نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و چهارم، شماره ۷۲، بهار ۱۴۰۳

واکاوی الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد دماهای فرین بالای ۵۰ درجه منطقه غرب آسیا

دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۵/۱۸ **پذیرش نهایی**: ۱۴۰۰/۷/۲۷

صفحات: ۴۴۶-۴۲۷

هادی ظرافتی: دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
Email: hadi.zerafati@yahoo.com
یوسف قویدل رحیمی: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.[1]
Email: ghavidel@modares.as.ir
منوچهر فرج زاده اصل: استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.
Email: farajzam2000@yahoo.com

چکیده

این پژوهش باهدف بررسی و شناسایی روزهای با وقوع دمای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و تعیین الگوی سینوپتیکی رخداد آن‌ها در منطقه غرب آسیا انجام شد. برای انجام این کار از داده‌های بازتحلیل شده ویرایش سوم موسوم به NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3 و عنصر بیشینه دمای دو متری سطح زمین طی دوره زمانی ۱۸۳۶ تا ۲۰۲۰ در فصل گرم سال (ژوئن تا سپتامبر) استفاده‌شده و درنهایت تعداد ۵۱۳ روز دمای بیشینه بالای ۵۰ درجه جهت تحلیل سینوپتیک شناسایی گردید. دماهای بالای ۵۰ درجه در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت به وقوع پیوسته و تغییرات سالانه فراوانی دماهای بیشینه فرین دارای روندی صعودی بوده و همچنین بیشترین فراوانی وقوع دمای فرین بالا در دهه‌های اخیر و در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰ رخ داده است. جهت تحلیل سینوپتیک تعداد ۵۱۳ روز شناسایی‌شده، داده‌های واکاوی شده ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای مذکور استخراج و خوشه‌بندی اعمال شد. سپس روزهای با وقوع شدیدترین دما در هر خوشه به‌منظور تعیین الگوی سینوپتیک انتخاب شدند. با توجه به یافته‌های تحقیق مشخص شد که محدوده‌ی رخداد دمای بیشینه‌ی فرین، منطقه‌ی مرزی جنوب غرب ایران و جنوب شرق عراق می‌باشد. نتایج تحلیل سینوپتیک نشان داد که از یک‌سو وجود شرایط وضعیت کم‌فشار با منشأ کم‌فشارهای حرارتی خلیج‌فارس، شبه‌جزیره عربستان و گنگ در سطح زمین همراه با استقرار پرارتفاع غرب آسیا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه و از سوی دیگر انتقال هوای گرم عرض‌های پایین (عربستان و عراق) و بیابان‌های داخل ایران به سمت منطقه مذکور، سبب رخداد دمای بیشینه فرین در منطقه شده است. در واقع با توجه به همگرایی دمایی رخ‌داده در سطح زمین به علت وجود وضعیت کم‌فشار و افزایش نزول بی‌دررو دما به دلیل گردش واچرخندی پرارتفاع‌های ترازهای بالای جو، گرمایش سطح زمین تشدید شده و ضخامت جو نیز بالا بوده است.

کلید واژگان: دمای بیشینه فرین، داده‌های بازتحلیل شده، تحلیل سینوپتیک، گرمایش جهانی، غرب آسیا

---

۱. نویسنده مسئول: تهران، خیابان کارگر شمالی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیای طبیعی.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

مقدمه

دما یکی از عناصر اساسی شکل‌گیری آب‌وهوا است و بررسی تغییرات آن به‌عنوان یکی از نشانه‌های اصلی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم در هر منطقه از کره‌ی زمین بسیار حائز اهمیت می‌باشد. شناخت گرم‌ترین نقاط روی زمین برای قرن‌ها یک موضوع جالب بوده و حتی با ظهور ابزار اندازه‌گیری و ثبت درجه حرارت در حدود سال ۱۸۵۰، همواره موردبحث و گفتگو می‌باشد (میلدرکسلر[1] و همکاران، ۲۰۱۱: ۸۵۵). دمای بیشینه درواقع بیشترین دمای گزارش‌شده در یک محل در دوره‌ی زمانی معین می‌باشد و رویدادهای فرین یا حدی حوادث نادر و دور از شرایط معمول می‌باشند (اسدی و مسعودیان، ۱۳۹۳: ۵۹). وقوع دماهای بسیار بالا (گرمای فرین) اغلب با تأثیرات منفی در سلامت انسان، اکوسیستم‌های طبیعی و اقتصاد (انرژی، ذخیره آب و کشاورزی) مرتبط است (دی لوکا[2] و همکاران، ۲۰۲۰: ۱). تغییرات اقلیمی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دماهای شدید و امواج گرما را تشدید می‌کنند. در بسیاری از مناطق جهان تأثیرات دماهای شدید بر مرگ‌ومیر مستند شده است (اَلاَحمد[3] و همکاران، ۲۰۲۰: ۲) و این خطر در آینده افزایش می‌یابد. این تأثیرات در سراسر خاورمیانه (غرب آسیا)، منطقه‌ای که بیشتر با آب‌وهوای گرم و خشک مشخص می‌شود، شدید خواهد بود (علیپور و مرادخانی[4]، ۲۰۱۸: ۲۱۵). با افزایش شواهد در مورد تأثیر فعالیت‌های انسانی، اتفاق‌نظر گسترده‌ای در مورد روند گرم شدن دمای هوا (رُوی[5]، ۲۰۱۹: ۱) و بیشتر شدن امواج گرما در آینده (جیانگ[6] و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۳۴۶) در جهان وجود دارد. ازآنجاکه آب‌وهوای شدید و وقایع آب‌وهوایی خطرات قابل‌توجهی برای سیستم‌های انسانی و طبیعی ایجاد می‌کنند، درک تغییرات گذشته و پیش‌بینی آینده فرین‌ها، یک زمینه تحقیقاتی مهم و فعال می‌باشد (لویز[7] و همکاران، ۲۰۱۹: ۱). امواج گرما اثرات فاجعه باری را بر روی سیستم‌های انسانی، طبیعی و صنعتی در سراسر کره زمین تحمیل می‌کند، بنابراین جامعه جهانی باید به دنبال چارچوبی یکپارچه برای اندازه‌گیری امواج گرما، کاهش شکاف‌های مکانی و زمانی با افزایش شبکه مشاهده جهانی و تحقیقات بیشتر در مورد چگونگی مکانیسم‌های فیزیکی برای بروز موج‌گرما باشد (پرکینس[8]، ۲۰۱۵: ۲۴۲). با توجه به اهمیت بالای موضوع دما به‌عنوان یک متغیر جوی بسیار مهم (محمدی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳۱) و تأثیرات آن بر جنبه‌های مختلف زندگی انسان، بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی به بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی اختصاص داده شده است. ژانگ[9] و همکاران (۲۰۰۵: ۱) در پژوهشی به تجزیه‌وتحلیل تغییرات شدید آب‌وهوایی خاورمیانه طی دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۳ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که در ارتباط با افزایش دما در

1 Mildrexler
2 Di luca
3 Alahmad
4 Alipour and Moradkhani
5 Roy
6 Jiang
7 Lewis
8 Perkins
9 Zhang

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

منطقه، روندهای معنادار آماری و منطقی فضایی وجود دارد. هانت[1] (۲۰۰۷: ۳۸۰۲) در پژوهش خود یک شبیه‌سازی جهت بررسی وقایع امواج گرمایی برای مناطقی در سراسر جهان انجام داد. بررسی فرایندهای فیزیکی با امواج گرمایی نشان‌دهنده ارتباط وقوع موج‌گرما با کاهش باران، رطوبت خاک، تبخیر و پوشش ابر است. هادسون[2] و همکاران (۲۰۱۱: ۲۵۷) در مطالعه‌ای امواج گرمایی شدید تابستانه و زمستانه سال ۲۰۰۱ در جنوب و شرق استرالیا را پیش‌بینی کرده و نتیجه گرفتند که ناهنجاری‌های واچرخند جنب حاره، دقت پیش‌بینی‌ها را کم می‌کند. وانگ[3] و همکاران (۲۰۱۲: ۲۷۷۵) در تحقیقی روند و تغییرپذیری فعالیت سیکلون‌های برون‌حاره‌ای را طی دوره ۱۸۷۱ تا ۲۰۱۰ موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فعالیت سیکلونی در نیمکره شمالی کمی افزایش‌یافته، اما در نیمکره جنوبی افزایش قابل‌توجهی داشته است. نتایج تحقیق مارشال[4] و همکاران (۲۰۱۳) قابلیت پیش‌بینی افزایش شدت گرما را نشان می‌دهد و در نتیجه یک مبنا برای پیش‌بینی درون فصلی شدت گرما ارائه داده است. داشخو[5] و همکاران (۲۰۱۵: ۲۶) با استفاده از داده‌های دمای روزانه ۵۳ ایستگاه طی دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ و به‌کارگیری شاخص‌های مختلف به بررسی تغییرات در فرکانس سالانه وقایع فرین دما و تعیین روند آن‌ها در مغولستان پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر حداکثر و حداقل دمای بیشینه و کمینه روزانه تمایل به افزایش دارند. نتایج تحقیق پال و الطاهر[6] (۲۰۱۵: ۱) حاکی از وجود یک کانون ویژه داغ در منطقه جنوب غربی آسیا است که احتمالاً تغییرات آب‌وهوایی آینده و سکونت انسان را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این خصوص قویدل و احمدی (۲۰۱۵) اشاره‌کرده‌اند که جنوب‌غرب ایران خصوصاً شهر آبادان یکی از کانون‌های اصلی رشد در روند فراوانی وقوع دماهای فرین بیشینه گرم خصوصاً دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در ایران است. چِن[7] و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های بازتحلیل شده امواج گرمایی شدید شرق چین طی دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۳ را موردبررسی قرار دادند که نتایج نشان‌دهنده‌ی افزایش تعداد موج‌گرمای فرین به‌ویژه در قرن ۲۱ می‌باشد. زیتیس[8] و همکاران (۲۰۱۶: ۱۸۶۳) در تحقیقی به رصد تغییرات در ویژگی‌های موج‌گرما در شرق مدیترانه و خاورمیانه پرداختند. بر اساس نتایج، تمام شاخص‌های نشانگر شدت موج‌گرما افزایش‌یافته و دمای اوج موج‌گرما به دلیل افزایش میانگین دمای ناشی از شرایط آنتی‌سیکلونی تابستان، بالاتر خواهد رفت. ییِنگ[9] و همکاران (۲۰۱۷: ۹۹) بر اساس شبیه‌سازی ۱۸ مدل CMIP5، شدت تغییرات میانگین دما و بارش در سراسر آسیا با اهداف گرمایی ۱,۵ تا ۴ درجه سانتی‌گراد را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین دما در اهداف گرمایشی ۱,۵، ۲، ۳ و ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوران ماقبل صنعتی به ترتیب ۲,۳، ۳، ۴,۶ و ۶ درجه سانتی‌گراد افزایش

