

## آتش‌سوزی جنگل‌های ایران، پیامدها، روش‌های مقابله و راهکارها

سعیده اسکندری<sup>۱\*</sup>

[saeede.scandari@yahoo.com](mailto:saeede.scandari@yahoo.com)

سمانه اسکندری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۱/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۱۴

### چکیده

طی سال‌های اخیر آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران بخش وسیعی از این اکوسیستم‌های ارزشمند را نابود کرده است. با توجه به این‌که ایران جزء کشورهای کم‌جنگل جهان محسوب می‌شود، بررسی پیامدهای آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران و شناخت روش‌های مقابله با آنها به‌منظور ارائه راهکاری برای کاهش این آتش‌سوزی‌ها ضروری است. آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران علاوه بر خسارت‌های اقتصادی و آلودگی‌های محیط زیستی، در از بین بردن گونه‌های گیاهی و جانوری منحصربه‌فرد این جنگل‌ها، کاهش تنوع زیستی و کاهش ارزش کیفی گونه‌های گیاهی صنعتی نیز تأثیر مهمی داشته است. به‌علاوه آتش‌سوزی‌های اخیر در جنگل‌های ایران باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز شده است که خود نقش مهمی در گرمایش این اکوسیستم‌ها و افزایش وقوع آتش‌سوزی‌های متعاقب در این جنگل‌ها داشته است. وجود این پیش‌زمینه به‌همراه آتش‌سوزی‌های عمدی و غیرعمدی انسانی در این اکوسیستم‌ها، وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های ایران را دوجندان کرده است، بنابراین طراحی و توسعه روش‌های مقابله مؤثر با این آتش‌سوزی‌ها به‌صورت پیش‌گیرانه و عملیاتی ضروری به‌نظر می‌رسد. در این زمینه روش‌های متعددی از مدل‌سازی خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی با استفاده از فناوری‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه یافته‌اند که نقش مؤثری در پیش‌بینی و پیش‌گیری از این حریق‌ها دارند.

**کلمات کلیدی:** پیش‌بینی آتش‌سوزی، جنگل‌های ایران، عوامل انسان‌ساخت، عوامل طبیعی.

۱- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲- دانش‌آموخته دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

## Fire of Iranian Forests, Consequences, Opposition Methods and Solutions

Saeedeh Eskandari <sup>1\*</sup>

[saeede.scandari@yahoo.com](mailto:saeede.scandari@yahoo.com)

Samaneh Eskandari<sup>2</sup>

### Abstract

Fire in the forests of Iran has destructed a large part of these valuable ecosystems in the recent years. Iran is one of the low-forest cover countries in the world. Therefore, investigation of fire consequences in the forests of Iran and recognition of opposition methods to fire in these forests is essential to present a solution to decrease these fires. Fire in the forests of Iran has had an important effect in destruction of unique flora and fauna, decrease of biodiversity and decrease of qualitative value of industrial plant species in addition to the economic damages and environmental pollutions. Furthermore, the recent fires in the forests of Iran have also increased the greenhouse gas emissions which it has an important role in the warming of these ecosystems and increasing of subsequent fires occurrence in these forests. This pre-background along with human-caused intentional and non-intentional fires in these ecosystems has increased the continuous fires occurrence in the forests of Iran. Thus, development and designing of the effective opposition methods to these fires as preventing and operating methods is essential. Many different methods of fire occurrence and spread modeling have been developed using RS and GIS technologies which seems these methods have the effective role in predicting and preventing of these fires of forests.

**Keywords:** Fire Prediction, Forests of Iran, Anthropogenic Factors, Natural Factors

---

1 - Assistant Professor, Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, \*(Corresponding Author)

2 - Ph.D. Student, Soil Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

**مقدمه**

آتش‌سوزی یکی از عوامل اصلی تخریب جنگل‌های جهان محسوب می‌شود که سالانه صدها هزار هکتار از پوشش گیاهی این اکوسیستم‌های ارزشمند شامل درختان، درختچه‌ها و گیاهان علفی را نابود می‌کند (۱، ۲). تغییرات اخیر در شرایط اجتماعی و اقلیمی، به‌طور قابل توجهی رژیم‌های آتش‌سوزی جنگل‌های جهان را تحت تأثیر قرار داده است؛ به‌طوری‌که آتش‌سوزی‌های اخیر، تخریب بیشتری از حالت معمول به بار می‌آورند (۲). نقش انسان در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی نیز تأثیر بسیار مهمی در تغییر رژیم‌های آتش‌سوزی به خصوص از نظر تعداد حریق در جنگل‌های جهان و ایران داشته است (۳، ۴، ۵). این در حالی است که وسعت آتش‌سوزی‌ها بیشتر تحت تأثیر شرایط مساعد طبیعی برای بقای آتش (پوشش گیاهی و اقلیم) بوده است (۶). جنگل‌های ایران نیز از این امر مستثنی نبوده‌اند و در سال‌های اخیر با وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر و شدید، بخش وسیعی از آنها نابود شده است. به طوری‌که آتش‌سوزی یکی از عوامل اصلی تخریب جنگل‌های ایران در سال‌های اخیر محسوب می‌شود (۷، ۸).

