

شناسایی و تحلیل دماهای فرین پایین فراگیر منطقه شمال غرب ایران با استفاده از روش NTD

محمود احمدی^{۱*}، یوسف قویدل رحیمی^۲

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه شهید بهشتی

۲- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه تربیت مدرس تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۵/۲۰

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۴/ ۱۸

چکیده

با استفاده از داده های دمای حداقل روزانه چهار ایستگاه تبریز، ارومیه، اردبیل و زنجان به عنوان ایستگاه های دارای آمار بلند مدت و شاخص منطقه شمال غرب ایران، دماهای فرین مورد تحلیل قرار داده شده اند. برای شناسایی و تحلیل دماهای فرین منطقه شمال غرب از شاخص ابداعی توسط هواشناسان ژاپنی تحت عنوان «انحراف نرمال شده دما» یا NTD استفاده شده است. با استفاده از این روش و با در نظر گرفتن فراسنج های شدت وقوع و وسعت یا فراگیری، ۸۰ روز دمای فرین فراگیر در منطقه شمال غرب ایران مورد شناسایی قرار گرفته است.

نتایج این پژوهش و همچنین نتایج مطالعاتی که قبلاً با استفاده از روش «انحراف نرمال شده دما» انجام گرفته، نشان می دهد که روش مذکور روشی بسیار خوب برای تعیین و تفکیک و تحلیل دماهای فرین روزانه در اقلیم آذربایجان است. با توجه به این که شاخص «انحراف نرمال شده دما» تغییرات روز به روز دما را در هر یک از روزهای سال بر مبنای انحراف میانگین دمای آن روز از متوسط بلند مدت روز مذکور مورد محاسبه قرار می دهد، لذا یکی از عمده ترین مزایای روش NTD قابلیت استفاده آن در مطالعات سینوپتیک و انتخاب روزهای مطالعاتی است.

واژه های کلیدی: دمای فرین پایین، شاخص انحراف نرمال شده دما، منطقه شمال غرب ایران.

مقدمه

دما از مهم ترین عناصر دستگاه اقلیم می باشد که در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر اقلیمی نیز موثر بوده است و از مؤلفه های اصلی در پهنه بندی و طبقه بندی های اقلیمی محسوب می شود ، از این رو نوسانات و تغییرپذیری آن دارای اهمیت علمی و کاربردی است. دما عنصری است که تحت تاثیر الگوها و پدیده های جوی به سرعت دچار تحول می شود و به پویایی جو به شدت حساسیت نشان می دهد. بنابراین تغییرات دما در مدیریت و برنامه ریزی محیط مؤلفه بسیار مهمی به شمار می رود.

با این که در طول زمان مردم منطقه شمال غرب کشور خود را با اقلیم سرد زمستانه آن منطقه سازگار ساخته اند، اما هنوز کاهش شدید دما و موج سرما در دوره سرد سال گاهی غافلگیر کننده است و خسارت های جدی جانی و مالی به مردم شمال غرب ایران وارد می کند. از جمله خسارت های دماهای فرین پایین می توان از بیماری های مرتبط با دما مثل سرما خوردگی، ذات الریه، تشدید آسم، انواع شکستگی ها اشاره نمود. همچنین ترکیدن لوله ها و اتصالات آب، یخبندان سطح معابر و خیابان ها، افزایش مصرف انرژی و افت فشار شبکه های گاز و برق، یخ بستن آب آشامیدنی در منازل و غیره را می توان از مشکل آفرینی های دماهای بسیار پایین دوره سرد محسوب نمود.

چون موضوع این تحقیق دماهای فرین است، لازم است تعریفی از واژه فرین (کرائگین) ارائه شود. در اصطلاح آماری مقادیر فرین چنین تعریف شده است: «در مقایسه با میانگین به مقادیر حدی یا افراطی بالا (مقادیر بسیار بزرگ) و حدی یا افراطی پایین (مقادیر بسیار کوچک) مقادیر فرین

گفته می شود» (Reiss and Thomas, 2007).

مشکلاتی که هر ساله دماهای فرین در مناطق مختلف جغرافیایی به وجود می آورند، باعث شده است که موضوع مطالعه دماهای فرین اهمیت علمی و کاربردی خاصی پیدا کند و ابعاد و اثرات مختلف تغییرات دمایی بویژه افت آن که دماهای فرین را بوجود می آورد، مورد بررسی قرار گیرد. نتایج کارهای آماری نشان از افزایش دماهای فرین زمستانه و تمایل دمای زمستانه کانادا به گرم شدن و کم تر شدن دامنه دماهای حداقل و حداکثر زمستانی از سال ۱۹۰۰ تا ۱۹۹۸ داشته است (Bonsal et al., 2001). پری یتو و همکاران (Prieto et al., 2004) در مطالعه خود در خصوص دماهای فرین زمستانه پنج درصد نهایی توزیع آماری پواسون را به عنوان آستانه ی تفکیک و شناسایی دماهای فرین کمینه قرار داده اند و هفت الگوی گردشی همدید به وجود آورنده ی دماهای فرین کمینه شبه جزیره ی اسپانیا را مورد شناسایی و مطالعه قرار داده اند. یونکاشویچ و همکاران (Unkasevic et al., 2005) اساسی ترین تحقیق را در زمینه مطالعه روند دماهای فرین مورد استفاده قرار داده اند که با استفاده از روش های ساده به نحوی روشن توانسته اند تغییرات روند دماهای فرین بلغارستان را مورد مطالعه قرار دهند و میزان تغییرات مثبت و منفی آن را در طی دوره آماری مشخص نمایند. یکی از پرطرفدارترین نظریه های دنیای علم که به عنوان پارادایم نیز مطرح شده است، پارادایم یا نظریه ی تغییر اقلیم است. از موارد مطروحه در این نظریه که طرفداران آن برای اثبات تغییر اقلیم به آن تاکید می ورزند، تغییراتی است که در روند دماهای فرین نواحی مختلف جهان مشاهده می شود (Alexander and Coauthors, 2006).

۱۴ و ۱۳ تا ۱۵ ساله می باشند. زانگ و همکاران (Zhang et al., 2008) با یک روش شناسی آماری، تغییرات معنی داری که در دماهای فرین کمینه و بیشینه چین مورد محاسبه قرار گرفته، به عنوان مدرک و دلیل تغییر اقلیم در چین مورد استناد قرار دادند. در مطالعه یاد شده بر اساس توزیع احتمال آماری ۱۰ درصد بالایی یا مقادیر بالاتر از ۹۰ درصد از توزیع دماهای فرین بیشینه، به عنوان آستانه تفکیک دماهای فرین بیشینه و دهک آخر یا ۱۰ درصد پایینی توزیع مقادیر دمای فرین کمینه به عنوان آستانه‌ی دماهای فرین کمینه مورد استفاده قرار گرفته است. یونکاسویچ و توشیچ (Unkasevic and Tomic, 2009) ارتباط الگوی پیوند از دور نوسانات اطلس شمالی با دماهای فرین زمستانی بلغراد را بررسی کردند و تاثیر الگوی مذکور بر وقوع و شدت و ضعف دماهای فرین زمستانی را مورد تایید قرار داده اند. نظر به اهمیت دماهای فرین به عنوان یکی از مهمترین جنبه های تغییر اقلیم در قرن ۲۱ که نیازمند حساب‌گری های جدی برای مقابله و مواجهه است، تلاش های زیادی معطوف پیش بینی دماهای فرین بیشینه و کمینه شده است که اغلب این مطالعات با استفاده از مدل های گردش عمومی پیوندی و یا مدل های منطقه ای ارزیابی و پیش بینی تغییر اقلیم انجام گرفته است. نتایج پیش بینی ها در خصوص دماهای فرین حاکی از افزایش دوره استیلای امواج گرما بخصوص در قسمت علیای حوضه رودخانه «یانگ تسه» بویژه دمای شبانه بوده است. برخی از مطالعات مربوط به دماهای فرین با اهداف زیست اقلیمی و بهداشت و سلامتی انجام می گیرد که از جمله مطالعات مذکور می توان به کارها و همکاران (Ha et al., 2009) در خصوص نقش دماهای فرین در مرگ و میر افراد در شهر سنول کره

