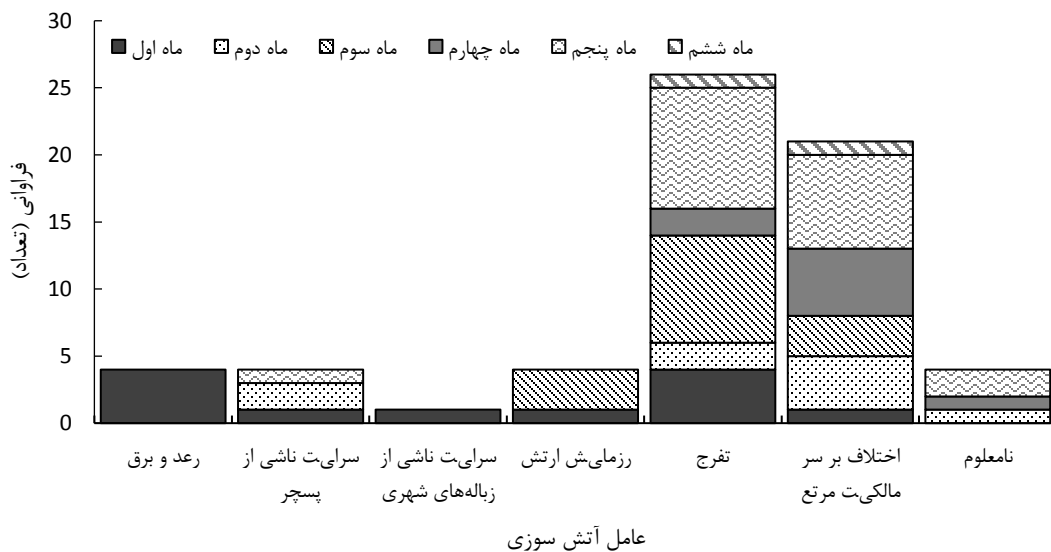
شکل ۹- فراوانی آتش سوزی در روزهای موجود در فصل آتش سوزی

شکل (۱۰) نشان می‌دهد شش ماه آتش سوزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و به طور متوسط تقریباً هر سه روز یک بار آتش سوزی اتفاق می‌افتد. به طور کلی، نمودار فراوانی آتش سوزی نشان می‌دهد با گذشت زمان روند افزایش آن صعودی بوده اما دارای نوساناتی می‌باشد. بیشترین میزان آتش سوزی مربوط به ماه مهر است که دارای ۱۹ مورد فراوانی (معادل ۲۹/۷٪) است. کمترین (معادل ۱۲/۵٪) آن نیز مربوط به ماه شهریور است (شکل ۱۰).



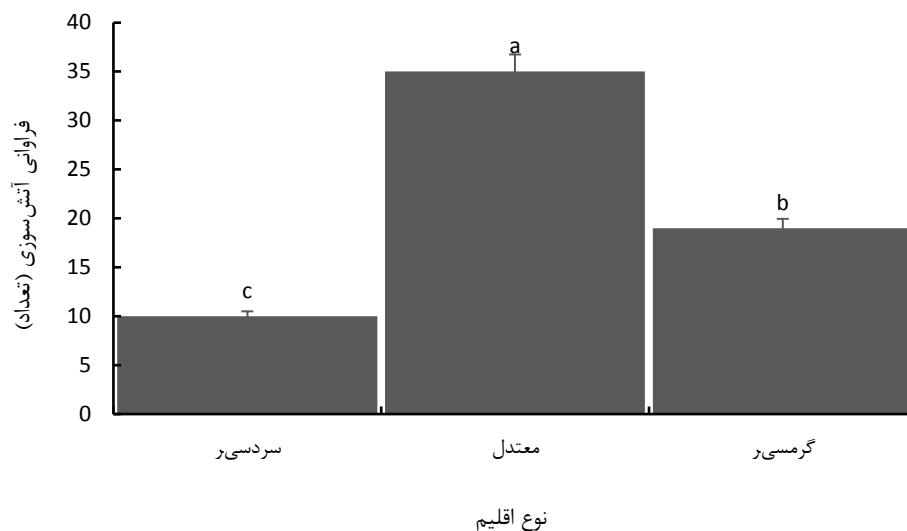
شکل ۱۰- فرآوانی آتش‌سوزی در ماه‌های مختلف فصول خشک

