

## آشکارسازی رخداد امواج گرما در سایت‌های پایش زوال زاگرس استان چهارمحال و بختیاری

فاطمه درگاهیان<sup>۱\*</sup> و سمانه رضوی‌زاده<sup>۲</sup>

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

پست الکترونیک: Dargahian@rifr.ac.ir

۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۵

### چکیده

یکی از مهمترین چالش‌هایی که در حال حاضر اکوسیستم جنگلی زاگرس با آن مواجه است، پدیده زوال بلوط می‌باشد. زوال بلوط متأثر از عوامل متعدد طبیعی و انسانی است. در بین عوامل طبیعی، امواج گرما که به‌عنوان پیامد تغییر اقلیم در دو دهه اخیر ظهور پیدا کرده است می‌تواند یکی از علل زوال جنگل‌های زاگرس باشد. برای مشخص کردن تأثیر امواج گرما بر زوال جنگل‌های استان چهارمحال و بختیاری، مهمترین ویژگی‌های امواج گرما شامل فراوانی روز همراه با موج گرم، تعداد رخداد‌های موج گرم و تداوم امواج گرم در چهار سایت پایش زوال بررسی شدند. از اطلاعات روزانه نزدیک‌ترین ایستگاه‌های سینوپتیک به سایت‌های زوال برای یک دوره کامل اقلیمی (۲۰۱۹-۱۹۹۱) استفاده شد. ویژگی‌های امواج با استفاده از مدل ClimPACT در محیط نرم‌افزار R 2.10 محاسبه شدند. سال شروع موج گرما در سایت‌های زوال و روند تغییرات و خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات با  $P\text{-value}=0.05$  استخراج شد. نتایج نشان داد که همه شاخص‌های موج گرما در سایت‌های پایش زوال روند افزایشی و معنی‌داری داشتند. شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در سایت‌های پایش چیگو و قلعه‌سماح از ۷ روز همراه با موج گرم شروع و به ۳۹ روز در سال ۲۰۱۹ رسید. در دو سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد ۱۰ روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۰۵ به ۳۸ روز در سال ۲۰۱۴ رسید. بیشترین فراوانی رخداد موج گرم در سایت‌های زوال چیگو و قلعه‌سماح در سال ۲۰۱۵ شش رخداد بود. در دو سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد بیشترین تعداد رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۴ هفت رخداد بود. بررسی شاخص فراوانی تداوم رخداد موج گرم در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماح نشان داد که بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به مدت ۳۲ روز بود. در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد نیز بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به مدت ۱۴ روز بود. مقایسه ویژگی‌های موج گرم بین سایت‌های پایش زوال نشان داد که در سایت‌های زوال چیگو و قلعه‌سماح که در عرض جغرافیایی پایین‌تری قرار دارند، همه ویژگی‌های موج گرما شدت بیشتری داشتند. با توجه به روند افزایش گرمایش جهانی و موقعیت جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری، انتظار می‌رود در آینده افزایش تعداد روزهای همراه با موج گرم، تعداد رخداد‌های موج گرم و تداوم بیشتر امواج گرما با شدت بیشتر ادامه داشته باشد. بنابراین، مدیران و تصمیم‌گیران باید راهکارهای سازگاری با این تغییرات را برای حفظ اکوسیستم اتخاذ کنند.

واژه‌های کلیدی: تداوم موج گرم، روز همراه با موج گرم، رخداد موج گرم، زوال بلوط.

## مقدمه

در دو دهه گذشته با قطعیت یافتن پدیده گرمایش جهانی به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم ناشی از آن، توجه پژوهشگران به مطالعه پیامدهای این پدیده از ابعاد مختلف معطوف شده است، بدون تردید دما مهمترین عامل محیطی کنترل‌کننده بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان از جمله فتوسنتز می‌باشد (Redden *et al.*, 2014). گرمایش جهانی ناشی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای و تغییر کاربری اراضی، موجب تغییرات آشکاری در فراسنج‌های اقلیمی ایران شده است. افزایش دما، کاهش بارش و افزایش فراوانی رخداد پدیده‌های مخرب جوی-اقلیمی در کشور به‌ویژه در دو دهه اخیر از آن جمله هستند (Intergovernmental Panel on Climate Change National Institute of Climatology – Mashhad, 2017). یکی از مهمترین چالش‌های محیط‌های طبیعی ایران، پدیده زوال جنگل‌های زاگرس است. البته تاکنون پژوهش‌های زیادی در رابطه با عوامل مؤثر بر زوال زاگرس انجام و عوامل متعددی باعث زوال جنگل‌های زاگرس و درختان بلوط شده است. آنچه مسلم است زوال بلوط‌های زاگرس یکباره به وجود نیامده، بلکه فشارهای وارده بر این بوم‌سازگان مهم جنگلی طی سال‌های متمادی زمینه‌ساز بروز بحران شده است (Pourhashemi *et al.*, 2017). عوامل اقلیمی آن دسته عواملی هستند که به تدریج می‌توانند بر بوم‌سازگان طبیعی تأثیر بگذارند. از مهمترین عوامل مؤثر بر زوال زاگرس می‌توان به عوامل اقلیمی (کاهش بارش، افزایش دما و طول دوره خشکی) اشاره کرد (Badehyan *et al.*, 2018). تنش‌های ناشی از خشک‌سالی‌های اخیر و نفوذ ریزگردها سبب ضعف فیزیولوژیک درختان بلوط شده است، به طوری که حمله حشرات و عوامل بیماری‌زا سبب خشکیدگی درختان بلوط در جنگل‌های زاگرس شده است (Mahdavi *et al.*, 2015). بررسی ارتباط بین عوامل اقلیمی با زوال جنگل‌های زاگرس نشان می‌دهد که یکی از مهمترین دلایل خشکیدگی می‌تواند تغییر عوامل اقلیمی و تبخیر تعرق مرجع در طی زمانی کوتاه باشد (Attarod *et al.*, 2016).

بررسی عوامل اقلیمی تأثیرگذار مانند گردوغبار، بارش و دما بر زوال درختان بلوط براساس دایره‌های رویش سالانه درختان در توده‌های جنگلی بلوط استان ایلام با استفاده از مطالعات گاه‌شماری نشان داد که پس از سال ۱۳۸۰، میزان رویش کاهش پیدا کرده و از سوی دیگر افزایش گردوغبار، افزایش دما و کاهش بارندگی سالانه، باعث شده تا با توجه به استعداد منطقه، گونه‌های بلوط ایرانی دچار استرس و تنش شوند (Ahmadi *et al.*, 2018). تأثیر عوامل اقلیمی به گونه‌ای است که حتی با بهبود شرایط ممکن است جبران خسارت امکان‌پذیر نباشد (Poursartip *et al.*, 2017). برای بررسی ارتباط تغییر اقلیم با زوال جنگل‌های استان ایلام ترکیبی از روش‌های میدانی، آزمایشگاهی، سنجش از دوری و آماری استفاده شد و نتایج نشان داد که سرخشکیدگی، پدیده غالب در بیشتر جنگل‌های استان است که برای برخی از مناطق به صورت پهنه‌ای رخ داده است. نتایج دورسنجی نشان داد اولین کاهش قابل توجه سبزی‌نگی در سال ۲۰۰۵ (۱۳۸۳) و بیشترین در سال ۲۰۰۸ می‌باشد. براساس نتایج مطالعات میدانی و آزمایشگاهی مشخص شد که از سال ۱۹۹۸ به بعد روند کاهش رویش درختان شروع و تا سال ۲۰۱۳ ادامه داشته است. همزمانی کاهش بارش، کاهش رطوبت خاک و افزایش دما با کاهش رویش درختان منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده اثر مستقیم شرایط اقلیمی بر رویش درختان است. از سوی دیگر فراهم شدن شرایط اقلیمی بهینه برای طغیان آفت و بیماری‌ها بیانگر اثر غیرمستقیم اقلیم در خشکیدگی جنگل‌های استان ایلام است (Azizi *et al.*, 2015). ارزیابی و پیش‌بینی خشکیدگی جنگل‌های بلوط زاگرس میانی (بخش لرستان) با رویکرد تغییر اقلیم برای ۱۱۰ نقطه از جنگل‌های بلوط لرستان نشان داد که خشکیدگی جنگل‌های بلوط در چهار ناحیه فاقد خشکیدگی، با خشکیدگی نرمال، با خشکیدگی زیاد و با خشکیدگی بسیار زیاد قابل تقسیم است. بررسی نوسان‌های حاکم بر نواحی خشکیدگی نیز نشان‌دهنده وجود چرخه‌های کوتاه‌مدت اغلب ۲ تا ۴ ساله نوسان‌ها بر شاخص‌های خشکیدگی است (Shiravand *et al.*, 2019).