1 Hunt
2 Hudson
3 Wang
4 Marshall
5 Dashkhuu
6 Pal and Eltahir
7 Chen
8 Zittis
9 Ying

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

داشته و این گرمایش در عرض‌های جغرافیایی بالاتر نسبت به عرض‌های پایین قوی‌تر بوده است. یافته‌های تحقیق میلدرکسلر[1] و همکاران (۲۰۱۸: ۳۹۱) نشان‌دهنده‌ی تغییرات در توزیع حداکثر دمای سطح زمین (LST max) برای کل بیوم‌ها به دلیل حوادث شدید آب‌وهوایی و تغییرات سطح زمین در مقیاس بزرگ مانند ذوب شدن صفحات یخ، خشک‌سالی‌های شدید و اثرات فزاینده نابودی جنگل‌ها می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق علی پور و مرادخانی[2] (۲۰۱۸: ۲۱۵) در صورت افزایش اثرات تغییرات اقلیمی، خطر مرگ‌ومیر ناشی از گرما در آینده دور ۸ تا ۲۰ برابر افزایش می‌یابد و برای مناطق ساحلی دریای سرخ، خلیج‌فارس و دریای مدیترانه این افزایش خطر، چشمگیر خواهد بود. نتایج تحقیق الکنوی[3] و همکاران (۲۰۱۹: ۱) حاکی از افزایش فرکانس، شدت و تداوم فرین‌های گرما از جنوب‌شرق به شمال‌غرب مصر می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ناهنجاری‌های رخداد گرما در سراسر مصر با وزش بادهای شرقی که هوای گرم و خشک شبه‌جزیره عربستان و فلات ایران را به همراه دارند و با پشته‌های قوی مدیترانه شرقی و ناوه موسمی آسیا همراه است، ارتباط مستقیم دارد. نتایج مطالعه سوزا[4] و همکاران (۲۰۱۹: ۱) بیانگر هجوم هوای بسیار گرم، پایدار و خشک از صحارا است که موجب وقوع روزهای گرم شدید متوالی و موج‌گرما در غرب و شرق شبه‌جزیره ایبری می‌شود. نتایج تحقیق شی[5] و همکاران (۲۰۲۰: ۱) نشان داده‌اند که فراوانی امواج گرمای شدید عمدتاً در جنوب، غرب و شمال‌غرب چین ظاهر شده و در ماه ژوئن تا اوت رخ داده و در ماه ژوئیه به اوج خود می‌رسند. نتایج مطالعه باریوپدرو[6] و همکاران (۲۰۲۰: ۱۵) نشان داد که گرم‌ترین موج‌گرمای ایبری از سال ۲۰۰۳ به بعد در اوت ۲۰۱۸ رخ داده و تغییر اقلیم در تشدید این موج‌گرما مؤثر بوده است. نتایج تحقیقات کُنگ[7] و همکاران (۲۰۲۰: ۱) نشان از ارتباط و هم‌زمانی تشدید خشک‌سالی و موج‌گرمای تابستانه طی دوره ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۵ در شرق چین دارند. یین[8] و همکاران (۲۰۲۰: ۱) در پژوهشی نشان داده‌اند که امواج گرمایی در طی دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ در جنوب و جنوب شرق آسیا با افزایش فراوانی، مدت، شدت و وسعت خود خصوصاً در سال‌های اخیر، مشکلات زیادی ایجاد کرده‌اند. انگداو[9] و همکاران (۲۰۲۱: ۲) با استفاده از مجموعه داده‌های مشاهده‌ای و بازتحلیل شده، تغییرات دما و امواج گرمایی سراسر آفریقا را موردبررسی قرار دادند. نتایج نشانگر روند روبه افزایش دما و شاخص‌های موج‌گرما در تمام مناطق قاره آفریقا می‌باشد، همچنین اینکه در سال ۲۰۱۰ شمال و غرب آفریقا بیشترین اوج گرما و در سال ۲۰۱۶ جنوب و شرق آفریقا بیشترین وقوع موج‌گرما را تجربه کرده‌اند. هدف از انجام این پژوهش بررسی و شناسایی روزهای با وقوع دمای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از داده‌های بازتحلیل شده دمای بیشینه سطح دو متری زمین و تعیین الگوی سینوپتیکی رخداد آن‌ها در منطقه غرب آسیا طی دوره‌ای بلندمدت از سال ۱۸۳۶ تا ۲۰۲۰ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. مرور

1 Mildrexler
2 Alipour and Moradkhani
3 El Kenawy
4 Sousa
5 Xie
6 Barriopedro
7 Kong
8 Yin
9 Engdaw

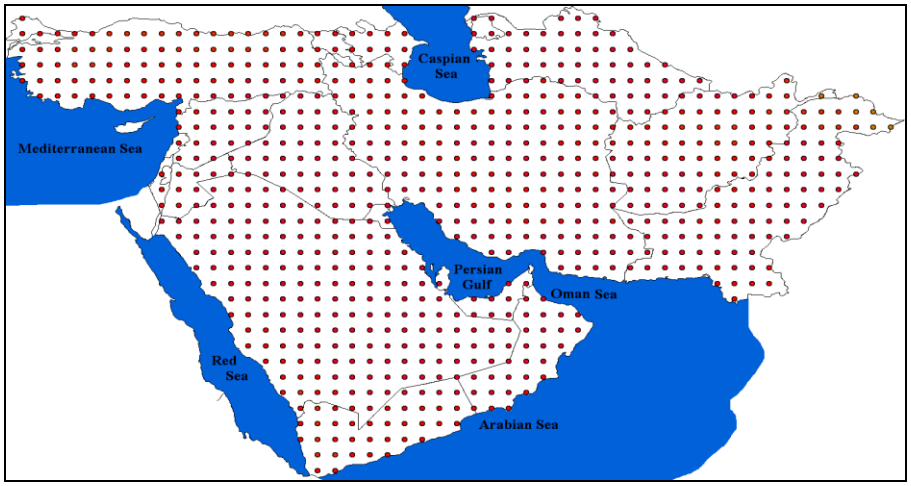
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

پیشینه تحقیقات انجام‌شده مرتبط با موضوع نشان می‌دهد که مطالعه مستقلی با داده‌های واکاوی شده مذکور که هم در خصوص تحلیل سینوپتیک دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد و هم در بازه زمانی بلندمدت باشد، در سطح دنیا انجام نشده است. تنها مطالعه کم ارتباطی که اتفاقاً در ایران انجام‌شده، ارتباط شناسایی و طبقه‌بندی امواج گرمایی منطقه شمال غرب ایران با استفاده از داده‌های واکاوی شده V20 نسخه اول است (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۵) که داده‌های مورداستفاده در این مقاله در واقع ارتقا داده شده همان داده‌ها با دوره آماری بلندمدت‌تر است.

روش تحقیق

معرفی محدوده موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در این پژوهش جهت شناسایی روزهای با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد منطقه غرب آسیا شکل (۱) می‌باشد. منطقه موردمطالعه محدوده سیاسی غرب آسیا (خاورمیانه) در حدفاصل بین ۱۲ تا ۴۲/۵ درجه عرض شمالی و ۲۶ تا ۶۳/۵ درجه طول شرقی است که برای عموم مردم دنیا به لحاظ اتفاقات سیاسی خاصش شناخته‌شده است. منطقه غرب آسیا (خاورمیانه) که کشورهای زیادی را در بر می‌گیرد به لحاظ واقع‌شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان به‌صورت مناطق خشک، کم بارش و با اقلیم گرم و سوزان در دوره گرم سال مشخص می‌شود و بعضاً دماهای بسیار بالایی در آن ثبت می‌شود که اغلب در سطح دنیا بی‌نظیر و در بسیاری از قسمت‌ها برای زیست انسان غیرقابل‌تحمل می‌باشد.



