

# کاربرد مدل انحراف نرمال شده دما در شناسایی و تحلیل سینوپتیک مخاطره دماهای فرین بیشینه منطقه جنوب شرق ایران

یوسف قوبدل رحیمی<sup>۱\*</sup>، محمد رضایی<sup>۲</sup>، منوچهر فرج‌زاده اصل<sup>۳</sup>

- ۱- استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۲- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
- ۳- دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پذیرش: ۹۴/۱/۱۷

دریافت: ۹۳/۱۱/۶

## چکیده

با ظهور پدیده گرمایش جهانی، طی سال‌های اخیر رخداد روزهای ابر گرم و امواج گرمایی رو به افزایش بوده است. منطقه جنوب شرق ایران به سبب موقعیت جنب حاره‌ای در معرض این فرین آب و هوایی قرار دارد. در این پژوهش به بررسی ویژگی‌های آماری و شناسایی الگوهای هم‌مدید دماهای فرین بالای دوره گرم سال در جنوب شرق ایران پرداخته شده است. بدین منظور داده‌های دمای بیشینه ۹ ایستگاه سینوپتیک در منطقه جنوب شرق اخذ گردید. سپس با اعمال شاخص فومیایکی بر دماهای بیشینه ایستگاه‌ها، مقادیر مثبت خروجی شاخص مذکور به سه طبقه گرم، گرم شدید و ابرگرم تقسیم شد. نتایج حاکی از افزایش روند روزهای فرین گرم است. جهت بررسی الگوهای هم‌مدید تعداد ۲۷ روز ابرگرم انتخاب شد. کم فشار حرارتی گنگ به‌عنوان الگوی سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و زبانه‌های پراتفاح جنب حاره در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در پدیدآیی روزهای ابرگرم نقش آفرینی کرده اند. الگوهای حاصل از تحلیل خوشه‌ای وارد نیز حاکی از آن است که تنوعی در الگوهای مولد روزهای ابرگرم مشاهده نمی‌شود. به نظر می‌رسد به سبب وجود هسته کم فشار حرارتی در سطح زمین و منحنی پراتفاح جنب حاره بر جنوب شرق ایران، هسته بیشینه دما در روزهای ابرگرم بر منطقه مورد مطالعه بوده و بنابراین وزش گرم از مناطق خارجی صورت نگرفته است.

واژه‌های کلیدی: خاطره آب و هوایی، دماهای فرین، روزهای ابرگرم، تحلیل هم‌مدید، جنوب شرق ایران



## ۱- مقدمه

بیشتر مخاطرات محیطی منشا جوی دارند. در حالی که فقط بخشی از جمعیت دنیا در نزدیکی خطر گسل‌های فعال یا روی دامنه‌های ناپایدار زندگی می‌کنند، ولی تمام مردم در معرض مخاطرات مربوط به تغییر آب و هوا قرار دارند. وقتی که عناصر جوی به طور انفرادی به بیشینه شدت برسند، می‌توانند یک مخاطره را تشکیل دهند (محمدی، ۱۳۹۰: ۳۳). حالت‌های فرین<sup>۱</sup> اقلیمی زمانی رخ می‌دهد که عناصر اقلیمی مقادیر بیش از حدی از خود نشان دهند. پدیده‌های اقلیمی مانند بارش‌های سنگین سیل‌زا، توفان‌ها (چون سیکلون‌ها)، دماهای بالا (مانند امواج گرمایی) و غیره به سبب ندرت در وقوع و بالتبع عدم سازگاری جوامع بشری و اکوسیستم با آن‌ها، خسارات زیادی را حاصل می‌شود (هنری و ریچارد<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۸). در میان متغیرهای اقلیمی دماهای فرین به سبب ارتباط مستقیم با مسئله تغییر اقلیم، مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته‌اند (کانی و مارتین<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰: ۶).

در گزارشی که سرویس هواشناسی ملی آمریکا وابسته به مرکز پیش‌بینی‌های محیطی در رابطه با آمار فوت شدگان، مصدومان و خسارت‌های اقتصادی ناشی از مخاطرات آب و هوایی در ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۷ ارائه داده است، از میان ۲۶ مخاطره اقلیمی، آمار فوتی‌ها و مصدومان به ترتیب ۵۱۵ و ۳۷۳۳ تن بوده که از این میان سهم امواج سرما ۴۷ کشته و ۱۴۷ مصدوم بوده و جالب این که بالاترین تعداد فوت‌شدگان و مصدومان به ترتیب به تعداد ۱۰۵ و ۱۸۸۶ نفر مربوط به دماهای فرین گرم بوده است (نوا<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷: ۱). هم‌زمان با افزایش فراوانی روزهای گرم در بخش جنوب غربی ایالات متحده آمریکا، تقاضای مصرف برق در این نواحی به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. از آنجا که زیرساخت‌های انرژی، ظرفیت نیروگاه‌ها و سیستم خطوط انتقال انرژی در این نواحی به اندازه کافی با این پدیده سازگار نشده‌اند، مناطق یادشده با مشکل تأمین برق مواجه می‌شوند (میلر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۱). چنانچه دماهای ابرگرم چندین روز متوالی در یک منطقه تداوم داشته باشد، موجب بروز موج گرما ابرگرم شده و تلفات انسانی زیادی را منجر می‌شود، برای نمونه: در تابستان سال ۲۰۰۳ بر اثر وقوع موج گرمای شدید و

1. Extreme event
2. Henry and Richard
3. Cony and Martin
4. National Oceanic and Atmospheric Administration
5. Miller

بی‌سابقه در سراسر اروپا، تنها در فرانسه ۱۵۰۰۰ هزار نفر جان خود را از دست دادند (لورنس<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱).

