

## واکاوی آماری موج گرمایی و دماهای گرانبین بیشینه کرمانشاه و ارتباط آن با نوسان اطلس شمالی

مصطفی کرپور- استادیار آب‌وهوا شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

بهروز نصیری- استادیار آب‌وهوا شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

زهره میرانجی- استادیار آب‌وهوا شناسی، دانشگاه اسدآباد، اسدآباد، ایران

پارسا غلامی<sup>۱</sup>- دانشجوی دوره دکتری آب‌وهوا شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

خدیجه مرادی - کارشناس ارشد آب‌وهوا شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

سعید بساطی- دانشجوی دوره دکتری آب‌وهوا شناسی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۹/۱۱

### چکیده

در سال‌های اخیر، مطالعه فرین‌ها و حدی‌ها برای کارشناسان و دانشمندان اقلیم به علت تأثیرات شدید و مخربی که بر فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی دارند، مورد توجه قرار گرفته‌اند که در کشور ما نیز به صورت پراکنده به این مهم پرداخته می‌شود. در این پژوهش سعی شده پیش‌بینی و تحلیل دماهای کرانگین بالای کرمانشاه با استفاده از داده‌های بیشینه مطلق سالانه ایستگاه کرمانشاه و ارتباط آن‌ها با شاخص اقلیمی اطلس شمالی طی یک دوره ۵۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۱) بررسی شود. از روش رگرسیون (پلی‌نومیال و لگاریتمی) و آماره من-کندال برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری‌های دمای استفاده شد و نمودار آن با استفاده از نرم‌افزار مطلب ترسیم گردید. با استفاده از ضرایب همبستگی پیرسون ارتباط آن‌ها با شاخص NAO و موج گرمایی بررسی گردید. نتایج نشان می‌دهد که دمای ۲ دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ پایین‌تر و ۳ دهه ۱۹۶۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ بالاتر از متوسط طولانی مدت باشند و دهه ۱۹۸۰ سردترین و دهه ۲۰۰۰ گرم‌ترین دهه معلوم گردید. نتایج کلی این پژوهش بیانگر نوسانات فصلی در سری دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه است که این نوسانات معنی‌دار نیستند. برای پیش‌بینی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه مدل حالت ویتترز بهترین مدل تشخیص داده شد که حاصل از این مدل نشان می‌دهد در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹ دما افزایش ناهنجاری خواهد داشت. بیشترین همبستگی بین نوسان اطلس شمالی و دماها در فصول سرد سال و در بازه زمانی یک ماهه و به صورت منفی نمود پیدا کرده، درحالی‌که ضریب همبستگی در فصول گرم سال با وقفه سه ماهه و از رابطه‌ای مثبت برخوردار است.

**کلیدواژه‌ها:** دمای کرانگین بیشینه، نوسان اطلس شمالی، موج گرمایی، حالت-ویتترز، کرمانشاه.

## ۱. مقدمه

فرین‌های دمایی تأثیرات مخربی بر اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی بر جا می‌گذارند و به‌طور مستقیم با شرایط زندگی انسان و آسایش اقلیمی در ارتباط هستند و نقش آن‌ها در فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی T انکارناپذیر است. دما در کنار بارش از مهم‌ترین عناصر اقلیمی به حساب می‌آید که در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی نیز تأثیرگذار است (علیجانی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۴: ۸۶). همچنین تغییرات شدید و ناگهانی دما تأثیرات نامطلوبی بر زیست موجودات مختلف می‌گذارد. از جمله تأثیرات نامطلوب تغییرات دمایی (موج گرم و سرد) اتلاف موجودات زنده در شرایط بالا و پایین محدوده دمای اکولوژیک است. به همین شکل تأثیرات مخرب این پدیده‌های اقلیمی بر تأسیسات و بناهای انسان‌ساخت بسیار زیاد است و طی رخداد چنین پدیده‌هایی خسارات فراوانی به جا می‌گذارد. افزایش مصرف انرژی در هنگام وقوع این پدیده‌ها از جمله تأثیرات نامطلوب آن‌ها است. امروزه مبحث تغییر اقلیم به دلیل ابعاد وسیع علمی و کاربردی آن دارای اهمیت قابل‌توجهی است و درک علل و ماهیت این تغییرات از اهم اهداف جمع‌آوری داده‌های هوا و اقلیم و پایش پدیده‌های اقلیمی است (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۸۸: ۴۸ و ۱۳۸۹: ۱۲۸). افزایش میانگین دمای کره زمین و تغییرات آن نمایه‌ای از تغییرات اقلیمی است که در تمامی نظریه‌های تغییر اقلیم به آن توجه شده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴: ۸۷). بررسی‌های جدید افزایشی در متوسط جهانی دما حدود ۰/۴ تا ۰/۸ درجه را طی قرن بیستم نشان می‌دهد، اگرچه این روند از نظر مکانی و زمانی یکنواخت نیست (محمدی و تقوی، ۱۳۸۴: ۱۵۱).

مک‌لاولین و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، تغییرات اقلیمی را با تحلیل واریانس بارندگی‌های فصلی و سالانه مورد بررسی قراردادند و افزایش فراوانی در وقوع سال‌های خشک را مشاهده کردند. کریسولاکیس و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۳)، تغییرات و روند در میانگین فصلی و سالانه آب قابل بارش در یونان را با استفاده از داده‌های کاوشگر جو بالا مورد مطالعه قراردادند. کونکر<sup>۳</sup> (۲۰۰۵: ۱۵۱)، نیز معتقدند استفاده از مدل‌های رگرسیونی بهترین روش بررسی ریاضی روند تغییرات توزیع بارندگی است. سووک جونگ و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) با بررسی روند دما و بارش در جنوب کشور کره جنوبی نشان دادند که میانگین سالانه دما دارای روند کاهشی و بارش دارای یک روند افزایشی است. از جمله دیگر مطالعات مربوطه می‌توان به مسعودیان (۱۳۸۳) و (۱۳۸۴)، عساکره، (۱۳۸۶)، عزیزی و روشن (۱۳۸۷)، غیور و منتظری (۱۳۸۸)، خورشید دوست و همکاران (۱۳۸۸) و (۱۳۸۹)، فرج زاده و همکاران (۱۳۸۹)، عساکره (۱۳۸۹)، مدرسی و همکاران (۱۳۸۹) اشاره

1 Mclaughlin

2 chrysoulakis

3 kenker

4 sookjung

داشت. با مطالعه پژوهش‌های مختلف، بررسی آماری دماهای گرانیگین بالا و ارتباط آن‌ها با شاخص‌های اقلیمی به علت عدم توجه به آن‌ها در این مطالعات ضرورت پیدا می‌کند، لذا این پژوهش بر آن است که به تحلیل نوسانات و پیش‌بینی دماهای گرانیگین بالای کرمانشاه در قالب روش‌های آماری بپردازد و در پایان ارتباط آن‌ها را با NAO مورد بررسی قرار دهد.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه به‌عنوان ایستگاه شاخص استان کرمانشاه در مختصات ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است که برای تحلیل نوسانات و پیش‌بینی دماهای گرانیگین بالای کرمانشاه و ارتباط آن‌ها با NAO در نظر گرفته شده است.

## ۳. مواد و روش‌ها

به‌منظور انجام این پژوهش از داده‌های مربوط به حداکثر دمای بیشینه مطلق سالانه (بدین گونه که تمام داده‌های روزانه در هر سال بررسی و بیش‌ترین دمای هر سال مشخص و استخراج گردید) طی یک دوره ۵۰ ساله از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ میلادی استفاده شد.