زمین فرکانس و مدت زمان این روند بدتر شود (Perkins-Kirkpatrick & Lewis, 2020). امواج گرما باعث از بین رفتن کشاورزی، مرگ و میر جنگلها و کمبود آب آشامیدنی می شود، پیش بینی افزایش فراوانی و شدت آنها تهدیدهای جدی برای امنیت غذایی آینده است (Miralles *et al.*, 2019). امواج گرما سلامت زندگی انسان، جانوران و گیاهان را تهدید می کند (Kjellstrom, 2016; Kew *et al.*, 2019; Habeeb *et al.*, 2015; Amengual *et al.*, 2014). در ایران مطالعات زیادی در رابطه با رخداد امواج گرما انجام شده است: شناسایی موج های گرمایی ایران (Esmaili *et al.*, 2013)، شناسایی امواج گرمایی برای ایستگاه های ساحلی و دریای جنوب ایران (Dargahian & Rezaei, 2014)، تحلیل فضایی - زمانی امواج گرمایی خراسان رضوی (Sadeghi *et al.*, 2015)، واکاوی موج های گرمایی شهر اهواز (Tavosi & Hossein Abadi, 2016)، طبقه بندی امواج گرمایی کرمان (Ghavidel Rahimi & Rezaei, 2016)، شناسایی رخداد های حدی سرد (گرم) در سواحل جنوبی دریای خزر (Ghasemifar, 2017) و فراوانی و شدت امواج گرمایی در شمال غرب ایران (Hatami Zarneh *et al.*, 2019)، شبیه سازی آستانه دمای منجر به رخداد موج گرما در مناطق مختلف کشور (Rezaei *et al.*, 2019). بررسی نواحی امواج گرمایی ایران نشان داد ناحیه کوهستانی و کوهپایه های با متوسط ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا در راستای رشته کوه البرز و زاگرس، بیشترین فراوانی وقوع موج گرما را دارند و نواحی ساحلی شمال و جنوب ایران با متوسط ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر کمترین موج گرما را تجربه کرده اند (Etemadian *et al.*, 2021).

متغیر دما کنترل گسترده ای بر توزیع جغرافیایی بلوط ایرانی دارد و بلوط ایرانی به جای متغیرهای بارش، پاسخ قوی تری به دما نشان می دهد (Valavi *et al.*, 2019). بنابراین، در این پژوهش برای مشخص کردن تغییر اقلیم در اکوسیستم زاگرس از شاخص های مربوط به رخداد امواج گرما استفاده شده است. بدین منظور شیب روند و معنی داری

ترکیبی از عوامل انسانی و طبیعی به ویژه متغیرهای اقلیمی بر زوال جنگل های زاگرس مؤثر بوده است، اما آنچه که عوامل انسانی را نیز تحت الشعاع قرار می دهد تا حد زیادی عوامل اقلیمی است. بنابراین با توجه به اینکه عوامل اقلیمی بیشترین تأثیر را بر خشکیدگی درختان بلوط داشته است، دو راه حل اساسی در زمینه کاهش آثار اقلیم، مقابله و سازگاری با تغییرات اقلیم است. از آنجایی که مقابله مقوله ای دشوار و پیچیده است، سازگاری با تغییرات، راهکار مناسب تری به نظر می رسد. در استان کرمانشاه با هدف یافتن رویکردهای مناسب برای سازگاری با تغییرات اقلیمی برای کاهش شدت خشکیدگی درختان بلوط از روش های مناسب جهت استحصال آب باران و حفظ رطوبت خاک استفاده شده است (Heshmati *et al.*, 2017). استفاده از دو روش ذخیره نزولات جوی به صورت بانکت های خطی و هلالی برای مقابله با شرایط بحرانی جنگل های در معرض خطر خشکیدگی بلوط، واقع در بخش چوار استان ایلام، در مقایسه با شاهد (بدون ذخیره) بررسی شد. بررسی تغییر درجه شادابی و سلامت درختان نشان داد که بین تیمار ذخیره نزولات و تیمار شاهد در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد که بیانگر تأثیر مثبت ذخیره نزولات در تغییر درجه سلامت درختان دچار خشکیدگی است. بنابراین، ذخیره نزولات جوی برای افزایش رطوبت خاک و بهبود سلامت و شادابی درختان دچار خشکیدگی، قابل توصیه است (Hosseinzadeh *et al.*, 2019). به نحوی که گامی اساسی در جهت سازگاری با تغییر اقلیم با هدف حفظ اکوسیستم زاگرس است.

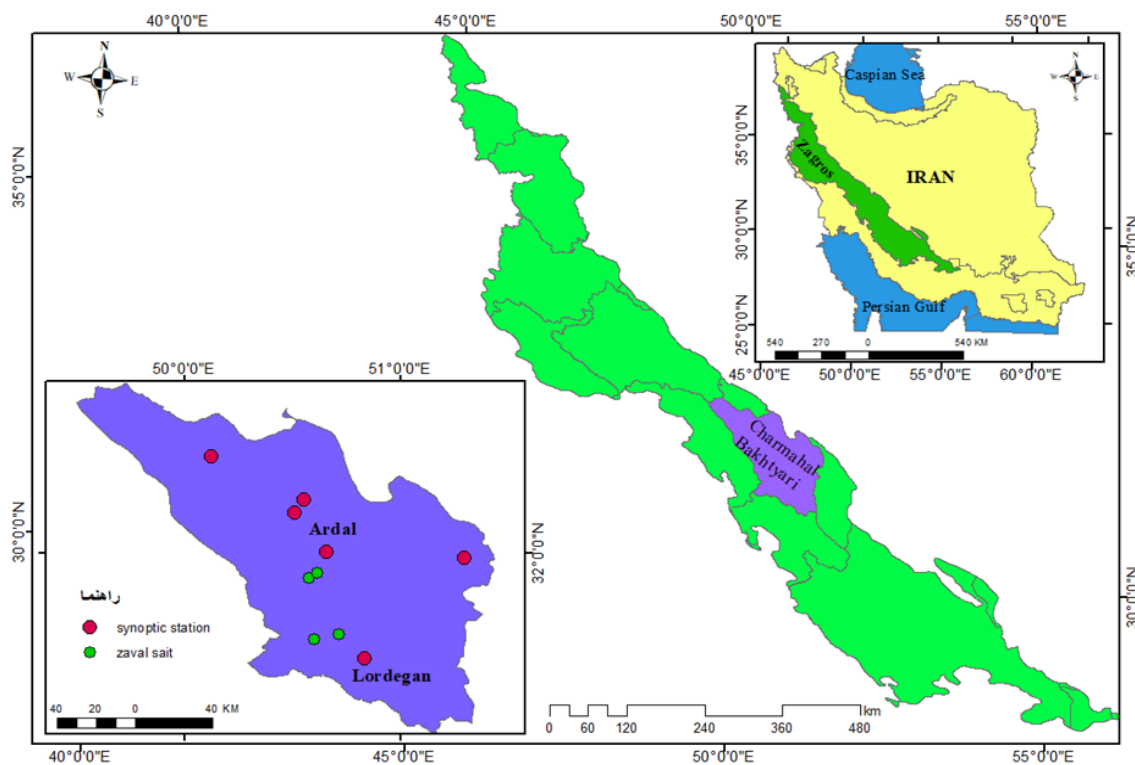
به طور کلی در برخی مطالعات به نقش عوامل اقلیمی مانند میانگین دما، بارش، رطوبت و تبخیر پرداخته شده است اما آشکار سازی تغییر اقلیم از طریق پایش شاخص های استاندارد جهانی مانند نمایه های حدی یا اکستریم ها انجام نشده است. یکی از مهمترین شاخص های تغییر اقلیم رخداد روزهای همراه با موج گرم و شدت و تداوم آن است. امواج گرما در بیشتر نقاط دنیا روند افزایشی داشته اند، پیش بینی می شود که تحت افزایش گرم شدن کره

