

جغرافیا و توسعه شماره ۴۴ پاییز ۱۳۹۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۰۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۱۹

صفحات: ۱۶۴-۱۴۱

## تغییرات زمانی مکانی دوره‌های روند تواتر و تداوم امواج سرمایشی

### مطالعه موردی: شمال غرب ایران

دکتر مسعود جلالی<sup>۱</sup>، دکتر مهدی دوستگامیان<sup>۲</sup>، فرشته بیگدلی محمدی<sup>۳</sup>

#### 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  $۱۱۳۲۳ \times ۵۰۸۲$  (یاخته  $\times$  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. باین‌وجود 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 طی 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 قابل توجهی داشته است. بطوری‌که این افزایشی در شرق و جنوب شرق منطقه‌ی مورد مطالعه قابل محسوس تر بوده است. با این‌وجود در مجموع 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

۲- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی و استاد مدعو دانشگاه زنجان (نویسنده مسؤول)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، سینوپتیک، دانشگاه زنجان

۱- استادیار جغرافیا، دانشگاه زنجان

۲- دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی و استاد مدعو دانشگاه زنجان (نویسنده مسؤول)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، سینوپتیک، دانشگاه زنجان

m.jalali@znu.ac.ir  
s.mehdi@znu.ac.ir  
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 یک منطقه در مقایسه با رفتاری که در طول 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 (آدرخس و همکاران، ۱۳۸۹: ۱-۱۶). 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: ۱۹). 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: ۱۹). یکی از جلوه‌های دما، رخداد اندازه‌های فرین آن است. طبق تعریف فرهنگستان زبان و ادب پارسی، واژه فرین مترادف با (اکستریم) در انگلیسی است (شادمان، ۱۳۹۱: ۱). رخداد دماهای فرین از جمله رویدادهای

مهم دمایی محسوب می‌شود که موج‌های سرمای و روزهای سرد نمودی از این رویداد فرین است. مطالعات بسیاری در جهان به بررسی همیدی 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 رami توان نام برد. بسیاری از پژوهش‌ها با تکنیک‌های مختلف آماری انجام گرفته است برای مثال (Waylen, 1988: 607-628; Prieto et 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 99 روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای انجام (North, 1995: 409-411 پذیرفته است (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)؛ ورشایان 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 تقسیم‌بندی نمود: مطالعاتی به کمک آزمون روند ناپارامتریک من‌کنندال معناداری روند را در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد آزمون قرار داده‌اند (د/د، ۱۳۹۳: ۲۶۸-۲۵۳؛ عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۲۸-۱۳؛ جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۰۶-۲۹۶؛ علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۲۲-۱۰۲؛ مسعودیان، ۱۳۸۳: ۱۰۶-۸۹؛ ساری‌صراف، ۱۳۸۶: ۱۹۸-۱۸۳؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۳-۲۵). با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی نیز پژوهش‌های دوستکامیان و همکاران (۱۳۹۲: ۲) و تحلیل

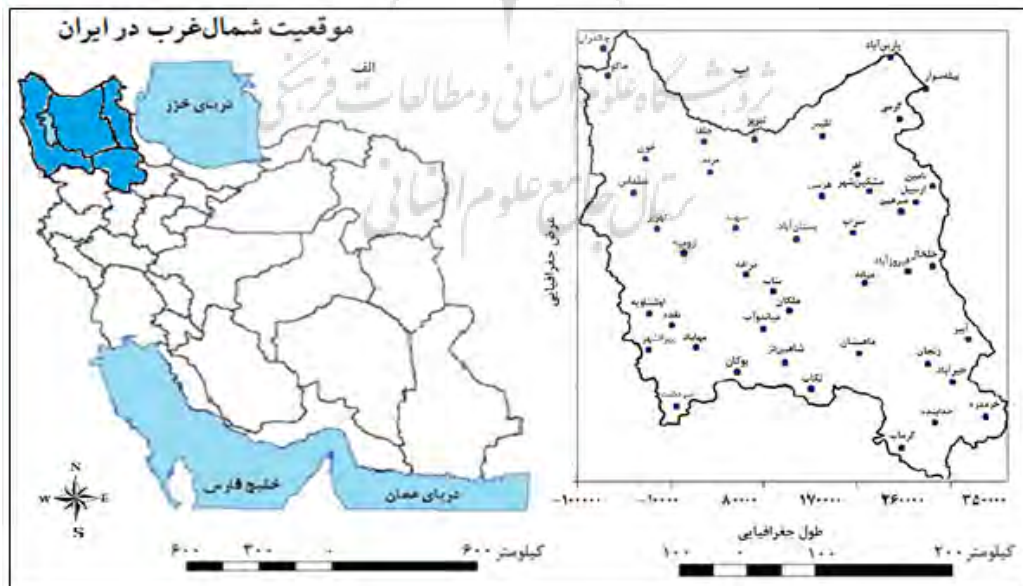
هواشناسی کشور استخراج و مرتب‌سازی شده است. سپس با استفاده از کنترل کیفی داده‌ها آزمون کفایت ایستگاه‌ها جهت انتخاب سال پایه (۱۹۸۰ میلادی معادل ۱۳۶۰ شمسی) انجام گردید. لازم به ذکر است که داده‌های مورد مطالعه تا ۲۰۱۰ میلادی (۱۳۹۰ شمسی) می‌باشد.

جهت میانبایی داده‌ها با استفاده از امکانات برنامه-نویسی به کمک روش کریجینگ میانبایی انجام و ماتریسی (آرایه‌ای) به ابعاد  $42 \times 365$  برای متغیرها در هر سال میانبایی انجام گرفت بطوری که در مجموع  $5082$  یاخته که دارای ابعاد  $4000 \times 4000$  متر شکل گرفت. بعد از انجام مراحل میان‌بایی در نهایت پایگاه داده‌ای به ابعاد  $11323 \times 5082$  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.

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: ۱۹-۱۳۶) بر اساس تحلیل فضایی که بر روی دمای ماهانه ایران انجام داد، نواحی دارای روند افزایشی و کاهش دمای ایران را مشخص نمود. با توجه به آنچه که گفته شده 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



شکل ۱: الف- موقعیت شمال غرب در ایران؛ ب- پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیکی 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 ام را معرفی نموده و از آن بهره‌جسته‌اند. 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 سرمایشی شمال غرب بر اساس نمره استاندارد 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 سرمایشی 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 سرمایشی برای پهنه‌ی شمال غرب ایران شناسایی شده است. سپس به منظور تحلیل روند از روش رگرسیون<sup>۱</sup> (وابازی) خطی استفاده شده است. تحلیل رگرسیون، تکنیکی آماری می‌باشد که برای تحلیل و به مدل درآوردن ارتباط بین متغیرهاست، به‌کار برده می‌شود.

مفاهیم اولیه مدل رگرسیونی وسیله‌ای جهت تشریح دو مفهوم اساسی تغییرپذیری متغیر وابسته (Y) در اثر تغییر متغیر 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 متغیر 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 سرمایشی طی زمان مورد تحلیل قرار می‌گیرد. به این معنی که امواج سرمایشی به‌عنوان متغیر وابسته (Y) و زمان یا سال‌ها به‌عنوان متغیر مستقل (X) در نظر گرفته شده است. معنی‌داری این تحلیل با استفاده از آزمون t استودنت واریسی شد. در این روش خط طوری روی نقاط برازش می‌یابد که مجموع مربعات انحرافات به حداقل برسد. معادله‌ی رگرسیون ساده امواج سرمایشی (p) و زمان (t) و مربعات خطاها طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$P=a+bt+e_t \quad \text{رابطه ۱:}$$

در رابطه‌ی بالا t زمان، a عرض از مبدأ، b شیب خط روند و  $e_t$  خطای تصادفی مدل رگرسیونی می‌باشد. شایان ذکر است که کلیه محاسبات آماری از جمله، مشخصات توصیفی، تحلیل روند با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در محیط متلب انجام گرفته 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 مذکور ۸/۶- 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

چوله به چپ را نشان می‌دهد تأییدی دیگر بر این ادعاست. به عبارتی دیگر 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.