پس از انجام کنترل کیفی به‌منظور آگاهی از صحت داده‌ها، تحلیل‌های آماری مختلف بر روی داده‌ها انجام شد؛ این مراحل به ترتیب شامل ترسیم و تحلیل روند بلندمدت و دهه‌ای و آزمون ناپارامتری من-کندال و سپس استفاده از روش سری زمانی هالت-ویتنز برای پیش‌بینی دماهای گرانیگین بالای ایستگاه کرمانشاه تا سال ۲۰۲۰ میلادی است. به‌منظور تحلیل نوسانات دهه‌ای دمای گرانیگین بیشینه دوره ۵۰ ساله آماری به ۵ دوره تقسیم گردید که دوره اول از ۱۹۶۱ تا ۱۹۶۹، دوره دوم از ۱۹۷۰ تا ۱۹۷۹، دوره سوم از ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۹، دوره چهارم از ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ و دوره پنجم از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ را شامل می‌شوند. همچنین نوسانات و روند کلی سری و سری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. برای محاسبه ناهنجاری‌های دمای بیشینه ایستگاه کرمانشاه از معادله (۱) استفاده شده است.

$$A_{ET} = CT \max - \bar{CT} \max \quad (1)$$

در معادله فوق  $A_{ET}$  ناهنجاری‌های دمای گرانیگین بیشینه،  $CT \max$  دمای بیشینه به ثبت هر سال در بازه

زمانی ۵۰ ساله و  $\bar{CT} \max$  میانگین بلندمدت ۵۰ ساله دمای بیشینه ایستگاه می‌باشند.

از آزمون ناپارامتری من-کندال جهت آزمون معنی‌داری روند و آشکارسازی جهش در سری زمانی استفاده می‌شود. در این روش دو عامل  $U_i$  و  $U'_i$  محاسبه و برای بررسی روند در کنار هم ترسیم شده و موقعیت آن‌ها نسبت به هم معنی‌داری یا بی‌معنی بودن روند را مشخص می‌کند. اگر مقادیر آن‌ها از دو آستانه

±۱/۹۶ تجاوز کند، روند معنی‌دار خواهد بود و اگر دو خط و همدیگر را در یک نقطه قطع کنند، آن نقطه، نقطه جهش است. در صورتی که دو خط در داخل حریم باشند، جهش معنی‌دار نبوده، اما چنانچه از حریم تجاوز کرده یا محدوده را کلاً یا موقتاً ترک کرده باشند جهش معنی‌دار خواهد بود. همچنین اگر دو دنباله و بر اساس ۱ به صورت نموداری ترسیم شوند، در صورت معنی‌داری روند، دو نمودار در نقطه آغازین همدیگر را قطع خواهند کرد، در صورتی که در صورت عدم وجود روند دو دنباله و تقریباً به صورت موازی حرکت خواهند کرد و یا چند بار برخورد به طوری که به تغییر جهت آن‌ها منجر نشود، عمل می‌کنند. محل تلاقی و  $U'_i$  در محدوده اطمینان ۹۵ درصدی، بیانگر تغییرات معنی‌دار سری زمانی اقلیمی بوده و رفتار  $U_i$  بعد از محل تلاقی وضعیت نزولی یا صعودی سری اقلیمی را مشخص می‌کند. نمودارهایی که در آن‌ها دو خط  $U_i$  و به هم برخورد نکرده‌اند یا فاقد محل تلاقی دو خط  $U'_i$  هستند، معرف سری‌های اقلیمی فاقد روند هستند (خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۷) با توجه به نرمال نبودن توزیع احتمال داده‌های دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه، از روش‌های چندجمله‌ای یا پلی‌نومیال درجات ۲، ۳، ۴، ۶ برای ترسیم و تحلیل روند زمانی نوسانات استفاده شده است. معادلات روند چندجمله‌ای یادشده به ترتیب معادلات سهمی درجه دوم و سوم، درجه چهارم و درجه ششم نیز نامیده می‌شوند و قادرند در سری‌های زمانی که داده‌های آن‌ها در یک خط مستقیم قرار نمی‌گیرند، مدل مناسبی برای تحلیل روند درازمدت باشند. شکل روند ترسیمی در روندهای سهمی در درجه یادشده بسته به مثبت یا منفی بودن  $\beta$  به ترتیب مقعر یا محدب و یا ترکیبی خواهد بود. معادله سهمی تا درجه ششم می‌تواند ادامه یابد که در این صورت به آن رگرسیون چندجمله‌ای یا پلی-نومیال گفته می‌شود. از رگرسیون بسط یافته پلی‌نومیال در این معادله به صورت گسترده استفاده شده است. شکل کلی مدل چندجمله‌ای یا پلی‌نومیال عبارت است از:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3 + \beta_4 X^4 + \beta_5 X^5 \quad (2)$$

اگر مشخص شود که توزیع احتمال سری زمانی غیرخطی است می‌توان با ترسیم نمودار پخش یا پراکنش زمانی، شکل غیرخطی آن را حدس زد. هر سری زمانی علاوه بر میانگین شامل مؤلفه‌های روند، سیکل یا مؤلفه چرخه‌ای، مؤلفه فصلی و نوسانات نامنظم نیز هستند. پیش‌بینی سری زمانی دماهای بیشینه کرمانشاه به صورت ضربی به شکل معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$Y_t = M \times T \times C \times S \times I \pm e \quad (3)$$

در معادله فوق سری زمانی پیش‌بینی شده،  $M$  میانگین سری،  $T$  مؤلفه روند،  $C$  مؤلفه چرخه‌ای،  $S$  مؤلفه فصلی،  $I$  نوسانات نامنظم در طول سری و  $e$  خطاهای مشاهداتی هستند. پیش‌بینی مدل هالت-وینترز بر مبنای میانگین توزینی مقادیر جاری و قبلی داده‌های ثبت شده سری زمانی است. در میانگین توزینی مورد

بحث بیشترین میزان وزن به جدیدترین مشاهده سری زمانی داده شده و به ترتیب که به داده‌های قبلی تر سری زمانی برمی‌گردیم، وزن‌ها نیز کمتر می‌شوند. برای پیش‌بینی در این مدل لازم است مؤلفه‌های  $T_t$ ،  $\bar{X}_t$  و که به ترتیب عبارت‌اند از مؤلفه‌های سطح یا میانگین، روند و فصلی برآورد شوند. حالت جمعی مدل پیش‌بینی هالت-ویتترز که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر است:

$$\bar{X} = (\bar{X}_{t-1} + T_{t-1}) + (1-a)\left(\frac{X_t}{F_{t-s}}\right) \quad (4)$$

$$T_t = \beta T_{t-1} + (1-\beta)(\bar{X}_t - X_{t-1}) \quad (5)$$

$$F_t = \gamma F_{t-s} + (1-\gamma)\left(\frac{X_t}{\bar{X}_t}\right) \quad (6)$$

در معادلات فوق:  $\bar{X}_t$  جدیدترین مشاهده و  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  ضرایب مربوط به هموارسازی نمایی در مدل هالت-ویتترز هستند که مقدار عددی آن‌ها بین صفر و یک متغیر است. اگر سری زمانی مشتمل بر دوره زمانی در سال یا دوره خاصی باشد، مؤلفه فصلی مربوط به آن سال یا دوره قبل با  $F_{t-s}$  نشان داده خواهد شد. با رسیدن به زمان  $n$  مقادیر آتی سری  $(y_{n-h})$  بر مبنای معادله زیر پیش‌بینی می‌شوند.

$$F_{t-s} + \hat{y}_{n-h} = y_{n+h} T_n \quad (7)$$

در مرحله نهایی ارتباط شاخص NAO با دماهای حداکثر ماهیانه و فصلی به صورت همکنش و هم‌چنین همبستگی تأخیری در بازه‌های زمانی یک، دو و سه‌ماهه مورد بررسی قرار گرفتند. چون داده‌های NAO به صورت استاندارد شده از سایت NCEP/NCAR گرفته شده در نتیجه داده‌های دمای مطلق نیز پس از اینکه استاندارد شدند، از طریق همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل گرفتند.