با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های ایران در سال‌های اخیر، مطالعات مختلفی درخصوص ارائه راهکارهای لازم و پیش‌بینی خطر وقوع آتش‌سوزی در این اکوسیستم‌ها انجام شده است. روش‌ها و مدل‌های مورد استفاده در این تحقیقات دامنه وسیعی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی (۹، ۱۰)، مدل دانگ (۱۱) و تحلیل سلسله مراتبی فازی (۱۲، ۱۳) را در بر گرفته‌اند. مسأله مهم در این میان به‌کارگیری این روش‌ها و پژوهش‌ها در بخش اجرا و استفاده از آنها به‌عنوان سیستم حامی تصمیم‌گیری برای کاهش وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران است که متأسفانه کمتر به آن توجه شده است.

دلایل متعددی برای مطالعه پدیده آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران، پیامدها و آثار زیان‌بار این آتش‌سوزی‌ها، روش‌های مقابله

با آنها و ارائه راهکارهای لازم برای پیش‌بینی و پیشگیری آتش‌سوزی‌های آینده در این جنگل‌ها وجود دارد که صرف نظر از ذکر تمام این دلایل، تأثیرات محیط زیستی و تخریب منابع طبیعی، از بین رفتن جنگل‌ها و گونه‌های گیاهی و جانوری آنها و خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی، دارای اهمیت زیادی است. با وجود پژوهش‌های متعدد انجام‌شده درخصوص آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران، تا به حال مطالعه‌ای که آتش‌سوزی‌های جنگل‌های ایران را از نظر پیامدها و راهکارهای مقابله با آنها با دید جامعی بررسی کند، انجام نشده است، بنابراین در بررسی پیش‌رو با بررسی مختصر آمار آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران در سال‌های اخیر، به بررسی پیامدهای این آتش‌سوزی‌ها و برخی راهکارهای مقابله با آنها پرداخته شده است.

**روش بررسی**

مطالعه پیش‌رو به‌منظور بررسی آتش‌سوزی‌های جنگل‌های ایران، علت‌ها و پیامدهای آنها، روش‌های مقابله با این آتش‌سوزی‌ها و راهکارهای پیشگیری از این حریق‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی پیشین انجام شده است. بدین‌منظور ابتدا آمار آتش‌سوزی‌های جنگل‌های ایران با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای بررسی شد. سپس علت آتش‌سوزی‌های اخیر در جنگل‌های ایران شامل علل طبیعی و انسانی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در ادامه، پیامدهای آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران شامل خسارت‌های اقتصادی، محیط زیستی و آسیب به محیط این جنگل‌ها از طریق مطالعات کتابخانه‌ای بررسی شد. در پایان، روش‌های مؤثر مقابله با آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران از طریق فناوری‌های پیشرفته و تکنولوژی‌های سنسجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. درنهایت، با توجه به قابلیت این فناوری‌ها در پیش‌بینی و پیشگیری از آتش‌سوزی جنگل‌های ایران، راهکارهایی در جهت جلوگیری از وقوع آتش‌سوزی‌های آینده در این جنگل‌ها ارائه شد.

## نتایج

## آتش‌سوزی جنگل‌های ایران

کشور ایران از جمله کشورهای سانحه‌خیز دنیا است که پدیده آتش‌سوزی جنگل، یکی از مهمترین بحران‌های آن محسوب می‌شود. آتش‌سوزی سالانه موجب نابودی بیشتر از ۶۰۰۰ هکتار از اراضی جنگلی ایران می‌شود و بیشتر از ۲۴۰ میلیارد ریال خسارت اقتصادی به بار می‌آورد (۱۴). براساس آمار سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ میلادی، سالانه به‌طور متوسط ۶۵۰۰ هکتار از جنگل‌های ایران در اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند که این آتش‌سوزی‌ها در ارتباط با عوامل انسانی و اقلیمی بوده‌اند (۱۵). آتش‌سوزی یکی از خطرات جدی در مناطق جنگلی و

مرتعی شمال ایران (۱۲، ۱۳، ۱۶) و همچنین غرب ایران (۹، ۱۰) محسوب می‌شود. آمارها نیز نشان‌گر میزان خسارات به بارآمده از این پدیده مخرب به‌خصوص در شمال کشور هستند، به‌طوری‌که تنها در سال ۱۳۸۹، ۲۱۸ فقره آتش‌سوزی در حوضه اداره کل منابع طبیعی استان مازندران اتفاق افتاده است و تنها در همین سال چندین هکتار از جنگل‌ها و مراتع شمال ایران بر اثر آتش‌سوزی از بین رفته‌اند (۷) (شکل ۱). همچنین در استان گلستان در فاصله سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۹ حدود ۱۶۸۸ فقره آتش‌سوزی اتفاق افتاده است که در نتیجه آن حدود ۱۴۱۴۵ هکتار از جنگل‌های این استان از بین رفته‌اند (۸).



شکل ۱- آتش‌سوزی‌های جنگل‌های نکا-مازندران

## علت آتش‌سوزی‌های جنگل‌های ایران

به‌طور کلی عوامل مختلف مؤثر در وقوع و گسترش آتش‌سوزی جنگل شامل عوامل طبیعی و انسانی است (۱۶، ۱۷) که دارای درجه اهمیت متفاوت هستند. برخی از این عوامل فقط در وقوع

آتش‌سوزی و برخی دیگر علاوه بر وقوع، در گسترش آتش-سوزی جنگل‌ها نیز تأثیر دارند. در ایران، این عوامل با توجه به ویژگی‌های مناطق رویشی مختلف از نظر پوشش گیاهی، اقلیم،

مستقیم سرعت گسترش آتش و جهت آن، جهت گسترش آتش را تعیین می‌کند (۲۴، ۲۵، ۲۶).