شکل (۱). نقشه منطقه مورد غرب آسیا با پوشش نقاط شبکه‌ای ۱×۱ درجه داده‌های واکاوی شده 20CR

داده و روش کار

در این تحقیق جهت بررسی‌های آماری از داده‌های واکاوی شده[1] قرن نوزدهم، بیستم و بیست و یکم موسوم به NOAA-CIRES-DOE 20th Century Reanalysis V3 یا 20CR مربوط به بیشینه دمای روزانه سطح ۲ متری

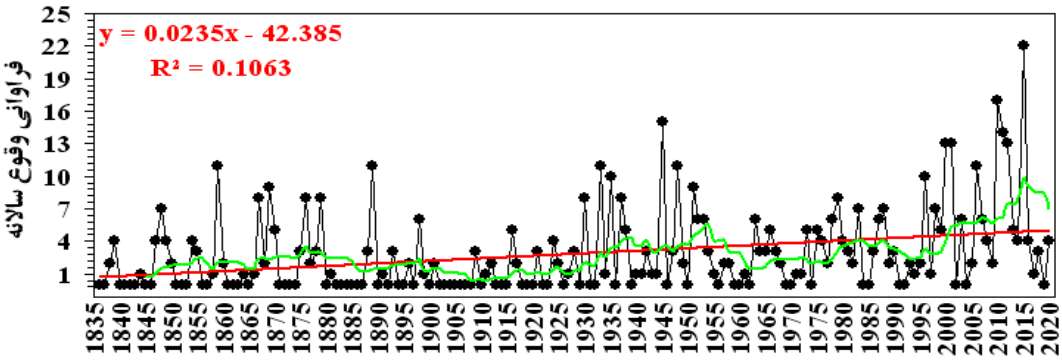
1 Reanalysis Data

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

زمین در بازه زمانی ۱۸۵ ساله، از سال ۱۸۳۶ تا ۲۰۲۰ میلادی استفاده شد. داده‌های بازتحلیل شده مذکور از تفکیک زمانی – مکانی خوبی (۱۸۳۶ تا ۲۰۱۵ (20CRv3)[1] با قدرت تفکیک فضایی ۱*۱ درجه جغرافیایی و ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ (CPC)[2] با قدرت تفکیک فضایی ۰/۵*۰/۵ درجه جغرافیایی) برخوردار هستند. همچنین برای تحلیل سینوپتیک دماهای فرین، از داده‌های سطوح بالای جو اخذشده از وب‌سایت مرکز پیش‌بینی محیطی[3] در NOAA شامل: داده‌های چند ترازه؛ ارتفاع ژئوپتانسیل متر (hgt)، دمای هوا (air)، مؤلفه‌های مداری (uwnd) و نصف‌النهاری (vwnd) و داده‌ی تک ترازه؛ فشار سطح دریا (slp) استفاده‌شده است. برای انجام این تحقیق ابتدا داده‌های دمای فرین رخداده بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، طی ۱۸۵ ساله گذشته برای منطقه موردمطالعه در فصل گرما (ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر)، با استفاده از اسکریپت نویسی در محیط گردس استخراج شد. پس از مشخص شدن روزهای با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، داده‌های رقومی ارتفاع ژئوپتاسیل متر (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) برای روزهای مذکور استخراج و خوشه‌بندی وارد (ward) اعمال شد. درنهایت پس از مشخص شدن خوشه‌ها، روزهای با شدیدترین دمای اتفاق افتاده در هر خوشه جهت تحلیل سینوپتیک انتخاب شدند.

نتایج

همان‌طور که گفته شد با استخراج داده‌های دمای حداکثر دو متری سطح زمین برای منطقه غرب آسیا، روزهای با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد مشخص شدند. در شکل (۲) فراوانی سالانه وقوع دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، روند خطی و میانگین ده‌ساله برای دوره موردمطالعه (۱۸۳۶ – ۲۰۲۰) قابل‌مشاهده است.



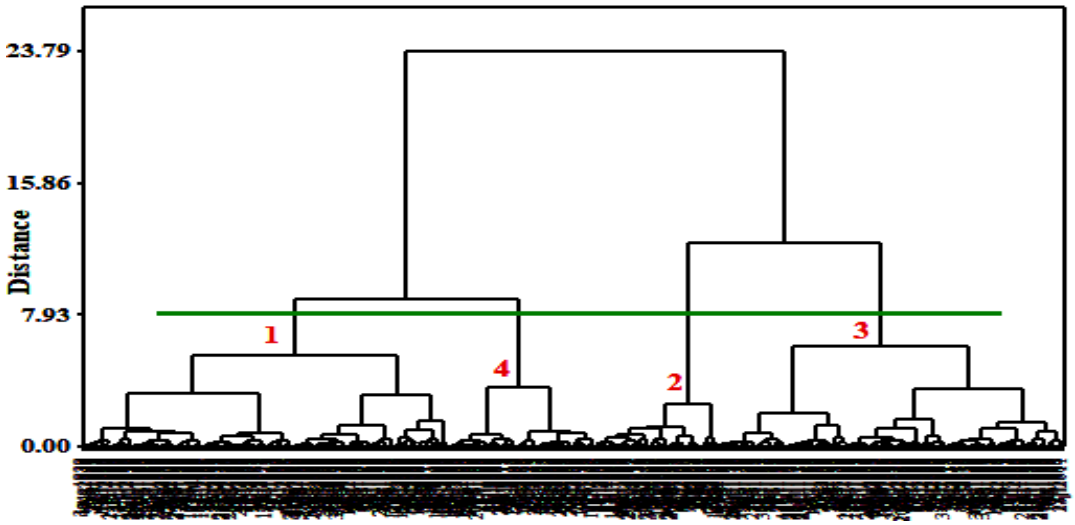
شکل (۲). فراوانی سالانه وقوع دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد (۱۸۳۶ تا ۲۰۲۰). خط فسفری رنگ میانگین متحرک ۱۰ ساله و خط قرمز روند هستند.

با توجه به شکل (۲) روند وقوع تعداد روزهای با دمای شدید صعودی بوده است، همچنین اینکه طی دوره مذکور تعداد ۵۲۵ روز دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد وجود داشته است که به ترتیب سال ۲۰۱۵ با تعداد

[1] https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.20thC_ReanV3.html
[2] https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.cpc.globaltemp.html
[3] National Center Environmental Prediction (NCEP)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

۲۲ روز و سال ۲۰۱۰ با ۱۷ روز دارای بیشترین فراوانی داده بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشند. جهت تحلیل سینوپتیک، روزهای با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد برای دوره ۱۸۳۶ تا ۲۰۱۵ انتخاب شدند که تعداد ۵۱۳ روز را شامل شده و با انجام خوشه‌بندی وارد بر روی داده‌های استخراج‌شده hgt (تراز ۵۰۰ hp) در روزهای مذکور، تعداد ۴ خوشه مشخص‌شده شکل (۳). سپس روزهای دارای بالاترین دما در هر خوشه مشخص و نقشه‌های ترکیبی فشار سطح زمین و ضخامت جو و وزش دمایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مورد تحلیل قرار داده شده‌اند.



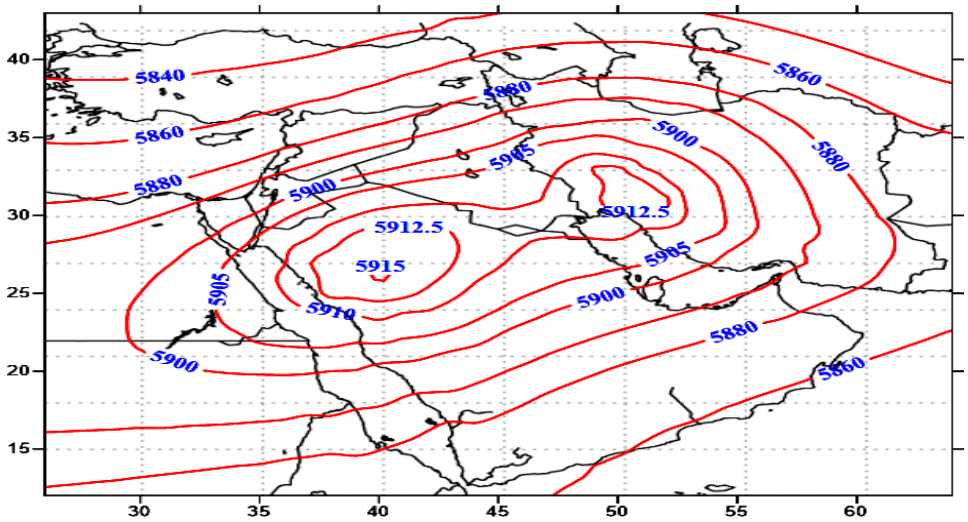
شکل (۳). دندروگرام ناشی از اعمال خوشه‌بندی ward بر روی داده‌های hgt تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

الگو (خوشه) اول – روز منتخب ۱۳ ژوئیه ۱۹۸۸

خوشه اول با تعداد ۱۹۱ روز از ۵۱۳ روز منتخب بیشترین فراوانی روزهای دارای بالای دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داده است. شدیدترین دمای رخداده در بین ۴ الگو، روز ۱۳ ژوئیه با دمای ۵۳ درجه سانتی‌گراد در این خوشه و الگو رخ داده است. با توجه به آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۴) استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای غرب آسیا بر روی منطقه موردمطالعه کاملاً مشهود است. دو هسته پر ارتفاع اصلی علاوه بر پربند وسیع ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی منطقه بیشینه دمایی مستقر هستند. اولی با ارتفاع ۵۹۱۲/۵ ژئوپتانسیل متر در غرب ایران و دومی که با ارتفاع بیشینه ۵۹۱۵ ژئوپتانسیل متر بر روی عربستان مستقر شده و علاوه بر انتقال گرمای شبه‌جزیره عربستان به سمت ایران در داخل پربندها خصوصاً محدوده پربند ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر موجب فرونشینی بی‌دررو هوا و گرمایش سطح زمین شده و دماهای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد را به وجود آورده‌اند.

