نیوار، دوره ۴۵، شماره ۱۱۵-۱۱۴، پائیز و زمستان ۱۴۰۰ (دو فصلنامه) (مقاله پژوهشی) DOI:10.30467/NIVAR.2021.271314.1180

بررسی رخدادهای حدی اقلیمی در استان آذربایجان شرقی در دوره‌ی آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۸

مهدی اصلاحی[1*]، فرناز پوراصغر[1]، یونس اکبرزاده[2]

[1] دکتری آب و هواشناسی، اداره کل هواشناسی آذربایجان شرقی
[2] کارشناس ارشد، آب و هواشناسی، اداره کل هواشناسی آذربایجان شرقی

(دریافت: ۹۹/۱۱/۱۳ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷)

چکیده

در مدیریت ریسک بلایا، شناخت، پیش‌بینی و پیش‌آگاهی وقوع آن نقش بسزایی در کاهش خسارات دارد. لذا شناسایی رخدادهای حدی و بررسی تغییرات وقوع آنها دارای اهمیت بسیاری است. به همین منظور تحلیل پدیده‌های حدی رخ‌داده در استان آذربایجان شرقی طی ۱۰ و ۵ سال اخیر (۱۳۹۷-۱۳۸۸) براساس دستورالعمل سازمان هواشناسی جهانی (WMO) مورد بررسی قرار گرفته و پهنه‌بندی است. شاخص‌های مورد بررسی عبارتند از: امواج گرمایی، امواج سرمایی، بارش‌های حدی، گردوغبار و تگرگ. در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه مناطق مختلف استان تحت تأثیر رخدادهای حدی اقلیمی قرار داشته‌اند. شاخص‌های حدی گرمایی نشان می‌دهد طی ۵ سال اخیر موج گرما، طول و شدت آن نسبت به دوره ی۱۰ساله افزایش یافته است. موج سرما و شدت آن در ۵ سال اخیر افزایش یافته ولی طول موج سرما نسبتاً کاهش یافته است. بارش سنگین طی ۵ سال اخیر در نیمه‌ی شمالی استان افزایش یافته است. تعداد رخداد تگرگ در طی ۱۰ سال روند محسوسی ندارد و توزیع آن در دو دوره‌ی ۱۰ و ۵ ساله تقریباً مشابه است. شهرستان‌های مراغه، تبریز، اهر، جلفا، ورزقان، سراب، عجب شیر و شبستر به ترتیب بیشترین رخدادهای حدی را در طول دوره‌ی ۱۰ سال اخیر تجربه نموده‌اند.

کلمات کلیدی: رخداد حدی، موج گرما، موج سرما، بارش سنگین، تگرگ، گردوغبار

۱ مقدمه

یکی از اثرات مهم تغییراقلیم و گرمایش جهانی افزایش پدیده‌های حدی جوی است. که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تغییر ناگهانی دما، گرمای بیش از حد، سرمای غیرعادی، بارش‌های سنگین و سیل‌آسا، خشکسالی و گرد وغبار ناشی از خشک‌شدن تالاب‌ها اشاره کرد. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در رابطه با رویدادهای حدی اقلیمی منطقه‌ای در جهان انجام شده است (Della-Marta et al 2007, Perkins and Alexander 2013) و نتایج نشان می‌دهد که افزایش امواج گرمایی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای است (Purich et al. 2014 Coumou and Robinson 2013,). طبق تعریف سازمان هواشناسی جهانی، نمایه‌های حدی اقلیمی عبارتند از رخداد متغیرهای اقلیمی و آب و هوایی فراتر (یا فروتر) از یک حد آستانه در منطقه‌ای مشخص (IPCC, 2012). با توجه به اهمیت این پدیده‌ها هر ساله سازمان هواشناسی جهانی با همکاری سازمان اقیانوس‌شناسی و هواشناسی آمریکا گزارش جامعی از اقلیم کره زمین تهیه می‌کند. بیشترین اثرات مخرب تغییراقلیم در مناطقی با اقلیم خشک و مدیترانه‌ای است که وابستگی زیادی به منابع آبی زیادی به منابع آبی و وضعیت جوی دارد(IPCC, ۲۰۱۳) و کشور ایران از جمله ی این نوع مناطق است. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در رابطه با رویدادهای حدی اقلیمی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. بعنوان نمونه رحیم‌زاده و همکاران(۱۳۹۰)، با استفاده از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های استان هرمزگان، تغییرات میانگین‌های فصلی و سالانه بارش و روندهای مقادیر حدی آن‌ها را در دو دوره‌ی آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۱ و ۲۰۰۵-۱۹۷۱ بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که میزان بارش استان هرمزگان کاهش یافته است و ادامه آن