از جمله مطالعاتی که در سطح دنیا صورت گرفته است می‌توان به کولاسینو و کونته<sup>۲</sup> (۱۹۹۴)، کامپتلا و روستی کیوسی<sup>۳</sup> (۱۹۹۸)، گارسیا<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، مارینا بالدا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۴)، نصرا... و همکاران (۲۰۰۴)، کوتو و کادوکورا<sup>۶</sup> (۲۰۰۵)، سلیوچی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، چن و کنراد<sup>۸</sup> (۲۰۰۶)، بیبiana و کارولینا<sup>۹</sup> (۲۰۰۶)، ژانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۰۸)، تینگ<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۱۰)، کانی و مارتین<sup>۱۲</sup> (۲۰۱۰)، فیودل و شوکلا<sup>۱۳</sup> (۲۰۱۱)، یونکاشویچ و توشیچ<sup>۱۴</sup> (۲۰۱۴)، اشاره کرد. وزش آنتی‌سیکلونی در تمامی ترازها، و افزایش روند روزهای گرم وجه مشترک نتایج اغلب این پژوهش‌ها بوده است.

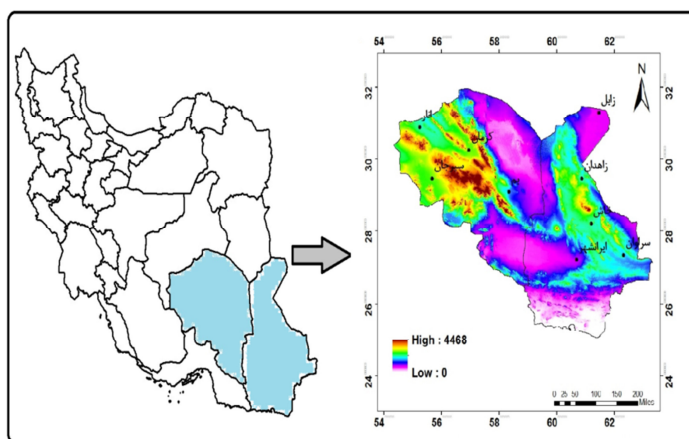
از جمله تحقیقات داخلی انجام‌شده در رابطه با دما می‌توان به پژوهش‌های قویدل‌رحیمی (۱۳۹۰)، یزدان‌پناه و علیزاده (۱۳۹۰)، اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲)، عساکره و همکاران (۱۳۹۲) و رضایی (۱۳۹۳) اشاره کرد.

این پژوهش سعی دارد پس از شناسایی و تفکیک روزهای فرین گرم بر مبنای شاخص فومیایکی، الگوهای هم‌دید فشار سطح زمین، ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌وجود آورنده چنین روزهایی را شناسایی و مورد تحلیل قرار دهد.

- 
1. Laurence
  2. Colacino and Conte
  3. campetella and Rusticucci
  4. Garcia
  5. Marina balda
  6. Kadokara and kato
  7. Seluchi
  8. Chen and Konrad
  9. Bibiana and Carolina
  10. Zhang
  11. Ting
  12. Cony and Martin
  13. Feadale and Shukla
  14. Unkasevic and Tosic

## ۲- داده‌ها و روش‌ها

در پژوهش حاضر ابتدا داده‌های روزانه بیشینه دمای ۴ ماه گرم سال (ژوئن تا سپتامبر) در ۹ ایستگاه همدید واقع در جنوب شرق کشور، با دوره‌های آماری مختلف از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. شکل ۱ پراکنش جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱ ناهمواری‌ها و موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در ایران و پراکنش فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۵۵ درجه و ۱۵ دقیقه (انار) تا ۶۲ درجه و ۲۰ دقیقه (سراوان) در امتداد طول جغرافیایی شرقی و ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه (ایران شهر) تا ۳۱ درجه و ۲ دقیقه (زابل) عرض جغرافیایی شمالی واقع شده‌اند. از میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، کرمان و زابل به ترتیب با ۴۸۹/۲ و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع، مرتفع‌ترین و کم ارتفاع‌ترین ایستگاه‌های مورد مطالعه هستند. سپس داده‌های مربوط به جو بالا شامل داده‌های چند ترازه ارتفاع ژئوپتانسیل، دما، مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهار باد، و داده‌های فشار سطح دریا، بیشینه دمای دو متری سطح زمین، از وب سایت «مرکز پیش‌بینی محیطی» در NOAA<sup>۱</sup> دریافت شد. داده‌های یادشده دارای توان تفکیک فضایی ۲/۵ در ۲/۵ درجه است. زمان انجام تحلیل‌های سینوپتیک مقارن با ساعت ۱۲ زولو به وقت گرینویچ که

1. National Oceanic and Atmospheric Administration

برابر است با ۱۵:۳۰ به وقت محلی (مقارن با گرم‌ترین بازه زمانی روز) انتخاب شده است. پس از محاسبه مقدار متوسط بیشینه دمای روزانه ایستگاه‌ها، جهت محاسبه و تفکیک روزهای توأم با دماهای فرین از روش فومیایکی و همکاران (۲۰۰۷) که از آن با نام شاخص یا آستانه «انحراف نرمال‌شده دما» نیز یاد می‌شود، استفاده گردید. برای این که شاخص‌های روش «انحراف نرمال‌شده دما» برای تمام سال مورد استفاده باشد، شاخص‌ها بر مبنای انحراف از میانگین بلند مدت روزانه (از ابتدای تأسیس ایستگاه‌ها تا سال ۲۰۰۹) ایستگاه‌ها استوار شده است. شاخص انحراف نرمال‌شده دما براساس تحقیق فومیایکی و همکاران، ۲۰۰۷، به شرح رابطه (۱) مدل‌بندی می‌شود.

