دگرگونی ها و مخاطرات آب و هوایی
سال اول، شماره یک، بهار و تابستان ۱۳۹۸
دانشگاه زنجان
مقاله شماره ۳

Climate Change & Climate Disasters
Vol.1. Spring and Summer 2019
Zanjan University
No. ۳

واکاوی آماری امواج گرمایی زابل

عبدالرضا کاشکی[۱]، مختار کرمی[۲]، محمد با عقیده[۳]، محمدرضا علیمرادی[۴]

چکیده

امروزه به علت پدیده گرمایش زمین، فراوانی امواج گرمایی و شدت و تداوم آن، پیامدهای مخربی را در طبیعت به جای گذاشته است. هدف این مقاله شناسایی موجهای گرمایی شهرستان زابل و ویژگیهای آماری آنها مانند تداوم، شدت و فراوانی می باشد. بدین منظور داده های دمای کمینه و بیشینه روزانه ایستگاه زابل در بازه زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۵ دریافت و سپس متوسط روزانه دما محاسبه و پایگاه داده ها در نرم افزار متلب تشکیل شد. بدین منظور از آستانه دمایی صدک ۹۵ ام بلند مدت هر روز اقلیمی سال برای شناسایی امواج گرمایی استفاده شد. روزهایی که حداقل ۳ روز یا بیشتر دمای متوسط روزانه آن از صدک ۹۵ آن بیشتر بود موج گرمایی تلقی شد. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد در این منطقه موجهای گرمایی کم دوام رخداد بیشتری داشته و امواج گرمایی پرتداوم کمتر رخ داده است. دو موج گرمایی با دوام و ماندگاری طولانی تر مورد واکاوی آماری قرار گرفتند. ماندگارترین امواج گرمایی در منطقه در بازه زمانی، ۱۹۷۱/۵/۲۳ تا ۱۹۷۱/۵/۳۰ و

---

۱. استادیار دانشگاه حکیم سبزواری
۲. استادیار دانشگاه حکیم سبزواری
۳. دانشیار دانشگاه حکیم سبزواری
۴. دانشجوی دکتری تغییرات اقلیم دانشگاه حکیم سبزواری

Email: mralimoradi@gmail.com

۲۰۱۳/۷/۱۹ تا ۲۰۱۳/۷/۳۰ با تداوم به ترتیب ۸ و ۱۲ روز رخ داده اند. نتایج نشان می دهد که امواج گرمایی به عنوان یکی از مخاطرات آب و هوایی در دوره آماری روند افزایشی داشته است.
کلمات کلیدی: امواج گرمایی، واکاوی آماری، دمای کمینه و بیشینه، زابل

مقدمه

جمعیت کره زمین روز به روز افزایش پیدا کرده و این افزایش جمعیت نیز خود پیامدهای گوناگونی به همراه داشته است (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۹: ۶). روند افزایشی گرمایش جهانی، یکی از برجسته ترین تغییرات آب و هوایی سده کنونی است که محققان در مقیاس های منطقه ای وسیاره ای به آن پرداخته اند (IPCC[1]، ۲۰۰۷: ۲۸). این تغییرات موجب افزایش پدیده های فرین مانند طوفان، سیل، امواج گرمایی، یخبندان و... شده که در مدل های اقلیمی نیز افزایش دماهای فرین را در آینده پیش بینی نموده اند (رایسانن[2] و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۴). گرمایش شدید هوا یا حاکمیت و تهاجم هوای بسیار گرم در ناحیه ای وسیع را موج گرما می نامند(کوتلیاکوف و کوماروفا[3]،۲۰۰۷ : ۳). آنچه مشخص است امواج گرمایی جزو مهم ترین بلایای جوی بوده و تحقیقات در زمینه میزان مرگ و میر سالانه ناشی از مخاطرات اقلیمی نشان می دهد که امواج گرمایی باعث بالاترین میزان مرگ و میر در مقایسه با سایر رخدادهای اقلیمی می شوند (NOAA[4]، ۲۰۰۷ : ۱۴۲). تعداد، تداوم و شدت امواج گرمایی در سالهای اخیر در مناطقی از جهان افزایش یافته است (تاینگ داینگ [5]و همکاران، ۲۰۰۹ : ۳). فعالیتهای تحقیقاتی در قرن بیستم با تمرکز بر پدیده های آب و هوایی فرین، از جمله امواج گرمایی، به علت تأثیر معنی دار آن ها بر اکوسیستمهای طبیعی و جامعه انسانی انجام گرفته است (رولی و کیم[6]، ۱۹۹۴: ۳۲۴-۳۱۰) و (بنیستون و استفنسون[7]، ۲۰۰۴: ۸۱-۷۳). گرمایش جهانی همچنین یکی از عوامل کاهش دهنده بارش های جامد نسبت به مایع و نیز شتاب دهی به فرایند ذوب ذخایر برف در مناطق کوهستانی است. به نظر می رسد روند افزایش دما با محدودتر شدن ذخایر آبی همراه باشد. با توجه به این واقعیت که بارش ایران در مجموع متمرکز بوده و در سراسر سال

1 . Intergovernmental Panel on Climate Change
2 . Raisanen
3 . Kotlyakov, Komarova,
4 . National Oceanic and Atmospheric Administration
5 . Tingding
6 . Rohli & Keim
7 . Beniston & Stephenson

توزیع نشده است، کاهش وسعت ذخایر آبی به معنای تشدید کم آبی در ماههای گرم و بدون بارش خواهد بود (یزدان پناه و همکاران،۱۳۹۱).

