DOI: 10.22092/irn.2024.132014

دیدگاه

ظهور امواج گرما، پیامد تغییر اقلیم در رویشگاه‌های زاگرسی

فاطمه درگاهیان *[1]، عادل جلیلی[2]، یوسف عسگری[3]

مقدمه

تغییر اقلیم، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های عصر حاضر در دستیابی به توسعه پایدار است و آنچه امروز آن را به یک چالش جدی در زندگی بشر تبدیل کرده، تغییرات سریع‌تر آن نسبت به تغییرات پیش‌بینی‌شده است. مخاطرات ناشی از گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، قابل شناسایی و برنامه‌ریزی است. بنابراین، باید برای شناخت پیامدها و روش‌های سازگاری و کاهش اثرات آن تلاش کرد. بررسی ارتباط بین رویدادهای آب‌وهوایی حدی و اثرات تغییر اقلیم انسانی در مطالعات نشان می‌دهد، با افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای و به‌دنبال افزایش دما و گرمایش جوی، فراوانی رخداد، تداوم، شدت و گستره جغرافیایی رویدادهایی همچون امواج گرمایی (که ارتباط نزدیکی با دما دارند)، شدیدتر و ریسک آنها در مناطق مختلف چندین برابر شده است.

در ژوئن ۲۰۲۲، چین گسترده‌ترین و طولانی‌ترین موج گرما را تجربه و در سراسر کشور، ۳۶۶ مکان، بالاترین دمای ثبت‌شده خود را اعلام کرد. در آسیای شرقی، تعداد قابل‌توجهی آتش‌سوزی، در منطقه رخداد موج گرما روی داد. اروپا، همچنین امواج گرمای متعددی را تجربه کرد که منجر به مرگ ۴۶۰۰ نفر در اسپانیا، ۴۵۰۰ نفر در آلمان، ۲۸۰۰ نفر در بریتانیا، ۲۸۰۰ نفر در فرانسه و ۱۰۰۰ نفر در پرتغال شد. در سال ۲۰۲۲، دما برای اولین بار در بریتانیا به ۴۰ درجه سانتی‌گراد رسید. رودخانه دانوب، به سطوح بسیار پایین سقوط کرد و حمل‌ونقل رودخانه به‌شدت مختل شد. در فرانسه، جریان کم رودخانه‌ها و دمای بالای آب رودخانه‌ها، منجر به کاهش تولید برخی از نیروگاه‌های هسته‌ای شد. جنوب غربی فرانسه، به‌شدت تحت تأثیر آتش‌سوزی‌های جنگلی قرار گرفت و بیش از ۶۲۰۰۰ هکتار سوخت.

برای دومین سال متوالی، آتش‌سوزی‌های جنگلی با تلفات جانی عمده در الجزایر همراه بود و از ۱۶ تا ۱۸ اوت، ۴۴ مورد مرگ گزارش شد. پاکستان، گرم‌ترین ماه مارس و آوریل خود را در تاریخ ثبت کرد و در هر دو ماه، میانگین دما، بیش از چهار درجه سانتی‌گراد بالاتر از میانگین بلندمدت بود. در هند به‌دلیل گرمای شدید، بازده غلات کاهش یافت و تعدادی آتش‌سوزی در جنگل‌ها، به‌ویژه در اوتاراکند رخ داد. در ایران و عراق، خشک‌سالی شدید رخ داد. خشک‌سالی در منطقه شاخ بزرگ آفریقا، با تمرکز بر کنیا، سومالی و جنوب اتیوپی تشدید شد (WMO, 2023).

خطرات سلامتی ناشی از تأثیر امواج گرما بر انسان مشخص است و راه رهایی از آن وجود دارد، چراکه انسان‌ها موج گرما را فریاد می‌زنند، اما صدای درختان در اکوسیستم‌های جنگلی، تا زمانی که به مرگ منجر نشود، شنیده نمی‌شود. امواج گرما و خشک‌سالی، به‌عنوان قاتلین خاموش از مهم‌ترین پیامدهای تغییر اقلیم ناشی از گرمایش جهانی در رویشگاه‌های زاگرسی است. در دو دهه اخیر، جنگل‌های زاگرس، به‌ویژه درختان بلوط، دچار خشکیدگی و جولانگاه آفات و بیماری‌ها شدند و درحالی‌که ایستاده‌اند، می‌میرند. به‌نظر می‌رسد، طیف وسیعی از عوامل در این رخداد سهم دارند که البته سهم عوامل اقلیمی، با توجه به بزرگ‌مقیاس بودن و فراگیر بودن، سایر عوامل را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد.