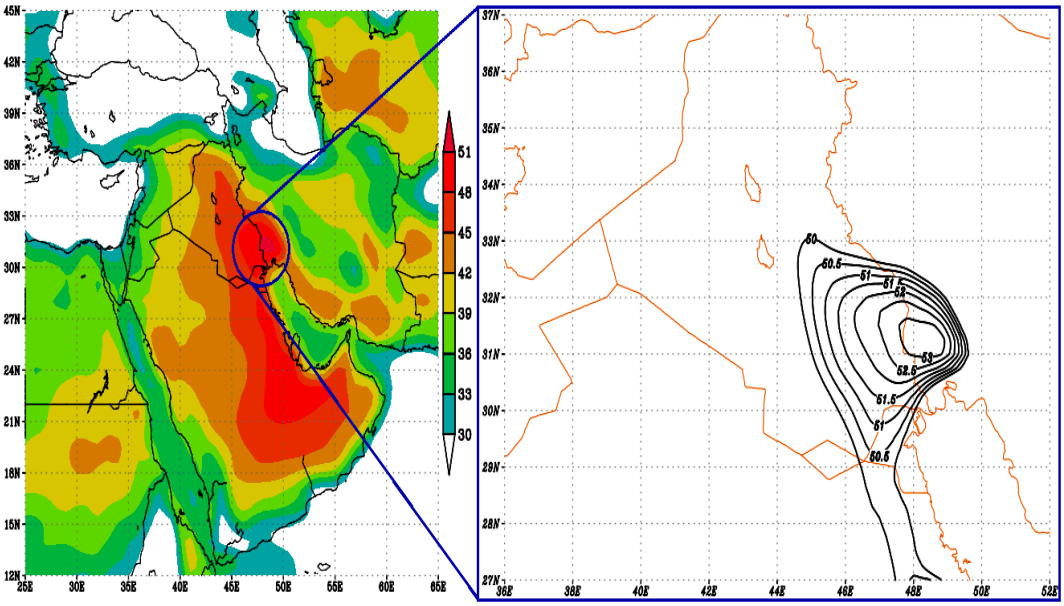
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۴). آرایش الگوی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp در الگوی اول (میانگین ۱۹۱ روزه)

دمای بیشینه روزانه ۵۳ درجه سانتی‌گراد رخ داده در روز ۱۳ ژوئیه ۱۹۸۸ در محدوده منطقه مرزی جنوب غرب ایران با جنوب شرق عراق برای تحلیل سینوپتیک خوشه اول انتخاب شد شکل (۵).

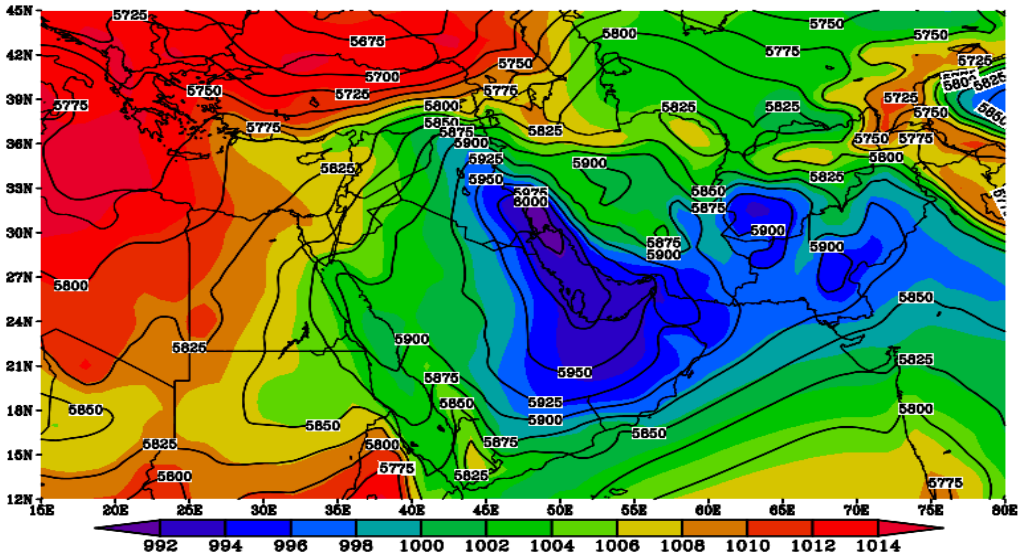


شکل (۵). توزیع دمای بیشینه ۲ متری سطح زمین در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۳ ژوئیه ۱۹۸۸

باتوجه‌به شکل (۶)، الگوی فشار حاکم بر منطقه‌ی وقوع دمای بیشینه در روز مذکور وضعیت کم‌فشاری بوده که منشأ آن کم‌فشارهای ادغامی خلیج‌فارس و شبه‌جزیره عربستان و گنگ است که موجب همگرایی جریانات شده و به دلیل گرمایش سطح زمین با ضخامت زیاد جو (پربند ۶۰۰۰ ژئوپتانسیل متر) همراه شده است.

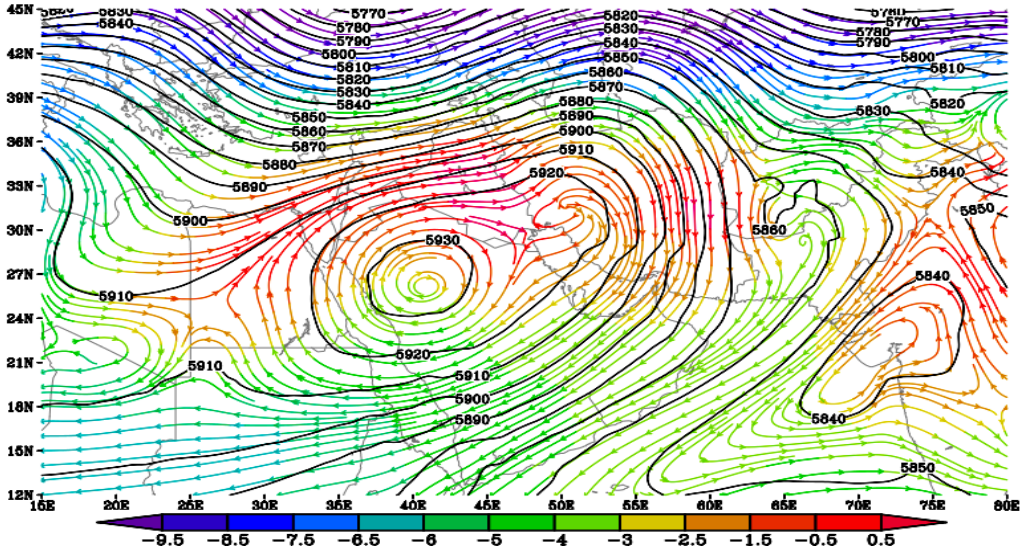
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۶). نقشه ترکیبی فشار سطح زمین (نقشه رنگی) و وضعیت ضخامت جو (کنتورهای سیاه و سفید) در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۳ ژوئیه ۱۹۸۸

با توجه به شکل (۷) در تراز ۵۰۰ hp جهت وزش دما و وجود هسته پرارتفاع بسته (۵۹۳۰ ژئوپتانسیل متر) بر روی عربستان نشان‌دهنده‌ی یک چرخش آنتی‌سیکلونی بوده است که هوای گرم عرض‌های پایین (آفریقای مرکزی و شرقی، عربستان و عراق) را به سمت منطقه دمای بیشینه بین ایران و عراق سوق داده است.



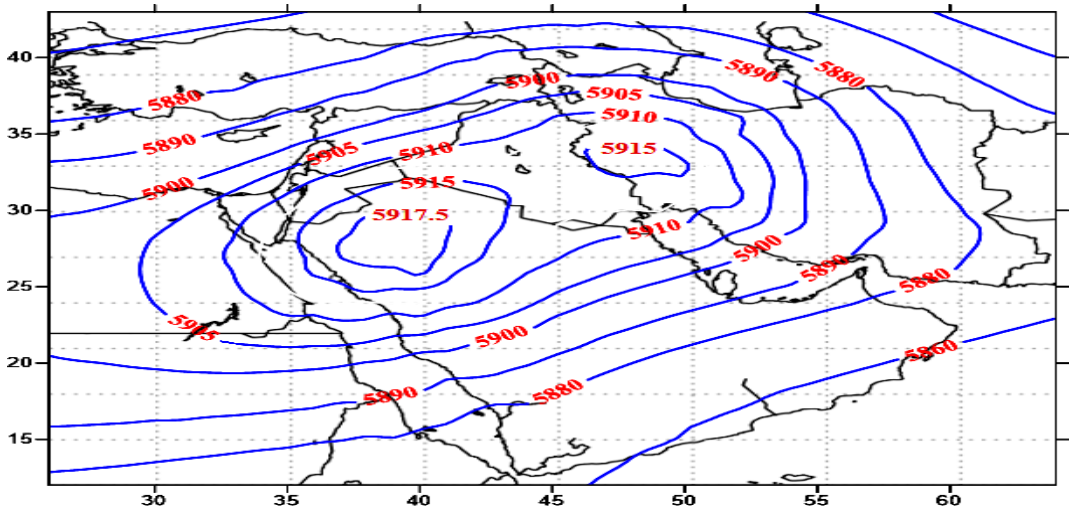
شکل (۷). نقشه ترکیبی وزش دمایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۳ ژوئیه ۱۹۸۸

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

الگو (خوشه) دوم– روز منتخب ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰

خوشه دوم با فراوانی ۶۵ روز، تعداد کمترین روز با دمای بالای ۵۰ درجه در بین ۴ خوشه را دارد. اکثر روزهای خوشه دوم دمای ۵۱ درجه دارند اما روزهایی با وقوع دمای ۵۲ درجه مانند روز ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰ نیز در این الگو قرار گرفته‌اند. آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۸) نشان‌دهنده‌ی استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ای غرب آسیا با دو هسته پرارتفاع قوی یکی بر روی غرب ایران (۵۹۱۵ ژئوپتانسیل متر) و دومی بر روی شبه‌جزیره عربستان (۵۹۱۷/۵ ژئوپتانسیل متر)، بر روی منطقه موردمطالعه می‌باشد. پربندهای وسیع و قوی مستقر بر روی منطقه بیشینه دمایی سبب نزول بی‌دررو هوا، گرمایش سطح زمین، انتقال گرمای عرض‌های پایین و در نهایت رخداد دماهای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد شده است.