و تکرار در یک جنگل، سبب تغییر ارزش کیفی گونه‌ها می‌شود و همچنین باعث استقرار گونه‌های نامرغوب و غیرتجاری که فاقد ارزش اقتصادی هستند، می‌شود (۳۱). آتش ساختار و ترکیب جنگل‌ها را دگرگون می‌کند و اثرات منفی بر خدمات جنگل و کالاهای جنگلی وابسته می‌گذارد (۳۲). کاهش یا نابودی ارزش تجاری درختان جنگلی، از بین بردن نهال‌های موجود، آسیب به نیروی مولد جنگل، کاهش تنوع زیستی و ارزش حفاظتی جنگل، صدمه به خاک جنگل و فرسایش آن، آسیب به ارزش تفریحی و منظر جنگل، کاهش گیاهان با ارزش علوفه‌ای، آسیب به جانوران جنگل و املاک و حیات انسانی از جمله خسارت‌های ناشی از آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران هستند (۳۳) (شکل ۲).

از پیامدهای زیان‌بار دیگر آتش‌سوزی چه در جنگل‌های جهان و چه در جنگل‌های ایران، تأثیر آن در گرمایش جهانی (Global warming) و تولید گازهای گلخانه‌ای است، بنابراین آتش‌سوزی‌های جنگلی دارای اثرات جهانی نیز هستند و نقش مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند (۳۴). با توجه به این‌که در حالت کلی درختان با جذب دی‌اکسیدکربن، آن را ذخیره می‌کنند، در اثر سوختن آنها، دی‌اکسیدکربن آزاد می‌شود، بنابراین در سال‌های اخیر، آتش‌سوزی جنگل‌ها به‌عنوان یکی از دلایل افزایش میزان دی‌اکسیدکربن اتمسفر و در نتیجه گرم شدن زمین مطرح شده است. مطالعات اخیر برآورد کرده‌اند که میزان دی‌اکسیدکربن آزاد شده از طریق سوختن زی‌توده، حدود نصف مقداری است که از سوختن سوخت‌های فسیلی آزاد می‌شود (۳۵، ۳۶). به‌علاوه در آتش‌سوزی جنگل‌ها، در برابر ۱۰۰ واحد دی‌اکسیدکربن آزاد شده، یک واحد متان نیز رها می‌شود که به‌نوبه خود در گرم شدن زمین نقش به‌سزایی دارد.

توپوگرافی، تراکم روستاهای داخل جنگل و جمعیت جنگل‌نشینان متفاوت هستند، اما به‌طور کلی این عوامل در ایران نیز در دو دسته قابل تفکیک هستند که در ادامه به آنها پرداخته شده است.

### عوامل طبیعی

پوشش گیاهی از مهمترین عوامل طبیعی مؤثر در آتش‌سوزی جنگل‌ها محسوب می‌شود که از نظر نوع گونه، تراکم، میزان رطوبت و سن در وقوع و گسترش آتش‌سوزی تأثیر دارد (۱۸). در ایران، نقش پوشش گیاهی در وقوع آتش‌سوزی بیشتر از نظر نوع و تراکم (۱۹) و میزان رطوبت گونه‌ها و به‌خصوص میزان تراکم و رطوبت لاشبرگ قابل توجه است (۲۰). توپوگرافی (شیب، جهت شیب و ارتفاع) عامل مهم دیگر در وقوع و گسترش آتش‌سوزی جنگل‌های ایران است؛ با توجه به توپوگرافی بسیار متغیر و کوهستانی بودن جنگل‌های ایران به ویژه در شمال کشور، این عامل نقش مهمی در وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران دارد. به‌طوری‌که احتمال وقوع و گسترش آتش‌سوزی در مناطق پرشیب، جهت‌های جنوبی و غربی و ارتفاعات پایین این جنگل‌ها بسیار بیشتر است (۲۰). عامل خاک نیز می‌تواند از نظر بافت (میزان شن، سیلت و رس) و میزان رطوبت در وقوع آتش‌سوزی جنگل‌ها تأثیر داشته باشد. البته وزن این عامل در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگل‌های شمال ایران بسیار ناچیز بوده است (۱۲). یکی دیگر از عوامل مؤثر در وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران، عوامل آب و هوایی است (۲۱) که از نظر افزایش درجه‌حرارت، کاهش بارندگی و کاهش رطوبت نسبی در وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران مؤثر بوده است (۶، ۲۲). شدت باد اگرچه از نظر کارشناسی عامل مهمی در وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی بوده است (۲۳)، اما تاکنون رابطه معنی‌داری از این عامل با وقوع آتش‌سوزی‌های جنگل‌های ایران گزارش نشده است. درحالی‌که جهت باد مهمترین عامل در گسترش و تکامل آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران است، به‌طوری‌که شدت آن به‌طور