اخیراً رخدادهای فرین اقلیمی در کانون توجه محققان علوم جوی قرار دارند، چرا که خطر افزایش فراوانی، تداوم و حساسیت آستانه های اقلیمی با افزایش گازهای گلخانه ای و آئروسول ها در جو افزایش یافته است(هویتون[1] و همکاران، ۱۹۹۶: ۵۷۲). امواج گرمایی با تغییرات اقلیمی، روز به روز فراوان تر و گسترده تر شده و تداوم آن ها نیز بیشتر می شود (بنیستون[2]، ۲۰۰۴: ۸۱-۷۳). لذا شناخت ویژگی های امواج گرما، شدت، تداوم و گسترش آن ها لازم است. تفاوت مکانی بین بالاترین و پایین ترین دمای ثبت شده روزانه در کشور ایران با تنوع خاص آب و هوایی، در اغلب روزها ۴۰ درجه است (علیجانی، ۱۳۸۳:۲). با توجه به شیب مثبت دما و افزایش فرینهای دمایی (محمدی و تقوی ۱۳۸۲:۲)، افزایش دمای متوسط کشور در اکثر ایستگاههای هواشناسی (شیرغلامی و پهلوان،۱۳۸۴:۱۹) و تغییرات زیاد مقادیر حداکثر دما درکلیه نواحی ایران زمین (جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳:۱۸) و نیز افزایش دمای ایران در دوره آینده به ویژه در فصل سرد به میزان ۰,۵ درجه سانتی گراد (بابائیان و همکاران،۱۳۸۸:۵۱)، نشان دهنده این مطلب است که ما شاهد تغییر اقلیم و گرمایش زمین هستیم. کاهش پیامدهای منفی ناشی از امواج گرمایی آینده، در گرو شناسایی مکانیزم امواج گرمایی، سیستم های هواشناسی ایجادکننده آن ها، پیش بینی و یافتن روشهایی برای کاهش تأثیرات مخرب امواج گرمایی بر روی سلامت عمومی و همچنین شناسایی مناطق آسیب پذیر در ارتباط با امواج گرمایی است (کواتس و کوپ[3]، ۲۰۰۵: ۵۹۹-۵۹۲). امواج گرمایی طی دهه های اخیر روندی افزایشی داشته که از نظر مکانی تابع ارتفاع و رطوبت است و مناطق ساحلی دارای بیشترین تعداد روزهایی با موج گرمایی هستند (حدادی، ۱۳۸۸). لذا امروزه یکی از اصلی ترین دغدغه های مخاطرات محیطی، بروز وقایع فرین طولانی مدت و پرتداوم با دوره های بارشی کم و حداکثر درجه حرارت است که به طور گسترده بر جوامع انسانی تأثیرگذار است (استرو[4] و همکاران، ۲۰۰۹: ۶۱۹-۶۱۴). نمونه های بارز آن موج گرمایی فرانسه در تابستان ۲۰۰۳ که به عنوان

1 . Houghton
2 . Beniston
3 . Kovats&Koppe
4 . Ostro

گرم ترین سال در ۲۵۰ سال گذشته معرفی شده است (اسکار[1] و همکاران، ۲۰۰۴: ۳۳۶-۳۳۲). و یا امواج گرمایی ژوئن ۱۹۹۸ در جنوب و جنوب شرق آسیا (کریپالانی و کولکارنی[2]، ۱۹۹۹: ۱۹) و موج گرمایی گسترده و شدید ژولای ۱۹۹۵ در شیکاگو که باعث تلفات انسانی شد (کارل و نایت[3]، ۱۹۹۷: ۱۱۰۷-۱۱۱۹).

یکی از اهداف اصلی در این تحقیق از یک طرف شناسایی امواج گرمایی زابل و از طرفی دیگر شناخت ویژگیهای آن ها از جمله شدت و تداوم می باشد. چرا که امواج گرمایی می توانند با تغییرات آب و هوا بیشتر، شدیدتر و پرتداوم تر از گذشته شود (WHO[4] ، ۲۰۱۳: ۱۲). قابل به ذکر است این امر به خاطر عدم مطالعات در این زمینه تحت عنوان مهم ترین مخاطره ی اقلیمی حائز اهمیت است. در ابتدا باید موج گرمایی را تعریف نماییم ولی از امواج گرمایی تعریف عمومی و واضحی وجود ندارد (رابینسون[5]، ۲۰۰۱: ۷۶۲-۷۷۵). چون که تعریف موج گرمایی در موقعیتهای مختلف متغیر بوده و معیار مشخصی برای آن تعریف نشده است (سوچ و گریموند[6]، ۲۰۰۴: ۶۰۶-۵۹۹ و فریچ[7] و همکاران،۲۰۰۲: ۱۹۳). حتی سازمان جهانی هواشناسی نتوانسته است تعریف جامعی از امواج گرما ارائه دهد(کیسلی [8]و همکاران، ۲۰۰۴: ۷۲-۶۵). چرا که ویژگیها و شدت امواج گرمایی در هر مکان متغیرند (رافائل[9] و همکاران، ۲۰۰۸: ۵۶). از طرفی دمای سطحی روزانه از نظر منطقه ای و فضایی متغیر می باشد، بنابراین نمی توان به سادگی به یک تعریف فراگیری از موج گرمایی به اجماع کلی رسید(میل و تبالدی[10]، ۲۰۰۴: ۹۹۷-۹۹۴). باروس[11] جزو اولین کسانی بود که تحقیقات خود را از قرن ۱۹ در زمینه امواج گرمایی شروع کرد (رابینسون[12]، ۲۰۰۱: ۷۶۲-۷۷۵). تعاریف جدید که در سنوات اخیر بیان شده است، با استفاده از روش های آماری و ریاضی موج گرما را بیان می کند. به عنوان نمونه موج گرما بر اساس انحراف از میانگین

1 . Schar
2 . kripalani & kulkarni
3 . Karl, Knight
4 . The World Health Organization
5 . Robinson
6 .Souch&Grimmond
7 . Frich
8 . Kysely
9 . Rafael
10 . Meehl & Tebaldi
11 . Barus
12 . Robinson

روزانه دما (رافائل[1] و همکاران، ۲۰۰۹: ۹۰). افزایش دما همراه با کاهش بارش (کارل و کوایل[2]، ۱۹۸۱: ۲۰۷۳-۲۰۵۵) و روش صدکها برای تمام مشاهدات (کواتس و ابی[3]، ۲۰۰۶: ۵۹۹-۵۹۲)، تعریف گردیده است. برای مثال، در فرهنگ لغت، موج گرمایی را "یک دوره غیرمنتظره اقلیم گرم تعریف می کند"(مریام- وبستر آنلاین[4]، ۲۰۰۱: ۱۱). سازمان هواشناسی جمهوری چک موج گرمایی را یک دوره از N روز یا بیشتر در تابستان با حداکثر دمای روزانه که ۳۰ درجه یا بیشتر باشد، تعریف می نماید(کیسلی و کالووا[5]، ۱۹۹۹: ۶۵). هرچند تلاشهای زیادی جهت بیان جزئیات و ویژگیهای متفاوتی برای تعریف موج گرما انجام شده است، ولی یک سری از عوامل آن را پیچیده تر ساخته است(کالکستین[6] و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۰۷۵-۲۰۷۳). در همین حال آستانه های معینی مانند دمای هوا، حداقل تداوم، ترکیب دمای هوا، رطوبت نسبی، میانگین حداکثر دما (میانگین حداکثر دمای فصلی) و غیره (بالافوتی[7]، ۲۰۰۸: ۶۵ و ورگلگت[8]، ۲۰۰۶: ۱۰۶). برای تعریف موج گرما وجود دارد که می توان از آن ها در بیشتر نقاط جهان استفاده کرد. بر اساس تعاریف بالا و معیارهای تعیین موج گرمایی به نظر می رسد که در هر منطقه جغرافیایی بر اساس شرایط خاص محیطی و اقلیمی آن منطقه، می توان آستانه دمایی مشخصی برای شروع موج گرمایی تعریف کرد. به خاطر تنوع در شکل توپوگرافی ایران و وجود پستی و بلندی های زیاد ، عرض جغرافیایی، دوری و نزدیکی به دریا و... در ایستگاههای مختلف هواشناسی، در یک زمان واحد، دماهای مختلفی ثبت می شود که تشخیص امواج گرمایی را مشکل می کند. لذا امواج گرمایی در ایران ممکن است که فراگیر نبوده و در نواحی مختلف ویژگی های متفاوتی داشته است(اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). شکل کلی دما تحت تأثیر عوامل مختلفی همچون عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده های هوا قرار دارد، به طوری که با تغییر هر یک از این عوامل، دما نیز تغییر خواهد کرد (منتظری و مسعودیان، ۱۳۸۹:۸۰). در ایران اسمعیل نژاد (۱۳۹۲) به شناسایی رفتار مکانی امواج گرمایی در استان سیستان و