بر اساس تعریف کانی و همکاران (Cony et al., 2008) امواج سرد و گرم به روزهایی که دماهای فرین پایین و بالا به صورت پی در پی مشاهده شده، اطلاق می شود. امواج مذکور به معنای واقعی کلمه اثرات اقتصادی- اجتماعی بر بهداشت، کشاورزی جوامع و آتش سوزی جنگل ها و مراتع دارند. بر اساس مشاهدات در کشورهای عضو اتحادیه اروپا، اثرات امواج گرم بر بهداشت و مرگ و میر به مراتب از اثرات امواج سرد بیشتر است. زیرا در اوج زمان فعالیت امواج سرد عموم مردم در خانه های خود می باشند و از صدمات سرما در امان هستند. در حالی که امواج گرما منجر به مرگ فوری و زودرس می شود، تلفات و صدمات امواج سرد بعد از مدت زمانی نمایان می شود و احتمالاً به مرگ می انجامد. امروزه مطالعه‌ی دماهای فرین برای متخصصین کشاورزی نیز بسیار اهمیت پیدا کرده است. در این رابطه می توان به مطالعات باندیوپادهیای و همکاران (Bandyopadhyay et al., 2008) اشاره نمود که بر اساس اندازه گیری دماهای فرین روزانه هندوستان، میزان انرژی تابشی رسیده از خورشید را که در کشاورزی و جنگلداری بسیار حایز اهمیت است، اندازه گیری نموده اند. یانگ و همکاران (Yang et al., 2008) از روش صدک ها برای تعیین دماهای فرین شمال غرب چین استفاده نموده اند. نتایج کار آنها نشان داد که توزیع احتمال دماهای فرین سرد و گرم بهنجار نیست. از نظر توزیع زمانی و مکانی دماهای فرین به صورت ناهمگون و نایکنواخت توزیع شده اند که در توزیع مذکور توپوکلیما بسیار موثر بوده است. روند سری های زمانی دماهای فرین و شیب تغییرات آنها شدید و افزایشی است. دماهای فرین بیشینه دارای نوسانات دوره ای ۱۲ تا ۱۴ ساله و دماهای فرین کمینه دارای دو دوره نوسانات ۷ تا

روش های آماری مبتنی بر انحراف معیار دماهای فرین روزانه و شبانه را در شرق چین و کره جنوبی مورد مورد بررسی قرار داده اند. نتایج کار نامبردگان حاکی از افزایش دماهای فرین حداقل روزانه در بخش هایی از شرق چین و کره جنوبی است.

مطالعات انجام گرفته در زمینه مطالعه ی آماری دماهای فرین در ایران کم است. مجرد و جوادی (۱۳۸۹) با استفاده از روش ها و تکنیک های آماری، از جمله تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه، آزمون مقایسه های چندگانه بونفرونی و معادله های رگرسیون چندگانه، دماهای حداقل ایران را مورد مطالعه قرار داده اند و بر مبنای تحلیل خوشه ای، کل ایران از نظر دماهای میانگین حداقل در بازه های زمانی سالانه و فصلی پهنه بندی کرده اند. مسعودیان و دارند (۱۳۸۹) با استفاده از شاخص انحراف نرمال شده و روش خوشه بندی وارد، ایران را به لحاظ وجود و تأثیر سرماهای فرین به ۶ ناحیه تقسیم بندی نموده اند. قویدل رحیمی (۱۳۹۰) در تحقیقی ۸۰ روز دماهای فرین استخراج شده از روش انحراف نرمال شده دما را با الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ارتباط قرار داده و به این نتیجه رسیده است که عامل اصلی وقوع دماهای فرین وجود ناوه ای عمیق بر روی منطقه شمال غرب ایران و واقع شدن منطقه مذکور در غرب ناوه می باشد. وی معتقد است که تمام روزهای مورد مطالعه که از خروجی شاخص انحراف نرمال شده دما و وضعیت فراگیری ایستگاه ها انتخاب شده اند، سرماهای وزشی بوده اند.

در یک جمع بندی کلی می توان گفت که روش های آماری متعددی برای تشخیص و تحلیل دماهای فرین وجود دارند که از بین آنها روش «انحراف نرمال شده ی دما» تا به حال برای تحلیل

جنوبی در فصل زمستان اشاره نمود. نامبردگان با استفاده از یک شاخص کمی به نام شاخص موج سرما که از کسر کردن دمای حداقل روز قبل از روز جاری به دست می آید و ارتباط دادن آن به میزان مرگ و میر رابطه ای معنی دار بین دماهای فرین یا به عبارت دقیق تر، شدت سرما و تعداد افراد فوت شده به دست آورده اند. رابطه ی همبستگی که بین شدت سرما و میزان مرگ و میر افراد در سنول مورد محاسبه قرار گرفته است. در تاخیرهای متعدد چند روزه از ضرایب همبستگی هم زمان، قوی تر بوده است و این نشان دهنده ی اثر تاخیری و ناهمزمان سرماهای شدید بر میزان مرگ و میر است. به عبارت دیگر سرما معمولاً در همان روز موجب مرگ افراد نمی شود بلکه اثرات سرما منتهی به مرگ بر جسم انسان، در چند روز بعد نمایان می شود. مطالعات جدید اهمیت دماهای فرین را تا سر سفره های مردم کشانده است. چرا که مطالعات ثابت کرده که کیفیت نان حاصل از گندم بدست آمده در مزارع و نشاسته ی حاصل از آرد نان به دماهای حداقل و حداکثر فرینی که بر مزارع مستولی شده است، بستگی دارد (Labuschagne et al., 2009). به دلیل اهمیت فزاینده ای که اقلیم شناسی شهر و مجتمع های زیستی پیدا کرده اند، دماهای فرین در نواحی مذکور نیز مورد توجه قرار گرفته است. سن روی و یوان (Sen Roy and Yuan, 2009) روند دماهای فرین حداقل و حداکثر ایستگاه های ایالت مینه سوتا را در نواحی شهری و روستایی مورد مطالعه قرار داده اند. نتایج مطالعه ی مذکور نشان از روند افزایشی دماهای فرین حداکثر در کل ایستگاه ها و روند کاهش دماهای فرین کمینه نواحی روستایی و حومه شهری مینه سوتا داشته است. هانگ می و همکاران (Hongmei et al., 2009) با استفاده از

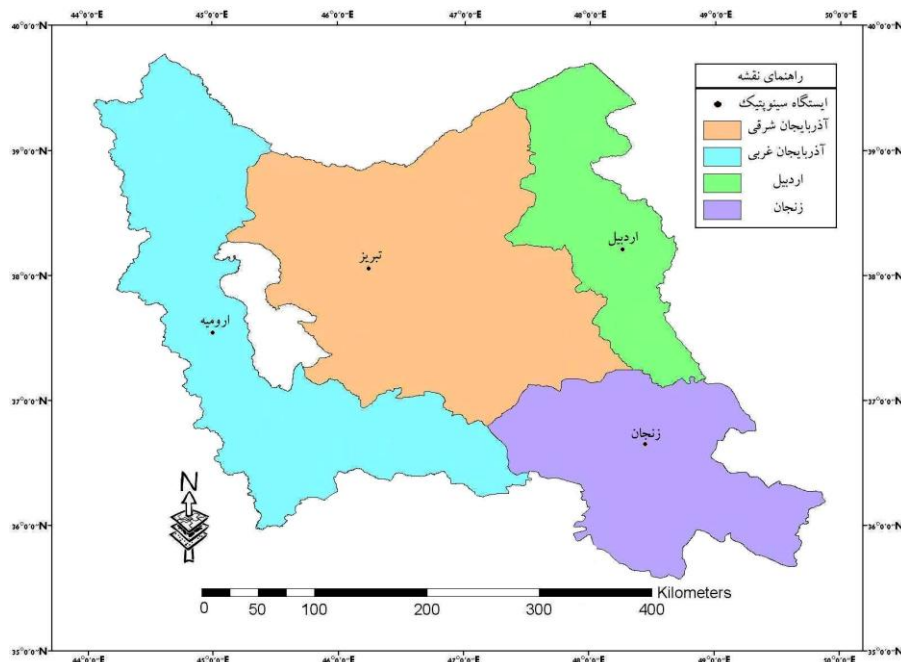
داده های مورد استفاده در این تحقیق، داده های حداقل دمای روزانه چهار ایستگاه شاخص و بلند مدت منطقه شمال غرب ایران، شامل ایستگاه های سینوپتیک تبریز، ارومیه، اردبیل و زنجان است. توزیع ایستگاه های مذکور در منطقه شمال غرب ایران در شکل ۱ و مشخصات آنها در جدول ۱ درج شده است. دوره آماری ایستگاه های تبریز، ارومیه و اردبیل از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۶ میلادی به مدت ۵۶ سال و ایستگاه زنجان از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۶ به مدت ۵۱ سال انتخاب شده است.