روزانه برخوردار بوده است، تقریباً نامتقارن می‌باشد. پراش و انحراف معیار مکانی به عنوان معیاری از تنوع امواج سرمایه‌ی 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 سرمایه‌ی نسبت به میانگین است. منفی بودن چولگی میزان انحراف داده‌های تداوم‌های مختلف که

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

فراسنج	کل دوره	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	-۱۰/۴	
	میانه	-۷/۸	-۱۱/۳۱	-۹/۲	-۹/۵	-۹/۸	-۱۰/۰	
	مد	-۶/۰	-۱۸/۵۶	-۸/۰	-۸/۰	-۸/۰	-۷/۰	
نمایه‌های پراکندگی	پراش	۲۴/۰	۲۶/۷۵	۲۶/۵	۲۷/۱	۲۷/۵	۲۷/۴	
	انحراف معیار	۴/۹	۵/۱۷	۵/۲	۵/۲	۵/۲	۵/۲	
	ضریب تغییرات	۵۷/۱	۴۴/۰۳	۵۲/۲	۵۱/۶	۵۱/۱	۵۰/۴	
نمایه‌های شکل توزیع	چولگی	-۰/۷	-۰/۴۸	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	-۰/۵	
	کشیدگی	۳/۸	۲/۸۱	۳/۲	۳/۱	۳/۰	۳/۰	
آستانه‌ها	بیشینه	۱۲/۰	۱/۸۴	۹/۰	۶/۶	۶/۶	۶/۶	
	کمینه	-۳۱/۵	-۳۲/۴۴	-۳۱/۵	-۳۱/۵	-۳۱/۵	-۳۱/۴	
	چندک	Q1	-۱۱/۴	-۱۵/۱۶	-۱۳/۰	-۱۳/۴	-۱۳/۸	-۱۳/۸
		Q2	-۷/۸	-۱۱/۳۱	-۹/۲	-۹/۵	-۹/۸	-۱۰/۰
		Q3	-۲/۰	-۴/۵۹	-۲/۸	-۲/۸	-۲/۸	-۳/۰

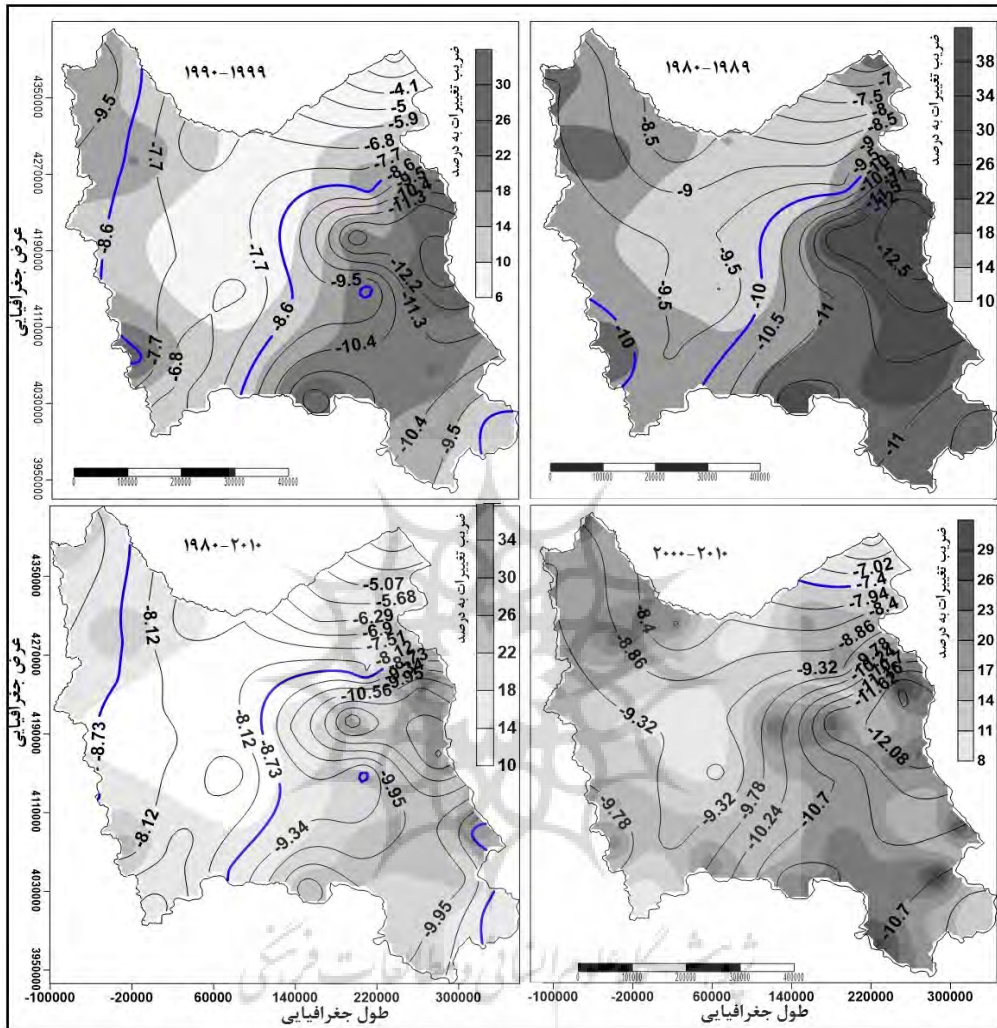
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

طیف رنگی در پس‌زمینه‌ی نقشه‌ها و میانگین به صورت منحنی بر روی آن نمایش داده شده است تا زمینه‌ساز تصویری روشن از امواج سرمایه‌ی 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

به منظور دستیابی به مشخصات توصیفی این مطالعه به ترسیم نقشه‌هایی ترکیبی از میانگین و ضریب تغییرات پرداخته شده است تا توصیفی از چگونگی امواج سرمایه‌ی در بعد مکان برای تداوم‌های مختلف حاصل شود. همان‌طوری که مشاهده می‌شود در شکل ۲ تا ۳ توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات امواج سرمایه‌ی شمال غرب را برای تداوم‌های مختلف را نشان می‌دهد. ضریب تغییرات با

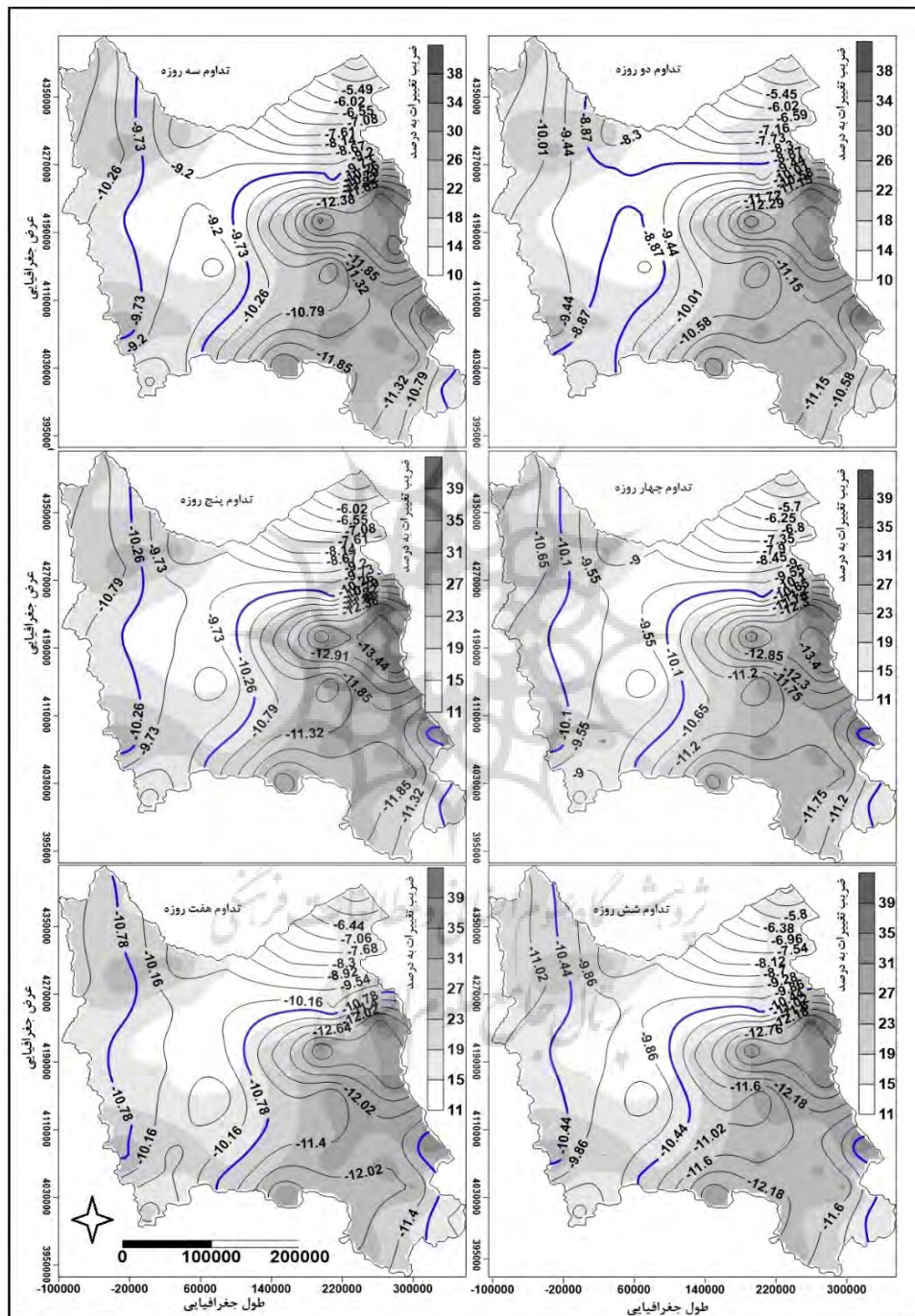
میانگین دمای موج‌های سرمایشی در مرکز و جنوب شرق کشور مشاهده شده است. با این تفاسیر تغییرات میانگین دما از عوامل مهم اقلیمی هر منطقه می‌باشند بطوری که مشخصه‌های دیگر اقلیمی را هم تحت تأثیر قرار می‌دهند. درحالی که اکثر مناطق شمال غرب کشور با روند افزایشی دما مواجه بوده و این گرمایش از غرب به شرق بارزتر بوده است. با این وجود شدت موج‌های سرمایشی در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۰ ضمن اینکه از شدت بیشتری برخوردار بوده است ولی نوسانات کمتری را نسبت به دوره‌های دیگر تجربه کرده است. بطوری که میانگین موج‌های سرمای تنها به بخش‌های شمال شرقی منطقه‌ی مورد مطالعه محدود شده است.