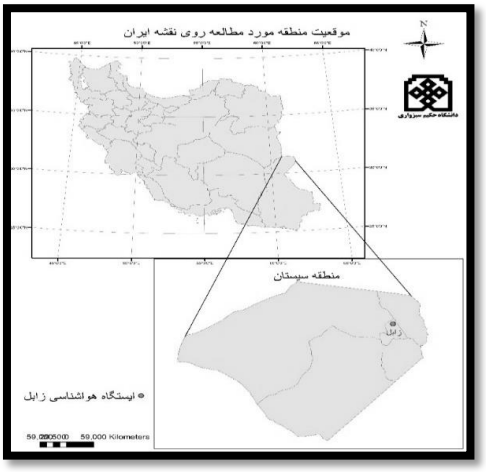
1 . Rafael
2 . Karl & Quayle
3 . Kovats & Ebi
4 . Merriam-Webster Online
5 . Kysely &Kalvova
6 . Kalkstein
7 . Balafouti
8 . Vorgelegt

بلوچستان با استفاده از گزینه Hot Spot در محیط GIS پرداخت و نتیجه گرفت که در دشت سیستان، ناحیهٔ سرباز و در جنوب و جنوب غرب استان امواج گرمایی دارای نظم مکانی است و از رخداد بالایی برخوردار است. مجرد و همکاران (۱۳۹۴)، به تحلیل آماری همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجهٔ سلسیوس در غرب ایران پرداختند و نتیجه گرفتند که پر ارتفاع آزور و پرفشار عربستان سبب ایجاد امواج گرمایی در منطقه بوده و زمان آغاز آن از مرداد است. محمدیاریان و همکاران (۱۳۹۲)، به پهنه بندی مخاطرات دمایی در شمال شرق ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که برخلاف پدیدهٔ موج گرمایی دو پدیدهٔ یخبندان و سوزباد از فراوانی بیشتری برخوردار بوده است.

مواد و روش ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی در جنوب شرقی ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان با مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۸۹ متر ارتفاع از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). آب و هوای منطقه سیستان و در مرکز آن شهرستان زابل، فرا خشک (علیجانی، ۱۳۷۱)، با میانگین بارندگی ۵۵ میلیمتر در سال می باشد.



شکل۱: نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی (منبع: نگارندگان)

۲-۲- روش پژوهش

تغییرپذیری و تنوع آب و هوایی، دماهای فرین متفاوتی را از جایی به جای دیگر و از زمانی به زمان دیگر باعث می شود که این تغییر پذیری فهم و درک ما را نسبت به امواج گرمایی پیچیده می سازد. در این پژوهش برای شناسایی امواج گرمایی زابل، از داده های بیشینه و کمینه روزانه دما در بازه زمانی ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است. بعد از محاسبه متوسط روزانه دما پایگاه داده ها در نرم افزار مت لب تشکیل شد. برای شناسایی موج گرمایی از آستانه صدک ۹۵ داده های دمای متوسط روزانه استفاده شد بدین معنی که برای هر روز اقلیمی صدک ۹۵ ام داده های دمای متوسط روزانه در کل دوره آماری محاسبه شد. در گام بعدی اختلاف داده های متوسط روزانه دما در هر روز از صدک ۹۵ ام آستانه دمایی همان روز محاسبه شد. حال مقادیر مثبت نشان دهنده ناهنجاری مثبت دما یا افزایش دمای آن روز نسبت به صدک ۹۵ ام بلند مدت آن است. در نهایت روزهایی که حداقل ۳ روز یا بیشتر مقادیر دمایی آنها مثبت بود به عنوان موج گرمایی شناخته شد. انحراف دمای هر یک از روزهای مورد بررسی نسبت به میانگین بلند مدت از طریق فرمول زیر محاسبه شد.

$$\Delta T=(i,j,n)= T (i,j,n)- T (i,j) \qquad (۱)$$

در این فرمول (فوجیبه[1] و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۳) در واقع $\Delta T=(i,j,n)$ انحراف دمای روز i ام، ماه j ام و سال n ام نسبت به میانگین بلندمدت دمای همان روز تقویمی است. شدت انحراف دما یا ΔT بستگی به تغییرات روز به روز دما دارد و برحسب فصل متفاوت خواهد بود. از آنجا که بر روی هر نقطه جغرافیایی معین دامنه ی تغییرات دما در روزهای مختلف سال می تواند بسیار متفاوت باشد، بنابراین مقادیر مطلق انحراف دما از میانگین بلندمدت هر روز $\Delta T=(i,j,n)$ نمی تواند نماینده شدت انحراف دمای آن روز نسبت به دیگر روزهای سال باشد .برای نمونه در دوره گرم سال که دما از ثبات بیشتری برخوردار است یک درجه سلسیوس انحراف از دمای بلندمدت رویداد بزرگ تری به شمار می آید تا همین مقدار انحراف دما در دوره سرد سال که دما بی ثبات تر و دامنه تغییرات آن زیادتر است.