الگوهای سینوپتیک مورد استفاده گردیده است و استفاده از روش مذکور برای شناسایی و تحلیل دماهای فرین مورد غفلت بوده که در این مطالعه روش مذکور برای ایستگاه های مرجع شمال غرب کشور مورد آزمون قرار داده شده است. بر این اساس این تحقیق در صدد تعیین، محاسبه آستانه و شناسایی ویژگی های آماری دماهای فرین پایین زمستانی منطقه شمال غرب ایران (آذربایجان) با استفاده از روش انحراف نرمال شده ی دما یا روش فومیایکی و همکاران می باشد.

مواد و روش ها

جدول ۱- مشخصات ایستگاه های مورد مطالعه در شمال غرب ایران

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری (سال)	ابتدا (سال)	انتهای (سال)
تبریز	۴۶°/۱۷'	۳۸°/۰۵'	۱۳۶۱	۵۶	۱۹۵۱	۲۰۰۶
ارومیه	۴۵°/۰۵'	۳۷°/۳۲'	۱۳۱۶	۵۶	۱۹۵۱	۲۰۰۶
اردبیل	۴۸°/۱۷'	۳۸°/۱۵'	۱۳۳۲	۵۶	۱۹۵۱	۲۰۰۶
زنجان	۴۸°/۲۹'	۳۶°/۴۱'	۱۶۶۳	۵۱	۱۹۵۶	۲۰۰۶



شکل ۱- موقعیت ایستگاه های شاخص منطقه شمال غرب ایران

با توجه به طول دوره آماری هر یک از ایستگاه ها، حجم نمونه برای ایستگاه های تبریز، ارومیه و اردبیل برابر ۲۰۴۵۴ (۵۶ سال * ۳۶۵ روز + ۱۴ روز از سال های کبیسه) روز و برای ایستگاه زنجان برابر با ۱۸۶۲۸ (۵۱ سال * ۳۶۵ روز + ۱۴ روز از سال های کبیسه) بوده است. داده های مذکور از مرکز خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور اخذ شده است. روش های مختلفی برای تعیین آستانه برای دماهای فرین ذکر شده است. مثلاً برخی محققین روسی ۵ درصد پایین توزیع مقادیر دمای حداقل را شاخص شناخت و تفکیک دماهای فرین قرار داده اند و مقادیر کمتر از عدد آستانه شاخص را به عنوان دماهای فرین قلمداد کرده اند. محققین کانادایی بر اساس روش دهک ها، دهک آخر و بزرگترین عدد آن را شاخص شناخت دماهای فرین قرار داده اند و ارقام دمایی کمتر از آن را به عنوان دماهای فرین در نظر گرفته اند (Della Marta, 2006).

به منظور محاسبه و تفکیک روزهای توأم با دماهای فرین از روش انحراف نرمال شدهی دما استفاده شده است. برای این که شاخص های روش انحراف نرمال شدهی دما برای تمام ایام سال مورد استفاده باشد، شاخص ها بر مبنای انحراف از میانگین بلند مدت روزانه (از بدو تاسیس ایستگاه ها تا سال ۲۰۰۶) ایستگاه ها استوار شده است. برای محاسبه شاخص ها ابتدا میانگین دمای بلند مدت هر یک از ایستگاه ها برای هر روز از سال به شرح زیر محاسبه شده است:

$$\overline{T \min_{ij}} = \sum_{1951}^{2006} T \min_{ijn} / N \quad (۱)$$

رابطه (۱) که در این معادله: N عبارت از مجموع تعداد روزها به استثنای مقادیر گم شده است و

رابطه (۲) $\Delta T \min_{ijn} = \overline{T \min_{ijn}} - T \min_{ij}$ روز های ۲۹ فوریه ی در سال های کبیسه $\overline{T \min_{ij}}$ در معادله ی فوق جای خود را به میانگین مربوط به روزهای ۲۸ فوریه و ۱ مارس داده اند. در معادله ی فوق: $\Delta T \min_{ijn}$ انحراف دمای حداقل از میانگین اقلیمی، $T \min_{ijn}$ دمای حداقل ایستگاه i، در روز j از سال n و $\overline{T \min(i, j)}$ میانگین دمای حداقل ایستگاه i در روز j هستند.

فرین بودن یا میزان اختلاف دماهای حداقل ($\Delta T \min$) بستگی به تغییرپذیری روز به روز دما دارد که به ازای فصل ها و مناطق دستخوش تغییر می شود. واریانس $\Delta T \min$ در ماه ۳۱ روزه که در هر روز - تقویم مرکزیت دارد، به عنوان شاخص تغییرات روز به روز به شکل رابطه ۳ زیر مورد محاسبه قرار گرفت:

$$\sigma_{ij}^2 = \sum_{1951}^{2006} \sum_{j=j-16}^{j+16} \left[(T \min_{ijn} - \overline{T \min_{ij}}) \right]^2 / 31N \quad (۳)$$

که در آن:

$$\overline{\Delta T \min_{ij}} = \sum_{1951}^{2006} \sum_{j=j-16}^{j+16} \Delta T \min_{ij} / 31N \quad \text{رابطه (۴)}$$

۱- در مقایسه با متوسط دمای حداقل روزانه، تبریز دارای بالاترین و اردبیل دارای پایین ترین میانگین روزانه دما در بین ایستگاه های مورد مطالعه هستند.

۲- با توجه به مقادیر مربوط به فراسنج های پراکندگی مثل انحراف معیار، پراش و ضریب تغییر معلوم می شود که در بین ایستگاه های مورد مطالعه دمای حداقل روزانه ایستگاه تبریز نسبت به سه ایستگاه دیگر نوسانات زمانی کمتری دارد و منظم تر و قابل اعتماد تر است. از این حیث دمای حداقل روزانه ایستگاه اردبیل دارای نوسانات زمانی شدیدتری نسبت به دیگر ایستگاه های منطقه شمال است و از این رو توزیع زمانی آن بی نظم و غیرقابل اعتماد می باشد.

۳- کمینه دماهای حداقل منطقه شمال غرب ایران در روز ۳ فوریه ۱۹۸۹ (۱۴ بهمن ۱۳۶۷) در ایستگاه اردبیل و بیشینه دماهای حداقل در روز ۱۷ اوت ۱۹۷۹ (۲۶ مرداد ۱۳۵۸) به ثبت رسیده است.

۴- مقادیر میانگین، انحراف معیار، میانه و چولگی نشان دهنده عدم تقارن و بی نظمی توزیع زمانی دماهای فرین در ایستگاه های منطقه شمال غرب ایران هستند که در این میان اردبیل دارای نامتقارن ترین و تبریز دارای متقارن ترین توزیع زمانی دماهای فرین در بین ایستگاهی منطقه شمال غرب ایران می باشند.