ویژگی‌های امواج گرما از قبیل روزهای همراه با موج گرم تعداد رخداد‌های موج گرم و تداوم موج گرم در نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به سایت‌های پایش زوال زاگرس چیگو و قلعه‌سماح (لردگان) و سایت‌های زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد (اردل) بررسی شد تا تهدید ناشی از رخداد موج گرم در این بخش از زاگرس شناسایی و برای آگاهی در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان اکوسیستم جنگلی زاگرس قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

اولین گزارش‌های مربوط به رخداد زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس به دهه ۱۳۸۰ برمی‌گردد



شکل ۱- موقعیت سایت‌های پایش زوال و نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک در استان چهارمحال و بختیاری

Figure 1. Location of decay monitoring sites and the nearest synoptic station in Chaharmahal- Bakhtiari province

آماري مناسب تعداد آنها بسيار کم بود. برای بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی امواج گرمایشی از سه معیار تعداد رخداد امواج گرما، فراوانی روزهای همراه با امواج گرما،

در پژوهش پیش‌رو، ابتدا داده‌های مربوط به دمای روزانه برای ورود به مدل ClimPACT بررسی و داده‌های گم‌شده بازسازی شدند، هر چند که به دلیل انتخاب دوره

آشکارکننده تصمیم‌گیری و آن را ارائه می‌دهد. در هر مکانی با توجه به شرایط منطقه شاخص‌ها غربالگری و بومی‌سازی می‌شوند. براساس شاخص‌های تعریف شده توسط تیم کارشناسی ETCCDMI شاخص امواج گرمایی بر پایه روابط زیر محاسبه می‌شود ( Lisa Alexander, 2015).

شاخص تعداد رخداد موج گرم (Heat Wave Number) اگر شرایط رخداد موج گرم حداقل سه روز تداوم داشته باشد، یک رخداد محسوب می‌شود که برای آن حداکثری در نظر گرفته نمی‌شود. شمارش تعداد این رخدادها با توجه به اینکه منطقه در نیمکره تابستان یا نیمکره شمالی واقع شده است از ماه می تا سپتامبر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین رخداد موج گرم هنگامی رخ می‌دهد که در آن،  $i$  برابر با روز و  $j$  به معنی دوره یا مجموعه زمانی است.

$$HWN_{TX90} > TXib90p$$

$$HWN_{TN90} > TNib90p$$

$$EHF > 0$$

در این رابطه،  $TM$  میانگین دما،  $TX$  دمای حداکثر و  $TN$  دمای حداقل است. همچنین

$$EHF = \max [1, EHI_{acc}] \times EHI_{sig}$$

$$\text{and } EHI_{acc} = (TM_i + TM_{i-1} + TM_{i-2})/3 - (TM_{i-3} + \dots + TM_{i-32})/30$$

$$\text{and } EHI_{sig} = (TM_i + TM_{i-1} + TM_{i-2})/3 - TM_{ij}$$

محوریت هر روز تقویمی در دوره پایه  $b$  (برای نمونه ۱۹۹۱-۲۰۰۰) محاسبه می‌شود.

$TM_{ij}$  دمای متوسط روزانه (یعنی  $(TX_{ij} + TN_{ij})/2$ ) در روز  $i$  در دوره  $j$  باشد.  $TMib90p$  را به‌عنوان روز تقویمی ۹۰ درصد میانگین روزانه دمای محاسبه شده برای بازه زمانی پنج روزه با محوریت هر روز تقویمی در دوره پایه  $b$  (برای نمونه ۱۹۹۱-۲۰۰۰) محاسبه می‌شود.

تداوم امواج گرم که توسط تیم کارشناسی شاخص‌های آشکارکننده تعریف شده بودند، استفاده شد.

این معیارها با استفاده از مدل ClimPACT محاسبه شدند. مدل ClimPACT مبتنی بر نرم‌افزار RclimDEX است که توسط سازمان‌های WMO/ CCI / CLIVAR / JCOMM و تیم متخصص در زمینه شناسایی شاخص‌های تغییر آب‌وهوا (ETCCDI) تهیه شده است. این نرم‌افزار در محیط نرم‌افزار R 2.10 اجرا می‌شود. یکی از مزایای این نرم‌افزار آن است که قبل از محاسبه معیارها، کیفیت داده‌ها را بررسی و اطلاعات نادرست و داده‌های پرت را مشخص می‌کند. پس از آن، شاخص‌های اقلیمی براساس داده‌های روزانه محاسبه می‌شوند. هدف ETCCDMI تعیین مجموعه استاندارد از شاخص‌هایی است که بتوان با استفاده از آنها ویژگی‌های تغییر اقلیم در مناطق مختلف را بررسی و مقایسه کرد. از آنجایی که براساس میانگین‌ها نمی‌توان رخداد تغییر اقلیم را نشان داد، براساس شاخص‌های استاندارد جهانی که مورد تأیید سازمان هواشناسی جهانی و چندین سازمان مرتبط دیگر از جمله کمیسیون اقلیم‌شناسی و غیره است، یک تیم کارشناس در زمینه تعریف و تعیین شاخص‌های

که در آن،  $TX_{ij}$  حداکثر دمای روزانه در روز  $i$  در دوره  $j$  باشد،  $TXib90p$  را به‌عنوان روز تقویمی صدک ۹۰ درصد حداکثر دمای روزانه محاسبه شده برای بازه پنج روزه با محوریت هر روز تقویمی در دوره پایه  $b$  (برای نمونه ۱۹۹۱-۲۰۰۰) محاسبه می‌شود.

$TN_{ij}$  حداقل دمای روزانه در روز  $i$  در دوره  $j$  باشد،  $TNib90p$  را به‌عنوان روز تقویمی ۹۰ درصد حداقل درجه حرارت روزانه محاسبه شده برای بازه زمانی پنج روزه با

تغییرات با  $P\text{-value}=0.05$  شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داده شده است. بررسی شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم این ایستگاه نشان داد که در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. هرچند در سال ۱۹۹۴، ۱۲ روز همراه با موج گرم رخ داده است؛ اما این شاخص به‌طور مداوم و پیوسته از سال ۲۰۰۵ در محدوده سایت‌های زوال ظهور پیدا کرده است و با شیب تندی روند افزایش و معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که از ۷ روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۰۵ به ۳۹ روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۱۹ رسیده است. بررسی شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد در دو سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۰۵ شروع شده و حداکثر آن در سال ۲۰۱۴ به ۳۸ روز رسیده است (شکل ۳).

### شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم ( Heat Wave Frequency)

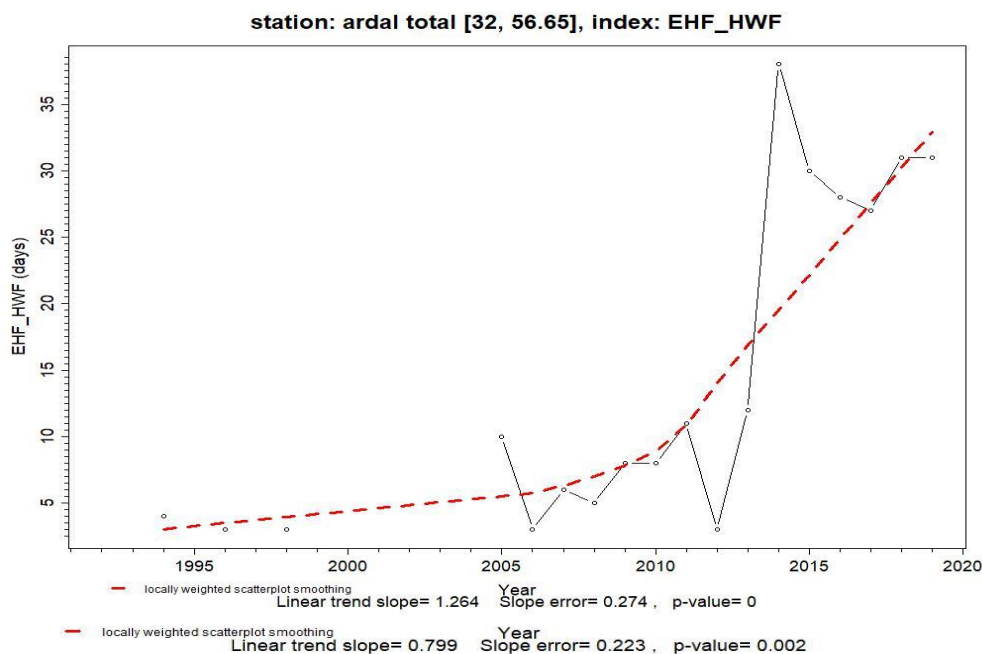
براساس رابطه ۱ با در نظر گرفتن شرایط حداقل ۳ روز برای رخداد یک موج گرم، شمارش روزهایی از سال که دارای چنین شرایطی است به‌عنوان روزهای همراه با موج گرم در نظر گرفته می‌شود.

### شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم ( Heat Wave Duration)

براساس رابطه ۱ با در نظر گرفتن شرایط حداقل ۳ روز برای رخداد یک موج گرم، طولانی‌ترین طول موج رخ داده برای هر سال در نظر گرفته می‌شود.

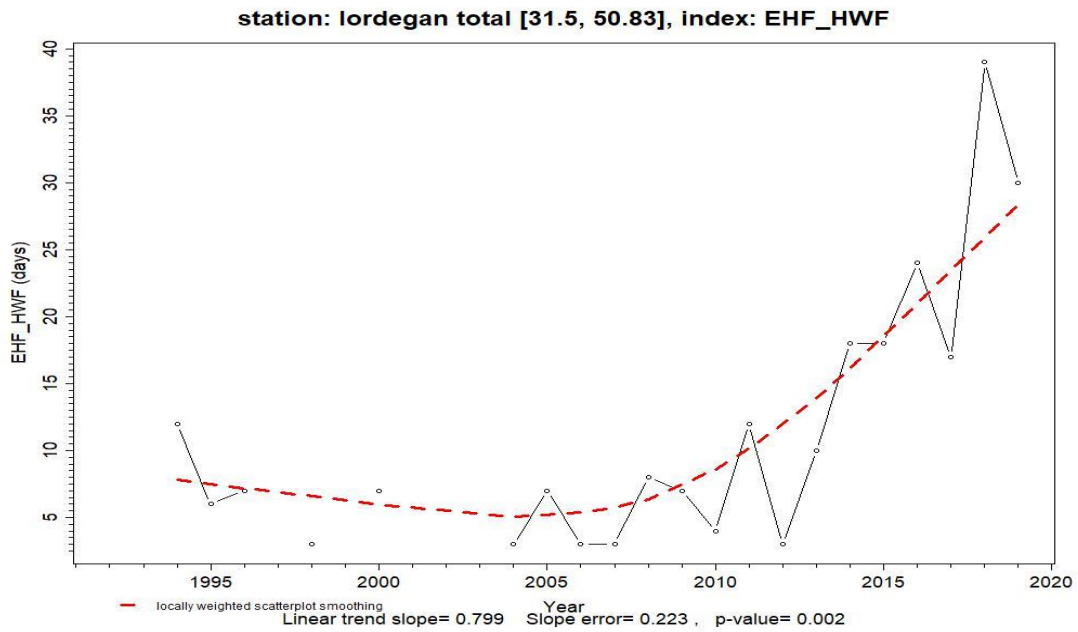
### نتایج

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در شکل ۲ شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری

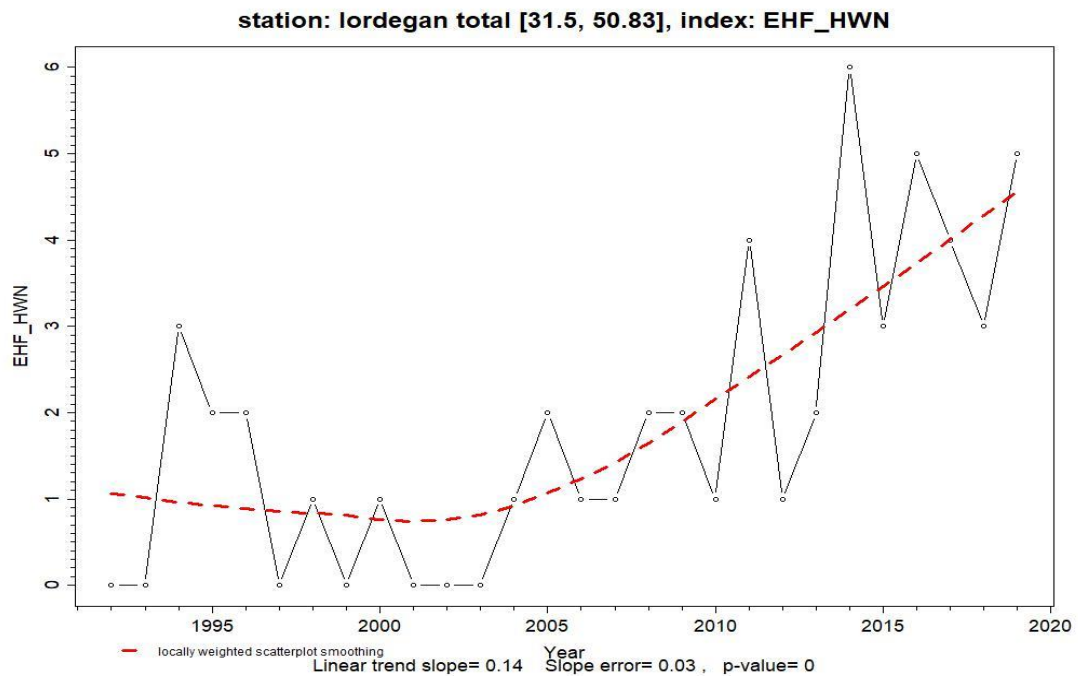


شکل ۲- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم ایستگاه سینوپتیک لردگان (سایت چیگو و قلعه‌سماع)