#### ۴. بحث و نتایج

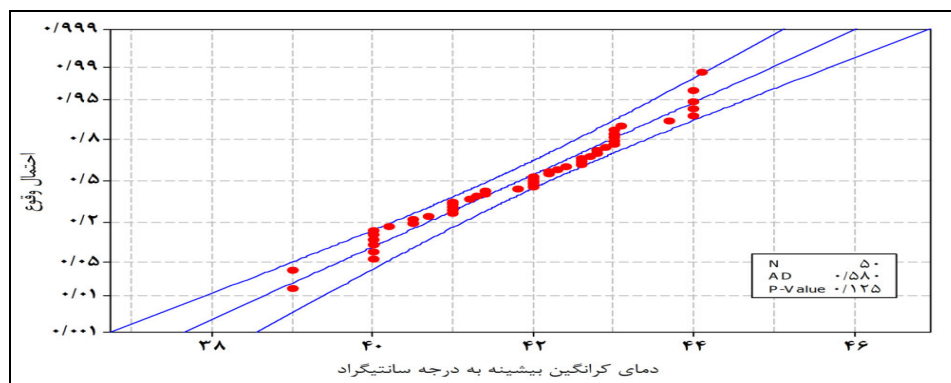
ویژگی‌های آماری با دماهای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه بعد از بررسی داده‌ها در جدول ۱ مندرج شده است. با در نظر گرفتن میانگین دماهای کرانگین حداکثر طولانی‌مدت و مقایسه آن با میانگین ۵ دهه موجود در دوره آماری مشخص گردید که دمای متوسط ۲ دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ پایین‌تر از متوسط ۵۰ ساله و دمای دهه‌های ۱۹۶۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ بالاتر از حد متوسط بلندمدت قرار داشته‌اند. در این رابطه دهه ۱۹۸۰ در واقع خنک‌ترین یا سردترین دهه و دهه اول سده ۲۱ گرم‌ترین دهه‌های ایستگاه کرمانشاه هستند (جدول ۱). همان‌طور که از جدول شمار ۱ برمی‌آید با توجه به شاخص‌های پراکندگی، دمای کرانگین بیشینه دهه اول قرن ۲۱ از نظم و ثبات زمانی بیشتری برخوردار بوده در مقابل دمای کرانگین بیشینه دهه ۱۹۶۰ از نظم

کمتری برخوردار است. همچنین مقایسه دو دوره آماری بلندمدت ۱۹۶۱-۲۰۱۰ و ۱۹۹۰-۲۰۱۰ نشان‌دهنده روند افزایشی به ۰/۴۲ درجه سانتی‌گرادی دمای بیشینه در ۲۱ سال اخیر است.

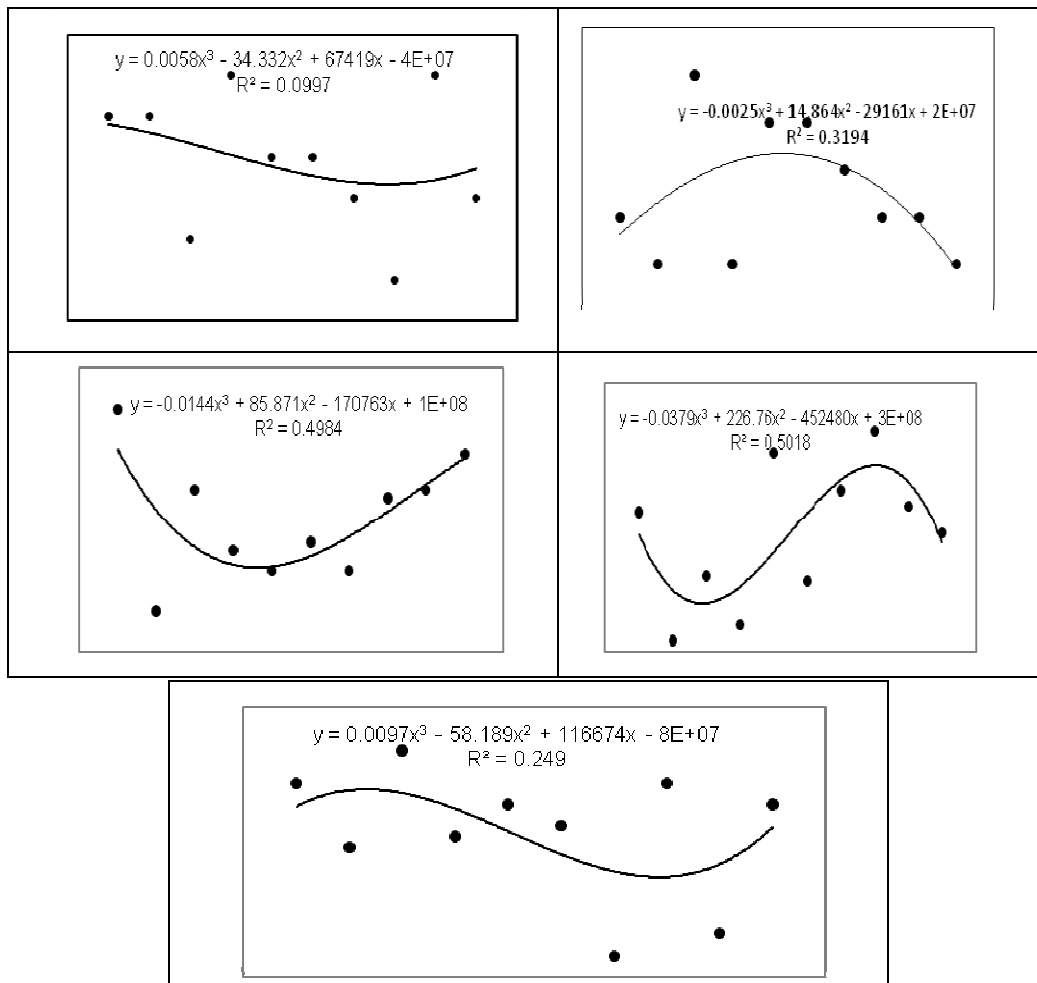
جدول ۱ فراسنج توصیفی داده‌های دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه در دوره‌های مختلف زمانی

شاخص آماری	دوره آماری					
	۱۹۶۱-۲۰۱۰	۱۹۹۰-۲۰۱۰	۱۹۷۰-۱۹۹۰	۱۹۸۰-۱۹۹۰	۱۹۹۰-۲۰۱۰	۱۹۶۱-۱۹۷۰
میانگین	۴۱/۸۴	۴۲/۲۶	۴۲	۴۱/۵	۴۱/۳	۴۲/۳
انحراف معیار	۱/۳۶	۰/۹۹	۱/۶۶	۱/۴۳	۱/۵۱	۰/۶۱
ضریب تغییرات	۳/۲۵	۴/۶۲	۳/۹۵	۳/۴۵	۳/۶۶	۱/۴۴
کمینه	۳۹	۴۰/۲	۳۹	۴۰	۳۹	۴۱/۲
بیشینه	۴۴/۱	۴۴/۱	۴۴	۴۴	۴۴	۴۳/۱
دامنه	۵/۱	۳/۹	۵	۴	۵	۱/۹
چولگی	-۰/۲۰	-۰/۳۹	-۰/۳۵	۰/۵۷	۰/۳۱	-۱/۰۱
کشیدگی	-۰/۸۷	-۰/۰۱	-۰/۸۲	-۱/۰۰	-۰/۴۵	۰/۲۵

از آنجاکه تغییرات دما به صورت خیلی جزئی اتفاق می‌افتد رقم ۰/۴۲+ یک رقم بسیار قابل توجه است که می‌توان آن را یک هشدار جدی قلمداد کرد. مقدار بالای چولگی دماهای کرانگین در تمام سری‌ها نشان‌دهنده: عدم تقارن (انحراف از تقارن یک توزیع) و چوله به چپ تمام سری‌ها به استثنای سری دهه ۱۹۸۰ است. به جز دهه‌های ۱۹۷۰ و ۲۰۰۰ که با توزیع نرمال تفاوت زیادی دارد، چون ارقام چولگی آن‌ها بین قدر مطلق ۰/۱ و ۰/۵ قرار دارند، با توزیع نرمال فاصله داشته و توزیع آماری آن‌ها مانند توزیع ۵۰ ساله سری لوگ نرمال (شکل ۱) است. مقادیر کشیدگی سری‌های کمتر از صفر بوده، بر این اساس سری‌ها کوتاه‌تر از حد نرمال می‌باشند.