می باشد. سپس میانگین متحرک نه روزه سه مرتبه برای $\overline{\sigma_{ij}^2}$ به کار گرفته شد تا محاسبه ی $\Delta T \min_{ij}$ انجام گیرد (Fumiaki et al., 2007). انحراف نرمال شده ی دما از طریق فرمول:

$$X_{ijn} = \Delta T \min_{ijn} / \overline{\sigma_{ij}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

تعریف شده است که در آن

$$\overline{\sigma_{ij}} \equiv \sqrt{\overline{\sigma_{ij}^2}} \quad \text{رابطه (۶)}$$

می باشد. مقادیر مربوط به ۲۹ فوریه سال های کبیسه همانند معادله های ۱ و ۲ مورد محاسبه قرار گرفتند. در روش فومیاکی و همکاران (Fumiaki et al., 2007) مقادیر معادل یا کمتر از ۲- انحراف از نرمال دما یا $X_{ijn} > -2$ روز در هر ماه به عنوان شاخص یا آستانه ی فراوانی دماهای فرین حداقل به کار رفته که در این مطالعه نیز از همین معیار برای شناسایی روزهای توام با دماهای فرین استفاده شده است.

ویژگی های آماری دماهای فرین ایستگاه های شمال غرب

ویژگی های آمار توصیفی ایستگاه های منطقه شمال غرب در جدول ۲ درج شده اند. مهم ترین نکات جدول ۲ عبارتند از:

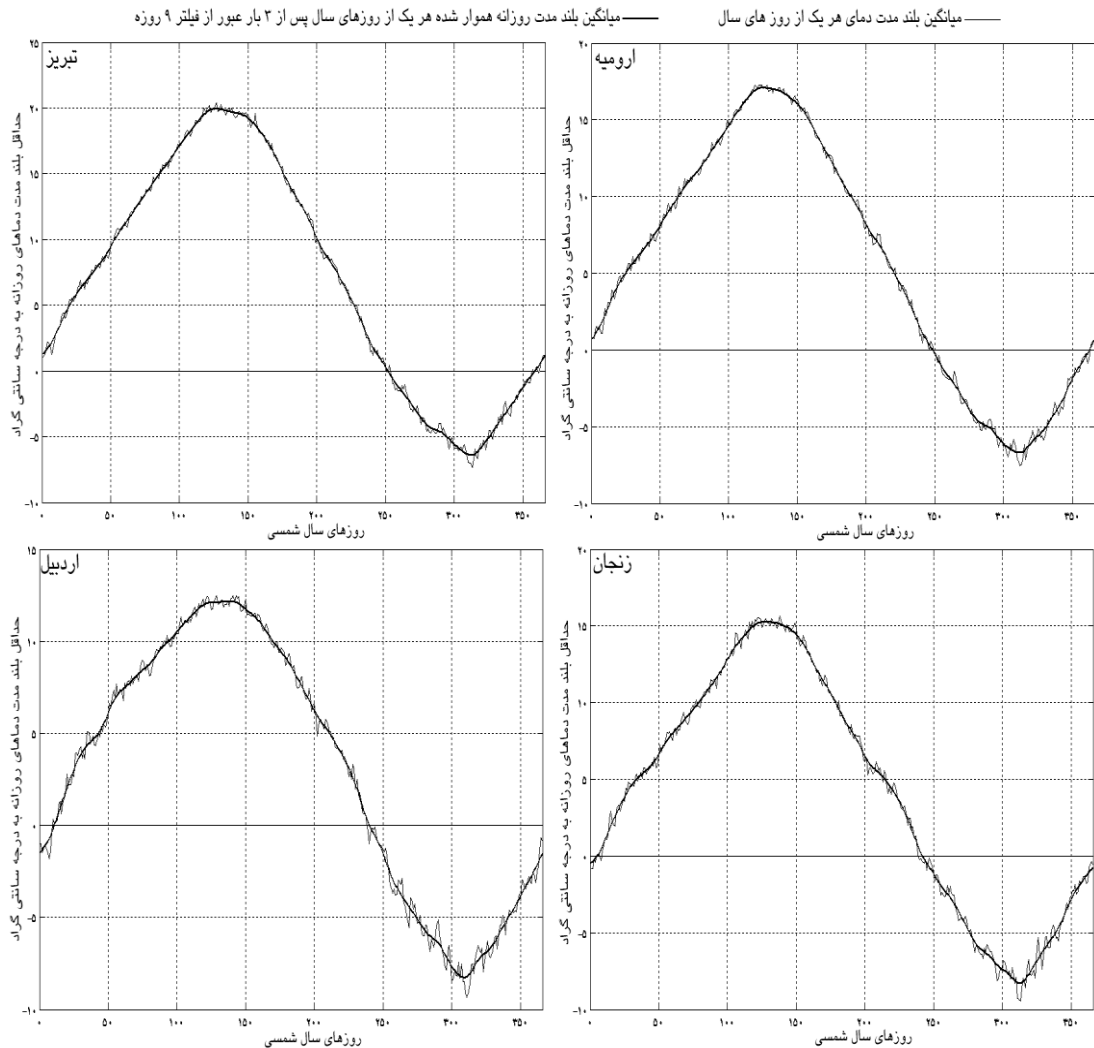
جدول ۲- ویژگی های آماری گرایش به مرکز و پراکندگی داده های دمای روزانه ایستگاه های شمال غرب ایران

فراسنج / ایستگاه	تبریز	ارومیه	اردبیل	زنجان	منطقه شمال غرب
حجم نمونه به روز	۲۰۴۵۴	۲۰۴۵۴	۲۰۴۵۴	۱۸۶۲۸	۲۰۴۵۴
میانگین	۶/۹۴	۵/۴۷	۳/۰۷	۴/۰۸	۴/۹۳
انحراف معیار	۹/۳	۸/۳۸	۷/۹۸	۸/۴۸	۸/۰۷
پراش	۸۶/۵۶	۷۰/۲۹	۶۳/۷	۷۱/۹	۶۵/۲۵
ضریب تغییر	٪ ۱۳۳/۹	٪ ۱۵۳/۲۶	٪ ۲۵۹/۷۷	٪ ۲۰۷/۶	٪ ۱۶۳/۸۴
کمینه	-۲۵	-۲۲	-۳۳/۸	-۳۰	-۲۰/۸۷
چارک اول	-۰/۴	-۱	-۲/۵	-۲	-۱/۶
میانه	۷	۶	۴	۵	۵/۶
چارک سوم	۱۵	۱۲/۴	۹/۶	۱۱	۱۱/۹
بیشینه	۲۸	۲۳	۲۱	۲۳/۲	۲۱
دامنه	۵۳	۴۵/۸	۵۴/۸	۵۳/۲	۴۱/۸۷
چولگی	-۰/۱۸	-۰/۲۸	-۰/۶۷	-۰/۴۹	-۰/۲۷

تعیین و شناسایی دماهای فرین فراگیر

خروجی های روش «فومیاکی» که از آن تحت عنوان شاخص «انحراف نرمال شده ی دمای روزانه» نیز یاد می شود، در هشت خروجی مربوط به هم خلاصه می شوند. اولین خروجی میانگین بلند مدت دماهای روزانه است که برای هر یک از روزهای سال اندازه گیری می شود و تغییرات بلند مدت روز به روز دما را نشان می دهد (شکل ۲). دومین خروجی نمودار هموار شده تغییرات بلند مدت شاخص دمای روزانه به وسیله فیلتر (میانگین متحرک) ۹ روزه است (شکل ۲). سومین خروجی انحراف بلند مدت روز به روز دما، چهارمین خروجی واریانس انحراف بلند مدت روز به روز دما، پنجمین خروجی واریانس هموار شده انحراف دما، ششمین خروجی ارقام استاندارد شده ی انحرافات دمایی بعد از هموار نمایی، هفتمین

خروجی سری زمانی انحرافات دمای ایستگاه ها و آخرین و مهم ترین خروجی روش فومیاکی و همکاران (Fumiaki et al., 2007) عبارت از سری زمانی یا شاخص «انحراف نرمال شده ی دمای روزانه» است. پس از محاسبه هر یک از خروجی های هشت گانه از طریق برنامه نویسی در نرم افزار MATLAB، مدل های گرافیک خروجی های یاد شده رسم شده اند. در سری اول مدل های گرافیکی یاد شده خروجی اول و دوم برای مقایسه و فهم آسان تر، در کنار هم رسم شد. در مدل رسمی یا نمودار خطی یاد شده، تغییرات دمای بلند مدت روز به روز و هموار شده از طریق صافی (میانگین متحرک) ۹ روزه برای هر یک از ایستگاه های مورد مطالعه در یک نمودار خطی نسبت به هم رسم شده که در شکل ۲ نمودار ایستگاه ها درج گردیده است.