شکل ۲- آسیب‌ها و خسارت‌های آتش‌سوزی در بخشی از جنگل‌های نکا-مازندران

## مقابله با آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران

به دلیل وقوع روزافزون پدیده آتش‌سوزی و خسارت‌های ناشی از آن در جنگل‌ها و مراتع، راهکارهای مؤثر مقابله با آن ضروری است. راهکارهای مقابله با حریق به دو دسته فعالیت‌های پیشگیرانه (قبل از وقوع حریق) و عملیاتی (در زمان وقوع حریق) تقسیم می‌شوند (۳۷). اهمیت فعالیت‌های پیشگیرانه در جنگل‌های ایران به این دلیل است که در هنگام وقوع آتش‌سوزی در این جنگل‌ها، پیش‌بینی پیشروی آتش به دلیل زمان‌بر بودن جمع‌آوری داده‌های موردنیاز مشکل است، درحالی که قبل از وقوع آتش‌سوزی با استفاده از پایگاه داده‌ها در سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌توان در مورد مناطقی که بیشترین خطر وقوع آتش‌سوزی را دارند، اقدامات پیش‌گیرانه و اطلاع‌رسانی‌های لازم را انجام داد. پایگاه داده‌های مکانی متشکل از عوامل تأثیرگذار در وقوع آتش‌سوزی جنگل‌های ایران و مشخصات محیطی این جنگل‌ها در مناطق مختلف، ابزار ارزشمندی در این زمینه محسوب می‌شود که متأسفانه نبود آن در جنگل‌های ایران به منظور مدیریت جامع حریق، به طور کامل محسوس است. با این حال اقدامات پیش‌گیرانه از وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران به طور عمده می‌توانند شامل طراحی و احداث آتش‌برها و برج‌های دیده‌بانی در مناطق پرخطر و به طور کلی مراقبت‌های بیشتر در مناطق بحرانی باشند. سیاست پیش‌گیرانه دیگر در این زمینه، تلفیق اطلاعات فاکتورهای مؤثر در وقوع حریق و تهیه نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی است تا با استفاده از آن بتوان در راستای توزیع مناسب امکانات و هدایت نیروهای اطفای حریق به مناطق پرخطر در جنگل‌های ایران اقدام کرد (۱۲، ۲۳).

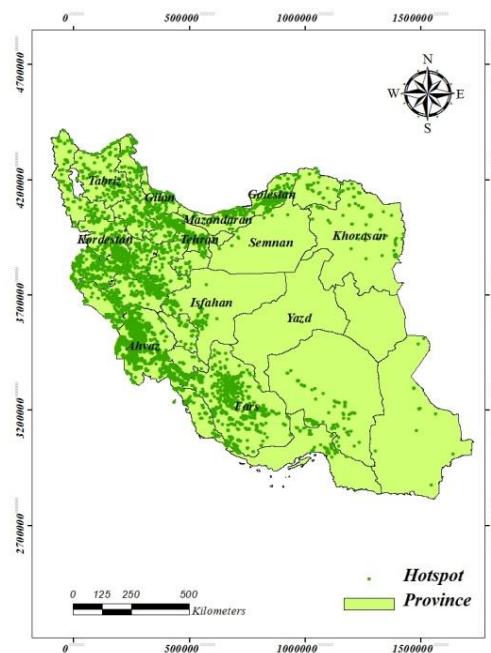
در صورت وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها، فعالیت‌های عملیاتی مقابله با حریق اهمیت پیدا می‌کنند. در این راستا، روش‌های شناسایی به‌موقع آتش‌سوزی در این جنگل‌ها با استفاده از

تصاویر ماهواره‌ای مناسب و همچنین روش‌های پیش‌بینی گسترش آتش‌سوزی می‌توانند به‌عنوان سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای انتخاب بهترین روش اطفاء و جلوگیری از پیش‌روی حریق کاربردی باشند. متأسفانه در جنگل‌های ایران، در اغلب موارد، آتش‌سوزی زمانی شناسایی می‌شود که مهار آن نیاز به صرف هزینه و زمان زیادی دارد. از آنجایی که آثار سوء آتش‌سوزی در این جنگل‌ها قابل توجه است و ترمیم و بازسازی منابع در آنها بسیار زمان‌بر و مشکل است، ضروری است که تلاش‌های گسترده‌ای برای شناسایی به‌موقع آتش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مناسب انجام گیرد (۳۸). چنانچه آتش‌سوزی در ساعات اولیه شروع، شناسایی و مهار شود، می‌توان از نابودی بسیاری از جنگل‌ها و منابع طبیعی جلوگیری کرد. از این‌رو شناسایی آتش در ساعات اولیه شروع آن حیاتی است (۳۹). در این زمینه، طی سال‌های اخیر تصاویر ماهواره‌ای Moderate Resolution Imaging (MODIS) Spectroradiometer) ابزار ارزشمندی برای شناسایی آتش‌سوزی‌های در حال وقوع (فعال) بوده‌اند. از آنجایی که محصول آتش‌سنجنده MODIS در مقیاس جهانی تهیه شده است، می‌توان با دسترسی به این تصاویر، مناطق آتش‌سوزی‌های فعال در جنگل‌های ایران را شناسایی کرد (شکل ۳). چنانچه تاکنون تصاویر این سنجنده به‌طور مطلوبی به‌منظور شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال در جنگل‌های ایران به کار گرفته شده‌اند و ارزیابی صحت آنها، نشان‌دهنده قابلیت این تصاویر در شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال در این جنگل‌ها بوده است (۳۸، ۳۹، ۴۰). با این حال به دلیل این‌که گاهی هشدار اشتباهی از محصول آتش‌سنجننده MODIS به دلیل وجود حرارت زیاد چاه‌های نفت در جنوب کشور مشاهده شده است، برخی پژوهشگران تنها به استفاده از محصول آتش‌سنجننده در پوشش‌های جنگلی و مرتعی تأکید کرده‌اند (۴۱).

وجود داده‌های زمان‌مند گسترش آتش‌سوزی به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های گسترش آتش‌سوزی بسیار ضروری است. زیرا تنها مدل‌های گسترش آتش‌سوزی اعتبارسنجی شده می‌توانند در مدیریت آتش‌سوزی در زمان حریق و نحوه اجرای عملیات اطفای حریق در این جنگل‌ها مؤثر باشند.