آنچه مسلم است، انعطاف‌پذیری درختان بلوط در برابر حوادث ناشی از تغییر اقلیم، ازنظر فضایی و گستره رویشگاهی یکنواخت نیست که این امر، به عوامل متعددی بستگی دارد (Pérez-Luque *et al.*, 2020). در این ارتباط، بررسی شش گونه بلوط در ۲۸۴ سایت (پایگاه تحقیقاتی) در آمریکای شمالی نشان داد، تغییرات آب‌وهوایی، بر درختان بلوط بالغی که در بخش‌های جنوبی و غربی آمریکای شمالی پراکنش دارند، تأثیر منفی می‌گذارد، اما بلوط‌هایی که در شمال شرقی آمریکای شمالی پراکنش دارند، رویشگاه و فضای امن‌تری در برابر تغییرات دارند (LeBlanc *et al.*, 2019). واکنش‌های ناشی

۱*- نویسنده مسئول، دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران،
پست الکترونیک: fatemeh.dargahian@gmal.com
۲- استاد پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

از خشک‌سالی دو گونه درخت یعنی بلوط بلندمازو و بلوط سریع‌الرشد ترکی، در جنوب غربی مجارستان نشان داد، بلوط ترکی، بهتر با خشک‌سالی مقابله می‌کند و ممکن است مزایای رقابتی تحت تغییرات آب‌وهوایی پیش‌بینی‌شده در مجارستان را به دست آورد (Móricz *et al.*, 2021). پاسخ متضاد درختان صنوبر و بلوط به موج گرمای ۲۰۱۸ در اروپا نشان داد، درختان صنوبر با اتمام زودهنگام فعالیت‌های رشد خود، به موج گرمای ۲۰۱۸ واکنش نشان دادند، درحالی‌که به نظر می‌رسد بلوط‌ها براساس محتوای آب در بافت‌های آبکشی ساقه و شاخه‌ها، فعالیت خود را تشدید کردند (Neuwirth *et al.*, 2021). درختان راش، در برابر خشک‌سالی و دمای بالا، آسیب‌پذیرتر از بلوط هستند (Ru-bio-Cuadrado *et al.*, 2021).

حوزه مدیترانه، حساسیت بالایی نسبت به پدیده‌های تغییر اقلیم (خشک‌سالی و گرما) نشان می‌دهد و بلوط‌ها، به‌ویژه در شرایط وقوع خشک‌سالی‌های بهار و تابستان، آسیب‌پذیری بیشتری خواهند داشت (Colangelo *et al.*, 2020). درمجموع، آسیب‌پذیری جنگل در منطقه مدیترانه زیاد است و افزایش آسیب‌پذیری، کاهش نرخ تجدید حیات طبیعی را به همراه دارد (Recanatesi *et al.*, 2020).

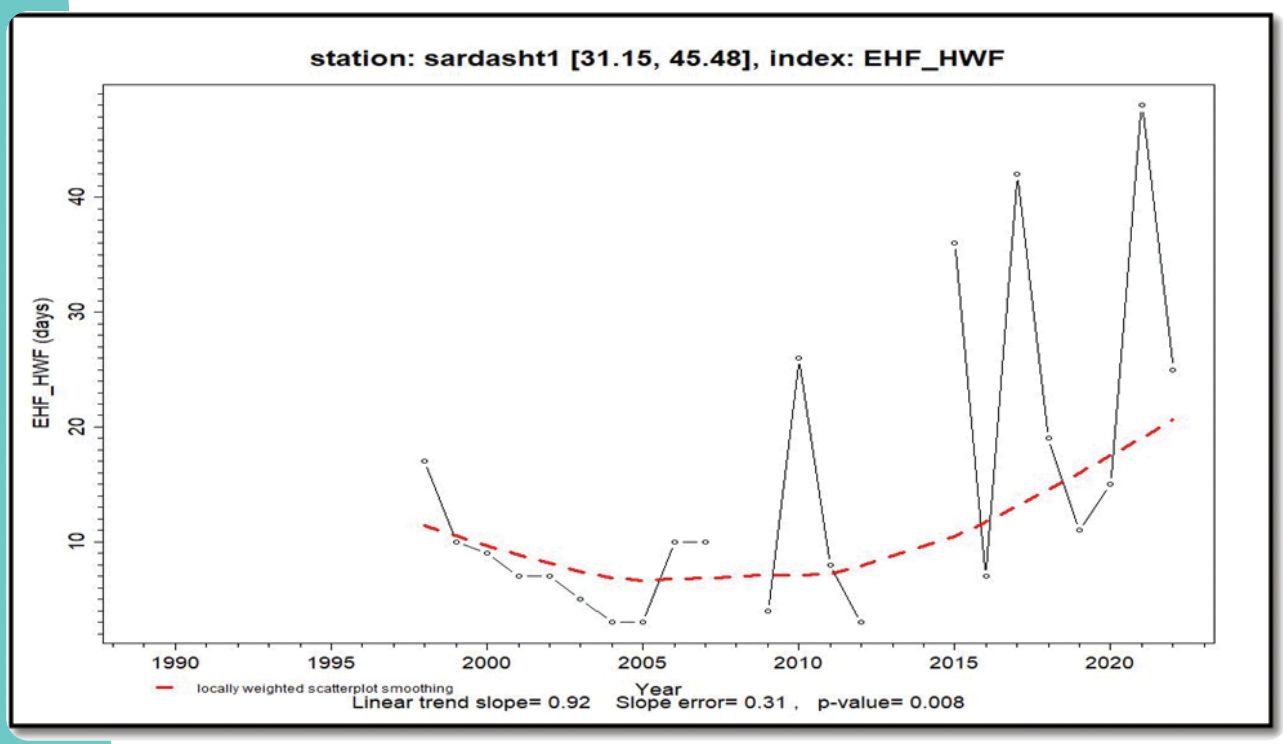
در ایران، اولین گزارش‌های مربوط به رخداد زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس، به دهه ۱۳۸۰ بر می‌گردد (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۶). سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری نیز شروع پدیده زوال جنگل را در ناحیه رویشی زاگرس از سال ۱۳۸۰ گزارش کرده است. خشکیدگی جنگل‌های بلوط در زاگرس، از اواخر دهه ۱۳۸۰، به‌صورت تک‌پایه‌ای شروع شد، اما در مراحل بعد، به شکل توده‌ای، جنگل‌ها را به‌شدت تحت تأثیر قرار داد. عوامل طبیعی و انسانی متعددی، سال‌ها حیات جنگل‌های بلوط را به خطر انداخته‌اند، اما تغییر اقلیم و پیامدهای آن نظیر خشک‌سالی و امواج گرما، در خشکیدگی و زوال این درختان استراتژیک، آثار مخرب‌تری داشته است. بررسی‌های مقدماتی نشان داد، ظهور امواج گرما، تقریباً با شروع زوال زاگرس در اوایل دهه ۸۰ همخوانی دارد. بنابراین، ویژگی‌های موج گرم شامل تعداد روزهای همراه با موج گرم، تعداد رخداد موج گرم و تداوم موج گرم می‌توانند از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر زوال زاگرس باشند.