$$NTD_{ijn} = \Delta T \max_{ijn} / \bar{\sigma} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن:  $NTD$  انحراف نرمال‌شده دما،  $N$  مجموع تعداد روزهای سال و  $\Delta T \max_{ijn}$  انحراف از میانگین دمای بیشینه روزانه ایستگاه  $i$ ، در روز  $j$  از سال  $n$  و  $\bar{\sigma}$  انحراف معیار میانگین بلندمدت ایستگاه  $i$ ، در روز  $j$  هستند (فومیایکی و همکاران، ۲۰۰۷).

$$\Delta T \max_{ijn} = T \max_{ijn} - \bar{T} \max_{ij} \quad \text{رابطه (۲)}$$

با توجه به شدت و ضعف مقادیر شاخص یادشده در روزهای مختلف، مقادیر ۱-۲ به عنوان روزهای گرم، ۲-۳ به عنوان روزهای گرم شدید و مقادیر بالاتر از ۳ به عنوان روزهای ابرگرم مطابق جدول ۱ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۱ طبقات روزهای گرم تابستان بر مبنای مقادیر انحراف نرمال‌شده دما

مقدار شاخص انحراف نرمال‌شده دما	طبقه
۲-۱	گرم
۳-۲	گرم شدید
بالاتر از ۳	ابرگرم

با توجه به این که در روزهای ابرگرم شدت مشارکت پدیده‌های جوی بارزتر است، از این روزها برای تحلیل هم‌دید استفاده شد. ابعاد هم‌دید روزهای یادشده با استفاده از روش محیطی به‌گرددشی مورد بررسی قرار گرفته شد.

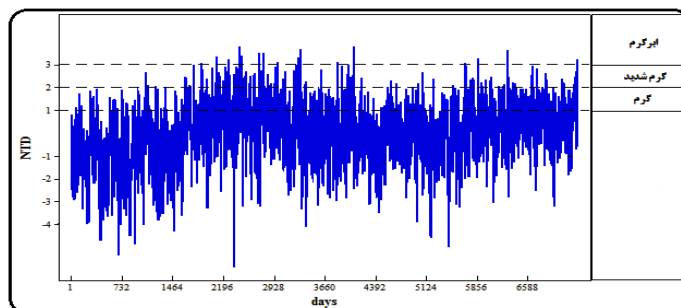
جهت استخراج داده‌های فشار سطح و ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای مختلف از روش



اسکرپت نویسی در محیط ویژوال بیسیک استفاده شده است. برای نمایش نقشه‌های همدید، محدوده جغرافیایی ۲۰ درجه طول غربی تا ۱۰۰ درجه طول شرقی و ۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی در نظر گرفته شد که با توجه به شبکه ۲/۵ در ۲/۵ درجه، محدوده یادشده دارای ۱۴۲۱ گره است و به درستی می‌تواند سیستم‌های همدید مولد دماهای فرین بالا در دوره گرم منطقه مورد مطالعه را آشکار سازد. پس از استخراج داده‌های فشار ابتدا میانگین روزهای ابرگرم به‌عنوان الگوی متوسط محاسبه و با استفاده از روش کریجینگ، میان‌یابی و ترسیم شد. در نهایت برای شناسایی الگوهای گردش جوی متفاوت روزهای ابرگرم نقشه‌های فشار سطح زمین و ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال از روش تحلیل سلسله‌مراتبی وارد با مجذور فاصله اقلیدسی استفاده شد.

### ۳- نتایج

با استفاده از خروجی روش انحراف نرمال شده دما، روزهای مورد مطالعه به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد (شکل ۲). از میان ۷۳۱۶ روز مورد مطالعه (ژوئیه تا سپتامبر)، تعداد ۱۳۸۵ روز گرم، ۳۴۱ روز گرم شدید، و در نهایت ۲۷ روز ابرگرم تفکیک شد که مجموع ۱۷۵۳ روز در طبقات مختلف روزهای گرم قرار گرفتند، بر این اساس ۲۳/۹ درصد از تمام روزهای دوره گرم سال در طبقات گرم قرار گرفتند. فراوانی ماهانه روزهای فرین گرم نشان می‌دهد که بیشترین تعداد روزهای گرم، گرم شدید و ابرگرم در شهریور ماه رخ داده است و پس از آن به ترتیب ماه‌های تیر، خرداد و مرداد بیشترین فراوانی روزهای فرین گرم را داراست. در جدول ۲ فراوانی ماهانه هر یک از طبقات روزهای فرین گرم با جزئیات قابل مشاهده است.

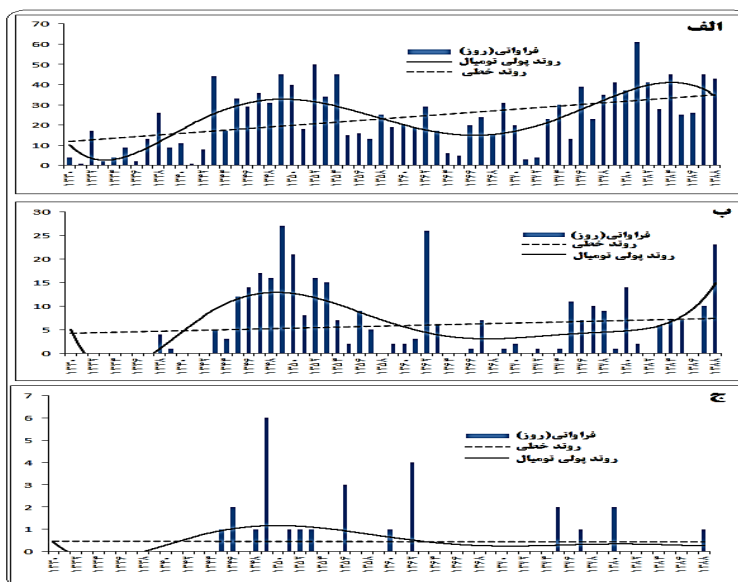


شکل ۲ انحراف نرمال شده دمای دوره گرم سال جنوب شرق ایران در بازه زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۹