### راهکارها

محدود بودن سطح جنگل‌های ارزشمند ایران از یک طرف و نابودی هر ساله این سطح محدود با آتش‌سوزی‌های مکرر از طرف دیگر، نشان از اهمیت ارائه راهکارهای مدیریت، نظارت و در نتیجه کاهش خسارت آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران دارد، بنابراین در صورت ارائه راهکارهای فنی مناسب و پیش‌بینی‌های لازم در وقوع و گسترش آتش‌سوزی، امکان جلوگیری از آن دست‌یافتنی به‌نظر می‌رسد. اگرچه کنترل آتش‌سوزی در شرایط ویژه اقلیمی و توپوگرافی جنگل‌های ایران بسیار مشکل است، اما حتی‌الامکان می‌توان با نقشه‌برداری از مناطق خطر وقوع آتش‌سوزی با تکنولوژی‌های مکانی، تعداد وقوع آتش‌سوزی و خسارت‌های ناشی از آن را در این جنگل‌ها به حداقل رساند (۱۶). یکی از راهکارهای کنترل آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران، شناسایی مناطق بحرانی آتش‌سوزی در این جنگل‌ها است. زیرا عدم شناخت کافی از این مناطق، باعث وقوع و گسترش آتش‌سوزی در این جنگل‌ها، تأخیر در مهار آن و آسیب‌های جبران‌ناپذیر به حیات جانوران و گیاهان آنها خواهد شد. از این‌رو تهیه نقشه پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی (مناطق بحرانی آتش‌سوزی) به‌عنوان هدفی بلندمدت، نقش به‌سزایی در جلوگیری از تخریب جنگل‌های ایران خواهد داشت (۴۱). تهیه این نقشه‌های مکان‌پایه به‌تفکیک مناطق رویشی و در سطح ملی کمک شایانی به پیش‌گیری از وقوع آتش‌سوزی‌های احتمالی در جنگل‌های ایران می‌کند، زیرا این نقشه‌ها به‌عنوان ابزاری ارزشمند، از نظر هشدار در مورد مناطق خطر و انجام مراقبت‌های ویژه در مناطق بحرانی، بسیار کاربردی هستند. اگرچه تهیه این نقشه‌ها و شناسایی نقاط حساس به حریق، از وقوع کلیه آتش‌سوزی‌ها در جنگل‌های ایران جلوگیری نخواهد کرد، زیرا به هر حال وقوع آتش‌سوزی



شکل ۳- مناطق وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران در دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۳ با استفاده از محصول آتش‌سنجنده MODIS (۴۱)

از طرف دیگر در زمان وقوع آتش‌سوزی‌های جنگلی، به‌دلیل کمبود زمان، لزوم تصمیم‌گیری به‌موقع و واکنش سریع مدیران جنگل، روش‌های معتبر پیش‌بینی گسترش آتش‌سوزی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. بدین‌منظور دانشمندان از ابزارهای کامپیوتری براساس مطالعات میدانی، برای درک بهتر رفتار آتش‌سوزی‌های جنگلی استفاده می‌کنند (۴۲). اجرای سیستم واکنش سریع به وقوع آتش‌سوزی، براساس تعداد زیادی پردازش به‌موقع و قابلیت دستیابی به داده‌های ثابت و همچنین داده‌های متغیر امکان‌پذیر است (۴۳). بنابراین لازمه استفاده از چنین سیستمی، دستیابی به پایگاه داده‌های مشخصات محیطی جنگل در سیستم اطلاعات مکانی است. متأسفانه عدم وجود پایگاه داده‌های مکانی برای جنگل‌های ایران در سطح ملی از چالش‌های پیش‌رو است که استفاده از چنین سیستمی را برای پیش‌بینی گسترش آتش‌سوزی در این جنگل‌ها مشکل می‌کند. به‌علاوه پایگاه داده‌های زمان‌مند آتش‌سوزی‌های به‌وقوع‌پیوسته در جنگل‌های ایران که شامل گسترش آتش در هر لحظه از زمان انتشار آن باشد، تهیه نشده است؛ درحالی‌که



در ایران در سطح محلی توسعه یافته است (۲۴) که توسعه آن در سطح ملی به‌عنوان راهکاری مفید در پیش‌بینی گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران بسیار ارزشمند خواهد بود.

### بحث و نتیجه‌گیری

#### نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی یکی از مهمترین عوامل مخرب بوم‌سازگان‌های جنگلی است که خسارات جبران‌ناپذیری به‌بار می‌آورد (۴۴). براساس آمارهای منتشرشده از طرف سازمان جنگلها و مراتع کشور، سالانه صدها مورد آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران رخ می‌دهد. آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران علاوه‌بر خسارت‌های اقتصادی و اجتماعی و آلودگی‌های محیط زیستی، در از بین بردن گونه‌های گیاهی و جانوری منحصربه‌فرد این جنگل‌ها، کاهش تنوع زیستی و کاهش ارزش کیفی گونه‌های گیاهی صنعتی نیز نقش مهمی داشته است. با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های ایران و خسارت‌های ناشی از آنها طی سال‌های اخیر، بررسی پیامدها و انجام پژوهش‌های جدید برای کنترل و مهار آنها بسیار ضروری است تا حتی‌الامکان از وقوع و گسترش آتش‌سوزی‌های مکرر جلوگیری شود و با ارائه راهکارهای مدیریتی صحیح، زمینه‌های کنترل و مهار این آتش‌سوزی‌ها فراهم شود (۱). تاکنون تحقیقات متعددی به منظور پیش‌گیری، شناسایی و مقابله با آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران در سطح منطقه‌ای انجام شده است؛ درحالی‌که توسعه مدل‌های پیش‌بینی خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در سطح ملی به‌عنوان راهکاری مفید برای پیش‌بینی وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران بسیار ارزشمندتر و کاربردی‌تر خواهد بود. این مدل‌ها طی سال‌های اخیر توسط برخی از پژوهشگران در سطح ملی توسعه یافته‌اند (۴۱) که انجام تحقیقات تکمیلی در این زمینه بسیار ضروری است.