*نگارنده رابط: Eslahi5073@gmail.com

تداوم خشکسالی در سال‌های آتی را در پی دارد. به علاوه، میزان بارش در تعداد روزهای کمتری به وقوع پیوسته و رخدادهای بارش نسبتاً سنگین افزایش یافته است. علاوه‌براین، تحقیقات دیگری نیز دربارهٔ روند بارش و رخدادهای فرین بارش در ایران انجام شده است که نتایج آن‌ها نیز بیانگر کاهش در مجموع بارش سالانه و رخداد یک ناهنجاری در بارش‌های فرین در بیشتر نواحی است. بررسی روند شاخص‌های حدی در شمال‌شرق ایران نشان می‌دهد که شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی و شاخص‌های حدی سرد روند کاهشی داشته‌اند (کوزه‌گران و همکاران، ۱۳۹۳). بررسی روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران براساس سری‌های زمانی روزانه در ایستگاه تهران طی دوره ۲۰۰۳-۱۹۵۱ نشان می‌دهد که شاخص‌های حدی سرد روند کاهشی محسوسی دارند و روند دمای حداقل و دمای متوسط روزانه کاملا افزایشی بوده است. این درحالی است که دمای حداکثر روند افزایشی و شاخص‌های حدی بارش روند کاهشی را نشان داده‌اند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل شاخص‌های حدی دما در دوره‌ی گرم طی سال‌های ۲۰۱۰-۱۹۸۰ در خرم‌آباد نشان دهنده روند مثبت و افزایشی این شاخص‌ها بوده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعاتی دیگری در خصوص تحلیل امواج گرمایی و سرمایی درکشور انجام شده است (قویدل و همکاران ۱۳۹۳، مجرد و همکاران ۱۳۹۴، قاسمی‌فر و ناصرپور ۱۳۹۵، رحیمی و همکاران ۱۳۹۶، حاتمی و همکاران ۱۳۹۸، هوشیار و همکاران ۱۳۹۸). بررسی روند تمام شاخص‌های دمایی (حداقل، حداکثر و میانگین) در اکثر نقاط دنیا معرف روند صعودی است و رفتار دمای حداقل و حداکثر با یکدیگر متفاوت بوده بطوری که نرخ افزایش دمای حداقل از دمای حداکثر بیشتر بوده است (Karl et al., 1993). براساس بیانیه سالانه سازمان هواشناسی جهانی، در اوایل سال ۲۰۲۰ میلادی دمای ماهانه سطح زمین و اقیانوس‌ها به شدت گرم بود بطوری که ماه اول این سال بعنوان دومین ماه‌های گرم در رتبه‌بندی ماه‌های گذشته پس از رکوردهای ثبت شده در سال ۲۰۱۷ قرار گرفت. در رتبه‌بندی گرمترین سال‌ها طی دوره (۲۰۲۰-۱۸۸۰ میلادی) سال‌های۲۰۱۶، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ به ترتیب در رتبه اول تا سوم قرار دارند. بررسی رخدادهای اقلیمی در سطح جهان طی سال ۲۰۱۷ میلادی نشان می‌دهد که در بیشتر نقاط قاره آسیا دما بالاتر از میانگین بوده است. همچنین سال ۲۰۱۷ میلادی سومین سال گرم از آغاز سال ۱۹۱۰ میلادی پس از سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۰۷ میلادی بود (National Climate Report, 2017). در سال ۲۰۱۷ میلادی اروپا پنجمین سال گرم را در رکوردهای ثبت شده خود تجربه کرد و کشورهای متعددی نظیر پرتغال (دومین)، انگلستان (پنجمین)، فرانسه (پنجمین)، استرالیا (هشتمین) و آلمان (هشتمین) رکوردی بیش از ۸ سال را ثبت کردند. دما در سال ۲۰۱۷ میلادی در آمریکای شمالی سومین رتبه بالای ثبت شده از سال ۱۸۹۵، پس از سال های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ میلادی را داشت. امواج گرمایی شدید قسمت‌هایی از آمریکای‌جنوبی را طی ماه ژانویه ۲۰۱۷ میلادی تحت تاثیر قرار دادند، بطوری که حداکثر دمای ۴۳/۵ درجه‌سانتیگراد در پرو در ۲۷ ژانویه گزارش شد و این بالاترین دمایی است که تاکنون در مناطق جنوبی کره زمین ($S43^{\circ}$) ثبت شده است. در این سال قطب شمال و جنوب طی فصل رشد یخ‌های قطبی، کمترین مساحت بیشینه سالانه را داشتند و در فصل ذوب یخ‌ها، قطب جنوب کمترین مساحت بیشینه را ثبت کرده است (National Climate Report, 2017).

در سال‌های اخیر بررسی وقایع حدی اقلیمی به دلیل پیامدهای سنگین این پدیده‌ها بر بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی در هر کشوری مورد توجه محققان قرار گرفته است. با توجه به اهمیت و ضرورت این موضوع در راستای برنامه جامع سازمان هواشناسی کشور و برنامه‌ریزی‌های دستگاه‌های اجرایی استان (جهاد کشاورزی، سازمان آب، مدیریت بحران، سازمان محیط زیست و ...) این تحقیق با هدف ارزیابی و شناسایی رویدادهای حدی اقلیمی در دوره‌ی ۱۰ و ۵ سال اخیر انجام شده است. البته به دلیل کمبود داده‌های بلندمدت درایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده از آمار بلندمدت مقدور نشد. *رو* به خشکی رفتن دریاچه ی ارومیه، کاهش

منابع آبی، وقوع بارش‌های رگباری سیل‌آسا، موج گرمای تابستانه و سرماهای زمستانه و سرمازدگی محصولات کشاورزی از جمله مخاطـرات جوی است که استان با آن مواجه است. لذا ضروری است که لذا ضروری است که در مورد پدیده‌های حدی جوی بررسی‌های لازم صورت گیرد.

۲ مواد و روش‌ها

جهت مطالعه وقوع رخدادهای حدی از داده‌های ۱۷ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی در استان استفاده شد. با توجه به اینکه تعداد ایستگاه‌های سینوپتیک به طول دوره‌ی آماری بلندمدت کم است و از آنجائیکه آثار تغییراقلیم در ۱۰ سال اخیر نمود بیشتری داشته، لذا جهت بررسی این آثار با بیشترین تعداد ایستگاه‌های هواشناسی دوره‌ی آماری سال‌های ۹۷-۸۸ در نظر گرفته شد. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مـــــورد مطالعه به همراه نقشه‌ی موقعیت آن‌ها در تحقیق به شرح زیر است.از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک برای شناسایی رخدادهای حدی که شامل امواج گرمایی، امواج سرمایی، بارش سنگین، تگرگ، گرد و غبار و خشکسالی است استفاده شده است. پارامترهای مورد بررسی از داده‌های روزانه‌ی دمای حداکثر، دمای‌حداقل، بارش و تعداد روزهای گرد وغبار، تهیه شد. امواج گرمایی و سرمایی بر اساس سه پارامتر، فراوانی، شدت و طول موج مورد ارزیابی قرار گرفتند. پارامترهای بارش سنگین، گردو غبار و تگرگ بر اساس تعداد روزهای همراه با این رخدادها برای هر ایستگاه تعریف شد. تعاریف ذیل از راهنمای WMO برای تعاریف و پایش رخدادهای حدی اقلیمی و مقالات معتبر استخراج شده است (WMO 2015).