ظهور امواج گرم و خشک‌سالی‌های متوالی و ریزگردها، زمینه را برای بروز آفات ازجمله پروانه برگ‌خوار بلوط و غیره فراهم کرده است.

بر همین اساس، در نوشتار پیش‌رو، تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روزهای همراه با موج گرم، همچنین تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم رخداد موج گرم، با دقت بیشتر و در مقیاس جزئی‌تری در زاگرس شمالی و جنوبی ارائه می‌شود. شناسایی امواج گرما در این اکوسیستم به پژوهشگران و برنامه‌ریزان اکوسیستم جنگلی زاگرس لزوم شناسایی گونه‌های مقاوم به گرما رابه‌منظور حفظ و احیای اکوسیستم جنگلی زاگرس خاطرنشان می‌کند.

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در زاگرس شمالی

بررسی شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری



شکل ۱- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در ایستگاه سینوپتیک سردشت

تغییرات شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در تمام ایستگاه‌های سینوپتیک در زاگرس شمالی نشان داد، این شاخص، روند افزایشی و معنی‌داری داشته است. بررسی این شاخص در ایستگاه سینوپتیک سردشت، به‌عنوان نماینده زاگرس شمالی نشان داد، شروع امواج گرما، همزمان با شروع زوال است و افزایش تعداد روزهای همراه با موج گرما، با افزایش روبه‌رشد زوال همخوانی دارد (شکل ۱). همانگونه که مشاهده می‌شود، در سال ۱۹۹۸، امواج گرما، شروع شده و سپس روند کاهشی داشته و دوباره در سال ۲۰۰۵، روند افزایشی به خود گرفته است تا جایی که بیشترین روزهای همراه با موج گرم، ۴۸ روز در سال ۲۰۲۱ بوده است. خط قرمز نقطه‌چین روی نمودار، نشان‌دهنده شیب روند داده‌ها و خط سیاه‌رنگ نشان‌دهنده امواج گرماست. مقادیر ارائه‌شده در محور عمودی نیز، بیانگر تعداد روزهای همراه با موج گرم است.

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم رخداد موج گرم در زاگرس شمالی