شکل (۱۱) شدت و ضعف عوامل طبیعی و انسانی آتش‌سوزی در ماه‌های مختلف فصل آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. در ماه اول بیشترین موارد مربوط به صاعقه و تفرج، در ماه دوم اصلی‌ترین عوامل شامل اختلافات موجود بین جوامع محلی و سرایت ناشی از پس‌چر، در ماه سوم تفرج و اختلافات بین اهالی بومی، در ماه چهارم اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری، در ماه پنجم تفرج و اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری و در ماه ششم نیز تفرج و اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری است (شکل ۱۱).



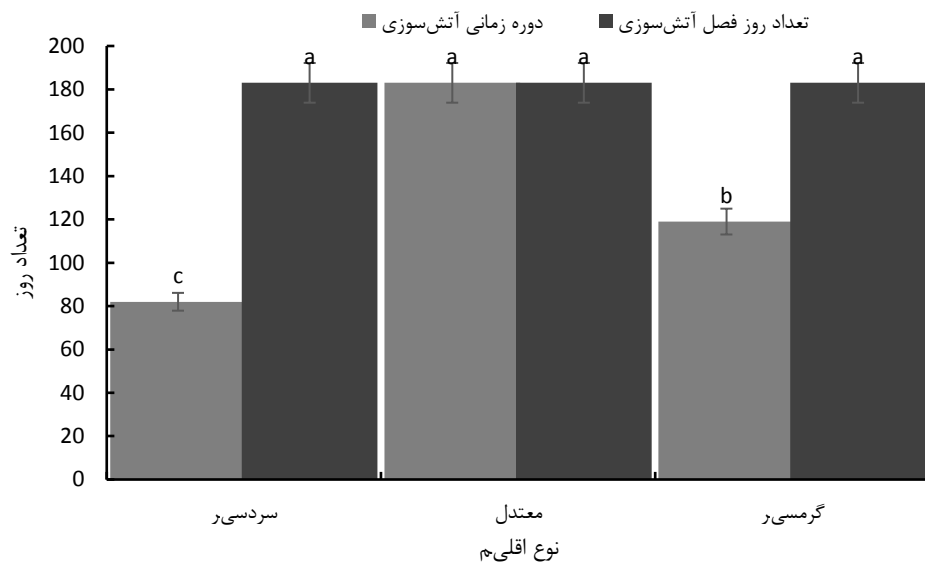
شکل ۱- فراوانی علت آتش‌سوزی در ماه‌های مختلف فصل آتش‌سوزی

از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی بیشترین فراوانی آتش‌سوزی مربوط به منطقه معتدل منطقه بررسی شده است که ۳۵ مورد حریق در آن اتفاق افتاده است (معادل ۵۴/۷٪). در مناطق گرمسیر و سردسیر حوزه به ترتیب ۱۹ (۲۹/۷٪) و ۱۰ (۱۵/۱۶٪) مورد حریق اتفاق افتاده است (شکل ۱۲).