جدول ۲ فراوانی ماهانه طبقات روزهای فرین گرم

ماه	گرم	گرم شدید	ابرگرم	مجموع ماهانه
خرداد	۳۱۳	۵۵	۱	۳۶۹
تیر	۳۷۵	۱۰۵	۴	۴۸۴
مرداد	۳۱۱	۴۶	۷	۳۶۴
شهریور	۳۸۶	۱۳۵	۱۵	۵۳۶
جمع هر طبقه	۱۳۸۵	۳۴۱	۲۷	۱۷۵۳

روند خطی و پوی نومیال درجه ۶ فراوانی هر یک از طبقات مختلف روزهای گرم در دوره آماری مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، روند خاصی در فراوانی سالانه روزهای ابرگرم مشاهده نمی‌شود، ولی روند رخداد روزهای گرم و گرم شدید صعودی بوده و در این میان شیب افزایشی روزهای گرم بیش از روزهای بسیار گرم است.



شکل ۳ خط روند خطی و پوی نومیال درجه ۶ فراوانی سالانه روزهای فرین گرم  
الف- روزهای گرم، ب- روزهای بسیار گرم، ج- روزهای ابرگرم



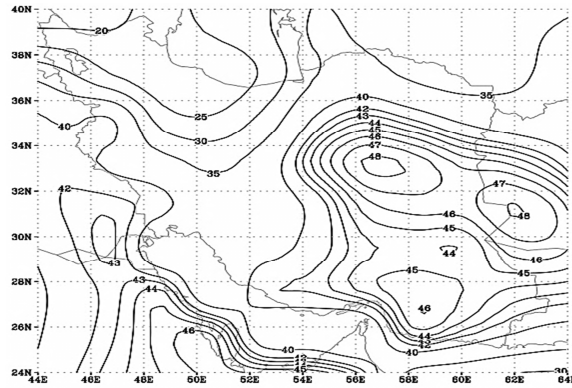
جهت بررسی ابعاد همدید الگوی فشار در ترازهای سطح دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، تعداد ۲۷ روز ابرگرم در منطقه مورد مطالعه انتخاب شد که در جدول ۳ تاریخ شمسی، متوسط دمای ایستگاهها و مقدار انحراف نرمال شده دما در هر یک از روزها به نمایش گذاشته شده است.

جدول ۳ مشخصات روزهای ابرگرم جهت تحلیل همدید

ردیف	سال	ماه	روز	متوسط دما	NTD	ردیف	سال	ماه	روز	متوسط دما	NTD
۱	۱۳۴۵	۳	۲۵	۴۳/۲	۳/۰۷	۱۵	۱۳۵۶	۴	۲۱	۴۲/۲۵	۳/۳
۲	۱۳۴۶	۶	۲۸	۳۸/۸	۳/۳۳	۱۶	۱۳۵۶	۵	۲۸	۴۲	۳/۰۶
۳	۱۳۴۶	۶	۲۹	۳۸/۲	۳/۰۷	۱۷	۱۳۶۰	۶	۳۱	۳۷/۷۵	۳/۰۸
۴	۱۳۴۸	۴	۴	۴۳/۸	۳/۲۲	۱۸	۱۳۶۲	۶	۱۸	۴۰/۷	۳/۷۶
۵	۱۳۴۹	۵	۱۵	۴۵	۳/۸	۱۹	۱۳۶۲	۶	۱۷	۴۰/۵۲	۳/۵۸
۶	۱۳۴۹	۵	۱۶	۴۴/۶	۳/۶۱	۲۰	۱۳۶۲	۶	۱۵	۳۹/۸	۲/۹۸
۷	۱۳۴۹	۵	۱۴	۴۴/۴	۳/۴۵	۲۱	۱۳۶۲	۶	۱۶	۳۹/۷	۲/۹۸
۸	۱۳۴۹	۶	۶	۴۱	۳/۳۶	۲۲	۱۳۷۵	۶	۲۲	۳۹/۲۴	۳/۰۶
۹	۱۳۴۹	۵	۱۳	۴۴	۳/۲۲	۲۳	۱۳۷۵	۶	۲۰	۳۹/۴	۳/۰۳
۱۰	۱۳۴۹	۵	۱۷	۴۳/۸	۳/۲۲	۲۴	۱۳۷۷	۴	۱۷	۴۴/۳۳	۳/۲۴
۱۱	۱۳۵۱	۶	۲۳	۳۹/۸	۳/۵	۲۵	۱۳۸۰	۶	۱۰	۴۱/۱۴	۳/۶۲
۱۲	۱۳۵۲	۴	۲۰	۴۴/۶	۳/۴۳	۲۶	۱۳۸۰	۶	۹	۴۰/۵۵	۳/۱۹
۱۳	۱۳۵۳	۶	۳۰	۳۸	۳/۰۹	۲۷	۱۳۸۸	۶	۳۱	۳۷/۹۴	۳/۲۱
۱۴	۱۳۵۶	۵	۲۷	۴۳/۲۵	۳/۶۸						