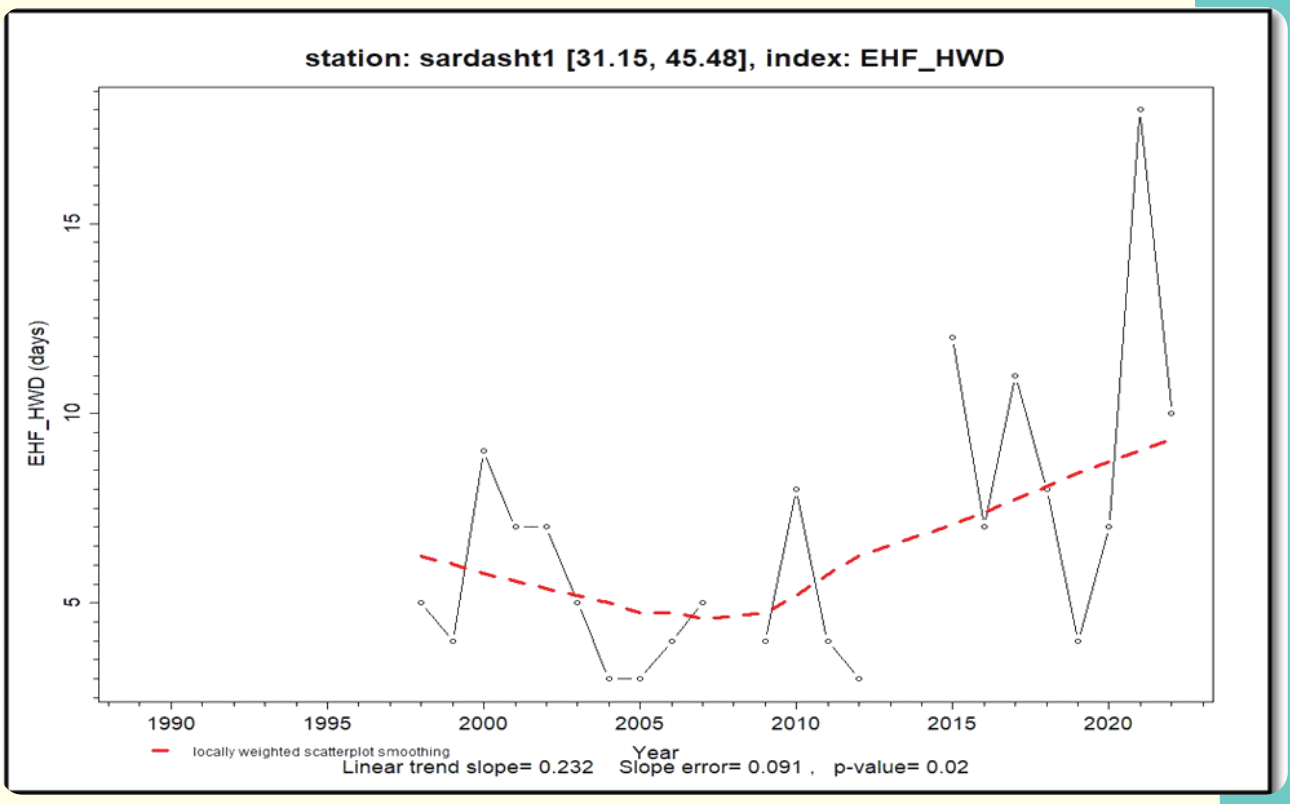
بررسی شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص فراوانی تداوم موج گرم، در همه ایستگاه‌های زاگرس شمالی نشان داد، این شاخص، روند افزایشی و معنی‌دار داشته است. در ایستگاه سینوپتیک سردشت، طولانی‌ترین رخداد موج گرم، در سال ۲۰۱۷ به مدت ۱۸ روز ادامه داشته است (شکل ۲).

