

برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره تداوم مختلف در استان اردبیل به کمک زنجیره مارکف

بتول زینالی^{۱*}، فاطمه روحی^۲

۱. دانشیار اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۲. دانشجوی دکتری آب وهواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۰۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳

چکیده

امواج گرمایی یکی از پدیده‌های طبیعی و ذاتی اقلیم در مناطق مختلف جهان می‌باشند که فراوانی ظهور آن‌ها در نتیجه نوسانات آب و هوایی کره زمین در سال‌های اخیر همانند سایر پدیده‌های حدی اقلیم افزایش دارد، افزایش دمای هوا چه به دلیل خشک‌سالی‌های دوره‌ای و چه به دلیل گرمایش جهانی در سال‌های آتی امری بسیار محتمل است. برای ارزیابی دما در استان اردبیل، داده‌های حداکثر دمای روزانه ایستگاه‌های همدید اردبیل، پارس‌آباد، خلخال و مشکین‌شهر برای سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶ از هواشناسی اردبیل اخذ گردید. در این پژوهش به منظور بررسی دوره‌های گرما در ماه‌های مختلف استان اردبیل، هم‌چنین برای نشان دادن تغییرات، دوره تداوم و دوره بازگشت امواج گرمایی شناسایی شده، از مدل زنجیره مارکف استفاده شده است. در ادامه برای نمونه داده‌های حداکثر دمای روزانه ایستگاه پارس‌آباد در نرم افزار اکسل فیلترگذاری و دمای بالای ۳۵ درجه انتخاب شد که روزهای انتخاب شده ۲۰۱۶/۷/۱۷ و ۲۰۱۶/۷/۱۸ که دمای هوا به ترتیب در این روزها با ۳۸/۸ و ۳۸/۶ می‌باشد سپس با اخذ داده اقدام به ترسیم نقشه در محیط گرس که نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه دمای سطح بالا (از سایت مرکز پیش‌بینی محیطی نوا) اخذ گردید بر این اساس در هیچ ماهی موج‌های پرتداوم تر بیشترین فراوانی را به خود اختصاص نداده‌اند و موج کوتاه مدت و بلند مدت گرمایی در ماه فروردین بیشترین مقدار و در ماه شهریور کمترین مقدار را داشته است. نتایج تحقیق نشان داد که در ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد ایستگاه پارس‌آباد کمترین طول دوره بازگشت موج گرمایی را به خود اختصاص داده است و ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ایستگاه اردبیل کمترین طول دوره بازگشت را به خود اختصاص داده است. طولانی‌ترین دوره بازگشت هم در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد در ایستگاه مشکین‌شهر بوده و در ماه شهریور در ایستگاه خلخال مشاهده شده است. هم‌چنین وجود پرفشار دینامیکی آזור در ایران باعث حاکمیت شدید گرما در منطقه مورد مطالعه ما شده است.

کلید واژه‌ها: استان اردبیل، امواج گرمایی، زنجیره مارکف، دوره بازگشت، پرفشار آזור.

مقدمه

یکی از چالش‌های پیش رو بشر در قرن حاضر تغییر اقلیم است. تغییر اقلیم مفهومی است که به سادگی نمی‌توان آن را تعریف کرد. با توجه به تعاریف متعددی که برای این واژه وجود دارد، بررسی پژوهشگران نشان داده است که در اکثر نقاط جهان، دما در طی دو دهه گذشته رو به افزایش بوده است (یزدان پناه و علیزاده، ۱۳۹۰: ۵۲). گرمایش جهانی و روند معنادار در نقاط مختلف کره زمین مهم‌ترین سیمای تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر محسوب می‌شود (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۲۴). امواج گرمایی یکی از پدیده‌های طبیعی و ذاتی اقلیم در مناطق مختلف جهان می‌باشند که فراوانی ظهور آن‌ها در نتیجه نوسانات آب و هوایی کره زمین در سال‌های اخیر همانند سایر پدیده‌های حدی اقلیم افزایش دارد افزایش دمای هوا چه به دلیل خشک‌سالی‌های دوره‌ای و چه به دلیل گرمایش جهانی در سال‌های آتی امری بسیار محتمل است. دما اثرات انکارناپذیری بر فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی دارد به‌خصوص افزایش دما در قالب امواج گرما تمام شئون زندگی انسان از جمله معماری، آسایش، حمل‌ونقل، کشاورزی و صنعت را تحت تأثیر قرار می‌دهد در سالیان اخیر بر تعداد و شدت امواج گرمایی در جهان افزوده شده و یکی از علت‌های عمده مرگ‌ومیر با منشأ جوی در بسیاری از کشورها به شمار می‌رود (مجرد و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۲). امواج گرمایی هرساله تلفات زیادی را به بار می‌آورد موج گرمایی تابستان ۱۹۹۹ شیکاگو به ۸۰ تن رسید (قویدل و رضایی، ۱۳۹۴: ۵۴). مطالعات نشان می‌دهد که تنها بر اثر موج گرما اروپا در سال ۲۰۰۳ حدود ۵۲ هزار نفر جان خود را از دست داده‌اند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۴: ۲۹۱)؛ که علاوه بر خسارت جانی بر اثر آتش‌سوزی ناشی از موج گرمایی شدید بیش از ۳۰۱۰ کیلومتر مربع از اراضی جنگل ۴۰۴ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی در کشور پرتغال نابود شدند (قویدل و رضایی، ۱۳۹۴: ۲۵۷). امواج گرمایی بخصوص در تابستان سبب ذوب سریع برف‌ها و بروز سیلاب و بهمن و شیوع امراض می‌شود (مجرد و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۲). برای کشور پهناوری مثل ایران که از تنوع توپوگرافی بسیار زیادی برخوردار است این کار بست پذیر نیست چرا که ممکن است برای نمونه آستانه دمای ۳۰ درجه برای مناطق شمالی کشور آستانه‌ی مناسبی جهت نمایان ساختن امواج گرمایی باشد ولی برای مناطق جنوبی ایران که در بیشتر مواقع سال دماهای بالای ۳۰ درجه را نشان می‌دهند آستانه‌ی مناسبی نباشد (دارند، ۱۳۹۳: ۱۶۸). نتایج تحقیقات در ایران نشان می‌دهد هسته گرما عموماً در ایستگاه‌های درونی کشور به‌ویژه در محورهای کوهستانی البرز و زاگرس نمایان است. هم‌چنین روند افزایش دما در ایستگاه‌های کوهستانی و برف گیر شمال غرب، شمال و تا حدودی غرب از مناطق جنوبی بیشتر است (قویدل رحیمی و رضایی، ۱۳۹۴: ۲۵۹) استان اردبیل یکی از قسمت‌های مهم کشور ایران از لحاظ اقتصادی در زمینه کشاورزی و باغداری محسوب می‌شود که انبار تولید محصولات کشاورزی و یکی از مناطقی است که می‌تواند در توسعه سیاسی و اقتصادی کشور حائز اهمیت باشد. امواج گرمایی زودرس هرساله یا هرچند سال یکبار وقتی در زمستان وارد منطقه شود خسارت‌های جبران‌ناپذیری به محصولات کشاورزی و باغداری وارد می‌سازد که در نتیجه آن درختان و محصولات کشاورزی از خواب زمستانی بیدار شده و وقتی ناگهان به دنبال موج گرما یک موج سرد منطقه را در بر گرفته، باعث نابودی شکوفه درختان بخصوص سردرختی و محصولات کشاورزی خواهد شد.