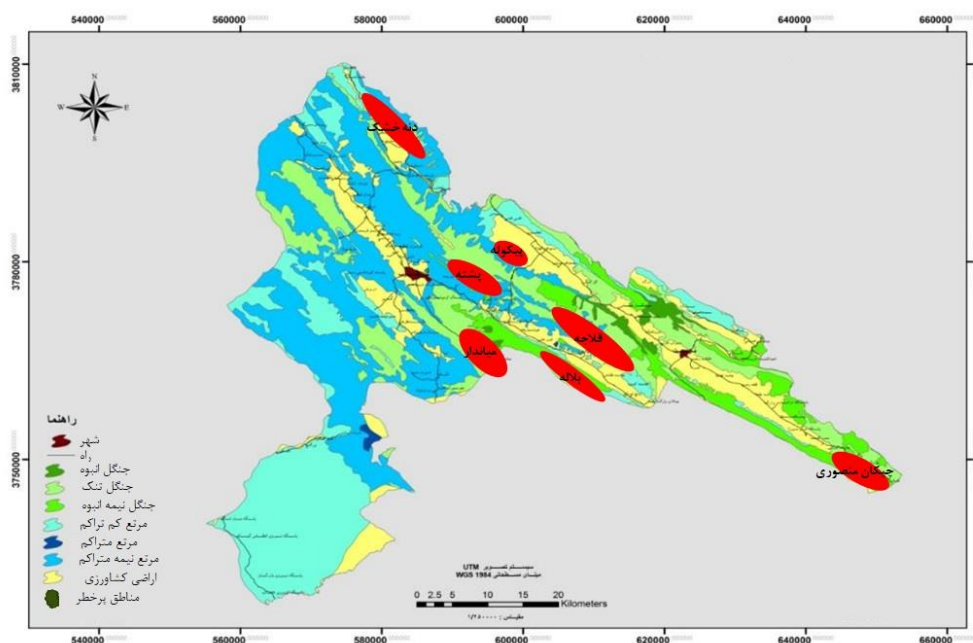
شکل ۱۲- فرآوانی آتش سوزی در اقلیم‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

به طور کلی کمی بیش از شش ماه (۱۸۳ روز) آتش سوزی در منطقه وجود دارد (شکل ۸). در این بین، در اقلیم معتدل منطقه آتش سوزی‌های اتفاق افتاده در ۱۸۳ روز موجود در فصل آتش سوزی توزیع شده است. در اقلیم‌های گرمسیر و سردسیر آتش سوزی‌های اتفاق افتاده به ترتیب در ۸۲ و ۱۱۹ روز فصل آتش سوزی توزیع شده است (شکل ۱۳).



شکل ۲- تعداد روزهای فصل آتش سوزی در اقلیم‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه

با توجه به تعداد تکرار، شدت و وسعت آتش سوزی در حوزه مورد مطالعه مناطق با ریسک بالای آتش شناسایی گردید (شکل ۱۳). مناطق دانه خشک، میان‌دار، پشته، پی کوله، بالاله، چله و قلاج و همچنین چیکان منصوری جزو مناطق با ریسک بالای آتش سوزی هستند (شکل ۱۴).



شکل ۳- نقشه مناطق پرخطر (ریسک بالا) آتش سوزی در عرصه‌های طبیعی شهرستان گیلان غرب

بحث و نتیجه گیری

به طور کلی عوامل ایجاد آتش سوزی‌های جنگل را می‌توان به دو دسته طبیعی و غیر طبیعی تقسیم نمود. در تحقیق حاضر عوامل طبیعی ۴ درصد و عوامل غیرطبیعی ۹۶ درصد عوامل ایجاد حریق را تشکیل می‌دهند. بسیاری از آتش سوزی‌های جنگل از طریق عوامل طبیعی (تخمیر و فعل و انفعالات شیمیایی مواد آلی، رعد و برق، فوران آتشفشان، تابیدن نور خورشید به قطعات ته بطری و شیشه که همانند عدسی عمل می‌کنند) که مراتع و درختان را در شرایط آتش قرار می‌دهد، شروع می‌شود. اگر چه، باران اغلب حریق‌های با منشأ رعد و برق را بدون اینکه موجب آسیب زیاد شوند، خاموش می‌کند. درجه حرارت‌های اتمسفری بالا و خشکی (رطوبت پائین) شرایط مناسبی را برای شروع یک آتش فراهم می‌سازند (Silvia Merino-de- (Miguela et al., 2010).