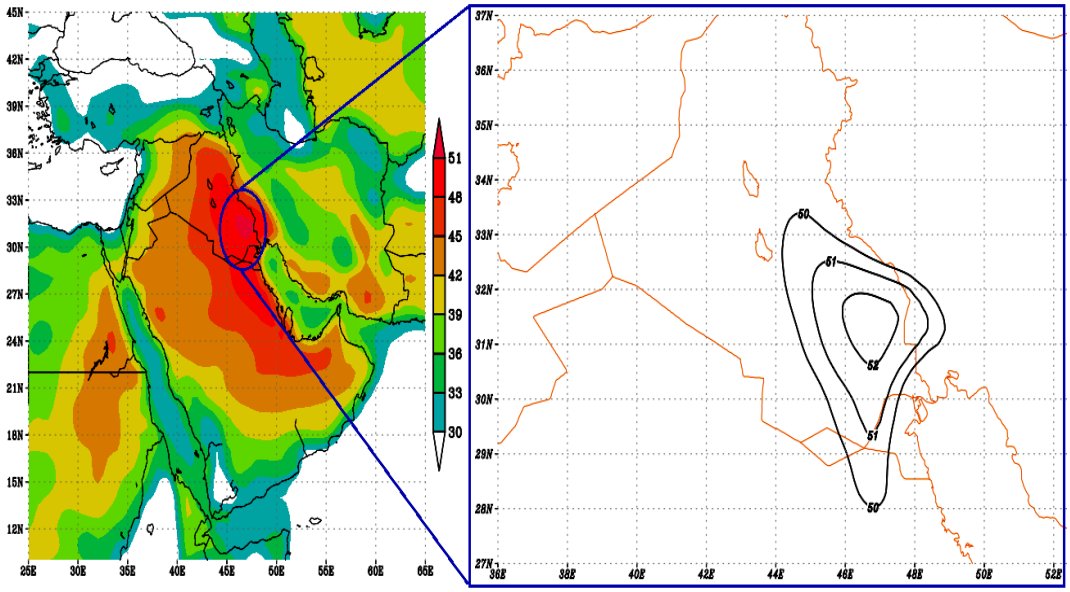


شکل (۸). آرایش الگوی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp در الگوی دوم (میانگین ۶۵ روزه)

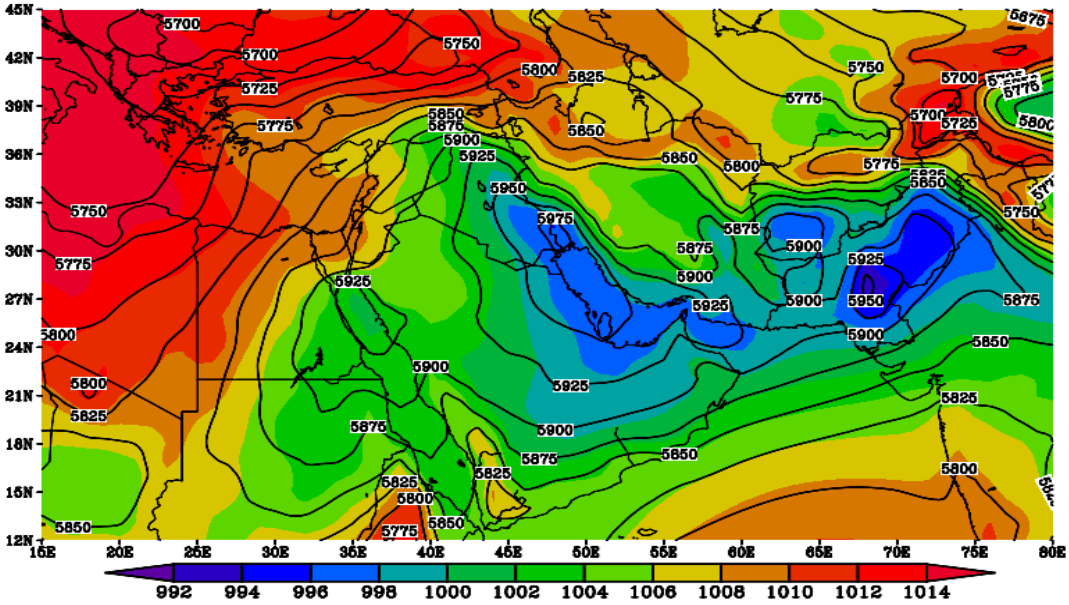
روز ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰ با دمای ۵۲ درجه سانتی‌گراد و وسعت مکانی بیشتر نسبت به روزهای هم‌دما در خوشه دوم، جهت تحلیل سینوپتیک انتخاب شد شکل (۹). منطقه وقوع دمای بیشینه تحت سیطره زبانه کم‌فشار پاکستان و خلیج‌فارس قرارگرفته و ضخامت جو به دلیل گرمایش سطح زمین بالا بوده است شکل (۱۰).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۹). توزیع دمای بیشینه ۲ متری سطح زمین در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰

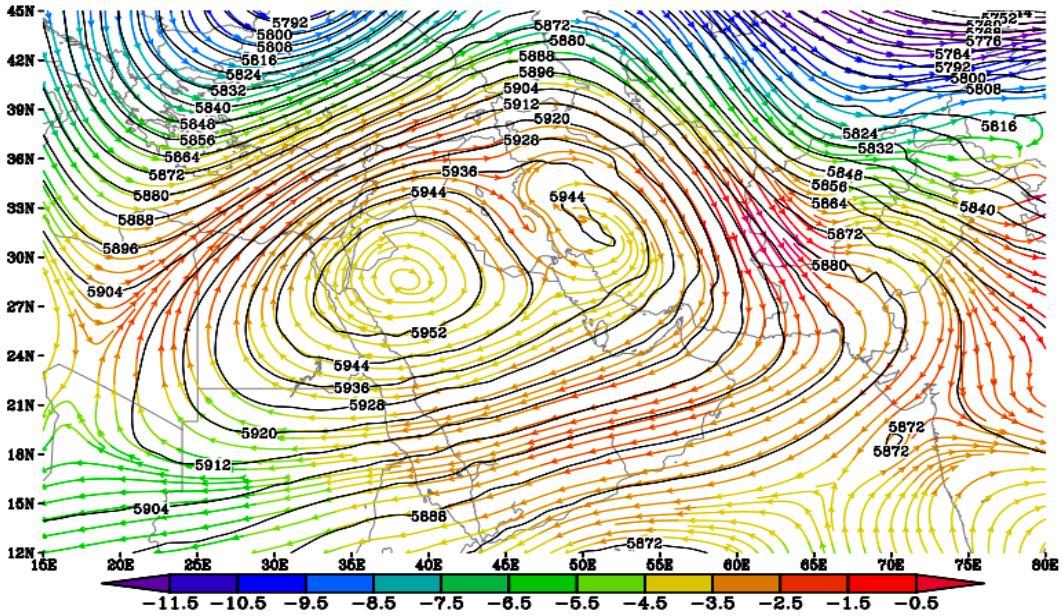


شکل (۱۰). نقشه ترکیبی فشار سطح زمین (نقشه رنگی) و وضعیت ضخامت جو (کنتورهای سیاه و سفید) در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰

با توجه به شکل (۱۱) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک پرارتفاع با گردش واچرخندی بر روی منطقه با وقوع دمای شدید قرارگرفته است که ازیک‌طرف هوای گرم عرض‌های پایین و از سوی دیگر هوایی که از روی بیابان‌های داخلی ایران عبور کرده‌اند را به‌سوی منطقه مذکور سوق داده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

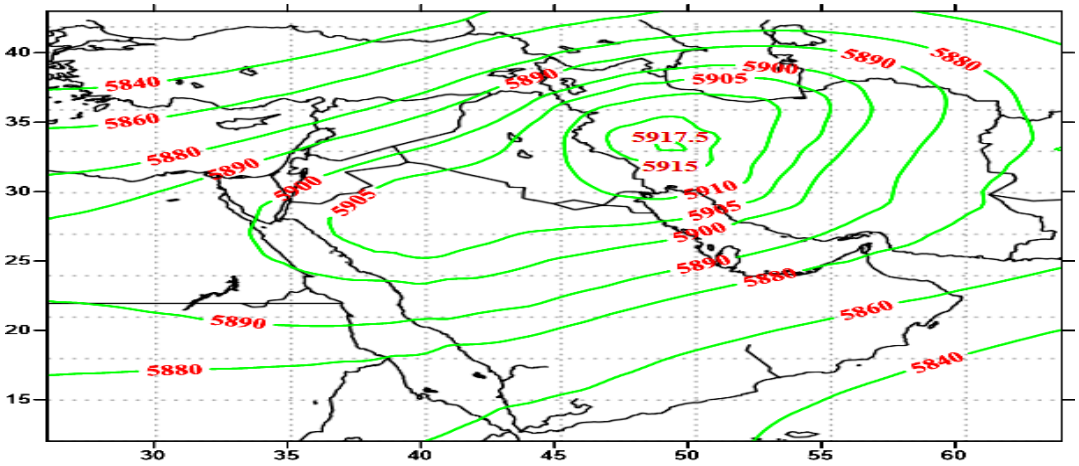
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۱۱). نقشه ترکیبی وزش دمایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۱ ژوئیه ۲۰۱۰

الگو (خوشه) سوم– روز منتخب ۳ اوت ۲۰۰۱

خوشه سوم با فراوانی ۱۸۱ روز بعد از الگوی اول بیشترین تعداد روزهای بالای ۵۰ درجه را به خود اختصاص داده است. با توجه به نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۱۲)، مشخص شد که در این الگو، پرفشار جنب حاره با یک هسته پرارتفاع قوی بر روی غرب ایران (۵۹۱۷/۵ ژئوپتانسیل متر) شکل گرفته و با چرخش آنتی‌سیکلونی سبب نزول بی‌دررو هوای خشک شده است.