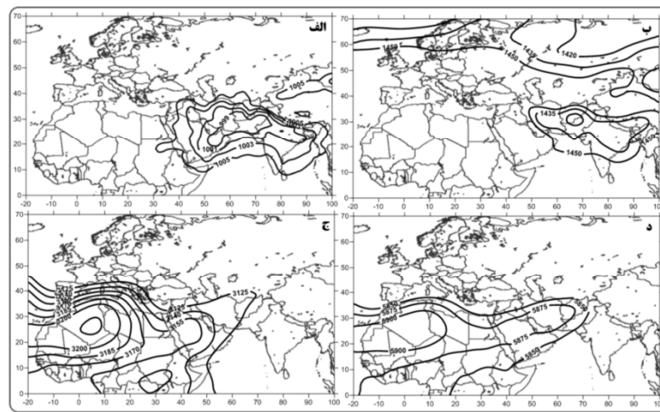
از منظر انحراف نرمال شده دما، روز ۱۵ مرداد (۶ آگوست ۱۹۷۰) با مقدار  $+۳/۸$  و دمای ۴۵ درجه سانتی گراد گرم ترین و ناهنجارترین روز دمایی در بازه زمانی مورد مطالعه بوده است. بیشینه دمای دو متری در این روز نشان دهنده وجود منحنی دمای  $۴۲/۵$  درجه سانتی گراد و بیشتر بر جنوب شرق ایران است (شکل ۴).





شکل ۴ بیشینه دمای دو متری سطح زمین در ساعت ۱۵:۳۰ روز ۱۵ مرداد ۱۳۴۹ (۶ آگوست ۱۹۷۰)

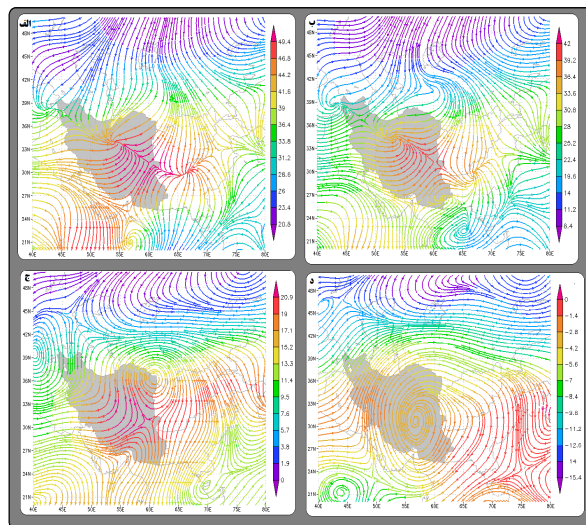
میانگین الگوی فشار تراز دریا در روزهای ابرگرم نشان می‌دهد که در روزهای ابرگرم جنوب‌شرق ایران سلول کم‌فشار وسیعی با فشار ۹۹۹ هکتوپاسکال در محدوده شمال‌شرق هند، پاکستان و منطقه جنوب‌شرق ایران و بخش‌هایی از شبه‌جزیره عربستان بسته شده است. این همان کم‌فشار حرارتی گنگ است که در روزهای ابرگرم به سوی محدوده مورد مطالعه پیشروی کرده است (شکل ۵-الف). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز منحنی کم‌ارتفاعی که بر کم‌فشار حرارتی سطح زمین واقع شده، کل کشور ایران را دربرگرفته است (شکل ۵-ب).



شکل ۵ الگوی میانگین ۲۷ روز ابرگرم جنوب‌شرق ایران. الف: فشار تراز دریا، ب: تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ج: تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د: تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

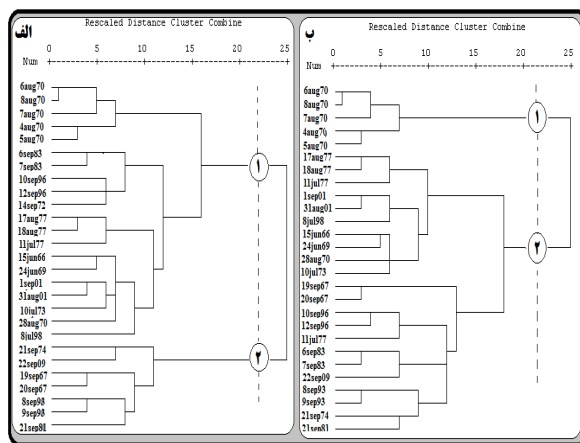
در الگوی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال برخلاف ترازهای زیرین، زبانه‌های مرکز پراتفماعی که بر اقیانوس اطلس و شمال افریقا قرار دارد ایران را تحت تأثیر قرار داده است، واضح است که این‌ها زبانه‌های مرکز پرفشار جنب حاره است که در اقیانوس اطلس شکل می‌گیرد. در روزهای ابرگرم دوره گرم سال خط هم ارتفاع ۳۱۲۵ ژئوپتانسیل متر از محدوده جنوب شرق کشور عبور کرده است (شکل ۵-ج). در الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ابرگرم سلول مرتفع، ۵۸۷۵ ژئوپتانسیل متر بر منطقه مورد مطالعه و بخش‌هایی از شبه جزیره عربستان قرار گرفته است (شکل ۵-د). گردش جو بر این مرتفع آنتی‌سیکلونی بوده و فرونشینی هوای زیر این پراتفماع موجب افزایش بی‌درو دما شده و گرمایش سطح زمین را تشدید می‌کند.

روز ۶ اگوست ۱۹۷۰ به‌عنوان گرم‌ترین روز دوره مورد مطالعه جهت بررسی وضعیت وزش دما انتخاب شد. در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به دلیل قرار داشتن هسته کم فشار جریاناتی از بیابان قره قوم ترکمنستان و جنوب شبه جزیره عربستان به سوی منطقه مورد مطالعه همگرا شده است. به نظر می‌رسد با توجه به این‌که دمای هوا در شبه جزیره عربستان بیشتر بوده نقش مهم‌تری در فرارفت هوای گرم به سوی جنوب شرق ایران داشته است (شکل ۶-الف).