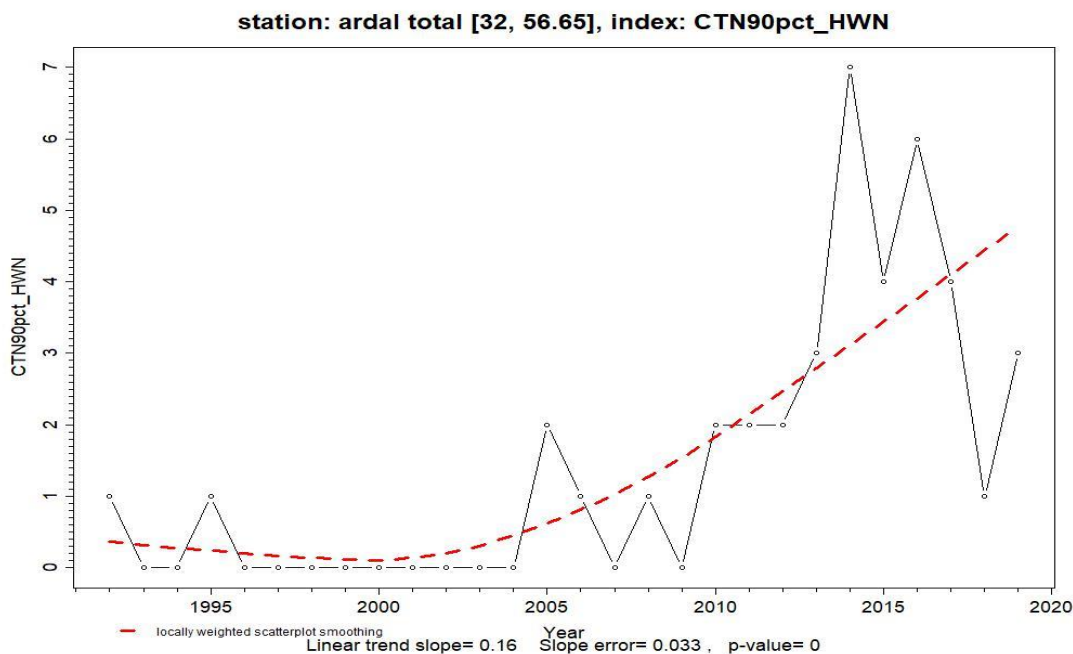
Figure 2. Trend changes and significance of the frequency index of the day along with the hot wave of Lordegan synoptic station (Chigo and Qala-e-Sama site)



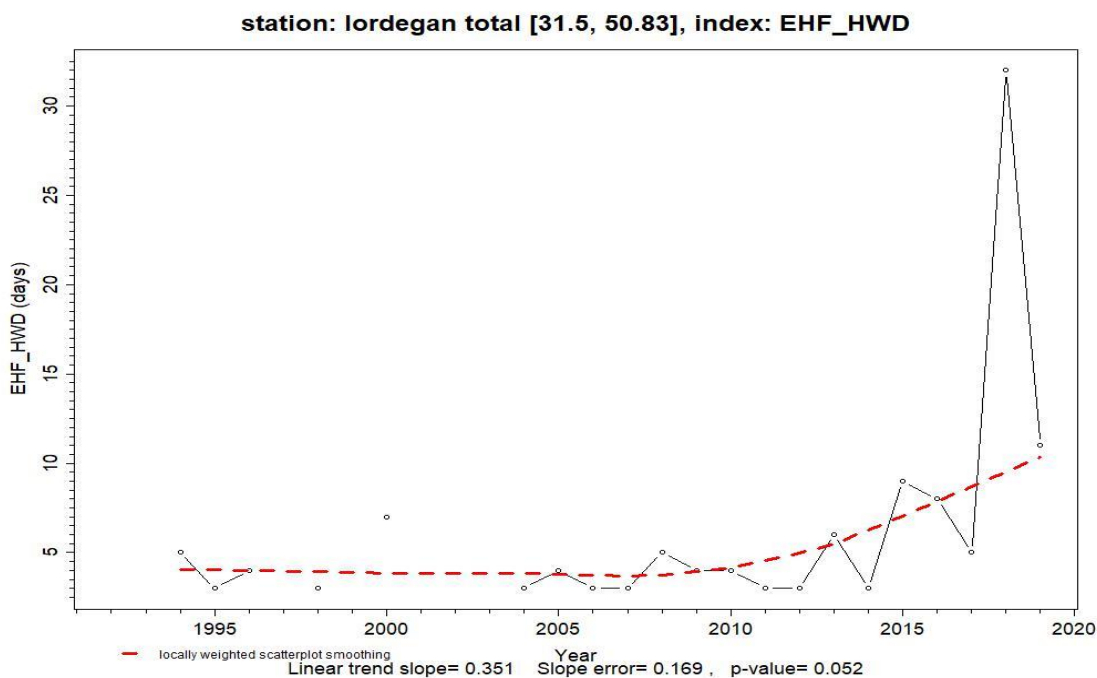
شکل ۳- تغییرات روند و معنی داری شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم ایستگاه سینوپتیک اردل (سایت گل سفید و رحیم آباد)  
**Figure 3. Changes in trend and significance of day frequency index with hot wave of Ardal synoptic station (Gelsfid and Rahimabad sites)**



شکل ۴- تغییرات روند و معنی داری شاخص فراوانی تعداد رخداد موج گرم ایستگاه سینوپتیک لردگان (سایت چیگو و قلعه سماع)  
**Figure 4. Trend changes and significance of frequency index of number of hot wave events of Lordegan synoptic station (Chigo and Qala-e-Sama site)**



شکل ۵- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص فراوانی تعداد رخداد موج گرم ایستگاه سینوپتیک لردگان (سایت گلسفید و رحیم آباد)  
**Figure 5. Trend changes and significance of frequency index of number of hot wave events of Lordegan synoptic station (Gelsefid and Rahimaabad sites)**

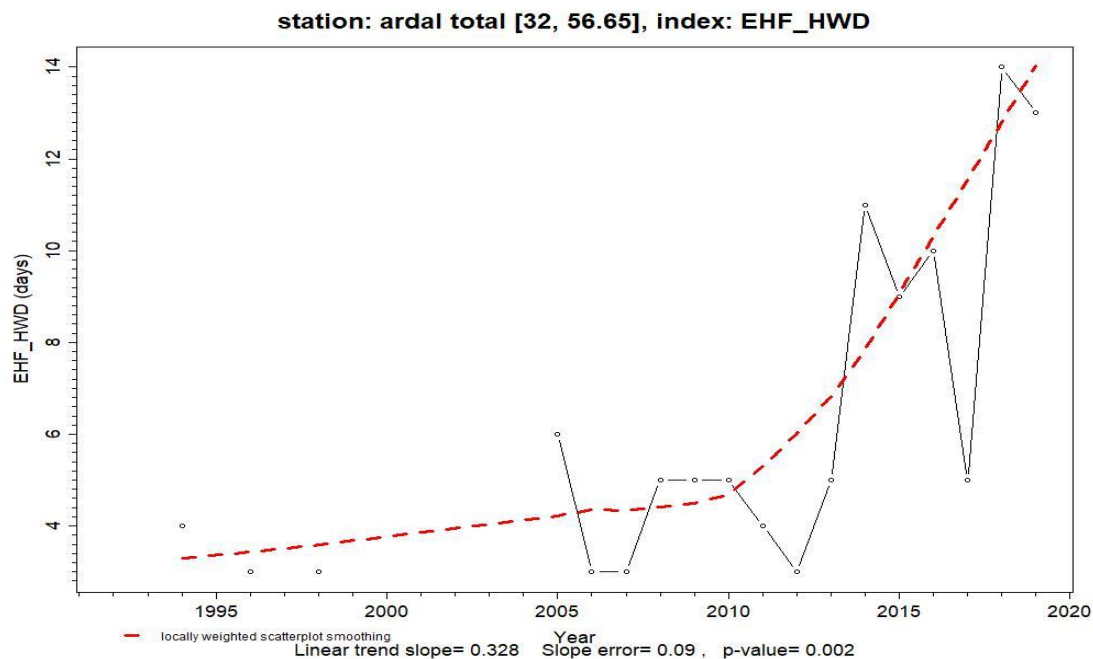


شکل ۶- تغییرات روند و معنی‌داری تداوم رخداد موج گرم ایستگاه سینوپتیک لردگان (سایت چیگو و قلعه‌سماع)  
**Figure 6. Trend changes and significance of the continuation of the hot wave occurrence of Lordegan Synoptic Station (Chigo site and Qala-e-Sama)**



است. این شاخص از سال ۲۰۰۵ در محدوده سایت‌های زوال با شیب تندی روند افزایشی و معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به ۳۲ روز رسیده است. بررسی شاخص فراوانی تداوم رخداد موج گرم این ایستگاه نشان داد که در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار داشته است. با وجود اینکه بیشترین رخدادها در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ رخ داده است، اما بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به ۱۴ روز رسیده است (شکل ۷).

تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم رخداد موج گرم در شکل ۶ شیب خط روند، خطای شیب روند و معنی‌داری تغییرات شاخص فراوانی تداوم رخداد موج گرم در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داده شده است. بررسی شاخص فراوانی تداوم رخداد موج گرم این ایستگاه نشان داد که در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۵ درصد داشته است. در سال ۱۹۹۴ سه رخداد موج گرم طی ۱۲ روز رخ داده است. بیشترین تداوم موج گرم در این سال ۵ روز بوده



شکل ۷- تغییرات روند و معنی‌داری شاخص تداوم رخداد موج گرم ایستگاه سینوپتیک اردل (سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد)

**Figure 7. Trend changes and significance of the continuation of the hot wave occurrence of Lordegan Synoptic Station (Gelsefid and Rahimaabad sites)**

است. فراوانی، شدت و مدت موج گرم طی دو دهه اخیر یکی از پیامدهای تغییر اقلیم در اکوسیستم زاگرس به‌ویژه در محدوده سایت‌های پایش زوال بوده است. هرچند پدیده زوال زاگرس معلول عوامل مختلفی است و در پژوهش‌های گوناگون ارتباط آن با عوامل مختلف اقلیمی بررسی شده است: ارتباط زوال با خشک‌سالی و تغییرات اقلیمی (Clatterbuck & Kauffman, 2006)، کاهش شدید

## بحث

گرم شدن آب‌وهوا، شدت و مدت خشک‌سالی و موج گرما را افزایش دهد. بنابراین، تغییرات آب‌وهوایی می‌تواند نابودی جنگل را در بسیاری از اکوسیستم‌های جهان، به‌ویژه در جنگل‌های نیمه‌خشک افزایش دهد (Ogaya et al., 2020). افزایش دما به دلیل گرم شدن کره زمین باعث افزایش فرکانس و شدت امواج گرما در سراسر جهان شده

زوال یافته بلوط در منطقه دالاب استان ایلام نشان داد، مرگ بیشتر درختان در سال ۱۳۸۷ رخ داده است. باین حال، تحلیل داده‌ها نشان داد که علائم بیماری از چندین سال پیش از خشکیدگی در بافت چوبی ظاهر می‌شود. به‌نحوی که تا قبل از دهه ۸۰ درختان زوال یافته با افزایش تعداد آندها با خشکیدگی مقابله کردند (دوران کمون بیماری)، اما از اوایل دهه ۸۰ تا زمان مرگ، درختان بیمار دیگر توان تولید آوند بیشتر را نداشتند (دوران ظهور بیماری) (Najafi Harsini et al., 2018). در این تحقیق نیز نتایج نشان داد، با وجود شروع رخداد امواج گرما قبل از سال ۱۹۹۸ با فراوانی کم، اما به‌طور پیوسته از سال ۲۰۰۵ با شیب تند افزایشی و معنی‌داری بر فراوانی شدت و مدت امواج گرما افزوده شده است که با نتایج بررسی ارتباط تغییر اقلیم با زوال جنگل‌های استان ایلام که اولین کاهش قابل توجه سبزی‌نگی در سال ۲۰۰۵ (۱۳۸۳) و کاهش رویش درختان از سال ۱۹۹۸ بوده است، مطابقت دارد (Azizi et al., 2015). رخداد امواج گرما منجر به تنش و استرس گرمایی بر درختان بیش از حد آستانه تحمل آنها شده و منجر به خشکیدگی و زوال آنها می‌شود. شاخص فراوانی روز همراه با موج گرم در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع روند افزایشی و معنی‌دار داشته است. این شاخص به‌طور مداوم و پیوسته از سال ۲۰۰۵ با ۷ روز همراه با موج گرم شروع و به ۳۹ روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۱۹ رسیده است. در دو سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد از ... روز همراه با موج گرم در سال ۲۰۰۵ شروع شد و حداکثر آن در سال ۲۰۱۴ به ۳۸ روز رسیده است.

بررسی شاخص فراوانی تعداد رخداد موج گرم در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع نشان داد این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار داشته و بیشترین تعداد رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۵ با شش رخداد بوده است. در دو سایت گل‌سفید و رحیم‌آباد این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار داشته است و بیشترین تعداد رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۴ با هفت رخداد بوده است. بررسی شاخص فراوانی تعداد رخداد موج گرم در دو سایت زوال چیگو و قلعه‌سماع نشان

بارندگی در نیمسال اول سال و زوال بلوط در آبنین لوکانیان (جنوب ایتالیا) (Conte et al., 2019)، ارتباط بین بارش بهار و زوال بلوط در جنگل‌های منطقه مدیترانه (Romagnoli et al., 2018)، ارتباط برگ‌زدایی و مرگ‌ومیر سالانه درختان بلوط با میانگین دمای سالانه و شاخص استاندارد بارش - تبخیر و تعرق (Gea-Izquierdo et al., 2021)، ارتباط بین عوامل اقلیمی و تبخیر و تعرق مرجع با زوال جنگل‌های زاگرس در استان لرستان (Attarod et al., 2016)، از دست رفتن سریع رطوبت خاک و تشدید اثر تنش‌های رطوبتی و زوال بلوط ایرانی (Hosseinzadeh & Pourhashemi, 2017)، ارتباط بین تغییر پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق مرجع با زوال اکوسیستم‌های جنگل در ناحیه زاگرس شمالی (Dolatshahi et al., 2017)، ارتباط ریزش جنگل در دورود استان لرستان بارندگی و دما (Goodarzi et al., 2019)، ارتباط زوال و خشکیدگی جنگل‌های بلوط استان ایلام و خشک‌سالی و تغییر اقلیم (Karamian & Mirzaei, 2020)، زوال بلوط در استان ایلام با تغییر اقلیم (Bedrood et al., 2021)، خشک‌سالی و گرمایش جهانی در زوال جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه (Sabernasab et al., 2020). اما در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های استاندارد جهانی مشخص‌کننده رخداد تغییر اقلیم، شاخص‌های مربوط به ویژگی‌های امواج گرما تفکیک و شیب روند و معنی‌داری تغییرات این شاخص‌ها در ایستگاه‌های سینوپتیک نزدیک به سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری بررسی شد. نتایج نشان داد، ظهور امواج گرما تقریباً با شروع زوال زاگرس در اوایل دهه ۸۰ همخوانی دارد و ویژگی‌های موج گرم شامل تعداد روزهای همراه با موج گرم، تعداد رخداد موج گرم و تداوم موج گرم می‌تواند یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر زوال زاگرس باشد. اگرچه افزایش دما از اوایل دهه ۸۰ شروع شده، اما شروع رخداد امواج نزدیک به زمان رخداد بحران زوال در سال ۱۳۸۸ بوده است. مقایسه پهنای حلقه‌های رویشی و اندازه و تعداد آندها بر ابتلای درختان به بیماری بین درختان سالم و

شود، تا بتوان برای برنامه‌های عملیات احیای جنگل از آنها استفاده کرد و در آینده زاگرس بتواند به‌عنوان یک اکوسیستم جنگلی ادامه حیات داشته باشد.

### سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح ملی آشکارسازی روند تغییر اقلیم و پایش خشک‌سالی و گردوغبار در سایت‌های زوال جنگل‌های زاگرس در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور است، بدین‌وسیله از معاون محترم پژوهشی مؤسسه قدردانی می‌شود.

### منابع مورداستفاده

- Ahmadi, R., Fathi, H., Nouri Nejad, J. and Jafarzadeh, A.A., 2018. The role of climatic factors (dust, rainfall and temperature) on the decay and death of oak trees in Ilam province, 2nd International Dust Conference, Ilam, Ilam University, 5-7 April, pp: 1-7.
- Amengual, A., Homar, V., Romero, R., Brooks, H. E., Ramis, C., Gordaliza, M. and Alonso, S., 2014. Projections of heat waves with high impact on human health in Europe. *Global and Planetary Change*, 119: 71-84.
- Azizi, G., Miri, M., Mohammadi, H. and Pourhashemi, M., 2015. Analysis of relationship between forest decline and precipitation changes in Ilam province. *Journal of Forest and Poplar Research*, 23(3): 502-515.
- Attarod, P., Sadeghi, S.M., Taheri Sartshanizi, F., Saroei, S., Abbasian, P., Masihpoor, M., Kordrostami, F. and Dirikvandi, A., 2016. The effect of climatic factors and evapotranspiration on the decline of Central Zagros forests in Lorestan province. *Research on Protection and Conservation of Forests and Rangelands of Iran*, 13(2): 97-112.
- Badehyan, Z., Karami, M., Rashidi, M. and Rahimi, M., 2018. Effect of the oak decline on the secondary compositions in oak leaves Case study: Zagros forest- Lorestan. *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(32): 236-246.
- Bedrood, F., Ghazamfari, H. and Valipour, A., 2021. Application of the logical framework analysis for planning and evaluation of oak decline's forest management plan. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 29(1): 53-64.
- Clatterbuck, W.K. and Kauffman, W.B., 2006. Managing oak decline, professional hardwood notes,

داد که این شاخص روند افزایشی و معنی‌دار داشته است و بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به ۳۲ روز رسیده است. در دو سایت زوال گل‌سفید و رحیم‌آباد هم تداوم رخداد موج گرم روند افزایشی و معنی‌دار داشته است و بیشترین تداوم رخداد موج گرم در سال ۲۰۱۸ به ۱۴ روز رسیده است. با توجه به روند افزایش گرمایش جهانی و موقعیت جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری، انتظار می‌رود در آینده افزایش تعداد روزهای همراه با موج گرم، تعداد رخداد‌های موج گرم و تداوم بیشتر امواج گرما با شدت بیشتری ادامه داشته باشد. بنابراین، مدیران و تصمیم‌گیران باید راهکارهای سازگاری با این تغییرات را برای حفظ اکوسیستم اتخاذ کنند.

پارامترهای اقلیمی مؤلفه‌هایی هستند که به‌طور منظم اندازه‌گیری شده‌اند و اطلاعات مربوط به آنها موجود است، اما اطلاعات مربوط به میزان خشکیدگی به‌صورت کلی بوده، بنابراین نمی‌توان به‌صورت کمی بین آنها میزان ارتباط را با عدد بیان کرد. اطلاعاتی که در مورد میزان زوال جنگل‌های زاگرس به‌ویژه درختان بلوط وجود دارد چه از نظر زمانی و چه از نظر مکانی به‌صورت موردی هستند و بانک اطلاعاتی یکدستی از زمان زوال پدیده در قسمت‌های مختلف وجود ندارد. با توجه به اهمیت اکوسیستم جنگلی زاگرس و نقش عوامل متعدد در زوال و خشکیدگی آن، پیشنهاد می‌شود که تمام عوامل به‌طور همزمان و در ارتباط با هم در یک شرایط همدیدی مطالعه و سهم هر یک از عوامل به‌طور تقریبی مشخص شود تا براساس اهمیت عوامل مهمتر بتوان در جهت کاهش روند زوال و خشکیدگی گام برداشت، این شرایط را باید با توجه به اولویت مناطق آسیب‌دیده‌تر در نظر گرفت و پایش روند تغییرات این پدیده تنها در غالب طرح‌های چندساله نباشد و بانک اطلاعات زوال برای سال‌های بعد هم در نظر گرفته شود. با توجه به روند افزایش دمای جهانی و تأثیرپذیری بیشتر این بخش از زاگرس و موقعیت قرارگیری در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر، بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات مربوط به پایش زوال حتماً گونه‌های مقاوم‌تر به تغییرات رخ داده در دما شناسایی

- relationship with greenhouse gases and global land-ocean temperature anomalies. *Journal of Researches in Geographical Sciences*, 19(52): 35-56.
- Heshmati, M., Gheitouri, M., Sheikhvaisi, M., Arabkhedri, M. and Hosini, M., 2017. Combating the forest mortality crises in Zagros regions, Iran through adaptive approaches solutions. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(3): 125-141.
- Habeb, D., Vargo, J. and Stone, B., 2015. Rising heat wave trends in large US cities. *Natural Hazards*, 76(3): 1651-1665.
- Hoseinzadeh, J., Mohammad pour, M. and Aazami, A., 2019. The impact of rainwater harvesting on improving the condition of Iranian Oak declined trees (Case study: Chavar forests of Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 17(1): 14-25.
- Intergovernmental Panel on Climate Change National Institute of Climatology- Mashhad, 2017. Detection, evaluation of the effects and prospects of climate change in Iran during the 21st century.
- Karamian, M. and mirzaei, J., 2020. The most important factors affecting persian oak (*Quercus brantii*) decline in Ilam province. *Ecology of Iranian Forest*, 8(15): 93-103 (In Persian).
- Kew, S.F., Philip, S.Y., Jan van Oldenborgh, G., van der Schrier, G., Otto, F.E. and Vautard, R., 2019. The exceptional summer heat wave in southern Europe 2017. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(1): S49-S53.
- Kjellstrom, T., 2016. Impact of climate conditions on occupational health and related economic losses: a new feature of global and urban health in the context of climate change. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 28(2): 28S-37S.
- Lisa Alexander, C., 2015. WMO CCI Expert Team on Sector-specific Climate Indices (ET SCI) Workshop, Nadi, Fiji 7<sup>th</sup>-11th.
- Mahdavi, A., Mirzaei Zadeh, V., Niknezhad, M. and Karami, O., 2015. Assessment and prediction of oak trees decline using logistic regression model (Case study: Bivareh forest, Malekshahi-Ilam). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 13(1): 20-33.
- Miralles, D.G., Gentile, P., Seneviratne, S.I. and Teuling, A.J., 2019. Land-atmospheric feedbacks during droughts and heatwaves: state of the science and current challenges. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436(1): 19.
- Najafi Harsini, F., Oladi, R. and Pourtahmasi, K., 2018. The mutual relationship between early wood vessel features of persian oak (*Quercus brantii* Lindl.) and University of Kentucky's Cooperative Extension Publication FOR-099, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, 6p.
- Conte, A.L., Di Pietro, R., Iamónico, D., Di Marzio, P., Cillis, G., Lucia, D. and Fortini, P., 2019. Oak decline in the Mediterranean basin: a study case from the southern Apennines (Italy). *Plant Sociology*, 56(2): 69-80.
- Dolatshahi, A., Attarod, P., Zahedi, G., Sadeghi, M. and Bayramzadeh, V., 2017. Trends of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the northern Zagros region. *Forest and Wood Products*, 70(2): 251-260 (In Persian).
- Dargahian, F. and Rezaei, G., 2014. Study of synoptic and bio-climatological conditions of heat index using geographic information system at the southern coastal and sea stations and their effects on human health. *Journal of Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 23(91): 43-54.
- Esmail Negad, M., Khosravi, M., Aligane, B. and Masoodeian, S., 2013. Identifying Heat Waves of Iran. *Journal of Geography and Development Iranian Journal*, 11(33): 39-54.
- Etemadian, E., Doostan, R. and Zarrin, A., 2021. Heat wave areas of Iran. *Journal of Climatological Research*, 11(42): 17-30.
- Gea-Izquierdo, G., Natalini, F. and Cardillo, E., 2021. Holm oak death is accelerated but not sudden and expresses drought legacies. *Science of the Total Environment*, 754: 141793.
- Ghasemifar, E. and Naserpour, S., 2017. Synoptic analysis of heat and cold waves over southern coastal of Caspian Sea. *Journal of Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 26(103): 137-146.
- Ghavidel Rahimi, Y. and Rezaei, M., 2016. A query on identification, classification and synoptic analysis of heat waves in Kerman province. *Journal of Geography and Planning*, 19(54): 253-277.
- Goodarzi, M., Pourhashemi, M. and Azizi, Z., 2019. Investigation on Zagros forests cover changes under the recent droughts using satellite imagery. *Journal of Forest Science*, 65(1): 9-17 (In Persian).
- Hosseinzadeh, J. and Pourhashemi, M., 2017. Emergence of desiccation within Zagros forests decline. *Nature of Iran*, 2(4): 18-21 (In Persian).
- Hosseinzadeh, J., Mohammad pour, M. and Aazami, A., 2019. The impact of rainwater harvesting on improving the condition of Iranian Oak declined trees (Case study: Chavar forests of Ilam province). *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 17(1): 14-25.
- Hatami Zarneh, D., Hejazi Zadeh, Z. and Naser Zadeh, M.H., 2019. Analysis of heat waves temporal fluctuation in North- West region of Iran and their