تحقیقات بسیاری که در خصوص آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که این جنگل‌ها پتانسیل زیادی برای وقوع آتش‌سوزی دارند و در معرض آتش‌سوزی‌های آینده خواهند بود (۹، ۱۲، ۱۳)، بنابراین اقدامات

در این جنگل‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است، اما حتی‌الامکان می‌توان با ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب، وقوع آنها را کاهش داد و آنها را راحت‌تر کنترل کرد. به‌طور معمول برای تهیه نقشه مناطق بحرانی آتش‌سوزی (پتانسیل خطر وقوع آتش‌سوزی) از عامل‌های مختلفی که در وقوع آتش‌سوزی تأثیر دارند، استفاده می‌شود. در ایران با توجه به مناطق رویشی مختلف (جنگل‌های هیرکانی، ارسباران، زاگرس و غیره)، معیارهای تأثیرگذار بر حسب شرایط محیطی منطقه جنگلی متفاوت هستند (۴۴). شناسایی این عوامل، انتخاب مؤثرترین آنها بر حسب مناطق رویشی مختلف ایران و استفاده از روشی مطلوب برای اعمال وزن (اهمیت) آنها در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی، در ارائه بهترین مدل خطر وقوع آتش‌سوزی در این جنگل‌ها، اهمیت به‌سزایی دارد (۲۰).

مسئله دیگر در کنترل به‌موقع و اطفای حریق‌های متعدد جنگل‌های ایران، عدم اطلاع از چگونگی پیش‌روی و گسترش آتش پس از وقوع است. این امر یکی از عوامل اصلی تأخیر در حضور به‌موقع نیروهای اطفای حریق در محل وقوع و جلوگیری از پیش‌روی بیشتر آتش در این جنگل‌ها است که سبب می‌شود گروه‌های اطفای حریق قادر به جهت‌گیری مناسب برای مقابله با آن نباشند (۷، ۸). در این زمینه، مدل‌سازی گسترش آتش-سوزی در این جنگل‌ها، راهکاری مهم و ابزاری کارآمد برای پیش‌بینی حرکت و گسترش آن است که امکان تعیین پیش‌روی آتش‌سوزی پس از وقوع آن را می‌دهد. بنابراین مدل‌سازی گسترش آتش‌سوزی، به پیش‌بینی جهت گسترش آتش‌سوزی در این جنگل‌ها کمک شایانی می‌کند. یکی از ابزارهای کارآمد در این زمینه، استفاده از الگویی است که قادر به اطلاع‌رسانی به‌موقع در مورد پیش‌روی حریق در جنگل‌های ایران، مطابق با شرایط توپوگرافی، پوشش گیاهی و اقلیمی باشد (۲۴). این الگو شامل عملیاتی است که امکان پیش‌بینی جهت و گسترش آتش‌سوزی در هنگام وقوع آن را می‌دهد و در واقع، فرآیند خودکاری است که قادر به اطلاع‌رسانی در مورد گسترش آتش-سوزی براساس معیارهای اقلیمی، توپوگرافی و محیط زیستی است (۳۷، ۴۲). چنین الگویی در بخشی از جنگل‌های شمال

واحدهای مدیریت بحران که دارای امکانات کامل اطفای حریق مانند هلی کوپتر و مواد ضد حریق باشند، بسیار ضروری است.

#### منابع

- ۱- کاظمی، س. م.، ۱۳۸۴. آتش و اکوسیستم‌های جنگلی. ماهنامه دام و کشت و صنعت، ۷۰: ۴۶-۵۶.
- 2- Roman, M.V., Azqueta, D. and Rodrigues, M., 2013. Methodological approach to assess the socio-economic vulnerability to wildfires in Spain. *Forest Ecology and Management*, 294: 158-165.
- 3- Flannigan, M.D., Stock, B.J. and Wotton, B.M., 2000. Climate change and forest fires. *The Science of the Total Environment*, 262: 221-229.
- 4- Martinez, J., Vega-Garcia, C. and Chuvieco, E., 2009. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90: 1241-1252.
- 5- Eskandari, S., Oladi, J., Jalilvand, H. and Saradjian, M.R., 2013a. Role of human factors on fire occurrence in District Three of Neka Zalemroud forests- Iran. *World Applied Sciences Journal*, 27(9): 1146-1150.
- ۶- اسکندری، س.، ۱۳۹۴. رابطه بین تغییر اقلیم و آتش‌سوزی در جنگل‌های استان گلستان. تحقیقات حمایت و حفاظت از جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱۳(۱): ۱-۱۰.
- ۷- اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ۱۳۹۰. آمار و اطلاعات آتش‌سوزی در استان مازندران. یگان حفاظت اداره کل منابع طبیعی استان مازندران، ساری، ۱۲۰ صفحه.
- ۸- اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، ۱۳۹۰. آمار و اطلاعات آتش‌سوزی در استان گلستان. یگان