مبانی نظری: پژوهش‌های ارزنده‌ای به ویژه در سال‌های اخیر با روش‌های مختلف به منظور شناسایی احتمال وقوع امواج گرمایی در نواحی مختلف ایران و جهان صورت گرفته است. مولودی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس با استفاده از آمار روزانه میانگین دمای بیشینه ۳۵ سال از ۱۹۸۰-۲۰۱۴ ایستگاهی آبادان، بوشهر، بندرعباس، بندرلنگه و کیش پرداختند و به این نتیجه رسیدند که امواج گرمایی کوتاه‌مدت رخ داد بیشتری دارد امواج گرمایی در دوره پایه دارای روند افزایشی معنی‌دار به جز ایستگاه بوشهر اما ضعیف بوده‌اند به طوری که فراوانی آن سال‌های اخیر بیشتر شده است سبحانی و هوشیار (۱۳۹۵) به تحلیل روند تغییرات امواج گرمایی زودرس در شمال غرب ایران با استفاده از هشت ایستگاه سینوپتیک در شمال غرب ایران در طول دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور از آزمون ناپارامتریک من کندال K-M استفاده گردید. هم‌چنین شیب خط روند با روش ناپارامتریک تخمین‌گر یب سن و روش پارامتریک شیب خط رگرسیون محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه دماهای حدی زودرس در منطقه دارای روند افزایشی است که این روند افزایشی برای ایستگاه‌های اهر و سراب در سطح ۰/۰۵ و در سایر ایستگاه‌های در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و بیشترین شیب تغییرات نیز مربوط به ایستگاه‌های مراغه و ارومیه به ترتیب با شیب ۰/۲۸ و ۰/۲۵ هست. اعتمادیان و همکاران (۱۳۹۹) نواحی امواج گرمایی ایران را با استفاده از داده‌های دمای حداکثر روزانه در ۹۵ ایستگاه سینوپتیک ایران برای دوره زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰، با روش تحلیل مولفه

اصلی PCA و خوشه‌بندی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که، الگوی مکانی امواج گرمایی ایران، نواحی همگن در طی سال است، و انسجام و همگنی مکانی نواحی مذکور در دوره سرد سال بیشتر از دوره گرم می باشد. ناحیه کوهستانی و کوهپایه‌ای در راستای رشته کوه البرز و زاگرس، بیشترین فراوانی وقوع موج گرما در مقیاس‌های زمانی مطالعه را داراست، و نواحی ساحلی (اعم از شمال و جنوب ایران)، کمترین موج گرما را تجربه می‌کنند. حسین‌پور و همکاران (۱۴۰۲) به تحلیل آماری امواج گرمایی در دامنه‌های جنوبی البرز با استفاده از روش‌های آماری و داده‌های دمای بیشینه روزانه ایستگاه‌های همدیدی تهران (مهرآباد)، قزوین و سمنان برای دوره آماری ۳۰ ساله از ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ پرداختند و نتایج پژوهش نشان داد که فراوانی موج‌های گرمایی کوتاه مدت بیشتر بوده است. بیشترین فراوانی مربوط به امواج ۲ روزه بوده، و به ترتیب ایستگاه‌های تهران (مهرآباد)، سمنان و قزوین فراوانی رخداد بیشتری دارند. بیشترین فراوانی رخداد سالانه به ترتیب در ایستگاه تهران ۱۱ موج در سال 2010، در سمنان ۹ موج در سال ۲۰۱۵ و قزوین ۷ موج در سال ۲۰۱۵ شناسایی شد. بالاترین فراوانی ماهانه رخداد امواج گرمایی در ماه‌های ژوئن و سپتامبر ثبت شده است. بیشترین تداوم ۱۵ روزه در ماه مارس ۲۰۰۸ باروش صدک در ایستگاه مهرآباد به دست آمد. سرباکوف و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی دمای محیط و اثرات موج گرما به بیماران بستری در کالیفرنیا از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹ با استفاده از میانگین دمای روزانه آن حداقل در دو روز متوالی بالاتر از صدک ۹۵ درصد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش درجه حرارت، پذیرش نارسایی حاد کلیه، آپاندیسیت، کمردرد، سکتة مغزی، سلامت روان و دیابت اولیه به طور قابل توجهی افزایش یافته است درجه حرارت بالا نیز از نظر آماری کاهش قابل توجهی در پذیرش پرفشاری خون، پذیرش تنفسی و بیماری‌های تنفسی با تشخیص

ثانویه دیابت پیش بینی کرد. سیلوپرا و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی امواج گرمایی و مرگ و میر ناشی از آن در آمازون برزیل بین سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ بودند که داده های مرگ و میر را از بخش فناوری اطلاعات سیستم بهداشت عمومی برزیل و داده های هواشناسی از مجموعه داده های تحلیل مجدد ERA5-Land مشتق شده اند. امواج گرما با توجه به شدت آنها (۹۰، ۹۲، ۹۵، ۹۷، ۹۹ و ۱۰۰ صدک درجه حرارت) و مدت (۲، ۳، ۴ و ۵ روز) تعریف شد و نتایج ما نشان می دهد که خطر مرگ و میر بالاتری برای سالمندان وجود دارد، این خطر برای زنان بیشتر از مردان و برای علل قلبی عروقی بیشتر از موارد غیر خارجی یا تنفسی می باشد. وانگ و همکاران (۲۰۲۲) رابطه بین امواج گرمای تشدید شده و آلودگی ازن در تابستان در منطقه پکن-تیانجین، چین، طی سال های ۲۰۱۳-۲۰۱۷ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که با توجه به تأثیر تغییر آب و هوا، فرکانس ها، مدت زمان و بزرگی بیش از حد O3 با رویدادهای موج گرما در ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ سازگار بوده است. امواج گرمای تشدید شده یک محرک مهم برای تشدید آلودگی O3 است. به طور خاص، طولانی مدت امواج گرما باعث ایجاد شرایط نامساعد جوی متوالی می شود که باعث تجمع O3 و آلودگی شدید O3 می شود. تغییرپذیری در گرمای شدید تابستان ارتباط نزدیکی با وقوع غلظت های بالای O3 دارد که محرک قابل توجهی در بدتر شدن آلودگی O3 است. کاهش پیامد ناشی از امواج گرمایی آینده در گرو شناسایی سازوکار امواج گرمایی سامانه های اقلیمی ایجادکننده و تحریک کنندگان پیش بینی و پیش هشدار دهی وقوع امواج گرمایی و شناسایی رفتار زمانی آنها و شناسایی راه های کاهش اثرات آزار دهنده آنها و نیز شناسایی مناطق آسیب پذیر در ارتباط با این امواج گرمایی یا به عبارت دیگر شناسایی رفتار فضایی این امواج می باشد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۸). هدف این پژوهش شناسایی احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره تداوم مختلف در استان اردبیل و همچنین شناسایی ویژگی های امواج گرمایی از جمله توزیع فضایی، شدت و تداوم آنها می باشد.

روش پژوهش

برای ارزیابی دما در استان اردبیل، داده های حداکثر دمای روزانه ایستگاه های همدید اردبیل، پارس آباد، خلخال و مشکین شهر برای سال های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۶ از هواشناسی اردبیل اخذ گردید. دما از مهم ترین مؤلفه جوی دستگاه آب و هوا بوده و در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر آب و هوایی مؤثر هست همچنین دما از مؤلفه های اصلی طبقه بندی و پهنه بندی آب و هوایی محسوب می شود و از این رو نوسانات و تغییرپذیری آن دارای اهمیت است. از آنجایی که فقط ۴ ایستگاه مذکور از میان ایستگاه های سینوپتیک استان از آمار نسبتاً بلند مدت برخوردار بوده و طی دوره آماری مذکور کامل و فاقد نبود آماری بوده اند جهت انجام پژوهش انتخاب گردیدند. به منظور تعیین آستانه مناسب دمایی، دمای ۳۵ درجه برای استان اردبیل انتخاب شد به این دلیل که در فصل گرم سال به دلیل استقرار پرفشار جنب حاره در ایران و صاف بودن آسمان بالاترین دمای ایران به بیش از ۳۵ درجه سلسیوس می رسد (مجرد و همکاران، ۱۳۹۴: ۴۴). در ادامه برای نمونه داده های حداکثر دمای روزانه ایستگاه پارس آباد در نرم افزار اکسل فیلتر گذاری و دمای بالای ۳۵ درجه انتخاب شد که روزهای انتخاب شده ۲۰۱۶/۷/۱۷ و ۲۰۱۶/۷/۱۸ که دمای هوا به ترتیب در این روزها با ۳۸/۸ و ۳۸/۶ سپس با اخذ داده اقدام

به ترسیم نقشه در محیط گردس که نقشه های سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقشه دمای سطح بالا (از سایت مرکز پیش بینی محیطی نوا) اخذ گردید.