- during warm-spell in Iran based on scenarios RCP (2016-2045). *Journal of Researches in Earth Sciences*, 10(3): 231-247.
- Romagnoli, M., Moroni, S., Recanatesi, F., Salvati, R. and Mugnozza, G.S., 2018. Climate factors and oak decline based on tree-ring analysis. A case study of peri-urban forest in the Mediterranean area. *Urban Forestry and Urban Greening*, 34: 17-28.
- Sabernasab, M., Marefat, A. and Abbasi, S., 2020. Pathogenicity evaluation of pathogenic fungi causing of oak tree dieback in Kermanshah province. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 51(1): 79-92.
- Sadeghi, M., Doustan, R. and Saneei, M., 2015. Spatial and temporal analysis of heat waves in Razavi Khorasan. *Journal of Territory*, 12(47): 17-32.
- Tavosi, T. and Hossein Abadi, N., 2016. Analysis of the behavior and frequency changes of heat waves event in Ahwaz city. *Journal of Geographical Planning of Space*, 6(19): 137-150.
- Shiravand, H., Khaledi, Sh. and Behzadi, S., 2019. Evaluation and prediction of decline of oak forests in middle Zagros (Lorestan section) with a climate change approach. *Journal of Forest and Range Protection Research*, 33(1): 64-81.
- Valavi, R., Shafizadeh-Moghadam, H., Matkan, A., Shakiba, A., Mirbagheri, B. and Kia, H., 2019. Modelling climate change effects on Zagros forests in Iran using individual and ensemble forecasting approaches. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1): 1015-1025.
- tree mortality. *Iranian Journal of Forest*, 10(2): 167-179.
- Ogaya, R., Liu, D., Barbeta, A. and Peñuelas, J., 2020. Stem mortality and forest dieback in a 20-years experimental drought in a Mediterranean holm oak forest. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2: 89.
- Pourhashemi, M., Jahanbazi Goujani, H., Hoseinzadeh, J., Bordbar, S., Iranmanesh, Y. and Khodakarami, Y., 2017. The history of oak decline in Zagros forests. *Iran Nature*, 2(1): 30-37.
- Pourhashemi, M. and Sadeghi, S.M.M., 2020. A review on ecological causes of oak decline phenomenon in forests of Iran. *Ecology of Iranian Forest*, 8(16): 148-164 (In Persian).
- Poursartip, L., Naseri Karimvand, S., Moradi, M. and Susani, J., 2017. Comparing the impact of climate variables on healthy and declined masses of oak (*Quercus brantii* Lindl) in the Khorram Abad city. *Journal Wood and Paper Industries*, 7(4): 591-600 (In Persian).
- Perkins-Kirkpatrick, S.E. and Lewis, S.C., 2020. Increasing trends in regional heatwaves. *Nature communications*, 11(1): 1-8.
- Redden, R.J., Hatfield, J.L., Vara Prasad, P.V., Ebert, A.W., Yadav, S.S. and O'Leary, G.J., 2014. Temperature climate change and global food security. *Temperature and Plant Development*, 8: 181-202.
- Rezaei, F., Ahmadi, M. and Shakiba, A., 2019. Simulation of temperature threshold heat waves

## Detection of heat waves in the Zagros decline monitoring sites in Chaharmahal and Bakhtiari province

F. Dargahian<sup>1\*</sup> and S. Razavizadeh<sup>2</sup>

1\* - Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, E-mail: Dargahian@rifr.ac.ir

2- Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 27.07.2021

Accepted: 31.10.2021

### Abstract

Today, oak decline is one of the most important challenges facing the Zagros forest ecosystem. The phenomenon of decline is affected by various natural and human factors. Among the natural factors, heat waves have emerged as a consequence of climate change during the last two decades and have contributed to the decline of Zagros forests. In order to reveal the effect of heat waves on the decline of Zagros forests in Chaharmahal and Bakhtiari province, the most important characteristics of heat waves including frequency of day with hot wave, number of hot wave events and continuity of hot waves in four Zagros decline monitoring sites were studied. Daily data from the nearest synoptic stations to the decline sites were used for a complete climatic period from 1991 up to 2019. The wave features were calculated using ClimPACT software in R 2.10 programming environment. The year of onset of heat wave at the sites of decline and trend changes and trend slope error and significance of changes were extracted with P-value= 0.05. The results showed that all heat wave indices in all decline monitoring sites had an increasing and significant trend. The frequency index of the day with hot wave in Chigo and Ghale Sama monitoring sites started from 7 days with hot wave and reached 39 days in 2019. At Gel Sefid and Rahimaabad sites, 10 days with a hot wave in 2005 reached 38 days in 2014. The highest frequency of hot events at the sites of Chigo and Ghale Sama was six events in 2015. In sites of Gel Sefid and Rahimaabad, the highest number of hot wave events with seven events was in 2014. Examination of the frequency index of hot wave occurrence in the two declined sites of Chigo and Ghale Sama showed that the highest continuity of hot wave occurrence was for 32 days in 2018. In the two declined sites of the Gel Sefid and Rahimaabad, the highest continuity of the hot wave occurred in 2018 and lasted for 14 days. Comparison of hot wave characteristics between declined monitoring sites showed that in Chigo and Ghale Sama, located at a lower latitude, all heat wave characteristics were more intensive. Considering the increasing trend of global warming and the location of Zagros forests in Chaharmahal and Bakhtiari province, it is expected that in the future the number of hot wave days, the number of hot wave events and the continuation of heat waves will continue with greater intensity, therefore managers and decision makers must adopt strategies to these changes in order to preserve the ecosystem.

**Keywords:** Heat wave duration, heat wave day frequency, heat wave number, decay of oak