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک آذربایجان شرقی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال تاسیس
۱	تبریز	۴۶ ۱۷	۳۸ ۰۵	۱۳۶۴	۱۹۵۱
۲	اهر	۴۷ ۰۴	۳۸ ۲۶	۱۳۹۱	۱۹۸۵
۳	سراب	۴۷ ۲۳	۳۷ ۵۶	۱۶۸۲	۱۹۸۶
۴	جلفا	۴۵ ۳۶	۳۸ ۵۶	۷۳۶	۱۹۸۵
۵	میانه	۴۷ ۴۲	۳۷ ۲۷	۱۱۱۰	۱۹۸۷
۶	مراغه	۴۶ ۰۹	۳۷ ۲۰	۱۳۴۴	۱۹۸۳
۷	کلیبر	۴۷ ۰۱	۳۸ ۵۲	۱۲۱۰	۱۹۹۸
۸	مرند	۴۵ ۴۶	۳۸ ۲۶	۱۵۵۰	۱۹۹۸
۹	بناب	۴۶ ۰۴	۳۷ ۲۰	۱۲۹۰	۱۹۹۸
۱۰	سهند	۴۶ ۰۷	۳۷ ۵۶	۱۶۴۱	۱۹۹۰
۱۱	بستان آباد	۴۶ ۵۱	۳۷ ۵۱	۱۷۵۰	۲۰۰۴
۱۲	ملکان	۴۶ ۰۵	۳۷ ۰۹	۱۳۰۸	۲۰۰۵
۱۳	هریس	۴۷ ۰۶	۳۸ ۱۵	۱۹۵۰	۲۰۰۵
۱۴	عجب شیر	۴۵ ۵۱	۳۷ ۳۰	۱۳۱۱	۲۰۱۳
۱۵	ورزقان	۴۶ ۴۰	۳۸ ۳۰	۱۶۷۱	۲۰۱۳
۱۶	شبستر	۴۵ ۴۱	۳۸ ۱۱	۱۳۵۰	۲۰۱۳
۱۷	چاراویماق	۴۶ ۵۹	۳۷ ۰۸	۱۸۹۶	۲۰۱۴

شکل ۱. موقعیت ایستگاه های هواشناسی آذربایجان شرقی

۱- فراوانی موج گرمایی- موج گرمایی بر اساس افزایش دمای حداکثر نسبت به صدک ۹۵ درصد مقادیر بلند مدت (حداقل ۱۰ ساله) بیش از ۵ روز در هر ایستگاه تعریف می‌شود.

۲- طول موج گرمایی- تعداد روزهای همراه با موج گرما

۳- شدت موج گرمایی- اختلاف دمای میانگین حداکثر دوره گرمایی با بلند مدت در همان بازه‌ی زمانی برای هر ایستگاه

۴- فراوانی موج سرما- موج سرما بر اساس کاهش شدید معنی‌دار دمای حداقل نسبت به روز قبل تعریف می‌شود. صدک ۱ درصد مقادیر بلند مدت(حداقل ۱۰ ساله) اختلاف حداقل دما نسبت به روز قبل به عنوان حد معنی‌دار موج سرما برای هر ایستگاه تعریف می‌شود.

۵- طول موج سرما- تعداد روزهای همراه با موج سرما

شدت موج سرما- حداکثر کاهش دما در طول دوره موج سرما منجر به دمای زیر صفر برای هر ایستگاه

۶- بارش های سنگین- تعداد روزهای همراه با افزایش بارش بیشتر نسبت به صدک ۹۹ درصد مقادیر حداکثر هر ایستگاه

۷- فراوانی گرد و غبار- روزهای همراه با توفان گرد و غبار

فراوانی تگرگ: تعداد روزهای همراه با رخداد تگرگ

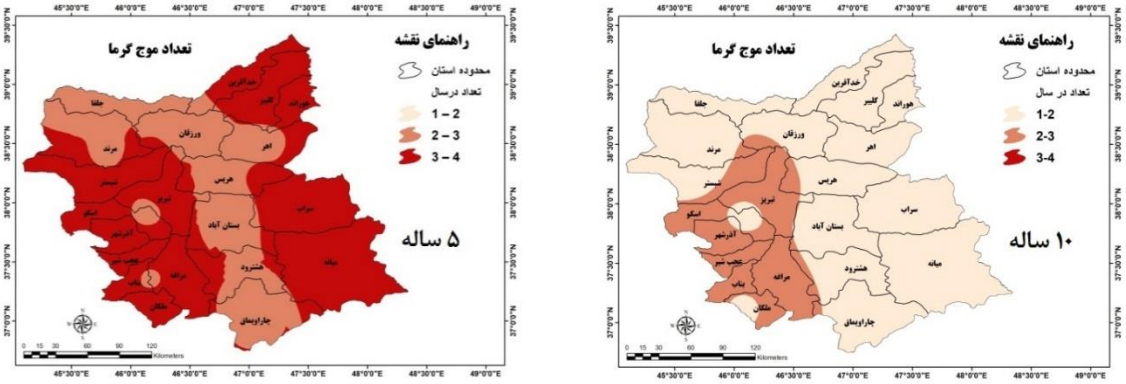
۳ نتایج و بحث

در این پژوهش توزیع مکانی رخدادهای حدی استان بررسی و همچنین نقشه‌های این رخدادها در دو دوره‌ی ۱۰ ساله و ۵ ساله‌ی اخیر پس از پهنه‌بندی با روش عکس مجذور فاصله (IDW) با هم مقایسه می‌شود. در ادامه رتبه‌بندی شدیدترین و فراگیرترین رخدادهای حدی اقلیمی مناطق استان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که در دوره‌ی ۱۰ ساله به دلیل اینکه بعضی از ایستگاه‌ها (۴ ایستگاه) آمار کافی ندارند حذف شده است و این امر ممکن است باعث پایین آمدن دقت تحلیل گردد.