تغییرات هستند. در این اشکال خطوط آبی بیانگر میانگین مکانی می‌باشد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود 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 حالی که ضریب تغییرات بالا معرف تمرکز در یک محدوده زمانی کوتاه است (صفری، ۱۳۹۳: ۸۱). با این وجود توزیع مکانی ضریب تغییرات بین ۳۰-۳۴ درصد در قسمت شمال و شمال شرق منطقه‌ی مورد مطالعه بیشتر مشاهده شده است. در حالی که پایین‌ترین



شکل ۲: توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات موج‌های سرمای شمال غرب طی دوره‌های مختلف

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۳: توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات تداوم موج‌های سرمایه‌ی با گستره ۵۰ درصد پوشش (۲۰۱۰-۱۹۸۰)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



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 به صورت ادغام این دو سامانه است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۰: ۵۴-۴۳). بطور کلی 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 داده شده 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 شکل ۳ که مشاهده می‌شود امواج سرمایشی برای کل دوره (۱۹۸۰-۲۰۱۰) در ۶۵/۷ درصد از منطقه مورد مطالعه 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

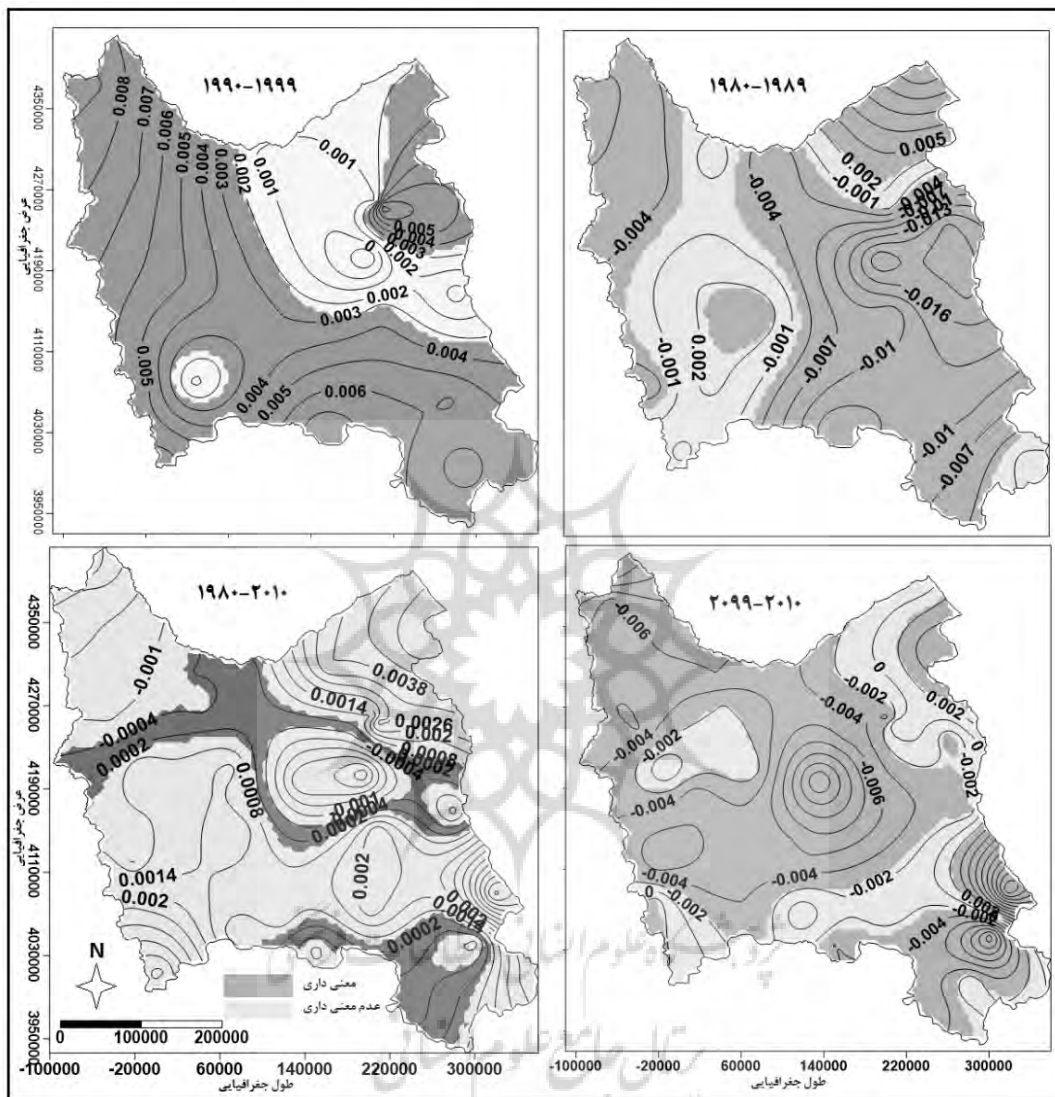
همان‌طوری که مشاهده می‌شود میانگین امواج سرمایشی منطقه‌ی شمال غرب از دو روزه به هفت روزه افزایش چشمگیری داشته است. با این وجود ضریب تغییرات در عین حالی که ضریب تغییرات نامحسوسی را تجربه کرده‌اند ولی به سمت تداوم‌های بالاتر از توزیع پراکندگی ضریب تغییرات کاسته شده است در حالی که تنوع مکانی ضریب تغییرات در تداوم‌های دو تا چهار روزه بیشتر می‌باشد. با این وجود بعضی از محققین چهار الگوی پرفشار غربی، کم‌فشار اورال، الگوی مداری، و پرفشار آارات در موج‌های سرمایشی 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 یک پرفشار در سطح زمین رخ می‌دهند (علیچانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱). با این وجود با افزایش تداوم‌های موج‌های سرمایشی به‌طور متوسط تقریباً ۱ درجه بر موج‌های سرمایشی افزوده شده است. در حالی که در موج‌های سرمایشی با تداوم دو روزه و بیشتر با توجه به ثبات و گسترش زبانه‌های پرفشار به سمت عرض‌های پایین‌تر میانگین موج‌های سرمایشی به دلیل استقرار این زبانه افزایش پیدامی‌کنند (Mehrl 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 حادث شده است. قلمرو جغرافیایی این ناحیه نشان می‌دهد که سامانه‌هایی که موجب رخداد سرماهای فرین این ناحیه گردند توسط

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 ۳ روزه 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 طی 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 مورد مطالعه به وجود می‌آید (علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷: ۱۶-۱).