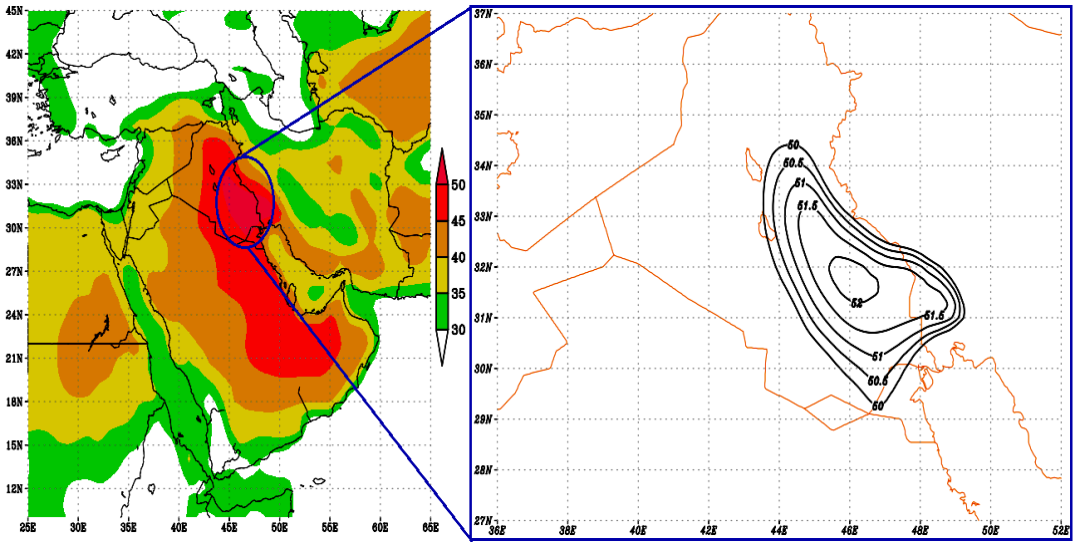


شکل (۱۲). آرایش الگوی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp در الگوی سوم (میانگین ۱۸۱ روزه)

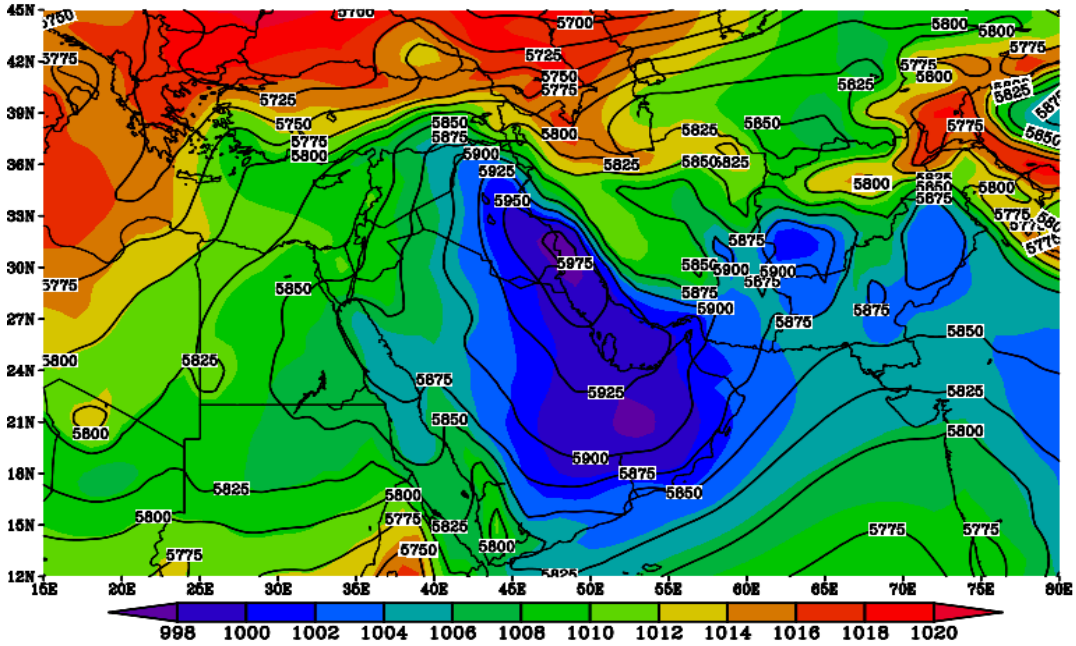
جهت تحلیل سینوپتیک خوشه سوم، روز ۳ اوت ۲۰۰۱ با دمای ۵۲ درجه سانتی‌گراد حدوداً در منطقه مرزی غرب ایران و شرق عراق انتخاب شد شکل (۱۳). با توجه به محدوده وقوع دمای شدید و الگوی فشار سطح

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]
[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

زمین در روز مذکور شکل (۱۴) مشاهده می‌شود منطقه با دمای بیشینه تحت تأثیر کم‌فشار ادغامی خلیج‌فارس و شبه‌جزیره عربستان قرارگرفته که سبب همگرایی جریانات شده و با ضخامت زیاد جو نیز همراه بوده است.



شکل (۱۳). توزیع دمای بیشینه ۲ متری سطح زمین در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۳ اوت ۲۰۰۱

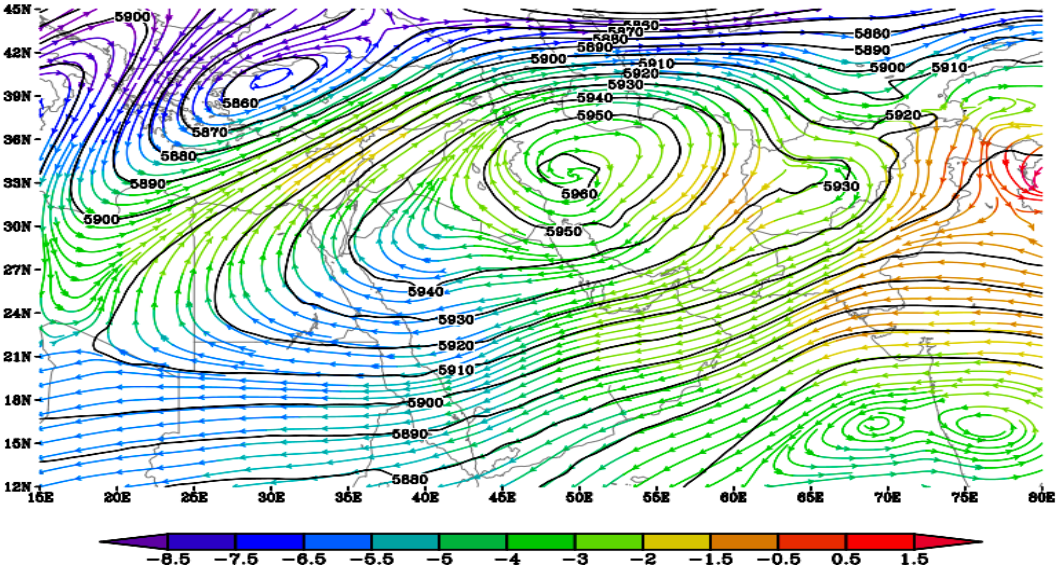


شکل (۱۴). نقشه ترکیبی فشار سطح زمین (نقشه رنگی) و وضعیت ضخامت جو (کنتورهای سیاه و سفید) در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۳ اوت ۲۰۰۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

بر اساس شکل (۱۵) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک هسته پرارتفاع بر روی غرب ایران قرارگرفته که با چرخش آنتی‌سیکلونی موجب افزایش بی‌دررو دما شده و با توجه به جهت پیکان‌های وزش دمایی در منطقه مذکور همگرایی دمایی رخ داده است.



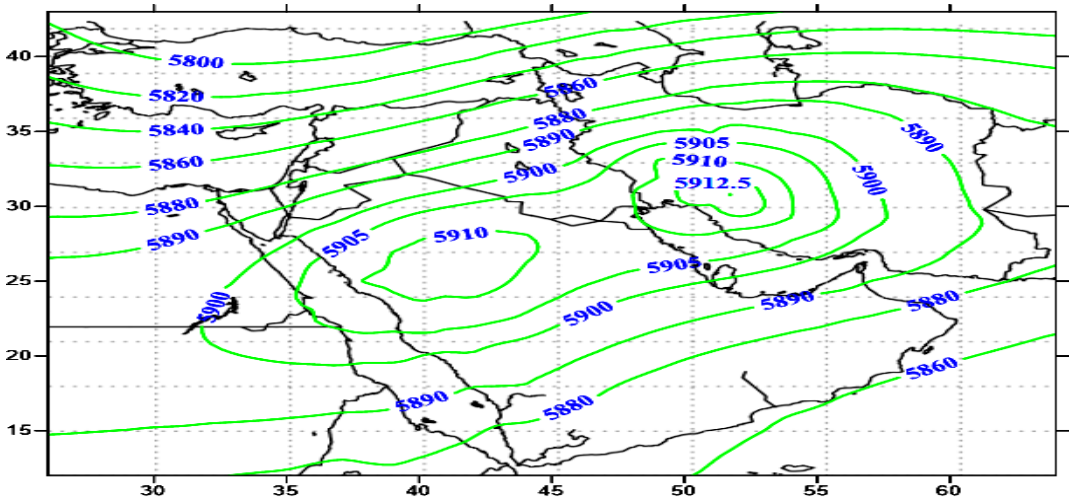
شکل (۱۵). نقشه ترکیبی وزش دمایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۳ اوت ۲۰۰۱

الگو (خوشه) چهارم– روز منتخب ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵

خوشه چهارم از ۵۱۳ روز بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد تعداد ۷۶ روز را به خود اختصاص داده است. با توجه به آرایش الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل (۱۶) استقرار پرفشار جنب حاره با دو هسته پرارتفاع ۵۹۱۲/۵ ژئوپتانسیل متر (غرب ایران) و ۵۹۱۰ ژئوپتانسیل متر (شبه‌جزیره عربستان) بر روی منطقه موردمطالعه مشخص می‌باشد. انتقال گرمای شبه‌جزیره عربستان و همچنین فرونشینی بی‌دررو هوا سبب وقوع دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد شده است.