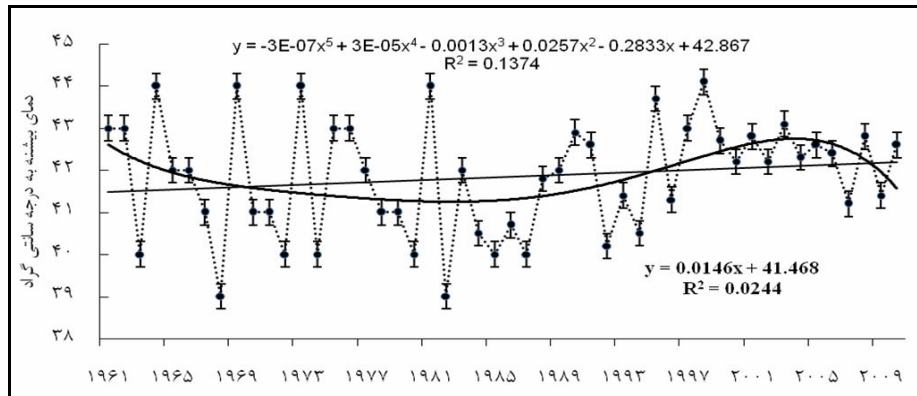
شکل ۱ توزیع احتمال آماری لگاریتم نرمال داده‌های دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه



شکل ۲ روند نوسانات دهه‌ای دماهای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

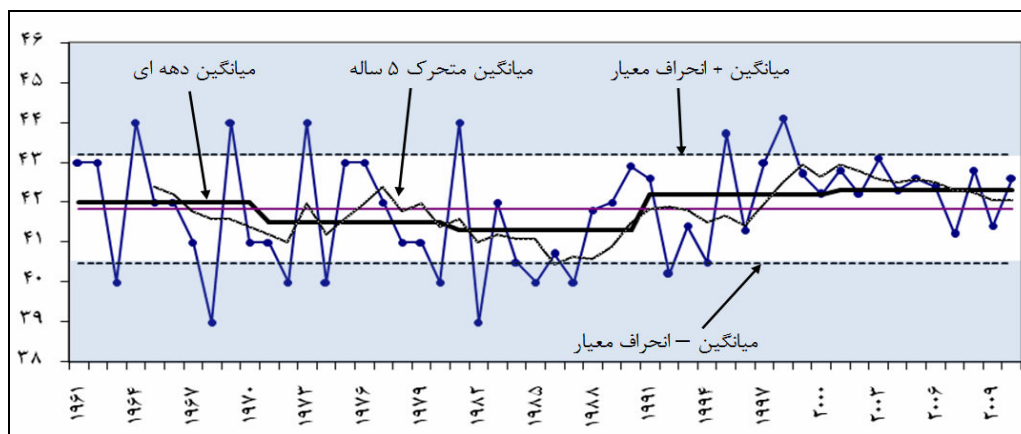
در جهت تشخیص بهتر وضعیت زمانی نوسانات دهه‌ای دما، روند دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه در طی ۵ دهه مورد مطالعه به شکل ۲ توجه کنید که در ادامه توضیح داده می‌شوند. همان‌گونه که در شکل ۲ دیده می‌شود در هیچ‌یک از ۵ دهه مورد مطالعه روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه خطی نبوده و شدت تغییرات تابع رگرسیون سهمی است که در بین دهه‌های مورد مطالعه، دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ از روند تغییرات زمانی بسیار شدیدتری نسبت به دهه‌های دیگر برخوردار است. روند تغییرات بلندمدت دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه با استفاده از رگرسیون‌های خطی و سهمی درجه شش در ۵۰ سال اخیر در شکل شماره ۳ ترسیم شده است. با توجه به این شکل روند کلی تغییرات زمانی دمای بیشینه کرمانشاه تدریجاً رو به بالا و صعود است؛ اما روند زمانی تغییرات تدریجی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه که

با استفاده از روند پلی‌نومیال درجه شش نشان داده شده در اواسط سری ۲۰۰۰ (سال ۲۰۰۵) روند کاهشی تقریباً شدیدی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ روند تغییرات بلندمدت خطی و سهمی درجه پنج دماهای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه

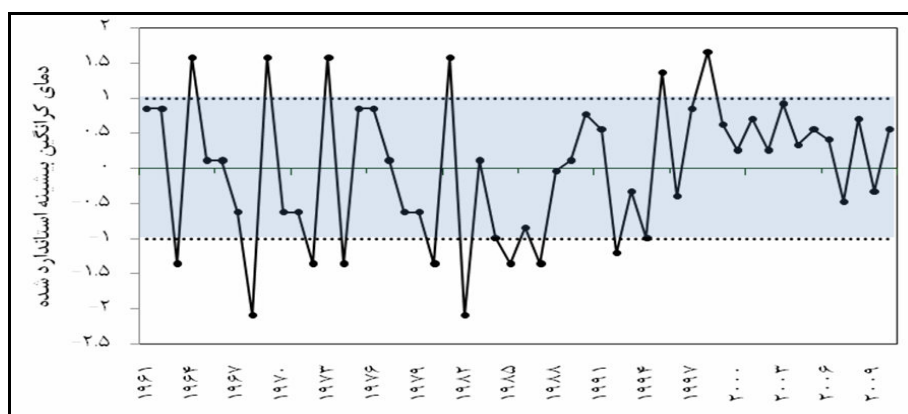
با توجه به میانگین بلندمدت ۴۱/۸۴ و انحراف معیار بلندمدت ۱/۳۶ برای دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه، خط کنترل پایین (میانگین - انحراف معیار) با دمای ۴۰/۸۴ درجه سانتی‌گراد و خط کنترل بالایی (میانگین + انحراف معیار) با دمای ۴۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان آستانه‌های ناهنجار مثبت و منفی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه معرفی می‌شوند؛ بنابراین محدوده نرمال دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه بین دماهای ۴۰/۸۴ تا ۴۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفته است (شکل ۴). ناهنجاری‌های دمایی مثبت دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه ارقام دمایی روزانه بالاتر از ۴۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد و ناهنجاری‌های دمایی منفی دمای بیشینه مقادیر دمایی کمتر از ۴۰/۸۴ درجه سانتی‌گراد هستند که در شکل شماره ۴ یا رنگ تیره مشخص شده‌اند.



شکل ۴ ناهنجاری‌های دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه (۱۹۶۱-۲۰۱۰) و میانگین‌های دهه‌ای و متحرک پنج‌ساله

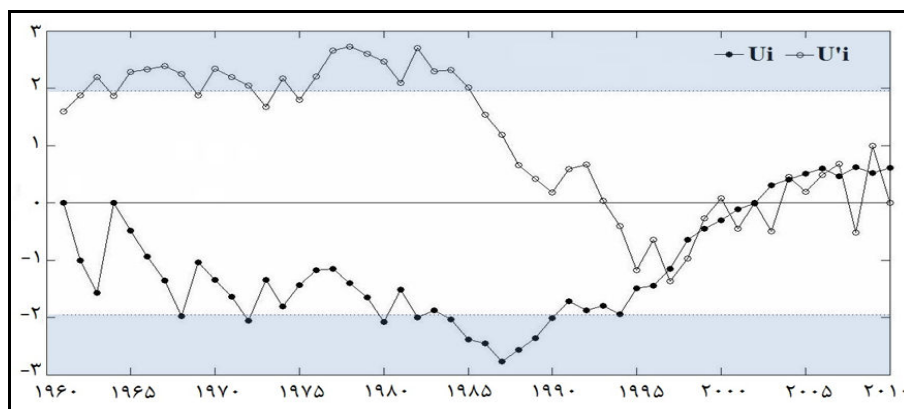


در شکل شماره ۴ ناهنجاری‌های دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه با میانگین متحرک ۵ ساله (خطوط مقطوع) کاملاً نرمال شده است. ناهنجاری‌های مثبت و منفی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه در ۶ نقطه در بالا و ۹ نقطه در پایین کاملاً وضوح دارند. با توجه به محدوده‌های نرمال و آستانه‌های کرانگین بالا و پایین دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه که به صورت استاندارد شده در آمده‌اند (نمرات بین  $\pm 1$ ) (شکل ۵) مشخص می‌شود که دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه در بیشتر سال‌ها در محدوده نرمال (قسمت تیره‌رنگ شکل ۵) واقع شده و تنها در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۳، ۱۹۸۱، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷ در محدوده ناهنجاری مثبت شدید واقع شده است.