شکل ۲- تغییرات روز به روز متوسط دمای روزانه و متوسط دمای روزانه هموار شده با فیلتر ۹ روزه برای ایستگاه ها

فهم آسان تر تغییرات در یک نمودار (شکل ۳) ترسیم شده است.

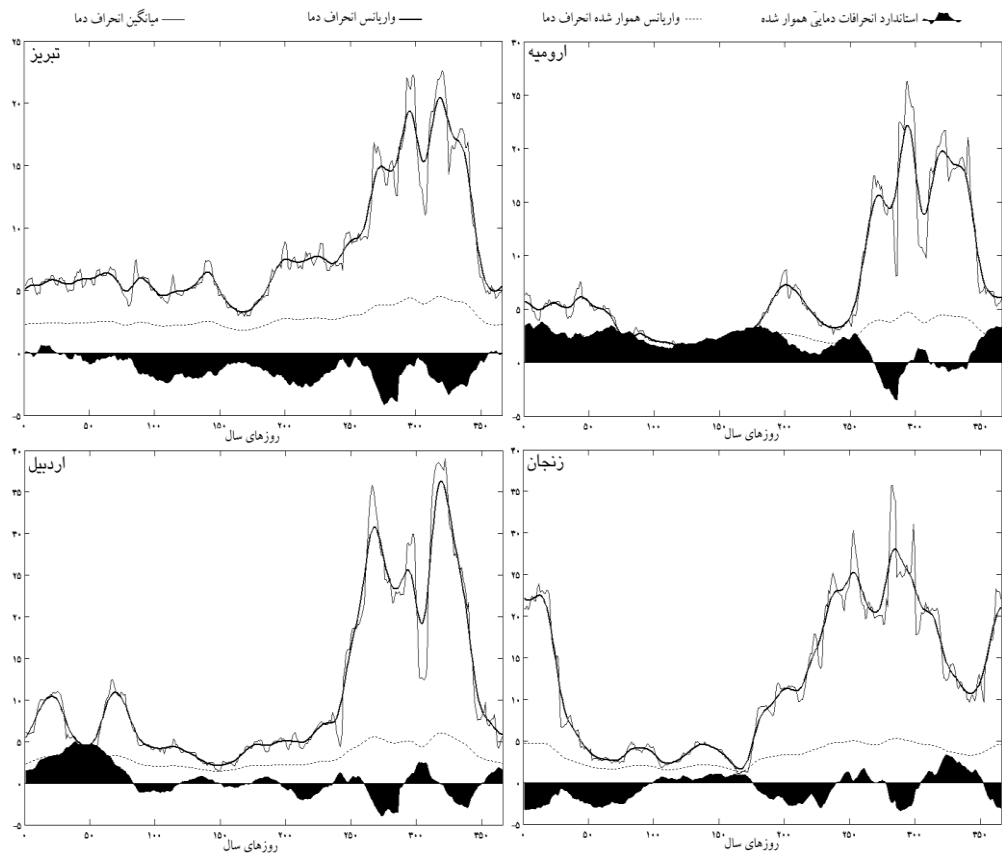
با توجه به ملاک های شدت و فراگیری روزهای مورد مطالعه از بین روزهای دارای دماهای فرین پایین انتخاب گردید. روزهای انتخابی که در آنها دماهای فرین سرد بر کل ایستگاه ها حاکم بوده، ۸۰ روز بوده اند. در جدول ۳ روزهای مورد مطالعه ایستگاه های منطقه شمال غرب بر اساس شدت شاخص انحراف نرمال شده ی دمای فرین پایین به همراه مقادیر شاخص انحراف نرمال شده ی دمای روزانه برای هریک از ایستگاه ها درج شده است. چون دوره زمانی و طول دوره ی آماری ایستگاه ها متفاوت از همدیگر می باشند، لذا در

با توجه به نمودارهای ترسیم شده برای هر یک از ایستگاه ها، معلوم می شود که صافی ۹ روزه تا حد بسیار زیادی توانسته ناهنجاری های روز به روز دمای ایستگاه های مورد مطالعه را تقلیل و هموار نماید.

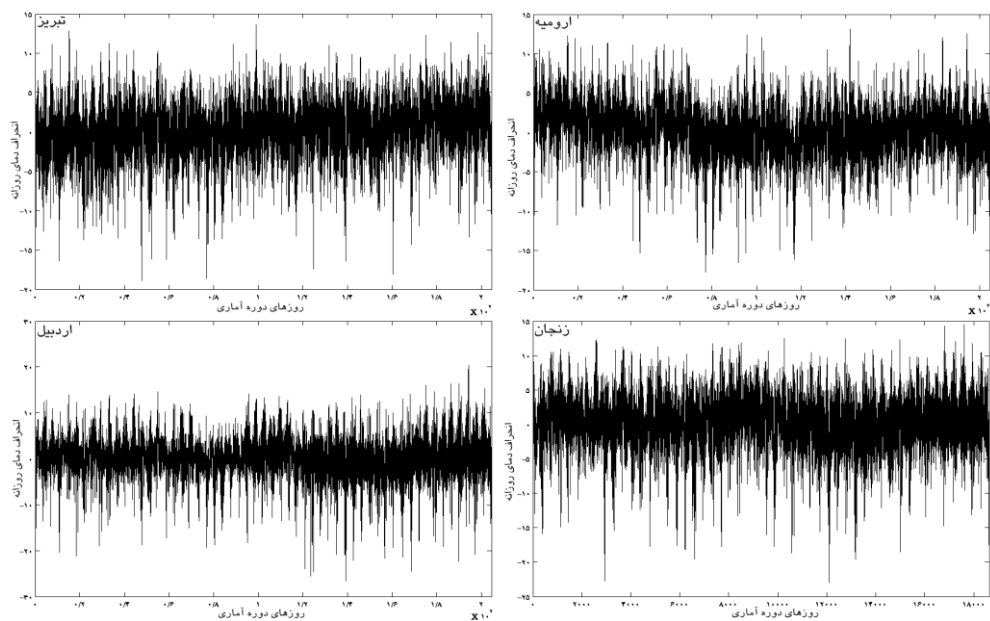
سری های زمانی مربوط به خروجی های سوم تا ششم هر یک از ایستگاه های منطقه شمال غرب ایران که شامل سری های مربوط به انحراف بلند مدت روز به روز دما، واریانس انحراف بلند مدت روز به روز دما، واریانس هموار شده انحراف دما و ارقام استاندارد شده ی انحرافات دمایی بعد از هموار نمایی می باشند، برای مقایسه راحت تر و

نرمال شده ی دمای روزانه، علامت تیره در جدول درج شده است (شکل های ۴ و ۵).