زمانی که یک منبع از آتش نظیر شعله رها شده، سیگار، جرقه الکتریکی یا هر منبع دیگر حریق که در ارتباط با مواد شعله‌ور می‌آید آتش ایجاد می‌شود که تشکیل دهنده عوامل انسان ساخت (غیرطبیعی) آتش‌سوزی هستند. نتایج نشان داد در بین عوامل انسانی عامل تفرج بیشترین فراوانی (۷۱/۹٪) را در آتش‌سوزی‌های ایجاد شده دارد. به منظور پیشگیری از آتش‌سوزی‌های ناشی از گردشگری آگاه نمودن مردم از فواید جنگل، ضررها و خطرات آتش، آثار منفی آن بر محیط زیست، آموزش‌های لازم با هدف رعایت نکات ایمنی در هنگام تفرج انجام گیرد تا پایداری اکوسیستم جنگل مد نظر قرار گیرد. عامل‌های اختلاف و نزاع میان جوامع محلی، رزمایش، سرایت ناشی از آتش زدن پس‌چر مزارع کشاورزی، عوامل نامعلوم انسانی و سرایت ناشی از سوختن زباله‌های شهری به ترتیب ۹/۴٪، ۷/۸٪، ۴/۷٪، ۴/۷٪ و ۱/۵٪ را دارا هستند. نتیجه به دست آمده با نتایج ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) مبنی بر افزایش نقش عوامل انسانی بر وقوع آتش‌سوزی همسو است. حریق‌های انسانی خود به دو دسته عمدی و غیر عمدی تقسیم می‌شوند (میرکی و همکاران، ۱۳۹۲). آتش‌سوزی‌های عمدی با هدف افزایش سطح زمین‌های کشاورزی و بر اثر عقده‌های روانی و خصومت‌های شخصی، تهیه زغال، دعوای طایفه‌ای و قبیله‌ای، بعضی رسومات و ... ایجاد می‌شوند. در مقابل آتش‌سوزی‌های سهوی به وسیله گردش‌گران، چوپانان، شکارچیان، آتش زدن بقایای محصول در مزارع مجاور جنگل و مرتع، پریدن جرقه یا پرت کردن فیلتر سیگار از لوکوموتیوها و یا وسایل نقلیه‌ای که از ریل‌ها و جاده‌های داخل جنگل تردد می‌کنند، ایجاد می‌شوند.

نتایج بررسی حاضر نشان داد بیشترین تکرار وقوع حریق در مناطق دچار آتش‌سوزی شده مربوط به مناطق پی‌کوله و نوادار؛ (جمعاً ۱۲ بار آتش‌سوزی) ملیه‌نی، منابع ملی مجاور روستای کلاه‌دراز علیا و پشته قاسم‌آباد (جمعاً ۱۲ بار آتش‌سوزی) می‌باشد. تکرار آتش‌سوزی در یک منطقه نشان دهنده عمدی بودن حریق در آن ناحیه خاص است که از مهمترین دلایل ایجاد آن می‌توان به اختلافات فی ما بین جوامع محلی در بهره‌برداری از مراتع و جنگل‌ها، دعوای طایفه‌ای و ... اشاره کرد. در ایجاد این حریق‌ها همیشه تلاش بر این است که اصل غافلگیری مورد عمل قرار گرفته و مراتع در زمانی (از قبیل نیمه شب) آتش بگیرند که طرف مقابل کمترین فرصت برای خاموش کردن آتش در اختیار داشته باشد و یا زمانی از وقوع حریق مطلع گردد که زمان زیادی از شروع آن گذشته باشد و حریق وسعت یافته باشد. همچنین در حریق‌های عمدی، عامل اغلب ایامی که وزش باد شدید باشد را انتخاب می‌کند.

نتایج نشان داد بیشترین میزان سوختگی مربوط به مناطق شیاکوه، سرکش و پی‌کوله به ترتیب با ۱۵۰، ۹۵ و ۷۸ هکتار می‌باشد و حدود ۹۰٪ منابع دچار حریق شده مربوط به مرتع و مرتع مشجر می‌باشد. تداوم،

شدت، وسعت و گسترش آتش سوزی اندازه‌های متفاوتی دارد. این پارامترها اصولاً توسط اقلیم، میزان انباشت لاشبرگ‌ها، اشتعال‌پذیری سوختنی‌ها، رطوبت موجود در خاک، ترسالی و خشک‌سالی و توپوگرافی منطقه کنترل می‌شود. نتیجه به دست آمده با نتایج میونیر و همکاران (Meunier et al., 2019) و میتسوپولوس و همکاران (Mitsopoulos et al., 2020) هماهنگ است. خطر آتش‌سوزی‌ها در اکوسیستم‌های محلی و منطقه‌ای متأثر از آب و هوا، فیزیوگرافی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی است. نتیجه به دست آمده با نتایج کرمی و همکاران (۱۳۹۵) همسو است.