۳-۱-تعداد روزهای موج گرمایی

شکل۲، نقشه‌ی پهنه‌بندی میانگین تعداد رخداد موج گرما را طبق تعریف داده شده طی دوره‌ی ۱۰ ساله و ۵ ساله نشان می‌دهد. همانطور که از شکل مشاهده می شود دامنه‌ی تغییرات تعداد موج گرما در نقشه ی ۵ ساله ۲ تا ۴ رخداد و روی نقشه‌ی ۱۰ ساله ۱ تا ۳ رخداد است (رنگ نقشه‌ی ۵ ساله پررنگ‌تر از نقشه‌ی ۱۰ ساله است).

این امر نشان می‌دهد بطور کلی تعداد رخداد موج گرما طی ۵ سال اخیر نسبت به ۱۰ سال اخیر افزایش یافته است. با

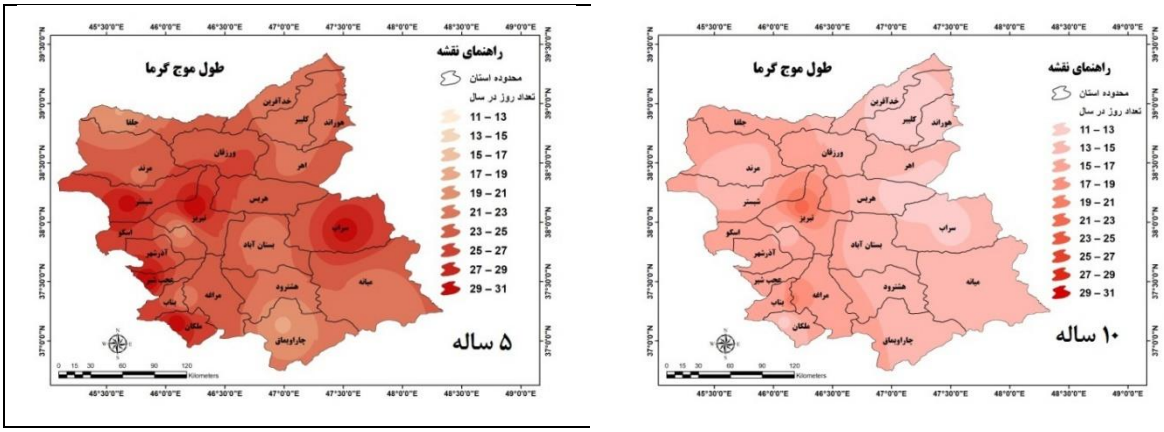


شکل ۲. میانگین تعداد رخداد موج گرما در استان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

بررسی توزیع مکانی رخداد موج گرما مشخص می‌شود که در دوره‌ی ۱۰ ساله موج گرما در جنوب‌غرب استان (مناطق تبریــز، مراغـه و بناب و ...) نسبت به مناطق دیگر استان بیشتر است. در دوره‌ی ۵ ساله علاوه بر اینکه بطور میانگین یک مرتبه موج گرما در کل استان نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله اضافه شده است، شرق استان شامل مناطق ارسباران، میانه و سراب افزایش دو برابری داشته است. این امر نشان دهنده افزایش موج گرما در این مناطق طی ۵ سال اخیر است.

۳-۲-طول موج گرما

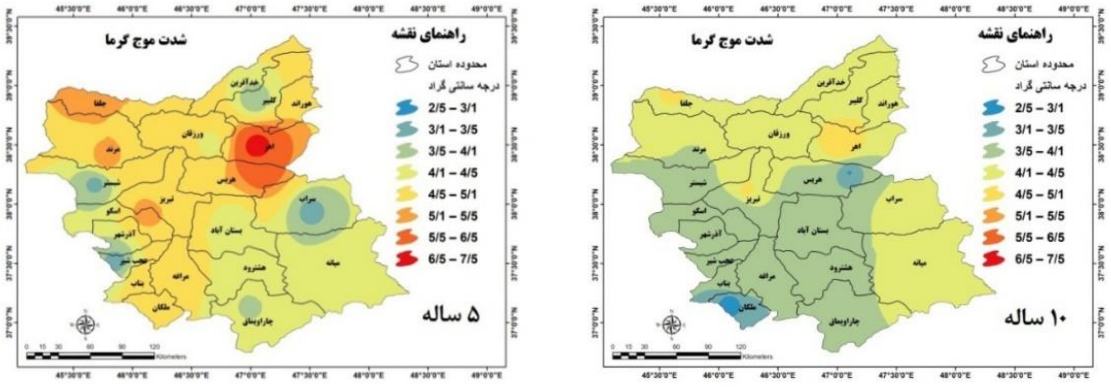
شکل ۳، پهنه‌بندی میانگین طول موج گرما را طبق تعریف برای دوره‌های ۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. طبق شکل با توجه به دامنه‌ی تغییرات نقشه‌ی پهنه‌بندی، در حالت کلی طول موج گرما برای دوره‌ی ۵ ساله با ۳۱-۱۷ روز بیش از دوره‌ی ۱۰ ساله با ۲۳-۱۱ روز است. توزیع مکانی نقشه‌های طول موج گرما نشان می‌دهد برای دوره‌ی ۱۰ساله، مناطق غرب استان دارای طول موج بیشتری نسبت به شرق استان است. برای دوره‌ی ۵ ساله با اینکه طول موج مناطق جلفا و چاراویماق تغییر محسوسی نداشته است ولی بقیهی مناطق طول موج شان بیشتر شده است. به خصوص اینکه در این دوره منطقه سراب به شدت با افزایش طول موج گرما از ۱۱ روز به ۲۹ روز مواجه بوده است.