شکل ۶ وزش دمایی روز ۶ اگوست ۱۹۷۰، الف: تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، ب: تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، ج: تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، د: تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

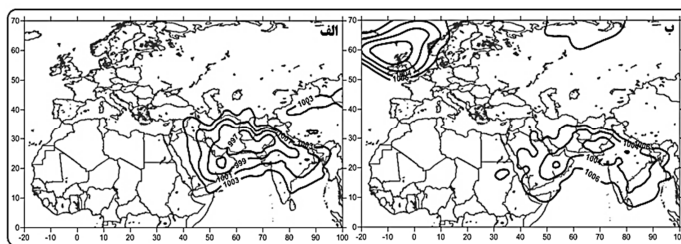
به دلیل وجود کم فشار در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال وضعیت وزش دمایی در این تراز حاکی از همگرا شدن جریانات هوا بر کشور و به‌ویژه منطقه مورد مطالعه است. جریان هوا از سمت شمال دریای خزر و شبه جزیره عربستان به سمت منطقه مورد مطالعه روانه شده است، اما دمای هوا در مبدأ این جریان پایین‌تر بوده و هنگام نزدیک‌شدن به هسته کم فشار افزایش یافته است (شکل ۶-ب). براساس پشته‌ای که در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال قرار دارد جریان هوای گرم از منطقه مورد مطالعه عبور کرده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود جریانی که از قسمت‌های شمال افریقا به‌صورت آنتی سیکلونی به سوی جنوب‌شرق کشور روانه شده است در بخش‌های کویر مرکزی کشور دمای بیشتری را کسب کرده که این حالت به سبب گرمای بیشتر هوا در این منطقه (ناشی از کم فشار حرارتی سطح زمین) و همچنین افزایش دمای توده هوا به دلیل نزول بی‌درو است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هسته واگرایی وزش دما که منطبق بر پراارتفاع جنب حاره بوده به‌طور دقیق بر فراز جنوب‌شرق کشور شکل گرفته است، علاوه‌بر وزش آنتی سیکلونی، موجب فرونشینی توده هوا در جنوب شرق کشور شده است. جهت شناسایی الگوهای گردشی متمایز تراز دریا در روزهای ابرگرم، روش تحلیل خوشه‌ای وارد بر داده‌های فشار سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۷ روز ابرگرم اعمال شد و پس از برش دوخوشه‌ای (شکل ۷)، نقشه‌های هر الگو ترسیم شد (شکل ۸).



شکل ۷ درخت خوشه‌بندی وارد روزهای ابرگرم با برش دو خوشه‌ای  
الف- سطح دریا، ب- تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

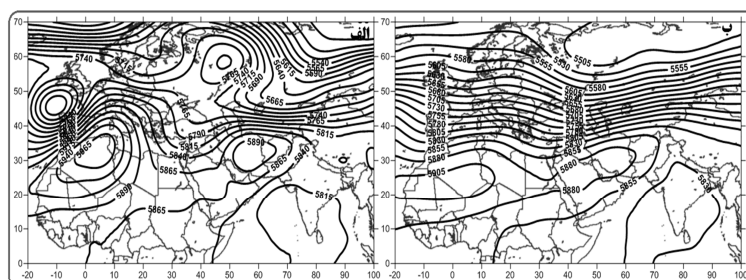


همان گونه که در شکل ۸ مشاهده می شود برخلاف این که روزهای ابرگرم به دو دسته تقسیم شده است، تفاوت بارزی در الگوی فشار سطح دریا روزهای ابرگرم مشاهده نمی شود. الگوی نخست دربرگیرنده ۲۰ روز بوده، میانگین انحراف نرمال شده دما و دمای ایستگاهها به ترتیب  $۳/۳$  و  $۲/۳$  درجه سانتی گراد بوده است. مقدار فشار مرکزی کم فشار حرارتی گنگ در این الگو ۹۹۷ هکتوپاسکال است. الگوی دوم متشکل از ۷ روز بوده و میانگین انحراف نرمال شده دما و دمای ایستگاهها به ترتیب به  $۳/۳$  و  $۳۸/۸$  درجه سانتی گراد رسیده است. مقدار فشار مرکزی کم فشار حرارتی گنگ در این الگو ۱۰۰۲ هکتوپاسکال بوده که این افزایش نسبی فشار عامل کاهش دمای این الگو نسبت به الگوی نخست بوده است.



شکل ۸ الگوهای فشار تراز دریا روزهای ابرگرم جنوب شرق ایران  
الف: - خوشه شماره ۱، الگوی ۲۰ روزه، ب- خوشه شماره ۲، الگوی ۷ روزه

به مانند تراز دریا، داده های ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز به دو خوشه متمایز تفکیک شد. خوشه نخست، الگوی ۵ روزه ای بوده، میانگین انحراف نرمال شده دما و دمای ایستگاهها در این الگو به ترتیب به  $۳/۴$  و  $۴۳/۵$  درجه سانتی گراد رسیده است. در این الگو منحنی هم ارتفاع ۵۸۹۰ متری بر فراز بخش های مرکزی کشورمان واقع شده است (شکل ۹- الف). الگوی دوم شامل ۲۲ روز است که میانگین انحراف نرمال شده دما و دمای ایستگاهها به ترتیب به  $۳/۲$  و  $۴۰/۹$  درجه سانتی گراد رسیده است. در این الگو سلول پراارتفاع جنب حاره بر فراز منطقه مورد مطالعه قرار گرفته، اما کاهش نسبی ارتفاع آن به احتمال موجب کاهش دمای این الگو نسبت به الگوی نخست بوده است (شکل ۹- ب).