برآورد ماتریس احتمال - انتقال زنجیره مارکف

در این پژوهش به منظور بررسی دوره های گرما در ماه های مختلف استان اردبیل، از مدل مارکوف استفاده شده است. بدین منظور ابتدا به تعیین موج های گرما اقدام شده است. دو نوع موج گرما وجود دارد که در موج اول دما به صورت سه روز پی در پی از آستانه مشخص شده برای هر ماه بیشتر می باشد و با عنوان موج گرمای کوتاه مدت شناخته می شود. هم چنین در موج دوم دما به صورت شش روز پی در پی از آستانه مشخص شده برای هر ماه بیشتر می باشد که به عنوان موج بلند مدت مطرح شده است. آستانه دمای هر ماه با استفاده از رابطه زیر به دست آمده است.

$$\text{heat wave} = m + 1.5 * \sigma \quad (1)$$

در رابطه فوق m به عنوان میانگین دمای هر ماه و σ به عنوان انحراف معیار دمای هر ماه مشخص شده است سپس نمودار هر یک از ماه های ذکر شده بر اساس تعداد روزهای همراه با موج گرمایی ترسیم گردید. برای نشان دادن تغییرات و دوره تداوم و هم چنین دوره بازگشت امواج گرمایی شناسایی شده، از زنجیره مارکف استفاده شده است. مدل زنجیره مارکف یک تکنیک ریاضی برای مدل سازی پدیده های تصادفی است که توالی مشاهدات را در طول زمان نشان می دهند. وابستگی این زنجیره به زمان، یا از طریق ضرایب همبستگی سری یا با استفاده از ماتریس احتمال - انتقال بیان می شود در میان روش های آماری، زنجیره مارکف در علوم جوی در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. زنجیره مارکف با روش های ساده ریاضی مانند ضرب ماتریس ها، حل احتمالات مربوط به فرایندهای وابسته را بسیار آسان نموده است. زنجیره مارکف در علوم مختلفی چون اقلیم شناسی، هواشناسی، اقتصاد و صنعت کاربرد فراوانی دارد نخستین گام در جهت انطباق داده های مورد مطالعه بر زنجیره مارکف، تجزیه و تحلیل آن ها و به دست آوردن فراوانی وقوع روزهای همراه با موج و درصد هریک از آن ها به تفکیک ماه به ماه برای هر یک از ماه های مورد مطالعه است، که برای این منظور یک ماتریس 2×2 از فراوانی داده ها با توجه به رخداد روز قبل و بعد موج طبق رابطه ۲ تشکیل شده و سپس فراوانی و درصد فراوانی شرطی هر یک از داده ها محاسبه گردید که ارقام این ماتریس در محاسبه روابط بعدی مؤثر است

$$\begin{bmatrix} 00 & 01 \\ 10 & 11 \end{bmatrix} \quad (2)$$

محاسبه ماتریس احتمال زنجیره مارکف (p) را برای مرتبه اول دو حالت می توان به این صورت نوشت: در این ماتریس روز بدون موج با (+) و روز همراه با موج با (۱) نشان داده شده است. جمله p_{11} یعنی احتمال روز همراه با موج پس از یک روز موج گرمایی دیگر و جمله p_{00} بیانگر احتمال روز بدون موج پس از یک روز بدون موج دیگر است مقادیر فصلی احتمال انتقال شرطی برای همه ایستگاه های مورد مطالعه طبق روابط (۳ و ۴) محاسبه و در جداول آورده شده است.

$$P_{01} = \frac{n_{01}}{n_{01} + n_{00}}, 0 = 1 - p_{01} \quad (3)$$

$$P10 = \frac{n10}{n01+n00}, P11 = 1 - p10 \quad (4)$$

پس به منظور تعیین یک دوره موج گرمایی متوالی n روزه در سری مشاهدات در هر یک از ایستگاه‌هایی که چند روز تکرار شده‌اند

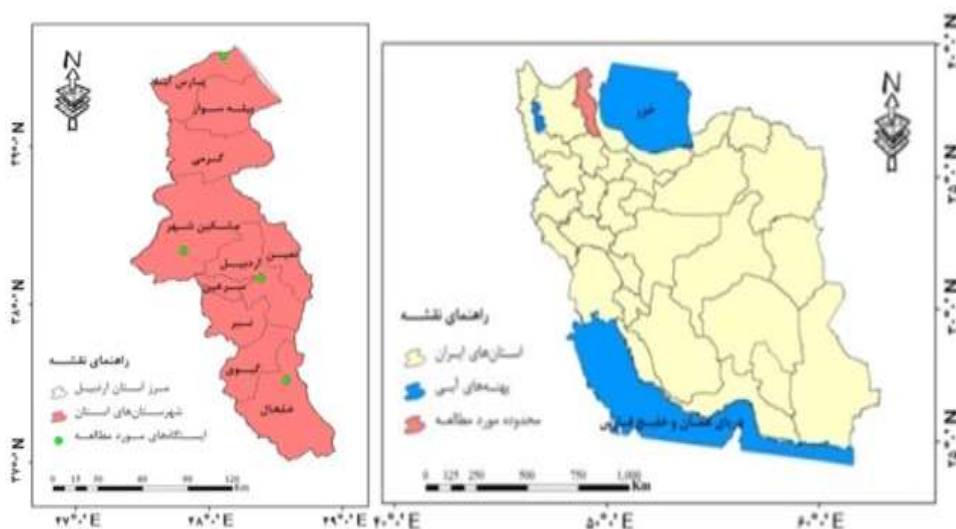
$$Hn = 1 + \frac{(N-n)pq(1-q)n-1}{p+q} \quad (5)$$

که در آن Hn طول دوره موج گرمایی است N تعداد کل روزهای آماری n تعداد دوره پیوسته و $p=0.1, q=10$ است در نهایت هم دوره بازگشت برای تک تک ماه‌ها در کل ایستگاه‌ها محاسبه گردیده است.

$$Rh = \frac{(p+q)}{pq(1-q)n} \quad (6)$$

در این رابطه Rh دوره بازگشت موج گرمایی n روزه و p, q عناصر ماتریس احتمال انتقالی هستند هدف از محاسبه دوره بازگشت پاسخ دادن به این سؤال است، که هر روز موج گرمایی چه دوره بازگشتی دارد که تعیین این دوره بازگشت‌ها برای انجام راهکار و مقابله با موج گرمایی مفید است (یزدان پناه و علیزاده، ۱۳۹۰: ۵۷).