شکل ۳. میانگین طول موج گرما در استان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

۳-۳-شدت موج گرما

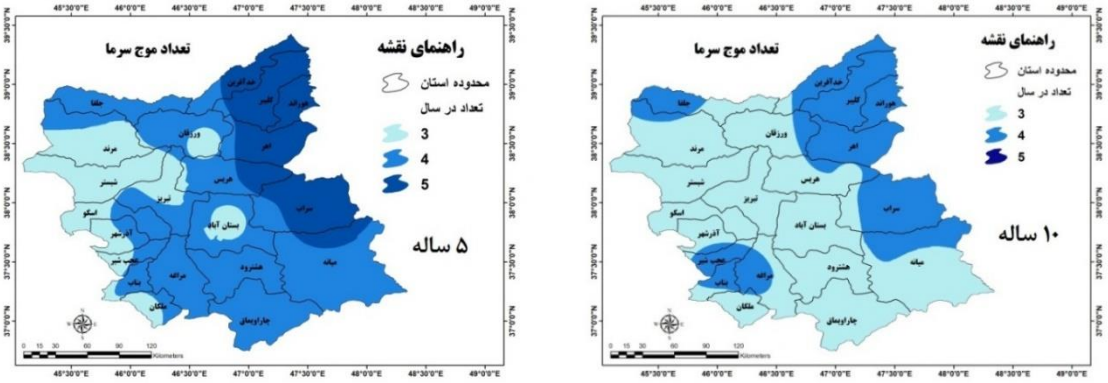
شکل ۴، شدت موج گرما را در استان طی دوره‌های ۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. دامنه تغییرات شدت موج گرما نشان می‌دهد که شدت موج گرما در دوره‌ی ۵ ساله با ۷/۵-۳/۱ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله با ۵/۵-۲/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. نقشه‌ی ۱۰ ساله در حالت کلی نشان می‌دهد که مناطق شمالی استان شامل مناطق ارسباران، جلفا و منطقه‌ی تبریز دارای شدت گرمای بیشتری نسبت به گرما بسیار محســوس است (بالای ۵ درجه سانتی گراد). برای نقشه‌ی ۵ ساله نیز بالا بودن شدت موج گرما در منطقه‌ی اهر نسبت به مناطق دیگر کاملاً مشخص است.



شکل ۴. میانگین شدت موج گرما در استان طی دوره‌های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

۳-۴- تعداد روزهای همراه با موج سرما

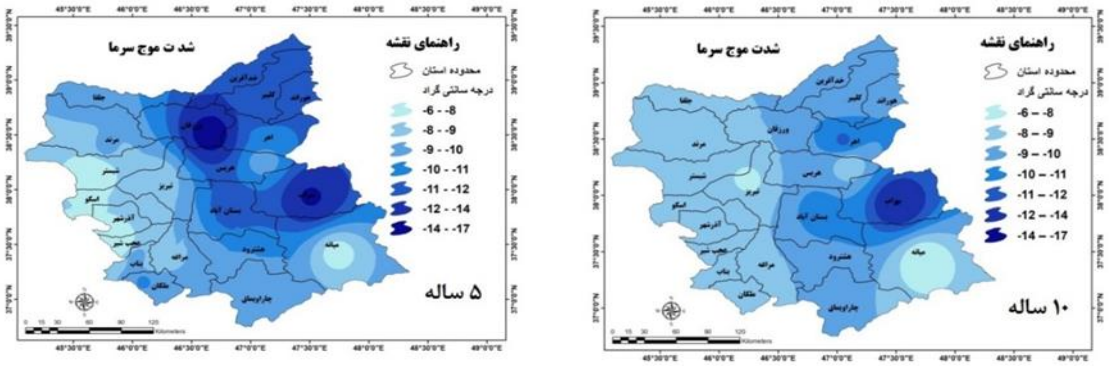
شکل ۵، میانگین تعداد رخداد موج سرما را طی دوره‌های ۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. در حالت کلی می‌توان از نقشه‌ها نتیجه گرفت طی ۵ سال اخیر تعداد رخداد موج سرما بیشتر بوده است. طبق نقشه‌ی ۵ ساله سه طبقه‌ی ۳، ۴ و ۵ رخداد موج سرما توزیع شده است که بیشترین آن در شمال‌شرق استان شامل مناطق اهر، کلیبر و هریس است. کمترین رخداد مناطق اطراف دریاچه‌ی ارومیه است. در نقشه‌ی ۱۰ ساله فقط دو طبقه‌ی رخدادی ۳ و ۴ توزیع شده است که مشابه‌ی دوره‌ی ۵ ساله در شمال شرق و شرق و قسمتی از جنوب غرب بیشــتر از مناطق دیگر رخداد موج سرما مشاهده می‌شود.



شکل ۵. میانگین تعداد روزهای موج سرما در استان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

۳-۵- طول موج سرما

شکل ۶، نقشه‌های پهنه‌بندی میانگین طول موج سرما را طی دوره‌های ۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. در حالت کلی این نقشه‌ها نشان می‌دهد طول موج سرما در ۵ سال اخیر (۹-۳روز) به نسبت کمتر از دوره‌ی ۱۰ ساله‌ی آن (۱۰-۳روز) است. به لحاظ توزیع مکانی می‌توان نتیجه گرفت که دوره‌ی ۵ و ۱۰ ساله تقریباً مشابه یکدیگر هستند. طبق این نقشه‌ها طول موج سرما در مناطق شمال‌شرق(منطقه ی ارسباران) و شمال(کناره ی رود ارس) بیشتر از مناطق دیگر است. همانطور که مشاهده میشود بیشترین طول موج سرما در مناطق اهر و کلیبر رخ داده است. بطوریکه در نقشه ۱۰ ساله اهر با بیش از ۹ روز بیشترین طول موج سرما را داشته است.