شکل ۹ الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روزهای ابرگرم جنوب شرق ایران الف: خوشه شماره ۱، الگوی ۵ روزه، ب: خوشه شماره ۲، الگوی ۲۲ روزه

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی آماری و همدیدی دماهای فرین بالای دوره گرم سال در منطقه جنوب شرق ایران پرداخته شد. فراوانی ماهانه روزهای فرین گرم نشان داد که بیشترین تعداد روزهای گرم، گرم شدید و ابرگرم در ماه شهریور رخ داده است که دلیل این حالت را می‌توان نزدیکی این ماه به فصل پاییز (انتقال فصل)، بیان کرد؛ بنابراین تغییرات دمایی این ماه بیشتر بوده و در این ماه الگوهای سینوپتیک متنوعی منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده است. بررسی روند خطی و پولی نومیال درجه ۶ فراوانی دماهای فرین گرم نشان داد که فراوانی رخداد روزهای فرین گرم روندی صعودی است؛ بنابراین همانند نتایج پژوهش‌های محققان خارجی از جمله: بالدا و همکاران (۲۰۰۴)، نصراله و همکاران (۲۰۰۴)، ژانگ و همکاران (۲۰۰۸)، تینگ و همکاران (۲۰۱۰)، کانی و مارتین (۲۰۱۰)، یونکاسویچ و توسیچ (۲۰۱۴) و محققان داخلی از جمله: مسعودیان (۱۳۸۳)، یزدان‌پناه و علیزاده (۱۳۹۰) و اسماعیل‌نژاد و همکاران (۱۳۹۰) رخداد دماهای فرین گرم جنوب شرق کشور روبه افزایش بوده است.

با توجه به شدت مشارکت پدیده‌های جوی و بارزتر بودن الگوهای جوی در روزهای ابرگرم، از ۲۷ روز ابرگرم برای بررسی همدید استفاده شد. الگوی فشار تراز دریا در روزهای ابرگرم جنوب شرق ایران نشان سلول کم‌فشار وسیعی با فشار ۹۹۹ هکتوپاسکال در محدوده شمال شرق هند، پاکستان، جنوب شرق ایران و بخش‌هایی از شبه جزیره عربستان بسته شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز منطبق بر کم‌فشار سطح زمین الگوی کم ارتفاع حاکم بوده، که



بیانگر وجود فشار کم بر منطقه مورد مطالعه بوده است. در پژوهش بالدا و همکاران (۲۰۰۴) که برای روزهای گرم منطقه مدیترانه انجام گرفته، در تراز ۸۵۰ پراارتفاع مشاهده شده است، اما در منطقه جنوب شرق ایران منطبق بر کم فشار حرارتی سطح زمین الگوی کم ارتفاع حاکمیت داشته است. توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ابرگرم متفاوت از سطوح زیرین است، در تراز یادشده برخلاف تراز ۸۵۰ که الگوی کم ارتفاع حاکم بود، زبانهای مرکز پراارتفاع جنب حاره‌ای ایران را تحت تأثیر قرار داده است. الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای ابرگرم مانند تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال است. در این تراز منحنی پراارتفاع ۵۸۸۰ ژئوپتانسیل متر بر منطقه مورد مطالعه و بخش‌هایی از شبه جزیره عربستان واقع شده است. مانند سایر پژوهش‌هایی که به بررسی همدید دماهای فرین گرم و امواج گرمایی پرداخته‌اند، الگوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به دلیل وجود پراارتفاع جنب حاره‌ای آنتی سیکلونی بوده است.

هر چه فشار هسته کم فشار بیشتر بوده متوسط دمای ایستگاه‌ها هم بیشتر بوده است و در تراز ۵۰۰ نیز هرچه ارتفاع پراارتفاع جنب حاره‌ای بیشتر و ارتفاع کم ارتفاع موسمی هند کمتر شده دمای ایستگاه‌ها بیشتر شده است و کاهش ارتفاع پراارتفاع جنب حاره‌ای و افزایش ارتفاع کم ارتفاع موسمی سبب کاهش دمای ایستگاه‌ها شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که مدل انحراف نرمال شده دما به درستی روزهای فرین گرم را جهت آشکارسازی الگوهای سینوپتیک شناسایی و معرفی کرده است.

وزش دما در ترازهای مختلف نشان داد که در روزهای ابرگرم جنوب شرق ایران، بیشینه دما بر منطقه مورد مطالعه بوده و به نظر می‌رسد که گرمای رخ داده انتقالی نبوده است. با توجه به پرخدادتر بودن روزهای فرین گرم در سال‌های اخیر، پیشنهاد می‌شود که به بررسی آمار مرگومیر در روزهای ابرگرم و مقایسه آن با سایر روزها پرداخته شود، همچنین شناسایی مناطق چشمه و چاه گرمایی نیز می‌تواند به شناخت بهتر شرایط همدید این فرین آب و هوایی کمک کند.