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در زاگرس جنوبی

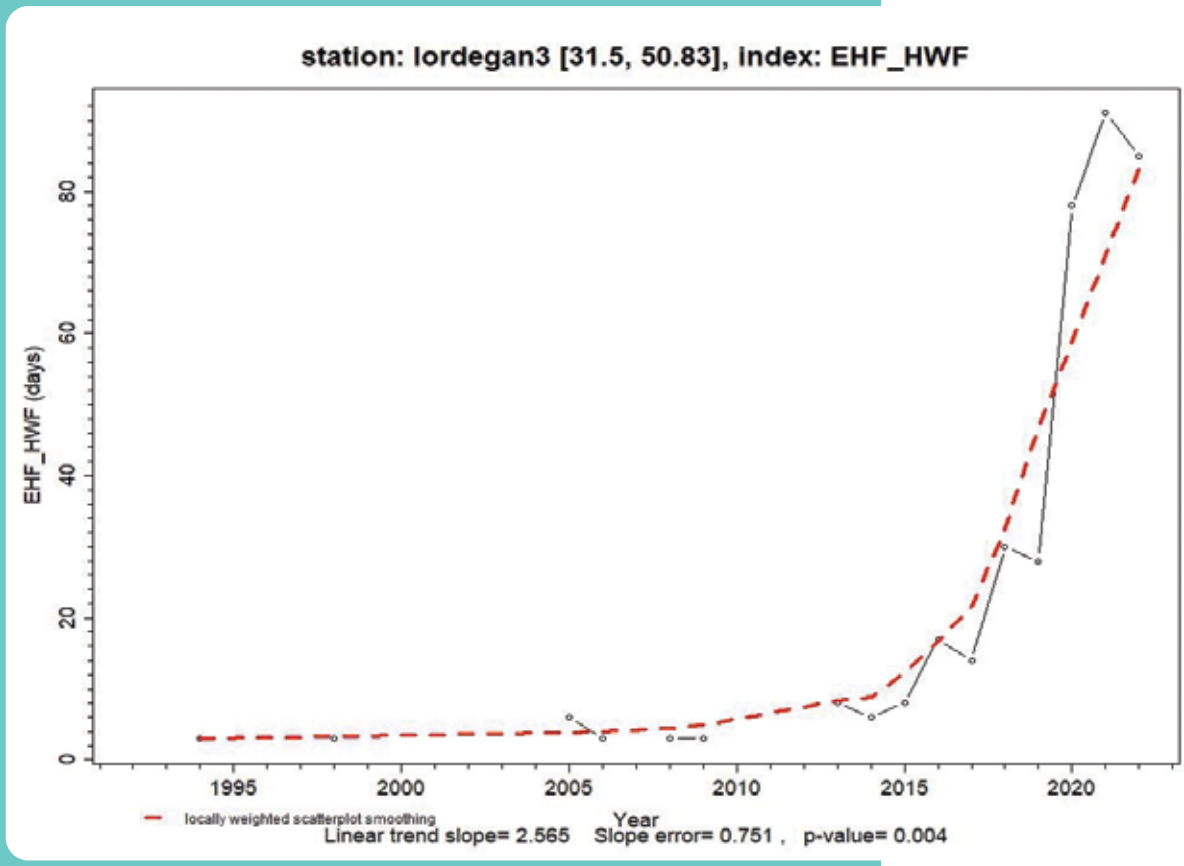
بررسی شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در تمام ایستگاه‌های سینوپتیک زاگرس جنوبی نشان داد، این شاخص، روند افزایشی و معنی‌دار داشته است. در ایستگاه سینوپتیک لردگان، به‌عنوان نماینده زاگرس جنوبی، امواج گرما از سال ۲۰۰۵ بروز کرده و قبل از آن، روز همراه با موج گرما در این بخش از زاگرس وجود نداشته است. در دهه اخیر، هر سال بر تعداد روزهای همراه با موج گرما افزوده شده است، به‌طوری‌که در سال ۲۰۲۱، تعداد روزهای همراه با موج گرم به ۹۱ روز رسیده است (شکل ۳).

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم رخداد موج گرم در زاگرس جنوبی

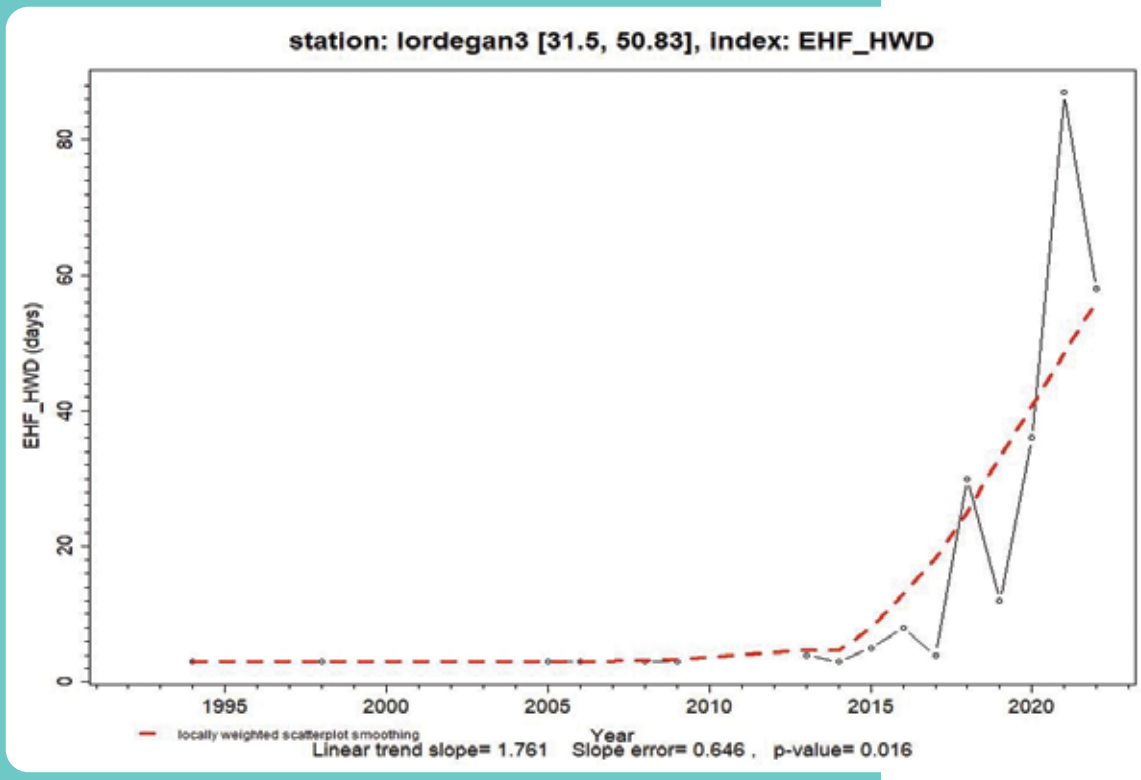
بررسی شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص فراوانی تعداد رخداد موج گرم در همه ایستگاه‌های زاگرس جنوبی نشان داد، این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار داشته است.