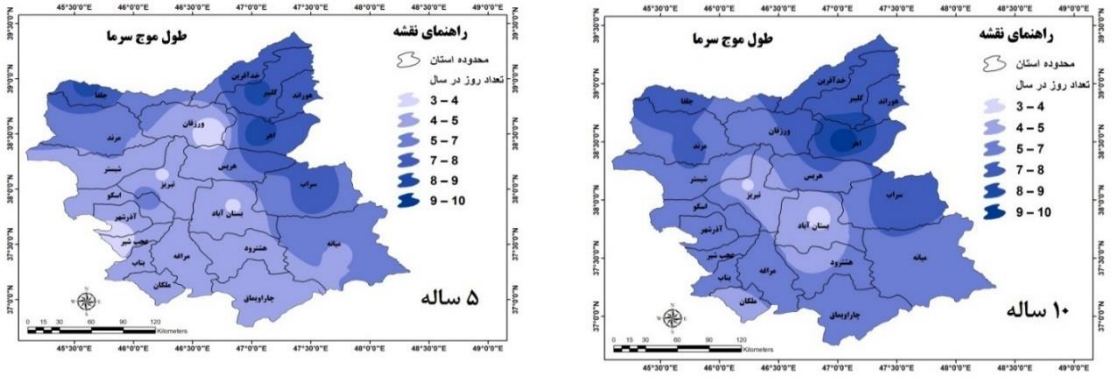
شکل ۷. میانگین شدت موج سرما در استان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

۳-۶-شدت موج سرما

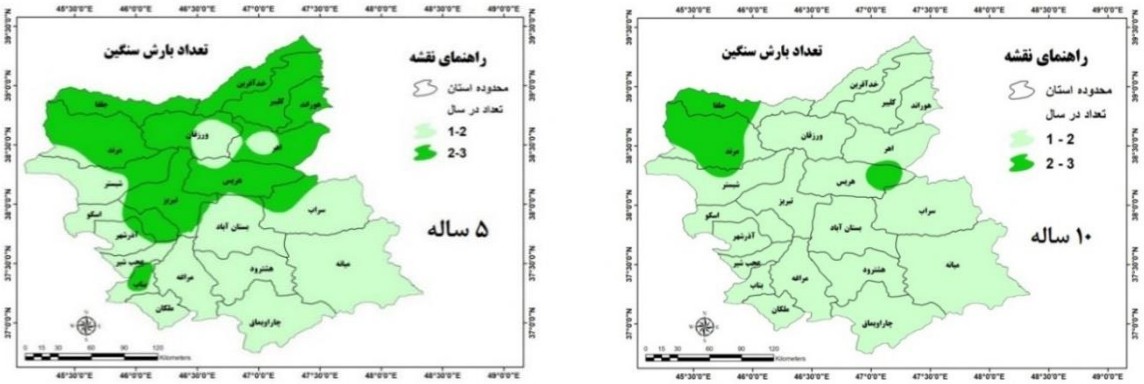
شکل ۷ ، پهنه‌بندی شدت موج سرما را در دوره‌ی۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. بطور کلی می توان نتیجه گرفت که به لحاظ توزیع مکانی شدت موج سرما در دو دوره‌ی ۵ و ۱۰ ساله مشابه است. بطوریکه شدت موج سرما در مناطق شرق و شمال‌شرقی استـــان شامل منـــاطق سراب، اهر و ورزقان بیش از مناطق دیگر استان است. مقادیر شدت موج سرما در دو دوره‌ی مزبور نزدیک به هم هستند. بطوریکه شدت موج در دوره‌ی ۵ ساله در حد ماکزیمم نزدیک ۱۷- درجه و برای ۱۰ ساله ۱۴- درجه‌ی سانتی گراد است.

۳-۷-بارش سنگین

شکل ۸، پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با بارش سنگین را در در دوره‌ی ۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. طبق شکل به لحاظ تعداد روزهای بارش سنگین در دوره‌ی ۵ و ۱۰ ساله یک تا دو روز در سال بوده است. توزیع مکانی نشان می‌دهد که در دوره ی ۵ ساله تعداد بارش سنگین با ۲ روز در سال پهنه‌ی بیشتری را در نیمه‌ی شمالی استان نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله پوشش داده است. این امر نشان دهنده‌ی افزایش پهنه‌ای رخداد بارش سنگین در شمال استان است.



شکل ۶. میانگین طول موج سرما در استـــــان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر



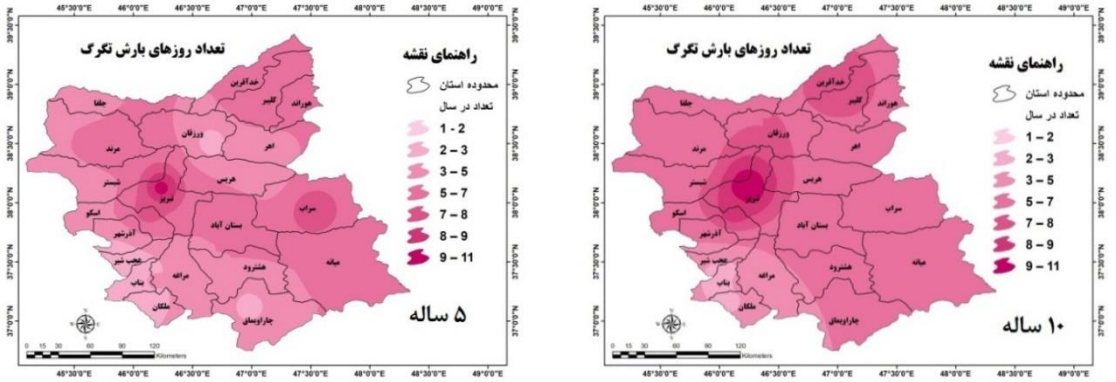
شکل ۸. میانگین تعداد روزهای بارش سنگین در سال در استان طی دوره های ۱۰ و ۵ ساله اخیر