پیش‌گیری‌کننده از وقوع آتش‌سوزی‌های آینده در این جنگل‌ها ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به اعتبار زیاد برخی از مدل‌های خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی معرفی‌شده در این تحقیقات، پیش‌بینی وقوع و گسترش آتش‌سوزی‌های آینده در جنگل‌های ایران با استفاده از نقشه‌های پتانسیل تهیه‌شده تا حدی امکان‌پذیر خواهد بود. بدین ترتیب که همان‌طور که در گذشته بیشتر آتش‌سوزی‌ها در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی (در نقشه‌های پتانسیل تهیه‌شده) به وقوع پیوسته‌اند، در آینده نیز به احتمال زیاد، آتش‌سوزی‌ها در مناطق با خطر زیاد، اتفاق خواهند افتاد، بنابراین اقدامات مدیران جنگل برای پیش‌گیری و کنترل آتش‌سوزی‌های آینده (مانند ایجاد برج‌های دیده‌بانی و استقرار یگان حفاظت در مناطق پرخطر و همچنین احداث آتش‌بر در محل‌های مناسب) در مناطق با خطر زیاد آتش‌سوزی باید با حساسیت بیشتری انجام گیرد.

#### پیشنهادها

با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در جنگل‌های ایران، تهیه پایگاه داده‌های مکانی متشکل از عوامل تأثیرگذار در وقوع و گسترش آتش‌سوزی در این جنگل‌ها در سطح ملی به‌منظور توسعه مدل‌های خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی بسیار ضروری است. همچنین تهیه پایگاه داده‌های متشکل از حریق‌های به وقوع پیوسته در جنگل‌های ایران (شامل زمان، مکان، نوع و مدت آتش‌سوزی، عوامل ایجاد حریق، درصد خسارت و غیره) برای اعتبارسنجی مدل‌های خطر وقوع آتش‌سوزی و همچنین تهیه پایگاه داده‌های زمان‌مند آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران (که شامل گسترش آتش در هر لحظه از زمان انتشار آن باشد)، به‌منظور اعتبارسنجی مدل‌های گسترش آتش‌سوزی بسیار کاربردی است. به‌علاوه پیشنهاد می‌شود که روش‌ها و مدل‌های معتبر پیش‌بینی خطر وقوع و گسترش آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران در بخش اجرا نیز به‌کار گرفته شوند. در پایان با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های مکرر در این جنگل‌ها و امکانات محدود اطفای حریق در آنها، ایجاد

- 15- FAO, 2007. State of the World's Forests. Published by Food and Agriculture Organization of the UN, Rome, 67p.
- 16- Adab, H., Kanniah, K.D. and Solaimani, K., 2013. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Natural Hazards*, 65: 1723-1743.
- 17- Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J. and Matsinos, I., 2009. Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural Hazards*, 50(1): 125-143.
- 18- Sowmya, S.V. and Somashekar, R.K., 2010. Application of remote sensing and geographical information system in mapping forest fire risk zone at Bhadra wildlife sanctuary, India. *Journal of Environmental Biology*, 31(6): 969-974.
- ۱۹- بیرانوند، ع.، بابایی کفای، س. و کیادلیری، ه.، ۱۳۹۰. بررسی تأثیر عوامل اکولوژیک بر توسعه آتش‌سوزی در اکوسیستم‌های جنگلی (مطالعه موردی: کاکارضا-لرستان). تحقیقات منابع طبیعی تجدید شونده، ۲(۲): ۱-۱۳.
- 20- Eskandari, S. and Miesel, J.R., 2017. Comparison of the fuzzy AHP method, the spatial correlation method, and the Dong model to predict the fire high-risk areas in Hyrcanian forests of Iran. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8: 1-17.
- ۲۱- عالی‌محمودی سراب، س.، فقهی، ج. و جباریان امیری، ب.، ۱۳۹۱. پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه زاگرس شهرستان ایذه). اکولوژی کاربردی، ۱(۲): ۷۵-۸۵.
- حفاظت اداره کل منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ۱۳۵ صفحه.
- ۹- محمدی، ف.، شعبانیان، ن.، پورهاشمی، م. و فاتحی، پ.، ۱۳۸۹. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از AHP و GIS. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸(۴): ۵۶۹-۵۸۶.
- 10- Mahdavi, A., Fallah Shamsi, S.R. and Nazari, R., 2012. Forests and rangelands' wildfire risk zoning using GIS and AHP techniques. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 10(1): 43-52.
- 11- Eskandari, S., Oladi, J., Jalilvand, H. and Saradjian, M.R., 2013b. Detection of fire high-risk areas in Northern forests of Iran using Dong model. *World Applied Sciences Journal*, 27 (6): 770-773.
- ۱۲- اسکندری، س.، اولادی، ج.، جلیلود، ح. و سراجیان، م.ر.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های بخش سه نکا-ظالم‌رود با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۲): ۲۰۳-۲۱۷.
- ۱۳- زرع‌کار، ا.، کاظمی زمانی، ب.، قربانی، س.، عاشق‌معلا، م. و جعفری، ح.، ۱۳۹۲. تهیه نقشه‌ی پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوضه در استان گیلان). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۱(۲)، ۲۱۸-۲۳۰.
- ۱۴- سجادیان، م. و سجادیان، ن.، ۱۳۸۸. ارزیابی و کنترل بهینه آتش‌سوزی در منابع طبیعی (جنگل‌ها) با استفاده از تلفیق آنالیز مکانی spread computation و AHP در محیط GIS. دومین کنفرانس بین‌المللی سلامت، ایمنی و محیط زیست، تهران، ۸ صفحه.