1 . Fujibe

برای بررسی روند سری زمانی امواج گرمایی در دوره آماری منطقه مورد مطالعه از آزمون ناپارامتریک من- کندال استفاده شد. این آزمون ابتدا توسط من[1] در سال ۱۹۴۵ ارائه شد و سپس توسط کندال[2] در سال ۱۹۶۶ توسعه یافت. این روش در همان سالها مورد تائید WMO[3] قرار گرفت. همانند سایر آزمونهای آماری، این آزمون نیز بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم گیری می نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع sgn و استخراج پارامتر s

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_k) \qquad (۲)$$

n تعداد جملات سری

x_j داده j ام سری

x_k داده k ام سری

تابع sgn نیز به شرح زیر تعریف می گردد:

$$\mathrm{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & if \quad (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \quad (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \quad (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

ب) محاسبه واریانس با استفاده از رابطه زیر:

1 . Mann
2 . Kendall
3 . World Meteorological Organization

$$Var(S) = \frac{n\,(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad \text{اگر } n > 10 \qquad (۴)$$

n تعداد داده ها

m تعداد سری هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد

t فراوانی داده های با ارزش یکسان

$$Var(S) = \frac{n\,(n-1)(2n+5)}{18} \qquad \text{اگر } n \le 10 \qquad (۵)$$

ج) استخراج آماره آزمون Z به کمک یکی از روابط زیر:

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S > 0 \\ 0 & if \quad S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(s)}} & if \quad S < 0 \end{cases} \qquad (۶)$$

S پارامتر محاسبه شده در فرمول (۲) می باشد.

اگر رابطه زیر برقرار باشد فرض صفر پذیرفته میشود:

$$|Z| \le Z\alpha / 2 \qquad (۷)$$

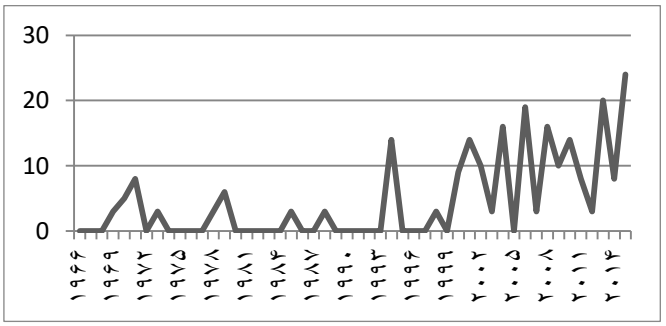
در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می شود. سطح معنی داری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود که معمولاً این آزمون برای سطوح معنی دار ۹۵٪ و ۹۹٪ به انجام می رسد.

نتایج و بحث

امواج گرمایی با تداوم زیاد در سالهای اخیر افزایش داشته است. بعضی از دانشمندان معتقدند که این رخدادها نمونه هایی هستند از "شکلی از آینده که خواهد آمد" (Beniston & Díaz, 2004: 73–81) و باید در تصمیم گیری برای برنامه ریزی هایی که به گرما مرتبط است، به آن توجه کرد.

در طی پنجاه سال گذشته روزهای فرین گرم، شب های فرین گرم و امواج گرما، فراوان تر شده اند که این امر می تواند بر وضعیت سلامتی میلیون ها انسان در بخشهایی از جهان، به ویژه مناطقی که سازگاری پایینتری با گرما دارند، تأثیرگذار باشد (IPCC, ۲۰۰۷).

طبق نتایج کسب شده در منطقه مورد مطالعه، امواج گرمایی در هر دو دوره گرم و سرد سال وجود داشتند. در این بین برخی از سالها نیز فاقد موج گرمایی بودند. برای بررسی روند سری زمانی امواج گرمایی در دوره آماری منطقه مورد مطالعه نیز از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. نتایج آزمون مذکور، با P-Value= 0.000079 و آماره Z=3.77827 آن حاکی از وجود روند افزایشی معنی دار در سطح ۰/۹۵ درصد است. همانطور که در نمودار۱ نیز مشخص است فراوانی فرین های گرم و امواج گرمایی برای شهرستان زابل هم در سالهای اخیر همزمان با گرمایش زمین رو به افزایش است. طبق نتایج بدست آمده در این تحقیق از سال ۲۰۰۰میلادی تعداد و فراوانی امواج گرمایی بطور قابل توجهی بیشتر شده است(شکل۲).