۳-۸-تعداد رخداد گرد و غبار

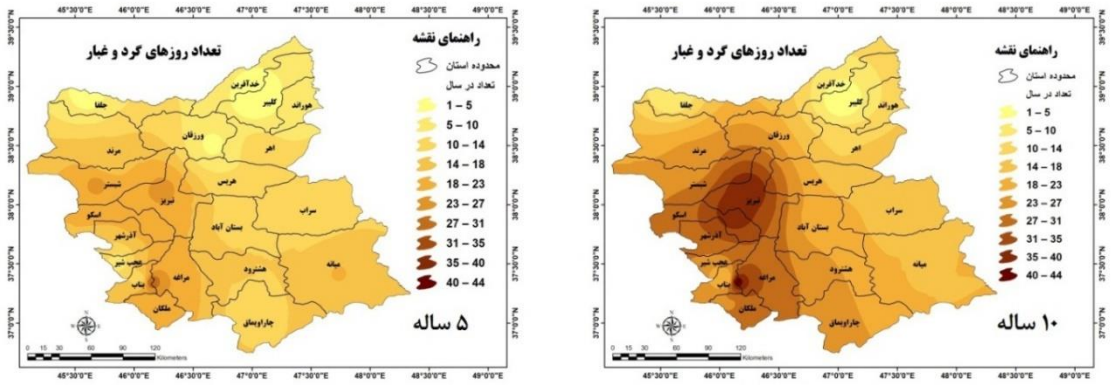
شکل۱۰، پهنه‌بندی تعداد رخداد پدیده‌ی گردوغبار در دو دوره‌ی۱۰ و ۵ ساله را نشان می‌دهد. طبق نقشه‌ها در هر دو بیشترین رخداد گرد و غبار مربوط به مناطق تبریز، حاشیه‌ی دریاچه‌ی ارومیه و جنوب‌غرب استان بوده است. البته با توجه به مقادیر رخداد گردوغبار در دو دوره مشخص می‌شود که در دوره‌ی ۵ ساله میانگین رخداد گردوغبار (۳۲-۱) کمتر از دوره‌ی۱۰ ساله (۴۴-۱) است. پس می‌توان نتیجه گرفت دوره‌ی ۵ ساله‌ی اول تعداد رخداد گردوغبار بیش از ۵ ساله‌ی دوم بوده است.

۳-۹-تعداد رخداد تگرگ

شکل ۹، پهنه‌بندی تعداد رخداد تگرگ در سال را در دو دوره‌ی۱۰ و ۵ ساله نشان می‌دهد. طبق این نقشه‌های پهنه‌بندی تعداد رخداد پدیده‌ی تگـــــــرگ در سال در دو دوره‌ی مزبور تفاوت محسوسی با یکدیگر ندارد. به لحاظ توزیع مکانی می‌توان ذکر کرد که در مناطق تبریز و کلیبـــر تعداد روزهای تگرگ در هر دو دوره بیشتر از مناطق دیگر است. با این تفـــاوت که در دوره‌ی ۵ ساله منطقه ســراب رخداد پدیده‌ی تگرگ افزایش یافته است.



شکل ۹. میانگین تعداد روزهای رخداد تگرگ در سال در استان طی دوره های ۱۰و ۵ ساله اخیر



شکل ۱۰. میانگین تعداد رخداد گردغبار در سال در استان طی دوره های۱۰و ۵ ساله اخیر

۳-۱۰-رتبه بندی رخدادهای حدی جوی در استان

در بازه‌ی زمانی مورد مطالعه مناطق مختلف استان تحت تاثیر رخدادهای حدی اقلیمی قرار داشته‌اند، بطوری که شهرستان-های دارای رتبه اول شدیدترین و فراگیرترین رخدادهای حدی اقلیمی در ۱۰ سال شامل مراغه (فراوانی موج گرمایی، فراوانی موج سرما و فراوانی روزهای گردوغبار)، تبریز (طول موج گرما، فراوانی موج گرما و فراوانی روزهای تگرگ)، اهر (شدت موج گرما و طول موج سرما)، جلفا (فراوانی بارش سنگین) و سراب (شدت موج سرما) بوده‌اند. رتبه‌بندی شدیدترین و فراگیرترین رخدادهای حدی اقلیمی در ۵ سال اخیر شامل اهر(شدت موج گرما، فراوانی و طول موج سرما)، عجب شیر(فراوانی موج گرما)، تبریز(طول موج و فراوانی تگرگ)، ورزقان (شدت موج سرما) و مراغه(فراوانی روزهای گرد و غبار) و هریس (فراوانی بارش سنگین) بوده‌اند (جدول ۲).

۴ نتیجه گیری

نقشه‌های شاخص‌های حدی گرمایی نشان می‌دهد طی ۵ سال اخیر موج گرما، طول و شدت آن نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله افزایش یافته است که نشاندهنده تأیید تحقیقات پژوهشگرانمبنی بر اثر تغییراقلیم طی سال‌های اخیر در منطقه مورد مطالعه است (اصلاحی، ۱۳۹۵؛ عساکره و اکبرزاده، ۱۳۹۵، رسولی و همکاران،۱۳۹۰، حسینی‌صدر و همکاران، ۱۳۹۵). نقشه‌های شاخص حدی سرما نشان می‌دهد که موج سرما و شدت آن در ۵ سال اخیر افزایش یافته ولی طول موج سرما نسبتاً کاهش یافته است. می‌توان نتیجه گرفت سرمای شدید و آنی بیشتر شده ولی

جدول ۲. رتبه‌بندی بیشترین رخدادهای حدی جوی برای ایستگاه‌های استان در ۱۰ و ۵ سال اخیر

ردیف	رخداد	دوره ۱۰ ساله		دوره ۵ ساله	
		ایستگاه	اندازه	ایستگاه	اندازه
۱	رخداد حدی جوی				
۲	فراوانی موج گرمایی	تبریزومراغه	۲۴	عجب شیر	۲۱
۳	طول موج گرمایی	تبریز	۲۲ روز	تبریز	۳۱ روز
۴	حداکثر شدت موج گرما	اهر	۵ °C	اهر	۷/۱ °C
۵	فراوانی موج سرما	مراغه	۴۲	اهر	۲۳
۶	طول موج سرما	اهر	۱۰ روز	اهر	۹ روز
۷	حداکثر شدت موج سرما	سراب	-۱۴/۵ °C	ورزقان	-۱۶/۷ °C
۸	فراوانی بارش سنگین	جلفا	۲ روز	هریس	۲ روز
۹	فراوانی روزهای گردوغبار	مراغه	۴۴ روز	مراغه	۳۲ روز
۱۰	فراوانی روزهای تگرگ	تبریز	۱۱ روز	تبریز	۱۰ روز