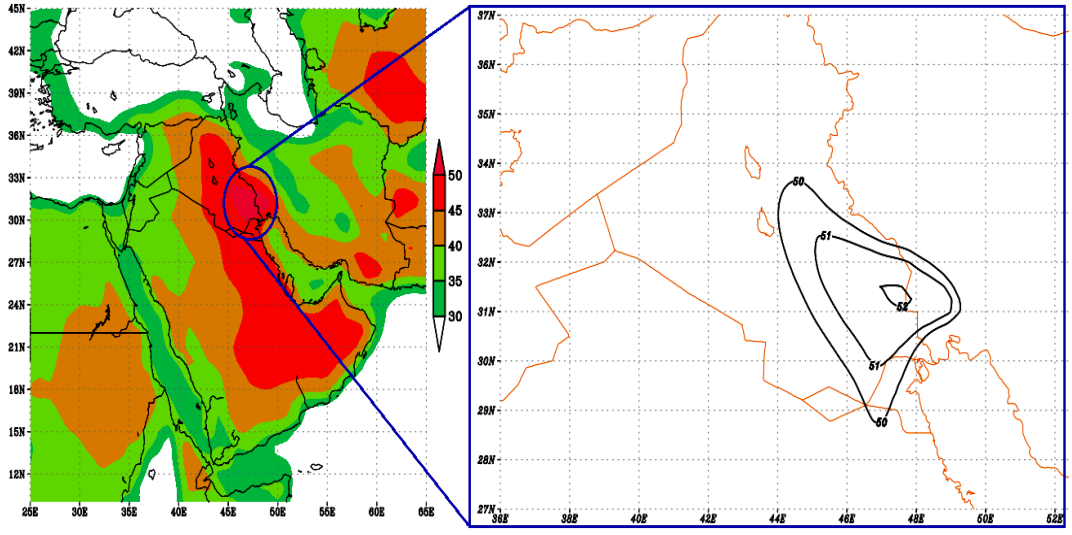
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۱۶). آرایش الگوی متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ hp در الگوی چهارم (میانگین ۷۶ روزه)

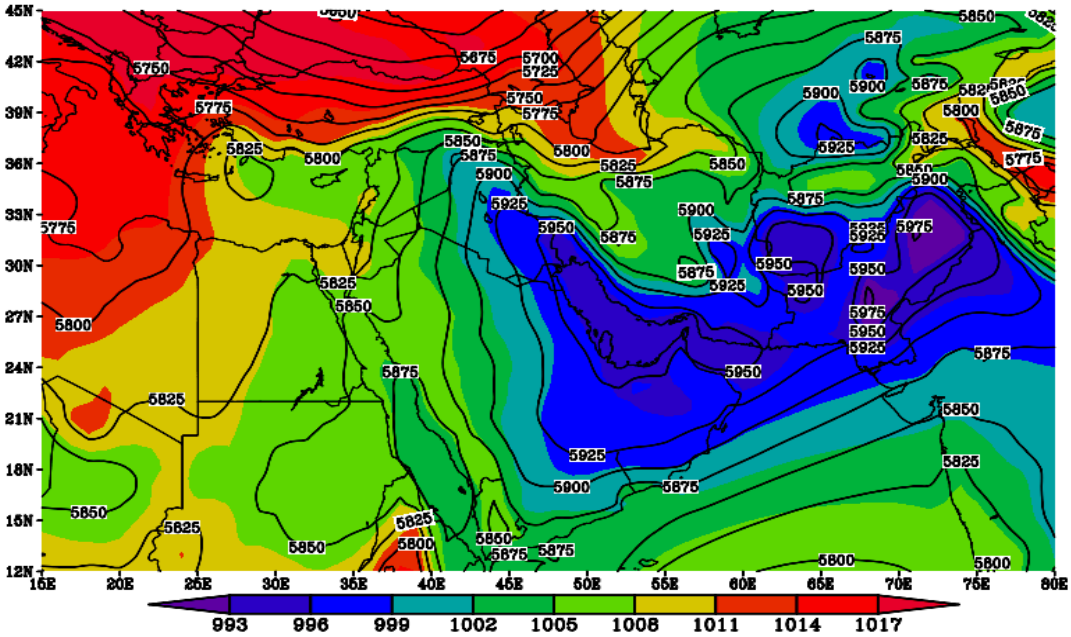
جهت تحلیل الگوی چهارم روز ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵ انتخاب شد شکل (۱۷). بر اساس نقشه ترکیبی فشار سطح زمین و ضخامت جو شکل (۱۸) مشخص شد که الگوی فشار حاکم بر منطقه حادث شدن دمای بیشینه تحت تأثیر کم‌فشار گسترده خلیج‌فارس و کم‌فشار کنگ، وضعیت کم‌فشار می‌باشد و ضخامت زیاد جو به دلیل گرمایش سطح زمین نیز بر روی آن منطبق شده است.



شکل (۱۷). توزیع دمای بیشینه ۲ متری سطح زمین در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵

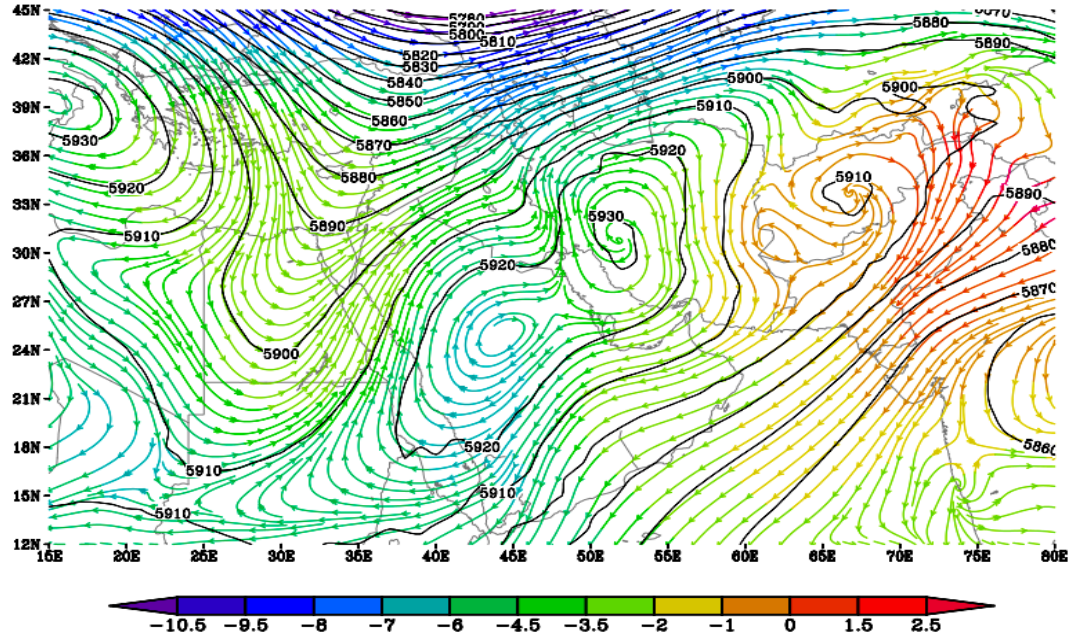
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]



شکل (۱۸). نقشه ترکیبی فشار سطح زمین (نقشه رنگی) و وضعیت ضخامت جو (کنتورهای سیاه و سفید) در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵

با توجه به شکل (۱۹) در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال یک هسته پرارتفاع (۵۹۳۰ ژئوپتانسیل متر) بر روی منطقه بیشینه‌ی دما قرارگرفته که سبب نزول بی‌دررو هوای خشک و همگرایی هوای گرم شده است



شکل (۱۹). نقشه ترکیبی وزش دمایی و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش شناسایی روزهای با دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره ۱۸۳۶ تا ۲۰۲۰ و به‌ویژه تعیین الگوی سینوپتیک رخداد روزهای مذکور بود. بر اساس بررسی‌های آماری تعداد ۵۲۵ روز دمای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره مذکور شناسایی شد. روند تغییرات سالانه فراوانی دماهای بیشینه فرین صعودی بوده و بیشترین فراوانی وقوع دمای فرین بالا در دهه‌های اخیر و در سال ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰ رخ داده است. برای تحلیل سینوپتیک تعداد ۵۱۳ روز بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره ۱۸۳۶ تا ۲۰۱۵ شناسایی و با انجام خوشه‌بندی ward بر روی داده‌های رقومی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ در روزهای مذکور تعداد ۴ خوشه مشخص شد و درنهایت شدیدترین دمای روزانه حادث شده در هر خوشه جهت تعیین الگوی سینوپتیک انتخاب شد. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که محدوده‌ی با ثبت دمای بیشینه‌ی فرین در روزهای موردبررسی در هر خوشه، منطقه‌ای مابین جنوب‌غرب ایران و جنوب‌شرق عراق می‌باشد که با نتایج مطالعات پال و الطاهر، ۲۰۱۵: ۱ (وجود یک کانون داغ در منطقه جنوب غرب آسیا)، قویدل و احمدی، ۲۰۱۵: ۸۲۱۹ (شناسایی منطقه جنوب‌غرب ایران و خصوصاً شهر آبادان به‌عنوان یکی از کانون‌های اصلی وقوع دمای فرین بیشینه) و زیتیس و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۸۶۳ (افزایش شدت موج‌گرما در شرق مدیترانه و خاورمیانه) مطابقت قابل‌توجهی دارد. ترسیم نقشه‌های ترکیبی فشار سطح دریا با ضخامت جو (تراز ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ hp)، نشان داد که الگوی فشار حاکم بر منطقه با وقوع دمای بیشینه، وضعیت کم‌فشار با منشأ کم‌فشارهای حرارتی خلیج‌فارس، شبه‌جزیره عربستان و گنگ می‌باشد که سبب همگرایی جریانات شده و ضخامت جو نیز همواره به دلیل گرمایش سطح زمین بالا بوده است. بر اساس نقشه‌های ترکیبی وزش دمایی با ارتفاع ژئوپتانسیل متر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روزهای منتخب مشخص شد که به دلیل استقرار پرارتفاع‌های بسته، گردش جو واچرخندی بوده که ازیک‌طرف فرونشینی هوای زیر این پرارتفاع‌ها موجب افزایش بی‌دررو دما شده و گرمایش سطح زمین را تشدید می‌کند و از سوی دیگر سبب انتقال هوای گرم عرض‌های پایین (عربستان و عراق) و بیابان‌های داخل ایران به سمت منطقه با وقوع دمای بیشینه شده است. می‌توان گفت تمام الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهند که عامل اصلی وقوع و پخش و پراکنش دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد غرب آسیا، پرارتفاع (پرفشار) جنب حاره غرب آسیا هستند که با توجه به استقرار هسته پرفشار آن در روی زاگرس و گاه شبه‌جزیره عربستان، بر حسب علاقه و سلیقه به آن پرفشار زاگرس یا عربستان اطلاق شده است اما آنچه مسلم است، هویت مستقل پرفشار یادشده از پرفشار جنب حاره آزور است که در مقالات متعدد مورداشاره قرار داده شده است و عامل اصلی گرمای منطقه غرب آسیا و خصوصاً ایران شناخته‌شده است. نکته مهمی که در واقع بداعت این مطالعه را نشان می‌دهد این است که علاوه بر پرفشار جنب حاره غرب آسیا در دماهای فرین بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در داخل پرارتفاع غرب آسیا که اغلب با پربند ۵۹۰۰ ژئوپتانسیل متر مشخص می‌شود، دو پرفشار قوی‌تر یکی روی زاگرس و دیگری روی شبه‌جزیره عربستان به وجود می‌آیند که عامل اصلی وقوع دماهای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در منطقه موردمطالعه هستند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

