جغرافیا و توسعه شماره ۴۴ پاییز ۱۳۹۵
وصول مقاله : ۱۳۹۴/۰۶/۰۲
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۰۲/۱۹
صفحات : ۱۶۴-۱۴۱

تغییرات زمانی مکانی دوره‌ای روند تواتر و تداوم امواج سرمایشی
مطالعه موردی: شمال غرب ایران

دکتر مسعود جلالی[۱]، دکتر مهدی دوستکامیان[۲]، فرشته بیگدلی محمدی[۳]

چکیده

در این پژوهش برای تحلیل تغییرات زمانی- مکانی روند تداوم امواج سرمایشی شمال غرب ایران، از داده‌های دمای کمینه از سال ۱۳۶۰ شمسی معادل ۱۹۸۰ میلادی برای ۴۲ ایستگاه سینوپتیکی و کلیماتولوژی که دارای بیشترین طول دوره‌ی آماری بوده‌اند استفاده شده است. داده‌های استخراج شده با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در محیط سرفر میان‌یابی انجام شد و ماتریسی به ابعاد ۵۰۸۲×۱۱۳۲۳ (یاخته × روز) برای یک دوره‌ی آماری ۳۱ ساله به دست آمد. که به‌عنوان پایگاه داده‌ای در مراحل بعد مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام محاسبات از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب و نیز برای انجام عملیات ترسیمی از نرم‌افزار سرفر استفاده گردید.

نتایج حاصل از مطالعه بیانگر این بوده است که موج‌های سرمایی ضمن اینکه از تغییرات مکانی بالایی برخوردار بوده است، دارای افت و خیزهای شدید روزانه بوده است. این در حالی می‌باشد که نواحی شرق و شمال شرق مورد مطالعه دارای بیشترین تغییرات مکانی بوده است. بااین‌وجود در تداوم‌های شش و هفت‌روزه از تنوع مکانی ضریب تغییرات کاسته شده است. نتایج حاصل از تحلیل روند بیانگر این بوده است که موج‌های سرمایی طیّ دوره‌های مختلفی تغییرات متنوعی را تجربه کرده است بطوری‌که در دوره‌ی اول (۱۹۸۹-۱۹۸۰) و سوم (۲۰۱۰-۲۰۰۰) موج‌های سرمایشی در بیشتر مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه (به‌ویژه نیمه‌های جنوب و جنوب شرق) روند کاهشی را تجربه کرده است. این در حالی می‌باشد که در دوره‌ی دوم (۱۹۹۹-۱۹۹۰) موج‌های سرمایی شمال غرب روند افزایشی قابل‌توجهی داشته است. بطوری‌که این افزایشی در شرق و جنوب شرق منطقه‌ی مورد مطالعه قابل محسوس‌تر بوده است. با این‌وجود درمجموع می‌توان گفت که علاوه بر اینکه از روند امواج سرمایشی کاسته شده است، به سمت دوره‌های اخیر از گستره پوششی کمتری برخوردار بوده است بطوری‌که در تداوم‌های دوروزه این ویژگی بیشتر نمایان می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: امواج سرمایی، تداوم، تغییرات زمانی مکانی، توزیع فضایی، شمال غرب ایران.

۱- استادیار جغرافیا، دانشگاه زنجان **m.jalali@znu.ac.ir**
۲- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی و استاد مدعو دانشگاه زنجان (نویسنده مسؤول) **s.mehdi@znu.ac.ir**
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، سینوپتیک، دانشگاه زنجان **f.bigdeli6727@gmail.com**

مقدمه

یکی از نشانه‌های تغییر اقلیم، تغییر در بسامد و شدت رخداد فرین‌های اقلیمی است. سرماهای فرین و یخبندان‌ها به علت شدت و رخداد ناگهانی‌شان تأثیر بسزایی بر زیست بوم‌ها و جوامع بشری دارند. سرماهای فرین و یخبندان‌ها تحت شرایط خاصی از جو و گردش جوی رخنمود پیدا می‌کنند *(مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲: ۱۸۶-۱۷۱)*. تغییر اقلیم عبارت‌است از تغییرات رفتار اقلیمی یک‌منطقه در مقایسه با رفتاری که درطول یک دوره‌ی زمانی بلندمدت منطقه از اطلاعات ثبت و مشاهده‌شده مورد انتظار است. در مناطق مختلف دنیا، مطالعات زیادی درباره‌ی تغییر اقلیم انجام‌شده که نتایج آن‌ها نشان‌دهنده‌ی تغییر عوامل اقلیمی، به‌ویژه بارش و دما است *(آذرخش و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۶-۱)*. دما را می‌توان یکی از مهم‌ترین عناصر دستگاه اقلیم دانست که تغییرات آن می‌تواند شرایط آب و هوایی هر محلی را دگرگون سازد *(مسعودیان، ۱۳۸۳: ۸۹)*. این تغییرات به شکل‌های گوناگونی رخ می‌دهد که ناشی از توزیع ناهمگن انرژی خورشیدی در سطح زمین است *(ناظم‌السادات، ۱۳۸۸: ۶۴)*. از آنجا که دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است و تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر منطقه‌ای را دگرگون سازد، لذا بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است *(مسعودیان، ۱۳۸۳: ۸۹)*. یکی از جلوه‌های دما، رخداد اندازه‌های فرین آن است. طبق تعریف‌فرهنگستان زبان و ادب‌پارسی،واژه فرین مترادف با (اکستریم[1]) در انگلیسی است *(شادمان، ۱۳۹۱: ۱)*. رخداد دماهای فرین از جمله رویدادهای مهم دمایی محسوب می‌شود که موج‌های سرمایی و روزهای سرد نمودی از این رویداد فرین است. مطالعات بسیاری در جهان به بررسی همدیدی امواج سرما و روزهای فرین سرد پرداخته‌اند از جمله: *(Konrad,1996:1067-1083; Cudgel, 2005:2; Hamilton & Tarifa, 1978: 1545-1556; Muller & Berri, 2007:1268-1289; Marshal, (2002* رامی‌توان نام برد. بسیاری از پژوهش‌ها با تکنیک‌های مختلف آماری انجام‌گرفته است برای مثال *(Waylen,1988: 607-628; Prietoet al, 2004; Kadokura &Kato, 2005: 69-87; Cony et al, 2008:389-401;VanDe Besselaar et al, 2009: 99)*. همچنین تحقیقات بسیار گسترده‌ای در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام پذیرفته است (*North,1995:409-411 (Hasselmann,1993:914-915;*

در ایران نیز پژوهش‌هایی با روش‌های مختلف آماری صورت گرفته است. به عنوان مثال در بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، تحقیقات *مجرد و جوادی (۱۳۸۹: ۸۳-۹۳)؛ ورشاویان و همکاران (۱۳۹۰: ۱۷۹-۱۶۹)؛ کاویانی و عساکره (۱۳۸۰: ۱۹)* را می‌توان نام برد. روش‌های آماری متعددی جهت تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را در دو دسته روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم-بندی نمود: مطالعاتی به کمک آزمون روند ناپارامتریک من‌کندال معناداری روند را در سطح‌اطمینان ۹۵درصد مورد آزمون قرار داده‌اند *(دارند،۱۳۹۳: ۲۶۸-۲۵۳؛عزیزی و روشنی،۱۳۸۷: ۲۸-۱۳؛ جهانبخش‌وهمکاران،۱۳۹۲: ۳۰۶-۲۹۶؛علیجانی‌و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۲۲-۱۰۲؛مسعودیان،۱۰۶:۱۳۸۳-۸۹؛ساری‌صراف، ۱۳۸۶: ۱۹۸-۱۸۳؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۳-۲۵)*. با استفاده ازتحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی نیز پژوهش‌های *دوستکامیان‌و همکاران (۱۳۹۲: ۲)* و تحلیل

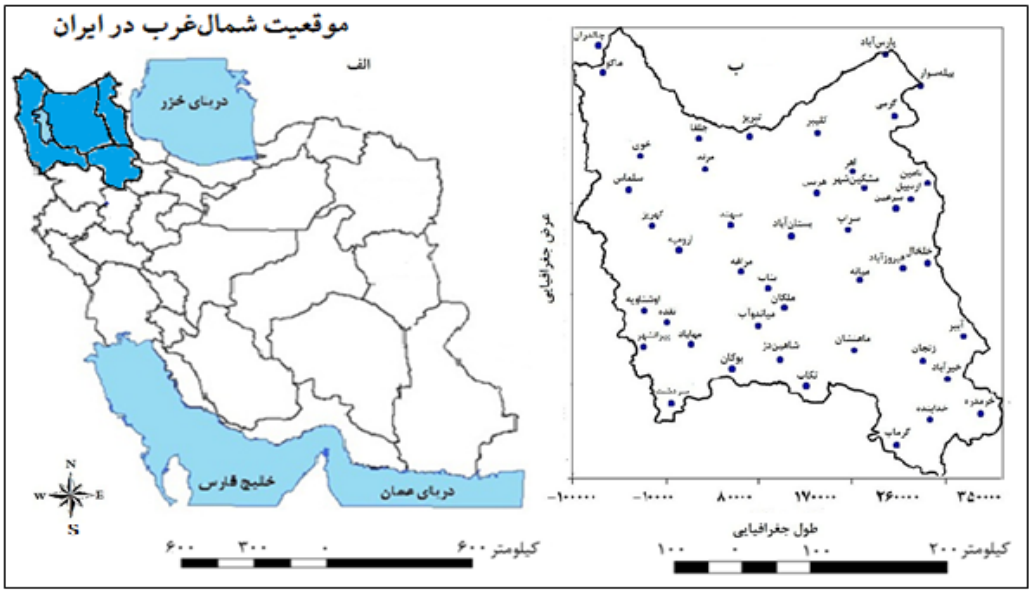
1 -Extreme

مؤلفه مبنا و تحلیل عاملی*فتاحی و صالحی‌پاک (۱۳۸۸: ۱۳۶-۱۲۷)* را می‌توان نام برد. همچنین *علیجانی و همکاران (۱۳۹۰: ۶۳-۵۳)* هسته‌های زمانی و مکانی دماهای حداقل غرب و شمال غرب ایران را مطالعه نموده‌اند، که نتایج آن‌ها جابجایی هسته‌های زمانی رخداد سرماهای شدید غرب و شمال غرب ایران را نشان داد. همچنین *مسعودیان (۱۳۸۳: ۸۹-۱۳۶)* بر اساس تحلیل فضایی که بر روی دمای ماهانه ایران انجام داد، نواحی دارای روند افزایشی و کاهشی دمایی ایران را مشخص نمود. با توجه به آنچه که گفته‌شده است هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی امواج سرمایشی در شمال غرب ایران می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش جهت بررسی تغییرات زمانی مکانی تداوم‌های مختلف امواج سرمایشی شمال غرب کمینه دمای ۴۲ ایستگاه سینوپتیکی از سازمان هواشناسی کشور استخراج و مرتب‌سازی شده است. سپس با استفاده از کنترل‌کیفی داده‌ها آزمون کفایت ایستگاه‌ها جهت انتخاب سال پایه (۱۹۸۰ میلادی معادل ۱۳۶۰ شمسی) انجام گردید. لازم به ذکر است که داده‌های موردمطالعه تا ۲۰۱۰میلادی (۱۳۹۰ شمسی) می‌باشد.