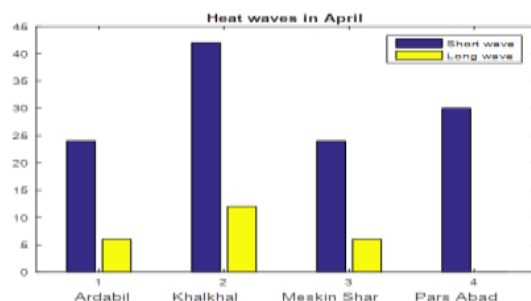
منطقه مورد مطالعه: استان اردبیل در شمال غربی فلات ایران با مساحتی بالغ بر ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع که تقریباً ۱٪ از کل مساحت کشور را در برمی‌گیرد در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. این استان از شمال با جمهوری آذربایجان همسایه بوده و حدود ۴۰۰ کیلومتر با این کشور مرز مشترک دارد و از غرب به استان آذربایجان شرقی، از جنوب به استان زنجان و از شرق به استان گیلان محدود شده است. کوهستان سبلان در جنوب شرقی مشکین‌شهر و در فاصله ۲۵ کیلومتری آن واقع شده است این کوه یکی از آتشفشان‌های خاموش کشور محسوب می‌شود و ارتفاع بلندترین قله این کوه که سلطان ساوالان نام دارد، ۴۸۱۱ متر از سطح دریا می‌باشد و مرتفع‌ترین نقطه استان محسوب می‌شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۶).



شکل ۱ - نقشه منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

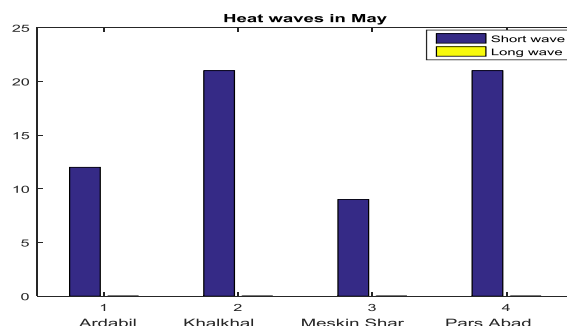
یافته‌ها

ارزیابی یافته‌های استخراج شده از موج گرمایی، تعداد موج‌های کوتاه مدت و بلند مدت به تفکیک برای هر یک از ماه‌های فصل گرما استخراج شده و به صورت نمودار ستونی در شکل زیر نشان داده شده است.



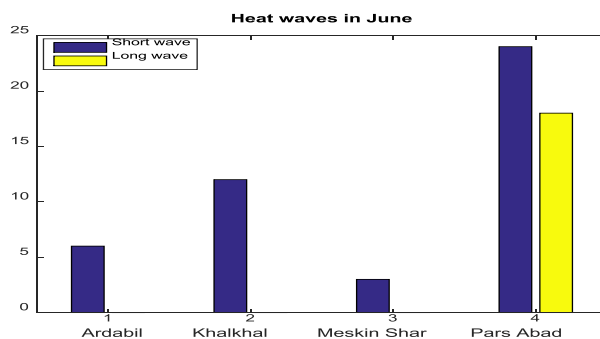
شکل ۲ - نمودار تحلیل موج‌های بلند و کوتاه در ماه فروردین (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

طبق این جدول در ماه فروردین در همه ایستگاه‌ها موج کوتاه مدت دارای بیشترین فراوانی وقوع هستند و موج‌های بلند مدت کمترین فراوانی وقوع را به خود اختصاص داده‌اند در میان ایستگاه‌ها ایستگاه پارس‌آباد فاقد موج بلند مدت می‌باشد و بیشترین موج کوتاه مدت مربوط به خلخال و کمترین آن مربوط به ایستگاه‌های اردبیل و خلخال هستند و در موج بلند مدت هم بیشترین فراوانی در ایستگاه خلخال مشاهده می‌شود.



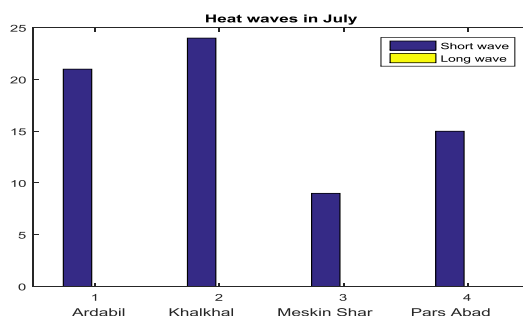
شکل ۳ - نمودار تحلیل موج‌های بلند و کوتاه در ماه اردیبهشت (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

در ماه اردیبهشت در تمامی ایستگاه‌ها موج‌های کوتاه مدت را می‌توان مشاهده کرد بر این اساس بر خلاف ماه فروردین که دارای موج‌های بلند مدت بود این ماه در تمامی ایستگاه‌ها موج بلند مشاهده نمی‌شود بیشترین فراوانی موج کوتاه مدت مربوط به ایستگاه خلخال و کمترین آن مربوط به ایستگاه مشکین شهر است



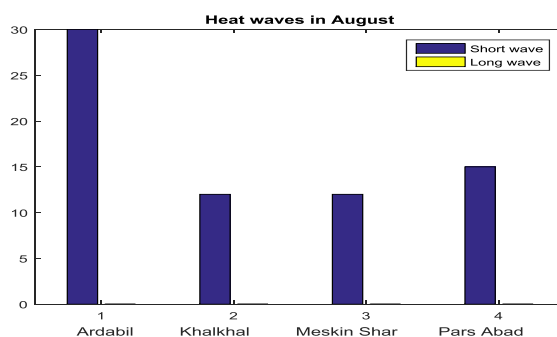
شکل ۴: تحلیل موج‌های کوتاه و بلند در ماه خرداد (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

در ماه خرداد تمامی ایستگاه‌ها دارای موج‌های کوتاه مدت هستند که بیشترین فراوانی آن مربوط به ایستگاه پارس‌آباد و کمترین آن مربوط به ایستگاه مشکین‌شهر است در این ماه برخلاف ماه اردیبهشت موج‌های بلند مدت نیز مشاهده می‌شود البته نه در تمامی ایستگاه‌ها بلکه فقط در ایستگاه پارس‌آباد مشاهده می‌شود که نسبت به ماه‌های گذشته از جمله ماه فروردین دارای بیشترین مقدار است.



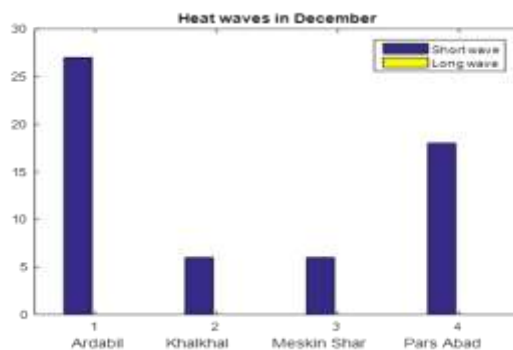
شکل ۵ - نمودار تحلیل موج‌های بلند و کوتاه در ماه تیر (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

در ماه تیر موج‌های کوتاه مدت بیشترین مقدار خود را نسبت به ماه‌های دیگر دارند و فاقد موج‌های بلند مدت هستند بیشترین موج کوتاه مدت در ایستگاه خلخال مشاهده می‌شود و کمترین آن در ایستگاه مشکین‌شهر مشاهده می‌شود.



شکل ۶: نمودار تحلیل موج‌های بلند و کوتاه در ماه مرداد (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

در ماه مرداد ایستگاه اردبیل دارای بیشترین موج کوتاه مدت هست و کمترین آن مربوط به ایستگاه‌های خلخال و مشکین‌شهر هستند می‌توان گفت ماه مرداد گرم‌ترین ماه می‌باشد و موج‌های گرمایی به بیشترین مقدار خود می‌رسند ایستگاه اردبیل هم دارای بیشترین موج گرمایی کوتاه مدت می‌باشد.