منابع

اسدی، اشرف؛ مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۳) **بررسی پراکنش زمانی-مکانی دماهای فرین گرم در ایران**، نشریه علمی پژوهش‌های محیط‌زیست، ۵ (۹): ۵۹-۷۲

حاتمی زرنه، داریوش؛ حجازی زاده، زهرا؛ ناصرزاده، محمدحسین. (۱۳۹۸) **تحلیل نوسانات زمانی امواج گرمایی منطقه‌ی شمال‌غرب ایران و ارتباط آن‌ها با گازهای گلخانه‌ای و ناهنجاری‌های دمایی کره‌ی زمین**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۲): ۳۵-۵۶

محمدی، چنور؛ فرج زاده، منوچهر؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی. (۱۳۹۸) **تخمین دمای هوا بر اساس پارامترهای محیطی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۴۸): ۱۳۱-۱۵۲.

Ahmadalipour A, Moradkhani H. (2018). **Escalating heat-stress mortality risk due to global warming in the Middle East and North Africa (MENA)**. Environment International, 117, 215-225. http://doi .org/10.1016/j.envint.2018.05.014.

Alahmad B, Shakarchi A. F, Khraishah H, Alseaidan M, Gasana J, Al-Hemoud A, Koutrakis P, Fox M. A. (2020). **Extreme temperatures and mortality in Kuwait: Who is vulnerable?** Science of the Total Environment, 732, 1-7. http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.139289.

Barriopedro D, Sousa P. M, Trigo R. M, Garcia-Herrera R, and Ramos A. M. (2020). **The exceptional Iberian heatwave of summer 2018**. American Meteorological Society, 15-19. http://doi.org/10.1175/ BAMS-D-19-0159.1.

Chen Y, Hu Q, Yang Y, Qian W. (2016). **Anomaly based analysis of extreme heat waves in Eastern Chin during 1981-2013**. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.4724.

Dashkhuu D, Kim J. P, Chun J. A, Lee W. S. (2015). **Long-term trends in daily temperature extremes over Mongolia**. Weather and Climate Extremes, 26 - 33. http://dx.doi.org/10.1016/j.wace.2014.11.003.

Di Luca A, Di Elia R, Bador M, Argueso D. (2020). **Contribution of mean climate to hot temperature extremes for present and future climates**. Weather and Climate Extremes, 1-16. https://doi.org/10 .1016/j.wace.2020.100255.

El Kenawy A. M, Lopez-Moreno J. I, McCabe M. F, et al. (2019). **Daily temperature extremes over Egypt: Spatial pattern, temporal trends, and driving forces**. Atmospheric Research, 1-50. https://doi .org/10.1016/j.atmosres.2019.04.030.

Engdaw M. M, Ballinger A. P, Hegerl G. C, Steiner A. K. (2021). **Changes in temperature and heat waves over Africa using observational and reanalysis data sets**. International Journal of Climatology, 1-29. https://doi.org/10.1002/joc.7295.

Ghavidel Y, Ahmadi M. (2015). **Statistical analysis and temporal trend of annual maximum temperatures of Abadan in Southwestern of Iran**. Arabian Journal of Geosciences, 8 (10): 8219–8228. DOI: 10.1007/s12517-014-1760-9.

Hudson D, Marshall A. G, Alves O. (2011). **Intra-seasonal Forecasting of the 2009 summer and Winter Australian Heat Waves Using POAMA**. Center for Australian Weather and Climate Research 257-278. https://doi.org/10.1175/WAF-D-10-05041.1.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

Hunt B. G. (2007). **A Climatology of Heat Waves from a Multimillennial Simulation**. Journal of Climate, 3802-3821. http://doi.org/10.1175/jcli4224.1.

Jiang Q, Yue Y, Gao L. (2019). **The spatial-temporal patterns of heat wave hazard impacts on wheat in northern China under extreme climate scenarios**. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2346-2367. http://doi.org/10.1080.19475705.2019.1693435.

Kong Q, Guerreiro S. B, Blenkinsop S, Li X. F, Fowler H. J. (2020). **Increases in summertime concurrent drought and heatwave in Eastern China**. Weather and Climate Extremes, 1-8. https://doi .org/10.1016/j.wace.2019.100242.

Lewis S. C, King A. D, Perkins S. E, Mitchell D. M. (2019). **Regional hotspot of temperature extremes under 1.5 C and 2 C of global mean warming**. Weather and Climate Extremes, 1-11. http:// doi.org/10.1016/j.wace.2019.100233.

Marshall A. G, Hudson D, Wheeler M. C, Alves O, Henon H. H, Pook M. J, Risbey J. S. (2013). **Intra-seasonal Drivers of Extreme Heat Over Australia in Observation and POAMA-2**. Climate Dynamics. http://doi.org/10.1007/s00382-013-2016-1.

Mildrexler D. J, Zhao M, Cohen W. B, Running S. W, Song X. P, Jones M. O. (2018). **Thermal anomalies detect critical global land surface changes.** Journal of Applied Meteorological and Climatology, 391-411. https://doi.org/10.1175/jamc-d-17-0093.1

Mildrexler D. J, Zhao M, Running S. W. (2011). **Satellite finds highest land skin temperatures on earth.** American Meteorological Society, 855-860. https://doi.org/10.1175/ 2011BAMS3067.1

Pal J. S, Eltahir E. A. B. (2015). **Future temperature in southwest Asia projected to exceed a threshold for human adaptability.** Nature Climate Change. https://doi.org/10.1038/ nclimate2833.

Perkins S. E. (2015). **A review on the scientific understanding of heatwaves-Their measurement, driving mechanisms, and changes at the global scale.** Atmospheric Research, 242-267. http://dx.doi. org/10.1016/j.atmosres.2015.014.

Roy S. S. (2019). **Spatial patterns of trends in seasonal extreme temperatures in India during 1980-2010.** Weather and Climate Extremes. http://doi.org/10.1016/j.wace.100203.

Sousa P. M, Barropedro D, Ramos A. M, Garcia-Herrera R, Espirito-Santo F, Trigo R. M. (2019). **Saharan air intrusions as a relevant mechanism for Iberian heatwaves: The record breaking events of August 2018 and June 2019.** Weather and Climate Extremes, 1-13. https://doi.org/10 .1016/j.wace.2019.100224.

Wang X. L, Feng Y, Compo G. P, Swail V. R, Zwiers F. W, Allan R. J, Sardeshmukh P. D. (2012). **Trends and low frequcy variability of extra-tropical cyclone activity in the ensemble of twentieth century reanalysis.** Climate Dynamics, 2775-2800. http://doi.org/10.1007 /s00382 -012 -1450 -9.

Xie W, Zhou B, You Q, Zhang Y, Ullah S. (2020**). Observed changes in heat waves whit different severities in China during 1961-2015.** Theoretical and Applied Climatology. https://doi.org/10.1007 /s00704-020-03285-2.

Yin C, Yang F, Wang J, Ye Y. (2020). **Spational distribution and risk assessment of heat waves based on apparent temperature in the one belt and one road region.** Remote Sensing, 1-21. https:// doi.org/10.3390/rs12071174.

Ying X, Tao Z. B, Jie W, Yu H. Z, Xiang Z. Y, Jia W. (2017). **Asian climate change under 1.5_4 C warming targets.** Advances in Climate Change Research, 99-107. http://dx.doi.org/10.1016/j.accre .2017.05.004.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]

Zhang X, Aguilar E, Sensoy S, Melkonyan H, Tagiyeva U, et al. (2005). **Trends in Middle East climate extreme indices from 1950 to 2003.** Journal of Geophysical Research, 1-12. http://doi.org/10.1029 /2005JD006181.

Zittis G, Hadjinicolaou P, Fnais M, Lelieveld J. (2016). **Projected changes in heat wave characteristics in the eastern Mediterranean and the Middle East.** Reg Environ Change 16:1863-1876. https://doi.org/1007/s10113-014-0753-2.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-09]

[DOI: 10.52547/jgs.24.72.427]