جهت میانیابی داده‌ها با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی به کمک روش کریجینگ میانیابی انجام و ماتریسی (آرایه‌ای) به ابعاد ۳۶۵×۴۲ برای متغیّرها در هر سال میانیابی انجام گرفت بطوری که در مجموع ۵۰۸۲ یاخته که دارای ابعاد ۴۰۰۰×۴۰۰۰ متر شکل گرفت. بعد از انجام مراحل میان‌یابی در نهایت پایگاه داده‌ای به ابعاد ۵۰۸۲×۱۱۳۲۳ روز برای یک دوره‌ی آماری ۳۱ ساله تشکیل شد که به‌عنوان پایگاه داده‌ای در مرحله‌ی بعد مورد استفاده قرار گرفت. موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱: الف- موقعیت شمال غرب در ایران؛ ب-پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک شمال غرب

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

بعد از تشکیل پایگاه داده‌ها اقدام به استخراج امواج سرمایشی گردیده است. اکثر پژوهشگران در مطالعات خود برای مطالعه‌ی امواج سرمایشی آستانه‌های صدکی ۱۰ ، ۵ و ۱ اُم را معرفی نموده و از آن بهره جسته‌اند. سپس در سطح اطمینان ۹۵ درصد معناداری روند نمایه‌ها بر روی هر یاخته را به کمک روش ناپارامتری من-کندال موردآزمون قرار داده‌اند(*Cony et al,2008 دارند، ۱۳۹۳: ۲۶۸-۲۵۳*).

علیجانی و همکاران در بررسی‌های موج‌های سرمایی شمال غرب بر اساس نمره استاندار Z عمل کردند به این ترتیب که هرروزی که نمره‌ی استاندارد آن کمتر و مساوی با ۱/۲- باشد به‌عنوان روز سرد انتخاب کرده‌اند *(علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱)*. در این مطالعه روزی به‌عنوان موج سرمایی انتخاب شد که:

۱- نمره استاندارد آن کمتر از ۱/۲- باشد.

۲- دارای ارزشی پایین‌تر از صدک ۵ همان روز

۳- گستره مکانی ۵۰ درصد پوشش و پیوستگی مکانی داشته باشد.

۴- حداقل دو روز توالی داشته باشد.

بعد از اجرای شرط‌های مورد نظر روزهای همراه با امواج سرمایی برای پهنه‌ی شمال غرب ایران شناسایی شده است. سپس به منظور تحلیل روند از روش رگرسیون[1] (وایازی) خطی استفاده شده است. تحلیل رگرسیون، تکنیکی آماری می‌باشد که برای تحلیل و به مدل درآوردن ارتباط بین متغیّرهاست، به‌کار برده می‌شود.

مفاهیم اولیه مدل رگرسیونی وسیله‌ای جهت تشریح دو مفهوم اساسی تغییرپذیری متغیّر وابسته (y) در اثر تغییر متغیّر مستقل (x) بکار می‌رود. در تحلیل زمانی،ساده‌ترین تعریف از روند تغییرات عناصر اقلیمی، به‌وسیله رگرسیون خطی بیان می‌شود. در این راستا باید بهترین خطی که بر مختصات نقاط حاصل از دو متغیّر X و y بر یک صفحه وجود دارد، تعیین گردد. یکی از روش‌های برازش خط، روش حداقل مربعات است. در این رویه میزان تغییرپذیری امواج سرمایی طیّ زمان مورد تحلیل قرار می‌گیرد. به این معنی که امواج سرمایشی به‌عنوان متغیّر وابسته (y) و زمان یا سال‌ها به‌عنوان متغیّر مستقل (x) در نظر گرفته‌شده است. معنی‌داری این تحلیل با استفاده از آزمون t استودنت وارسی شد. در این روش خط طوری روی نقاط برازش می‌یابد که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد. معادله‌ی رگرسیون ساده امواج سرمایی (p) و زمان (t) و مربعات خطاها طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

رابطه ۱: $P=a+bt+e_t$

در رابطه‌ی بالا t زمان، a عرض از مبدا، b شیب خط روند و e_t خطای‌تصادفی مدل رگرسیونی می‌باشد. شایان ذکر است که کلیه محاسبات آماری از جمله، مشخصات توصیفی، تحلیل روند با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در محیط متلب انجام‌گرفته است.

یافته‌ها

در جدول ۱ برخی از مشخصات آماری تداوم امواج سرمایشی با گستره ۵۰ درصد پوشش نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود میانگین موج سرمایشی برای کل دوره مذکور۸/۶- درجه سلسیوس است. اختلاف مقادیر نمایه‌های مرکزی (میانگین و میانه با مد) بیانگر این است که توزیع مکانی امواج سرمایشی شمال غرب ضمن اینکه از افت و خیزهای

1- Regression

روزانه برخوردار بوده است، تقریباً نامتقارن می‌باشد. پراش و انحراف معیار مکانی به‌عنوان معیاری از تنوع امواج سرمایشی طیّ تداوم‌های مختلف نشان داده شده است. مقادیر پراش در تداوم‌های مختلف گویای تغییرپذیری نسبتاً زیاد می‌باشد. این در حالی است که مقادیر انحراف معیار تداوم‌های مختلف تأییدی بر تغییرپذیری دوره‌ی مذکور می‌باشد. ضریب تغییرات برابر با ۵۷/۱ درصد می‌باشد که بیانگر نوسانات شدید امواج سرمایشی نسبت به میانگین است. منفی بودن چولگی میزان انحراف داده‌های تداوم‌های مختلف که چوله به چپ را نشان می‌دهد تأییدی دیگر بر این ادعاست. به‌عبارتی‌دیگر یعنی داده‌های بالاتر از میانگین بیش‌تر از داده‌های کمتر از میانگین است. این امر بیانگر این است که مساحت‌هایی با آستانه‌ی بیشتر از میانگین بیشتر از مساحت‌هایی با آستانه‌ی کمتر از میانگین می‌باشد. مقادیر بیشینه و کمینه‌ی دوره‌ی کل به ترتیب ۱۲/۰ و ۳۱/۵- درجه سلسیوس است.

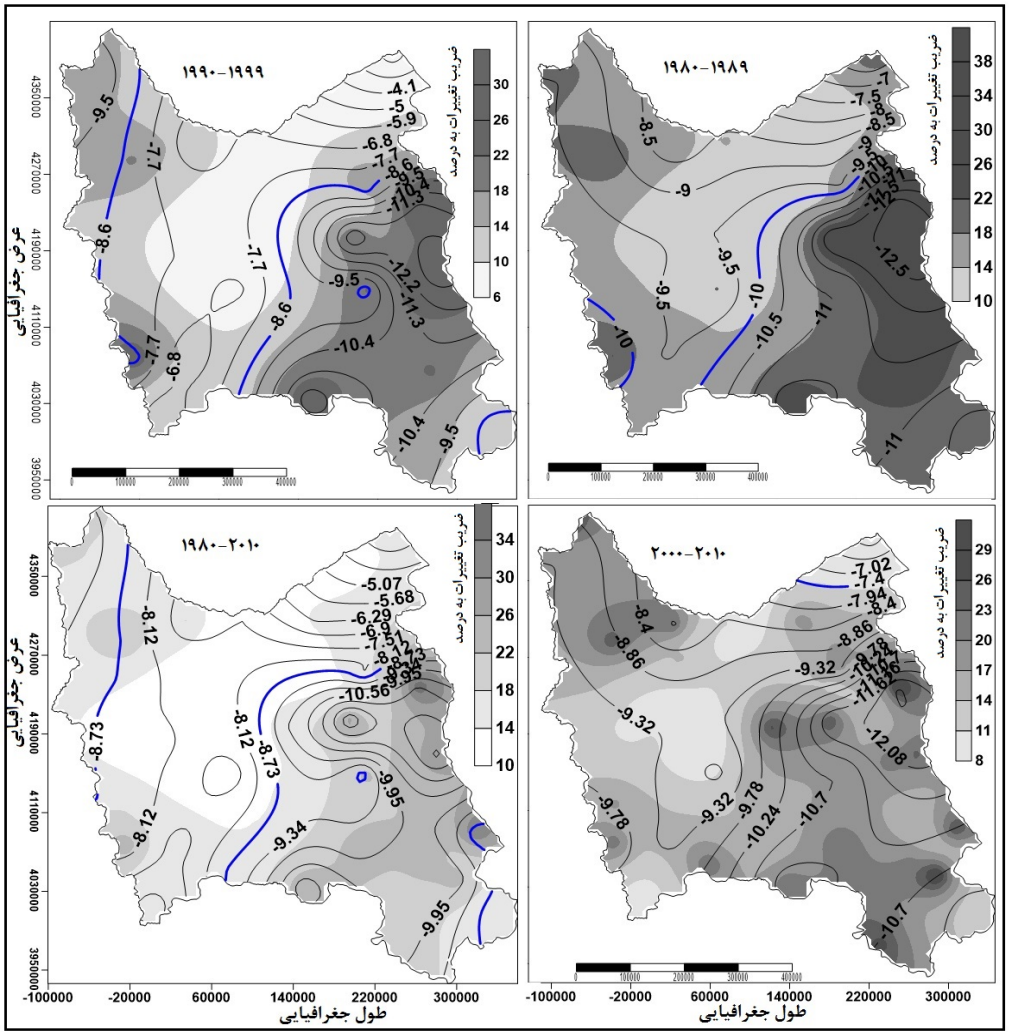
جدول ۱ : مشخصات آماری تداوم موج‌های سرمایشی با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش (۲۰۱۰-۱۹۸۰)

فراسنج			کل‌دوره	دو روزه	سه روزه	چهار روزه	پنج روزه	شش روزه	هفت روزه
نمایه‌های مرکزی	میانگین		-۸/۶	-۱۱/۷۴	-۹/۹	-۱۰/۱	-۱۰/۳	-۱۰/۳	-۱۰/۴
	میانه		-۷/۸	-۱۱/۲۱	-۹/۲	-۹/۵	-۹/۸	-۹/۸	-۱۰/۰
	مد		-۶/۰	-۱۸/۵۶	-۸/۰	-۸/۰	-۸/۰	-۷/۰	-۷/۰
نمایه‌های پراکندگی	پراش		۲۴/۰	۲۶/۷۵	۲۶/۵	۲۷/۱	۲۷/۵	۲۷/۵	۲۷/۴
	انحراف معیار		۴/۹	۵/۱۷	۵/۲	۵/۲	۵/۲	۵/۲	۵/۲
	ضریب‌تغییرات		۵۷/۱	۴۴/۰۳	۵۲/۲	۵۱/۶	۵۱/۱	۵۰/۹	۵۰/۴
نمایه‌های شکل‌توزیع	چولگی		-۰/۷	-۰/۴۸	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵
	کشیدگی		۳/۸	۲/۸۱	۳/۲	۳/۱	۳/۰	۳/۰	۳/۰
آستانه‌ها	بیشینه		۱۲/۰	۱/۸۴	۹/۰	۶/۶	۶/۶	۶/۶	۶/۶
	کمینه		-۳۱/۵	-۳۲/۴۴	-۳۱/۵	-۳۱/۵	-۳۱/۵	-۳۱/۴	-۳۱/۴
	چندک	Q1	-۱۱/۴	-۱۵/۱۶	-۱۳/۰	-۱۳/۴	-۱۳/۶	-۱۳/۸	-۱۳/۸
		Q2	-۷/۸	-۱۱/۲۱	-۹/۲	-۹/۵	-۹/۸	-۹/۸	-۱۰/۰
		Q3	-۲/۰	-۴/۵۹	-۲/۸	-۲/۸	-۲/۸	-۲/۸	-۳/۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

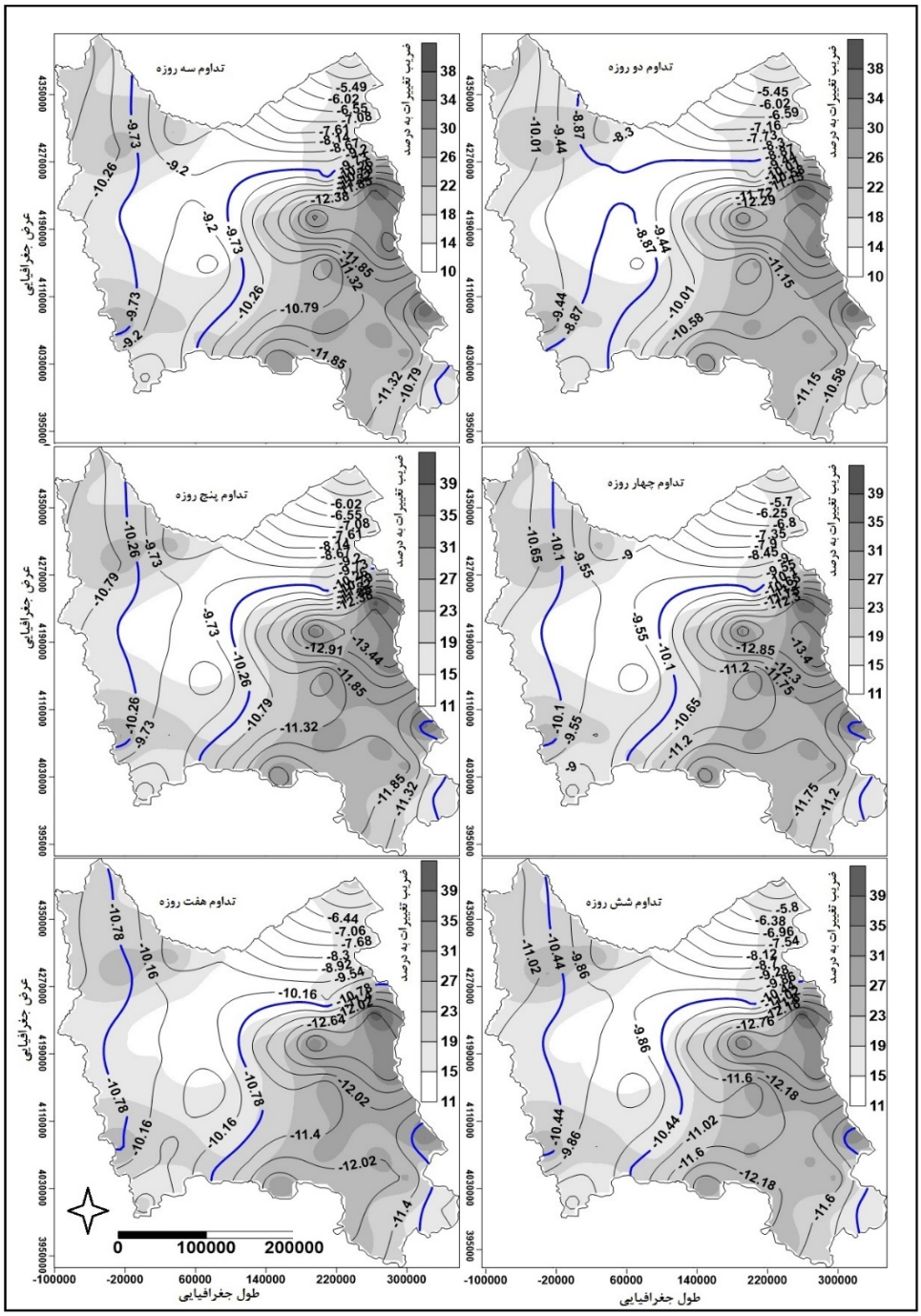
به‌منظور دستیابی به مشخصات توصیفی این مطالعه به ترسیم نقشه‌هایی ترکیبی از میانگین و ضریب تغییرات پرداخته شده است تا توصیفی از چگونگی امواج سرمایشی در بعد مکان برای تداوم‌های مختلف حاصل شود.همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود در شکل ۲ تا ۳ توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات امواج سرمایشی شمال غرب را برای تداوم‌های مختلف را نشان می‌دهد. ضریب تغییرات با طیف رنگی در پس‌زمینه‌ی نقشه‌ها و میانگین به‌صورت منحنی بر روی آن نمایش داده شده است تا زمینه‌ساز تصویری روشن از امواج سرمایشی و تغییرات آن باشد، مناطقی که به رنگ تیره‌تر میل می‌کنند بیانگر مناطقی هستند که دارای بیشترین ضریب تغییرات بوده‌اند و از توزیع مکانی بالایی برخوردار هستند و در مقابل، هرچه رنگ‌ها به سمت سفید میل کنند، بیانگر مناطق با کمترین ضریب

تغییرات هستند. در این اشکال خطوط آبی بیانگر میانگین مکانی می‌باشد. همان‌طوری که مشاهده می-شود بیشترین ضریب تغییرات مکانی موج‌های سرمایشی منطبق بر بیشترین شیب تغییرات میانگین امواج سرمایشی یعنی بخش‌های شرقی و شمال شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. با این وجود ضریب تغییرات کم معرف پایداری و توزیع زمانی بیشتر بوده در حالی‌که ضریب تغییرات بالا معرف تمرکز در یک محدوده زمانی کوتاه است *(صفری، ۱۳۹۳: ۸۱)*. با این وجود توزیع مکانی ضریب تغییرات بین ۳۴-۳۰ درصد در قسمت شمال و شمال شرق منطقه‌ی مورد مطالعه بیشتر مشاهده شده است. در حالی که پایین‌ترین میانگین دمای موج‌های سرمایشی در مرکز و جنوب شرق کشور مشاهده‌شده است. با این تفاسیر تغییرات میانگین دما از عوامل مهم اقلیمی هر منطقه می‌باشند بطوری‌که مشخصه‌های دیگر اقلیمی را هم تحت تأثیر قرار می‌دهند. درحالی‌که اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه بوده و این گرمایش از غرب به شرق بارزتر بوده است. با این وجود شدت موج‌های سرمایی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰ ضمن اینکه از شدت بیشتری برخوردار بوده است ولی نوسانات کمتری را نسبت به دوره‌های دیگر تجربه کرده است. بطوری‌که میانگین موج‌های سرمای تنها به بخش‌های شمال شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه محدود شده است.



شکل ۲: توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات موج‌های سرمایی شمال غرب طیّ دوره‌های مختلف

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل۳: توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات تداوم موج‌های سرمایشی با گستره ۵۰ درصد پوشش (۲۰۱۰-۱۹۸۰)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

همان‌طوری‌که مشاهده می‌شود میانگین امواج سرمایشی منطقه‌ی شمال غرب از دو روزه به هفت روزه افزایش چشمگیری داشته است. با این وجود ضریب تغییرات در عین حالی که ضریب تغییرات نامحسوسی را تجربه کرده‌اند ولی به سمت تداوم‌های بالاتر از توزیع پراکندگی ضریب تغییرات کاسته شده است در حالی که تنوع مکانی ضریب تغییرات در تداوم‌های دو تا چهار روزه بیشتر می‌باشد. با این وجود بعضی از محققین چهار الگوی پرفشار غربی، کم‌فشار اورال، الگوی مداری، و پرفشار آرارات در موج‌های سرمایی مؤثر دانستند بطوری‌که این الگوها در ۷۰ درصد از موارد سرماهای شدید در شمال غرب ایران، اکثراً با استقرار ناوه‌ای عمیق بر روی شمال ایران و قرار گرفتن منطقه‌ی مورد مطالعه در قسمت عقب آن و همچنین وجود یک‌پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهند *(علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱)*. با این‌وجود با افزایش تداوم‌های موج‌های سرمایشی به‌طور متوسط تقریباً ۱ درجه بر موج‌های سرمایشی افزوده شده است. درحالی که در موج‌های سرمایی با تداوم دو روزه و بیشتر با توجه به ثبات و گسترش زبانه‌های پرفشار به سمت عرض‌های پایین‌تر میانگین موج‌های سرمایشی‌به‌دلیل استقرای‌این‌زبانه افزایش پیدامی‌کنند *(Mechl et al, 2004: 469; Takahashi, 1990:64)*. توزیع مکانی میانگین با ضریب تغییرات بین ۳۹-۳۱ درصد تداوم‌های مختلف تأییدی بر این موضوع می‌باشد، توزیع مکانی میانگین با کمترین ضریب تغییرات بین ۲۲-۱۰ درصد در قسمت‌های مرکزی و در مرتبه بعد غرب منطقه حادث‌شده است. قلمرو جغرافیایی این ناحیه نشان می‌دهد که سامانه‌هایی که موجب رخداد سرماهای فرین این ناحیه گردند توسط موانع کوهستانی محدود می‌شوند. موقعیت جغرافیایی، ناهمواری، تأثیر عوامل سطح بالا را تقویت می‌کند و بر شدت سرمای هوا می‌افزاید. سامانه‌هایی که منجر به سرمای فرین این نواحی می‌شود، بیشتر از سیبری، اروپا به‌صورت ادغام این دو سامانه است *(مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰: ۵۴-۴۳)*. بطورکلی به دلیل وجود ارتفاعات در نواحی کوهستانی و تأخیر خروج بادهای غربی در عرض‌های بالاتر، تغییرات دما در این بخش‌ها افزون‌تر می‌باشد.

تغییرات زمانی و مکانی روند تداوم موج‌های سرمایشی

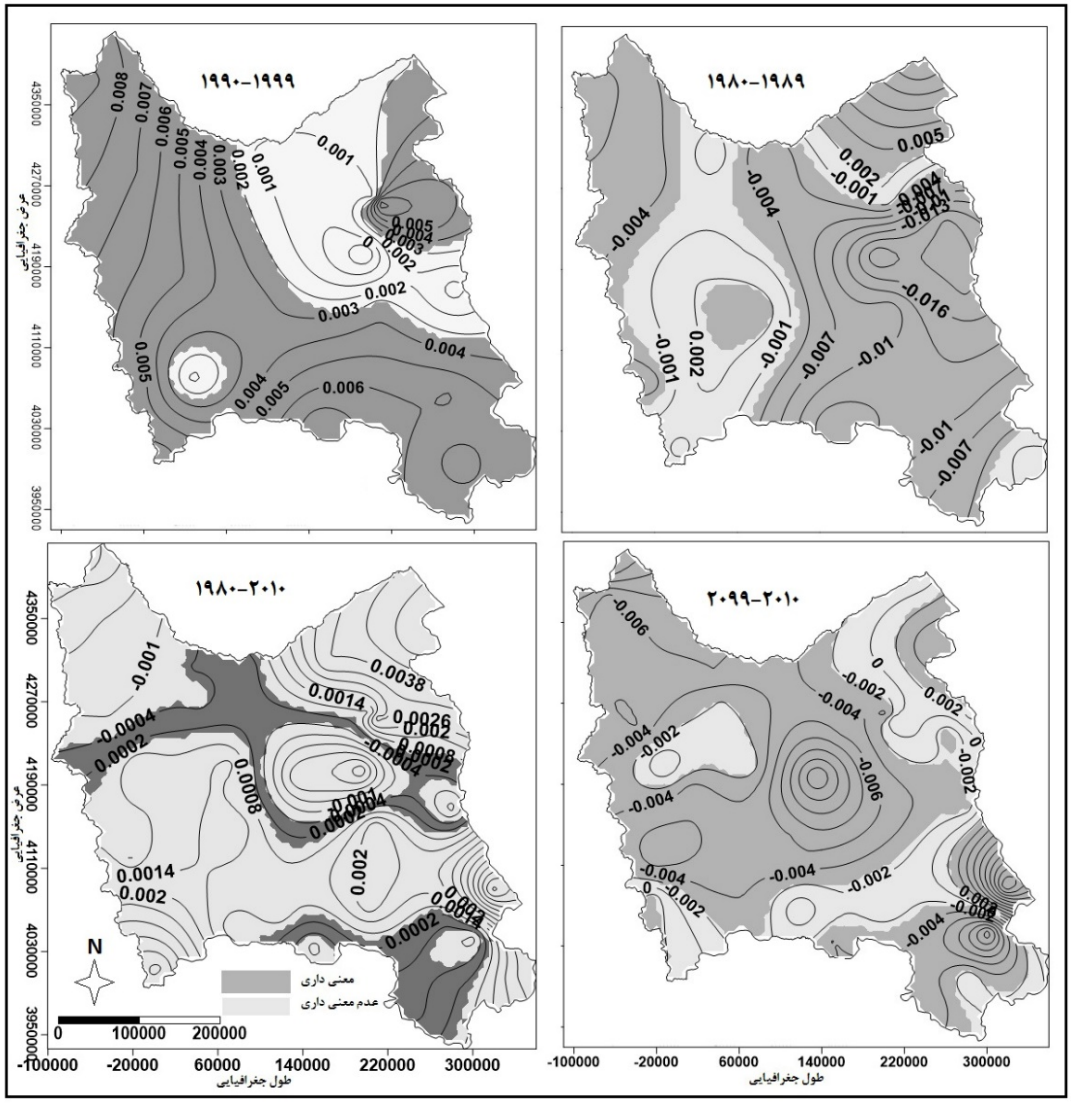
به منظور اینکه تحلیل دقیق‌تری نسبت به امواج سرمایشی شمال غرب داشته باشیم توزیع فضایی روند موج‌های سرمایشی برای دوره‌ها و تداوم‌های مختلف با گستره ۵۰ درصد پوشش محاسبه گردید که نتایج آن در شکل ۲ و ۳ نمایش داده‌شده است. در این اشکال طیف‌های رنگی پشت زمینه نقشه‌های معنی‌داری و عدم معنی‌داری روند را در سطح ۹۵ درصد اطمینان نشان می‌دهد. همچنین در جدول ۲ نیز مساحت تحت پوشش نوع روند و سطح معناداری امواج سرمایشی شمال غرب آورده شده است. همان‌گونه در شکل۳ که مشاهده می‌شود امواج سرمایشی برای کل دوره (۱۹۸۰- ۲۰۱۰) در ۶۵/۷ درصد از منطقه موردمطالعه از روند افزایشی برخوردار بوده است که از این مقدار ۵۵/۶ در سطح ۹۵ درصد اطمینان از روند معنی‌داری برخوردار بوده است. همچنین با بررسی مساحت، معنی‌داری و عدم معنی‌داری امواج سرمایشی تداوم‌های مختلف دوره‌ی مذکور مشخص گردید، در تداوم ۲ روزه با ۳۳/۳

درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه که بیشتر به‌ویژه در نیمه‌های مرکزی منطقه‌ی مورد مطالعه از روند کاهشی برخوردار بوده است که از این مقدار تنها ۱۷/۱ درصد معنی‌دار بوده است. این در حالی است که در تداوم ۳روزه با ۶۷/۳ درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه از روند کاهشی برخوردار بوده است که نسبت به تداوم دو روزه‌ها ۳۰ درصد پوشش بیشتری داشته است. این واقعیت به دلیل ریزش هوای سرد به ایران به‌ویژه به شمال غرب ایران می‌باشد که انتظار می‌رفت علاوه بر ارتفاعات شمال غرب مساحت بیشتری از منطقه‌ی مورد مطالعه با کاهش دما روبه‌رو شود *(دوستکامیان، ۱۳۹۲: ۶۶)*. همان‌طور که در نقشه نیز نمایان می‌باشد در طیّ دوره‌های مختلف نواحی ارتفاعات و کوهستان‌های شمال غرب بیشترین روند افزایشی را دارا می‌بودند که نشان از بسامد رخداد امواج سرما در این مناطق است. این در حالی است که تحقیقات نشان داد که تقریباً ۳۰ درصد از سرماهای شمال غرب ایران در رابطه با ویژگی‌های منطقه‌ای چون موقعیت جغرافیایی، ارتفاع و سرمایش شدید سطح زمین در منطقه‌ی موردمطالعه به وجود می‌آید *(علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱)*.

به‌منظور بررسی و تحلیل دقیق‌تر موج‌های سرمای شمال غرب و همچنین مشخص نمودن آغاز تغییرات ناگهانی در امواج سرمایشی، موج‌های سرما برای دهه‌های مختلف استخراج گردیده است که نتایج آن‌ها در شکل ۴ تا ۶ نمایش داده‌شده است. در شکل ۴ توزیع فضایی روند موج‌های سرمایشی را طیّ دوره‌ی ۱۹۸۹-۱۹۸۰ با گستره نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود امواج سرمایشی در این دوره بیشتر از روند کاهشی برخوردار بوده است بطوری‌که نزدیک به ۷۹ درصد از مساحت منطقه که بیشتر نیمه‌های شمالی منطقه موردمطالعه را در برمی‌گیرید از روند کاهشی برخوردار بوده است. با آن وجود از این مقدار ۶۱/۳ درصد آن در سطح ۹۵ درصد اطمینان آماری معنی‌دار بوده است. با بررسی مساحت، معناداری و عدم معناداری امواج سرمایشی تداوم‌های مختلف دوره‌ی مذکور مشخص‌گردید، تداوم ۶ روزه از بیشترین روند کاهشی برخوردار شده است. همان‌طور که نقشه نشان می‌دهد در طیّ دوره‌ی مذکور به لحاظ پراکنش مکانی ارتفاعات و کوهستان‌های شمال غرب مانند دوره کل بیشترین روند کاهشی امواج سرمایشی را دارا می‌باشند. در شکل ۵ توزیع فضایی روند موج‌های سرمایشی را طیّ دوره‌ی (۱۹۹۹-۱۹۹۰) نشان می‌دهد. در این دوره بیشترین و کمترین مساحت روند کاهشی را به ترتیب تداوم ۷ روزه با ۶۰/۹ درصد مساحت و دو روزه با مساحت ۱/۴۵ درصد به خود اختصاص داده است. با این‌وجود در این دوره قسمت‌های شمالی‌غربی و جنوبی منطقه‌بیشترین شیب تغییرات رخداد سرما را نشان می‌دهند. این وضعیت بیانگر این است که نواحی شمالی و جنوبی منطقه تحت‌تأثیر سامانه‌های کم‌فشار می‌باشد، اما یک سیستم پرفشار بر روی کوه‌های آلپ مستقر شده است که زبانه‌ای هم به‌طرف منطقه‌ی مورد مطالعه گسیل داشته است و سبب رخداد امواج سرمایشی این منطقه از کشور شده است *(علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱)*. هوای سرد عرض‌های قطبی و کم‌فشار ایسلند در رخداد سرما در این مناطق تأثیر می‌گذارند.درحالی‌که بیشترین یخبندان‌های نیمه شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه از نوع انتقالی هستند. یخبندان‌های شدید و فراگیر استان ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح

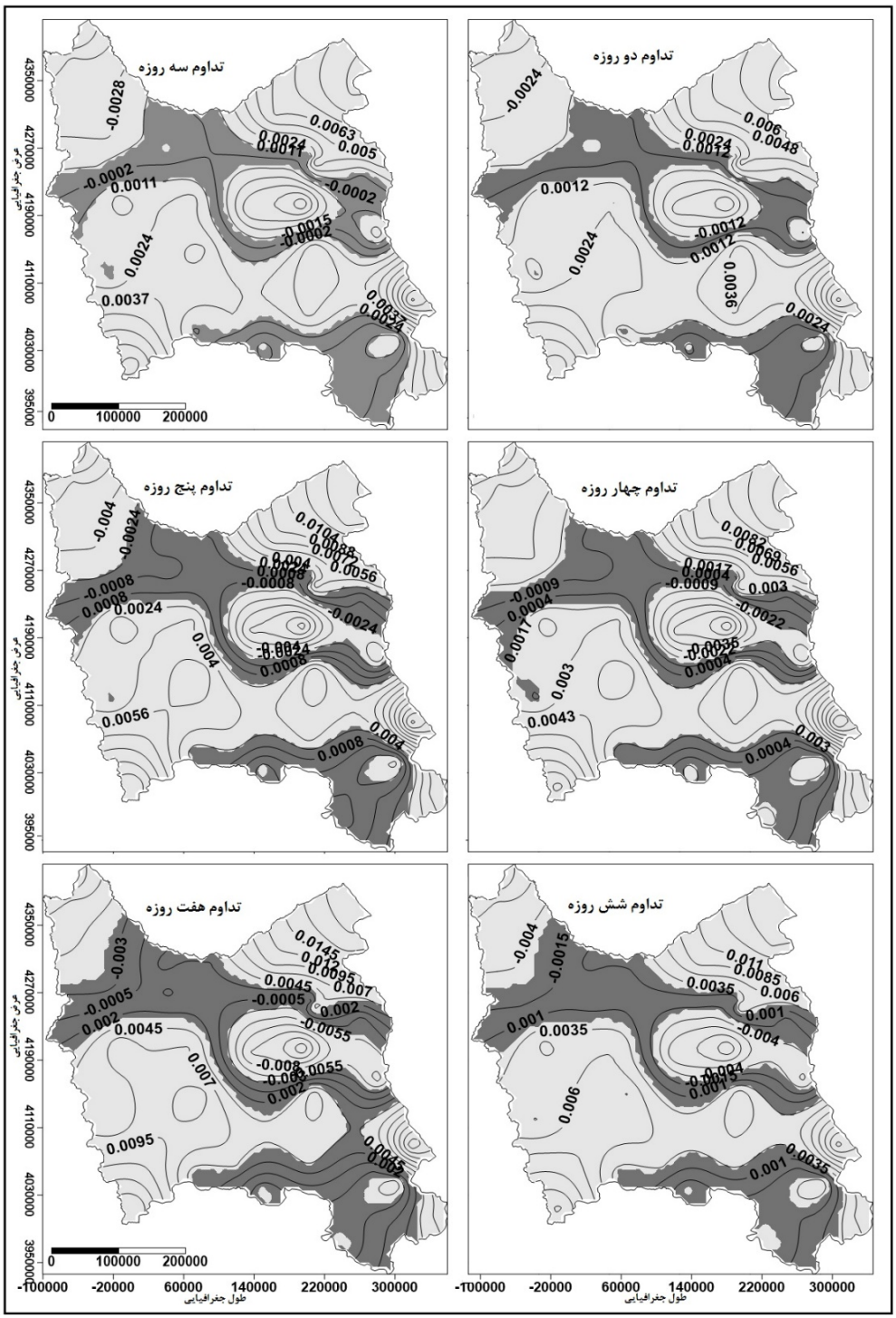
زمین در بیشتر وقت‌ها از آنتی سیکلون مهاجر غربی است. اما در روزهای سرد شدید زبانه‌ی پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است. ناوه سطح۵۰۰ هکتوپاسکال هم در یخبندان‌های شدید و فراگیر بسیار عمیق شده و هوای بسیار سرد عرض‌های بالا را به استان سرازیر می‌کند *(هژبرپور و علیجانی، ۱۳۸۶: ۱۰۶-۸۹)*. قسمت جنوبی منطقه نیز که شامل استان زنجان می‌باشد همچنان تحت تأثیر هوای سرد عرض‌های بالا و گذر پرفشار سیبری است. از طرفی دیگر یخبندان شدید و فراگیر در آذربایجان شرقی ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح زمین و یک ناوه عمیق در سطح هکتوپاسکال است. در بیشتر اوقات، پرفشار سطح زمین از واچرخندهای مهاجر غربی است. اما در روزهای شدیداً سرد، زبانه پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است. در یخبندان‌های شدید، توأم با بسط و توسعه‌ی ناوه ی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هوای سرد عرض‌های بالاتر به استان سرازیر می‌شود *(عیسی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۴۱-۲۳۸)*.

وقوع یخبندان‌های مورد بررسی تبریز ناشی از ناوه‌ای است که از کم‌فشار قدرتمند شمال دریای خزر از روزهای قبل از یخبندان شکل می‌گیرد و کم‌کم عمیق شده، سبب ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه می‌گردد*(جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۷۲۷۲-۱۷۲۴۸)*. در شکل ۶ توزیع مکانی روند و سطح معنی‌داری را برای دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. در این دوره برخلاف سایر دوره‌های دیگر موج‌های سرمایی شمال غرب کشور رو به کاهش می‌باشد بطوری‌که تنها بخش‌های شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه موج‌های سرمایشی از روند افزایشی برخوردار بوده است. در این دوره بیشترین و کمترین روند افزایشی را تداوم دو روزه و تداوم ۷ روزه در برمی‌گیرد. برای مثال در این دوره موج‌های سرمایی سه‌روزه در ۸۵درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه که بیشتر نیمه‌های جنوبی‌کشور را در برمی‌گیرید از روند کاهشی برخوردار بوده است درحالی که نیمه‌های شمالی کشور که تنها ۱۴ درصد از آن را پوشش می‌دهد دارای روند افزایشی بوده است.



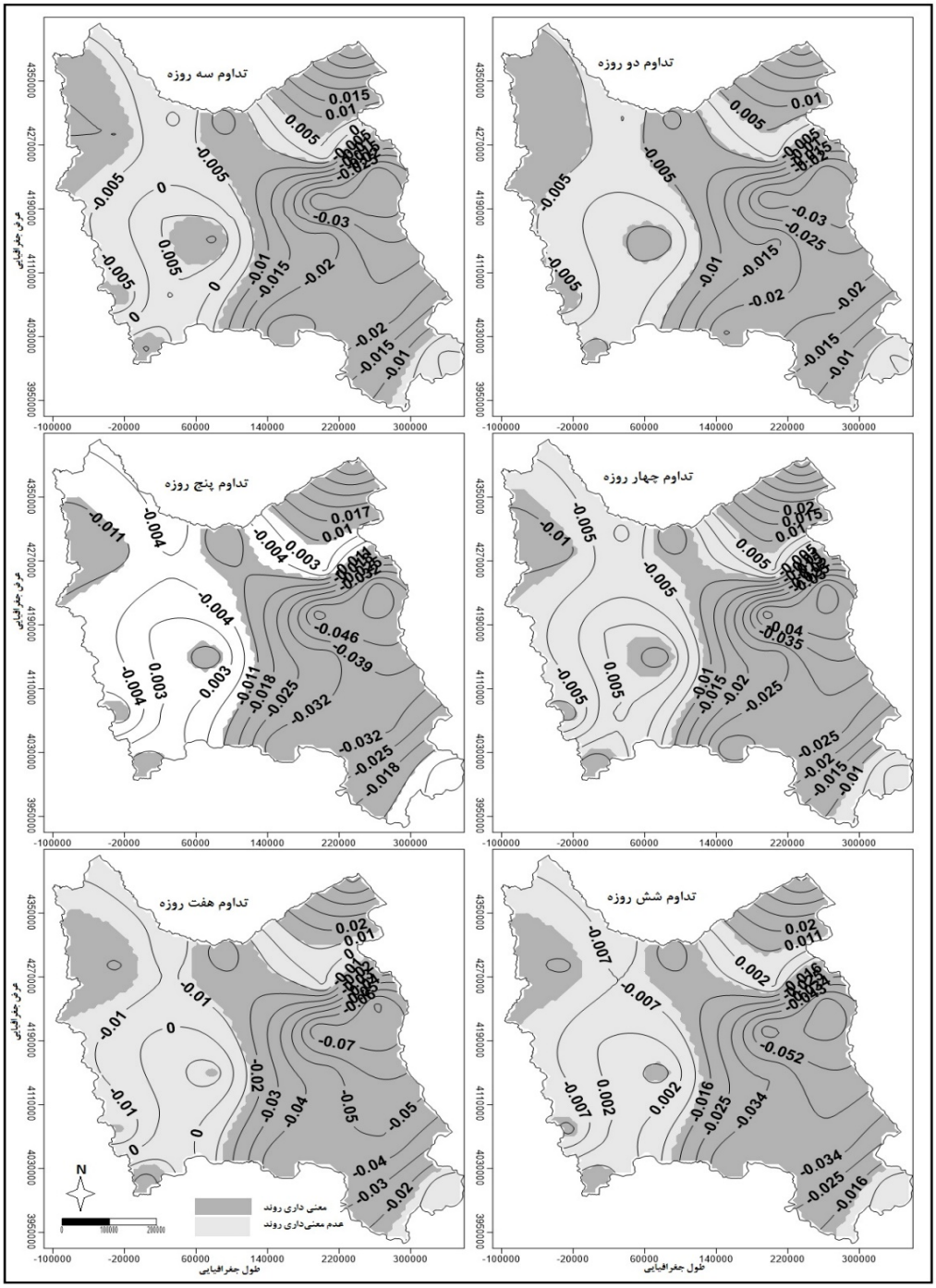
شکل ۴: توزیع فضایی روند موج‌های سرمایشی طیّ دوره‌های مختلف با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم : نگارندگان ۱۳۹۵



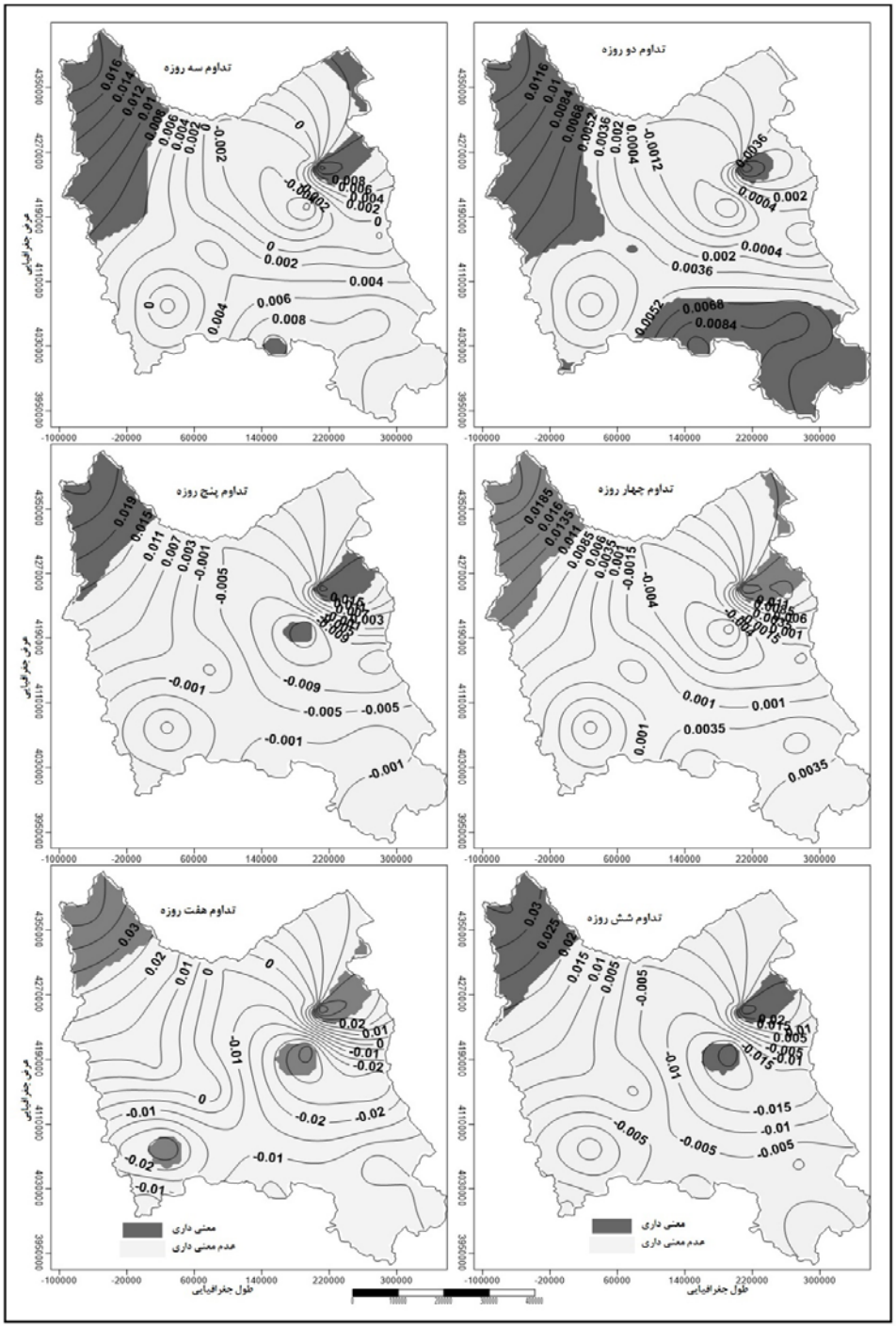
شکل ۵: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایشی طیّ دوره‌ی۲۰۱۰-۱۹۸۰با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان ۱۳۹۵



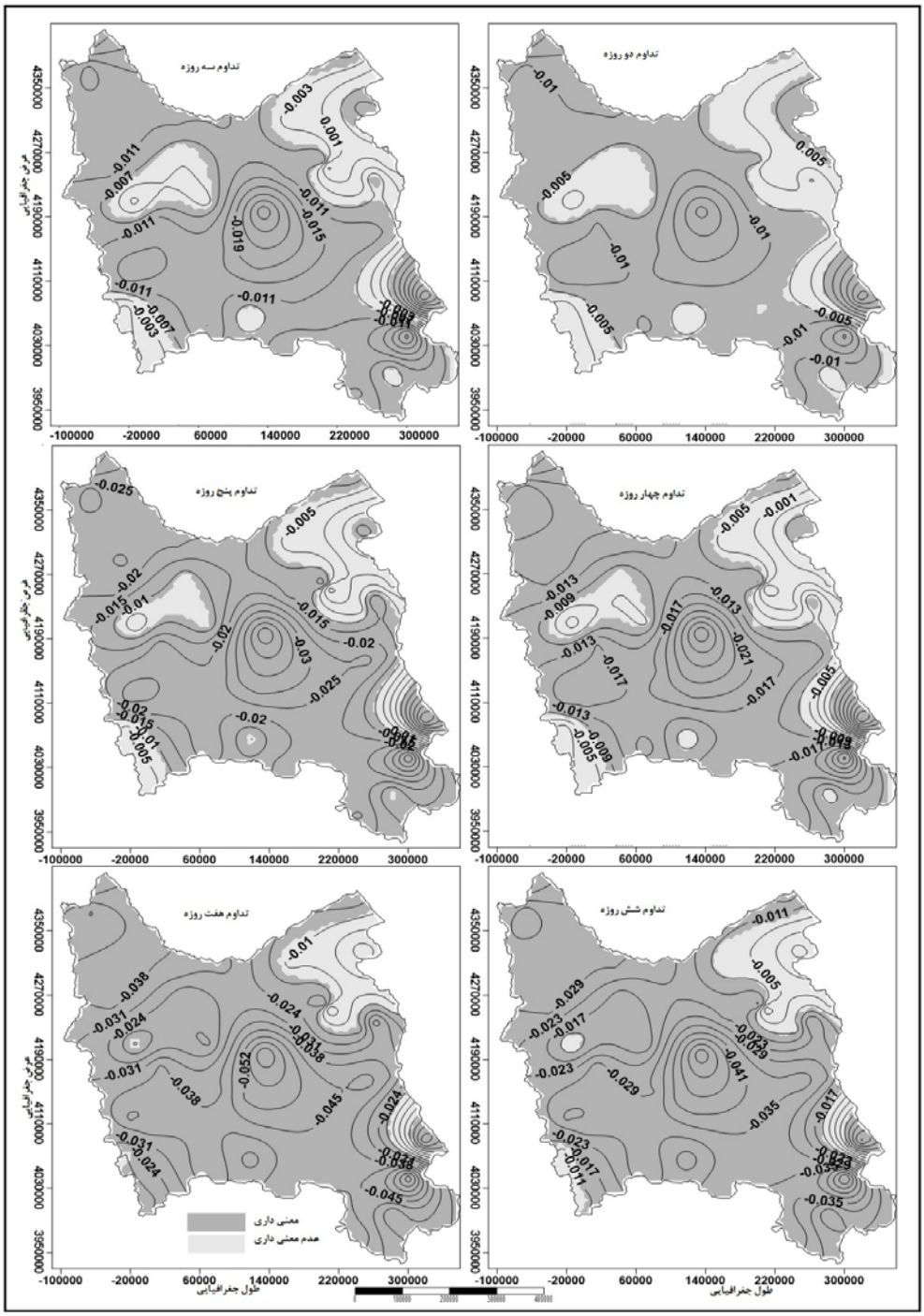
شکل ۶: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایشی طیّ دوره‌ی ۱۹۸۹-۱۹۸۰ با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۷: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایشی طیّ دوره‌ی ۱۹۹۹-۱۹۹۰ با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۸: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایشی طیّ دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۰۰با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۲ : مساحت تحت پوشش نوع روند و سطح معنی‌داری امواج سرمایشی شمال غرب

کل دوره	نوع روند	درصدتحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصدتحت پوشش	دوره اول	نوع روند	درصدتحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصدتحت پوشش
تداوم کل دوره	روند کاهشی	۳۴/۲	معنی‌داری	۲۱/۰	تداوم کل دوره	روند کاهشی	۷۹/۰	معنی‌داری	۶۱/۳
			عدم معنی‌داری	۱۳/۲				عدم معنی‌داری	۱۷/۶
	روند افزایشی	۶۵/۷	معنی‌داری	۵۵/۶		روند افزایشی	۲۰/۹	معنی‌داری	۹/۰۱
			عدم معنی‌داری	۱۰/۰				عدم معنی‌داری	۱۸/۹
تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۳۳/۳	معنی‌داری	۱۷/۱	تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۷۸/۷	معنی‌داری	۵۷/۰
			عدم معنی‌داری	۱۶/۱				عدم معنی‌داری	۲۱/۷
	روند افزایشی	۶۶/۶	معنی‌داری	۵۴/۰		روند افزایشی	۲۱/۲	معنی‌داری	۸/۲۸
			عدم معنی‌داری	۱۲/۶				عدم معنی‌داری	۱۲/۹
تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۶۷/۳	معنی‌داری	۱۷/۸	تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۷۶/۱	معنی‌داری	۵۰/۲
			عدم معنی‌داری	۱۷/۷				عدم معنی‌داری	۲۵/۹
	روند افزایشی	۶۴/۳	معنی‌داری	۵۰/۴		روند افزایشی	۲۳/۸	معنی‌داری	۹/۳۲
			عدم معنی‌داری	۱۳/۸				عدم معنی‌داری	۱۴/۴
تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۳۸/۲	معنی‌داری	۱۹/۰	تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۷۵/۶	معنی‌داری	۴۵/۳
			عدم معنی‌داری	۱۹/۲				عدم معنی‌داری	۳۰/۲
	روند افزایشی	۶۱/۷	معنی‌داری	۴۶/۶		روند افزایشی	۲۴/۳	معنی‌داری	۸/۹۳
			عدم معنی‌داری	۱۵/۰				عدم معنی‌داری	۱۵/۴
تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۳۶/۲	معنی‌داری	۱۶/۳	تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۷۸/۰	معنی‌داری	۴۶/۸
			عدم معنی‌داری	۱۹/۹				عدم معنی‌داری	۳۱/۱
	روند افزایشی	۶۳/۷	معنی‌داری	۴۷/۹		روند افزایشی	۲۱/۹	معنی‌داری	۷/۴۷
			عدم معنی‌داری	۱۵/۷				عدم معنی‌داری	۱۴/۴
تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۳۴/۳	معنی‌داری	۱۵/۲	تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۸۰/۱	معنی‌داری	۴۸/۹
			عدم معنی‌داری	۱۹/۱				عدم معنی‌داری	۳۱/۱
	روند افزایشی	۶۵/۶	معنی‌داری	۴۷/۲		روند افزایشی	۱۹/۸	معنی‌داری	۶/۴۵
			عدم معنی‌داری	۱۸/۳				عدم معنی‌داری	۱۳/۴
تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۳۴/۶	معنی‌داری	۱۵/۱	تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۸۱/۳	معنی‌داری	۵۱/۰
			عدم معنی‌داری	۱۹/۵				عدم معنی‌داری	۳۰/۲
	روند افزایشی	۶۵/۳	معنی‌داری	۴۴/۴		روند افزایشی	۱۸/۶	معنی‌داری	۵/۵۸
			عدم معنی‌داری	۲۰/۸				عدم معنی‌داری	۱۳/۰

ادامه جدول ۲: مساحت تحت پوشش نوع روند و سطح معنی‌داری امواج سرمایشی شمال غرب

دوره دوم	نوع روند	درصد تحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصد تحت پوشش	دوره سوم	نوع روند	درصد تحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصد تحت پوشش
تداوم کل دوره	روند کاهشی	۱/۴۵	معنی‌داری	۰	تداوم کل دوره	روند کاهشی	۸۵/۷	معنی‌داری	۶۲/۲
			عدم معنی‌داری	۱/۴۵				عدم معنی‌داری	۲۳/۵
	روند افزایشی	۹۸/۵	معنی‌داری	۷۳/۱		روند افزایشی	۱۴/۲	معنی‌داری	۵/۸۶
			عدم معنی‌داری	۲۵/۳				عدم معنی‌داری	۸/۳۸
تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۱۶/۵	معنی‌داری	۰	تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۸۷/۴	معنی‌داری	۶۶/۵
			عدم معنی‌داری	۱۶/۵				عدم معنی‌داری	۲۰/۸
	روند افزایشی	۸۳/۴	معنی‌داری	۳۶/۵		روند افزایشی	۱۲/۵	معنی‌داری	۴/۴۴
			عدم معنی‌داری	۴۶/۹				عدم معنی‌داری	۸/۱۲
تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۱۹/۵	معنی‌داری	۰	تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۹۰/۰	معنی‌داری	۷۰/۶
			عدم معنی‌داری	۱۹/۵				عدم معنی‌داری	۱۹/۳
	روند افزایشی	۸۰/۴	معنی‌داری	۱۹/۰		روند افزایشی	۹/۹۵	معنی‌داری	۲/۹۷
			عدم معنی‌داری	۶۱/۴				عدم معنی‌داری	۶/۹۸
تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۳۰/۹	معنی‌داری	۰	تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۹۲/۰	معنی‌داری	۷۳/۵
			عدم معنی‌داری	۳۰/۹				عدم معنی‌داری	۱۸/۴
	روند افزایشی	۶۹/۰	معنی‌داری	۱۳/۵		روند افزایشی	۷/۹۶	معنی‌داری	۲/۴۵
			عدم معنی‌داری	۵۵/۵				عدم معنی‌داری	۵/۵۰
تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۵۷/۶	معنی‌داری	۰/۴۳	تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۹۳/۸	معنی‌داری	۷۸/۲
			عدم معنی‌داری	۵۷/۲				عدم معنی‌داری	۱۵/۶
	روند افزایشی	۴۲/۳	معنی‌داری	۹/۸۳		روند افزایشی	۶/۱۱	معنی‌داری	۱/۸۴
			عدم معنی‌داری	۳۲/۵				عدم معنی‌داری	۴/۲۶
تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۵۹/۰	معنی‌داری	۰/۸۸	تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۹۶/۷	معنی‌داری	۸۶/۰
			عدم معنی‌داری	۵۸/۱				عدم معنی‌داری	۱۰/۷
	روند افزایشی	۴۰/۹	معنی‌داری	۹/۵۸		روند افزایشی	۳/۲۲	معنی‌داری	۰/۹۲
			عدم معنی‌داری	۳۱/۳				عدم معنی‌داری	۲/۳۰
تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۶۰/۹	معنی‌داری	۱/۷۹	تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۹۷/۷	معنی‌داری	۸۸/۴
			عدم معنی‌داری	۵۹/۱				عدم معنی‌داری	۹/۳۰
	روند افزایشی	۳۹/۰	معنی‌داری	۸/۳۲		روند افزایشی	۲/۲۴	معنی‌داری	۰/۶۸
			عدم معنی‌داری	۳۰/۷				عدم معنی‌داری	۱/۵۵

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول۳: درصد مساحت تحت پوشش طبقات روند امواج سرمایشی شمال غرب

کل دوره	طبقات	مساحت به درصد	دوره اول	طبقات	مساحت به درصد
تداوم کل دوره	-۰/۰۰۳۷۳ تا -۰/۰۰۱۶۰	۶/۷	تداوم کل دوره	-۰/۰۱۲۹۸ تا -۰/۰۲۱۱۸	۱۱/۵
	-۰/۰۰۱۶۰ تا ۰/۰۰۰۵۳	۳۷/۵		-۰/۰۰۴۷۷ تا -۰/۰۱۲۹۸	۳۵/۳
	۰/۰۰۰۵۳ تا ۰/۰۰۲۶۶	۴۱/۹		-۰/۰۰۳۴۲ تا -۰/۰۰۴۷۷	۴۶/۳
	۰/۰۰۲۶۶ تا ۰/۰۰۴۷۹	۱۰/۸		۰/۰۰۳۴۲ تا ۰/۰۱۱۶۲	۵/۱
	۰/۰۰۴۷۹ تا ۰/۰۰۶۹۳	۳/۱		۰/۰۱۱۶۲ تا ۰/۰۱۹۸۳	۱/۸
تداوم ۲ روزه	-۰/۰۰۲۴۷ تا -۰/۰۰۵۸۵	۷/۱	تداوم ۲ روزه	-۰/۰۲۰۵۰ تا -۰/۰۳۳۸۵	۱۵/۰
	-۰/۰۰۲۴۷ تا ۰/۰۰۰۹۰	۶۳/۳		-۰/۰۰۷۱۵ تا -۰/۰۲۰۵۰	۳۳/۶
	۰/۰۰۰۹۰ تا ۰/۰۰۴۲۸	۴۳/۴		۰/۰۰۶۱۹ تا -۰/۰۰۷۱۵	۴۵/۲
	۰/۰۰۴۲۸ تا ۰/۰۰۷۶۷	۱۰/۳		۰/۰۱۹۵۴ تا ۰/۰۰۶۱۹	۴/۵
	۰/۰۰۷۶۷ تا ۰/۰۱۱۰۶	۲/۹		۰/۰۳۲۸۹ تا ۰/۰۱۹۵۴	۱/۸
تداوم ۳ روزه	-۰/۰۰۷۵۵ تا -۰/۰۰۳۴۴	۶/۳	تداوم ۳ روزه	-۰/۰۲۳۴۸ تا -۰/۰۳۹۳۳	۱۵/۳
	-۰/۰۰۳۴۴ تا ۰/۰۰۰۶۷	۳۵/۵		-۰/۰۰۷۶۳ تا -۰/۰۲۳۴۸	۳۱/۹
	۰/۰۰۰۶۷ تا ۰/۰۰۴۷۸	۴۴/۶		-۰/۰۰۷۶۳ تا ۰/۰۰۸۲۱	۴۶/۰
	۰/۰۰۴۷۸ تا ۰/۰۰۸۸۹	۱۰/۰		۰/۰۰۸۲۱ تا ۰/۰۲۴۰۶	۵/۰
	۰/۰۰۸۸۹ تا ۰/۰۱۳۰۱	۳/۶		۰/۰۲۴۰۶ تا ۰/۰۳۹۹۱	۱/۸
تداوم ۴ روزه	-۰/۰۰۹۴۹ تا -۰/۰۰۴۶۷	۴/۹	تداوم ۴ روزه	-۰/۰۲۸۴۶ تا -۰/۰۴۷۲۴	۱۳/۶
	-۰/۰۰۴۶۷ تا ۰/۰۰۰۱۵	۳۴/۷		-۰/۰۰۹۶۷ تا -۰/۰۲۸۴۶	۲۸/۳
	۰/۰۰۰۱۵ تا ۰/۰۰۴۹۸	۴۵/۷		-۰/۰۰۹۱۰ تا -۰/۰۰۹۶۷	۵۰/۳
	۰/۰۰۴۹۸ تا ۰/۰۰۹۸۱	۱۰/۶		۰/۰۰۹۱۰ تا ۰/۰۲۷۸۹	۵/۹
	۰/۰۰۹۸۱ تا ۰/۰۱۴۶۴	۴/۵		۰/۰۲۷۸۹ تا ۰/۰۴۶۶۹	۱/۸
تداوم ۵ روزه	-۰/۰۱۱۰۹ تا -۰/۰۰۵۴۴	۴/۶	تداوم ۵ روزه	-۰/۰۳۵۲۷ تا -۰/۰۵۷۱۴	۱۱/۷
	-۰/ ۰۰۵۴۴ تا ۰/۰۰۰۶۰	۶/۲۳		-۰/۰۱۳۴۱ تا -۰/۰۳۵۲۷	۲۵/۶
	۰۰/۰۰۲۰ تا ۰۰۵۸۵	۴۵/۳		-۰/۰۰۸۴۵ تا -۰/۰۱۳۴۱	۵۴/۳
	۰/۰۰۵۸۵ تا ۰/۰۱۱۵۰	۱۱/۶		۰/۰۳۰۳۱ تا ۰/۰۰۸۴۵	۶/۵
	۰/۰۱۱۵۰ تا ۰/۰۱۷۱۶	۴/۹		۰/۰۵۲۱۹ تا ۰/۰۳۰۳۱	۱/۸
تداوم ۶ روزه	-۰/۰۱۳۴۲ تا -۰/۶۹۱۰۰	۳/۵	تداوم ۶ روزه	-۰/۰۴۲۴۲ تا -۰/۰۶۷۱۴	۱۱/۱
	-۰/۰۰۶۹۱ تا -۰/۰۰۰۴۰	۲۸/۳		-۰/۰۱۷۷۰ تا -۰/۰۴۲۴۲	۲۴/۸
	-۰/۰۰۰۴۰ تا ۰/۰۰۶۱۰	۴۵/۱		۰/۰۰۷۰۲ تا -۰/۰۱۷۷۰	۵۴/۴
	۰/۰۰۶۱۰ تا ۰/۰۱۲۶	۱۷/۳		۰/۰۳۱۷۴ تا ۰/۰۰۷۰۲	۷/۸
	۰/۰۱۲۶۱ تا ۰/۰۱۹۱۴	۵/۹		۰/۰۵۶۴۸ تا ۰/۰۳۱۷۴	۱/۹
تداوم ۷ روزه	۰/۰۰۹۵۲ تا ۰/۰۱۷۱۶	۲/۶	تداوم ۷ روزه	۰/۰۵۲۱۹ تا ۰/۰۸۰۶۱	۱۰/۶
	-۰/۰۰۱۸۸ تا -۰/۰۰۹۵۲	۲۳/۸		۰/۰۲۳۷۷ تا ۰/۰۵۲۱۹	۲۴/۱
	-۰/۰۰۵۷۵ تا -۰/۰۰۱۸۸	۴۰/۳		۰/۰۰۴۶۵ تا ۰/۰۲۳۷۷	۵۳/۲
	۰/۰۱۳۳۹ تا -۰/۰۰۵۷۵	۲۶/۳		۰/۰۳۳۰۷ تا ۰/۰۰۴۶۵	۱۰/۲
	۰/۰۲۱۰۴ تا ۰/۰۱۳۳۹	۷/۱		۰/۰۶۱۵ تا ۰/۰۳۳۰۷	۱/۹

ادامه جدول۳ : درصد مساحت تحت پوشش طبقات روند امواج سرمایشی شمال غرب

دوره دوم	طبقات	مساحت به درصد	دوره سوم	طبقات	مساحت به درصد
تداوم کل دوره	-۰/۰۰۱۸۸ تا ۰/۰۰۰۳۵	۳/۲	تداوم کل دوره	-۰/۰۰۸۳۲ تا -۰/۰۱۵۸۷	۵/۸
	۰/۰۰۰۳۵ تا ۰/۰۰۲۵۸	۲۴/۰		-۰/۰۰۰۷۸ تا -۰/۰۰۸۳۲	۷۵/۲
	۰/۰۰۲۵۸ تا ۰/۰۰۴۸۱	۳۰/۸		۰/۰۰۶۷۵ تا -۰/۰۰۰۷۸	۱۷/۰
	۰/۰۰۴۸۱ تا ۰/۰۰۷۰۴	۳۲/۸		۰/۰۱۴۳۰ تا ۰/۰۰۶۷۵	۱/۲
	۰/۰۰۷۰۴ تا ۰/۰۰۹۲۷	۹/۲		۰/۰۲۱۸۵ تا ۰/۰۱۴۳۰	۰/۷
تداوم ۲ روزه	-۰/۰۰۱۷۷ تا -۰/۰۰۵۹۴	۶/۶	تداوم ۲ روزه	-۰/۰۱۴۹۷ تا ۰/۰۲۶۸۲	۶/۰
	-۰/۰۰۱۷۷ تا ۰/۰۰۲۳۸	۲۵/۴		-۰/۰۰۳۱۲ تا -۰/۰۱۴۹۷	۶۹/۶
	۰/۰۰۲۳۸ تا ۰/۰۰۶۵۵	۴۱/۶		۰/۰۰۸۷۲ تا -۰/۰۰۳۱۲	۲۲/۱
	۰/۰۰۶۵۵ تا ۰/۰۱۰۷۱	۲۱/۳		۰/۰۲۰۵۷ تا ۰/۰۰۸۷۲	۱/۶
	۰/۰۱۰۷۱ تا ۰/۰۱۴۸۹	۵/۱		۰/۰۳۲۴۳ تا ۰/۰۲۰۵۷	۰/۷
تداوم ۳ روزه	-۰/۰۰۲۷۶ تا -۰/۰۰۸۳۷	۷/۱	تداوم ۳ روزه	-۰/۰۱۹۵۶ تا -۰/۰۳۳۴۵	۵/۷
	-۰/۰۰۲۷۶ تا ۰/۰۰۲۸۳	۲۹/۵		-۰/۰۰۵۶۶ تا -۰/۰۱۹۵۶	۶۸/۲
	۰/۰۰۲۸۳ تا ۰/۰۰۸۴۴	۴۶/۴		۰/۰۰۸۲۲ تا -۰/۰۰۵۶۶	۲۳/۷
	۰/۰۰۸۴۴ تا ۰/۰۱۴۰۵	۱۲/۲		۰/۰۲۲۱۱ تا ۰/۰۰۸۲۲	۱/۷
	۰/۰۱۴۰۵ تا ۰/۰۱۹۶۶	۴/۹		۰/۰۳۶۰۱ تا ۰/۰۲۲۱۱	۰/۷
تداوم ۴ روزه	-۰/۰۱۲۱۳ تا -۰/۰۰۴۶۸	۸/۱	تداوم ۴ روزه	-۰/۰۲۴۴۷ تا -۰/۰۴۰۳۵	۵/۵
	-۰/۰۰۴۶۸ تا ۰/۰۰۲۷۵	۴۴/۳		-۰/۰۰۸۵۹ تا -۰/۰۲۴۴۷	۶۶/۲
	۰/۰۰۲۷۵ تا ۰/۰۱۰۲۰	۳۳/۶		۰/۰۰۷۲۸ تا -۰/۰۰۸۵۹	۲۵/۷
	۰/۰۱۰۲۰ تا ۰/۰۱۷۶۴	۹/۵		۰/۰۲۳۱۵ تا ۰/۰۰۷۲۸	۱/۸
	۰/۰۱۷۶۴ تا ۰/۰۲۵۱	۴/۶		۰/۰۳۹۰۴ تا ۰/۰۲۳۱۵	۰/۷
تداوم ۵ روزه	-۰/۰۱۱۰۳ تا -۰/۰۲۰۶۵	۷/۱	تداوم ۵ روزه	-۰/۰۳۱۳۶ تا -۰/۰۴۹۱۷	۵/۶
	-۰/۰۰۱۴۱ تا -۰/۰۱۱۰۳	۴۲/۳		-۰/۰۱۳۵۵ تا -۰/۰۳۱۳۶	۶۲/۲
	-۰/۰۰۱۴۱ تا ۰/۰۰۸۲۰	۲۹/۴		۰/۰۰۴۲۵ تا -۰/۰۱۳۵۵	۲۹/۰
	۰/۰۱۷۸۲ تا ۰/۰۰۸۲۰	۱۴/۶		۰/۰۲۲۰۶ تا ۰/۰۰۴۲۵	۲/۴
	۰/۰۲۷۴۶ تا ۰/۰۱۷۸۲	۶/۶		۰/۰۳۹۸۸ تا ۰/۰۲۲۰۶	۰/۷
تداوم ۶ روزه	-۰/۰۱۵۵۰ تا -۰/۰۲۸۲۱	۷/۴	تداوم ۶ روزه	-۰/۰۴۴۰۶ تا -۰/۰۶۴۴۵	۴/۶
	-۰/۰۰۲۸۰ تا -۰/۰۱۵۵۰	۴۱/۹		-۰/۰۲۳۶۷ تا -۰/۰۴۴۰۶	۵۶/۳
	-۰/۰۰۲۸۰/۰۰۹۸۹	۲۷/۳		-۰/۰۰۳۲۷ تا -۰/۰۲۳۶۷	۳۴/۱
	۰/۰۲۲۶۰ تا ۰/۰۰۹۸۹	۱۶/۳		۰/۰۱۷۱۱ تا -۰/۰۰۳۲۷	۴/۲
	۰/۰۳۵۳۱ تا ۰/۰۲۲۶۰	۷/۲		۰/۰۳۷۵۱ تا ۰/۰۱۷۱۱	۰/۷
تداوم ۷ روزه	-۰/۰۳۷۵۸ تا -۰/۰۲۱۴۵	۱۰/۱	تداوم ۷ روزه	-۰/۰۵۳۲۷ تا -۰/۰۷۵۸۰	۴/۱
	-۰/۰۰۵۳۲ تا -۰/۰۲۱۴۵	۳۹/۷		-۰/۰۳۰۷۴ تا -۰/۰۵۳۲۷	۵۶/۴
	۰/۰۱۰۸۰ تا -۰/۰۰۵۳۲	۲۳/۸		-۰/۰۰۸۲۲ تا -۰/۰۳۰۷۴	۳۳/۶
	۰/۰۲۶۹۳ تا ۰/۰۱۰۸۰	۱۸/۵		۰/۰۱۴۳۰ تا -۰/۰۰۸۲۲	۵/۱
	۰/۰۴۳۰۷ تا ۰/۰۲۶۹۳	۷/۹		۰/۰۳۶۸۳ تا ۰/۰۱۴۳۰	۰/۷

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

نتیجه

دما و تغییرات آن یکی از مهم‌ترین عناصر تأثیرگذار بر اقلیم می‌باشد. بطوری‌که همواره نوسانات این عنصر علاوه بر اینکه سبب شکل‌گیری سایر فرایندهای اقلیمی می‌شود بر سایر عناصر اقلیمی تأثیر ویژه‌ای دارد. امروزه با افزایش تغییرات اقلیمی تغییرات دما رفتار چشمگیرتری دارد بطوری‌که نوسانات بالارو و پایین‌رو سبب رخداد موج‌های گرمایشی و سرمایشی شده است. در این مطالعه به بررسی نوسانات پایین‌رو (امواج سرمایشی) طیّ دوره‌ی ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰ در پهنه شمال غرب ایران پرداخته‌شده است. بدین منظور دمای کمینه ۴۲ ایستگاه سینوپتیکی کشور از سازمان هواشناسی کشور که دارای بیشترین طول دوره آماری داشته‌اند از سازمان هواشناسی کشور استخراج گردیده است. در این مطالعه به‌منظور محاسبات از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب و به‌منظور ترسیم نقشه‌ها از محیط نرم‌افزار سور فر بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که:

- موج‌های سرمایی در شمال غرب ضمن اینکه از تغییرات مکانی بالایی برخوردار بوده است با افزایش تداوم آن‌ها شدت آن‌ها هم افزایش داشته است. نتایج حاصل تغییرات مکانی محور میانگین امواج سرمایشی بیانگر این بوده است که محور مکانی میانگین به سمت دوره‌های اخیر به سمت عرض‌های بالا گسترش پیدا کرده است بطوری‌که در دوره‌ی سوم (۲۰۱۰-۲۰۰۰) تنها به بخش‌های شمال شرق منطقه‌ی مورد مطالعه محدود شده است. با این وجود میزان تنوع مکانی امواج سرمایشی در تداوم‌های دو، سه و چهار روزه بیشتر از سایر تداوم‌ها بوده است این در حالی می‌باشد که بیشترین تغییرات مکانی مربوط به شرق منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

- نتایج حاصل از تغییرات دوره‌ای روند بیانگر این است که در هر سه دوره‌ی مورد مطالعه با وجود اینکه بالای ۶۰ درصد از مساحت منطقه‌ی مورد مطالعه از روند معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان برخوردار بوده است ولی امواج سرمایی دارای تغییرات متنوعی بوده است. بطوری‌که در دوره‌ی اول با وجود اینکه بخش وسیعی از منطقه از روند کاهشی برخوردار بوده است فقط در بخش‌های غربی منطقه‌ی مورد مطالعه فاقد معنی‌دار بوده است. با این حال تنها بخش‌هایی از شرق و شمال منطقه‌ی مورد مطالعه، دارای روند ۰۰۲/ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است.

در دوره‌ی سوم شرایطی مشابه با دوره‌ی اول را تجربه کرده است. با این تفاسیر در دوره‌ی سوم امواج سرمایشی به‌شدت کاهش داشته است بطوری‌که این شدت کاهشی در بخش‌های مرکزی منطقه‌ی مورد مطالعه قابل محسوس‌تر می‌باشد. ولی در مجموع می‌توان گفت که امواج سرمایشی با وجود اینکه از روند افزایش برخوردار بوده است اما فقط در کمتر از ۱۵ درصد منطقه‌ی مورد مطالعه معنی‌دار بوده است.

- نتایج حاصل از تحلیل تداوم موج‌های سرمایشی بیانگر این است که موج‌های سرمایشی پنج‌روزه به بالا از روند کاهشی نامحسوسی برخوردار بوده است در حالی که تداوم‌های دو و سه‌روزه از الگوی سالانه هر دوره مربوطه تبعیت می‌کند با این تفاسیر این روندها در اکثر مناطق موردمطالعه فاقد معنی آماری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بوده است.

منابع

- آذرخشی، مریم؛ جلیل فرزادمهر؛ مهدی اصلاح؛ حسین صحایی (۱۳۸۹). بررسی روند تغییرات سالانه و فصلی بارش و پارامترهای دما در مناطق مختلف آب و هوایی ایران، مجله منابع طبیعی.شماره ۱. صفحات ۱۶-۱.
- جهانبخش، سعید؛ علی‌محمد خورشیددوست؛ حمید میرهاشمی؛ هابیل خرمی؛ معصومه تدینی (۱۳۹۲). روندیابی تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع و متغیّرهای هواشناختی مرتبط با آن در آذربایجان شرقی، نشریه آب و خاک. جلد ۲۸. شماره ۲. صفحه ۳۰۶.
- دارند، محمد (۱۳۹۳). شناسایی امواج سرما و تحلیل زمانی- مکانی آنها بر روی ایران زمین، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۲. صفحات ۲۶۸-۲۵۳.
- دوستکامیان، مهدی (۱۳۹۲). ویژگی عمومی آب قابل بارش جو ایران زمین، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم-شناسی به راهنمای دکتر حسین عساکره. گروه جغرافیا طبیعی. دانشگاه زنجان.
- دوستکامیان، مهدی؛ علی بیات؛ آرزو اسدی (۱۳۹۲). شناسایی و طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر اقلیم جنوب و جنوب غرب ایران با تأکید بر روش‌های آماری چند متغیّره، سومین همایش بین‌المللی سمپوزیوم جغرافیا و برنامه ریزی آنتالیا- ترکیه، ۱۳-۱۰ ژوئیه ۲۰۱۳.
- ساری صراف، بهروز؛ مجید زاهدی؛ بهروز جامعی جاوید (۱۳۸۶). تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰. صفحات ۱۹۸-۱۸۳.
- شادمان،حسن (۱۳۹۱). تحلیل همدید موج‌های گرمایی فراگیر ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی به راهنمای دکتر حسین عساکره. گروه جغرافیای طبیعی. دانشگاه زنجان.
- صفری، زهرا (۱۳۹۳). تحلیل آماری توفان‌های تندری و الگوهای سینوپتیکی توأم با آن در استان زنجان، آب و هواشناسی همدید،پایان‌نامه کارشناسی ارشد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی. گروه جغرافیای طبیعی به راهنمای دکتر حسین عبدالله فرجی. دانشگاه زنجان.
- عزیزی، قاسم؛ محمود روشنی (۱۳۸۷). مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من‌کندال، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۴. صفحات ۲۸-۱۳.
- عزیزی، قاسم؛ مصطفی کریمی احمدآباد؛زهرا سبک‌خیز (۱۳۸۴). روند دمایی پند دهه اخیر ایران و افزایش Co2، نشریه علوم جغرافیایی. دانشگاه تربیت معلم. جلد ۴. شماره ۵. صفحات ۴۳-۲۵.
- علیجانی، بهلول؛ پیمان محمودی؛ محمد سلیقه، اله‌بخش ریگی‌چاهی (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های سالانه دما در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. سال ۲۶. شماره سوم. پاییز ۱۳۹۰. شماره پیاپی ۱۲۲-۱۰۲.
- علیجانی، بهلول؛ محمود هوشیار (۱۳۸۷). شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران، پژوهش‌های‌جغرافیای‌طبیعی.شماره ۶۵. صفحات ۱۶-۱.
- عیسی‌زاده، شاهرخ؛ محمدحسین معماریان؛ سید مجید میرکنی؛ احسان تقی‌زاده (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی یخبندان‌های استان آذربایجان شرقی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. تهران ۲۱-۲۳ اردیبهشت. صفحات ۲۴۱-۲۳۸.
- فتاحی، ابراهیم؛ تهمینه صالحی‌پاک (۱۳۸۸). تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان‌های زمستانه ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۳. صفحات ۱۳۶-۱۲۷ .

- کاویانی، محمدرضا؛ حسین عساکره (۱۳۸۰). بررسی و مدل‌سازی روند دما طیّ سده گذشته (موردی ایستگاه جاسک)، مجله علمی پژوهشی دانشکده علوم انسانی اصفهان.
- مجرد، فیروز؛ بهمن جوادی (۱۳۸۹). پهنه‌بندی ایران بر مبنای دماهای حداقل، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۱۰۶. صفحات ۸۳-۳۹.
- مسعودیان، ابوالفضل؛ محمد دارند (۱۳۹۰). شناسایی و پهنه‌بندی نواحی دمای فرین سرد ایران، مطالعات جغرافیای مناطق خشک. شماره ۲. صفحات ۵۴-۴۳.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۳). بررسی دمای ایران در نیم سده گذشته، مجله جغرافیا و توسعه. صفحات ۱۳۶-۸۹.
- مسعودیان، ابوالفضل؛ دارند، محمد،(۱۳۹۲)، ارتباط دو الگوی دریای شمال- خزر و شرق اروپا- شمال شرق ایران با بسامد رخداد سرماهای فرین دوره سرد سال ایران، مجله فیزیک زمین و فضا. شماره ۲. صفحات ۱۷۱-۱۸۶ .
- ناظم‌السادات، سیدمحمد جعفر (۱۳۸۸). مبانی هوا و اقلیم‌شناسی، مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول. تهران.
- ورشاویان، وحید؛ علی خلیلی؛ نوذر قهرمان و سهراب حجام (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران، فیزیک زمین و فضا. شماره ۳۷. صفحات ۱۷۹-۱۶۹.
- هژبرپور، قاسم؛ بهلول علیجا نی (۱۳۸۶). تحلیل همدید یخبندان‌های استان اردبیل، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۰. صفحات ۱۰۶-۸۹ .
- Cony, M; E, Hernandez; T, Del Teso (2008). Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe, Atmosphere, 21:389-401
- Hasselmann, K., Climate change (1993). Are We Seeing Global Warming, Science, 276: 914-915.
- Kadokura, S; Kato, H (2005). Seasonal /Regional variation of variability characteristic of daily maximum/minimum temperatures in Japan observed and reproduced by RegCM nested in NCAR-CSM, Journal of the Meteorological Society of Japan, 83: 69-78.
- Konrad, C.E (1996). Relationships between the intensity of cold-air outbreaks and the evolution of synoptic and planetary-scale features over North America, Monthly weather review, No.124,PP: 1067-1083.
- Marshal, J, MC Foreland (2002). Useful relationships between 500 mb features and major freeze event in the lower Rio Grande valley of Texas “Environmental studies service center. Texas University Collage.
- Müller, GV & Berri, GJ (2007).Atmospheric Circulation Associated with Persistent Generalized Frosts in Central-Southern South America, Mon. Wee. Rev., 135, 4, 1268-1289.
- North, G. R., and K.-Y. Kim, of Detection of Forced Climate Signals. Part II (1995). Climate, 6: 409-417.
- Prieto, L; R, Garcia; J, Diaz; E, Hernandez; T, Del Teso (2004). Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain, Global and Planetary Change, 44(1-4): 59-71.
- Van De Besselaar, E.J.M et al, 2009. Influence of circulation types on temperature extreme in Europe, Theoretical Applied Climatology 99.
- Waylen, P. R. (1988).Statistical analysis of freezing temperatures in Central and Southern Florida. J. Climate. 8(6):607-628.
- Takahashi, H (1990). Migration of the cold air mass related to rain belt formation of the Chinese continent and atmospheric circulation system during the baiu season (in Jepanese), geographic review of Japan, jeries A, 64 (10);
- Mechl, A, C.Tebaldi and D. Nychka (2004). Changes in frost days in simulations of twenty first Century climate, Climate Dynamics Journal, Springer Berlin/ Heidelberg, 495-511.
- Gudgel, Dan (2005.) The Unusual Frost Event of Nov. 29 to Dec. 4 2004, WFO San Joaquin Valley, National Weather Service, Hanford, CA, PP: 2.