## ۵- منابع

- اسمعیل‌نژاد، مرتضی، محمود خسروی، بهلول علیجانی و ابوالفضل مسعودیان، «شناسایی امواج گرمایی ایران»، *مجله جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۳، صص ۳۹-۵۴، ۱۳۹۲.
- رضایی، محمد، «تحلیل آماری و همدیدی دماهای فرین بالای دوره گرم سال منطقه جنوب

- شرق ایران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مخاطرات آب و هوایی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۳.
- عساکره، حسین، سید ابوالفضل مسعودیان و حسن شادمان، «تحلیل همدید پوششی فراگیرترین روز گرم ایران طی سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۶»، *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره هفتم، صص ۳۵-۵۲، ۱۳۹۲.
  - قویدل‌رحیمی، یوسف، «شناسایی، طبقه‌بندی، و تحلیل سینوپتیک موج ابرگرم تابستان ۱۳۸۹ ایران»، *مجله مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، شماره ۳، صص ۸۵-۱۰۰، ۱۳۹۰.
  - محمدی، حسین، *مخاطرات جوی*، چاپ دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۹۰.
  - یزدان‌پناه، حجت‌اله و تیمور علیزاده، «برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکف»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، سال ۲۶- شماره سوم- شماره پیاپی ۱۰۲، صص ۵۱-۷۲، ۱۳۹۰.
  - Asakereh, H., A. Masoudian & H. Shadman, "Synoptic Analysis of the Broadest Warm Day During 1340 to 1386", *Journal of Geography and environmental hazards*, No. VII, pp. 35-52, 1392. [in Persian]
  - Baldi, Marina, Massimiliano Pasqui, Francesco Cesarone & Giovanna De Chiara, "Heat Wave in the Mediterranean Region: Analysis and Model Result", *Institute of Biometeorology*, pp. 1-12, 2004.
  - Bibiana, S., S. Carolina, B. Vera & Liebmann, "The Nature of a Heat Wave in Eastern Argentina Occurring Salljex", *Monthly Weather Review*, Vol. 135, No. 3, pp. 1165-1174, 2006.
  - Campetella, C. & M. Rusticucci, "Synoptic Analysis of Extreme Heat Wave Over Argentina in March 1980", *Meteorological Application*, No. 5, pp. 217-226. 1998.
  - Chen, F., & C. Konrad, "A Synoptic Climatology of Summertime Heat and Humidity in the Piedmont Region of North Carolina". *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, No. 45, pp. 674-685, 2006.
  - Colacino, M. & M. Conte, "Heat Wave in the Central Mediterranean. a Synoptic Climatology", *Nuovo Cimento- Societa Italiana Di Fisica Sezione*, No. 18 (3), pp. 295-304, 2004.

- Cony, M. & L. Martin, "Synoptic Patterns That Contribute to Extremely Hot Days in Europe", *Atmosfera*, No. 23 (4), pp. 295-306, 2010.
- Feadale, L. & J. Shukla, "Influence of Sea Surface Temperature on European Heat Wave of 2003 Summer", *Climate Dynamics In Press*, DOI, 00382-010-0788, 2011.
- Garcia, R., L. Prieto, J. Diaz, E. Hernandez & T. De Teso, "Synoptic Condition Leading to Extremely High Temperatures in Madrid", *Annales Geophysicae*, pp. 237-245, 2002.
- Ghavidel Rahimi, Yusef, "Identification, Classification, and Synoptic Analysis of Super Heat Wave During Summer of 1389", *Journal of geographic Studies of the Arid Regions*, No. 3, pp. 85-100, 1390. [in Persian]
- Henry, D., F. Murnane & J. Richard. "Climate Extreme and Society", *Cambridge University*, pp. 1-340, 2008.
- Ismaelnejad, M. M. Khosravi, B. Alijani & A. Masoudian, "Identification of Heat Waves of Iran", *Journal of Geography and Development*, No. 33, pp. 39-54. 1392. [in Persian]
- Kadokara, S. & H. Kato, "Seasonal/Regional Variation of Variability Characteristic of Daily Maximum/Minimum Temperatures in Japan Observed and Reproduced by REGCM Nested In NCAR-CSM", *Journal of Meteorological Society of Japan*, No. 83 (1), pp. 69-87, 2005.
- Laurence, S. et al., "Analog European Heat Wave for U.S Cities to Analyze Impact on Heat-Related Mortality". *American Meteorological Society*, pp. 1-11, 2008.
- Miller, L., K. Hayhoe, J. Jin & M. Auffhammer, "Climate, Extreme Heat and Electricity Demand in California", *American Meteorological Society*, pp. 1834-1844, 2008.
- Mohammadi, H. *Climate hazards*, Second Edition, Tehran: Tehran University Press, 1390. [in Persian]
- Nasrallah, H.A., E. Nieplovn & E. Ramadan, "Warm Season Extreme Temperature Event in Kuwait", *Journal of Arid Environments*, pp. 357-371, 2004.
- NOAA, "Natural Hazard Statistics", *National Oceanic and Atmospheric*



*Administration*, pp. 1-4, 2008.

- Rezaei, Mohammad, “Synoptic Analysis of Extreme High Temperatures During Warm Season in the South-East Iran”, *MS Thesis of climate hazards*, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Geography, Tarbiat Modares University, 2014. [in Persian]
- Seluchi, M., F. Norte, J. Gomez & S. Simonelli, “Synoptic and Thermodynamic Analysis of an Extreme Heat Wave over Subtropical South America”, *Proceeding Of ICSHMO, Foz Do Iguaçu, Brazil*, pp. 24-28, 2006.
- Ting, D., Q. Weihong & Y. Zhongwei, “Changes In Hot Days And Heat Wave In China During 1961-2007”, *INT. J. Climatol*, No. 30, pp. 1452-1462, 2010.
- Unkasevic, M. & I. Tasic, “Seasonal Analysis of Cold and Heat Wave in Serbia During the Period 1949-2012”, *Theoretical and Applied Climatology*, pp. 1-33, 2014.
- Yazdanpanah, H. & T. Alizadeh, “The Estimated Probability of Heat Waves with Different Periods in Kerman Province Using Markov Chain”, *Journal of Geographical Research*, Vol. 26, No. 102, pp. 51-72, 1390. [in Persian]
- Zhang, Q., C. Xu, Z. Zhang, G. Ren & Y. Chen, “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*, No. 93, pp. 35-43, 2008.