۷۹ درصد از مساحت منطقه که بیشتر نیمه‌های شمالی منطقه مورد مطالعه را در برمی‌گیرد 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 طی 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 طی 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 شمالی غربی و جنوبی منطقه بیشترین شیب تغییرات رخداد سرما را نشان می‌دهند. این وضعیت بیانگر این است که نواحی شمالی و جنوبی منطقه تحت تأثیر 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. در حالی که بیشترین یخبندان‌های نیمه شمالی منطقه‌ی مورد مطالعه از نوع انتقالی هستند. یخبندان‌های شدید و فراگیر استان ناشی از استقرار یک پرفشار در سطح

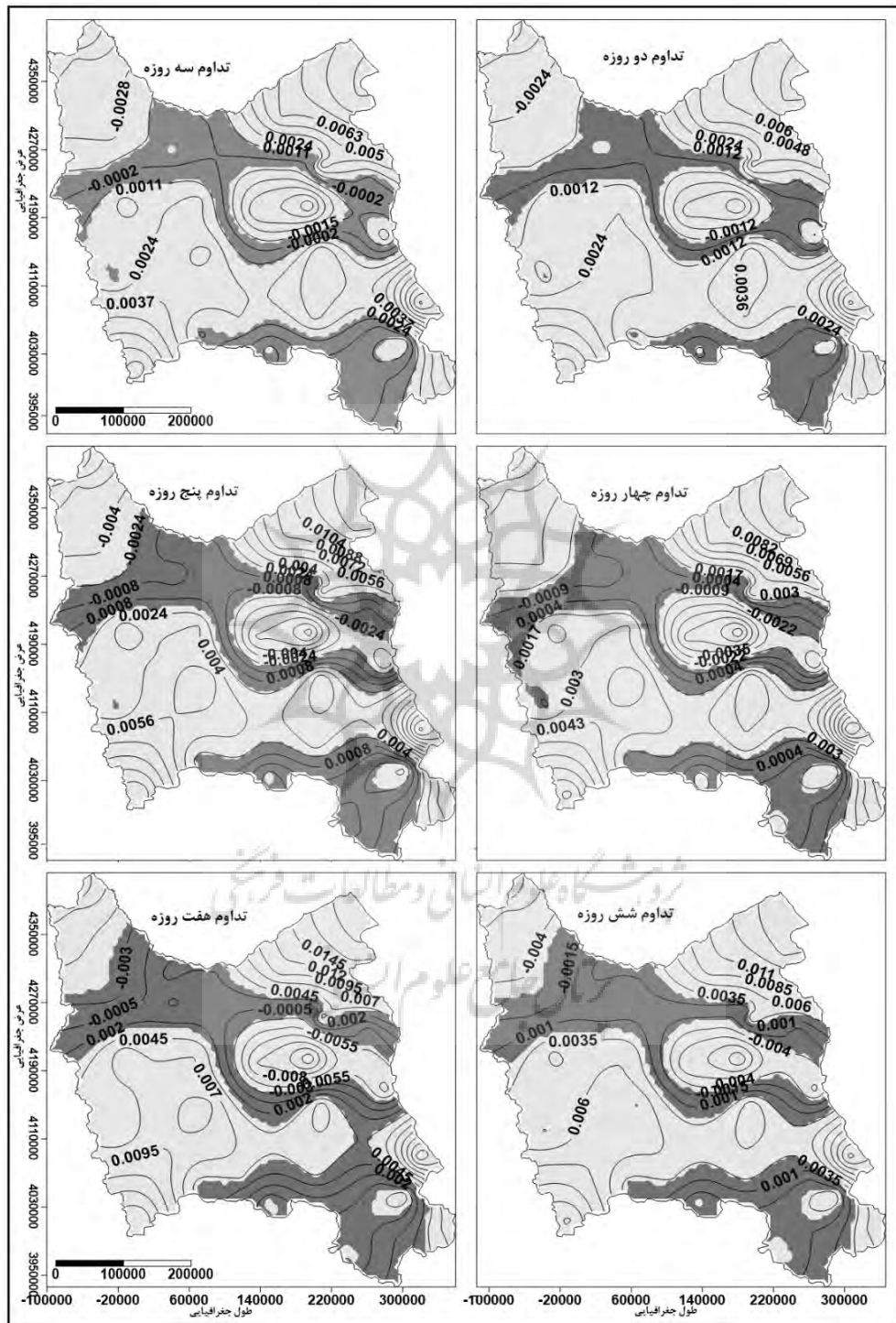
وقوع یخبندان‌های مورد بررسی تبریز ناشی از ناوهای است که از کم‌فشار قدرتمند شمال دریای خزر از روزهای قبل از یخبندان شکل می‌گیرد و کم‌کم عمیق شده، سبب ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به منطقه می‌گردد (جهان‌بخش و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۷۲۷۲-۱۷۲۴۸). در شکل ۶ توزیع مکانی روند و سطح معنی‌داری را برای دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰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

زمین در بیشتر وقت‌ها از آنتی سیکلون مهاجر غربی است. اما در روزهای سرد شدید زبانه‌ی پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است. ناوه سطح ۵۰۰ 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: ۱۰۶-۱۹). 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 واچرخنده‌های مهاجر غربی است. اما در روزهای شدیداً سرد، زبانه پرفشار سیبری عامل اصلی یخبندان است. در یخبندان‌های شدید، توأم با بسط و توسعه‌ی ناوه‌ی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال هوای سرد عرض‌های بالاتر به استان سرازیر می‌شود (عیسی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۴۱-۲۳۸).



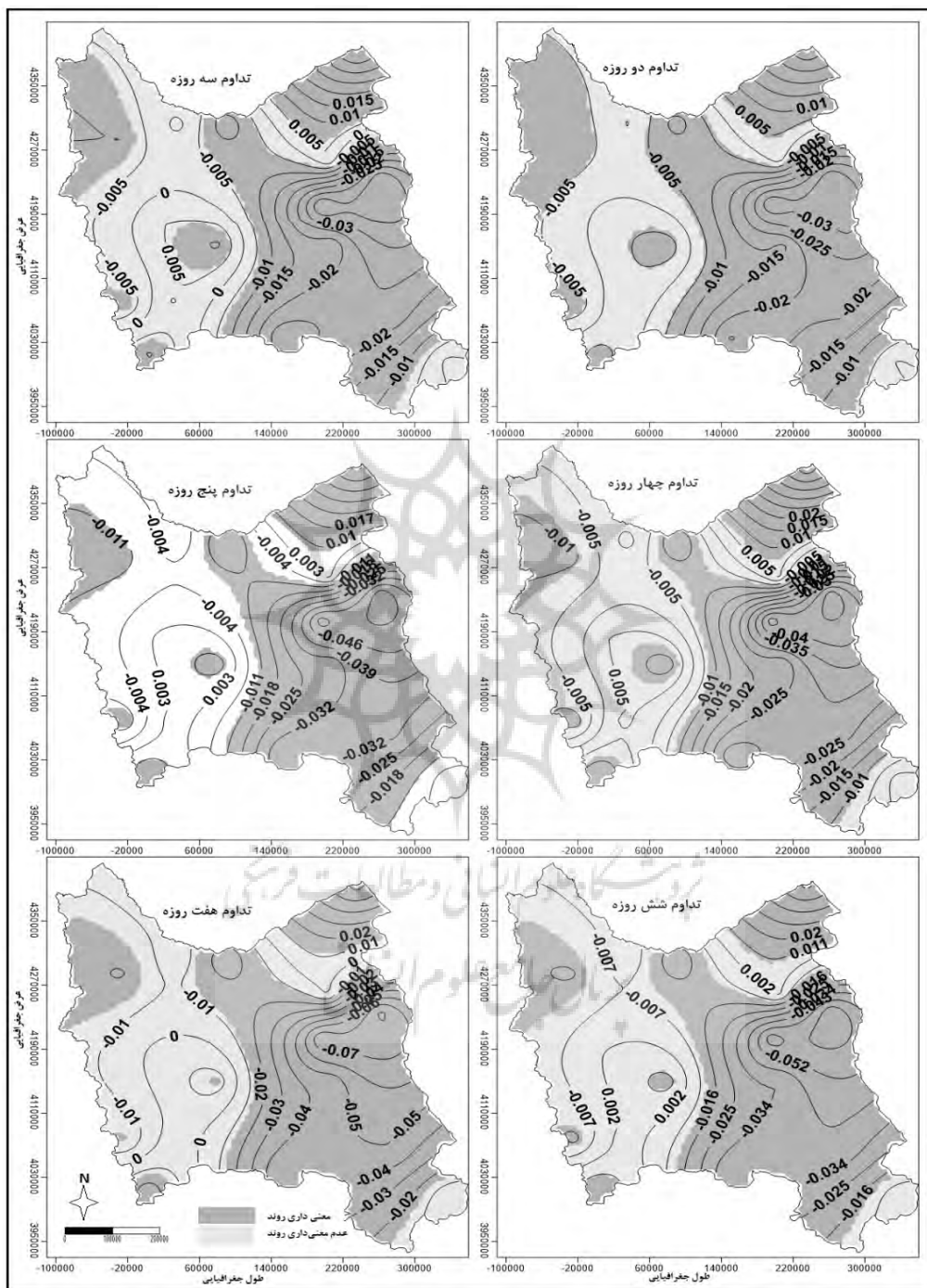
شکل ۴: توزیع فضایی روند موج‌های سرمایه‌ی طی دوره‌های مختلف با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان ۱۳۹۵