شکل ۷ - نمودار تحلیل موج‌های بلند و کوتاه در ماه شهریور (منبع: نگارنده، ۱۳۹۷)

در ماه شهریور دارای بیشترین فراوانی موج کوتاه مدت مربوط به ایستگاه اردبیل و کمترین آن مربوط به ایستگاه خلخال می‌باشد. این ماه هم برخلاف ماه فروردین و خرداد دارای موج بلند مدت نمی‌باشد. در حالت کلی در هیچ ماهی موج‌های بلند مدت بیشترین فراوانی را به خود اختصاص نداده‌اند و موج کوتاه مدت و بلند مدت گرمایی در ماه فروردین بیشترین مقدار و در ماه شهریور کمترین مقدار را داشته است. این نمودار به دلیل تقارن ماه فروردین با فصل گرما و ماه شهریور با آغاز فصل سرماست. برآورد و تحلیل احتمال وقوع امواج گرمایی با استفاده از زنجیره مارکف

جدول ۱ - احتمالات مربوط به ماتریس برآورد در هر ماه برای ایستگاه اردبیل

ماه	p _{۰۰}	p _{۰۱}	p _{۱۰}	p _{۱۱}
فروردین	۰,۹۷۵۴	۰,۰۲۴۶	۰,۴۷۲۲	۰,۵۲۷۸
اردیبهشت	۰,۹۵۷۷	۰,۰۴۲۳	۰,۶۸۲۹	۰,۳۱۷۱
خرداد	۰,۹۴۸۸	۰,۰۵۱۲	۰,۷۷۲۷	۰,۲۲۷۳
تیر	۰,۹۵۴۱	۰,۰۴۵۹	۰,۶۰۷۸	۰,۳۹۲۲
مرداد	۰,۹۶۰۲	۰,۰۳۹۸	۰,۵۶۲۵	۰,۴۳۷۵
شهریور	۰,۹۴۱۴	۰,۰۵۸۶	۰,۶۳۹۳	۰,۳۶۰۷

در ایستگاه اردبیل بیشترین حالت درصد فراوانی شرطی روزهای بدون موج مربوط به ماه فروردین با ۹۷٪ می‌باشد و کمترین آن مربوط به ماه شهریور با ۹۴٪ هستند هم‌چنین در ایستگاه اردبیل بیشترین حالت درصد فراوانی روزهایی که پس از یک روز با موج گرمایی آمده‌اند به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی بیشتر است که از آستانه مشخص آن ماه تجاوز کرده مربوط به ماه فروردین با ۰/۰۲٪ هست و کمترین در ماه شهریور با ۰/۰۵٪ می‌باشد در ادامه روزهایی که پس از یک روز بدون موج آمده به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی کمتر است که از آستانه مشخص برای آن ماه کمتر باشد و به عنوان یک روز بدون موج گرمایی در نظر گرفته شود که بیشترین حالت درصد فراوانی آن مربوط به ماه خرداد با ۷۷٪ و کمترین آن مربوط به ماه فروردین با ۴۷٪ می‌باشد و در آخر روزهایی با موج گرمایی مشخص شده است که پس از یک روز با موج گرمایی آمده است؛ به عبارت دیگر تعداد روزهای پی در پی که دمای هوا در آن روزها بیشتر از مقدار آستانه مشخص شده برای آن ماه بوده و با موج گرما سپری می‌شود که بیشترین حالت درصد فراوانی در ماه فروردین با ۵۲٪ و کمترین آن مربوط به ماه خرداد با ۲۲٪ هست.

جدول ۲ - احتمالات مربوط به ماتریس برآورد در هر ماه برای ایستگاه خلخال

ماه	p _{۰۰}	p _{۰۱}	p _{۱۰}	p _{۱۱}
فروردین	۰,۹۷۲۳	۰,۰۲۷۷	۰,۴۵۲۴	۰,۵۴۷۶
اردیبهشت	۰,۹۶۶۸	۰,۰۳۳۲	۰,۶۲۸۶	۰,۳۷۱۴
خرداد	۰,۹۶۰۸	۰,۰۳۹۲	۰,۶۸۴۲	۰,۳۱۵۸
تیر	۰,۹۵۷۳	۰,۰۴۲۷	۰,۶۰۴۲	۰,۳۹۵۸
مرداد	۰,۹۶۲۳	۰,۰۳۷۷	۰,۶۷۵۷	۰,۳۲۴۳
شهریور	۰,۹۷۲۸	۰,۰۲۷۲	۰,۷۱۳۴	۰,۲۸۵۷

در ایستگاه خلخال بیشترین حالت درصد فراوانی شرطی روزهای بدون موج مربوط به ماه فروردین و شهریور با ۹۷٪ می‌باشد و کمترین آن مربوط به ماه تیر با ۹۵٪ هستند هم‌چنین در ایستگاه خلخال بیشترین حالت درصد فراوانی روزهایی که پس از یک روز با موج گرمایی آمده‌اند به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی بیشتر است که از آستانه مشخص آن ماه تجاوز کرده مربوط به ماه فروردین و شهریور با ۰/۰۲٪ هست و کمترین در ماه تیر با ۰/۰۴٪ می‌باشد در ادامه روزهایی که پس از یک روز بدون موج آمده به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی کمتر است که از آستانه مشخص برای آن ماه کمتر باشد و به عنوان یک روز بدون موج گرمایی در نظر گرفته شود که بیشترین حالت درصد فراوانی آن مربوط به ماه شهریور با ۷۱٪ و کمترین آن مربوط به ماه فروردین با ۴۵٪ می‌باشد و در آخر روزهایی با موج گرمایی مشخص شده است که پس از یک روز با موج گرمایی آمده است؛ به عبارت دیگر تعداد روزهای پی در پی که دمای هوا در آن روزها بیشتر از مقدار آستانه مشخص شده برای آن ماه بوده و با موج گرما سپری می‌شود که بیشترین حالت درصد فراوانی در ماه فروردین با ۵۴٪ و کمترین آن مربوط به ماه شهریور با ۲۸٪ هست.

جدول ۳ - احتمالات مربوط به ماتریس برآورد در هر ماه برای ایستگاه مشکین شهر

ماه	p _{۰۰}	p _{۰۱}	p _{۱۰}	p _{۱۱}
فروردین	۰,۹۷۶۹	۰,۰۲۳۱	۰,۴۷۰۶	۰,۵۲۹۴
اردیبهشت	۰,۹۷	۰,۰۳	۰,۷۷۷۸	۰,۲۲۲۲
خرداد	۰,۹۶۴۰	۰,۰۳۶۰	۰,۷۸۱۳	۰,۲۱۸۸
تیر	۰,۹۸۳۰	۰,۰۱۷	۰,۶	۰,۴
مرداد	۰,۹۸۰۱	۰,۰۱۹۹	۰,۶۰۸۷	۰,۳۹۱۳
شهریور	۰,۹۸۱۶	۰,۰۱۸۴	۰,۶۱۹۰	۰,۳۸۱

در ایستگاه مشکین شهر بیشترین حالت درصد فراوانی شرطی روزهای بدون موج مربوط به ماه تیر با ۹۸٪ می‌باشد و کمترین آن مربوط به ماه خرداد با ۹۶٪ هستند هم‌چنین در ایستگاه مشکین شهر بیشترین حالت درصد فراوانی روزهایی که پس از یک روز با موج گرمایی آمده‌اند به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی بیشتر است که از آستانه مشخص آن ماه تجاوز کرده مربوط به ماه تیر با ۰/۰۱٪ هست و کمترین در ماه خرداد با ۰/۰۳٪ می‌باشد در ادامه روزهایی که پس از یک روز بدون موج آمده به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی کمتر است که از آستانه مشخص برای آن ماه کمتر باشد و به عنوان یک روز بدون موج گرمایی در نظر گرفته شود که بیشترین حالت درصد فراوانی آن مربوط به ماه خرداد با ۷۸٪ و کمترین آن مربوط به ماه تیر با ۰/۰۶٪ می‌باشد و در آخر روزهایی با موج گرمایی مشخص شده است که پس از یک روز با موج گرمایی آمده است؛ به عبارت دیگر تعداد روزهای پی در پی که دمای هوا در آن روزها بیشتر از مقدار آستانه مشخص شده برای آن ماه بوده و با موج گرما سپری می‌شود که بیشترین حالت درصد فراوانی در ماه فروردین با ۵۲٪ و کمترین آن مربوط به ماه تیر با ۰/۰۴٪ هست.

