پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۱۰، شماره ۳، صفحه ۳۹۳-۳۷۹، (۱۴۰۳)
DOI: https://doi.org/10.30466/jfrd.2024.55283.1720
DOR: https://dorl.net/dor/20.1001.1.24763551.1403.10.3.5.1

مقالۀ پژوهشی

درک اثرات تغییر اقلیم بر آتش‌سوزی جنگل‌های زاگرس شمالی ایران، شهرستان سردشت

هادی بیگی حیدرلو*[۱] و اسما کرامت میرشکارلو[۲]

۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (h.beygi@urmia.ac.ir)
۲- کارشناسی ارشد مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (karamat6776@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹

چکیده

مقدمه و هدف: آتش‌سوزی‌های جنگلی یک چالش زیست‌محیطی مهم در سطح جهان هستند، زیرا تغییرات آب‌وهوایی، فراوانی و شدت آنها را در بسیاری از بوم‌سازگان‌های جنگلی تشدید کرده است. در جنگل‌های زاگرس شمالی ایران، آب‌وهوای مدیترانه‌ای حاکم است که با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های به‌نسبت معتدل مشخص می‌شود و این جنگل‌ها را به‌ویژه در معرض آتش‌سوزی قرار می‌دهد. درک رابطه بین تغییرات آب‌وهوایی و آتش‌سوزی‌های جنگلی در این منطقه برای اطلاع‌رسانی راهبردهای مدیریت مؤثر و کاهش خطرات مرتبط ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی اثرات تغییر اقلیم بر آتش‌سوزی‌های جنگل‌های زاگرس شمالی ایران (شهرستان سردشت) با تمرکز بر تغییرات فراوانی و گستردگی آتش‌سوزی در یک دوره ۱۷ ساله از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای دستیابی به این هدف، ترکیبی از تجزیه‌وتحلیل‌های آماری، از جمله همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندگانه (MLR)، با استفاده از داده‌های آب‌وهوایی و سوابق تاریخی آتش‌سوزی مورد استفاده قرار گرفتند. در این پژوهش رابطه بین تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها و متغیرهای آب‌وهوایی مانند متوسط دمای سالانه، متوسط بارندگی سالانه و متوسط رطوبت نسبی سالانه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. از همبستگی پیرسون برای ارزیابی قدرت و جهت رابطه خطی بین این متغیرها استفاده شد؛ درحالی‌که از MLR برای پیش‌بینی تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها بر اساس این متغیرهای اقلیمی استفاده شد.

یافته‌ها: جنگل‌های سردشت از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ تعداد دفعات آتش‌سوزی بالایی را تجربه کردند که بیشترین وقوع آتش‌سوزی در ماه‌های مرداد، تیر، شهریور و خرداد رخ داده است. بیشترین سطح سوخته‌شده به اندازۀ ۲۱۱/۶۲ هکتار در سال ۱۴۰۲ هکتار و بیشترین دفعات وقوع آتش‌سوزی در سال ۱۴۰۰ ثبت شد. انتظار می‌رود این روند ادامه یابد. در این بررسی، بین تعداد آتش‌سوزی‌ها و مساحت سوخته در جنگل‌های سردشت و متوسط دمای سالانه رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده شد، اما بین

دیگر داده‌های اقلیمی و عوامل آتش‌سوزی رابطه معنی‌داری یافت نشد. نتایج تجزیه‌وتحلیل MLR قدرت پیش‌بینی دما و رطوبت را در تعیین سطح و فراوانی آتش‌سوزی‌ها نشان داد و اهمیت آنها را به‌عنوان محرک‌های فعالیت آتش‌سوزی در منطقه برجسته کرد.

نتیجه‌گیری کلی: در نتیجه، یافته‌های این پژوهش بر تهدید فزاینده آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس شمالی ایران که ناشی از تغییرات اقلیمی، به‌ویژه تغییرات دما و رطوبت است، تأکید می‌کند. افزایش مشاهده‌شده در فراوانی و وسعت آتش‌سوزی، نیاز فوری به اقدامات پیشگیرانه را برای کاهش خطرات آتش‌سوزی و افزایش انعطاف‌پذیری در بوم‌سازگان‌های مستعد آتش نشان می‌دهد. با ادغام بررسی‌های علمی با مشارکت ذی‌نفعان و اقدامات سیاستی، می‌توان راهبردهای مدیریت آتش‌سوزی مؤثری را توسعه داد که حفاظت از محیط زیست را با اولویت‌های اجتماعی–اقتصادی متعادل می‌کند و در نتیجه دوام درازمدت بوم‌سازگان‌های جنگلی و جوامع وابسته به آنها را تضمین می‌کند.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون خطی چندگانه، همبستگی پیرسون، فراوانی آتش‌سوزی، سطح سوخته‌شده.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۱۸۶۶۳۹۹

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آب‌وهوای جهانی دستخوش تغییرات بی‌سابقه‌ای شده است که با افزایش دما، تغییر الگوی بارش و افزایش فراوانی و شدت رویدادهای شدید آب‌وهوایی مشخص است (Myhre et al., 2019). در میان پیامدهای بی‌شمار تغییرات آب‌وهوایی، یکی از نگران‌کننده‌ترین آنها، تأثیر عمیق آن بر بوم‌سازگان‌های جنگلی، به‌ویژه در مورد بروز و رفتار آتش‌سوزی در جنگل‌ها است (Jones et al., 2022; Canadell et al., 2021). تعامل پیچیده بین تغییرات اقلیمی و آتش‌سوزی‌های جنگلی به‌دلیل پیامدهای گسترده‌ای که برای تنوع زیستی، خدمات بوم‌سازگان، سلامت انسان و رفاه اجتماعی – اقتصادی دارد، توجه زیادی از سوی دانشمندان، سیاست‌گذاران و عموم مردم را به خود جلب کرده است (Nitschke and Innes, 2007).

از نظر تاریخی، آتش‌سوزی‌های جنگلی جزء طبیعی بسیاری از بوم‌سازگان‌ها بوده و عملکردهای بوم‌شناسی ضروری مانند چرخه مواد مغذی، بازسازی و نگهداری زیستگاه را انجام می‌دهند (Pausas and Keeley, 2019). با این حال، تشدید تغییرات اقلیمی تعادل ظریف این بوم‌سازگان‌ها را بر هم زده است و منجر به موجی از آتش‌سوزی‌های جنگلی می‌شود که از نظر فراوانی، مدت و شدت فراتر از هنجارهای تاریخی است. از جنگل‌های شمالی کانادا گرفته تا جنگل‌های بارانی استوایی حوضه آمازون، هیچ گوشه‌ای از جهان دست‌نخورده باقی نمانده است. جنگل‌های زاگرس که گستره وسیعی را در سراسر غرب ایران در بر می‌گیرند، نه‌تنها گنجینه‌های بوم‌شناسی هستند، بلکه به‌عنوان حائل حیاتی در برابر فرسایش خاک، کم‌آبی و بیابان‌زایی عمل می‌کنند (Beygi Heidarlou et al., 2024). با این حال، سایه تغییرات اقلیمی بر روی این چشم‌انداز نیز ظاهر شده و موجب تشدید استرس‌های محیطی و افزایش خطر آتش‌سوزی‌های جنگلی تا سطوح بی‌سابقه‌ای شده است (Salehi et al., 2020; Aleemahmoodi Sarab et al., 2013).

پژوهش‌های متعددی تأثیر تغییر اقلیم را بر رژیم‌های آتش‌سوزی در سراسر جهان، با ارتباط خاص با بوم‌سازگان‌های معتدله و مدیترانه‌ای مانند جنگل‌های زاگرس، مستند کرده‌اند. افزایش دما، الگوهای بارندگی تغییر یافته و افزایش فراوانی رویدادهای شدید آب‌وهوایی به‌عنوان محرک‌های اولیه تغییرات در رفتار و وقوع آتش‌سوزی شناسایی شده‌اند (Bowman et al., 2009). به‌عنوان مثال، Aleemahmoodi Sarab et al. (2013) در پژوهشی از داده‌های اقلیمی تاریخی و سوابق آتش‌سوزی برای نشان دادن همبستگی معنادار بین ناهنجاری‌های دما و وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس شهرستان ایذه استفاده کردند. Abram et al. (2021) در بررسی فاجعه آتش‌سوزی جنگلی تابستان سیاه استرالیا در سال ۲۰۱۹ نشان دادند که ترکیبی از تغییرات بلندمدت آب‌وهوایی در این سال موجب ایجاد سوابق بی‌نظیر آتش‌سوزی در این کشور شد. تغییرات اقلیمی در پویایی پوشش گیاهی نقش مهمی در شکل‌دهی خطر آتش‌سوزی جنگل‌های زاگرس دارد (Farajzadeh Asl et al., 2018). تغییرات در ترکیب گونه‌ها، فنولوژی و تجمع زیست توده بر در دسترس بودن و اشتعال‌پذیری سوخت تأثیر می‌گذارد و در نهایت بر رفتار و گسترش آتش تأثیر می‌گذارد (Karamat Mirshekrlou et al., 2023; Elmore et al., 2005). پژوهش Farajzadeh et al. (2011) با استفاده از داده‌های سنجش از دور و بررسی‌های میدانی برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در جنگل‌های زاگرس و پیامدهای آن برای حساسیت به

آتش‌سوزی استفاده کرد و اهمیت ترکیب پویایی پوشش گیاهی در ارزیابی خطر آتش‌سوزی را برجسته کرد.

عوامل اقلیمی کلیدی مانند افزایش دما و تغییر الگوی بارش، پیامدهای عمیقی بر پویایی آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس دارند. افزایش دما باعث تسریع تبخیر و تعرق، خشک‌شدن پوشش گیاهی و ایجاد شرایط مساعد برای اشتعال و گسترش آتش می‌شود (Živanović et al., 2020). علاوه بر این، تغییرات در رژیم‌های بارش، که با دوره‌های خشکی طولانی‌تر همراه با رویدادهای بارندگی شدید مشخص می‌شود، خطر آتش‌سوزی را با تقویت تجمع زیست توده قابل اشتعال و ترویج رشد سریع پوشش گیاهی که متعاقباً در طول دوره‌های خشک‌سالی خشک می‌شود، تشدید می‌کند و سوخت کافی برای آتش‌سوزی‌های جنگلی را ایجاد می‌کند (Xu et al., 2020; Romano and Ursino, 2020).

پیامدهای آتش‌سوزی‌های جنگلی ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بسیار فراتر از تخریب بوم‌شناسی است و به بافت جوامع انسانی که ارتباط نزدیکی با این جنگل‌ها دارند آسیب می‌رساند (Trenberth, 2018). جوامع روستایی وابسته به منابع جنگلی برای امرار معاش و معیشت با آسیب‌پذیری شدیدی در برابر اثرات آتش‌سوزی‌های جنگلی، از دست دادن زمین‌های کشاورزی و عرصه‌های چرا (مراتع) تا جابجایی و مشکلات اقتصادی مواجه هستند. علاوه بر این، تخریب خدمات بوم‌سازگان ارائه شده توسط جنگل‌ها، مانند تنظیم آب و حاصلخیزی خاک، انعطاف‌پذیری این جوامع را در برابر فشارهای محیطی فزاینده تهدید می‌کند (Rogers et al., 2020).

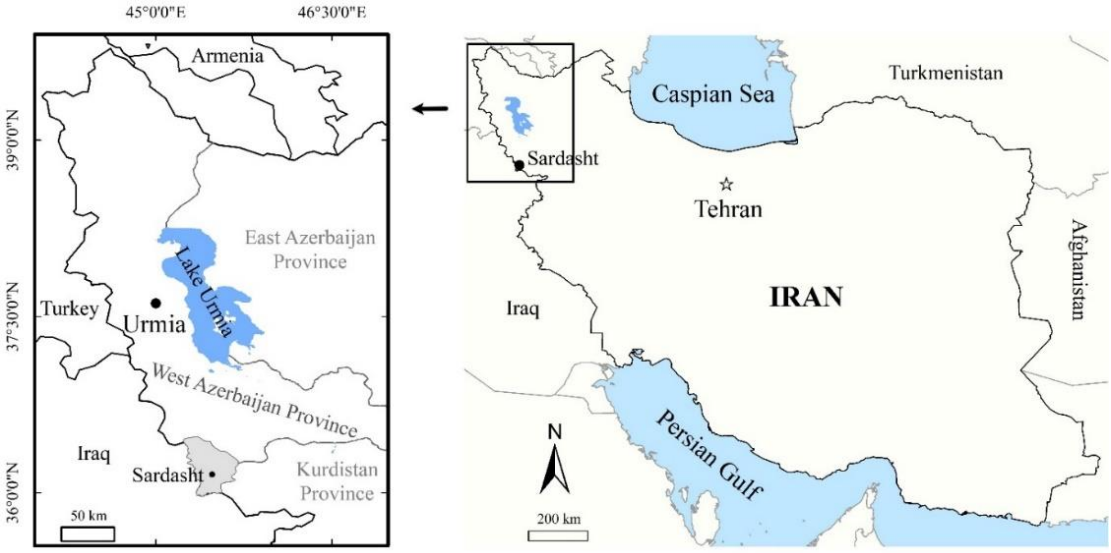
این پژوهش تلاش کرد تا به بررسی تأثیرات چندوجهی تغییرات آب‌وهوایی بر آتش‌سوزی‌های جنگلی زاگرس شمالی، با هدف روشن ساختن سازوکارهای اساسی که سبب تشدید آنها می‌شود و پیامدهای بوم‌شناسی، زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی را بررسی می‌کند، بپردازد. این بررسی با ترکیب شواهد تجربی، چارچوب‌های نظری و بررسی موردی از جنگل‌های زاگرس شمالی در استان آذربایجان غربی، شهرستان سردشت، به‌دنبال ارائه درک جامعی از روابط پیچیده بین پویایی آب‌وهوا و رژیم‌های آتش‌سوزی بوده است. علاوه بر این، در این پژوهش راهبردهای انطباقی و اقدامات کاهشی که می‌تواند به بوم‌سازگان‌های جنگلی و جوامع انسانی کمک کند تا چالش‌های ناشی از تشدید خطر آتش‌سوزی در یک آب‌وهوای به‌سرعت در حال تغییر را بررسی کنند، شناسایی شدند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

شهرستان سردشت با وسعتی بالغ بر ۱۳۸ هزار هکتار در شمال غربی ایران به‌عنوان منطقه موردبررسی در این پژوهش انتخاب شد (شکل ۱). این منطقه شامل سه شهر به نام‌های سردشت، ربط و میرآباد و ۳۵۲ روستا و آبادی است. بر اساس سرشماری جمعیت سال ۱۳۹۵ مناطق شهری دارای ۶۸۱۶۲ نفر و مناطق روستایی دارای ۵۰۶۸۷ نفر جمعیت بوده که شغل بیشتر جوامع محلی آن کشاورزی و دامداری است (Amiri et al., 2022). شهرستان سردشت بین ″۴۸′۱۳°۴۵ تا ″۰۰′۴۲°۴۵ طول شرقی و ″۳۶′۳۷°۳۵ تا ″۱۲′۲۸°۳۶ عرض شمالی قرار دارد. متوسط ارتفاع از سطح دریای سردشت ۱۵۱۰ متر است (Beygi Heidarlou et al., 2020). شهرستان سردشت از نظر شرایط آب‌وهوایی و اقلیمی جزو مناطق سرد و مرطوب است. آمار تعداد روزهای سرد و یخبندان آن

تا ۱۰۱ روز در سال و میانگین سالانه بارندگی آن ۹۵۰ میلی‌متر است (Esmaili et al., 2023). این منطقه اغلب از جنگل‌های متراکم با درختانی مانند مازودار (*Quercus infectoria* Oliv.)، وی‌ول (*Q. libani* Oliv.)، برودار (*Q. brantii* var. persica)، انگور (*Vitis vinifera* L.)، انجیر (*Ficus carica*) و گلابی (*Pyrus glabra*) پوشیده شده است. مساحت جنگل‌های سردشت حدود ۶۵ هزار هکتار است که مساحت جنگل‌های متراکم ۵۶۶۴/۳ هزار هکتار و ۵۹۲۲۳/۴ هزار هکتار دیگر از نوع تنک محسوب می‌شود (Beygi Heidarlou et al., 2023). از جنگل‌های این ناحیه با وجود گونه‌های با ارزش می‌توان محصولات فرعی از قبیل مازوج، گزنگبین، سقز و حتی مواد دارویی به‌دست آورد. از عوامل مهم تخریب این جنگل‌ها طی چند دهه اخیر می‌توان به قطع درختان به‌منظور تأمین سوخت، آتش‌سوزی‌های مکرر، شاخه‌زنی برای تأمین علوفه، قطع یکسره و تراشیدن جنگل برای ایجاد زمین‌های کشاورزی و باغ‌های انگور، حضور دائمی دام به‌ویژه بز در جنگل‌ها اشاره کرد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان سردشت

Figure 1. The geographic location of Sardasht county

جمع‌آوری داده‌های آتش‌سوزی و اقلیمی

برای انجام این پژوهش آمار و اطلاعات کلیه آتش‌سوزی‌های رخ‌داده و ثبت شده از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ در جنگل‌های شهرستان سردشت از اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان غربی تهیه شد. این آمار شامل تعداد (فراوانی) و سطح آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در این دوره زمانی بوده است.

داده‌های اقلیمی مربوط به شهرستان سردشت نیز طی دو دهه اخیر (۱۴۰۲-۱۳۸۵) شامل متوسط دمای سالانه، متوسط بارندگی سالانه و متوسط رطوبت نسبی سالانه از اداره کل هواشناسی استان آذربایجان غربی به‌دست آمد. جدول یک داده‌های آب‌هوایی کسب‌شده برای شهرستان سردشت را از اداره هواشناسی استان آذربایجان غربی نشان می‌دهد.

جدول ۱- اطلاعات آب‌وهوایی شهرستان سردشت برای دورهٔ زمانی ۱۴۰۲-۱۳۸۵

Table 1. Weather information of Sardasht city for the period of 2006-2023

متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) Average annual rainfall (mm)	متوسط رطوبت نسبی سالانه (درصد) Average annual relative humidity (%)	متوسط دمای سالانه (درجهٔ سانتی‌گراد) Annual average temperature (°C)	سال Year
704.16	49.06	13.28	۱۳۸۵ 2006
638.25	50.10	13.24	۱۳۸۶ 2007
505.46	44.82	14.53	۱۳۸۷ 2008
842.33	50.62	14.10	۱۳۸۸ 2009
762.70	46.05	14.79	۱۳۸۹ 2010
921.12	49.47	12.85	۱۳۹۰ 2011
757.26	49.26	14.61	۱۳۹۱ 2012
628.15	47.17	13.60	۱۳۹۲ 2013
815.42	48.38	14.46	۱۳۹۳ 2014
1054.69	50.10	14.35	۱۳۹۴ 2015
663.41	49.82	13.52	۱۳۹۵ 2016
824.36	46.63	15.53	۱۳۹۶ 2017
1244.45	56.42	14.46	۱۳۹۷ 2018
989.78	54.16	13.99	۱۳۹۸ 2019
791.16	51.54	14.44	۱۳۹۹ 2020
723.37	48.41	15.16	۱۴۰۰ 2021
646.56	49.43	15.46	۱۴۰۱ 2022
816.70	51.22	15.12	۱۴۰۲ 2023

تحلیل‌های آماری

در این بررسی، برای بررسی نقش عوامل اقلیمی در تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌های جنگل‌های شهرستان سردشت و بررسی معنی‌داری تعداد و وسعت آتش-سوزی‌های وقوع یافته با متغیرهای اقلیمی، ابتدا نرمال بودن داده‌های آتش‌سوزی و متغیرهای اقلیمی با استفاده از آزمون Kolmogorov–Smirnov بررسی شد. برای

تجزیه و تحلیل رابطه بین تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها و تغییرات آب‌وهوایی، از همبستگی پیرسون و تحلیل رگرسیون خطی چندگانه یا MLR (Multiple linear regression) استفاده شد. رگرسیون خطی چندگانه این امکان را می‌دهد تا رابطه بین یک متغیر وابسته (تعداد و وسعت آتش‌سوزی جنگل) و چندین متغیر مستقل (عوامل آب‌وهوایی) به‌طور همزمان ارزیابی شوند (Tranmer and Elliot, 2008). در این تحلیل ضرایب متغیرهای مستقل برای درک اثرات فردی آنها بر متغیر وابسته ارزیابی شدند. در MLR، فرض بر وجود ارتباط خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل است. با داشتن تعداد n متغیر مستقل، معادله MLR از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n$$ رابطهٔ (۱)

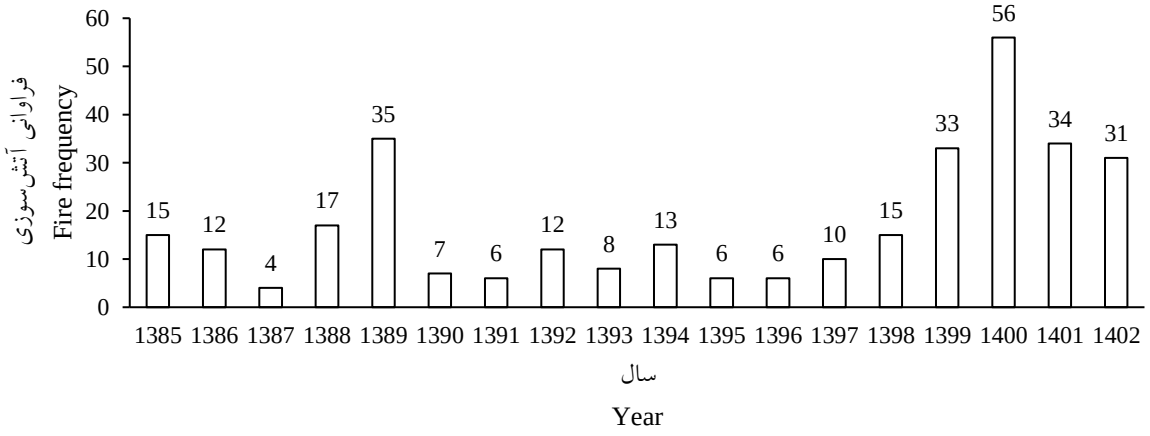
در این رابطه Y متغیر وابسته، x_1، x_2 و x_n متغیرهای مستقل و b_1، b_2 و b_n ضرایب متغیرهای مستقل هستند. ضریب ثابت a نشان‌دهندهٔ ارزش Y در زمان صفر بودن تمام متغیرهای مستقل است و ضرایب شاخص‌ها نیز تغییر در Y را برای یک واحد افزایش در متغیر مستقل مرتبط با آن بیان می‌کند (Eastman, 2012).

برای ارزیابی مدل MLR از ضریب تعیین یا R^2 استفاده شد. ضریب تعیین نشان‌دهنده این است که متغیر مستقل (عوامل آب‌وهوایی) چقدر تغییرات در متغیر وابسته (تعداد و وسعت آتش‌سوزی جنگل) را می‌تواند توضیح دهد. در این پژوهش برای تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد.

نتایج

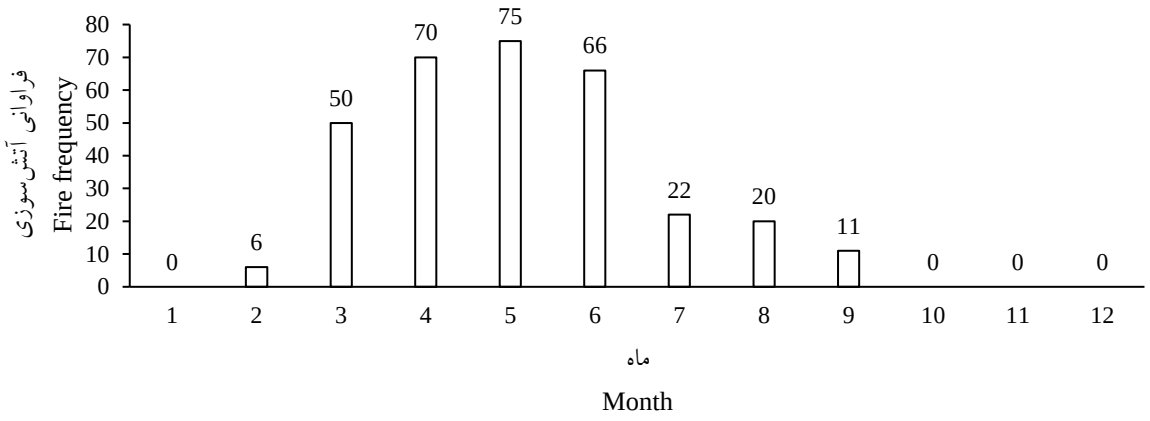
تغییرات تعداد و سطح آتش‌سوزی‌های رخ‌داده

نتایج به‌دست‌آمده از تعداد و سطح وقوع آتش در جنگل‌های شهرستان سردشت طی دوره زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ نشان داد تعداد وقوع آتش‌سوزی به‌ترتیب در سال‌های ۱۴۰۰ (۵۶ مورد)، ۱۳۸۹ (۳۵ مورد) و ۱۴۰۱ (۳۴ مورد) بیشترین تعداد ثبت‌شده را به خود اختصاص دادند (شکل ۲). در این دورهٔ زمانی (۱۴۰۲–۱۳۸۵) ماه‌های مرداد (۷۵ مورد)، تیر (۷۰ مورد)، شهریور (۶۶ مورد) و خرداد (۵۰ مورد) نیز به‌ترتیب بیشترین تعداد وقوع آتش‌سوزی را در سال را داشتند (شکل ۳). به‌علاوه، بررسی سطح سوخته‌شده در دورهٔ زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ نشان‌دهندهٔ روند افزایشی در جنگل‌های سردشت بوده است، به‌طوری‌که به‌ترتیب در سال‌های ۱۴۰۲ (۲۱۱/۶۲ هکتار)، ۱۴۰۱ (۱۱۳/۵۷ هکتار) و ۱۴۰۰ (۹۹ هکتار) بیشترین سطح سوخته‌شده ثبت شد (شکل ۴).



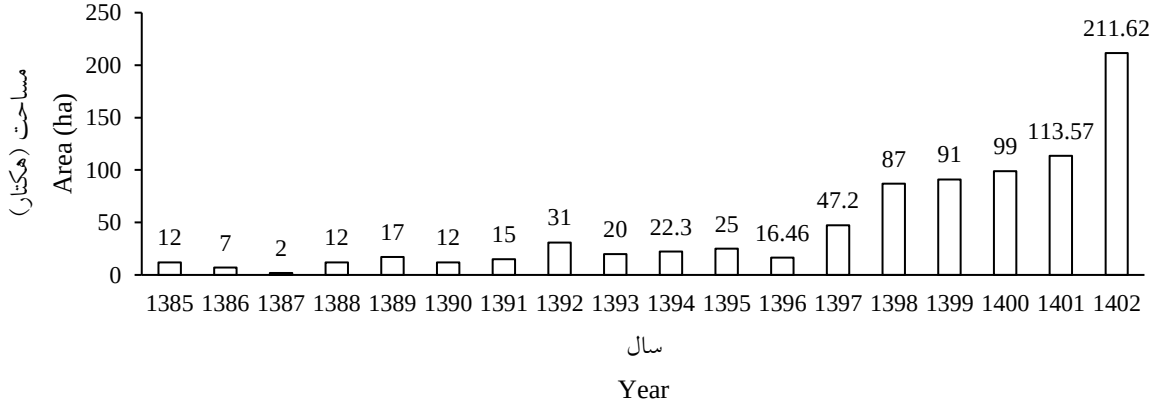
شکل ۲– فراوانی آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در جنگل‌های شهرستان سردشت در دورهٔ زمانی ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲

Figure 2. Fire frequency in Sardasht city's forests from 2006 to 2023



شکل ۳- فراوانی آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در جنگل‌های سردشت در ماه‌های مختلف سال در دورهٔ زمانی ۱۴۰۲-۱۳۸۵

Figure 3. Fire frequency in Sardasht forests in various months of the year between 2006 to 2023



شکل ۴- وسعت (هکتار) آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در جنگل‌های شهرستان سردشت در دورهٔ زمانی ۱۴۰۲-۱۳۸۵

Figure 4. Fire area (ha) in Sardasht city's forests from 2006 to 2023

نتایج تحلیل‌های آماری

بررسی آماری اطلاعات اقلیمی و عوامل آتش‌سوزی (تعداد و سطح) براساس ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که بین تعداد آتش‌سوزی‌های رخ داده و سطح سوخته‌شده ارتباط مثبت و معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با متوسط دمای سالانه در اراضی جنگلی شهرستان سردشت وجود داشت (جدول ۲). بین دیگر داده‌های اقلیمی و عوامل آتش‌سوزی ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳ نتایج برازش مدل‌های رگرسیونی برای سطح سوخته‌شده و تعداد آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقدار همبستگی پیرسون برای مدل رگرسیونی سطح سوخته‌شده ($R=0.732$) و تعداد آتش‌سوزی ($R=0.637$) نشان داد که مدل توانسته سهم بیشتری از تغییرات متغیر وابسته را نشان دهد. مقدار ضریب تعیین برای مدل‌های رگرسیونی سطح سوخته‌شده ($R^2=0.536$) و تعداد آتش‌سوزی ($R^2=0.488$) نیز نشانگر سهم حدود ۵۴ و ۴۹ درصدی مدل‌ها در بیان پراکندگی متغیرهای وابسته است.

جدول ۲- همبستگی بین تعداد و وسعت آتش‌سوزی‌ها با متغیرهای اقلیمی در جنگل‌های سردشت

Table 2. Correlation between the number and extent of fires and climate factors in Sardasht forests

متوسط رطوبت نسبی سالانه Average annual relative humidity	متوسط بارندگی سالانه Average annual rainfall	متوسط دمای سالانه Annual average temperature		متغیر Factor
0.358 ns	0.087 ns	0.471*	همبستگی پیرسون Pearson Correlation	سطح سوخته‌شده Burned area
0.145	0.732	0.049	معنی‌داری Sig. (2-tailed)	
0.001 ns	-0.109 ns	0.469*	همبستگی پیرسون Pearson Correlation	تعداد آتش‌سوزی Fire number
0.996	0.667	0.050	معنی‌داری Sig. (2-tailed)	

* همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

* Correlation is significant at the 95 percent confidence level and ns: non-significant.

جدول ۳- نتایج برازش مدل‌های رگرسیونی

Table 3. Results of fitting the regression model

خطای استاندارد برآورد Std. Error of the Estimate	ضریب تعیین اصلاح‌شده Adjusted R Square	R^2	R	مدل Model
40.71	0.436	0.536	0.732	سطح سوخته‌شده Burned area
13.17	0.280	0.406	0.637	تعداد آتش‌سوزی Fire number

نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) رگرسیون خطی چندگانه نشان داد متغیرهای مستقل به‌طور قابل اعتمادی می‌توانند متغیرهای وابسته را پیش‌بینی کنند (جدول ۴). با توجه به اینکه آمارهٔ F در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است، می‌توان بیان کرد که حداقل یکی از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته تأثیر معنی‌داری دارد. به عبارتی دیگر مدل از وضعیت برازش مناسبی برخوردار است.

ضرایب تحلیل MLR و مقادیر معنی‌داری در جدول ۵ نشان‌دهندهٔ معناداری پیش‌بینی سطح سوخته‌شده توسط دو متغیر متوسط دمای سالانه و متوسط رطوبت نسبی سالانه است. همان‌گونه که مقادیر معنی‌داری نشان می‌دهد، فقط متغیر متوسط دمای سالانه توانایی پیش‌بینی تعداد آتش‌سوزی را دارد. این نتایج نشان‌دهندهٔ این است که با افزایش یک انحراف استاندارد در مقدار متغیر متوسط دمای سالانه، به‌عنوان مثال، ارزش تعداد آتش‌سوزی، ۰/۵۳ انحراف استاندارد افزایش خواهد یافت (جدول ۵).

جدول ۴- نتایج آنالیز واریانس (ANOVA) رگرسیون خطی چندگانه

Table 4. ANOVA results of Multiple Linear Regression model

مدل		مجموع مربعات Sum of Squares	df	میانگین مربعات Mean Square	F	Sig.
سطح سوخته‌شده Burned area	رگرسیون Regression	26798.01	3	8932.67	5.39	0.011*
	باقی‌مانده Residual	23207.81	14	1657.70		
	کل Total	50005.82	17			
تعداد آتش‌سوزی Fire number	رگرسیون Regression	982.17	3	327.39	1.89	0.038*
	باقی‌مانده Residual	2428.95	14	173.50		
	کل Total	3411.11	17			

* معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد. * Significant at the 95 percent confidence level.

جدول ۵- ضرایب تحلیل MLR برای پیش‌بینی سطح سوخته‌شده و تعداد آتش‌سوزی در جنگل‌های شهرستان سردشت

Table 5. MLR analysis coefficients for predicting burnt area and fire frequency in Sardasht forests

مدل		ضرایب غیراستاندارد Unstandardized Coefficients		ضرایب استانداردشده Standardized Coefficients	t	Sig.
		ضریب B B coefficient	خطای استاندارد Std. Error	بتا Beta		
سطح سوخته‌شده Burned area	مقدار ثابت Constant	-1239.63	321.61		-3.854	0.002*
	متوسط دمای سالانه Annual average temperature	41.92	13.07	0.60	3.206	0.006*
	متوسط رطوبت نسبی سالانه Average annual relative humidity	16.54	5.43	0.84	3.048	0.009*
	متوسط بارندگی سالانه Average annual rainfall	-.17	.09	-0.54	-1.979	0.068
تعداد آتش‌سوزی Fire number	مقدار ثابت Constant	-185.22	104.05		-1.78	0.097ns
	متوسط دمای سالانه Annual average temperature	9.59	4.23	0.53	2.27	0.040*
	متوسط رطوبت نسبی سالانه Average annual relative humidity	1.82	1.76	0.35	1.04	0.318ns
	متوسط بارندگی سالانه Average annual rainfall	-.031	.03	-0.38	-1.12	0.283ns

* همبستگی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

* Correlation is significant at the 95 percent confidence level and ns: non-significant.

بحث

یافته‌های این پژوهش به درک عمیق‌تر تعامل پیچیده موجود بین تغییرات اقلیمی و آتش‌سوزی‌های جنگلی در جنگل‌های زاگرس شمالی ایران کمک می‌کند. افزایش تدریجی سطح آتش‌سوزی و فراوانی آتش‌سوزی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۲ بر نیاز مبرم به راهبردهای مدیریت آتش‌سوزی مؤثر در این منطقه تأکید دارد.

رابطه معنی‌دار مشاهده‌شده بین سطح سوخته‌شده و فراوانی آتش‌سوزی‌ها با میانگین دمای سالانه با بررسی‌های قبلی که تأثیر دما بر رفتار و فعالیت آتش‌سوزی را برجسته می‌کرد همسو است (Moritz et al., 2014). با افزایش دما به‌دلیل تغییرات آب‌وهوایی، احتمال وقوع آتش‌سوزی‌ها و شدت آن افزایش می‌یابد و آسیب‌پذیری بوم‌سازگان‌های جنگلی را تشدید می‌کند (Abatzoglou and Williams, 2016). همبستگی مثبت بین دما و آتش‌سوزی‌های جنگلی در جنگل‌های زاگرس شمالی بر نیاز فوری به اقدامات تطبیقی برای کاهش خطرات آتش‌سوزی و افزایش انعطاف‌پذیری در مواجه با شرایط آب‌وهوایی متغیر تأکید می‌کند.

علاوه بر این، نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه (MLR) قدرت پیش‌بینی میانگین دمای سالانه و میانگین رطوبت نسبی سالانه را در تعیین منطقه سوخته نشان می‌دهد. این یافته‌ها پژوهش‌های قبلی را تأیید می‌کند که بر اهمیت دما و رطوبت به‌عنوان محرک‌های کلیدی فعالیت آتش‌سوزی تأکید داشته‌اند (Karamat Mirshekrlou et al., 2023; Jolly et al., 2015; Liu et al., 2013). ضرایب قابل توجه و قدرت پیش‌بینی مدل MLR بر کاربرد بالقوه چنین رویکردهایی در اطلاع‌رسانی راهبردهای مدیریت آتش‌سوزی و افزایش قابلیت‌های پیش‌بینی تأکید می‌کند. با ترکیب متغیرهای دما و رطوبت نسبی، این مدل درک جامع‌تری از تعامل پیچیده بین عوامل آب‌وهوایی و پویایی آتش‌سوزی را ارائه داد. گنجاندن رطوبت نسبی در مدل رگرسیون بر نقش آن در تعدیل رطوبت مواد سوختی تأکید می‌کند و در نتیجه بر گسترش و شدت آتش تأثیر می‌گذارد (Liu et al., 2010). بنابراین، ادغام متغیرهای دما و رطوبت در مدل‌های پیش‌بینی‌کننده می‌تواند دقت ارزیابی خطر آتش‌سوزی را افزایش دهد و راهبردهای مدیریت پیشگیرانه را اطلاع‌رسانی کند.

توجه به این نکته مهم است که درحالی‌که دما و رطوبت پیش‌بینی‌کننده‌های مهم رفتار آتش‌سوزی هستند، عوامل دیگری مانند نوع پوشش گیاهی، توپوگرافی و فعالیت‌های انسانی نیز نقش مهمی در شکل‌دهی پویایی آتش بازی می‌کنند (Calviño-Cancela et al., 2017; Garavand et al., 2013; Bowman et al., 2009). تلاش‌های تحقیقاتی آینده باید با هدف گنجاندن این متغیرهای اضافی در چارچوب‌های مدل‌سازی جامع برای به تصویر کشیدن ماهیت چندوجهی پویایی آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس شمالی باشد.

در واقع، مدیریت موثر آتش مستلزم یک رویکرد چندگانه است که تحقیقات علمی، توسعه سیاست و مشارکت جامعه را ادغام می‌کند. اجرای اقداماتی مانند آتش‌سوزی مصنوعی مهارشده یا آتش‌سوزی تجویزی، کاهش مواد سوختی و برنامه‌ریزی کاربری و پوشش اراضی می‌تواند به کاهش خطرهای آتش‌سوزی و افزایش انعطاف‌پذیری بوم‌سازگان کمک کند (Schoennagel et al., 2017). قابل ذکر است که سرمایه‌گذاری در قابلیت‌های شناسایی و واکنش زودهنگام، همراه با آموزش عمومی و ابتکارات توسعه، برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب آتش‌سوزی‌های جنگلی بر سلامت انسان، زیرساخت‌ها و منابع طبیعی ضروری است (Westerling et al., 2006). از طرفی

دیگر، تقویت همکاری‌های بین‌المللی و اشتراک دانش می‌تواند تبادل بهترین شیوه‌ها و درس‌های آموخته‌شده در مدیریت آتش‌سوزی در زمینه‌های مختلف جغرافیایی را تسهیل کند (Flannigan et al., 2009). با استفاده از رویکردهای میان رشته‌ای و بهره‌گیری از پیشرفت در فناوری و مدل‌سازی، ذینفعان می‌توانند روند آتش‌سوزی‌های جنگلی آینده را بهتر پیش‌بینی کنند و راهبردهای انطباقی را برای کاهش اثرات آنها توسعه دهند (Keyser and Westerling, 2017).

این یافته‌ها پیامدهای مهمی برای مدیریت آتش‌سوزی و راهبردهای سازگاری با تغییرات اقلیمی در جنگل‌های زاگرس شمالی ایران و فراتر از آن دارند. با ادامه افزایش دما به‌دلیل تغییرات آب‌وهوایی مداوم، اقدامات پیشگیرانه با هدف کاهش خطر آتش‌سوزی، مانند تلاش‌های کاهش سوخت، سیستم‌های هشدار اولیه و طرح‌های آمادگی جامعه، به‌طور فزاینده‌ای ضروری می‌شوند (Abatzoglou and Williams, 2016). علاوه بر این، ادغام ملاحظات تغییر اقلیم در سیاست‌های مدیریت جنگل می‌تواند به تقویت انعطاف‌پذیری در بوم‌سازگان‌های آسیب‌پذیر در برابر اختلالات آتش‌سوزی کمک کند (Millar et al., 2007).

نتیجه‌گیری

با توجه به چالش‌های موجود، نیاز مبرمی به رویکردهای کل‌نگر برای مدیریت آتش‌سوزی و سازگاری با اقلیم متناسب با بافت منحصربه‌فرد بوم‌شناسی و اجتماعی–اقتصادی جنگل‌های زاگرس ایران احساس می‌شود. با ادغام دانش بوم‌شناختی سنتی با تحقیقات علمی پیشرفته، ذی‌نفعان می‌توانند راهبردهایی را با هدف افزایش انعطاف‌پذیری جنگل، بازسازی مناظر تخریب‌شده و تقویت شیوه‌های مدیریت آتش‌سوزی مبتنی بر تغییرات اقلیمی و جامعه طراحی کنند. علاوه بر این، سیاست‌های قوی برای رسیدگی به علل ریشه‌ای تغییرات آب‌وهوا و ترویج شیوه‌های مدیریت پایدار زمین برای کاهش خطرات آتش‌سوزی جنگلی در آینده و حفظ یکپارچگی بوم‌شناسی جنگل‌های زاگرس برای نسل‌های آینده ضروری است.

در اصل، پرداختن به چالش‌های پیچیده ناشی از آتش‌سوزی‌های جنگلی در زمینه تغییرات اقلیمی نیازمند اقدام هماهنگ در مقیاس محلی، ملی و جهانی است. با گنجاندن شواهد علمی در فرآیندهای تصمیم‌گیری و تقویت انعطاف‌پذیری در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس، می‌توان در پایداری این اراضی جنگلی، جوامع و مناظر برای مقاومت در برابر اثرات آتش‌سوزی‌های جنگلی در آب‌وهوای متغیر آماده‌تر بود.

References

Abatzoglou, J.T.; Williams, A.P., Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2016**, *113* (42), 11770-11775.

Abram, N.J.; Henley, B.J.; Sen Gupta, A.; Lippmann, T.J.; Clarke, H.; Dowdy, A.J.; Sharples, J.J.; Nolan, R.H.; Zhang, T.; Wooster, M.J; Wurtzel, J.B., Connections of climate change and variability to large and extreme forest fires in southeast Australia. *Communications Earth & Environment* **2021**, *2* (1), 1-17.

Aleemahmoodi Sarab, S.; Feghhi, J.; Jabbarian Amiri, B.; Danehkar, A.; Attarod, P., Applying the regression models to assess the influences of climate factors on forest fires (case study: Izeh). *Journal of Natural Environment* **2013**, *66* (2), 191-201. (In Persian)

Amiri, T.; Banj Shafiei, A.; Erfanian, M.; Hosseinzadeh, O.; Beygi Heidarlou, H., Using forest fire experts' opinions and GIS/remote sensing techniques in locating forest fire lookout towers. *Applied Geomatics* **2022**, *15* (1), 45-59.

Beygi Heidarlou, H.; Banj Shafiei, A.; Erfanian, M.; Tayyebi, A.; Alijanpour, A., Armed conflict and land-use changes: Insights from Iraq-Iran war in Zagros forests. *Forest Policy and Economics* **2020** *118*, 102246.

Beygi Heidarlou, H.; Banj Shafiei, A.; Nasiri, V.; Niţă, M.D.; Borz, S.A., & Lopez-Carr, D., Impact of Iran's Forest Nationalization Law on forest cover changes over six decades: A case study of a Zagros sparse coppice oak forest. *Sensors* **2023**, *23* (2), 871.

Beygi Heidarlou, H.; Karamat Mirshekarlou, A.; Lopez-Carr, D.; Borz, S.A., Conservation policy and forest transition in Zagros forests: Statistical analysis of human welfare, biophysical, and climate drivers. *Forest Policy and Economics* **2024**, *161*, 103177.

Bowman, D.M.; 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., Fire in the Earth system. *Science* **2009**, *324* (5926), 481-484.

Calviño-Cancela, M.; Chas-Amil, M. L.; García-Martínez, E.D.; Touza, J., Interacting effects of topography, vegetation, human activities and wildland-urban interfaces on wildfire ignition risk. *Forest Ecology and Management* **2017**, *397*, 10-17.

Canadell, J.G.; Meyer, C.P.; Cook, G.D.; Dowdy, A.; Briggs, P.R.; Knauer, J.; Pepler, A.; Haverd, V., Multi-decadal increase of forest burned area in Australia is linked to climate change. *Nature Communications* **2021**, *12* (1), p.6921.

Eastman JR., *IDRISI Selva Tutorial*. ClarkLabs, Clark University, Worcester, Ma, **2012**; p 354.

Elmore, A.J.; Asner, G.P.; Hughes, R.F., Satellite monitoring of vegetation phenology and fire fuel conditions in Hawaiian drylands. *Earth Interactions* **2005**, *9* (21), 1-21.

Esmaili, A.; Mousavi Mirkala, S.R.; Alijanpour, A.; Hajjarian, M.; Ghanbari, S., Investigation the quantitative and qualitative characteristics of *Quercus brantii* and estimating its fruit in Sardasht. *Forest Research and Development* **2023**, *9* (3), 365-379. (In Persian)

Farajzadeh, M.; Fathnia, A.A.; Alijani, B.; Zeaiean, P., Assessment of climatic factors effect on vegetation in the Zagross region using satellite images. *Iranian Journal of Range and Desert Research* **2011**, *18* (1), 107-123. (In Persian)

Farajzadeh, M.; Ghavidel Rahimi, Y.; Isvand Zibaei, F., Modeling the changes in vegetation greenness index with atmospheric precipitation in Zagros region. *Natural Geography* **2018**, *11* (41): 1-17. (In Persian)

Flannigan, M.; Stocks, B.; Turetsky, M.; Wotton, M., Impacts of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biology* **2009**, *15* (3), 549-560.

Garavand, S.; Yaralli, N.; Sadeghi, H., Spatial pattern and mapping fire risk occurrence at natural lands of Lorestan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2013**, *21* (2), 231-242. (In Persian)

Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J., Bowman, D.M., Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* **2015**, *6* (1), 7537.

Jones, M.W.; Abatzoglou, J.T.; Veraverbeke, S.; Andela, N.; Lasslop, G.; Forkel, M.; Smith, A.J.; Burton, C.; Betts, R.A.; van der Werf, G.R.; Sitch, S., Global and regional trends and drivers of fire under climate change. *Reviews of Geophysics* **2022**, *60* (3), e2020RG000726.

Karamat Mirshekrlou, A.; Banj Shafiei, A.; Beygi Heidarlou, H., Modeling Forest Fire Behaviour in Controlled and Accidental Ignitions in Iranian Northern Zagros Forests, with an Emphasis on Fuel Load. *Ecology of Iranian Forest* **2023**, *11* (21), 120-137. (In Persian)

Keyser, A.; Westerling, A.L., Climate drives inter-annual variability in probability of high severity fire occurrence in the western United States. *Environmental Research Letters* **2017**, *12* (6), 065003.

Liu, Y., Goodrick, S.L., & Stanturf, J.A., Future US wildfire potential trends projected using a dynamically downscaled climate change scenario. *Forest Ecology and Management* **2013**, *294*, 120-135.

Liu, Y.; Stanturf, J.; Goodrick, S., Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* **2010**, *259* (4), 685-697.

Millar, C.I.; Stephenson, N.L.; Stephens, S.L., Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecological Applications* **2007**, *17* (8), 2145-2151.

Moradi, B.; Ravanbakhsh, H.; Meshki, A.; Shabanian, N., The effect of fire on vegetation structure in Zagros forests (Case Study: Sarvabad, Kurdistan province).

Iranian Journal of Forest **2016**, *8* (3), 381-392. (In Persian)

Moritz, M.A.; Batllori, E.; Bradstock, R.A.; Gill, A.M.; Handmer, J.; Hessburg, P.F.; Leonard, J.; McCaffrey, S.; Odion, D.C.; Schoennagel, T.; Syphard, A.D., Learning to coexist with wildfire. *Nature* **2014**, *515* (7525), 58-66.

Myhre, G.; Alterskjær, K.; Stjern, C.W.; Hodnebrog, Ø.; Marelle, L.; Samset, B.H.; Sillmann, J.; Schaller, N.; Fischer, E.; Schulz, M.; Stohl, A., Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports* **2019**, *9* (1), 16063.

Nitschke, C.R., Innes, J.L., *Interactions between fire, climate change and forest biodiversity*. CABI Reviews; **2007**, p 9.

Pausas, J.G.; Keeley, J.E., Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment* **2019**, *17* (5), 289-295.

Rogers, B.M.; Balch, J.K.; Goetz, S.J.; Lehmann, C.E.; Turetsky, M., Focus on changing fire regimes: interactions with climate, ecosystems, and society. *Environmental Research Letters* **2020**, *15* (3), 030201.

Romano, N.; Ursino, N., Forest fire regime in a mediterranean ecosystem: Unraveling the mutual interrelations between rainfall seasonality, soil moisture, drought persistence, and biomass dynamics. *Fire* **2020**, *3* (3), 49.

Salehi, P.; Banj Shafiei, A.; Barin, M.; Khezri, K., Effect of surface fire on dynamic of some chemico-physical properties of forest soil, Sardasht, West Azarbayjan. *Forest Research and Development* **2020**, *6* (3), 395-410. (In Persian)

Schoennagel, T.; Balch, J.K.; Brenkert-Smith, H.; Dennison, P.E.; Harvey, B.J.; Krawchuk, M.A.; Mietkiewicz, N.; Morgan, P.; Moritz, M.A.; Rasker, R.; Turner, M.G., Adapt to more wildfire in western North American forests as climate changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2017**, *114* (18), 4582-4590.

Tranmer, M.; Elliot, M., Multiple linear regression. *The Cathie Marsh Centre for Census and Survey Research (CCSR)* **2008**, *5* (5), 1-5.

Trenberth, K.E., Climate change caused by human activities is happening and it already has major consequences. *Journal of Energy & Natural Resources Law* **2018**, *36* (4), 463-481.

Westerling, A.L.; Hidalgo, H.G.; Cayan, D.R.; Swetnam, T.W., Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity. *Science* **2006**, *313* (5789), 940-943.

Xu, X.; Jia, G.; Zhang, X.; Riley, W. J.; Xue, Y.; Climate regime shift and forest loss amplify fire in Amazonian forests. *Global Change Biology* **2020**, *26* (10), 5874-5885.

Živanović, S.; Ivanović, R.; Nikolić, M.; Đokić, M.; Tošić, I., Influence of air temperature and precipitation on the risk of forest fires in Serbia. *Meteorology and Atmospheric Physics* **2020**, *132*, 869-883.

Understanding the effects of climate change on wildfires in the Iranian Northern Zagros Forests

Hadi Beygi Heidarlou[*1] and Asma Karamat Mirshkarlou[2]

1- Assistant Professor, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (h.beygi@urmia.ac.ir)
2- Master of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (karamat6776@gmail.com)

Received: 10 March 2024 Accepted: 08 May 2024

Abstract

Background and objectives: Wildfires represent a significant environmental challenge globally, with climate change exacerbating their frequency and severity in many regions. In the Iranian Northern Zagros Forests, a Mediterranean climate prevails, characterized by hot, dry summers and relatively mild winters, rendering these forests particularly susceptible to fire. Understanding the relationship between climate change and wildfires in this region is essential for informing effective management strategies and mitigating associated risks. This study aims to investigate the effects of climate change on wildfires in the Iranian Northern Zagros Forests, focusing on changes in fire frequency and extent over a 17-year period from 2006 to 2023.

Methodology: To achieve this objective, we employed a combination of statistical analyses, including Pearson's correlation and multiple linear regression (MLR), using climate data and historical wildfire records. We analyzed the relationship between the number and extent of fires and climatic variables such as average annual temperature and relative humidity. Pearson's correlation was utilized to assess the strength and direction of the linear relationship between these variables, while MLR was employed to predict the burned area based on temperature and humidity.

Results: From 2006 to 2023, the forests of Sardasht experienced a significant number of fires, with the most occurring in the months of August, July, September, and June. The greatest scorched area of 211.62 hectares was reported in 1402, while the most frequent fires were recorded in 1400. This tendency is likely to continue. The study found a positive and significant relationship at the 95 percent confidence level between the number of fires and the burned area in Sardasht forests and the average annual temperature, but no significant relationship was found between other climate data and fire factors. The results of the MLR analysis demonstrated the predictive power of temperature and humidity in determining the burned area, highlighting their significance as drivers of wildfire activity in the region.

Conclusion: In conclusion, our findings underscore the escalating threat of wildfires in the Iranian Northern Zagros Forests driven by climate change-induced changes in temperature and humidity. The observed increase in fire frequency and extent highlights the urgent need for proactive measures to mitigate fire risks and enhance resilience in fire-prone ecosystems. By integrating scientific research with stakeholder engagement and policy action, we can develop effective wildfire management strategies that balance ecological conservation with socio-economic priorities, thereby ensuring the long-term viability of forest ecosystems and the communities that depend on them.

Keywords: Burned area, Fire frequency, Multiple linear regression, Pearson correlation.

[*] Corresponding author Tel: +989141866399