همچنین نتایج نشان داد از لحاظ زمانی بیشترین فراوانی آتش‌سوزی‌های ایجاد شده مربوط به ظهر و عصر می‌باشد (جمعاً ۳۷/۵٪). علت این موضوع را می‌توان به بهینه بودن شرایط برای آتش‌سوزی در این مواقع نسبت داد زیرا گرما، اکسیژن و ماده سوختنی به دلیل به حداکثر رسیدن درجه حرارت و سرعت وزش باد شرایط را برای وقوع حریق مساعد می‌نمایند. ترکیبات آب و هوایی اگر با تعدادی شرایط فیزیولوژیکی ماده سوختنی همراه شود، فاکتوری است که بطور اساسی روی رفتار آتش اثر می‌گذارد. خشکی، به میزان زیادی با قابلیت اشتعال و سوختن ماده سوختنی در ارتباط است (Viegas et al., 1991)، و باد نقش مهمی را در پخش جبهه شعله ایفا می‌کند (خلج و پورقاسم ۱۳۸۷؛ نامور و عشرستاقی، ۱۳۹۵). در بسیاری از موارد، شرایط آب و هوایی بر عناصر دیگر غلبه می‌کند (Pyne et al., 1996). در توصیف مهم‌ترین فاکتورهای هواشناختی مرتبط با پخش آتش، طبقه‌بندی پیشنهاد شده از سوی ولز (Velez, 2000) معتبر است. متغیرهای هواشناختی می‌تواند به دو گروه طبقه‌بندی شود: متغیرهایی که روی امکان احتراق آتش اثر می‌گذارند، به دلیل اینکه آنها دارای تاثیر بالاتر از همه روی رطوبت ماده سوختنی هستند؛ بنابراین، این متغیرها اثر موثری را روی گسترش حادثه به کار می‌برند، و اساساً آنها اثر معنی‌داری روی امکان اینکه یک آتش بتواند بیشتر یا کمتر مشتعل شود دارند. که این متغیرها شامل تابش خورشید، بارندگی‌ها، رطوبت هوا، رطوبت نسبی و آذرخش‌ها می‌باشد. متغیرهایی که روی نسبت گسترش اثر می‌گذارند، به دلیل اینکه آنها روی جریان مورد نیاز برای سوختن و فرآیندهای انتقال گرما اثر می‌گذارند؛ بنابراین اثر غالب این متغیرها روی رفتار آتش است. که از جمله این متغیرها با دو پایایی اتمسفریک است. نتایج به دست آمده با نتایج مطالعه امامی و شهریاری (۱۳۹۸) همسو است.

نتایج نشان می‌دهد هر آتش به طور میانگین حدود ۴۶ دقیقه طول می‌کشد تا خاموش گردد. مدت زمان ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه بیشترین فراوانی (حدود ۳۰٪، ۹/۳٪ و ۹/۳٪) را در بین زمان‌های آتش‌سوزی موجود را دارد. زمان خاموش شدن آتش به پارامترهای زیادی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها شامل وجود

امکانات مناسب و به روز اطفای حریق، گزارش به موقع وقوع حریق و سرعت عمل پرسنل اداره منابع طبیعی، وجود شبکه راه‌های ارتباطی مناسب در سطح حوزه، مشارکت دوست‌داران طبیعت و مردم محلی در پاره‌ای موارد اشاره کرد. در مطالعات نامور و عشرستاقی (۱۳۹۵) و امامی و شهریاری (۱۳۹۸) وجود راه‌های ارتباطی به عنوان یکی از عوامل افزایش تعداد آتش‌سوزی ذکر شده است که نشان دهنده تاثیر دو سویه راه‌های ارتباطی چه در افزایش تعداد آتش‌سوزی و چه در کاهش زمان مهار آتش است که خود موضوع پژوهش دیگری است.