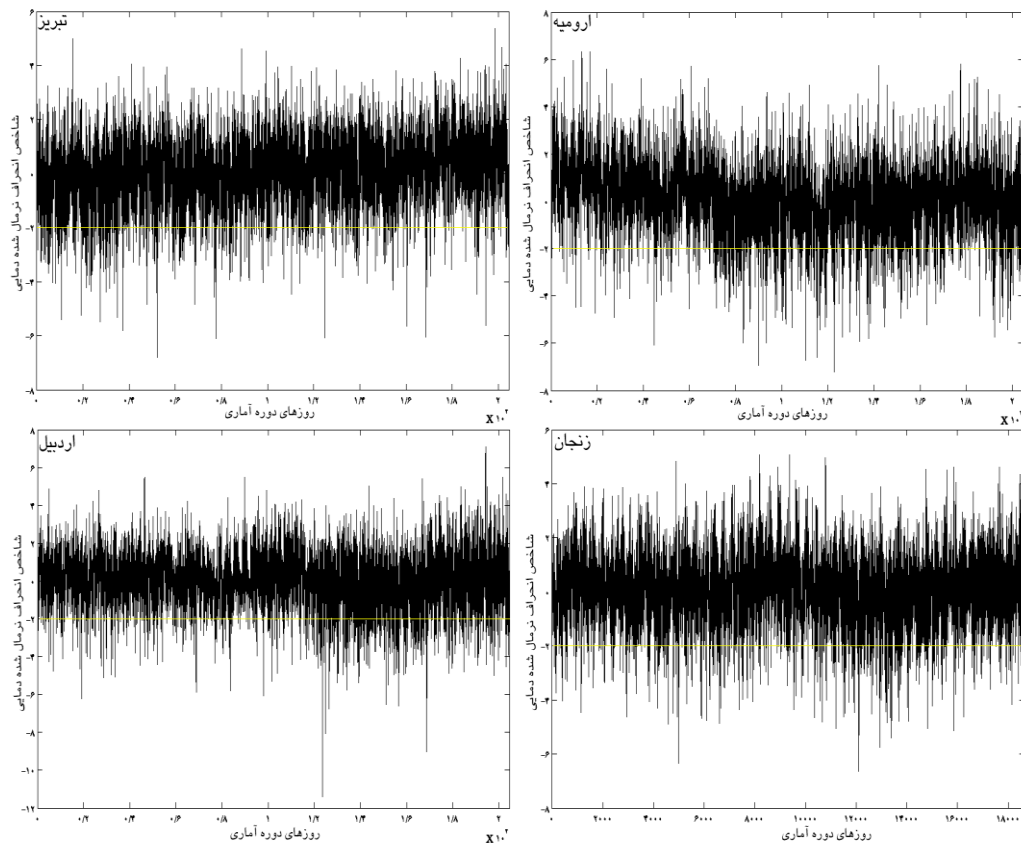
بعضی از روزهای مطالعه اکثر ایستگاه فاقد دمای ثبت شده هستند و بجای مقدار شاخص انحراف



شکل ۳- سری های مربوط به انحراف بلند مدت روز به روز دما، واریانس انحراف بلند مدت روز به روز دما، واریانس هموار شده



شکل ۴- انحراف متوسط دمای روزانه هر یک از ایستگاه های مورد مطالعه از متوسط بلند مدت دمای روزانه



شکل ۵- شاخص انحراف نرمال شده دمای روزانه ایستگاه های منطقه شمال غرب ایران

مقایسه ی ارقام مندرج در جدول ۳ با آستانه ۲- خیلی شدیدتر از عدد آستانه ۲- معیار از شاخص انحراف معیار از شاخص انحراف نرمال شده ی دما، نشان می دهد که در اکثر روزهای انتخابی، مقادیر شاخص نشان دهنده ی دماهای فرین، جدول ۳- روزهای انتخابی دوره سرد سال و مقادیر انحراف نرمال شده دما (علامت* نشانگر سردترین ایستگاه در روز

(منتخب)

۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	ترتیب بر اساس شدت وقوع
۳۰ ژانویه ۱۹۶۴	۹ مارس ۱۹۵۹	۲۱ ژانویه ۱۹۶۴	۲ آوریل ۱۹۸۱	۱ دسامبر ۱۹۵۳	۲۰ ژانویه ۱۹۶۴	۲۴ ژانویه ۱۹۶۴	۲۴ اکتبر ۱۹۷۷	روز منتخب
-۴/۱۹*	-۴/۳۷*	-۴/۰۳	-۴/۴۷	-۵/۰۱*	-۴/۸۳*	-۴/۳۳*	-۳/۶	تبریز
-۲/۶۶	-۳/۶۸	-۳/۶۰	-۶/۷۱*	-۴/۴۹	-۳/۳۵	-۳/۹۶	-۴/۶۱	ارومیه
-۲/۵	-۳/۸۴	-۴/۱۱*	-۴/۴۳	-۲/۲۵	-۳/۹۹	-۲/۴۲	-۶/۰۸*	اردبیل
-۳/۸۶	-۳/۳۹	-۳/۷۴	-۲	-	-۳/۷۵	-۴/۱۵	-۲/۸۸	زنجان
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	ترتیب بر اساس شدت وقوع

روز منتخب	۳۰ نوامبر ۱۹۵۳	۲۵ ژانویه ۱۹۶۴	۲۳ اکتبر ۱۹۷۷	۲۲ ژانویه ۱۹۶۴	۸ نوامبر ۱۹۷۳	۲۴ ژانویه ۱۹۷۲	۱۱ فوریه ۱۹۷۲	۷ نوامبر ۱۹۷۳
تبریز	*-۵/۴۱	-۴/۲۴	-۴/۰۳	-۴/۷۳	-۳/۹۲	-۴/۵۷	-۳/۲۰	-۲/۸۹
ارومیه	-۴/۳۶	-۳/۸۷	-۲/۸۸	-۳/۵۶	-۴/۷۷	-۲/۶۶	-۳/۸۵	*-۴/۸۴
اردبیل	-۲	-۲/۲۴	-۴/۰۴	-۲/۷۰	*-۵/۷۸	-۲/۸۱	-۲	-۴/۷۵
زنجان	-	-۳/۲۶	-۲/۴۱	-۳/۲۹	-۳/۰۷	-۲	*-۴/۵۶	-۲/۹۵
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴
روز منتخب	۷ دسامبر ۱۹۹۴	۸ مارس ۱۹۵۹	۲۳ ژانویه ۱۹۶۴	۸ دسامبر ۱۹۸۲	۹ دسامبر ۱۹۸۲	۶ آوریل ۲۰۰۴	۲۱ ژانویه ۱۹۷۲	۲۰ نوامبر ۲۰۰۱
تبریز	*-۵/۱۶	*-۴/۲۱	-۳/۶۶	-۲/۷۳	-۲/۵۷	-۴/۴۲	-۳/۵۲	-۲/۹۶
ارومیه	-۳	-۲/۸۱	-۳/۵۱	*-۳/۸۶	*-۴/۰۵	-۳/۹۷	-۳/۰۶	*-۴/۸۴
اردبیل	-۳/۷۲	-۴/۱	-۲	-۲	-۲/۵۲	*-۴/۴۳	*-۳/۷۸	-۲/۰۴
زنجان	-۲/۵۸	-۲/۸۹	*-۳/۷۱	-۲/۱۹	-۲/۹۱	-۲/۰۸	-۳/۳۰	-۳/۰۵