جدول ۴ - احتمالات مربوط به ماتریس برآورد در هر ماه برای ایستگاه پارس آباد

ماه	p _{۰۰}	p _{۰۱}	p _{۱۰}	p _{۱۱}
فروردین	۰,۹۶۳۱	۰,۰۳۶۹	۰,۰۱۰۲	۰,۰۴۸۹۸
اردیبهشت	۰,۹۸۱۵	۰,۰۱۸۵	۰,۰۵	۰,۰۵
خرداد	۰,۹۸۴۴	۰,۰۱۵۶	۰,۰۴۵۸۳	۰,۰۵۴۱۷
تیر	۰,۹۷۷۰	۰,۰۲۳	۰,۰۵۶۶۷	۰,۰۴۳۳۳
مرداد	۰,۹۸۸۷	۰,۰۱۱۳	۰,۰۴۷۰۶	۰,۰۵۲۹۴
شهریور	۰,۹۷۴۲	۰,۰۲۵۸	۰,۰۶۲۰۷	۰,۰۳۷۹۳

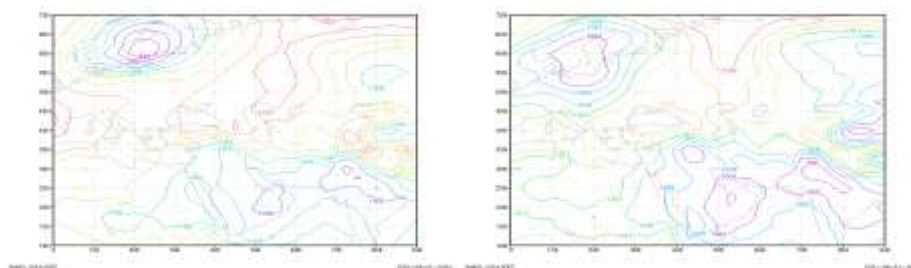
در ایستگاه پارس آباد بیشترین حالت درصد فراوانی شرطی روزهای بدون موج مربوط به ماه مرداد با ۹۸٪ می باشد و کمترین آن مربوط به ماه فروردین با ۹۶٪ هستند همچنین در ایستگاه پارس آباد بیشترین حالت درصد فراوانی روزهایی که پس از یک روز با موج گرمایی آمده اند به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی بیشتر است که از آستانه مشخص آن ماه تجاوز کرده مربوط به ماه مرداد با ۰/۰۱٪ هست و کمترین در ماه فروردین با ۰/۰۳٪ می باشد در ادامه روزهایی که پس از یک روز بدون موج آمده به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی کمتر است که از آستانه مشخص برای آن ماه کمتر باشد و به عنوان یک روز بدون موج گرمایی در نظر گرفته شود که بیشترین حالت درصد فراوانی آن مربوط به ماه شهریور با ۶۲٪ و کمترین آن مربوط به ماه اردیبهشت با ۰/۰۵٪ می باشد و در آخر روزهایی با موج گرمایی مشخص شده است که پس از یک روز با موج گرمایی آمده است؛ به عبارت دیگر تعداد روزهای پیاپی که دمای هوا در آن روزها بیشتر از مقدار آستانه مشخص شده برای آن ماه بوده و با موج گرما سپری می شود که بیشترین حالت درصد فراوانی در ماه خرداد با ۵۴٪ و کمترین آن مربوط به ماه اردیبهشت با ۰/۰۵٪ هست. در کل اگر بخواهیم کل ایستگاهها را برای کل ماهها رو مقایسه کنیم روزهای بدون موج بیشترین حالت فراوانی آن در ایستگاه پارس آباد با ۹۸٪ در ماه مرداد بوده است و کمترین آن در ماه خرداد با ۹۴٪ در ایستگاه اردبیل هستند؛ می دانیم که دمای هوا با افزایش ارتفاع کاهش می یابد، بنابراین امواج گرمایی در تابستان در ارتفاعات بالا کم رخ می دهد با توجه به قرارگیری ایستگاه اردبیل در ارتفاعات بالا به همین علت است که کمترین روزهای بدون موج در ایستگاه اردبیل رخ داده است. بیشترین حالت درصد فراوانی روزهایی که پس از یک روز با موج گرمایی آمده اند به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی بیشتر است که از آستانه مشخص آن ماه تجاوز کرده مربوط به ایستگاه پارس آباد با ۰/۰۱٪ در ماه مرداد و کمترین در ایستگاه اردبیل با ۰/۰۵٪ در ماه خرداد هستند. عرض جغرافیایی نقش اساسی در میزان دریافت انرژی خورشیدی بخصوص در دوره گرم سال ایفا می کند، ایستگاه پارس آباد با توجه به اینکه در جای پست و هموار قرار دارد و ایستگاه اردبیل به علت قرارگیری در عرض جغرافیایی بالا از دمای کمتری برخوردار است. روزهایی که پس از یک روز بدون موج آمده به عبارت دیگر تعداد روزهایی که دمای آن از روز قبل به حدی کمتر است که از آستانه مشخص برای آن ماه کمتر باشد و به عنوان یک روز بدون موج گرمایی در نظر گرفته شود بیشترین حالت شرطی فراوانی مربوط به ایستگاه مشکین شهر با ۷۸٪ در ماه خرداد هستند و کمترین آن در ایستگاه مشکین شهر در ماه تیر با ۰/۰۶٪ هستند. با آغاز دوره گرم

سال معمولاً استقرار کم فشار حرارتی را در سطح زمین و واچرخند جنب‌حاره‌ای را در تراز فوقانی جو بر روی غالب نقاط کشور حاکم می‌شود به این علت هست که هم بیشترین و کمترین روز بدون موج مربوط به ایستگاه مشکین شهر شده است. روزهایی با موج گرمایی مشخص شده است که پس از یک روز با موج گرمایی آمده است؛ به عبارت دیگر تعداد روزهای پی‌درپی که دمای هوا در آن روزها بیشتر از مقدار آستانه مشخص شده برای آن ماه بوده و با موج گرما سپری می‌شود که بیشترین حالت درصد فراوانی در ایستگاه خلخال در ماه فروردین با ۵۴٪ و کمترین آن در ایستگاه پارس‌آباد با ۰/۵٪ در ماه اردیبهشت هستند. علت اینکه خلخال در ماه فروردین موج بیشتری نسبت به سایر ایستگاه دارد نفوذ هوای گرم و حاره‌ای به کشور می‌باشد که تا آخر ماه‌های گرم سال کل ایران را در برمی‌گیرند.