نتایج نشان می‌دهد شش ماه آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد و به طور متوسط تقریباً هر سه روز یک بار آتش‌سوزی اتفاق می‌افتد. به طور کلی، نمودار فراوانی آتش‌سوزی نشان می‌دهد با گذشت زمان روند افزایش آن صعودی می‌باشد. به طور کلی الگوی از دلایل افزایش آتش‌سوزی در طی فصل خشک در منطقه می‌توان به افزایش میزان تفرج و طبیعت‌گردی همراه با کاهش طول روزها و خنک شدن هوا اشاره کرد زیرا در این زمان از سال شرایط برای کوهنوردی، طبیعت‌گردی و جمع‌آوری محصولات فرعی جنگل‌های زاگرس مساعد می‌گردد و بر اثر بی‌توجهی نرخ آتش‌سوزی افزایش می‌یابد. با وجود اینکه در فصل بهار هم میزان تفرج و طبیعت‌گردی زیاد است اما به دلیل خشک نبودن پوشش گیاهی نرخ وقوع آتش‌سوزی کمتر از اواخر تابستان و به‌ویژه اوایل فصل پاییز است.

نتایج نشان می‌دهد، در ماه اول فصل آتش‌سوزی بیشترین موارد مربوط به صاعقه و تفرج، در ماه دوم اصلی‌ترین عوامل شامل اختلافات موجود بین جوامع محلی و سرایت ناشی از پس‌چر، در ماه سوم تفرج و اختلافات بین اهالی بومی، در ماه چهارم اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری، در ماه پنجم تفرج و اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری و در ماه ششم نیز تفرج و اختلافات بر سر مالکیت و بهره‌برداری است. علل ایجاد آتش در ماه‌های مختلف فصل آتش‌سوزی روش‌کننده نکات جالبی است. در ماه‌های اولیه در مناطقی که گرمتر بوده و کشاورزان زمین آبی دارند همواره اقدام به از بین بردن پس‌چر زمین‌های کشاورزی خود به منظور آماده نمودن زمین برای کشت دوم می‌نمایند که معمول‌ترین روش از بین بردن پس‌چر، آتش زدن آن می‌باشد. در مواردی سهل‌انگاری زارعان باعث سرایت آتش به مراتع و جنگل‌های مجاور شده و سبب ایجاد آتش‌سوزی در منابع ملی می‌گردد. در ماه‌های میانی فصل آتش‌سوزی دلیل غالب اختلافات، مشکلات شخصی، طایفه‌ای و قومی بین جوامع محلی است که مناسب‌ترین زمان را موقعی می‌دانند مجموع شرایط برای از بین بردن چراگاه دام‌های طرف مقابل در بهترین شرایط باشد و این زمان مصادف با مرداد ماه و قسمتی از شهریور است. در ماه‌های پایانی فصل آتش‌سوزی و اوان پاییز نیز تفرج و

طبیعت‌گردی دلیل اصلی آتش‌سوزی‌ها را تشکیل می‌دهد که دلایل آن در سطور پیشین مورد بحث قرار گرفت.

به منظور حفاظت موثر از منابع طبیعی لازم است از اطلاعات به دست آمده به منظور مدیریت موثر و پیشگیری و اطفای حریق‌های ایجاد شده در سطح حوزه مورد مطالعه و به طور کلی اکوسیستم زاگرس بهره گرفت. علاوه بر تجهیز ادارات منابع طبیعی به امکانات به روز و مناسب اطفای حریق، آموزش جوامع محلی و فرهنگ‌سازی در استفاده از مواهب طبیعت می‌توان برای کشاورزانی که اقدام به آتش زدن پس‌چر مزارع خود می‌کنند تهمیداتی قانونی از قبیل پیگرد قضایی اندیشید تا در صورت سهل‌انگاری و ایجاد حریق در منابع ملی مورد بازخواست دستگاه‌های ذی‌ربط قرار گیرند. همچنین در مناطق واجد ریسک آتش‌سوزی می‌توان اقدام به بکارگیری تعدادی از افراد محلی به عنوان دیده‌بان و تاسیس پایگاه اطفای حریق نمود تا بتوان سرعت عمل را برای مهار آتش افزایش داد.