شکل ۵ ناهنجاری‌های استاندارد شده دمای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

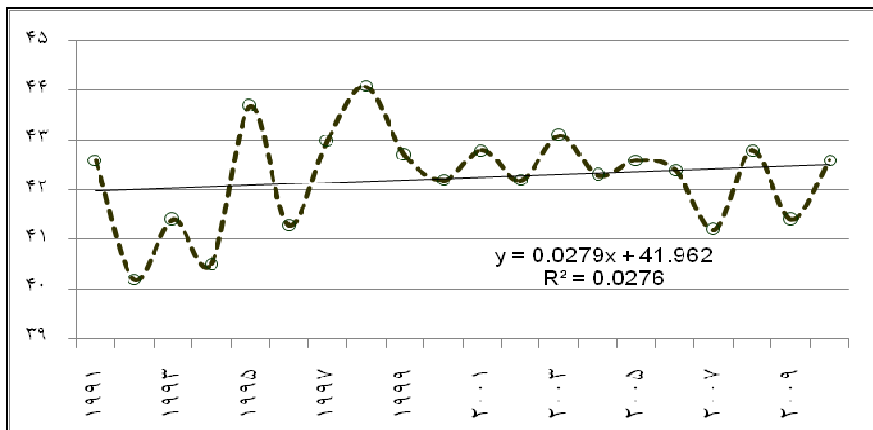
با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال مشخص شد که روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه علی‌رغم نشان دادن روند افزایشی معنی‌دار نیست (شکل ۶). همان‌طور که در شکل شماره ۵ دیده می‌شود تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه هرچند که تغییراتی را در میانگین بلندمدت نشان می‌دهد اما روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه معنی‌دار نیست.



شکل ۶ نمودار من-کندال برای آشکارسازی روند تغییرات زمانی دماهای کرانگین بیشینه

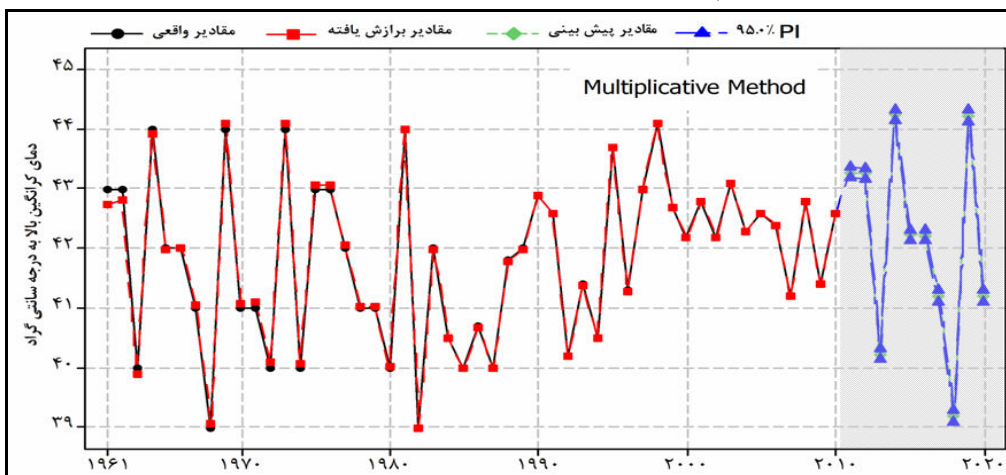
ایستگاه کرمانشاه (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

نتایجی که از استفاده از روش من-کندال به دست آمد نشان می‌دهد که روند ۲۱ ساله ایستگاه کرمانشاه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ علی‌رغم افزایش خطی و حدود ۳ درصد، تغییرات در طی این ۲۱ سال معنادار نیست (شکل ۷).



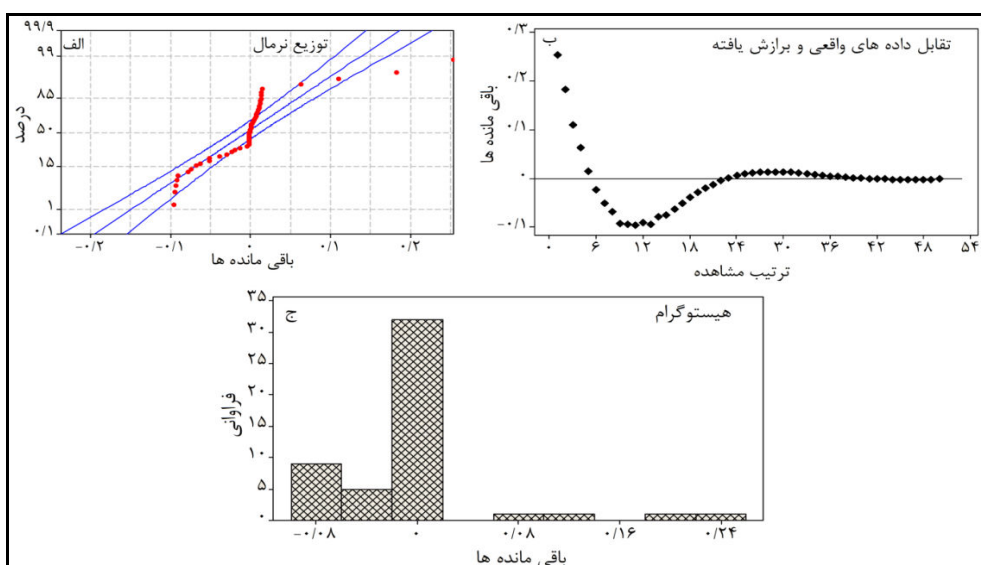
شکل ۷ روند تغییرات دماهای کرانگین بیشینه ایستگاه کرمانشاه (۱۹۹۱-۲۰۱۰)

با توجه به روند دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه در دوره ۵۰ ساله ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ و همچنین روند افزایشی ۲۱ سال اخیر، با استفاده از روش سری زمانی هالت-ویترز دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه ۱۰ سال آینده یعنی تا سال ۲۰۲۰ مورد پیش‌بینی قرار گرفت که با توجه به اجرای این مدل در شکل شماره ۸، سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۴، ۲۰۱۹ و بالاتر از آستانه بالایی، سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ در آستانه نرمال و تنها سال ۲۰۱۸ پایین‌تر از آستانه نرمال قرار گرفت. بر اساس این پیش‌بینی سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹ با دمای ۴۴/۳ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین سال‌ها در بین دماهای واقعی و پیش‌بینی شده کرمانشاه خواهند بود.



شکل ۸ پیش‌بینی دماهای کرانگین بیشینه تا سال ۲۰۲۰ با استفاده از مدل هالت-ویترز

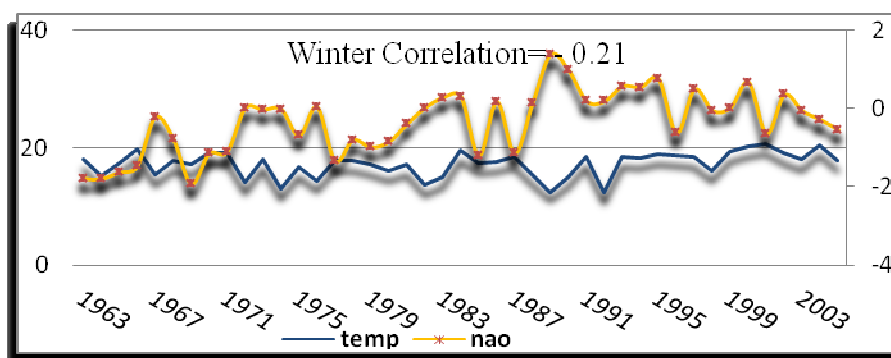
همان‌گونه که از مقایسه نقاط پیش‌بینی‌شده و نقاط برازش یافته مدل و همچنین نمودارهای شکل ۹ مشخص است، در بیشتر موارد سری دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه، کاملاً با هم انطباق داشته به‌گونه‌ای که نمی‌توان مقادیر برازش یافته را از مقادیر واقعی تشخیص داد. این امر نشان‌دهنده دقت بالای مدل پیش‌بینی است.