شکل ۲- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم موج گرم در ایستگاه سینوپتیک سردشت



شکل ۳- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در ایستگاه سینوپتیک لردگان



شکل ۴- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم موج گرم در ایستگاه سینوپتیک لردگان

در ایستگاه سینوپتیک لردگان، طولانی‌ترین رخداد موج گرم، ۸۵ روز تداوم داشته است که منجر به زرد شدن زودرس درختان در زاگرس جنوبی شده است (شکل ۴).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مکانیسم‌های جوی که منجر به آتش‌سوزی جنگل می‌شوند، نظیر آنچه در جنگل‌های گلستان رخ می‌دهد، در گستره زاگرسی، وجود ندارند، اما آنچه رخداد امواج گرما را به یک مخاطره در رویشگاه‌های زاگرسی تبدیل کرده است، افزایش پتانسیل رخداد آتش‌سوزی به دلایل عمدی و غیرعمدی انسانی است. فراوانی، شدت و مدت رخداد امواج گرما، منجر به افزایش تبخیر و کاهش رطوبت در اکوسیستم می‌شود، خشکیدگی گونه‌های گیاهی را افزایش می‌دهد و در صورت رخداد آتش‌سوزی در جنگل می‌تواند خسارت‌ها را چندین برابر کند.

در مناطقی از زاگرس که دومین منطقه با بیشینه بارش است، سال‌هایی که بارش بیشتر از نرمال، منطقه را همراهی می‌کند، رشد و افزایش نسبی گونه‌های مرتعی زیراشکوب و به‌ویژه گیاهان یک‌ساله در ترکیب گیاهی، پتانسیل رخداد آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد.

با تغییرات اقلیمی، امواج گرما به‌طور فزاینده‌ای مکرر، شدید و ازنظر فضایی، گسترده‌تر می‌شوند، برخلاف اینکه اثرات کشنده امواج گرما بر انسان به‌خوبی مستند شده، تأثیرات آن بر گیاهان کمتر شناخته شده است. درمجموع، به نظر می‌رسد آسیب‌پذیری گیاهان در برابر امواج گرما، مورد توجه و مطالعه قرار نگرفته است.

با توجه به روند روبه‌رشد گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در آینده، فراوانی، شدت و تداوم امواج گرم در زاگرس بیشتر خواهد شد. زمان ظهور امواج گرم و ویژگی‌های آن در مناطق مختلف دنیا، متفاوت است. هرچند رخداد تغییر اقلیمی برای برخی مناطق مانند عرض‌های جغرافیایی بالا، که دارای زمین‌های پوشیده از یخ یا خاک منجمد هستند، یک فرصت عالی محسوب می‌شود، برای کشورهایی نظیر ایران، که در کمربند خشک دنیا واقع شده است، آسیب‌پذیری به مراتب بیشتری به همراه دارد. موج گرما زاییده تغییر اقلیم است، اما افزایش ناگهانی دما، خارج از آستانه تحمل انسان، حیوان و اکوسیستم‌های طبیعی است. چنانچه این وضعیت، حداقل سه روز به طول بیانجامد، در هر نوع اقلیمی، حتی در کشورهای اروپایی با آب‌وهوای معتدل و مرطوب مدیترانه‌ای، خارج از تحمل خواهد بود. همان دمایی که برای اروپا، موج گرما محسوب و منجر به فوت ۱۵۷۰۰ نفر شد، در بیش از نیمی از مساحت ایران دمای معمولی به‌شمار می‌رود.

نتایج بررسی شیب روند موج گرما در گستره رویشگاه‌های زاگرسی نشان داد، کل منطقه دارای روند افزایشی روزهای همراه با موج گرم است. اگرچه در سال ۱۹۹۸، در برخی مناطق زاگرس شمالی، یک یا چند رخداد موج گرم ثبت شده است، اما این امواج به‌طور مشخص و مداوم از سال ۲۰۰۵ و هم‌زمان با شروع پدیده زوال در زاگرس ظهور کردند، همچنین، هم‌زمان با گسترش زوال بر شدت، مدت و فراوانی آنها، به‌ویژه در زاگرس جنوبی (در محدوده چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و غرب فارس و خوزستان) افزوده شده است.