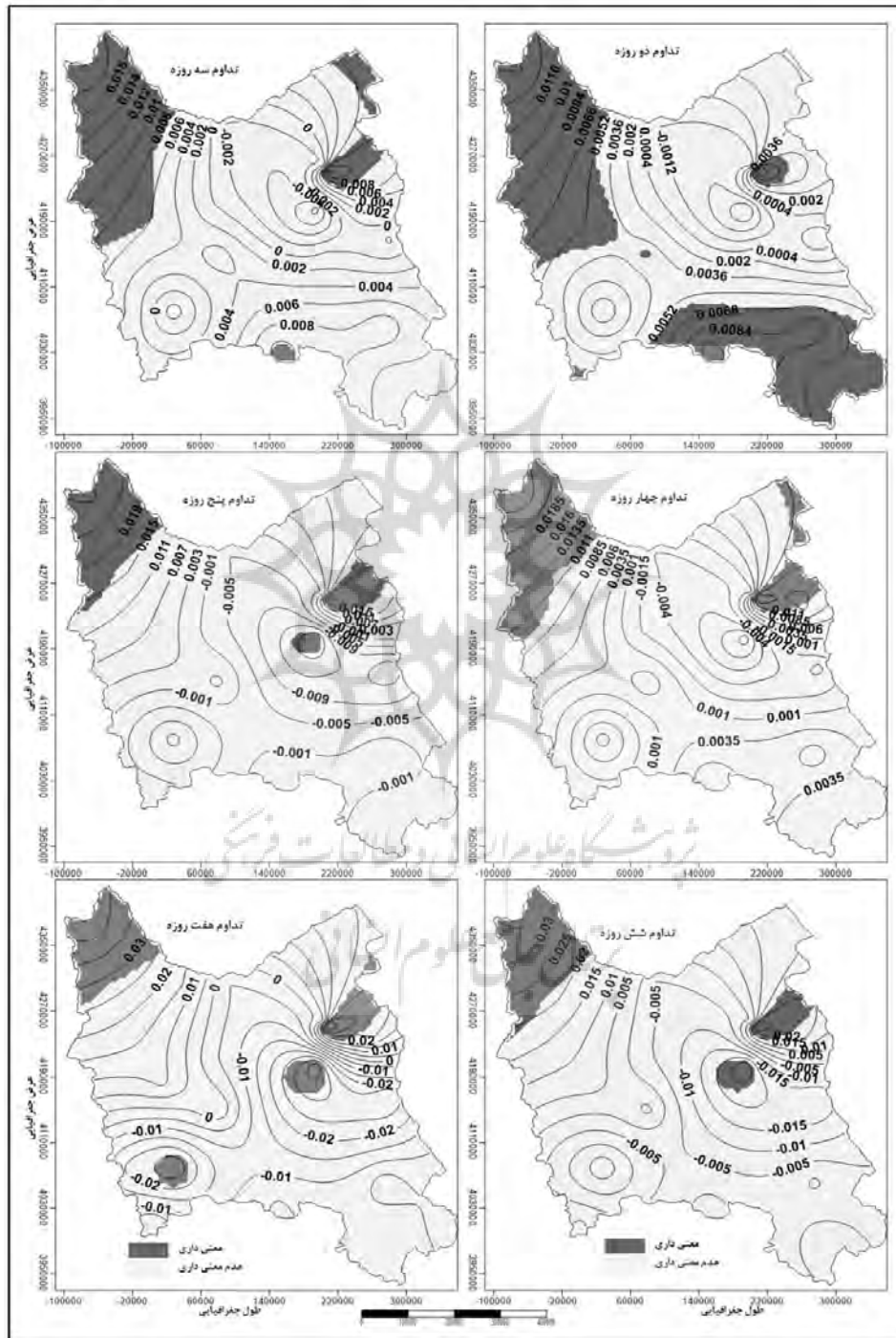


شکل ۵: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایه‌ی طی دوره‌ی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان ۱۳۹۵

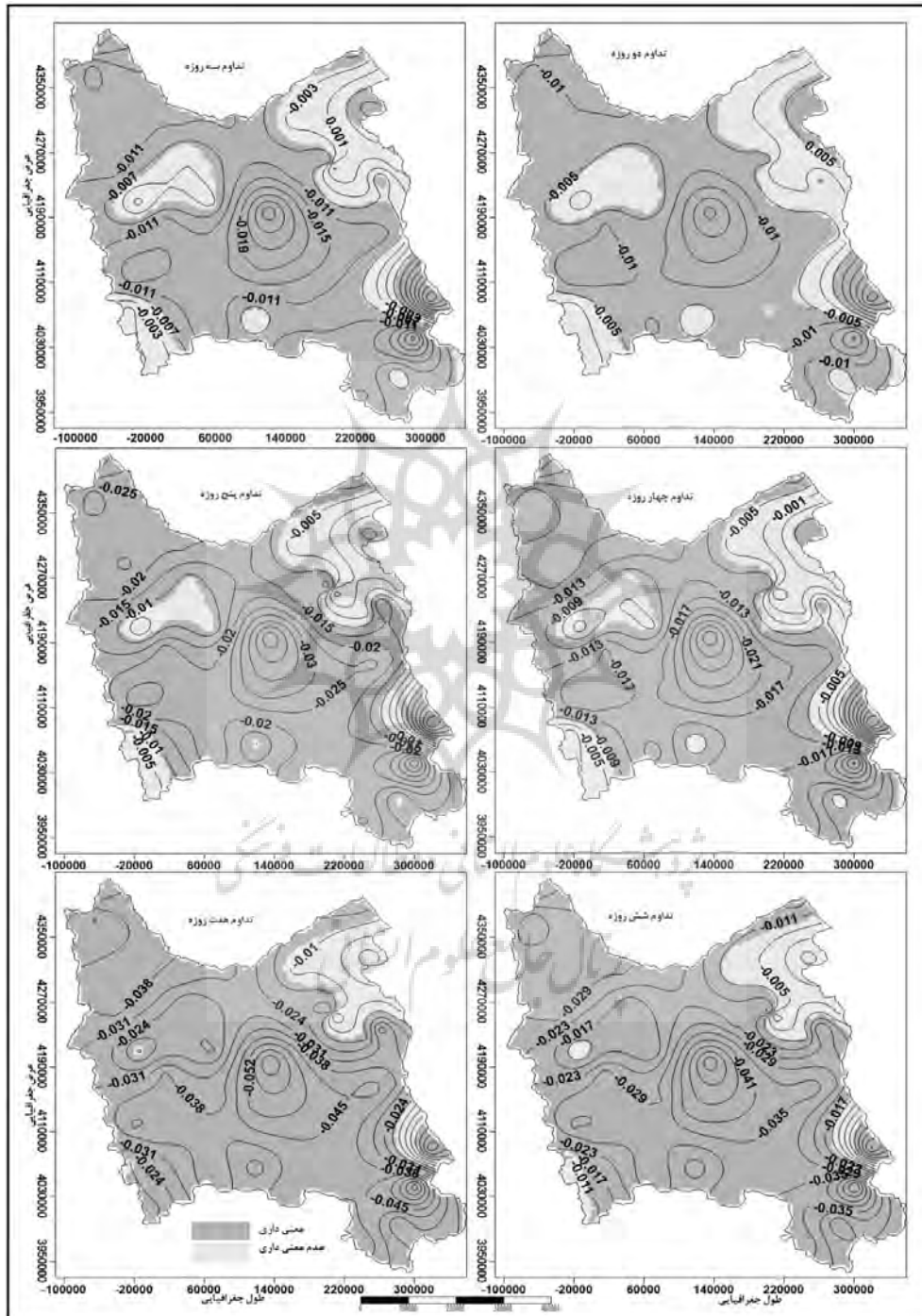


شکل ۶: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایه‌بشی طی دوره‌ی ۱۹۸۰-۱۹۸۹ با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۷: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرما بشی طی دوره‌ی ۱۹۹۹-۱۹۹۰ با گستره‌ی ۵۰ درصد پوشش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵



شکل ۸: توزیع فضایی روند تداوم موج‌های سرمایه‌ی طی دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۰۰ با 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	درصد تحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصد تحت پوشش	دوره اول	نوع روند	درصد تحت پوشش	سطح معنی‌داری	درصد تحت پوشش
تداوم کل دوره	روند کاهشی	۳۴/۲	معنی‌داری	۲۱/۰	تداوم کل دوره	روند کاهشی	۷۹/۰	معنی‌داری	۶۱/۳
		۶۵/۷	عدم معنی‌داری	۱۳/۲			عدم معنی‌داری	۱۷/۶	
	روند افزایشی	۶۵/۷	معنی‌داری	۵۵/۶		روند	۲۰/۹	معنی‌داری	۹/۰۱
		۱۰/۰	عدم معنی‌داری	۱۰/۰			افزایشی	۱۸/۹	عدم معنی‌داری
تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۳۳/۳	معنی‌داری	۱۷/۱	تداوم ۲ روزه	روند کاهشی	۷۸/۷	معنی‌داری	۵۷/۰
		۶۶/۶	عدم معنی‌داری	۱۶/۱			عدم معنی‌داری	۲۱/۷	
	روند افزایشی	۶۶/۶	معنی‌داری	۵۴/۰		روند	۲۱/۲	معنی‌داری	۸/۲۸
		۱۲/۶	عدم معنی‌داری	۱۲/۶			افزایشی	۱۲/۹	عدم معنی‌داری
تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۶۷/۳	معنی‌داری	۱۷/۸	تداوم ۳ روزه	روند کاهشی	۷۶/۱	معنی‌داری	۵۰/۲
		۶۴/۳	عدم معنی‌داری	۱۷/۷			عدم معنی‌داری	۲۵/۹	
	روند افزایشی	۶۴/۳	معنی‌داری	۵۰/۴		روند	۲۳/۸	معنی‌داری	۹/۳۲
		۱۳/۸	عدم معنی‌داری	۱۳/۸			افزایشی	۱۴/۴	عدم معنی‌داری
تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۳۸/۲	معنی‌داری	۱۹/۰	تداوم ۴ روزه	روند کاهشی	۷۵/۶	معنی‌داری	۴۵/۳
		۶۱/۷	عدم معنی‌داری	۱۹/۲			عدم معنی‌داری	۳۰/۲	
	روند افزایشی	۶۱/۷	معنی‌داری	۴۶/۶		روند	۲۴/۳	معنی‌داری	۸/۹۳
		۱۵/۰	عدم معنی‌داری	۱۵/۰			افزایشی	۱۵/۴	عدم معنی‌داری
تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۳۶/۲	معنی‌داری	۱۶/۳	تداوم ۵ روزه	روند کاهشی	۷۸/۰	معنی‌داری	۴۶/۸
		۶۳/۷	عدم معنی‌داری	۱۹/۹			عدم معنی‌داری	۳۱/۱	
	روند افزایشی	۶۳/۷	معنی‌داری	۴۷/۹		روند	۲۱/۹	معنی‌داری	۷/۴۷
		۱۵/۷	عدم معنی‌داری	۱۵/۷			افزایشی	۱۴/۴	عدم معنی‌داری
تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۳۴/۳	معنی‌داری	۱۵/۲	تداوم ۶ روزه	روند کاهشی	۸۰/۱	معنی‌داری	۴۸/۹
		۶۵/۶	عدم معنی‌داری	۱۹/۱			عدم معنی‌داری	۳۱/۱	
	روند افزایشی	۶۵/۶	معنی‌داری	۴۷/۲		روند	۱۹/۸	معنی‌داری	۶/۴۵
		۱۸/۳	عدم معنی‌داری	۱۸/۳			افزایشی	۱۳/۴	عدم معنی‌داری
تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۳۴/۶	معنی‌داری	۱۵/۱	تداوم ۷ روزه	روند کاهشی	۸۱/۳	معنی‌داری	۵۱/۰
		۶۵/۳	عدم معنی‌داری	۱۹/۵			عدم معنی‌داری	۳۰/۲	
	روند افزایشی	۶۵/۳	معنی‌داری	۴۴/۴		روند	۱۸/۶	معنی‌داری	۵/۵۸
		۲۰/۸	عدم معنی‌داری	۲۰/۸			افزایشی	۱۳/۰	عدم معنی‌داری

ادامه جدول ۲: مساحت تحت پوشش نوع روند و سطح معنی داری امواج سرمایه‌یابی شمال غرب

دوره دوم	نوع روند	تحت پوشش درصد	معنی داری سطح	تحت پوشش درصد	نوع روند	تحت پوشش درصد	معنی داری سطح	دوره سوم
تناوم کل دوره	روند کاهشی	۱/۴۵	معنی داری	۰	تناوم کل دوره	۱/۴۵	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱/۴۵	
	روند افزایشی	۹۸/۵	معنی داری	۷۳/۱		۲۵/۳	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۲ روزه	روند کاهشی	۱۶/۵	معنی داری	۰	تناوم ۲ روزه	۱۶/۵	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱۶/۵	
	روند افزایشی	۸۳/۴	معنی داری	۳۶/۵		۴۶/۹	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۳ روزه	روند کاهشی	۱۹/۵	معنی داری	۰	تناوم ۳ روزه	۱۹/۵	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱۹/۵	
	روند افزایشی	۸۰/۴	معنی داری	۱۹/۰		۶۱/۴	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۴ روزه	روند کاهشی	۳۰/۹	معنی داری	۰	تناوم ۴ روزه	۳۰/۹	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۳۰/۹	
	روند افزایشی	۶۹/۰	معنی داری	۱۳/۵		۵۵/۵	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۵ روزه	روند کاهشی	۵۷/۶	معنی داری	۰/۴۳	تناوم ۵ روزه	۵۷/۶	معنی داری	۰/۴۳
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۷/۶	
	روند افزایشی	۴۲/۳	معنی داری	۹/۸۳		۳۲/۵	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۶ روزه	روند کاهشی	۵۹/۰	معنی داری	۰/۸۸	تناوم ۶ روزه	۵۹/۰	معنی داری	۰/۸۸
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۸/۱	
	روند افزایشی	۴۰/۹	معنی داری	۹/۵۸		۳۱/۳	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم ۷ روزه	روند کاهشی	۶۰/۹	معنی داری	۱/۷۹	تناوم ۷ روزه	۶۰/۹	معنی داری	۱/۷۹
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۹/۱	
	روند افزایشی	۳۹/۰	معنی داری	۸/۳۲		۳۰/۷	عدم معنی داری	
	افزایشی		عدم معنی داری					
تناوم کل دوره	روند کاهشی	۸۵/۷	معنی داری	۰	تناوم کل دوره	۸۵/۷	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱/۴۵	
تناوم ۲ روزه	روند کاهشی	۱۴/۲	معنی داری	۰	تناوم ۲ روزه	۱۴/۲	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱/۴۵	
تناوم ۳ روزه	روند کاهشی	۹۰/۰	معنی داری	۰	تناوم ۳ روزه	۹۰/۰	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۱۹/۵	
تناوم ۴ روزه	روند کاهشی	۹۲/۰	معنی داری	۰	تناوم ۴ روزه	۹۲/۰	معنی داری	۰
	کاهشی		عدم معنی داری				۳۰/۹	
تناوم ۵ روزه	روند کاهشی	۹۳/۸	معنی داری	۰/۴۳	تناوم ۵ روزه	۹۳/۸	معنی داری	۰/۴۳
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۷/۶	
تناوم ۶ روزه	روند کاهشی	۹۶/۷	معنی داری	۰/۸۸	تناوم ۶ روزه	۹۶/۷	معنی داری	۰/۸۸
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۸/۱	
تناوم ۷ روزه	روند کاهشی	۹۷/۷	معنی داری	۱/۷۹	تناوم ۷ روزه	۹۷/۷	معنی داری	۱/۷۹
	کاهشی		عدم معنی داری				۵۹/۱	

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۳: درصد مساحت تحت پوشش طبقات روند امواج سرمایه‌یابی شمال غرب