ادامه جدول ۳

روز منتخب	۲ دسامبر ۱۹۵۳	۴ مارس ۱۹۸۵	۱۰ فوریه ۱۹۷۲	۵ مه ۱۹۹۲	۲۴ فوریه ۱۹۷۲	۲۱ فوریه ۱۹۵۹	۲۰ ژانویه ۱۹۷۲	۲۵ دسامبر ۱۹۷۲
تبریز	*-۳/۹۵	*-۵/۸۳	-۲/۹	-۳/۲۷	-۳/۳۳	-۳/۲۶	-۳/۰۴	-۲/۵۹
ارومیه	-۳/۸۸	-۳/۸۴	*-۳/۸۱	-۳/۲۹	-۴/۱	-۲/۱۴	-۲/۸۱	*-۴/۸
اردبیل	-۲/۳۸	-۶/۷۷	-۲	*-۶/۵۳	-۲/۱۵	-۳/۳۹	*-۴/۳۳	-۲/۴
زنجان	-	-۳/۰۸	-۲/۵۷	-۳/۵۷	*-۴/۶۸	*-۴/۴۶	-۲/۲۲	-۳/۲
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۳۳	۳۴	۳۵	۳۶	۳۷	۳۸	۳۹	۴۰
روز منتخب	۲۱ آوریل ۱۹۸۷	۲۶ فوریه ۱۹۷۲	۲۳ فوریه ۱۹۷۲	۲۴ دسامبر ۱۹۷۲	۱۸ نوامبر ۱۹۵۲	۳ فوریه ۱۹۶۷	۲ مه ۱۹۸۴	۱۲ آوریل ۱۹۹۷
تبریز	-۳/۸۴	-۲/۷۶	-۲/۹۴	-۲/۶۱	-۲/۶۴	*-۳/۶	-۲/۷۶	-۳/۶۹
ارومیه	*-۴/۸	*-۴/۶۷	*-۴/۲۳	*-۳/۳	-۲/۶	-۲/۲۴	-۳/۱۳	*-۳/۷۲
اردبیل	-۴/۴۴	-۲	-۲/۸۶	-۲/۸۷	*-۴/۲۳	-۲/۸۷	-۴/۵۹	-۲/۸۷
زنجان	-۳	-۴/۵	-۴	-۲/۸۹	-	-۳/۰۳	*-۴/۶۶	-۲/۵۴
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۴۱	۴۲	۴۳	۴۴	۴۵	۴۶	۴۷	۴۸

روز منتخب	۴ فوریه ۱۹۸۹	۲۲ فوریه ۱۹۷۲	۲۸ اکتبر ۱۹۷۷	۲۳ نوامبر ۱۹۵۸	۱۵ نوامبر ۱۹۵۲	۷ فوریه ۱۹۹۷	۲ مارس ۱۹۸۵	۲۴ دسامبر ۱۹۵۳
تبریز	-۲/۰۹	-۲/۳۳	-۲/۵۴	-۲/۵۸	-۴/۰۲*	-۲/۰۱	-۵/۳۱*	-۲/۳۵
ارومیه	-۲/۱۲	-۳/۶۴*	-۳/۶۵*	-۳/۵۷	-۲/۳۸	-۲/۰۷	-۳/۶۸	-۲/۲۵
اردبیل	-۳/۶۸	-۳/۰۸	-۳/۰۵	-۳/۵۹*	-۲/۴۳	-۲/۲۸	-۲/۸۴	۴/۱۲*
زنجان	-۴/۲۷*	-۳/۶۳	-۲/۰۶	-۲/۰۶	-	-۲/۷۶*	-۴/۸۲	-
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۴۹	۵۰	۵۱	۵۲	۵۳	۵۴	۵۵	۵۶
روز منتخب	۲۶ دسامبر ۱۹۷۲	۵ فوریه ۱۹۸۹	۱۷ آوریل ۱۹۶۱	۱ فوریه ۱۹۷۲	۲۴ آوریل ۱۹۹۳	۷ فوریه ۱۹۶۸	۲۰ نوامبر ۱۹۵۲	۱۵ دسامبر ۲۰۰۲
تبریز	-۲/۳	-۲/۲۳	-۳/۴۷*	-۳/۰۹*	-۳	-۲/۹۴	-۲/۸۲	-۲/۵*
ارومیه	-۳/۲۶*	-۲/۰۶	-۲/۳۴	-۲/۲	-۲/۹۵	-۲/۳۴	-۳/۴۶*	-۲
اردبیل	-۲	-۳/۵۲	-۲/۸۳	-۲	-۳/۷۴*	-۲/۴۱	-۲/۱	-۲
زنجان	-۳/۱۳	-۴/۳۹*	-۲/۱۴	-۲/۳۹	-۲/۹۱	-۳/۱۵*	-	-۲/۴۹

ادامه جدول ۳

روز منتخب	۱۴ ژانویه ۱۹۶۴	۱۷ آوریل ۱۹۸۰	۱۲ ژانویه ۱۹۶۴	۵ ژانویه ۱۹۶۴	۲۶ مارس ۱۹۵۶	۱۳ ژانویه ۱۹۶۴	۲۰ ژانویه ۱۹۹۳	۶ فوریه ۱۹۶۸	۶۴
تبریز	-۳/۴۲*	-۳/۸۹*	-۲/۴۵	-۳/۱۳*	-۲/۱۶	-۲	-۲/۰۲	-۳/۱*	۶۳
ارومیه	-۳/۲۵	-۳/۲	-۲/۴۶	-۲/۳۵	-۲	-۲/۹۵	-۲	-۲/۰۹	۶۲
اردبیل	۲	-۲/۵	-۲	-۲/۶۹	-۴/۲۲*	-۲/۱۹	-۳/۷۷*	-۲/۴۶	۶۱
زنجان	-۳/۰۲	-۲/۱۴	-۴/۶۱*	-۲/۶۲	-۲/۳۷	-۳/۸۲*	-۲/۵۲	-۲/۵۵	۶۰
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۶۵	۶۶	۶۷	۶۸	۶۹	۷۰	۷۱	۷۲	۵۹
روز منتخب	۶ نوامبر ۱۹۵۳	۱۳ ژانویه ۱۹۷۳	۲ فوریه ۱۹۷۲	۲۶ ژانویه ۱۹۷۲	۹ ژانویه ۱۹۶۴	۱۴ ژانویه ۱۹۸۳	۱۰ ژانویه ۱۹۶۴	۲۷ دسامبر ۱۹۷۲	۵۸
تبریز	-۲/۹۶*	-۲/۱۲	-۲/۶۷*	-۳/۶۹*	-۲/۷۱	-۲/۲۸	-۲/۲۳	-۲/۰۱	۵۷
ارومیه	-۲/۲۳	-۲/۸۶	-۲/۲۲	-۲/۵۵	-۲/۴۳	-۲/۴۱	-۲/۲۱	-۲	۵۶
اردبیل	-۲/۶	-۳/۲۵*	-۲	-۲	-۲	-۲/۴۳	-۲	-۲/۰۴	۵۵
زنجان	-	-۲/۴۲	-۲	-۲	-۳/۳۸*	-۲/۴۸*	-۳/۵۸*	-۳/۴۶*	۵۴
ترتیب بر اساس شدت وقوع	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۵۳
روز منتخب	۱۹ ژانویه ۱۹۸۲	۸ فوریه ۱۹۵۱	۲۵ دسامبر ۱۹۶۷	۳۱ دسامبر ۲۰۰۶	۲۴ مارس ۱۹۶۸	۲۳ دسامبر ۱۹۵۳	۲۳ دسامبر ۱۹۵۳	۱۸ آوریل ۱۹۸۰	۵۲
تبریز	-۲/۱۳	-۲/۵۴	-۳/۳۸*	-۲	-۲/۰۳	-۲/۳۸*	-۲/۳۸*	-۲/۷	۵۱
ارومیه	-۲/۱۱	-۲	-۲/۲۳	-۲/۶۵	-۲/۲۱	-۲/۰۱	-۲	-۳/۷۱*	۵۰

اردبیل	*-۲/۳۴	*-۲/۶۳	-۲/۴	-۲/۷	*-۳/۷۴	-۲/۳	*-۳/۳۲	-۲/۲۷
زنجان	-۲/۲۳	-	-۲/۴۲	*-۳/۵۲	-۲/۳۱	-	-	-۲/۲۷

شده یک موج فرین دمایی شش روزه است. موج سرمای فرین یاد شده در روز ۲۰ ژانویه سال ۱۹۶۴ شروع و در روز ۲۵ ژانویه سال ۱۹۶۴ پایان یافته است. متوسط دمای ایستگاه های منطقه در طول این موج سرمای فرین تقریباً به ۲۳- درجه سانتی گراد رسیده است. پس از موج شش روزه مذکور یک موج فرین سرد چهار روزه از ۲۴ تا ۲۷ دسامبر ۱۹۷۲، ۳ موج فرین سرد سه روزه و ۱۲ موج فرین سرد دو روزه، امواج سرد فرین داخل در ۸۰ روز نمونه مطالعاتی فراگیر و وسیع در منطقه شمال غرب ایران می باشند.