جدول ۵ - طول دوره بازگشت برای هریک از ایستگاه‌های استان اردبیل

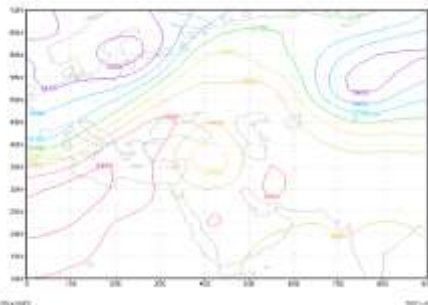
پارس آباد	مشکین شهر	خلخال	اردبیل	ماه
۱۲۱	۱۶۲	۱۲۸	۱۵۴	فروردین
۲۲۴	۶۸۳	۲۳۰	۲۵۰	اردیبهشت
۲۲۸	۶۰۸	۲۷۱	۴۰۳	خرداد
۲۴۱	۳۷۳	۱۶۰	۱۵۰	تیر
۳۲۴	۳۳۹	۲۶۶	۱۴۱	مرداد
۲۸۱	۳۸۵	۴۸۶	۱۴۳	شهریور

با توجه به آستانه دمایی ۳۵ درجه و موج کوتاه مدت گرما که ۳ روزه محاسبه شده است دوره بازگشت برای هر ماه و هر ایستگاه محاسبه شده است در ایستگاه اردبیل بیشترین روزی که طول می‌کشد تا موج گرمایی اتفاق بیافتد مربوط به ماه خرداد با ۴۰۳ روز می‌باشد و کمترین آن در ماه مرداد با ۱۴۱ روز است یعنی موج گرمایی که ممکن است کمترین طول دوره بازگشت را داشته باشد در ماه مرداد می‌تواند رخ دهد. در ایستگاه خلخال طول دوره بازگشت موج گرمایی در ماه فروردین با ۱۲۸ روز کمترین رو به خودش اختصاص داده است و بیشترین طول دوره بازگشت در ماه شهریور با ۴۸۶ روز می‌باشد در ایستگاه مشکین شهر طول دوره بازگشت موج گرمایی در ماه فروردین با ۱۶۲ روز کمترین و در ماه اردیبهشت با ۶۸۳ روز بیشترین رو به خود اختصاص داده است. در ایستگاه پارس‌آباد طول دوره بازگشت موج گرمایی طبق زنجیره مارکف در ماه فروردین با ۱۲۱ روز کمترین و در ماه مرداد با ۳۲۴ روز بیشترین رو به خودش اختصاص داده است.

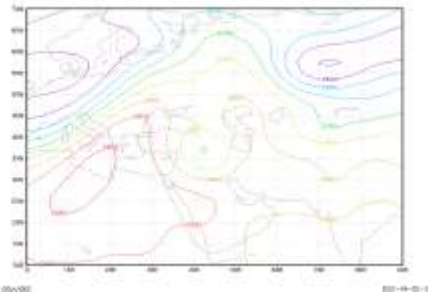


شکل ۹ - نقشه فشار سطح دریا ۲۰۱۶/۷/۱۸

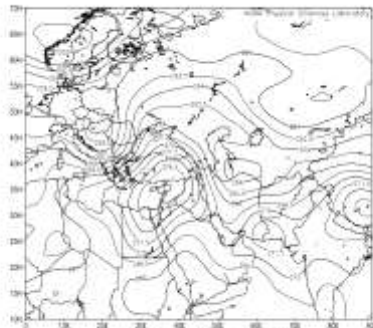
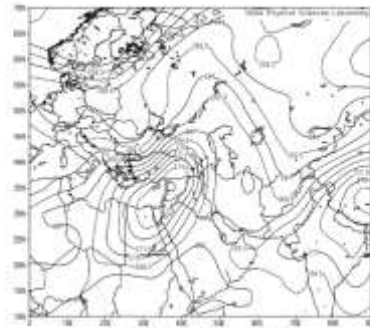
شکل ۸ - نقشه فشار سطح دریا ۲۰۱۶/۷/۱۷



شکل ۱۱- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ۱۸ جولای/۲۰۱۶



شکل ۱۰- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ ۱۸ جولای/۲۰۱۶

500hPa Temperature (Q) Composite Mean
7/17/16 to 7/17/16
NCEP/NCAR Reanalysis500hPa Temperature (Q) Composite Mean
7/18/16 to 7/18/16
NCEP/NCAR Reanalysis

نقشه فشار متوسط سطح دریا در ۱۷ جولای ۲۰۱۶ (۲۷ تیر ۱۳۹۵) پرفشار قوی هست در شمال غرب ایران که یک سلول بسته‌ایی تشکیل داده است که زبانه پرفشار ۱۰۱۱ هکتوپاسکال هست که منطقه مورد مطالعه ما رو تحت تاثیر قرار داده است. نقشه فشار سطح دریا ۱۸ جولای ۲۰۱۶ (۲۸ تیر ۱۳۹۵) نشان می‌دهد که پرفشار تضعیف شده و عقب نشینی کرده و کم فشاری با یک سلول بسته روی دریای سیاه تشکیل داده با فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال و زبانه این کم فشار ۱۰۰۸ منطقه مورد مطالعه ما رو تحت تاثیر قرار داده است و علاوه بر منطقه مورد مطالعه ما نواحی شمال غرب، غرب، شمال و شمال شرق ایران رو در بر گرفته است. در روز ۱۷ جولای نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که حاکمیت شدید گرما هست پراارتفاع دینامیکی آرزو بر روی ایران است خط هم ارتفاع ۵۹۰ هکتوپاسکال از اروپا تا دریای مدیترانه، ترکیه دریای سیاه تا شمال و دریای خزر و نواحی مرکزی جنوب ایران و خلیج فارس عربستان ادامه پیدا کرده است در جولای ۱۸ نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال سلول بسته با فشار مرکزی ۵۹۰۰ هکتوپاسکال هست که منطقه مورد مطالعه ما رو در بر گرفته است که از روی مدیترانه، عراق و سوریه که حاکمیت هوای گرم و خشک، صافی و پایداری هوا است در ۱۷ و ۱۸ جولای دمای هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۶ درجه هست

بحث و نتیجه گیری

با توجه به یافته‌های پژوهش بیشترین موج گرمایی رخ داده در سطح منطقه - چه به صورت کوتاه مدت و چه به صورت بلندمدت - در ماه فروردین بوده و در ماه شهریور کمترین مقدار را داشته است در این صورت می‌توان گفت ماه فروردین هم‌زمان با شروع ماه‌های گرم می‌باشد و ماه شهریور هم‌زمان با شروع ماه سرد است. پس با توجه به قرارگیری ایستگاه‌های استان اردبیل در شمال غرب ایران جایی که محل ورود سیستم‌های گوناگون در فصل گرم و سرد سال است مشاهده می‌شود که ورود گرما به این ایستگاه‌ها در این ماه دارای فراوانی بیشتر هستند به صورتی که هم دارای موج‌های بلند و کوتاه هستند. پس از تعیین ویژگی‌های موج گرمایی با استفاده از زنجیره مارکف دوره تداوم و دوره بازگشت پدیده‌های رخ داده شناسایی شد. تحلیل نتایج حاصله از سری زمانی زنجیره مارکف نشان داد، که بیشترین موج گرمایی پیوسته بیشترین حالت درصد فراوانی در ایستگاه خلخال در ماه فروردین با ۰/۵۴٪ و کمترین آن در ایستگاه پارس‌آباد با ۰/۰۵٪ در ماه اردیبهشت هستند هم‌چنین روزهای بدون موج گرما در بیشترین حالت فراوانی آن در ایستگاه پارس‌آباد با ۰/۹۸٪ در ماه مرداد بوده است و کمترین آن در ماه خرداد با ۰/۹۴٪ در ایستگاه اردبیل هستند نتایج حاصله از این فراوانی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات دمای حداکثر در ایستگاه‌های مورد مطالعه تفاوت فاحشی با یکدیگر دارند که این امر خود متأثر از اقلیم محلی و ناهمواری در سطح استان اردبیل می‌باشد به طوری که نواحی شمالی استان که شامل ایستگاه پارس‌آباد می‌باشد حالت پست و هموار دارد و از آب‌وهوای گرم و خشک برخوردار است درحالی‌که نواحی مرکزی و جنوبی استان شامل سه ایستگاه مشکین‌شهر، اردبیل و خلخال دارای اقلیم خنک‌تر و کوهستانی می‌باشد علاوه بر آن رشته کوه سبلان در اقلیم ایستگاه‌های مشکین‌شهر و اردبیل تأثیر دارد که همه این ویژگی‌ها سبب تفاوت دمای حداکثر در سطح استان شده است. با استفاده از این جداول و دوره تداوم و دوره بازگشت محاسبه شده موج گرمایی در دوره گرم سال، سطح ایستگاه‌های استان اردبیل ملاحظه گردید که در ماه فروردین، اردیبهشت و خرداد ایستگاه پارس‌آباد کمترین طول دوره بازگشت موج گرمایی را به خود اختصاص داده است و ماه‌های تیر، مرداد و شهریور ایستگاه اردبیل کمترین طول دوره بازگشت را به خود اختصاص داده است. بیشترین طول دوره بازگشت هم در ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد در ایستگاه مشکین‌شهر بوده و در ماه شهریور در ایستگاه خلخال مشاهده شده است. با توجه به کمترین طول دوره بازگشت در سه ماه اول یعنی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، در ایستگاه پارس‌آباد می‌توان گفت که ایستگاه پارس‌آباد با توجه به موقعیت محلی و آب‌وهوای گرم و خشک از چنین وضعیتی برخوردار است در مقابل ایستگاه اردبیل با توجه به قرارگیری آن در شمال غرب کشور جایی که در تابستان و با آغاز دوره‌ی گرم سال توده هوای حاره‌ای از طرف جنوب و جنوب‌شرقی به مرکز ایران نفوذ کرده و ضمن تقویت با هوای گرم و خشک فصلی دشت کویر و بیابان لوت، عرض‌های جغرافیایی بالاتر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به دنبال آن گاهی موج گرما در ماه‌های گرم سال استان را فرا می‌گیرد می‌توان آن را توجیه کرد.

منابع

- امیدوار، کمال؛ ابراهیمی، رضا؛ دادشی رودبادی، عباسعلی و ملک میرزایی، مریم (۱۳۹۴). واکاوی زمانی - مکانی فرین‌های سرد ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی به منظور کاهش مخاطرات، نشریه دانش و مخاطرات، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۲۳-۴۳۷.
- اعتمادیان، الهه؛ دوستان، رضا و زرین، آذر (۱۳۹۹). نواحی گرمایی ایران، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال یازدهم، شماره ۴۲، صص ۱۷-۳۰.
- حسین‌پور، زینب؛ شمسی‌پور، علی اکبر؛ کریمی، مصطفی؛ خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۹۵). تحلیل آماری امواج گرمایی در دامنه‌های جنوبی البرز، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۲۳، شماره ۶۸، صص ۹۸-۸۱.
- جعفری، حمیدرضا؛ عزیزی، علی؛ نصیری، حسین و عابدی، سپیده (۱۳۹۲). تحلیل تناسب اراضی جهت استقرار نیروگاه‌های بادی در استان اردبیل با استفاده از مدل AHP و SAW در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۵، شماره ۲، صص ۴۱-۲۳.
- دارند، محمود (۱۳۹۳). شناسایی و تحلیل زمانی مکانی امواج گرمایی ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، صص ۱۶۷-۱۸۰.
- صادقی، سلیمان؛ دوستان، رضا و صانعی، معصومه (۱۳۹۴). تحلیل فضایی زمانی امواج گرمایی خراسان رضوی، فصلنامه جغرافیایی سرزمین علمی پژوهشی، سال ۱۲، شماره ۴۷، صص ۱۷-۳۲.
- قویدل رحیمی، یوسف؛ محمد، رضایی (۱۳۹۴). جستاری پیرامون شناسایی و طبقه بندی و تحلیل سینوپتیک امواج گرمایی استان کرمان، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۹، شماره ۵۴، صص ۲۵۳-۲۷۷.
- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۴). تحلیلی از مخاطره اقلیمی امواج ابر گرم سال ۱۳۸۹ استان خوزستان، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱۹، شماره ۵۴، صص ۲۵۳-۲۷۷.
- مجرد، فیروز؛ معصوم، پورجعفر و رستمی، طیبه (۱۳۹۴). تحلیل آماری هم‌بندی امواج گرمایی بالای ۴۰ در جهت سلسیوس در غرب ایران، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۳، صص ۴۱-۵۷.
- مولودی، گل‌اله؛ خورانی، اسداله و مرادی، عباس (۱۳۹۵). اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سواحل شمالی خلیج فارس، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۳، شماره ۱، صفحات ۱-۱۴.
- هوشیار، محمود (۱۳۹۶). تحلیل آماری سینوپتیکی امواج گرمایی زودرس شمال غرب ایران طی نیم‌قرن اخیر، رساله دکترای، استاد راهنما: بهروز سبحانی، بهلول علیجانی، رشته در آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل.
- یزدان پناه، حجت‌الله و علیزاده، تیمور (۱۳۹۰). برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکف، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شماره ۳، صص ۵۱-۷۱.
- Silveira, Ismael Henrique, Shaiana, Vilella Hartwig, Moura, Maurício Nascimento, Cortes, Taísa Rodrigues, Junger, Washington Leite, Cirino, Glauber, Ignotti, Eliane, Oliveira, Beatriz Fátima Alves de, Heat waves and mortality in the Brazilian Amazon: Effect modification by heat wave characteristics, population subgroup, and cause of death; 2023, international journal of hygiene and environmental health, volume 248.

Sherbakov T, malig B, gairguis K, gersgunov A, basu R. Ambient temperature and added heat wave effects on hospitalizations in California, *Environmental Research*, 2018; 160: 83-90.

Wang, Ruonan Bei, NaifangHu Bo,Wu, Jiarui Liu, Suixin Li, Xia Jiang, Qian Tie, Xuexi, Li, Guohui. The relationship between the intensified heat waves and deteriorated summertime ozone pollution in the Beijing–Tianjin–Hebei region, China, during, 2013–2017; 2022, *Environmental Pollution* ,Volume 314.

Estimation of the probability of occurrence of heat waves with different periods of continuation in Ardabil province

Batool Zeynali^{1*}, Fatemeh rouhi²

1. Associate Professor of Climatology, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran

2. PHD student Climatology University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran

Abstract

Heatwaves are one of the natural and intrinsic phenomena of the climate in different parts of the world whose frequency of occurrence as a result of global fluctuations in climate over recent years is similar to other climatic phenomena. Rising air temperatures due to periodic droughts or because of heating the world is very likely in the coming years.

To evaluate the temperature in Ardebil province data on the maximum daily temperature of the stations of Ardebil Parsabad Khalkhal and Meshkinshahr for the years 1991 to 2016 were obtained from Ardebil's meteorological conditions. In this study in order to study the heating periods in different months of Ardebil province also to illustrate the changes the period of continuity and the return period of heat waves have been identified and the Markov chain has been used

Accordingly in no fish the waves are the most frequent and the short and long wave were the highest in April and the lowest in September.

Using these tables of the period of continuity and the calculated return period of the heat wave during the warm year the level of stations in the province of Ardabil we find that in April May and June Parsabad station has the least heat recovery period and the months of July August and in September Ardebil station has the shortest period of return. The most frequent return periods were observed in April May June July and August at Meshkinshahr Station and observed in Khalkhal Station in September. Also, the existence of Azores dynamic high pressure in Iran has caused a strong heat rule in our study area.

Keywords: Aedebil province, Heat waves, Marakf chain, Return period, Azore dynamic high pressure.