منابع

- ابراهیمی، ح.، رسولی، ع.ا.، مختاری، د. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات خطر آتش‌سوزی و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی، مطالعه موردی: جنگل‌ها و مراتع استان آذربایجان شرقی. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۲۵ (۷): ۵۷-۷۳.
- امامی، ح.، شهریاری، ح. ۱۳۹۸. کمی‌سازی عوامل محیطی و انسانی در وقوع آتش‌سوزی جنگل با روش‌های RS و GIS؛ مناطق حفاظت شده ارسباران. فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۸ (۱۱۲): ۳۵-۵۳.
- باقری، ک.، قاسم‌نژاد، ی.، باقری، م. ۱۳۹۹. قابلیت‌های محیطی شهرستان گیلان غرب (با تاکید بر توسعه). انتشارات دانش‌آوران. ۱۷۰ ص.
- پوررضا، م.، حسینی، م.، صفری سنجابی، ع.، متینی‌زاده، م.، دیک، و. ۱۳۹۲. اثر شدت آتش‌سوزی بر ماکروفون خاک در جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط ایرانی، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۷۲۹-۷۴۱.
- جانباز قبادی، غ. ۱۳۹۸. بررسی مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان بر اساس شاخص خطر آتش‌سوزی (FRSI) با بهره‌گیری از تکنیک (GIS). نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۶ (۳): ۱۰۲-۸۹.

جمشیدی باختر، ع.، مروی مهاجر، م.ر.، ثاقب طالبی، خ.، نمیرانیان، م.، معروفی، ح. ۱۳۹۲. تغییرات تنوع گونه ای بعد از آتش سوزی در جنگلهای زاگرس (مطالعه موردی جنگلهای مریوان)، تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۵۲۹-۵۴۱.

زرع کار، آ.، کاظمی زمانی، ب.، قربانی، س.، عاشق معلا، م.، جعفری، ح. ۱۳۹۲. تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۲۱۸-۲۳۰.

خلج، ع.، پورقاسم، م. ۱۳۸۷. نقش آب و هوا و عوامل جوی در آتش سوزی جنگل ها، اولین کنفرانس بین المللی جایگاه ایمنی، بهداشت و محیط زیست در سازمانها، اصفهان، <https://civilica.com/doc/42994>

مافی غلامی، د.، نوری کمری، ا.، صادقی، ش. ۱۳۸۸. تاثیر آتش سوزی بر اکوسیستم جنگل، دومین کنفرانس بین المللی سلامت، ایمنی و محیط زیست، اصفهان، شرکت تجارت آروین پیشرو. عزیز، ک.، یوسفی، ی. ۱۳۸۸. گرم با دو آتش سوزی در استان های گیلان و مازندران. فصلنامه پژوهشی جغرافیا، ۲۴: ۲۸-۳.

کاویانی، م.، علیجانی، ب. ۱۳۷۳. مبانی آب وهواشناسی، چاپ سوم. انتشارات سمت، تهران، ۶۰۰ ص. کرمی، ف.، نوکانی، ط.، مومنی، م. ۱۳۹۵. نابودی جنگل ها، آتش سوزی. سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، برلین-آلمان، ۱۹ تیر، ۱۶ ص.

کریمی، س.، پوربابایی، ح. ۱۳۹۵. تاثیر آتش سوزی بر ساختار و تجدید حیات گونه های چوبی در اکوسیستم جنگل های زاگرس میانی (مطالعه موردی: تنگه بزخانه کرمانشاه). تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران، ۱۴ (۲): ۱۲۲-۱۳۵.