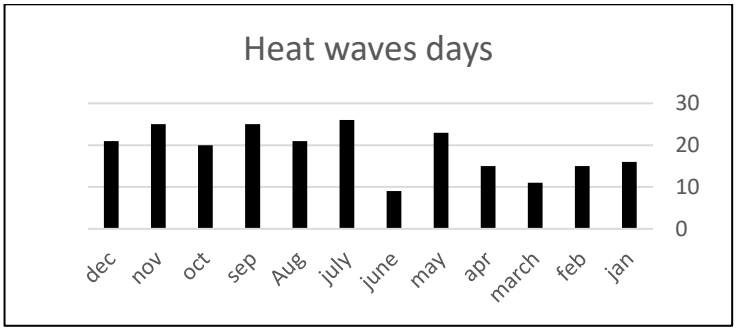


شکل۲: نمودار فراوانی روزهای دارای موج گرمایی در دوره آماری (منبع: تحقیقات میدانی نگارندگان)

افزایش امواج گرمایی از سال ۲۰۰۰ دقیقاً با خشکسالیهای نزدیک به دو دهه در منطقه سیستان خصوصاً خشک شدن تالاب هامون در شمال شهرستان زابل همزمان شده است. با گرمایش جهانی و افزایش دما تعداد و فراوانی رخداد امواج گرمایی بیشتر می شود.

طبق نمودار شکل۲ در طول دوره آماری ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۵، سالهای اخیر بالاخص سال ۲۰۱۵ بالاترین تعداد و مدت امواج گرمایی را به خود اختصاص داده است. در این سال مردم منطقه شاهد ۷ موج گرمایی بالای ۳ روز و در مجموع ۲۴ روز دارای موج گرمایی بوده اند. پس از سال ۲۰۱۵ در سال ۲۰۰۱ بیشترین تعداد موج گرمایی یعنی ۴ موج گرمایی در مجموع با ۱۴ روز گرم ثبت شده است که این دوره مصادف با خشک شدن تالاب هامون به علت کاهش آورد رودخانه هیرمند است. البته در گذشته نیز خشکسالی سال آبی ۱۹۷۲-۱۹۷۱ باعث مهاجرت گسترده مردم منطقه به شمال ایران شده بود. در برخی از سالها نیز بصورت چندین سال پیوسته هیچ موج گرمایی ۳ روز به بالا در منطقه ثبت نشده است و آمارها حاکی از صفر بودن تعداد امواج گرمایی است. آنچه بیش از همه حائز اهمیت است از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد هیچ سالی بدون موج گرمایی ثبت نشده است و به نظر می رسد این روند همچنان ادامه داشته باشد. از طرفی در این منطقه در ۵۰ سال منتهی به سال ۲۰۱۵ میلادی شاهد ۳۹ موج گرمایی ۳ روزه، ۷ موج ۴ روزه، ۸ موج ۵ روزه، ۳ موج ۶ روزه، ۲ موج ۷ روزه، ۱ موج ۸ روزه و ۱ موج ۱۲ روزه بودیم.

فراوانی ماهانه روزهایی که موج گرمایی در آنها طی دوره آماری رخ داده است در نمودار شکل۳ آمده است.



شکل۳: نمودار فراوانی ماهانه روزهای دارای موج گرمایی در طی دوره آماری (منبع: تحقیقات میدانی نگارندگان)

همان گونه که مشاهده می گردد در ماه ژولای (تیر ماه) در طی دوره گرم سال (فصل تابستان) با ۲۶ روز دارای موج گرمایی، بیشترین تداوم امواج گرمایی ثبت گردیده است. سپتامبر و نوامبر (شهریور و آبان) در طول دوره سرد سال(فصل پاییز) با هر کدام ۲۵ روز در رتبه دوم ماههای دارای امواج گرمایی قرار گرفته اند. در ماه می (اردیبهشت) در طول فصل بهار نیز شاهد امواج گرمایی با ۲۳ روز بوده ایم که رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. کمترین تعداد روزهای دارای امواج گرمایی با ۹ روز مختص به ماه ژوئن در دوره گرم سال (اول تابستان)است.

آنچه حائز اهمیت است، وجود امواج گرمایی در هر دو فصل سرد و گرم سال می باشد به طوری که پس از ژولای که در دوره گرم سال قراردارد، بیشترین روزهای امواج گرمایی در منطقه سیستان در دوره سرد سال یعنی نوامبر و سپتامبر واقع گردیده است. در طی این مدت دو موج بلند مدت ۱۲ و ۸ روزه از ۱۹۷۱/۵/۲۳ لغایت ۱۹۷۱/۵/۳۰ و از ۲۰۱۳/۷/۱۹ تا ۲۰۱۳/۷/۳۰ در منطقه رخ داده بود.