با توجه به این که شاخص انحراف نرمال شده دما تغییرات بلند مدت میانگین و انحراف معیار هموار شده دما را برای شناسایی و درجه بندی شدت دمای فرین روزانه ملاک عمل قرار می دهد، لذا وقوع دمای فرین با شاخص کمتر از ۲- انحراف معیار می تواند دلیل غیر معمول بودن وقوع دمای فرین باشد. با توجه به ملاک فراگیری وقوع دماهای غیر معمول فراگیر و شدید می تواند به احتمال قریب به یقین علت و ماهیت همدید داشته باشد. با توجه به این امر یکی از مهم ترین کاربرد های شاخص انحراف نرمال شده دما می تواند شناسایی روزهایی باشد که دمای فرین بر اثر عوامل سینوپتیک ایجاد شده اند. با توجه به این که کاربرد شاخص یاده شده دما برای تحلیل سینوپتیک دماهای فرین، برای منطقه شمال غرب ایران مورد استفاده قرار گرفته و نتایج بسیار خوب و جالب توجهی داده، پیشنهاد می شود برای بررسی و تحلیل دماهای فرین بالا و پایین مناطق مختلف کشور از این شاخص استفاده شود. کاربرد این شاخص انحراف قابلیت آن را دارد که اقلیم

بر مبنای آستانه کمتر از ۲- انحراف معیار از شاخص انحراف نرمال شده دما تعداد روزهای توأم با دمای فرین در ایستگاه تبریز ۱۰۸۸ روز، ارومیه ۱۳۵۸ روز، اردبیل ۱۳۶۳ روز و زنجان ۱۳۵۶ روز مورد محاسبه قرار گرفت.

بحث و نتیجه گیری

نتایج اعمال شاخص انحراف نرمال شده دما که در این مطالعه برای شناسایی و مدل سازی دماهای فرین مورد استفاده قرار گرفته، نشاندهنده قابلیت خوب و قابل قبول روش مذکور دارد. با توجه به این که شاخص انحراف نرمال شده دما تغییرات بلند مدت روز به روز دما را به همراه انحراف معیار برای تشخیص و تفکیک روزهای توأم با دمای فرین ملاک قرار می دهد، شاخص نتایج بسیار نزدیک به واقعیتی به دست می دهد. از مزایای دیگر شاخص انحراف نرمال شده دما استفاده سه مرتبه ای از میانگین متحرک ۹ روزه به عنوان فیلتر نویزگیر است که معایب استفاده از میانگین حسابی را تا حدی برطرف می کند.

اعمال شاخص انحراف نرمال شده دما نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه فقط ۸۰ روز دمای فرین فراگیر وجود داشته است. از میان ۸۰ روز دمای فرین فراگیر و شدید منطقه شمال غرب، چندین دوره متوالی دمای فرین مشاهده گردید که از آنها تحت عنوان دوره های متوالی سرما یا به عبارت تخصصی تر امواج سرد، یاد می شود. موج سرمای فرین یا امواج فرین سرد به توالی روزهای توأم با دماهای فرین اطلاق می شود. در ۸۰ روز مورد مطالعه ۱۷ موج فرین سرد در منطقه شمال غرب ایران مورد شناسایی قرار گرفت که متداوم ترین یا مستمرترین امواج یاد

فرین تشعشی (که عمدتاً بر اثر عواملی چون توپوگرافی و ارتفاع و نه عوامل سینوپتیک حادث می شوند) تفکیک کنند، یاری نماید.

برنامه ریزی محیطی دانشگاه اصفهان، شماره ۳۹، ص ۸۳-۱۱۷.

-مسعودیان، س.ا. و دارند، م.، ۱۳۸۹. شناسایی و پهنه بندی نواحی دمای فرین سرد ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، شماره ۲، ص ۴۳-۵۴.

South Korea, from 1994 to 2006, Science of the Total Environment, v. 407, p. 2158-2164.

-Hongmei, L. I., Tianjun, Z.J., and Nam, C., 2009. Comparison of daily extreme temperatures over eastern China and South Korea between 1996-2005, Advances in Atmospheric Sciences, v. 26(2), p. 253-264.

-Labuschagne, M., Elago, O., and Koen, E., 2009. The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat, Journal of Cereal Science, v. 49, p. 184-189.

-Prieto, L., Garcia, R., Diaz, J., Hernandez, E., and Del Teso, T., 2004. Minimum extreme temperatures over Peninsular Spain, Global and Planetary Change, v.44(1-4), p. 59-71.

-Reiss, R., and Thomas, M., 2007. Statistical Analysis of Extreme Values, Birkhäuser press, Berlin. 259 p.

-Sen Roy, S., and Yuan, F., 2009. Trends in extreme temperatures in Relation to urbanization in the twin Cities Metropolitan Area, Minnesota, Journal of Applied Meteorology and Climatology, v. 48, p. 669-679.

-Unkasevic, M., Vujovic, D., and Tomic, I., 2005. Trends in extreme summer temperatures at Belgrade, Theoretical

شناسان سینوپتیک را در پیدا کردن روش یا شاخصی که بتواند دماهای فرین یا یخبندان های شدید وزشی (فرارفتی یا انتقالی) را از دماهای

منابع

- قویدل رحیمی، ی.، ۱۳۹۰. رابطه دماهای فرین پایین فراگیر دوره سرد آذربایجان با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، فضای جغرافیایی، شماره ۳۵، ص ۱۸۴-۱۵۵.

-مجرد، ف.، و جوادی، ب.، ۱۳۸۹. پهنه بندی ایران بر مبنای دماهای حداقل، مجله جغرافیا و

-Alexander, L., and Coauthors, G., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, Journal of Geophysical Researches, v. 111, p. 1-22.

-Bandyopadhyay, A., Bhadra, A., Raghuwanshi, N. S., and Singh, R., 2008. Estimation of monthly solar radiation from measured air temperature extremes, Agricultural and Forest Meteorology, v. 148, p.1707-1718.

-Bonsal, R., Zhang, X., Vincent, L., and Hogg, W., 2001. Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada, Journal of Climate, v. 14, p. 1959-1976.

-Cony, M., Hernandez, E., and Del Teso, T., 2008. Influence of synoptic scale in the generation of extremely cold days in Europe, Atmosfera, v.21(4), p. 389-401.

-Della Marta, P., 2006. Extreme temperature events in Western Europe from 1880-2003, PhD Thesis, Institute Geography, Bern University, Austria.

-Fumiaki, F., Yamazaki, N., Kobayashi, K., and Nakamigawa, H., 2007. Long-term changes of Low extreme temperatures and day-to-day variability in Japan, Papers in Meteorology and Geophysics, v.59, p. 63-72.

-Ha, J., Yoon, J., and Kim, H., 2009. Relationship between winter temperature and mortality in Seoul,

- Yang, J., Ren, C., and Jiang, Z., 2008. Characteristics of extreme temperature event and its response to regional warming in Northwest China in past 45 Years, *China Geographical Sciences*, v. 18, p. 070–076.
- Zhang, Q., Xu, C., Zhang, Z., Ren, G., and Chen, Y., 2008. Climate change or variability? The case of Yellow river as indicated by extreme maximum and minimum air temperature during 1960–2004, *Theoretical and Applied Climatology*, v.93, p. 35–43.
- and *Applied Climatology*, v. 82, p. 199-205.
- Unkasevic, M., and Tomic, I., 2009. Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 97, p. 27-38.
- Xu, Y., Xu, C., Gao, X., and Luo, Y., 2009. Projected changes in temperature and precipitation extremes over the Yangtze River Basin of China in the 21st century, *Quaternary International*, v.208, p.44-52.