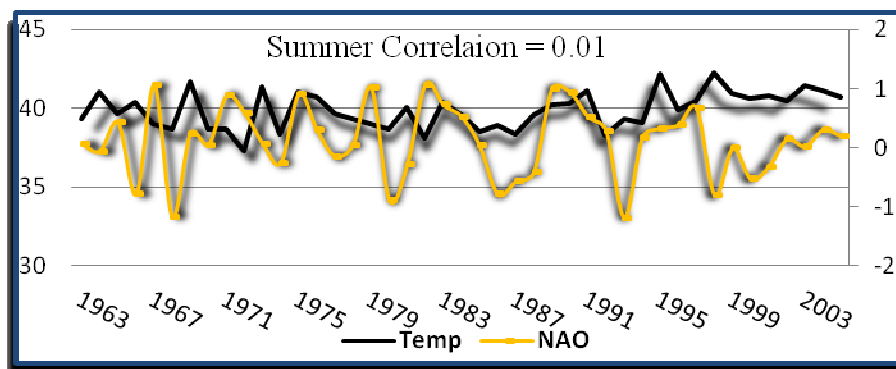
شکل ۹ الف توزیع نرمال باقی‌مانده‌ها ب نمودار توزیع خطی اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و واقعی ج هیستوگرام

فراوانی باقی‌مانده‌ها پس از برازش مدل حالت ویتروز

معیارهای سنجش دقت مدل که در این پژوهش برای میانگین مطلق انحرافات<sup>۱</sup> برابر ۰/۰۳۵، میانگین مجذور انحرافات<sup>۲</sup> برابر ۰/۰۳۷۷ و درصد میانگین مطلق خطاها<sup>۳</sup> برابر ۰/۰۸۴ برآورد گردیده‌اند، نشان‌دهنده این است که اعتبار و دقت مدل در حد ایده‌آلی قرار دارد.

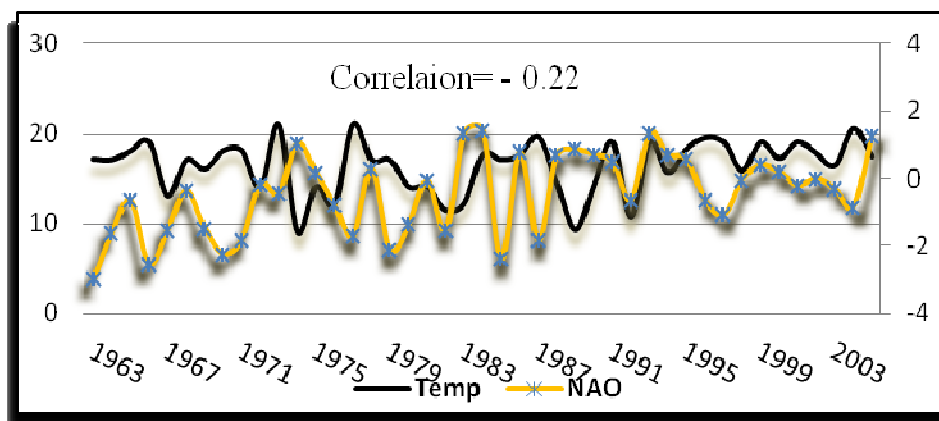


- 1 Mean Absolute Deviation
- 2 Mean Squared Deviation
- 3 Mean Absolute Percent of Errors



شکل ۱۰ آشکارسازی ارتباط NAO و دمای کرانگین در فصول زمستان و تابستان

در فصول زمستان و پاییز (سرد) قوی‌ترین همبستگی بین NAO و دمای کرانگین در بازه تأخیر زمانی ۱ ماهه و به صورت منفی دیده می‌شود (شکل ۱۰ و ۱۱). این رابطه منفی نشان‌دهنده افزایش این دماها در فصل سرد سال در هنگام فاز منفی نوسان اطلس شمالی و کاهش آن‌ها در فاز مثبت است. در ماه‌های گرم سال بالاترین تأثیر این شاخص با همبستگی وقفه‌ای ۳ ماهه و از رابطه‌ای معکوس برخوردار است، به عبارتی فاز منفی (مثبت) باعث افزایش (کاهش) دماهای کرانگین در ۳ ماه بعد خواهد شد (جدول ۲).



شکل ۱۱ همبستگی پیرسون ژانویه با تأخیر ۱ ماهه

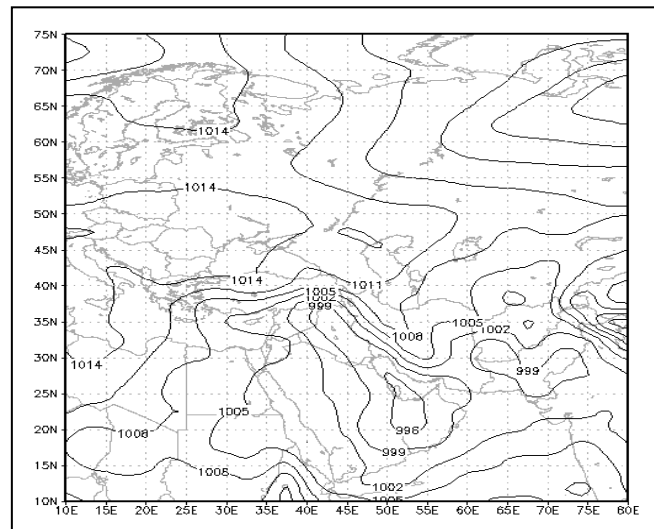
جدول ۲ ارتباط NAO و دمای استاندارد شده کرانگین به صورت همکنش و تأخیری با کمک همبستگی پیرسون

همبستگی تأخیری	jan	feb	mar	Apr	may	Jun	jul	aug	Sep	oct	nov	Dec
همکنش	-۰/۱۴	-۰/۲۳	-۰/۴۹	۰/۰۵	-۰/۱۱	-۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۲۱	-۰/۱۳
۱ ماهه	-۰/۲۲	-۰/۰۴	-۰/۲۱	-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۰۹	۰/۱	-۰/۱۶	-۰/۱۴	-۰/۰۰۳	-۰/۳۱	-۰/۱۱
۲ ماهه	۰/۲۲	۰/۲۷	-۰/۰۴	-۰/۱۷	-۰/۰۴	۰/۱۲	-۰/۰۴	-۰/۰۹	-۰/۱۷	-۰/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۱
۳ ماهه	۰/۱۶	۰/۳۸	۰/۱	-۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۰۳	-۰/۰۶	۰/۱۶	-۰/۱۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۰۳

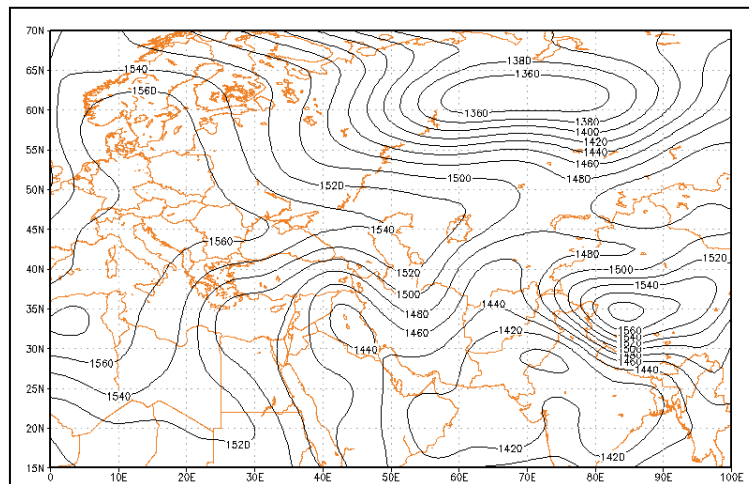
## تحلیل همدید موج گرم ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷

در این بخش از پژوهش به منظور استدلال قوی‌تر، موجی گرم که از ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷ در منطقه تداوم یافته است به صورت همدیدی مورد مطالعه قرار گرفته است. با اینکه متوسط دمای ایستگاه‌های مورد مطالعه به ۴۳ درجه رسیده است، اما در همان روز آغازین موج، در قصر شیرین و سرپل‌ذهاب دما از ۴۸ درجه سانتیگراد تجاوز کرده است. در راستای بررسی همدیدی این موج انتخاب شده، ابتدا آرایش الگوی فشار سطح دریا و توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای میانی جو مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به شکل ۴ که نقشه متوسط فشار سطح دریا در طول استیلای ۷ روزه این موج گرم را نشان می‌دهد، معلوم می‌شود که الگوی فشار متوسط تراز دریا در طی این موج گرم، حاکمیت سامانه کم‌فشار است. مناطق غرب، جنوب، جنوب غرب و شرق ایران در داخل هم‌فشارهای بسته‌ای قرار گرفته‌اند که فشاری بالغ بر ۱۰۰۵ هکتوپاسکال دارد. مرکز اصلی این کم‌فشار بر روی شبه‌جزیره عربستان و جنوب خلیج فارس قرار گرفته است. بدیهی است این کم‌فشار، کم‌فشار حرارتی عربستان است که در فصل تابستان ظاهر شده و گسترش آن به داخل ایران موجب برقراری و حاکمیت هوای گرم و سوزان می‌شود<sup>۱</sup>. همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود پرفشار ضعیف شده ۱۰۱۱ هکتوپاسکالی آזור در این قضیه دخیل بوده که قسمت‌هایی از شمال غرب و غرب ایران تحت تأثیر آن قرار گرفته و از محدوده بین دو منحنی ۱۰۰۸ و ۱۰۰۵ هوای گرم و سوزان شمال آفریقا و شبه‌جزیره عربستان را به این مناطق انتقال می‌دهد. از این جهت پرفشار آזור در کنار کم‌فشار عربستان منبع تغذیه‌کننده گرمای این موج گرم هستند. نقشه‌ی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال آرایش الگوی فشار سطح زمین را در مقداری بالاتر از سطح زمین مورد تأیید قرار می‌دهد. وضعیت الگوهای توزیع فشار و توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) نشان‌دهنده استقرار یک گردش چرخندی در منطقه شرق مدیترانه که بخش وسیعی از ایران را فرا گرفته است. مرکز کم‌فشار یاد شده بر روی عراق است. بررسی نقشه‌های مربوط به الگوی متوسط آرایش توپوگرافی در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶ و ۷) در طول دوره زمانی این موج گرم نشان‌دهنده تسلط مطلق پرفشار آזור بر روی ایران است. همچنین با توجه به این دو نقشه معلوم می‌گردد که موج بادهای غربی به دلیل وقوع پدیده مانع بسیار ضعیف شده و باعث استمرار زمانی این موج گرم بروی کشور ایران شده است. شکل ۸ نقشه توزیع دمای بیشینه ایران از روز ۱۲ مرداد ۱۳۸۷ را نشان می‌دهد که دمای بیشینه ایران به‌ویژه در مناطق غرب و جنوب غرب ایران رو به افزایش گذاشته است که اوج این افزایش در روز ۱۲ مرداد ماه ۱۳۸۷ بوده است.

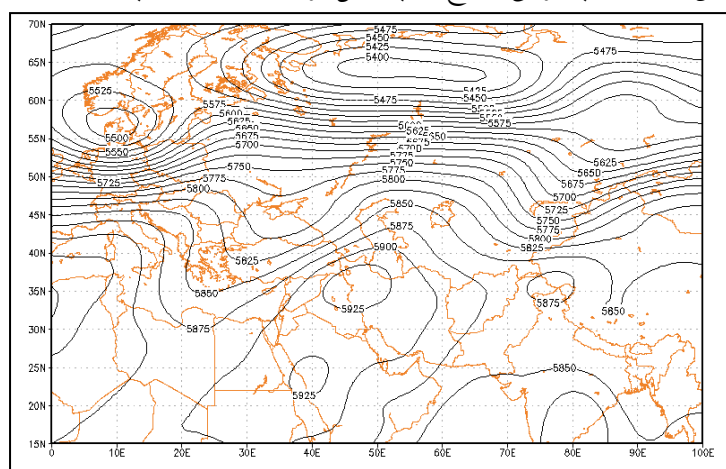
۱ در اصطلاح محلی در استان کرمانشاه باد گرم و سوزانی که بر اثر این هوا وزیده می‌شود، باد سام گفته شده که موجب خسارات زیادی به محصولات زراعی می‌گردد (مظفری و الفتی، ۱۳۸۸: ۲۹).



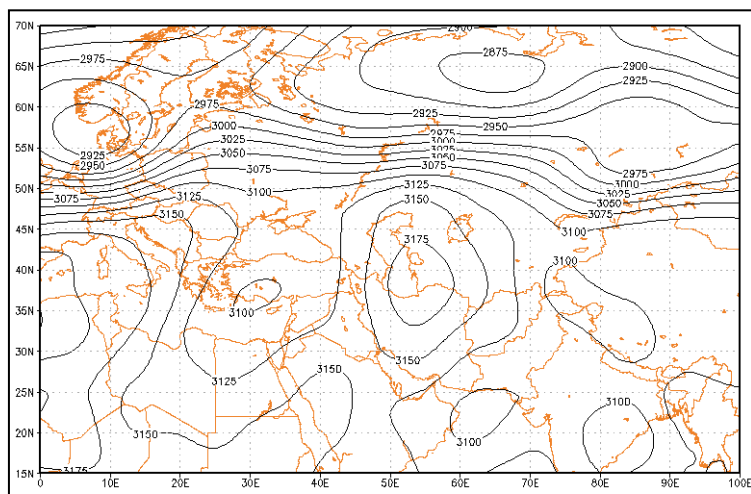
شکل ۴ الگوی متوسط توزیع فشار سطح دریا از ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷



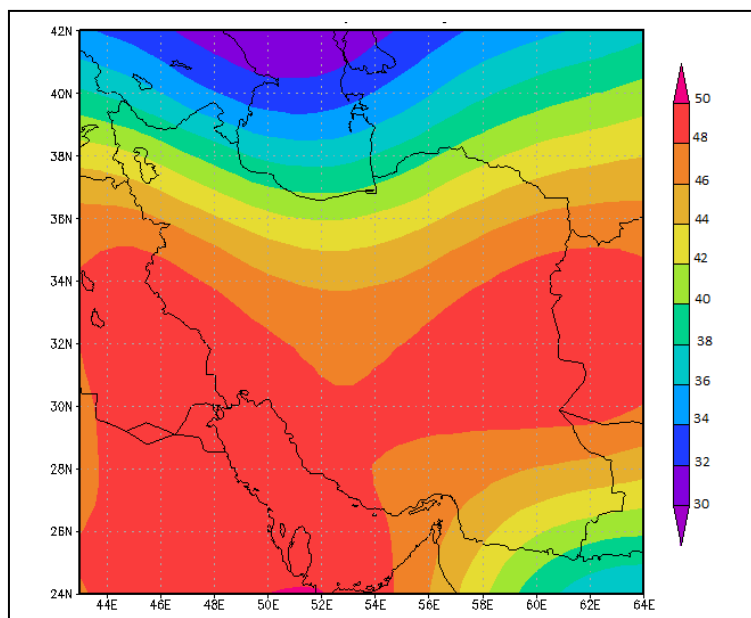
شکل ۵ الگوی آرایش متوسط توپوگرافی ارتفاع ژئوتانسیل ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال از ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷



شکل ۶ الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال از ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷



شکل ۷ الگوی متوسط توپوگرافی سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال از ۹ تا ۱۵ مرداد ۱۳۸۷



شکل ۸ توزیع جغرافیایی دمای بیشینه (به سانتیگراد) بالای ۲ متر زمین ۱۲ مرداد ۱۳۸۷

## ۵. نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که توزیع احتمال وقوع و دوره بازگشت داده‌های دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه نرمال نبوده بلکه از قانون لاگ نرمال تبعیت می‌کند. در واقع قانون لاگ نرمال گویای این است که باید به دلیل محدودیت در روش‌های خطی از روش‌های غیر خطی مانند سهمی (پلی‌نومیال) استفاده کرد. با توجه به متوسط دماهای کرانگین بیشینه بلندمدت و مقایسه آن با ۵ دهه موجود نتیجه گرفته شد که دمای دهه‌های ۱۹۶۰، ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ بالاتر و دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ پایین‌تر از متوسط ۵۰ ساله قرار داشته‌اند. در