۴-جمع بندی

طبق بررسی های بعمل آمده بر روی امواج گرمایی بیشتر از ۳ روز شهرستان زابل در طول دوره آماری ۱۹۶۶ تا ۲۰۱۵ میلادی مشخص گردید که همزمان با گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی امواج گرمایی در این منطقه نیز روند افزایشی داشته تا حدی که از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد امواج گرمایی در منطقه زابل به لحاظ تعداد و تداوم در مقایسه با سایر سالها در دوره آماری مد نظر، افزایش یافته اند و در این بین دو موج بلند مدت ۱۲ و ۸ روزه از ۱۹۷۱/۵/۲۳ لغایت ۱۹۷۱/۵/۳۰ و از ۲۰۱۳/۷/۱۹ تا ۲۰۱۳/۷/۳۰ (همزمان با شروع خشکسالی در منطقه مورد مطالعه و خشک شدن کامل تالاب هامون) رخ داده است. نتیجه این پژوهش تحقیقات اسمعیل نژاد در خصوص وجود نظم مکانی امواج گرمایی در استان سیستان و بلوچستان و افزایش رخداد امواج گرمایی در شمال استان بخصوص شهرستان زابل را تأیید می نماید.

منابع

۱. اسمعیل نژاد، مرتضی؛ محمود خسروی؛ بهلول علیجانی؛ سید ابوالفضل مسعودیان ،۱۳۹۲، شناسایی امواج گرمایی ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۳۳ ،زاهدان.

۲. اسمعیل نژاد، مرتضی، ۱۳۹۲ ، شناسایی رفتار مکانی امواج گرمایی سیستان و بلوچستان با برنامه Hot Spot در محیط GIS . پوستر نخستین کنفرانس ملی آب وهواشناسی ایران، اردیبهشت ۱۳۹۲

۳. بابائیان، ایمان؛ زهرا نجف ینیک، فاطمه زابلی عباسی؛ دکتر مجید حبیبی نوخندان؛ حامد ادب؛ شراره ملبوسی، ۱۳۸۸، ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره(۲۰۳۹ -۲۰۱۰) میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو ECHO-G ، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۶ ،زاهدان.

۴. دارند، محمد؛ سید ابوالفضل مسعودیان (۱۳۹۰). تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، پایا ن نامه دکتری اقلیم شناسی. دانشگاه اصفهان.

۵. حدادی، حسین ،۱۳۸۸ ، تحلیل زمانی و مکانی امواج گرما در ایران . پایان نامۀ کارشناسی ارشد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانش ده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیا ،دانشگاه تربیت مدرس.

۶. جهانبخش، سعید؛ سیما ترابی (۱۳۸۳) بررسی و پیش بینی دما وبارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۴ . مشهد.

۷. جهانبخش، سعید، فاطمه قویدل،۱۳۹۴، شناسایی، طبقه بندی و تحلیل همدیدی امواج گرمایی به منظور کاهش مخاطرات انسانی در شمال غرب ایران، دانش مخاطرات/ دورۀ ۲، شمارۀ ۴، زمستان ۱۳۹۴ / ص ۳۹۱-۳۷۷

۸. سازمان حفاظت محیط زیست،۱۳۸۹، آموزش تغییرات اقلیمی برای آموزشگران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ص ۶

۹. شیرغلامی، هادی؛ بیژن قهرمان (۱۳۸۴). بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه دما در ایران، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال نهم. شماره اول.

۱۰. کوچکی، عوض؛ حمیدرضا شریفی؛ اسکندر زند،۱۳۷۷ ، پیامدهای اکولوژکی تغییر اقلیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۱۱. علیجانی، بهلول (۱۳۸۳). آب و هوای ایران، انتشارات سمت.

۱۲. محمدی، حسین؛ فرحناز تقوی (۱۳۸۴). روند شاخص های حدی دما و بارش در تهران، پژوهش های جغرافیایی.

۱۳. ورشاویان، وحید؛ علی خلیلی، نوذر قهرمان و سهراب حجام (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه ی اقلیمی ایران، مجله ی فیزیک زمین و فضا. شماره ۳۷

۱۴. مسعودیان، سیدابوالفضل؛ محمد دارند (۱۳۹۰). تحلیل همدید سرماهای فرین ایران، جغرافیا و توسعه. شماره۲۲

۱۵. مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۲). تحلیل ساختار دمای ماهانه ایران، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان. جلد پانزدهم. شماره ۱ و ۲
۱۶. مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۴). آب و هوای ایران، انتشارات. دانشگاه اصفهان.
۱۷. منتظری، مجید؛ ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۹شناسایی الگوهای فرارفت دمایی ایران در سال های سرد، پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۴
۱۸. محمدیاریان، محترم؛ مفیدی، عباس؛ حسین زاده ، سیدرضا) ۱۳۹۲ (. پهنه بندی مخاطرات دمایی در شمال شرق ایران . نخستین کنفرانس ملی آب وهواشناسی ایران . دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان: ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲
۱۹. مجرد، فیروز؛ معصوم پور، جعفر؛ رستمی، طیبه، ۱۳۹۴. تحلیل آماری همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجهٔ سلسیوس در غرب ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ ۱۳ ، بهار ۹۴ : ۴۱ – ۵۷
۲۰. یزدان پناه، حجت الله؛ مینو، نساء؛ احمدیان، سپندار؛ فدایی ، سید پیام ، ۱۳۹۱ ، بررسی امواج گرمایی حادث شده در کرمانشاه . همایش ملی شهرهای مرزی و امنیت، چالشها و رهیافتها، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۳۰ و ۳۱ فروردین ۱۳۹۱