کریمی، س.، پوربابایی، ح. خداکرمی، ی. ۱۳۹۶. تأثیر آتش سوزی بر شاخص اهمیت نسبی (SIV) و مدل های توزیع فراوانی گونه های گیاهی در جنگل های زاگرس. فصلنامه اکوسیستم های طبیعی ایران، ۸ (۳): ۱۲۶-۱۱۱.

مرادی، ب.، روانبخش، ه.، مشکی، ع.، شعبانیان، ن. ۱۳۹۵. تأثیر آتش سوزی بر ساختار پوشش گیاهی در جنگل های زاگرس (مطالعه موردی: شهرستان سروآباد، استان کردستان)، مجله جنگل ایران، ۳: ۳۸۱-۳۹۲.

الله‌وردی، م.ر. ۱۳۹۵. اثر آتش‌سوزی بر برخی ویژگیهای شیمیایی خاک در جنگل‌های بانکول استان ایلام. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳ (۳): ۶۹-۸۸.

میرزاحسینی، م.، آذرینوند، ح. ۱۳۹۶. بررسی آتش‌سوزی‌های مراتع و استراتژی‌های کنترل. همایش بین‌المللی مدیریت منابع طبیعی در کشورهای در حال توسعه، کرج، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

میرکی، م.، اکبری‌نیا، م.، غضنفری، ه.، ستار عزتی، س.، حیدری، ا. ۱۳۹۲. ارائه راهکارهای مدیریتی مقابله با آتش‌سوزی با استفاده از سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری در جنگل‌های زاگرس شمالی (مطالعه موردی جنگل‌های حوزه شهرستان مریوان)، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱: ۷۴۲-۷۵۵.

نامور، ا.، عشرستاقی، م. ۱۳۹۵. بررسی معضلات و خلاءهای قانونی در ایجاد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع کشور. همایش ملی حقوق سبز با تاکید بر چالش‌های زیست محیط مناطق شمالی کشور، نقوی‌زاده، م.ر.، صابر فرد، ا. ۱۳۸۴. آتش‌سوزی‌های جنگل و مرتع عامل‌بحرانی در زندگی جوامع محلی. نخستین همایش ملی مدیریت جامع بحران، تهران.

FAO. 2018. FAO strategy on forest fire management. Roma, Italy. 17 pp.

García-Llamas, P., Suárez-Seoane, S., Taboada, A., Quintano, C., Fernández-Manso, A., Fernández-García, V., Fernández-Guisuraga, J.M., Marcos, E., Calvo, E. 2019. Environmental drivers of fire severity in extreme fire events that affect Mediterranean pine forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 433: 24-32.

Merino-de-Miguela, S., Huescab, M., González-Alonsob, F. 2010. Modis reflectance and active fire data for burn mapping and assessment at regional level. *Ecological Modelling*, 67-74.

Meunier, J., Holoubek, N.S., Sebaskey, M. 2019. Fire regime characteristics in relation to physiography at local and landscape scales in Lake States pine forests. *Forest ecology and management*, 454:117651.

Mitsopoulos, L., Chrysafi, L., Bountis, D., Mallinis, G. 2020. Assessment of factors driving high fire severity potential and classification in a Mediterranean pine ecosystem. *Journal of Environmental Management*, 235: 266-275.

Pyne S.J., Andrews P.L., Laven A.R. 1996. Introduction to wildfire. 2nd Edition. John Wiley and Sons Edition. New York. 769 pp.

- Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. USDA Forest Service Research Paper, INT-115. Ogden, UT: Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Su, Z., Tigabu, M., Cao, Q., Wang, G., Hu, H., Guo, F. 2019. Comparative analysis of spatial variation in forest fire drivers between boreal and subtropical ecosystems in China. *Forest ecology and management*, 454:117669.
- Velez, R. 2000. *La Defensa contra Incendios Forestales. Fundamentos Experiencias*. Ed. McGraw- Hill, Madrid, 1360 pp.
- Viegas D.X., Viegas T.P., Ferreira, A.D. 1991. Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in Central Portugal. *The International Journal of Wildland Fire*, 2: 69-85.