تداوم آن کمتر شده است. بارش سنگین طی ۵ سال اخیر در نیمه‌ی شمالی استان افزایش یافته است. البته به علت کمبود ایستگاه در آن منطقه نمی‌توان نتیجه‌ی قطعی ارائه داد.ولی با این حال نقشه‌ها نشان می‌دهد که پهنه‌ی بارش سنگین در نیمه‌ی شمالی استان افزایش یافته است. تعداد رخداد تگرگ در طی ۱۰ سال روند محسوسی ندارد و توزیع آن در دو دوره‌ی ۱۰ و ۵ ساله تقریباً مشابه است. فقط در منطقه‌ی سراب تعداد رخداد تگرگ طی ۵ سال اخیر نسبت به دوره‌ی ۱۰ ساله افزایش یافته است. تعداد رخداد گردوغبار در ۵ ساله‌ی اول بیشتر از ۵ ساله‌ی اخیر بوده ولی توزیع مکانی دو دوره‌ی ۱۰ و ۵ ساله تغییر خاصی نداشته است. شهرستان‌های مراغه،تبریز، اهر، جلفا، ورزقان، سراب ، عجب‌شیر و شبستر به ترتیب بیشترین رخدادهای حدی را در طول ۱۰ سال اخیر تجربه نموده‌اند.

۵ منابع

احمدی، ف.، ن.، بازوبند، م.، طلایی،(۱۳۹۷) ، تجزیه و تحلیل شاخص های حدی دما در دوره گرم شهرستان خرم آباد (۲۰۱۰-۱۹۸۰)، دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، ۱۹ اردیبهشت.

اصلاحی، م (۱۳۹۵)، ارزیابی مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری در تبیین تغییراقلیم شمال‌غرب ایران، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیای طبیعی.

حاتمی د، حجازی زاده ز، ناصرزاده م ح (۱۳۹۸) تحلیل نوسانات زمانی امواج گرمایی منطقه شمال غرب ایران و ارتباط آنها با گازهای گلخانه ای و ناهنجاری های دمایی کره زمین ، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۹، شماره ۵۲، ۵۶- ۳۵

حسینی صدر، عاطفه و فاضلی، محمدعلی و محمدی، غلامحسن ص ۱۳۹۵، تحلیل همدید جریانات جوی ایجاد توفانهای گرد و غبارهای شمال غرب کشور مطالعه موردی: توفان گردو غباری ۱ خرداد ۱۳۹۱، دومین کنگره بین المللی علوم زمین و توسعه شهری، تبریز، https://civilica.com/doc/526561

رحیم زاده، ف.؛ دزفولی، ه. و پوراصغریان، آ(۱۳۹۰)، ارزیابی روند و جهش نمایه های حدی دما و بارش استان هرمزگان، مجله جغرافیا و توسعه،۲۱ : ۹۷ ۱۱۶ .

رحیمی د، میر هاشمی ح، علیزاده ت (۱۳۹۶) تحلیل ساختار امواج گرمایی در غرب و جنوب غرب ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۸، ۸۰-۶۹.

رسولی، علی‌اکبر و ساری صراف، بهروز و محمدی، غلامحسن، ۱۳۹۰، تحلیل روند وقوع پدیده اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش های آمارهای ناپارامتری، جغرافیای طبیعی لارستان پاییز ۱۳۸۹ شماره ۳ .

عساکره، ح و اکبرزاده، ی (۱۳۹۵)، ارزیابی تغییراقلیم در ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره‌ی ۲۱۰۰-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی مدل CanESM ، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶.

قاسمی فر ا، ناصرپور س (۱۳۹۵) تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر اطلاعات جغرافیایی، ۲۶،

شماره ۱۰۳، ۱۴۶-۱۳۷.

قویدل رحیمی ی، سپه‌وند ر، فرج‌زاده م (۱۳۹۳) شناسایی و تحلیل همدید امواج گرمایی فرین غرب ایران، پژوهشهای دانش زمین ، سال ۵، شماره ۱۸، ۱۰-۱

مجرد ف، معصوم پور ج، رستمی ط (۱۳۹۴) تحلیل آماری-همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلیسیوس در غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۳، ۵۷-۴۱.

کوزه گران، س.، م.، موسوی بایگی، (۱۳۹۳) ، بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال‌شرق ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۹، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۴.

محمدی، ح.، ف.، تقوی، (۱۳۸۴) ، روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران، مجله پژوهش های جغرافیا، شماره ۵۳.

هوشیار م، سبحانی ب، پروین ن (۱۳۹۸) تحلیل آماری سینوپتیکی امواج گرمایی زودرس در شمال غرب ایران، ۱۹، شماره ۵۴، ۲۰۳-۱۸۵.

Coumou D. and Robinson A. (2013) Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes, Environmental Research letter, 8, doi: 10.1088/1748-9326/3/034018.

Della-Marta, P M, Haylock M R, Luterbacher J., Wanner H. (2007) Doubled length of western European summer heat waves since 1880 Geophysic Reseach Letters, 112: D15103,doi: 10.1029/2007JD008510.

IPCC Special Report on Extremes, (2012), Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation

Karl, T.R., Philip, D.J., Richard, W.K., Kukla, G., Plummer, N., (1993), Assymmetric Trends of Daily Maximum and Minimum Temperature, Bull. AM. Meteor., 74, 1007-1023.

Perkins SE and Alexander LV (2013), on the measurement of heat waves, Journal of Climate 26: 4500-4517, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00383.1.

Pourasghar F, Eslahi M, Siyahsarani A, Akbarzadeh Y (2019), Synoptic scale influences on summertime heavy rainfall events in the Northwest of Iran, Europe Meteorological Society (EMS) Annual Meeting

Purich A, Cowan T, Cai W, Uotila P, Van Rensch P, Pezza A, Boschat G, Perkins S (2014) Australian heat waves: A CMIP5 analysis , Journal of Climate, 27: 7807-7829,doi: 10.1175/JCLI-D-14-00098.1. Journal of geophysical Research:Atmosphere, 120: 8144-8164.

World Meteorological Organization, (2015), Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events

World Meteorological Organization,(2017), WMO Statement on the State of the Global Climate.

Natioanl Climate Anuual Report, (2017), http://www.ncdc.noaa.gov/sotc.