21. Balafoutis and Makrogiannis (2008). analysis of a heat wave phenomenon over and its implication for tourism and reaction, Department of Meteorology and Climatology Aristotle University of Thessaloniki – Greece.
22. Beniston, M., Diaz, HF (2004). The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. Glob Planet Change, 44.
23. Frich P, Alexander LV, Della-Marta P, Gleason B, Haylock M, Klein Tank AMG. Peterson T (2002). Observed coherent changes in climatic extremes
24. during the second half of the twentieth century. Climate Research, 19. Fujibe, F et al (2007). Long-term changes of temperature extremes and day-today variability in Japan, papers in Meterology and Geophysics, 58.
25. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Callander B.A., Harris N., Kattenberg A., Maskell K. (eds) (1996). Climate Change, The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
26. IPCC (2007). Climate change 2007: the physical science basis, Working Group I Contribution to the IPCC fourth assessment report. In: Solomon S, Qin D, and Manning M, Chen Z, Marquis M.
27. Kalkstein, L., J. Greene, D. Mills, A. Perrin, et al (2008). Analog European heat waves for U.S. Ann. Assoc. Am. Georg. 79.
28. Karl, T. and R. Quayle. 1981. The (1980). Heat wave and drought in historical perspective. Monthly Weather Review. 109.

29. Karl, T.R., Knight, R.W (1997). The 1995 Chicago Heat Wave: How Likely Is a Recurrence?, Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (6).
30. Kovats SR, Ebi LK (2006). Heat waves and public health in Europe.Eur J Public Health 16.
31. Kotlyakov,V ،M; Komarova, A ،I, (2007), Elsevier's Dictionary of Geography. Elsevier, ISBN:9780080488783 0080488781.
32. Kysely, J (2004). Mortality and displaced mortality Turing heat waves in the Czech Republic. Int J Biometeorol 49:91–97.
33. Meehl GA, Tebaldi C. (2004). More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. Science 305.
34. Merriam-Webster Online (2001). Collegiate Dictionary. http://www.m w.com/home.htm
35. NOAA (2007). Natural Hazard Statistics. National Oceanic and Atmospheric Administration.
36. Raisanen J, Hansson U, Ullerstig A, Doscher R, Graham LP, Jones C, Meier HEM, Samuelsson P, Willen U (2004). European climate in the late twenty-first century: Regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. Climate Dynamics 22.
37. Rafael O. García Cueto & Adalberto Tejeda Martinez & Ernesto Jauregui Ostos (2009). Heat waves and heat days in an arid city in the northwestof México: current trends and in climate change scenarios, Int J Biometeorol 54:335–345
38. R. H. Kripalani & Ashwini Kulkarni (1999).Heat Waves and Floods across Asia: Was El Ni~no, then La Ni~na the Cause?, University of Nebraska-Lincoln, ndian Institute of Tropical Meteorology,. 1, February http://digitalcommons.unl. Edu/droughtnetnews/50:19-37.
39. Robinson, P (2001). On the definition of a heat wave. Journal of Applied Meteorology. 40.
40. Rohli R.V. and Keim B.D (1994). Spatial and temporal characteristics of extreme-high-summer temperature events in the South-Central United States. Phys. Geogr., 15, 310-324. 1994.
41. Schar, C., Vidale, P.L., Luthi, D., Frei, C., Haberli, C., Liniger, M., Appenzeller, C (2004). the role of increasing temperature variability inEuropean summer heat waves. Nature 427.
42. Seluchi (2006). Synoptic and thermodynamic analysis of an extreme heat wave over subtropical South America, Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 2009-2010.Society. 89(1).
43. Souch C, Grimmond CSB (2004). Applied climatology: Heat waves. Progress in Physical Geography, 28.

44. Stedman, J (2004). The predicted number of air pollution related deaths in the UK during the August 2003 heat wave. Atmos. Environ. 38.
45. Ting ding , et al (2009). Changes in hot days and heat waves in China during 1961–2007, International Journal Of Climatology.
46. Vorgelegt von (2006). Extreme Temperature Events in Western Europe from 1880.2003, Geographic Institute, University Bern.
47. WHO (2003). the health impacts of 2003 summer heat-waves. Briefing note for the delegations of the fifty-third session of the WHO (World Health Organization) Regional Committee for Europe.