- Ecology and Management, 261: 2188-2199.
- 30- Vadrevu, K.P., Eaturu, A. and Badarinath, K.V.S., 2010. Fire risk evaluation using multicriteria analysis, a case study. *Journal of Environment Monitoring Assessment*, 166(1): 223-239.
- 31- Podur, J., Martell, D.L. and Knight, K., 2002. Statistical quality control analysis of forest fire activity in Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 32: 195-205.
- 32- Encinas, L.H., White, S.H., del Rey, A.M. and Sanchez, G.R., 2007. Simulation of forest fire fronts using cellular automata. *Advances in Engineering Software*, 38: 372-378.
- ۳۳- جزیره‌ای، م. ح.، ۱۳۸۴. نگهداشت جنگل. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران، ۲۳۱ صفحه.
- 34- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martin, P., Vilar, L., Martinez, J., Martin, S., Ibarra, P., de la Riva, J., Baeza, J., Rodriguez, F., Molina, J.R., Herrera, M.A. and Zamora, R., 2010. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221: 46-58.
- 35- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C., Scott, A., Swetnam, T., Van der Werf, G. and Pyne, S.J., 2009. Fire in the Earth system. *Science*, 324: 481-484.
- ۲۲- اسکندری، س. و جلیلود، ح.، ۱۳۹۱. تغییر اقلیم و اثر آن بر روند دفعات و مساحت آتش‌سوزی عرصه‌های جنگلی شرق مازندران. مجموعه مقالات سومین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ساری، ۱۵ صفحه.
- 23- Eskandari, S., Oladi, J., Jalilvand, H. and Saradjian, M.R., 2015a. Prediction of future forest fires using the MCDM method. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(5): 2309-2314.
- 24- Eskandari, S., 2016. Application of a CA-based model to predict the fire front in Hyrcanian forests of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 1-12.
- 25- Patah, N.A., Mansor, S. and Mispan, M.R., 2000. An application of remote sensing and geographic information system for fire risk mapping. *Bulletin of Malaysian Center for Remote Sensing*, 54-67.
- ۲۶- حسینی، س. م.، ۱۳۹۰. جنگل‌داری مقدماتی. انتشارات دانشگاه مازندران، ساری، ۲۷۴ صفحه.
- 27- Stolle, F., Chomitz, K.M., Lambin, E.F. and Tomich, T.P., 2003. Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. *Forest Ecology and Management*, 179: 277-292.
- 28- FAO, 2006. Fire Management, Global Assessment. Published by Food and Agriculture Organization of the UN, Rome, 85p.
- 29- Zumbrunnen, T., Pezzatic, G.B., Menéndezd, P., Bugmann, H., Bürgia, M. and Conederac, M., 2011. Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland. *Forest*

- 40- Eskandari, S., Oladi, J., Jalilvand, H. and Saradjian, M.R., 2015b. Evaluation of the MODIS fire-detection product in Neka-Zalemroud fire-prone forests in Northern Iran. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(5): 2305-2308.
- 41- Eskandari, S. and Chuvieco, E., 2015. Fire danger assessment in Iran based on geospatial information. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42: 57-64.
- 42- Yassemi, S., Dragicevic, S. and Schmidt, M., 2007. Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behavior. *Ecological Modeling*, 201:71-84.
- 43- Vakalis, D., Sarimveis, H., Kiranoudis, C.T., Alexandridis, A. and Bafas, G.V., 2004. A GIS based operational system for wildland fire crisis management, I. *Mathematical modelling and simulation. Applied Mathematical Modelling*, 28 (4): 389-410.
- 44- Eskandari, S., Pourghasemi, H.R., Tiefenbacher, J.P., 2020. Relations of land cover, topography, and climate to fire occurrence in natural regions of Iran: Applying new data mining techniques for modeling and mapping fire danger. *Forest Ecology and Management*, 473: 118338.
- 36- Van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Giglio, L., Collatz, G., Mu, M., Kasibhatla, P.S., Morton, D.C., DeFries, R.S., Jin, Y. and van Leeuwen, T.T., 2010. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 11707-11735.
- 37- Alexandridis, A., Vakalis, D., Siettos, C.I. and Bafas, G.V., 2008. A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990. *Applied Mathematics and Computation*, 204: 191-201.
- ۳۸- پورشکوری الهده، ف.، درویش‌صفت، ع. ا.، صمدزادگان، ف. و سلیماری، ج.، ۱۳۹۰. بررسی امکان کشف آتش فعال به کمک تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی پارک ملی گلستان). مجموعه مقالات نخستین همایش بین‌المللی آتش-سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی، گرگان، ۱۱ صفحه.
- ۳۹- زهری، م.، رحیم‌زادگان، م.، طایفی فیجانی، م.، تقی-زاده، ن.، صابری، ن.، علی‌محمدی سراب، ع.، توکلی، ا. و اکبریان، م.، ۱۳۹۰. صحت‌سنجی محصولات آتش MODIS با استفاده از داده‌های زمینی (مطالعه موردی گلستان). مجموعه مقالات نخستین همایش بین‌المللی آتش‌سوزی در عرصه‌های منابع طبیعی، گرگان، ۹ صفحه.