مساحت به درصد	طبقات	دوره اول	مساحت به درصد	طبقات	کل دوره
۱۱/۵	-۰/۰۲۱۱۸ تا -۰/۰۱۲۹۸	تداوم کل دوره	۶/۷	-۰/۰۰۳۷۳ تا -۰/۰۰۱۶۰	تداوم کل دوره
۳۵/۳	-۰/۰۱۲۹۸ تا -۰/۰۰۴۷۷		۳۷/۵	-۰/۰۰۱۶۰ تا -۰/۰۰۰۵۳	
۴۶/۳	-۰/۰۰۴۷۷ تا -۰/۰۰۳۴۲		۴۱/۹	۰/۰۰۰۵۳ تا -۰/۰۰۲۶۶	
۵/۱	۰/۰۰۳۴۲ تا -۰/۰۱۱۶۲		۱۰/۸	۰/۰۰۲۶۶ تا -۰/۰۰۴۷۹	
۱/۸	-۰/۰۱۱۶۲ تا -۰/۰۱۹۸۳		۳/۱	۰/۰۰۴۷۹ تا -۰/۰۰۶۹۳	
۱۵/۰	-۰/۰۳۳۸۵ تا -۰/۰۲۰۵۰	تداوم ۲ روزه	۷/۱	-۰/۰۰۵۸۵ تا -۰/۰۰۲۴۷	تداوم ۲ روزه
۲۳/۶	-۰/۰۲۰۵۰ تا -۰/۰۰۷۱۵		۶۳/۳	-۰/۰۰۲۴۷ تا -۰/۰۰۰۹۰	
۴۵/۲	-۰/۰۰۷۱۵ تا -۰/۰۰۶۱۹		۴۳/۴	۰/۰۰۰۹۰ تا -۰/۰۰۴۲۸	
۴/۵	۰/۰۰۶۱۹ تا -۰/۰۱۹۵۴		۱۰/۳	۰/۰۰۴۲۸ تا -۰/۰۰۷۶۷	
۱/۸	-۰/۰۱۹۵۴ تا -۰/۰۳۲۸۹		۲/۹	۰/۰۰۷۶۷ تا -۰/۰۱۱۰۶	
۱۵/۳	-۰/۰۳۹۳۳ تا -۰/۰۲۳۴۸	تداوم ۳ روزه	۶/۳	-۰/۰۰۷۵۵ تا -۰/۰۰۳۴۴	تداوم ۳ روزه
۳۱/۹	-۰/۰۲۳۴۸ تا -۰/۰۰۷۶۳		۳۵/۵	-۰/۰۰۳۴۴ تا -۰/۰۰۰۶۷	
۴۶/۰	-۰/۰۰۷۶۳ تا -۰/۰۰۸۲۱		۴۴/۶	۰/۰۰۰۶۷ تا -۰/۰۰۴۷۸	
۵/۰	۰/۰۰۸۲۱ تا -۰/۰۲۴۰۶		۱۰/۰	۰/۰۰۴۷۸ تا -۰/۰۰۸۸۹	
۱/۸	-۰/۰۲۴۰۶ تا -۰/۰۳۹۹۱		۳/۶	۰/۰۰۸۸۹ تا -۰/۰۱۳۰۱	
۱۳/۶	-۰/۰۴۷۲۴ تا -۰/۰۲۸۴۶	تداوم ۴ روزه	۴/۹	-۰/۰۰۹۴۹ تا -۰/۰۰۴۶۷	تداوم ۴ روزه
۲۸/۳	-۰/۰۲۸۴۶ تا -۰/۰۰۹۶۷		۳۴/۷	-۰/۰۰۴۶۷ تا -۰/۰۰۰۱۵	
۵۰/۳	-۰/۰۰۹۶۷ تا -۰/۰۰۹۱۰		۴۵/۷	۰/۰۰۰۱۵ تا -۰/۰۰۴۹۸	
۵/۹	۰/۰۰۹۱۰ تا -۰/۰۲۷۸۹		۱۰/۶	۰/۰۰۴۹۸ تا -۰/۰۰۹۸۱	
۱/۸	-۰/۰۲۷۸۹ تا -۰/۰۴۶۶۹		۴/۵	۰/۰۰۹۸۱ تا -۰/۰۱۴۶۴	
۱۱/۷	-۰/۰۵۷۱۴ تا -۰/۰۳۵۲۷	تداوم ۵ روزه	۴/۶	-۰/۰۱۱۰۹ تا -۰/۰۰۵۴۴	تداوم ۵ روزه
۲۵/۶	-۰/۰۳۵۲۷ تا -۰/۰۱۳۴۱		۶/۲۳	-۰/۰۰۵۴۴ تا -۰/۰۰۰۶۰	
۵۴/۳	-۰/۰۱۳۴۱ تا -۰/۰۰۸۴۵		۴۵/۳	۰/۰۰۰۶۰ تا -۰/۰۰۵۸۵	
۶/۵	۰/۰۰۸۴۵ تا -۰/۰۳۰۳۱		۱۱/۶	۰/۰۰۵۸۵ تا -۰/۰۱۱۵۰	
۱/۸	-۰/۰۳۰۳۱ تا -۰/۰۵۲۱۹		۴/۹	۰/۰۱۱۵۰ تا -۰/۰۱۷۱۶	
۱۱/۱	-۰/۰۶۷۱۴ تا -۰/۰۴۲۴۲	تداوم ۶ روزه	۳/۵	-۰/۰۱۳۴۲ تا -۰/۰۶۹۱۰	تداوم ۶ روزه
۲۴/۸	-۰/۰۴۲۴۲ تا -۰/۰۱۷۷۰		۲۸/۳	-۰/۰۰۶۹۱ تا -۰/۰۰۰۴۰	
۵۴/۴	-۰/۰۱۷۷۰ تا -۰/۰۰۷۰۲		۴۵/۱	-۰/۰۰۰۴۰ تا -۰/۰۰۶۱۰	
۷/۸	۰/۰۰۷۰۲ تا -۰/۰۳۱۷۴		۱۷/۳	۰/۰۰۶۱۰ تا -۰/۰۱۲۶	
۱/۹	-۰/۰۳۱۷۴ تا -۰/۰۵۶۴۸		۵/۹	۰/۰۱۲۶ تا -۰/۰۱۹۱۴	
۱۰/۶	-۰/۰۸۰۶۱ تا -۰/۰۵۲۱۹	تداوم ۷ روزه	۲/۶	۰/۰۱۹۱۴ تا -۰/۰۰۹۵۲	تداوم ۷ روزه
۲۴/۱	۰/۰۵۲۱۹ تا -۰/۰۲۳۷۷		۲۳/۸	-۰/۰۰۹۵۲ تا -۰/۰۰۱۸۸	
۵۳/۲	۰/۰۲۳۷۷ تا -۰/۰۰۴۶۵		۴۰/۳	-۰/۰۰۱۸۸ تا -۰/۰۰۵۷۵	
۱۰/۲	۰/۰۰۴۶۵ تا -۰/۰۳۳۰۷		۲۶/۳	-۰/۰۰۵۷۵ تا -۰/۰۱۳۳۹	
۱/۹	۰/۰۳۳۰۷ تا -۰/۰۶۱۵		۷/۱	۰/۰۱۳۳۹ تا -۰/۰۲۱۰۴	