این رابطه دهه ۱۹۸۰ سردترین و دهه ۲۰۰۰ گرم‌ترین دهه‌های کرمانشاه هستند. مقایسه دو دوره آماری بلندمدت ۲۰۱۰-۱۹۶۱ و ۲۰۱۰-۱۹۹۰ نشان دهند روند افزایش ۰/۴۲ درجه سانتی‌گرادی دمای بیشینه در دوره ۲۱ ساله اخیر است. در هیچ‌کدام از دهه‌های مورد مطالعه روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه خطی نبوده و شدت تغییرات از رگرسیون سهمی پیروی می‌کند که در این میان روند تغییرات زمانی دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ از روند تغییرات زمانی بسیار شدیدتری نسبت به دهه‌های دیگر برخوردار است. روند کلی تغییرات زمانی دمای بیشینه تدریجاً رو به بالا و صعود است؛ اما روند زمانی تغییرات تدریجی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه که با استفاده از روند پلی‌نومیال درجه شش نشان داده شده در اواسط سری ۲۰۰۰ (سال ۲۰۰۵) روند کاهشی تقریباً شدیدی را نشان می‌دهد. دماهای کرانگین بیشینه کرمانشاه در بیشتر سال‌ها در محدوده نرمال واقع شده و تنها در سال‌های ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۳، ۱۹۸۱، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷ در محدوده‌ی ناهنجاری مثبت شدید واقع شده است. از بکار بردن آزمون من-کندال مشخص شد که روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه علیرغم نشان دادن روند افزایشی معنی‌دار نیست. همچنین تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه هرچند که تغییراتی را در میانگین بلندمدت نشان می‌دهد اما روند تغییرات زمانی دمای کرانگین بیشینه کرمانشاه معنی‌دار نیست. در ضمن روند ۲۱ ساله ایستگاه کرمانشاه از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ علیرغم افزایش خطی و حدود ۳ درصد، تغییرات در طی این ۲۱ سال معنادار نیست. از نتایجی که از مدل حالت-ویترز به دست آمد معلوم گردید سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹ بالاتر از آستانه بالایی، سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۲۰ در آستانه نرمال و تنها سال ۲۰۱۸ پایین‌تر از آستانه نرمال قرار گرفت همچنین سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۹ با دمای ۴۴/۳ درجه سانتی‌گراد گرم‌ترین سال‌ها در بین دماهای واقعی و پیش‌بینی شده کرمانشاه خواهند بود. معیارهای سنجش دقت مدل پیش‌بینی حالت-ویترز و توزیع نرمال مانده‌ها و هیستوگرام توزیع فراوانی داده‌ها نشان داد که اعتبار روشی که برای پیش‌بینی اعمال گردید در حد قابل قبولی باشد و مقادیر پیش‌بینی شده با فاصله اطمینان بالا قابل وقوع هستند. نتایج بررسی ارتباط دماها با نوسان اطلس شمالی نشان از رابطه‌ای معکوس و منفی در اکثر بازه‌های زمانی و با تأخیرهای مختلف دارد که قوی‌ترین میزان این همبستگی به همکشی در ماه مارس و فوریه با همبستگی تأخیری سه‌ماهه دیده می‌شود. دماهای کرانگین در فاز منفی این شاخص، افزایش و در فاز مثبت، کاهش می‌یابند.

### کتابنامه

- خوشحال دستجردی، جواد؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ ۱۳۸۷. کاربرد آزمون ناپارامتری من کندل در برآورد تغییرات دمایی (مطالعه موردی: اصفهان). مجله فضای جغرافیایی. ش ۲۲. صص ۲۱-۳۸
- خورشید دوست، علی محمد؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ عباس زاده، کریم؛ ۱۳۸۹. کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی -



- اقیانوس در تحلیل نوسانات بارش (مطالعه موردی: ایستگاه اهر). مجله فضای جغرافیایی. ش ۲۹. صص ۹۵-۱۲۸
- خورشیددوست، علی محمد؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ صنیعی، راحله؛ ۱۳۸۸. پیش‌بینی دماهای کرانگین اصفهان با استفاده از روش‌های سری زمانی. مجله فضای جغرافیایی. سال نهم. ش ۲۶. صص ۳۱-۴۸
- عزیزی، قاسم؛ روشن، علی اصغر؛ ۱۳۸۴. بررسی خشکسالی‌ها-ترسالی و امکان پیش‌بینی آن‌ها با استفاده از مدل سری زمانی هالت-وینترز در استان هرمزگان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ش ۷۹. صص ۴۸-۶۳
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۶. تغییرات مکانی-زمانی بارش در ایران زمین طی دوره‌های آماری در سال ۱۹۶۳-۲۰۰۳. مجله جغرافیا و توسعه. ش ۱۰. صص ۱۴۵-۱۶۴.
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۹. تحلیل چرخه‌های میانگین سالانه دمای شهر زنجان. جغرافیا و توسعه. شماره ۱۹. صص ۱۱-۲۴.
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۶. تغییر اقلیم. انتشارات دانشگاه زنجان. چاپ دوم.
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۲. بررسی آماری روند بارش سالانه تبریز. مجله فضای جغرافیایی. ش ۱۰. صص ۵۷-۷۲
- غیور، حسنعلی؛ منتظری، مجید؛ ۱۳۸۸. تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر. جغرافیا و توسعه. ش ۱۶. صص ۷۱-۹۲.
- فیضی، وحید؛ فرج زاده، منوچهر؛ نوروزی، رباب؛ ۱۳۸۹. مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من
- کندال. چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام.
- محمدی، حسین؛ تقوی، فرحناز؛ ۱۳۸۴. روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران. پژوهش‌های جغرافیایی. ش ۵۳. صص ۱۷۲-۱۵۱.
- مسعودیان، ابوالفضل؛ ۱۳۸۳. بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته. جغرافیا و توسعه. ش ۳. صص ۸۹-۱۰۶
- مدرسی، فرشته؛ عراقی نژاد، شهاب؛ ابراهیمی، کیومرث؛ خلقی، مجید؛ ۱۳۸۹. بررسی منطقه‌ای پدیده تغییر اقلیم با استفاده از آزمون‌های آماری (مطالعه موردی حوضه آبریز گرگان رود-قره سو). نشریه آب‌وخاک. شماره ۳. صص ۴۷۶-۴۸۹
- Chrysoulakis, N., M. Proedrou and C. Cartalis., 2003. Variations and trends in annual and Seasonal means of perceptible water in Greece as deduced From radiosond measurements. Tech. rep., Institute of Applied Mathematics. University of Athens.
- Koenker, R., 2005. Quintile regression. Cambridge University Press Cambridge.
- Matondo, McLaughlin J.F., Jessica J., Hellmann J.L., Boggs C.L. and Ehrlich P.R., 2002. Climate change hastens population extinctions. PNAS, ECOLOGY, Vol. 99, No. 9, 6073. Sparks,
- Sookjung, H. Youngeun, C., 2007. Recent Trend in Temperature and precipitation Over south Korea. International Journal Journal of climatology.
- Khoshhal Dastjerd, J., Ghavidel Rahimi, Y., 2008, Mann Kendall test is used to estimate changes in Temperature (Case study: Esfahan). Journal of Geographic Space, No. 22, Ss21-38

- Khorshid Dost, Ali Mohamed, Ghavidel Rahimi, Y., Abas Zadeh, K., 2010. Application of Large Scale Models Jvy- Ocean Precipitation Analysis (Case Study: Ahar station), Journal of Geographic Space, No. 29, Ss95-128
- Khorshid Dost, Ali Mohamed, Ghavidel Rahimi, Y., Sani, R., 2009. Predicting the extreme temperatures of the Using time series, Journal of the geographical area, in the ninth, No. 26, Ss31-48
- Azizi, Gh., Roshan, A., 2005. Evaluation of drought-wet and it is possible to predict by using the model Holt-Winters time series on the province, Geographical Research Quarterly, No. 79, Ss48-63
- Asakreh, H., 2007. Spatial-temporal variability of precipitation in Iran during the years 1963 to 2003 statistics, Journal of Geography and Development, No. 10, pp. 145-164.
- Asakreh, H., 1389. Analysis of the mean annual temperature Zanjan, Geography and Development, No. 19, Ss11-24
- Asakreh, H., 1386.2, Statistical analysis of annual rainfall in Tabriz, Journal of Geographic Space, No. 10, pp. 57-72
- Ghaur. H., Montazeri, M., 2009. Comparative analysis of precipitation and drought in the Caspian Basin, geography and development, the 16, pp. 71-92.
- Feizi, V., Farajzadeh, M., Norouzi R., 2010. study of climate change in Sistan and Baluchestan Province -Kndal, Fourth International Congress of the Islamic World Geographers.
- Mohammadi, H., Taghavi, F., 2005. the extreme temperature and precipitation indices in Tehran, GEOGRAPHICAL RESEARCH, no. 53, pp. 172-151.
- Masoodian, A., 2004. Evaluation of temperature trends in the last half century, Geography and Development, No. 3, Ss89-106
- Modarsi, F., Iraqi, Shahab, Abraham, K., Mood, M., 2010. Regional study of the phenomenon of climate change Using statistical tests (Gorgan River Basin Case Study-Gharehsou). Magazine of Soil and Water. No. 3, pp. 476-489