با توجه به روند روبه‌رشد گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در آینده، فراوانی، شدت و تداوم امواج گرم در زاگرس بیشتر خواهد شد. زمان ظهور امواج گرم و ویژگی‌های آن در مناطق مختلف دنیا، متفاوت است. هرچند رخداد تغییر اقلیمی برای برخی مناطق مانند عرض‌های جغرافیایی بالا، که دارای زمین‌های پوشیده از یخ یا خاک منجمد هستند، یک فرصت عالی محسوب می‌شود، برای کشورهایی نظیر ایران، که در کمربند خشک دنیا واقع شده است، آسیب‌پذیری به مراتب بیشتری به همراه دارد. موج گرما زاییده تغییر اقلیم است، اما افزایش ناگهانی دما، خارج از آستانه تحمل انسان، حیوان و اکوسیستم‌های طبیعی است. چنانچه این وضعیت، حداقل سه روز به طول بیانجامد، در هر نوع اقلیمی، حتی در کشورهای اروپایی با آب‌وهوای معتدل و مرطوب مدیترانه‌ای، خارج از تحمل خواهد بود. همان دمایی که برای اروپا، موج گرما محسوب و منجر به فوت ۱۵۷۰۰ نفر شد، در بیش از نیمی از مساحت ایران دمای معمولی به‌شمار می‌رود.

در سال ۲۰۲۱ و زمانی که پس از سال ۲۰۱۰ رکورد دما در ایران شکسته و زاگرس جنوبی به یکی از مهم‌ترین کانون‌های آنومالی مثبت دما تبدیل شد، در ایستگاه سینوپتیک لردگان، ۹۱ روز همرا با موج گرم گزارش شد.

ویژگی پایداری موج گرما، بیش از سایر ویژگی‌های آن اهمیت دارد. زیرا تداوم بیشتر، به تنش بیشتر می‌انجامد و آثار مخرب و جبران‌ناپذیری دارد. تداوم امواج گرما در زاگرس جنوبی، بیشتر بوده، به‌طوری‌که در ایستگاه سینوپتیک لردگان، طولانی‌ترین رخداد موج گرم، ۸۵ روز ادامه داشته است که این امر، زمینه را برای زرد شدن و خشکیدگی پیش از موعد درختان بلوط زاگرس در این منطقه (شکل ۵) و نیز شرایط را برای بروز آتش‌سوزی در این بخش از زاگرس فراهم نموده است. به‌طوری‌که به گفته فرمانده یگان حفاظت اداره‌کل منابع طبیعی و آبخیزداری کهگیلویه و بویراحمد، در عرصه‌های جنگلی و مرتعی مناطق مختلف این استان در سال ۱۴۰۰ (۲۰۲۱)، تعداد ۳۴ فقره آتش‌سوزی به مساحت ۱۵۵۰ هکتار اتفاق افتاد (شکل ۶).

تغییر اقلیم و پیامدهای آن ازجمله امواج گرم در زاگرس، نقش مهمی در زوال این بوم‌سازگان طبیعی دارد و سایر عوامل را چه زیستی و چه غیرزیستی، تحت‌الشعاع خود قرار داده است. مطالعات زیادی هم مقاومت بلوط را به شرایط آب‌وهوایی نیمه‌خشک نسبت به سایر گونه‌ها نشان داده‌اند و شاید هم به همین دلیل است که درختان بلوط گونه غالب و عنصر اصلی رویشگاه‌های زاگرسی هستند. بنابراین،

شکل ۵- خشک شدن زودهنگام درختان بلوط استان چهارمحال و بختیاری، تیرماه ۱۴۰۰ (عکس از: یوسف عسگری)

شکل ۶- رخداد آتش‌سوزی در جنگل‌های کهگیلویه و بویراحمد

برای افزایش تاب‌آوری اکوسیستم زاگرس، با توجه به سازگاری بهتر بلوط با تغییرات آب‌وهوایی، استراتژی‌های مدیریتی به‌منظور احیای رویشگاه‌های آن ضروری است.

مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در زاگرس، علاوه‌بر تغییر اقلیم، تخریب‌های اتفاق‌افتاده در رویشگاه‌های طبیعی و تغییر کاربری اراضی در عرصه‌های طبیعی در پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای، توسعه شهری و توسعه اراضی کشاورزی است. زراعت در زیراشکوب جنگل، زراعت دیم در شیب‌های بیشتر از ۱۲درصد، چرای بی‌رویه دام، فرسایش خاک توسط رواناب‌ها و سیل و برداشت چوب و سایر بهره‌برداری‌ها، ازجمله تخریب‌های اتفاق‌افتاده در گستره زاگرسی است.

مهم‌ترین بحران اکولوژی در زاگرس، از بین رفتن یکپارچگی رویشگاه‌های جنگلی و مرتعی، کاهش شدید ظرفیت اکولوژیک بستر رویشگاه، کاهش شدید ظرفیت نگهداری آب، نبود امکان استقرار زادآوری در بستر جنگل، زوال تدریجی بوم‌سازگان و فرسایش و انقراض تنوع‌زیستی است. فرسایش و انقراض تنوع‌زیستی، ابتدا شامل میکروارگانیسم‌های خاک، گونه‌های جنگلی و درنهایت، انقراض گونه‌های جانوری و غیره است. کهن‌سالی درختان، شاخه‌زادی، بروز و طغیان آفات و بیماری‌ها و آتش‌سوزی، ازجمله نمودهای زوال تدریجی بوم‌سازگان است.

راهبردهای پیشنهادی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، برای گستره زاگرسی، در دو مقیاس، قابل جمع‌بندی است:

در مقیاس عرصه‌های طبیعی، اقداماتی از قبیل اعمال حاکمیت ملی بر عرصه‌های جنگلی و مرتعی (کاداستر و تدوین طرح‌های جنگل‌داری و مرتع‌داری)، اعمال رویکرد حفاظتی و توسعه ذخیره‌گاه‌ها، مناطق حفاظتی و قرق، جذب رطوبت در مقیاس رویشگاهی، برنامه غنی‌سازی جنگل، پیگیری برنامه توسعه جنگل و حذف تدریجی زراعت زیراشکوب و چرای دام در جنگل، بسیار مهم و حیاتی هستند. در مقیاس توسعه‌ای نیز همواره باید به این نکته توجه داشت که تمرکز حاکمیت و هم‌گرایی ملی بر رشد اقتصادی و تولید ثروت، تنها کلید خروج از بحران‌های اقتصادی و محیط‌زیستی کشور است. ازاین‌رو، رویکرد حفاظتی، کم‌هزینه‌ترین و طبیعی‌ترین روش احیاست که به‌آسانی می‌تواند اجرایی شود (جلیلی و پورهاشمی، ۱۳۹۸) و برای مقابله با رخداد امواج گرم، که زاییده پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی است، باید توجه جدی‌تری به مطالعات سازگاری شود (Breshears *et al.*, 2021).

منابع

پورهاشمی، م.، جهانبازی گوجانی، ح.، حسین‌زاده، ج.، بردبار، س.ک.، ایران‌منش، ی. و خداکرمی، ی.، ۱۳۹۶. پیشینه زوال جنگل‌های بلوط زاگرس. طبیعت ایران، ۲(۱): ۳۷-۳۰. IRN.2017.109535/10.22092

جلیلی، ع. و پورهاشمی، م.، ۱۳۹۸. معرفی برنامه اقدام مشترک سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور در مدیریت بوم‌سازگان زاگرس. فصلنامه جنگل و مرتع، 116: 6-7. https://www.magiran.com/p2000305

Breshears, D.D., Fontaine, J.B., Ruthrof, K.X., Field, J.P., Feng, X., Burger, J.R. and Hardy, G.E.S.J., 2021. Underappreciated plant vulnerabilities to heat waves. New Phytologist, 231(1): 32-39. doi.org/10.1111/nph.17348

Colangelo, M., Rita, A., Borghetti, M., Julio Camarero, J., Gentilesca, T., Pericolo, O. and Ripullone, F., 2020. Drought-induced decline in oak Mediterranean forests: insights from wood anatomical traits. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 18443).10.5194 / egusphere-egu2020-18443

LeBlanc, D.C. and Berland, A.M., 2019. Spatial variation in oak (*Quercus* spp.) radial growth responses to drought stress in eastern North America. Canadian Journal of Forest Research, 48(8): 986-993. doi.org/10.1139/cjfr-2018-0360

Móricz, N., Illés, G., Mészáros, I., Garamszegi, B., Berki, I., Bakacsi, Z. and Németh, T.M. 2021. Different drought sensitivity traits of young sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) and Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands along a precipitation gradient in Hungary. Forest Ecology and Management, 492: 119165. doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119165

Neuwirth, B., Rabbel, I., Bendix, J., Bogena, H. R. and Thies, B., 2021. The European Heat Wave 2018: The Dendroecological Response of Oak and Spruce in Western Germany. Forests, 12(3): 283-290. doi.org/10.3390/f12030283

Pérez-Luque, A.J., Gea-Izquierdo, G. and Zamora, R., 2020. Land-use legacies and climate change as a double challenge to oak forest resilience: mismatches of geographical and ecological rear edges. Ecosystems, 1-19. doi.org/10.1594/PANGAEA.922054.

Rubio-Cuadrado, A., Camarero, J.J., Del Río, M., Sánchez-González, M., Ruiz-Peinado, R., Bravo-Oviedo, A. and Montes, F., 2018. Long-term impacts of drought on growth and forest dynamics in a temperate beech-oak-birch forest. Agricultural and Forest Meteorology, 259: 48-59. doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.04.015

Recanatesi, F., Piccinno, M., Cucca, B., Rossi, C.M. and Ripa, M.N., 2020. The contribution of remote sensing and silvicultural treatments to the assessment of decline in an Oak deciduous forest: The study case of a protected area in mediterranean environment. In International Conference on Computational Science and Its Applications (pp. 36-49). Springer, Cham. doi.org/10.1007/9

World Meteorological Organization. 20233. State of the global climate 2022. No. 1316.