ادامه جدول ۳: درصد مساحت تحت پوشش طبقات روند امواج سرمایشی شمال غرب

دوره دوم	طبقات	مساحت به درصد	دوره سوم	طبقات	مساحت به درصد
تناوم کل دوره	۰/۰۰۰۳۵ تا ۰/۰۰۱۸۸	۳/۲	تناوم کل دوره	۰/۰۰۰۷۸ تا ۰/۰۰۱۵۸۷	۵/۸
	۰/۰۰۲۵۸ تا ۰/۰۰۰۳۵	۲۴/۰		۰/۰۰۰۷۸ تا ۰/۰۰۰۸۳۲	۷۵/۲
	۰/۰۰۴۸۱ تا ۰/۰۰۲۵۸	۳۰/۸		۰/۰۰۰۶۷۵ تا ۰/۰۰۰۷۸	۱۷/۰
	۰/۰۰۷۰۴ تا ۰/۰۰۴۸۱	۳۲/۸		۰/۰۰۱۴۳۰ تا ۰/۰۰۰۶۷۵	۱/۲
	۰/۰۰۹۲۷ تا ۰/۰۰۷۰۴	۹/۲		۰/۰۰۲۱۸۵ تا ۰/۰۰۱۴۳۰	۰/۷
تناوم ۲ روزه	۰/۰۰۱۷۷ تا ۰/۰۰۵۹۴	۶/۶	تناوم ۲ روزه	۰/۰۰۱۴۹۷ تا ۰/۰۰۲۶۸۲	۶/۰
	۰/۰۰۲۳۸ تا ۰/۰۰۱۷۷	۲۵/۴		۰/۰۰۰۳۱۲ تا ۰/۰۰۱۴۹۷	۶۹/۶
	۰/۰۰۶۵۵ تا ۰/۰۰۲۳۸	۴۱/۶		۰/۰۰۰۸۷۲ تا ۰/۰۰۰۳۱۲	۲۲/۱
	۰/۰۱۰۷۱ تا ۰/۰۰۶۵۵	۲۱/۳		۰/۰۰۲۰۵۷ تا ۰/۰۰۰۸۷۲	۱/۶
	۰/۰۱۴۸۹ تا ۰/۰۱۰۷۱	۵/۱		۰/۰۰۳۲۴۳ تا ۰/۰۰۲۰۵۷	۰/۷
تناوم ۳ روزه	۰/۰۰۲۷۶ تا ۰/۰۰۸۳۷	۷/۱	تناوم ۳ روزه	۰/۰۰۱۹۵۶ تا ۰/۰۰۳۳۴۵	۵/۷
	۰/۰۰۲۸۳ تا ۰/۰۰۲۷۶	۲۹/۵		۰/۰۰۰۵۶۶ تا ۰/۰۰۱۹۵۶	۶۸/۲
	۰/۰۰۸۴۴ تا ۰/۰۰۲۸۳	۴۶/۴		۰/۰۰۰۸۲۲ تا ۰/۰۰۰۵۶۶	۲۳/۷
	۰/۰۱۴۰۵ تا ۰/۰۰۸۴۴	۱۲/۲		۰/۰۰۲۲۱۱ تا ۰/۰۰۰۸۲۲	۱/۷
	۰/۰۱۹۶۶ تا ۰/۰۱۴۰۵	۴/۹		۰/۰۰۳۶۰۱ تا ۰/۰۰۲۲۱۱	۰/۷
تناوم ۴ روزه	۰/۰۰۴۶۸ تا ۰/۰۱۲۱۳	۸/۱	تناوم ۴ روزه	۰/۰۰۲۴۴۷ تا ۰/۰۰۴۰۳۵	۵/۵
	۰/۰۰۲۷۵ تا ۰/۰۰۴۶۸	۴۴/۳		۰/۰۰۰۸۵۹ تا ۰/۰۰۲۴۴۷	۶۶/۲
	۰/۰۱۰۲۰ تا ۰/۰۰۲۷۵	۳۳/۶		۰/۰۰۰۷۲۸ تا ۰/۰۰۰۸۵۹	۲۵/۷
	۰/۰۱۷۶۴ تا ۰/۰۱۰۲۰	۹/۵		۰/۰۰۲۳۱۵ تا ۰/۰۰۰۷۲۸	۱/۸
	۰/۰۲۵۱ تا ۰/۰۱۷۶۴	۴/۶		۰/۰۰۳۹۰۴ تا ۰/۰۰۲۳۱۵	۰/۷
تناوم ۵ روزه	۰/۰۱۱۰۳ تا ۰/۰۲۰۶۵	۷/۱	تناوم ۵ روزه	۰/۰۰۳۱۳۶ تا ۰/۰۰۴۹۱۷	۵/۶
	۰/۰۰۱۴۱ تا ۰/۰۱۱۰۳	۴۲/۳		۰/۰۰۱۳۵۵ تا ۰/۰۰۳۱۳۶	۶۲/۲
	۰/۰۰۸۲۰ تا ۰/۰۰۱۴۱	۲۹/۴		۰/۰۰۰۴۲۵ تا ۰/۰۰۱۳۵۵	۲۹/۰
	۰/۰۱۷۸۲ تا ۰/۰۰۸۲۰	۱۴/۶		۰/۰۰۲۲۰۶ تا ۰/۰۰۰۴۲۵	۲/۴
	۰/۰۲۷۴۶ تا ۰/۰۱۷۸۲	۶/۶		۰/۰۰۳۹۸۸ تا ۰/۰۰۲۲۰۶	۰/۷
تناوم ۶ روزه	۰/۰۱۵۵۰ تا ۰/۰۲۸۲۱	۷/۴	تناوم ۶ روزه	۰/۰۰۴۴۰۶ تا ۰/۰۰۶۴۴۵	۴/۶
	۰/۰۰۲۸۰ تا ۰/۰۱۵۵۰	۴۱/۹		۰/۰۰۲۳۶۷ تا ۰/۰۰۴۴۰۶	۵۶/۳
	۰/۰۰۹۸۹ تا ۰/۰۰۲۸۰	۲۷/۳		۰/۰۰۰۳۲۷ تا ۰/۰۰۲۳۶۷	۳۴/۱
	۰/۰۰۲۲۶۰ تا ۰/۰۰۹۸۹	۱۶/۳		۰/۰۰۱۷۱۱ تا ۰/۰۰۰۳۲۷	۴/۲
	۰/۰۰۳۵۳۱ تا ۰/۰۰۲۲۶۰	۷/۲		۰/۰۰۳۷۵۱ تا ۰/۰۰۱۷۱۱	۰/۷
تناوم ۷ روزه	۰/۰۰۲۱۴۵ تا ۰/۰۰۳۷۵۸	۱۰/۱	تناوم ۷ روزه	۰/۰۰۵۳۲۷ تا ۰/۰۰۷۵۸۰	۴/۱
	۰/۰۰۵۳۲ تا ۰/۰۰۲۱۴۵	۳۹/۷		۰/۰۰۰۳۰۷۴ تا ۰/۰۰۰۵۳۲۷	۵۶/۴
	۰/۰۱۰۸۰ تا ۰/۰۰۵۳۲	۲۳/۸		۰/۰۰۰۸۲۲ تا ۰/۰۰۰۳۰۷۴	۳۳/۶
	۰/۰۰۲۶۹۳ تا ۰/۰۱۰۸۰	۱۸/۵		۰/۰۰۱۴۳۰ تا ۰/۰۰۰۸۲۲	۵/۱
	۰/۰۰۴۳۰۷ تا ۰/۰۰۲۶۹۳	۷/۹		۰/۰۰۳۶۸۳ تا ۰/۰۰۱۴۳۰	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) طی دوره‌ی ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰ در پهنه شمال غرب ایران پرداخته شده 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 به منظور محاسبات از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب و به منظور 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 ۰/۰۰۲/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 به شدت 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 مورد مطالعه فاقد معنی آماری در سطح ۹۵ درصد اطمینان بوده است.

## منابع

- آذرخشی، مریم؛ جلیل فرزاد مهر؛ مهدی اصلاح؛ حسین صحابی (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؛ علی محمد خورشید دوست؛ حمید میرهاشمی؛ هابیل خرمی؛ معصومه تدینی (۱۳۹۲). رونمایی تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع و متغیرهای 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 برنامه ریزی محیطی. شماره ۲. صفحات ۲۶۸-۲۵۳.
- دوستکامیان، مهدی (۱۳۹۲). ویژگی عمومی آب قابل بارش جو ایران زمین، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم-شناسی به راهنمای دکتر حسین عساکره. گروه جغرافیا طبیعی. دانشگاه زنجان.
- دوستکامیان، مهدی؛ علی بیات؛ آرزو اسدی (۱۳۹۲). شناسایی و طبقه بندی عوامل مؤثر بر اقلیم جنوب و جنوب غرب ایران با تأکید بر روش های آماری چند متغیره، سومین همایش بین المللی 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 همید موج های گرمایی فراگیر ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی به راهنمای دکتر حسین عساکره. گروه جغرافیا طبیعی. دانشگاه زنجان.
- صفری، زهرا (۱۳۹۳). تحلیل آماری توفان های تندری و الگوهای سینوپتیکی توأم با آن در استان زنجان، آب و هواشناسی همدید، پایان نامه کارشناسی ارشد. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی. 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 من کندال، پژوهش های جغرافیایی. شماره ۶۴. صفحات ۲۸-۱۳.
- عزیزی، قاسم؛ مصطفی کریمی احمدآباد؛ زهرا سبک خیز (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، اله بخش ریگی چاهی (۱۳۹۰). بررسی تغییرات کمینه ها و بیشینه های 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، پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵. صفحات ۱۶-۱.
- عیسی زاده، شاهرخ؛ محمدحسین معاریان؛ سید مجید میررکنی؛ احسان تقی زاده (۱۳۸۹). تحلیل همیدی یخبندان های استان آذربایجان شرقی، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. تهران ۲۱-۲۳ اردیبهشت. صفحات ۲۴۱-۲۳۸.
- فتاحی، ابراهیم؛ تهمنه صالحی پاک (۱۳۸۸). تحلیل الگوهای سینوپتیکی یخبندان های زمستانه ایران، جغرافیا و توسعه. شماره ۱۳. صفحات ۱۳۶-۱۲۷.

- 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 Japanese), 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.
- کاویانی، محمدرضا؛ حسین عساکره (۱۳۸۰). بررسی و مدل‌سازی روند دما طی 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.
- ورشوویان، 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.
- هژبریور، قاسم؛ بهلول علیچا 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.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی