دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۰
تابستان ۱۳۹۴، صفحات ۱۰۵-۸۳

حسن لشکری[۱]
فرشاد پژوه[۲]
محمد بیتار[۳]

تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر در غرب ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱٤

چکیده

بارش تگرگ شدید و فراگیر نقش موثر و عمده‌ای در خسارت به محصولات کشاورزی در مناطق مختلف کره زمین دارد. لذا جهت مقابله با خسارت‌ها و تاثیرات ناشی از آن شناخت شرایط همدیدی این پدیده مخرب لازم است. جهت بررسی شرایط همدیدی و دینامیکی پدیده‌ی تگرگ در غرب کشور از داده‌های روزانه بارش تگرگ ۳۰ ایستگاه همدیدی استان‌های کرمانشاه، همدان، لرستان و کردستان در یک دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) استفاده شد. سپس دو نمونه از بارش‌های تگرگ فراگیرکه شدت بیش‌تری از بقیه داشتند شناسایی و انتخاب گردید. سپس با استفاده از داده‌های سایت NCEP/NCAR نقشه‌های همدیدی فشار تراز دریا، ژئوپتانسیل، شاخص امگا، بادمداری و نصف‌النهاری، نم ویژه و وزش باد، در ترازهای دریا،۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از نرم‌افزارگردس در روز اوج بارش برای دو نمونه انتخابی، ترسیم شد. در نهایت شرایط همدیدی و الگوهای ریزش تگرگ در هر دو نمونه در روز اوج بارش با استفاده از نقشه‌ها و داده‌های ذکر شده، مشخص گردید. نتایج پژوهش نشان داد که از لحاظ دوره شبانه‌روزی، ساعت ۹ تا ۱۵ و در بین ماه‌های سال آوریل و می حداکثر فراوانی را داشتند.

۱- دانشیار اقلیم شناسی،دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. E-mail: dr_lashkari61@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. E-mail f.pazhooh@mail.sbu.ac.ir
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

و ایستگاه‌های همدید مریوان، بانه و بیجار بیش‌ترین فراوانی بارش تگرگ را داشته‌اند. بررسی الگوهای جوی نشان داد که بارش تگرگ فراگیر در منطقه، نتیجه گسترش سامانه‌ی کم فشار واقع بر روی دریای سرخ وسودان است. به طوری‌که که در روز بارش تگرگ غرب ایران جلو ناوه قرار داشته و سامانه واچرخند بر روی دریای عرب سبب انتقال هوای گرم ومرطوب، با راستای جنوبی-شمالی به درون منطقه شده و ضمن تقویت سامانه کم فشار سودانی شرایط مناسبی برای ایجاد ناپایداری و ریزش تگرگ فراهم کرده و بررسی نقشه‌های امگا، نشان از همگرایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و واگرایی قوی در ترازهای ۸۵۰ و۷۰۰ هکتوپاسکال می‌داد، به صورتی‌که جریانات بالاسوی قوی هوای گرم و مرطوب را صعود داده و زمینه ایجاد ناپایداری‌های شدید را فراهم کرده است.

کلید واژه‌ها: تگرگ فراگیر، غرب ایران، تحلیل همدیدی، کم فشار، همرفت.

مقدمه

تگرگ یکی از پدیده‌های مخرب جوی است که باعث خسارات بسیاری به بخش‌های مختلف از جمله خسارت دربخش کشاورزی می‌شود. تگرگ به عناصر جوی و عوامل جغرافیایی محل وابسته است؛ هر زمان که شرایط جوی وفرآیندهای فیزیکی مناسب با موقعیت جغرافیایی محل ترکیب شوند، باعث رخداد و تشدید این پدیده می‌گردد. و میزان خسارت تگرگ بسته به اندازه و شدت رگبار آن، متفاوت است (دانگ[4] و همکاران، ۲۰۰٦: ۱۹۳)، خسارت تگرگ در بخش کشاورزی در چین در سال ۲۰۰٤ را بیش از یک میلیارد دلار بیان کرده‌اند.

تگرگ از دانه‌ها یا تکه‌های یخ به قطر ۵ تا ۵۰ میلی‌متر و گاهی بیش‌تر تشکیل شده است. رشد شدید تگرگ حاصل حرکات عمودی شدید و مکرر هوا در ابرهای کومولونیمبوس است و این امر باعث می‌شود که نطفه‌های تگرگ قطرات آب را به دور خود جذب کنند و سبب انجماد آن‌ها شوند (علیجانی وکاویانی، ۱۳۸٦: ۲٦٤). تگرگ همچنین با مساعدت همرفت قوی و انجماد لایه پایینی توده هوا در جو با جبهه‌ای شامل دو توده هوای مختلف، و در قسمت بالای جت استریم به‌وسیله بادهای برشی عمودی قوی ایجاد می شوند (دسنس[5]،۱۹٦۰: ۳۳۵). تگرگ یک پدیده در ارتباط با توفان‌های تندری می‌باشد که احتمالا بیش‌تر در جو ناپایدار و ناآرام رخ می‌دهد، که با افزایش رطوبت در تراز پایین و با حضور بادهای برشی عمودی قوی روی می‌دهد (داس[6]،۱۹٦۲: ٤۱۲). همراه با راه افتادن

4- Dong
5- Dessens
6- Das

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مکانیزمی که می‌تواند این ناپایداری را آزاد کند (لانگلی وتامسون[۷]، ۱۹٦۵: ۷۹). توپوگرافی و گردش جو نقش مهمی را در تشکیل تگرگ دارد (اتکین و بران[۸]، ۱۹۹۹: ۱۳٦٤).

در زمینه‌ی بارش تگرگ تا کنون در دنیا پژوهش‌های نسبتا زیادی صورت گرفته و با رویکردهای متفاوتی به مطالعه و شناخت این پدیده پرداخته شده است.

(استانلی و چنگنون[۹]، ۱۹٦۲: ۳٤)، در مطالعه‌ای با عنوان فراوانی‌های منطقه‌ای روزهای همراه با تگرگ و طوفان رعد و برق در ایلی نویز آمریکا انجام داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در طول ماه‌های مارس و اکتبر که به عنوان فصل طوفان‌های رعد وبرق حساب می‌شود، به طور متوسط نصف روزهای مورد نظر را طوفان‌های رعد وبرق در بر می‌گیرد و یک سوم آن را طوفان‌های تگرگ شامل می‌شود (هاف[۱۰]، ۱۹٦۱: ۲٤۲). در یک دوره ۵۰ ساله نقش توزیع طوفان‌های تندری، بارش، ماکزیمم درجه حرارت، نقطه شبنم و جبهه‌های هوا و تاثیرات آنها را در توزیع بارش تگرگ در ایلی‌نویز بررسی کرده است. وی معتقد بود که توزیع بارش تگرگ در ناحیه کوچک نیز می تواند تحت تاثیر عناصر مختلف اقلیمی قرار گیرد. (ریتالاک[۱۱]، ۱۹۷۸: ۳۵)، در تحقیق خود به چگونگی تشکیل تگرگ و عوامل موثر بر آن پرداخته و مناطق خاصی را برای بارش تگرگ بیش‌تر مناسب دانسته و معتقد است که یک مکانیسم مانع وجود دارد که در نواحی گرم‌تر و مناطق دیگر در طول ماه‌های گرم تابستان مانع بارش تگرگ می شود (نولان[۱۲]، ۱۹۹٤: ۱۱). در مقاله‌ای با عنوان تگرگ پدیده خطرناک تابستان شرق کلرادو، در دوره آماری ۱۹۹۳-۱۹۸٦ علت رخداد طوفان‌های تگرگ را در منطقه مورد مطالعه، ارتفاع زیاد، تابش شدید آفتاب و گرم شدن سریع منطقه، افزایش سرعت عمودی در داخل ابر و شدت حرکات همرفتی در ابرهای کومولونیمبوس می‌داند. (لوت[۱۳]،۱۹۹۹: ۷۹۹)، کوه‌های بلند را یکی از عوامل افزایش بارش تگرگ دانسته است (فریدی وینت[۱٤]، ۲۰۰۰: ۳۱۱). با بررسی بارش تگرگ در فرانسه، نقشهٔ خطر تگرگ را تهیه و بیان می‌کند که در منطقه شرق و مرکز فرانسه توپوگرافی محلی می‌تواند انرژی تگرگ را به‌ویژه در دامنهٔ باد پناه تقویت کند (بایرز[۱۵]، ۱۳۷۷: ٤۲۸). معتقد است که تعداد اندکی از طوفان‌های تندری تگرگی به زمین می‌رسند و بسیاری از آن‌ها، حتی در مناسب‌ترین قسمت ابر، بدون تگرگ‌اند. (کوستا و همکاران[۱٦]،۲۰۰۰: ۷۷)، در بررسی همرفت عمیق شمال ایتالیا نشان می‌دهند که تعامل بین

7- Longley and Thompson
8- Etkin and Brun
9- Stanley and Changnon
10- Huff
11- Retallack
12- Nolan
13- Lott
14- Freddy Vinet
15- Byers
16- Costa et al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جریان همدیدی و شیب اوروگرافی آلپ، عامل کلیدی برای گردش ساختار متوسط مقیاس است که به انواع متوسط طوفان‌های شدید منجر می شود. (استرلینگ[17]،۲۰۰۳: ۱۸۵)، از طوفان‌های تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد کرده و پیامدهای محیطی و اقتصادی ناشی از توفان‌های تندری و پدیده‌های مربوط به آن (تگرگ، سیل و باد شدید) را بر اقتصاد قشر کشاورز آمریکا بررسی کرده است. (جیوتی و همکاران[18]، ۲۰۰۳: ۲٤۹)، در بررسی‌های با عنوان آب و هواشناسی تگرگ در دشت فریلی ونزیا جیولیا[19]؛ بیان می‌کنند حتی اگر تگرگ که یک پدیدهٔ محلی است، آب‌وهواشناسی تگرگ می‌تواند فقط به وسیله محسوب دانستن سازوکارهای متوسط مقیاس، توسط فعل و انفعالات بین آشفتگی‌های همدیدی و اوروگرافیکی پیچیده در این دشت تفسیر شده باشد (سیوتاس و فلو کاس[20]، ۲۰۰۳: ۱۹۹). با مطالعه الگوهای همدیدی و ترمودینامیکی بارش تگرگ شمال یونان در فصل گرم، جریان‌ها و تراف جنوب‌غربی بیش‌ترین تاثیر را در بارش تگرگ منطقه داشته است.

(نیتو و کوایترس[21]،۲۰۰۵: ۳۱۰۹)، در مقاله خود با عنوان ویژگی‌های اقلیمی کم فشارهای بریده در نیمکره شمالی با بررسی منطقه شمال‌شرقی چین، بارش تگرگ را با سیستم‌های گردشی، جبهه‌ها و کم فشارهای بریده مرتبط دانسته اند. (چروما و همکاران[22]، ۲۰۰٦: ۱)، تغییر پذیری فضایی-زمانی توفان تگرگ در مراویا و سیلسیا را بررسی کرده اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که حداکثر بارش تگرگ در منطقه هروبی جسنیک[23]و کوه‌های بسکیدس[24]بوده و حداکثر روزهای بارش (۵۰ درصد) کل توفان‌های تگرگ مشاهده شده در دوره مطالعاتی در ماه می رخ داده است. و طبقه‌بندی همدید آن‌ها نشان داد که در ۸۸٪ روزهای همراه با بارش تگرگ شرایط سیکلونی در منطقه حاکم بوده است. به طور کلی مطالعات انجام‌شده در رابطهٔ بین شرایط همدیدی و عناصر آب وهوایی، به بررسی اثرات آن بر آب وهوای محلی و یا منطقه‌ای، متمرکز گردیده‌اند (ام آران و همکاران[25]،۲۰۱۰: ٤۲۸). در مطالعه‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل فعالیت‌های همرفتی و سابقهٔ همدیدی آن در کرواسی، (میکوس و همکاران[26]،۲۰۱۱: ۱٤۳) بیان می‌دارند که فعالیت همرفتی در اوایل بعد از ظهر شروع و در پایان غروب به اتمام می‌رسد. دورهٔ فراوانی بیش‌تر همرفت شبانه در ساحل آدریاتیک به وقوع می‌پیوندد.

17- Sterling
18- Giaiotti et al
19- Friuli Venezia Giulia
20- Sioutas and Flocas
21- Nieto and Coauthors
22- Chroma et al
23- Hruby jesenik
24- Beskids
25- Aran M et al
26- Mikus et al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

در ایران (قربانی، ۱۳۷۵: ۱۱۲)، در رابطه با تحلیل همدید بارش تگرگ در استان اصفهان، به این نتیجه رسیده که فعالیت مرکز پرفشار سرد و ریزش هوای سرد به لایه‌های میانی جو در شمال‌غرب کشور و وجود کم فشار جنوبی در لایه زیرین جو که جریانات گرم و مرطوب عربستان را به منطقه وارد می کند، باعث رشد ابرهای کومولونیمبوس شده و بارش تگرگ را ایجاد می‌کند (سیف، ۱۳۷۵: ۲۹). با استفاده از تحلیل داده‌های ۳۵ ایستگاه‌های همدید کشور در یک دوره سی‌ساله (۱۹۹۰-۱۹۶۱)، فراوانی و چگونگی توزیع بارش تگرگ بر روی ایران را به‌دست آورده است. وی از میان کدهای پدیده مربوط به هوای حاضر، کدهای ۲۷، ۸۷ تا ۹۱، ۹۳، ۹٤، ۹٦ و ۹۹ را استخراج کرده است. ایشان ابتدا داده‌های موجود را به ۳ دوره‌ی زمانی ۳۰ ساله تقسیم‌بندی و به این نتیجه رسیده است که کانون‌های بارش تگرگ در کشور بیش‌تر در غرب و شمال‌غرب کشور قرار دارند (لشکری، ۱۳۸۱: ۱۳۳). با مطالعه بر روی ۲۰۰ سامانه سودانی در یک دوره آماری ۲۰ ساله با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۱۸۲ ایستگاه هواشناسی مستقر در جنوب و جنوب‌غرب کشور نشان داد که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوی‌های همدید از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و باعث ایجاد بارندگی می‌شوند. (امینی و بروجنی، ۱۳۸۲: ۱۱۱)، به بررسی همدیدی ترمودینامیکی بارش تگرگ در استان اصفهان پرداخته‌اند. در این تحقیق بر اساس نقشه‌های ترازهای مختلف جو، نمودارهای جوشناختی و اطلاعات جو بالای اصفهان به تجزیه و تحلیل دینامیکی و همدیدی بر روی این پدیده پرداخته شده است (صناعی و همکاران، ۱۳۸۲: ۹). در بررسی مدل آماری تگرگ با استفاده از روش های استاندارد آماری، فراوانی رخداد پدیده‌ی تگرگ در محدوده‌ی غرب و شمال‌غرب و کم‌ترین آن در نیمه شرقی کشور رخ می دهد. (عبد منافی، ۱۳۸۳: ٤٨)، در بررسی مناطق ناپایدار، به مطالعه ۱۵ مورد رخداد تگرگ در شهر تهران پرداخته است. از نتایج این مطالعه می‌توان به تمرکز بیش‌تر بارش تگرگ در فصل بهار و در ماه‌های اسفند تا اردیبهشت و در ساعت‌های ٦ تا ۱۸ اشاره کرد. (حاج بابایی و همکاران، ۱۳۸٤: ٦٤)، با تحلیل همدیدی و دینامیکی بارش تگرگ در مورخه ۲٦ اکتبر ۱۹۹۰ ، شمال‌غرب و غرب کشور را به عنوان منطقه‌ای با حداکثر فراوانی بارش تگرگ می باشند، و علت اصلی این پدیده را وجود رطوبت کافی و صعود توده هوا دانسته‌اند (قندهاری، ۱۳۸۵: ۹۸). با استفاده از مدل MM۵[۲۷] بارش‌های رگباری را شبیه‌سازی نموده و نفوذ زبانه‌ی پرفشار سیبری از شمال‌شرق و همچنین تاثیر زبانه‌های کم فشار و گرم آفریقا بر روی جنوب‌غرب کشور را دلیل بارش‌های رگباری شدید در منطقه می‌داند (آسیایی و همکاران، ۱۳۸٦: ۲۵). در مطالعه خود تحت عنوان پهنه‌بندی بارش تگرگ در ایران و ارایه روش‌های مناسب جهت تعدیل آن در دوره آماری ۲۰۰٦-۱۹۸٦ نشان دادند که تفاوت‌های موجود بین نحوه توزیع وقوع پدیده تگرگ در سطح کشور را می‌توان به تفاوت اقلیم مناطق مختلف کشور و همچنین تفاوت

27- 5th-generation Mesoscale Model

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

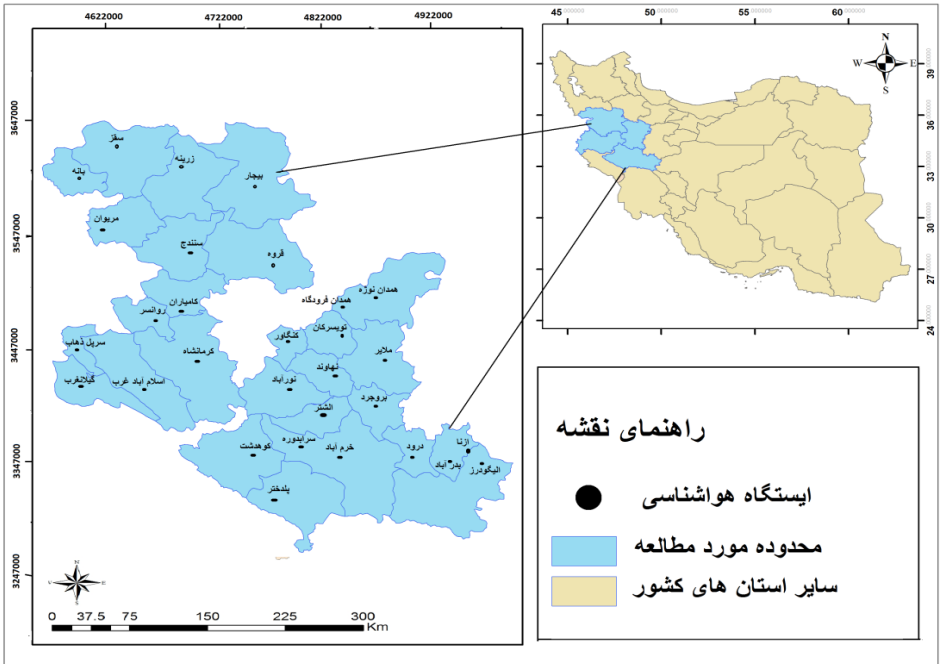
توپوگرافی آن مناطق نسبت داد به‌طوری که مناطق کوهستانی و مرتفع واقع در مرکز، غرب و شمال‌غرب کشور بالاترین مقادیر ثبت شده این پدیده را به خود اختصاص داده‌اند. (جوانمرد و همکاران، ۱۳۸٦: ۱۰)، در مقاله‌ای با عنوان مدیریت ریسک تگرگ جهت کاهش پتانسیل خطر پذیری در کشور، با بررسی‌های آماری میانگین تعداد وقوع بارش تگرگ در غرب کشور، کرمانشاه (شدید)، کردستان (بسیار شدید)، همدان و لرستان نیز شدتی متوسط-داشته‌اند. (مصطفی پور، ۱۳۸۷)، با بررسی زمانی و مکانی بارش تگرگ در ایران؛ به بارش تگرگ، رخداد توفان تگرگ و طوفان تندری در ایران پرداخته است. ایشان از آمار مشاهده ۳ پدیده فوق در تعداد ٦۷ ایستگاه همدید کشور در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۸٦) را مورد تحلیل و در نهایت توزیع مکانی رخداد ۳ پدیده ذکر شده را در روی کشور نمایش داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کانون‌های اصلی رخداد این ۳ پدیده در ایران بیش‌تر در نواحی غرب و شمال غرب می‌باشند. بیش‌ترین فراوانی رخداد تگرگ در کشور در ماه‌های مارس و آوریل، رخداد طوفان تگرگ در ماه‌های آوریل و می، رخداد طوفان تندری در ماه می می‌باشد. (بداق جمالی وهمکاران، ۱۳۸۹: ۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی پدیده تگرگ و روش‌های کنترل و مقابله با آن، از علل افزایش بارش تگرگ در غرب کشور را تفاوتهای اقلیمی و توپوگرافی عنوان کرده اند. (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵)، در مطالعه‌ای با عنوان بررسی زمانی و مکانی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان در طول دوره آماری ۲۰۰٦-۱۹۸۷، بیش‌تری بارش تگرگ را در سه ماه اولیه (آوریل، می و ژوئن) دانسته‌اند، به طوری‌که ۸۸/۳ درصد کل بارش را در این فصل اختصاص داشته است. (لشکری و امینی، ۱۳۸۹: ۱)، به تحلیل همدید و پهنه‌بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ پرداختند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که حداکثر فراوانی وقوع این پدیده به ارتفاع ایستگاه‌ها از سطح دریا و محل ورود سامانه های همراه با بارش تگرگ بستگی دارد. (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱: ١٤)، در مقاله واکاوی همدید بارش تگرگ فراگیر در شمال‌غرب ایران، بیش‌ترین فراوانی ریزش تگرگ را طی ساعات ۹ تا ۱۸ رخ داده است، و دلیل این مسأله را در افزایش انرژی تابشی رسیده به جو و نهایتا ویژگی‌های سطح زمین در این ساعات دانسته که سبب افزایش ناپایداری های جوی گردیده و شرایط مناسبی را جهت بارش تگرگ فراهم ساخته است. همچنین با نفوذ زبانه‌های کم فشار ایسلند به سمت شمال ایران و عقب نشینی پرفشار جنب حاره از شمال عربستان، مسیر حرکت کم فشارهای دریای سرخ به سمت بین النهرین باز شده و شرایط مناسبی را برای بارش تگرگ فراهم گردیده است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه غرب ایران و شامل استان‌های کرمانشاه، کردستان، همدان و لرستان قرار دارد. جهت بررسی آماری پدیده تگرگ از داده‌های ایستگاه‌های همدید این استان‌ها استفاده شده است. از نظر موقعیت ریاضی در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

محدوده ۳۳ و ۹ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و از ٤٥ و ٥٢ دقیقه تا ٤٩ درجه و ٤٢ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

جهت انجام این تحقیق از داده‌های مربوط به هوای حاضر (WW) با فواصل زمانی ۳ ساعته در دوره آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۰) برای ایستگاه‌های همدید استان‌های لرستان، همدان، کرمانشاه و کردستان جهت تحلیل آماری پدیده تگرگ استفاده گردیده است. از بین ۱۰۰ کد هوای حاضر، کدهای ۹۹، ۹٦، ۸۹ و۲۷ که پدیده تگرگ را با شدت‌های متفاوت را در بردارند، در نظر گرفته شد که شامل هر گونه ظهور این پدیده در ساعات دیده‌بانی و سه ساعت قبل از آن را شامل می‌شود. مشخصات هر یک از کدهای ذکر شده در جدول ۱ بیان شده است. سپس با استفاده از داده‌های سایت NCEP/NCAR نقشه‌های همدیدی فشار سطح دریا، ژئوپتانسیل، شاخص امگا، نم ویژه در ترازهای دریا، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و نقشه وزش باد در تراز ۸۵۰ با استفاده از نرم افزار گرادس[۲۸] در روز اوج بارش برای دو نمونه انتخابی، ترسیم شد. در نهایت شرایط همدیدی و الگوهای ریزش تگرگ در هر دو نمونه در روز اوج بارش با استفاده از نقشه‌ها و داده‌های ذکر شده، مشخص گردید.

28- Grads

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۱- مشخصات کدهای تگرگ

کد	پدیده
۲۷	رگبار تگرگ یا باران و تگرگ
۸۹	رگبار تگرگ همراه با باران و بدون باران
۹٦	توفان رعد و برق، سبک یا متوسط همراه با تگرگ در زمان دیده بانی
۹۹	توفان رعد و برق سنگین همراه با تگرگ در زمان دیده بانی

منبع: سازمان هواشناسی کشور

سپس با استفاده از نرم افزار اکسل نمودارهای مربوط به فراوانی وقوع کدهای نام برده در ۳۰ ایستگاه همدید منطقه پژوهشی، کدها، زمانی (ساعتی، ماهانه و سالانه) بارش تگرگ ترسیم و تحلیل شد. به منظور بررسی همدیدی از میان ١٤ بارش فراگیر تگرگ، دو نمونه از سامانه‌های همراه با بارش تگرگ شدید در حالت فراگیر (رخداد پدیده تگرگ در دو ایستگاه یا بیش‌تر)، بارش تگرگ ۲ آوریل ۲۰۰۲ و۱۰ آوریل ۲۰۰۷، پس از بررسی همدیدی نقشه‌های هوا و شدید بودن آن نسبت به دیگر نمونه‌ها به عنوان نمونه‌های نهایی در بخش یافته‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۲ تعدادی از بارش‌های فراگیر تگرگ منطقه در دوره آماری مورد مطالعه ذکر گردیده است.

جدول ۲- تعدادی از بارش‌های تگرگ در حالت فراگیر در منطقه مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه‌های فراگیر تگرگ	تاریخ	ردیف	ایستگاه‌های فراگیر تگرگ	تاریخ
۱	قروه، بانه	۸ آپریل ۲۰۰۹	۸	کوهدشت، کنگاور	۳ می ۲۰۰۱
۲	سقز، زرینه	۲ آپریل ۲۰۰۲	۹	لرستان، بدرآباد، روانسر	١٦ آپریل ۲۰۰۳
۳	بانه، مریوان	۱۹ آپریل ۲۰۰۹	۱۰	دورود، الشتر	٤ می ۲۰۰٤
٤	مریوان، زرینه	۲۳ آپریل ۲۰۰٤	۱۱	روانسر، سرپلذهاب	۱۱ آپریل ۲۰۰۷
٥	نهاوند، قروه	۱۰ آوریل ۲۰۰۷	۱۲	سرپلذهاب، مریوان	۲ می ۲۰۰۱
٦	تویسرکان، همدان نوژه	٢٤ می ۲۰۰٦	۱۳	سرپلذهاب، کنگاور	۱٥ می ۲۰۰۱
۷	پلدختر، دورود	۱۷می ۲۰۰۷	١٤	کنگاور، اسلام آباد	۱۸ می ۲۰۰٥

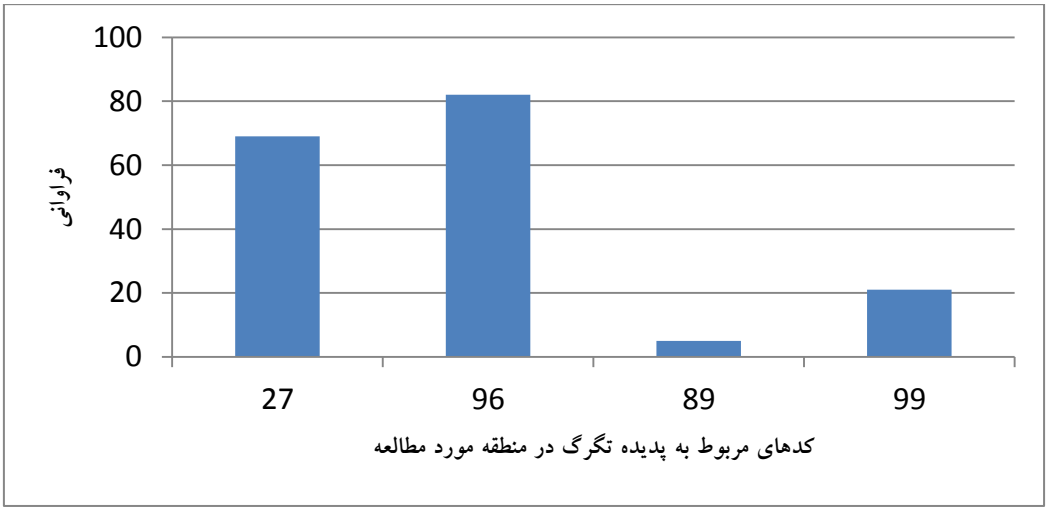
یافته‌ها و بحث

تحلیل آماری تگرگ

نمودارهای ۱ تا ٥ طی دوره آماری ۱۰ ساله برای ۳۰ ایستگاه سینوپتیک، استان‌های همدان، کرمانشاه، لرستان و کردستان تهیه شده است.

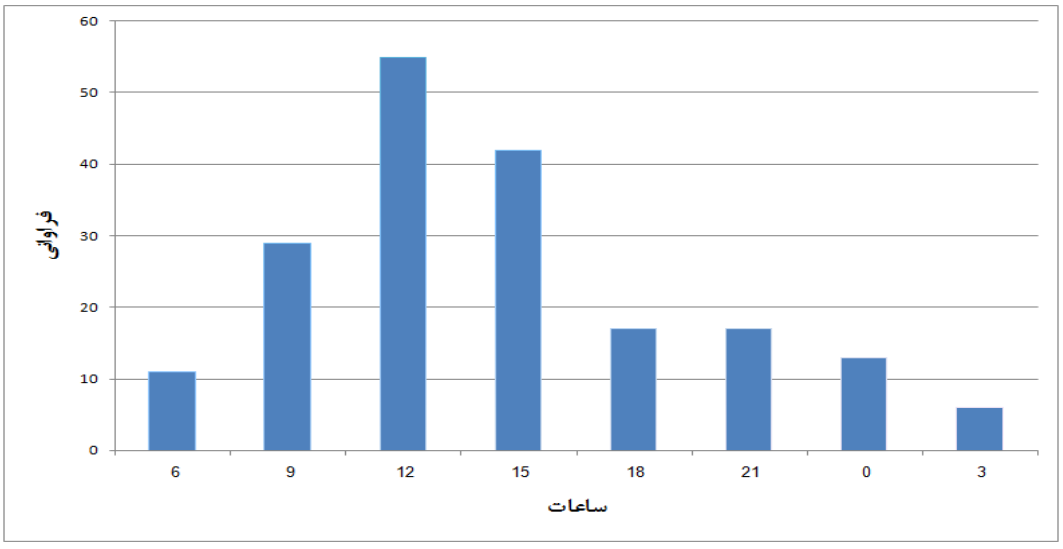
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل ۲ به منظور فراوانی کدها تهیه شده است، حاکی از آن است که در این دوره آماری کد ۹۶ بیش‌ترین و کد ۸۹ کم‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داده است (رجوع شود به جدول ۱).



شکل ۲: فراوانی کدهای تگرگ در منطقه مورد مطالعه

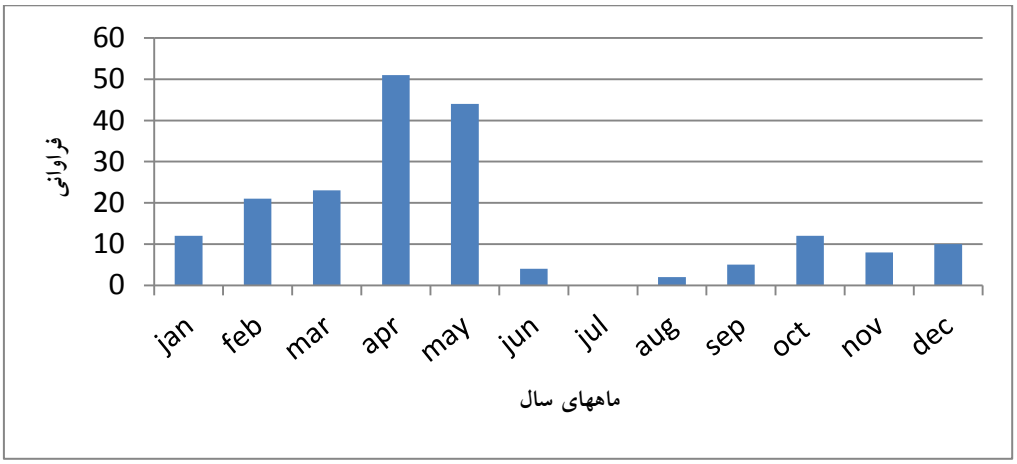
همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می شود بیش‌ترین بارش رخداد پدیده تگرگ در طول شبانه‌روز برای دوره ۱۰ ساله در بین ساعات ۹ تا ۱۵ می‌باشد و در ساعت ۱۲ به حداکثر می‌رسد و از ساعت ۱۵ به بعد به طور سریع کاهش می‌یابد. این مساله نشان دهنده افزایش ناپایداری‌های جوی در این ساعات است. و با افزایش انرژی تابشی رسیده به جو و ویژگی‌های سطح زمین، ناپایداری‌های جوی کاملا تقویت شده و به نظر می‌رسد در ساعت‌های ۹ تا ۱۲ به دلیل افزایش گرمای جوی این شرایط فراهم می‌شود.



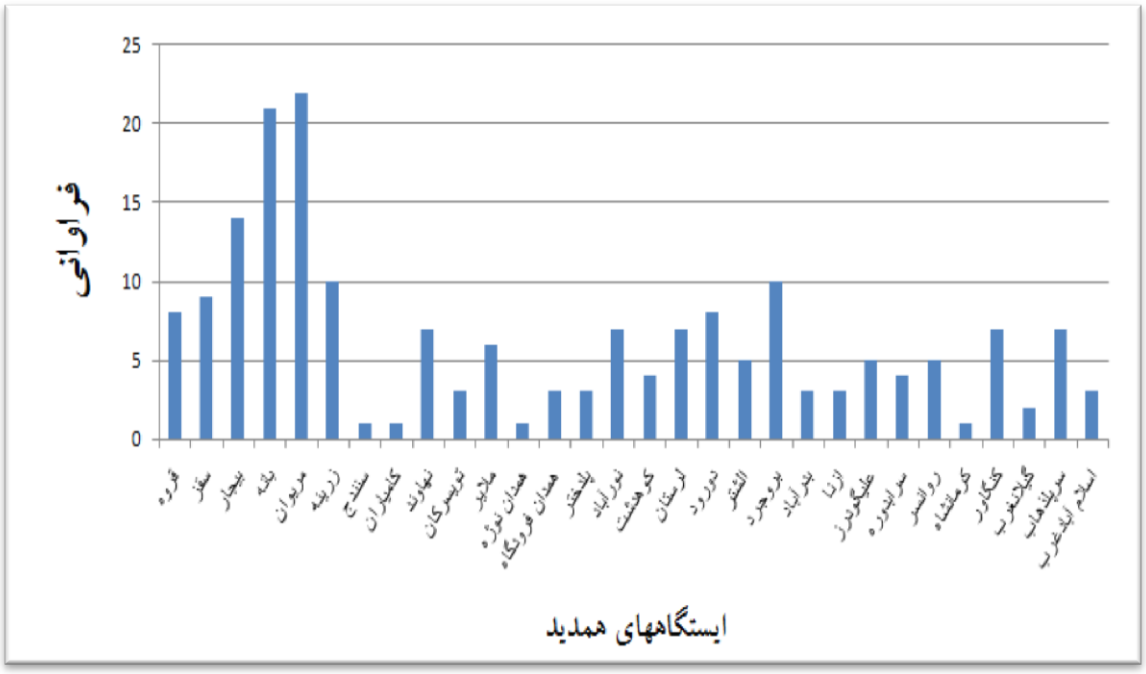
شکل ۳: فراوانی ریزش تگرگ طی ۲٤ ساعت شبانه‌روز در منطقه مورد مطالعه در دوره آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۰)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل ٤ فراوانی ماهانه رخداد تگرگ را نشان می‌دهد. بیش‌ترین فراوانی رخداد تگرگ را به ترتیب در ماه‌های آوریل می، مارس و فوریه را نشان می‌دهد. و در ماه جولای پدیده تگرگ گزارش نشده است. و در ماه‌های ژوئن، آگوست وسپتامبر کم‌ترین فراوانی را داشته‌ایم. در ماه‌های مارس و آوریل که ماه‌های انتقالی گرم (بهار) هستند، به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه های زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم) و بالا بودن رطوبت هوا ناپایداری زیاد شده و جریان‌های همرفتی شدت یافته و تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد طوفان تندری می‌شوند (عزتیان، ۱۳۸۲: ۱۲۱).



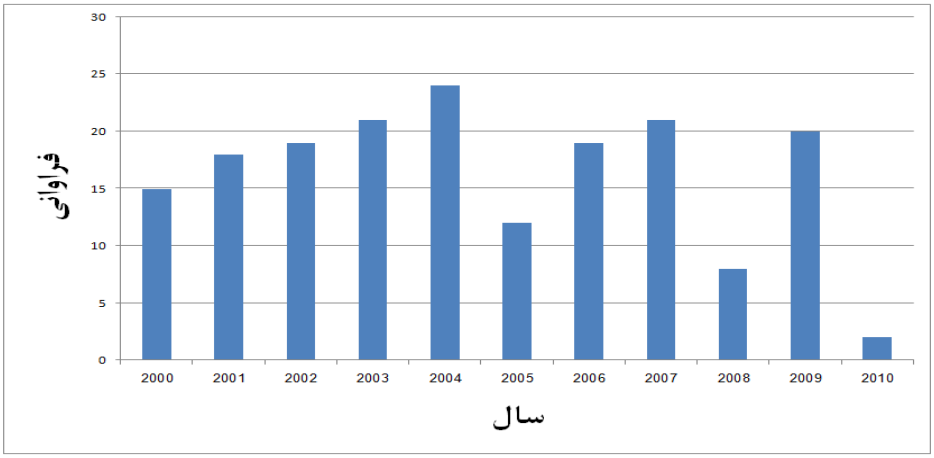
شکل ٤: فراوانی ماهانه ریزش تگرگ در منطقه مورد مطالعه در دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۰۰



شکل ٥: فراوانی رخداد تگرگ در منطقه مورد مطالعه به تفکیک ایستگاه در دوره آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۰)

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

شکل ۵ نشان دهنده فراوانی ریزش تگرگ در دوره آماری مورد مطالعه در ایستگاه‌های همدید منطقه می‌باشد. ملاحظه می‌شود که ایستگاه همدید مریوان بیش‌ترین فراوانی ریزش تگرگ را در منطقه دارد، و ایستگاه همدید کرمانشاه، همدان نوژه، کامیاران و سنندج کم‌ترین فراوانی ریزش تگرگ را در طی دوره آماری ۱۰ ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ٦: فراوانی سالانه ریزش تگرگ در منطقه مورد مطالعه در دوره اماری ۲۰۱۰-۲۰۰۰

شکل ٦ نشان دهنده فراوانی رخداد تگرگ در منطقه مورد مطالعه به تفکیک سال را نشان می‌دهد. در این مورد سال ۲۰۰٤ بیش‌ترین فراوانی و سال ۲۰۱۰ کم‌ترین رخداد پدیده تگرگ را داشته است، واز سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰٤ روند صعودی داشته و بعد از آن روند کاهشی و پراکنده پیدا کرده است. که می‌تواند دلایل مختلف داشته باشد که دلایل آن به تحقیقی دیگر نیاز دارد.

نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های همدید

به منظور واکاوی همدید بارش تگرگ به تهیه و تفسیر نقشه‌های بارش تگرگ در ۱۰ آوریل ۲۰۰۷ (ایستگاه‌های بانه و قروه) و ۲ اوریل ۲۰۰۲ (سقز وزرینه) در زمان شروع بارش اقدام گردید.

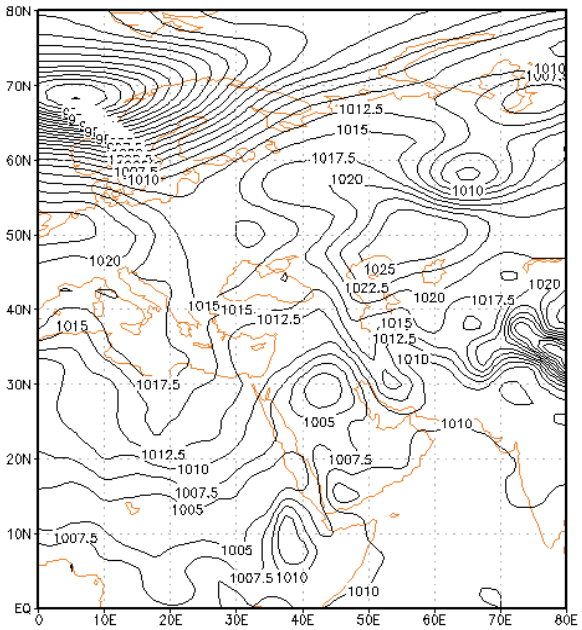
تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی نمونه مطالعاتی ۱۰ آوریل ۲۰۰۷

در این روز در نقشه سطح دریا مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی سودان و مرکز دیگری با همین هم‌فشار بر روی جنوب عراق و شمال عربستان بسته شده است. زبانه‌های این کم‌فشار با راستای جنوبی-شمالی تا جنوب دریای سیاه و شرق ترکیه امتداد یافته است. در نتیجه غرب ایران تحت تاثیر این زبانه کم فشار قرار دارد. و جریانات جنوبی فرارفت هوای گرم و مرطوب دریاهای جنوبی را بر روی منطقه مطالعاتی انجام می دهند (شکل۷). در تراز ۸۵۰ مرکز کم ارتفاع با پربند ۱٤٤۰ ژئو پتانسیل متر با راستای شمالی-جنوبی سوریه،

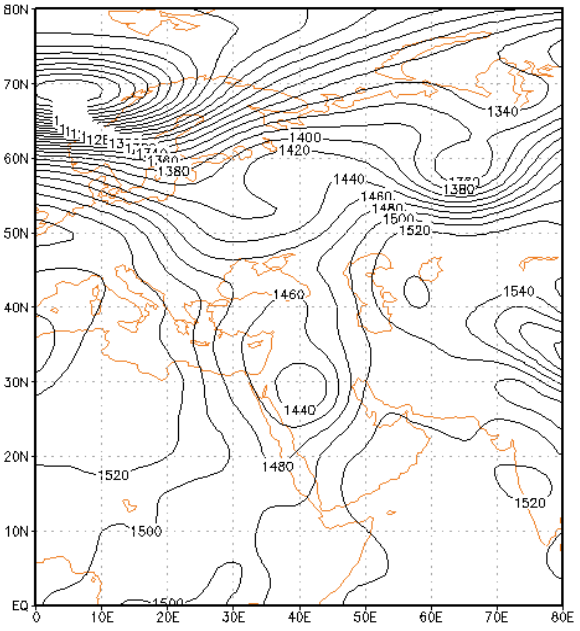
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

اردن و شمال‌غرب عربستان را در برگرفته است. زبانه حاصل از این چرخند تا جنوب سودان تداوم دارد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود غرب ایران در بهترین موقعیت جلو ناوه قرار داشته و جریانات بر روی منطقه کاملا جنوبی می‌باشد. این پدیده فرارفت گرم را در این تراز نیز تایید می‌کند (شکل۸). ایجاد گردش واچرخندی بر روی دریای عرب گرما و رطوبت را به داخل سامانه سودانی فراهم آورده و با تقویت زبانه کم فشار بر روی منطقه، باعث تشدید ناپایداری‌ها در روز بارش تگرگ شده است (شکل۹). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه کاملا عمیقی با راستای شمالی-جنوبی تمام محدوده مدیترانه مرکزی تا مرکز ایران و از سمت جنوب تا شمال سودان را در برگرفته است. ملاحظه می‌شود که منطقه مورد مطالعه در بهترین شرایط جلو ناوه قرار دارد. و جریانات را جنوب‌غربی نشان می دهد (شکل۱۰). در نقشه امگای تراز ۱۰۰۰هکتوپاسکال هسته‌ای با امگای منفی قوی بر روی شمال‌غرب ایران و دریای خزر بسته شده است. دامنه این هسته با امگای منفی شمال منطقه مطالعاتی را فرا گرفته است. در حالی که در جنوب‌غرب ایران هسته‌ای با امگای مثبت بسته شده است. وجود این هسته با امگای مثبت مفهوم همگرایی هوا در واقع دریافت هوای گرم و مرطوب اطراف در این تراز می باشد (شکل۱۱). در نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود که بر عکس نقشه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال میدانی با امگای منفی با راستای شمالی-جنوبی تمام محدوده بین غرب ایران تا مشرق سوریه و دریای سرخ تا شمال آذربایجان را در برگرفته است. بنابراین منطقه مورد مطالعه درمحدوده امگای منفی قرارگرفته است؛ و بیشینه امگای منفی بر روی غرب کشور بیش از ۰/۲- می‌باشد. به این ترتیب همگرایی لبه تراز ۱۰۰۰هکتوپاسکال با واگرایی قوی‌تر از ۸۵۰ هکتوپاسکال جبران شده و هوای گرم و مرطوب فرارفت شده در لبه زیرین جو در این لایه به خوبی واگرا شده و جریانات بالاسوی قوی این تراز، این هوای گرم و مرطوب را صعود داده و زمینه ایجاد ناپایداری‌های شدید را فراهم کرده است (شکل۱۲). در نقشه امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در انطباق با نقشه تراز۸۵۰ هکتوپاسکال میدان گسترده‌ای با امگای منفی قوی با راستای جنوبی-شمالی همان محدوده تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال را در بر گرفته است. هسته اصلی امگای منفی بر روی جنوب عراق قرار دارد. مقدار امگا بر روی جنوب عراق و هسته اصلی این میدان به بیش از ۰/٤- پاسکال بر ثانیه می‌رسد که واگرایی بسیار خوب و جریانات بالاسوی قوی در این تراز و به تبع ایجاد ناپایداری‌های همرفتی شدید بر روی غرب کشور می‌باشد (شکل۱۳).

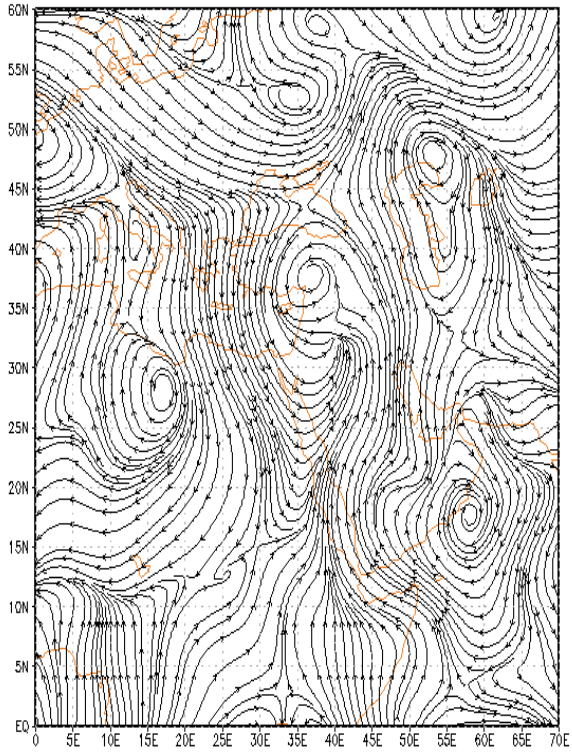
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



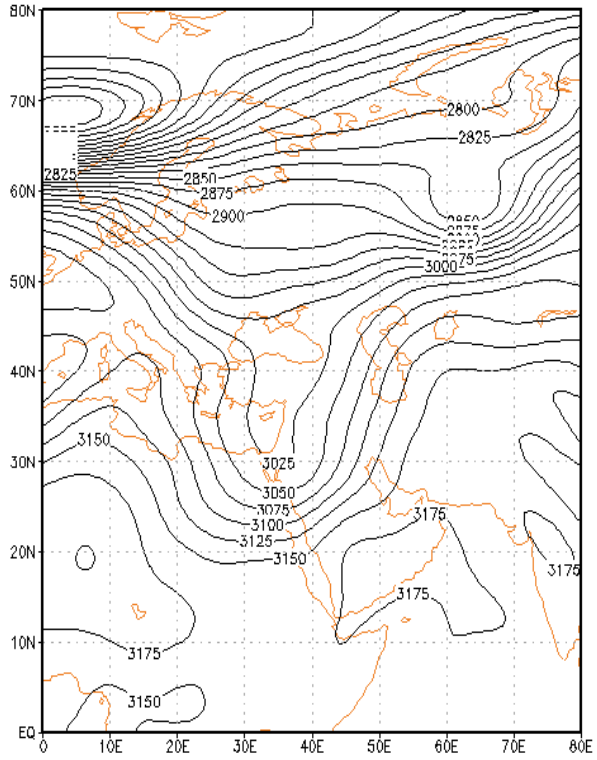
شکل ۷: فشار سطح دریا ساعت۱۲



شکل ۸: نقشه ارتفاعی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

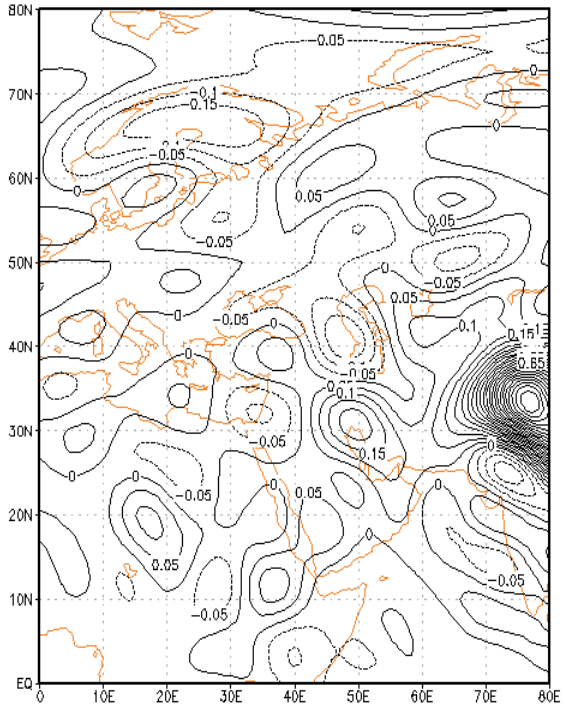


شکل ۹: میدان باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲

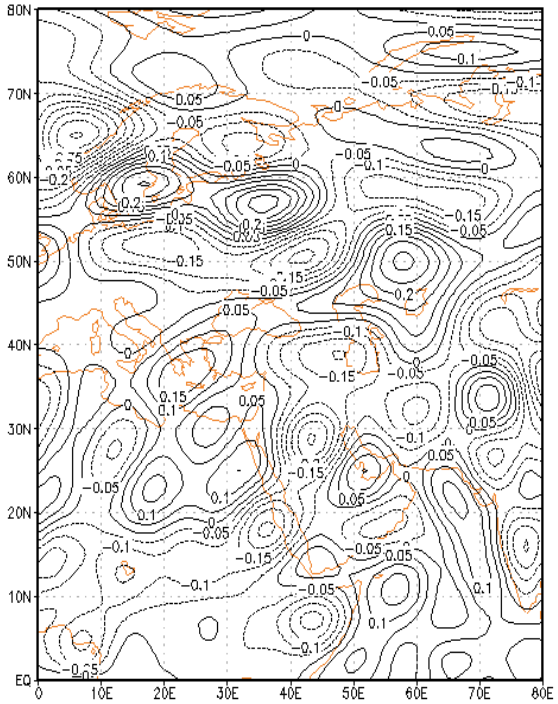


شکل ۱۰: نقشه ارتفاعی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲

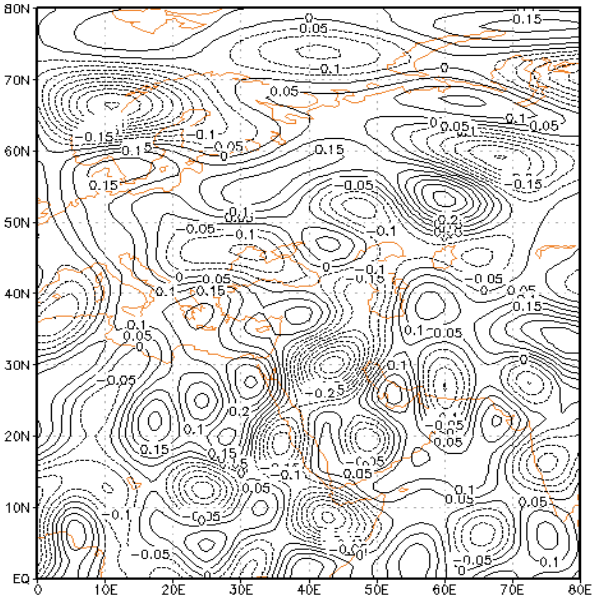
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱۱: امگا تراز۱۰۰۰هکتوپاسکال ساعت۱۲



شکل ۱۲: امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

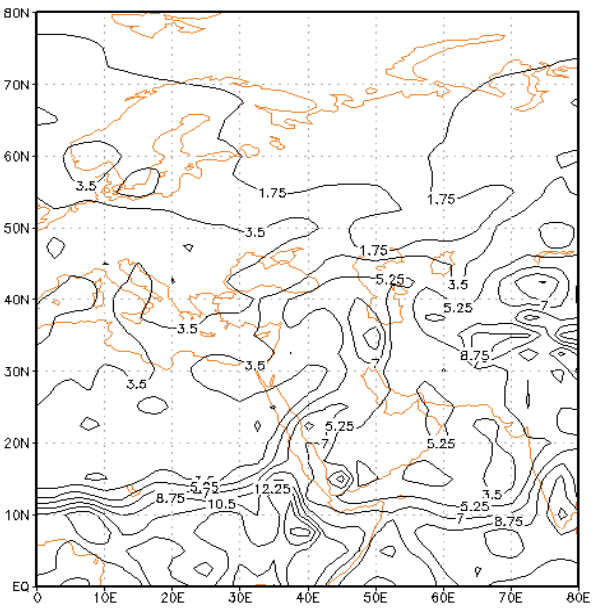


شکل ۱۳: نقشه امگا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

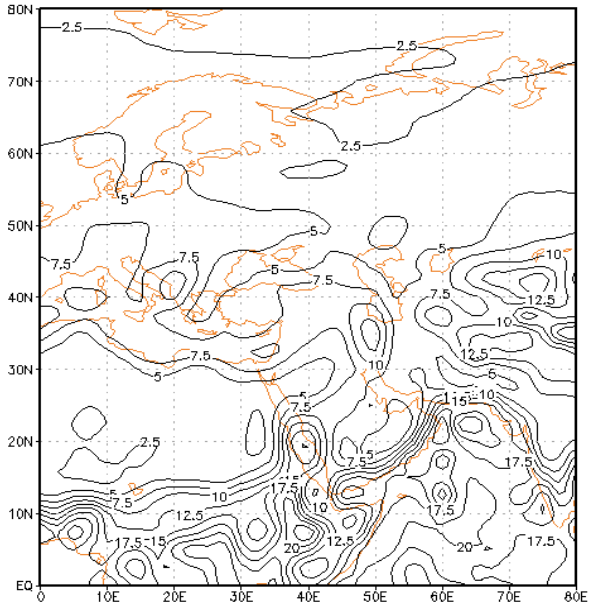
در نقشه نم ویژه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته ای با نم ویژه بالا بر روی جنوب سودان و هسته دومی بر روی مرکز دریای سرخ به‌چشم می‌خورد که زبانه‌ای از این هسته با نم ویژه بالا با راستای جنوب‌غربی-شمال‌شرقی پس از عبور از مرکز عربستان از سمت جنوب‌غرب وارد ایران شده و غرب ایران را در بر گرفته است. هسته سومی در درون این زبانه با نم ویژه بالا بر روی شمال‌غرب ایران بسته شده است و نم ویژه ۱۱ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مطالعاتی

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

عبور می‌کند که نم ویژه مناسبی برای ایجاد ناپایداری و انرژی ترمودینامیکی برای حرکات بالاسو می باشد (شکل۱٤). نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نسبت به تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با اندکی تغییر همان شرایط رطوبتی تکرار شده است. و نشان دهنده‌ی فرارفت رطوبت از عرض‌های پایین بر روی منطقه مطالعاتی می‌باشد. نم ویژه ۷ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مطالعاتی عبور می‌کند که این رطوبت برای حرکات بالاسو مناسب می‌باشد. (شکل۱۵).



شکل ۱۵: نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲



شکل ۱٤: نم ویژه تراز۱۰۰۰هکتوپاسکال ساعت ۱۲

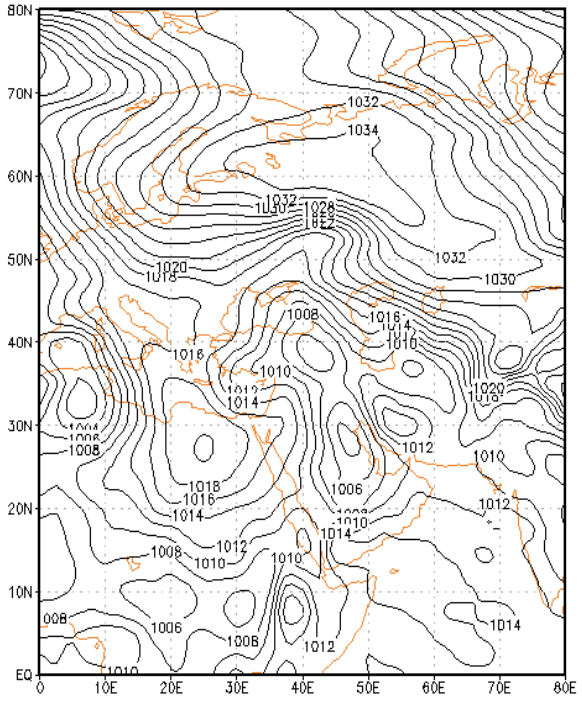
تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی نمونه مطالعاتی ۲ آوریل ۲۰۰۲

در نقشه سطح دریا مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۰٤ هکتوپاسکال بر روی جنوب عراق بسته شده است. زبانه‌های این کم فشار با راستای جنوبی-شمالی تا شمال منطقه مطالعاتی گسترش یافته است. با قرارگیری یک هسته پرفشار بر روی جنوب دریای عمان و گردش ساعتگرد هوا در این سامانه هوای گرم و مرطوبی را به چرخند مستقر بر روی سودان می‌فرستد و با گسترش زبانه‌ای از این کم فشار، به سمت عرض‌های بالا با راستای جنوبی-شمالی فرارفت رطوبت و زمینه ایجاد ناپایداری را فراهم کرده است (شکل۱٦). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ملاحظه می‌شود که یک مرکز کم ارتفاع با پربند ۱٤۲۵ ژئوپتانسیل متر با راستای شمالی-جنوبی تمام عراق، سوریه، اردن، شرق مدیترانه و تقریبا نیمی از ایران بسته شده است. و زبانه آن تا مرکز عربستان امتداد یافته است. در این حالت منطقه مورد مطالعه در جلو ناوه استقرار یافته است (شکل ۱۷). وجود واچرخند در جنوب‌شرقی عربستان با گردش ساعت‌گرد هوا در این مرکز پرفشار هوای گرم و مرطوب دریای عرب از روی جنوب و شرق عربستان به مرکز و شمال عربستان و از آن‌جا جلو ناوه این رطوبت را بر روی غرب ایران فرارفت نموده است (شکل۱۸). همان‌طور که مشاهده می‌شود

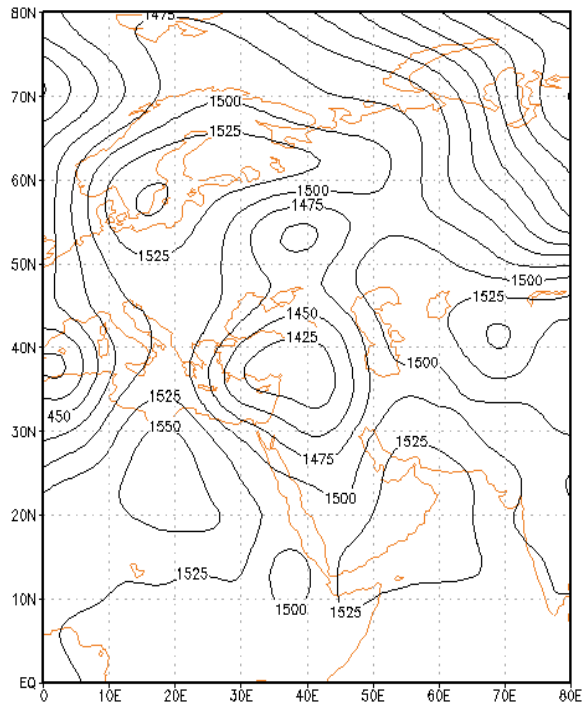
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

سرزمین مورد پژوهش در محدوده سامانه کم فشار (جلوی موج) قرار گرفته است و جریانات جنوبی بخش‌شرقی مرکز کم فشار باعث انتقال رطوبت از عرض‌های پایین بر روی منطقه شده است (شکل۱۹). در نقشه امگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته‌ای با امگای منفی قوی ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه بر روی شمال ایران بسته شده است. و هسته این امگا با راستای شمالی-جنوبی، و در شمال منطقه مطالعاتی قرار گرفته است. در حالی که هسته‌ای با امگای مثبت در شمال عربستان بسته شده است. یک هسته امگای مثبت دیگر از شمال دریای عمان تا مرکز ایران به‌چشم می‌خورد، وجود این دو هسته به معنای همگرایی هوا از دو طرف منطقه مطالعاتی می‌باشد (شکل۲۰). چنانچه ملاحظه می شود در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته‌ای با امگای منفی با راستای شمالی-جنوبی کل منطقه مطالعاتی و تقریبا نیمی از ایران را فرا گرفته و از دریای سرخ با جهت جنوب‌غربی-شمال شرقی از روی عربستان گذشته و وارد منطقه مطالعاتی شده است. در منطقه مورد پژوهش ودر طول جغرافیایی ٤٢ تا ٥٥ درجه شرقی امگای منفی حاکم است و مقدار امگا بر روی منطقه به ۰/۳- پاسکال بر ثانیه می‌رسد. نتیجه این شرایط، ایجاد حرکات بالاسو و ناپایداری در منطقه است. همچنین در این تراز دو هسته امگای مثبت یکی در شمال سودان و دیگری بر روی دریای عرب وجود دارد که همگرایی منابع رطوبتی را نشان می‌دهد. و راستای این امگای منفی با حداکثر نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال انطباق کامل دارد، که تایید کننده وقوع پدیده همرفت می‌باشد (شکل۲۱). در امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، هسته امگای مثبت بر روی شمال سودان و دریای عرب قرار دارد وجود این دوهسته، همگرایی رطوبت را دراین تراز نشان می دهد. در حالی که میدان امگای منفی قوی‌تر شده، (در انطباق با نقشه تراز۸۵۰)، و با راستای جنوبی- شمالی کل منطقه مطالعاتی را در بر گرفته است. منطقه مطالعاتی درون مرکز بیشینه این میدان امگا قرار گرفته است. که مقدار آن بر روی منطقه مورد پژوهش به ۰/٤- پاسکال بر ثانیه می‌رسد. که این امگای منفی مطابق با کم فشار واقع بر روی منطقه، باعث واگرایی در جلوی ناوه شده است. بنابراین در این تراز حرکات قائم بسیار قوی بر روی منطقه حاکم می‌باشد (شکل۲۲).

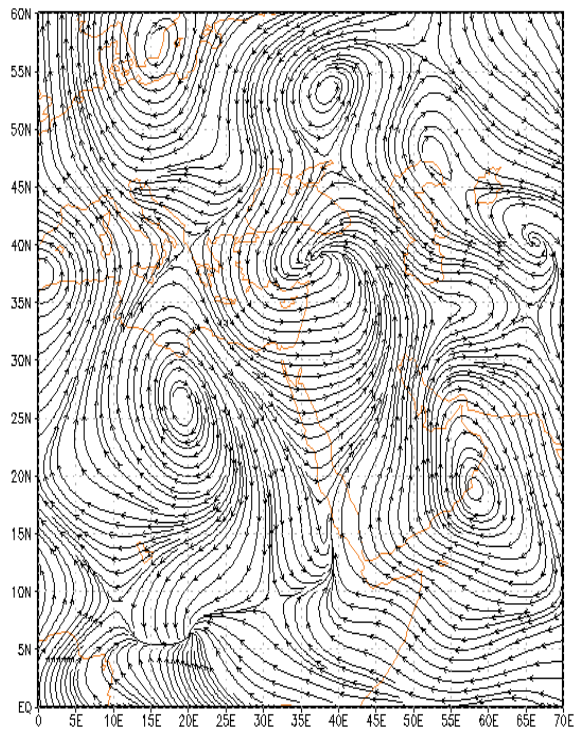
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



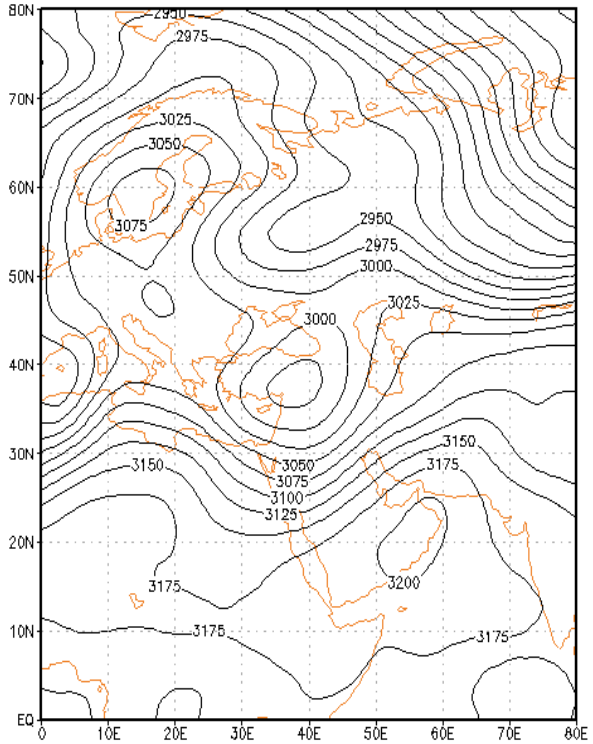
شکل ۱۶: فشار سطح دریا ساعت ۱۲



شکل ۱۷: نقشه ارتفاعی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

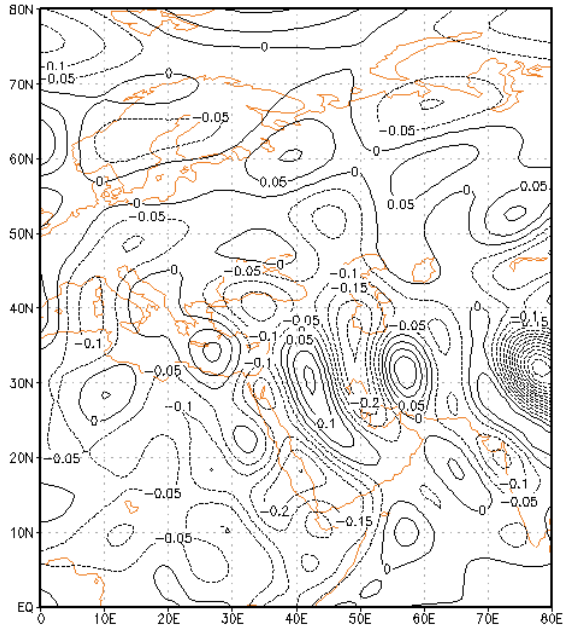


شکل ۱۸: نقشه میدان باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

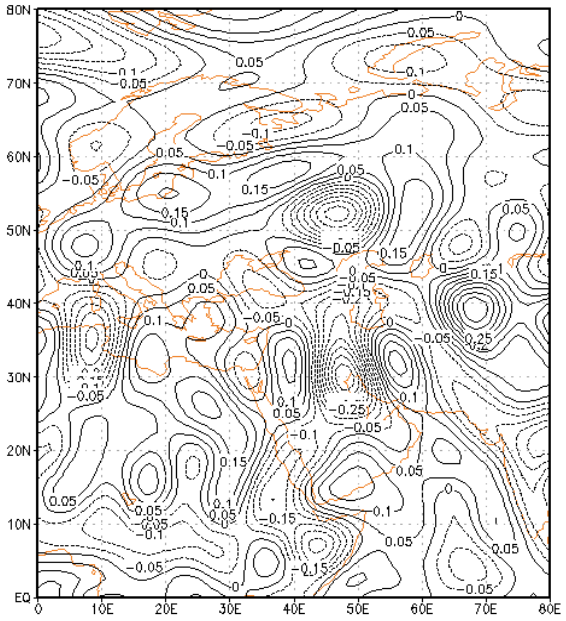


شکل ۱۹: نقشه ارتفاعی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت۱۲

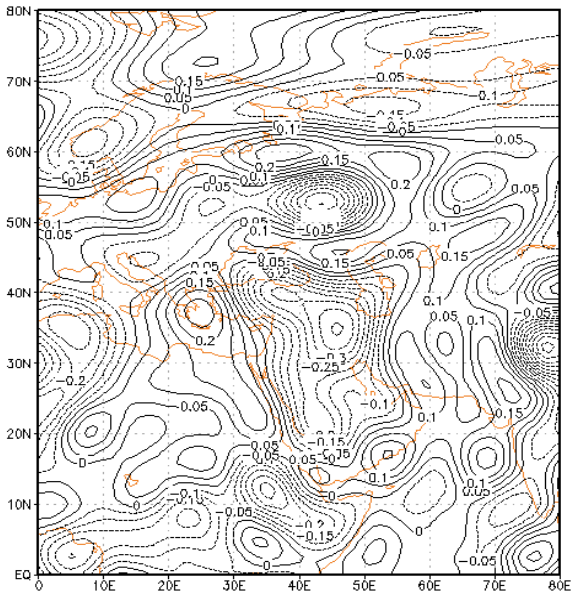
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲۰: امگا تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲



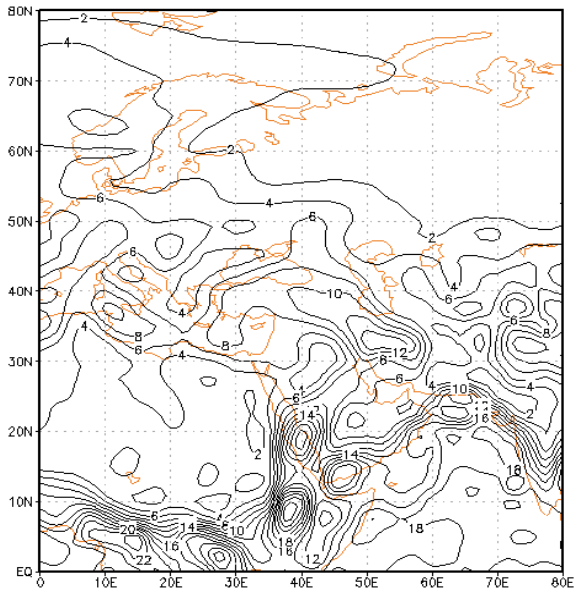
شکل ۲۱: امگا تراز۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲



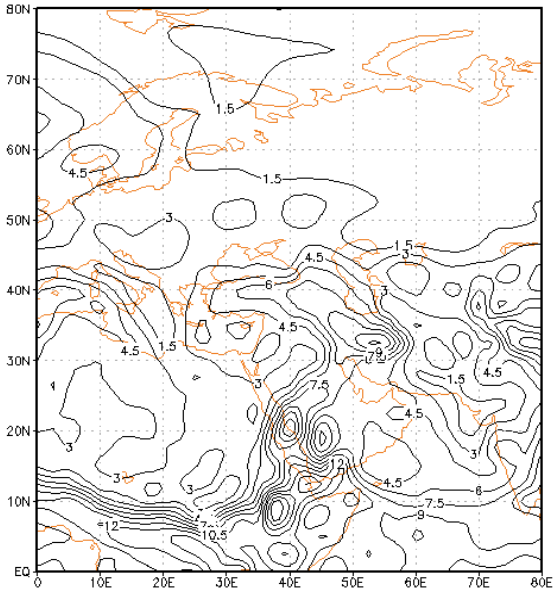
شکل ۲۲: امگا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲

در نقشه نم ویژه روز ۲ آوریل، در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، هسته‌ی مرطوبی بر روی دریای سرخ و سودان با جهت جنوب غربی-شمال‌شرقی از روی عربستان گذشته و به سمت غرب ایران در حال گسترش است. و نم ویژه ۱۲ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مطالعاتی عبور می‌کند که رطوبت قابل ملاحظه‌ای برای ایجاد ناپایداری‌های همرفتی می‌باشد (شکل۲۳). درتراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هسته مرطوب بر روی جنوب سودان به چشم می‌خورد. که زبانه‌ای از آن در همان امتداد تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از روی عربستان گذشته و با نم ویژه ۷ گرم بر کیلوگرم تمام منطقه را از غرب تا شمال غرب در بر گرفته است (شکل۲٤).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲۳: نم ویژه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲



شکل ۲٤: نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ساعت ۱۲

نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌های به‌دست آمده بیش‌ترین فراوانی بارش تگرگ در ماه آوریل و می رخ داده است. در فصل بهار آفتاب سطح زمین را گرم کرده و ارتفاع منطقه از سطح دریا نیز نسبتا زیاد بوده و عرض جغرافیایی منطقه نیز شرایط را برای تقویت سامانه‌های کم فشار جنوبی در این زمان از سال فراهم گردیده است. بررسی سامانه‌های همدیدی همراه با بارش تگرگ، در ایستگاه‌های که بارش فراگیر تگرگ داشته‌اند، نشان داده که قرار گرفتن مرکز کم فشار بر روی سودان و امتداد زبانه‌ی آن به عرض‌های بالاتر با راستای جنوب غربی–شمال‌شرقی تمام محدوده‌ی منطقه مورد مطالعه را فراگرفته است. در روز بارش تگرگ نیز، زبانه‌ای از نم ویژه بالا از منابع آب جنوبی (سرخ، عرب) و سودان، به عرض‌های بالا نفوذ می‌کنند. همزمان در این روز هسته‌ای با امگای منفی قوی در تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه مطالعاتی قرار گرفته است که همگرایی در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با واگرایی قوی در ترازهای بالاتر بسته شده است و هوای گرم و مرطوب فرارفت شده جو واگرا شده و با آزاد شدن گرمای نهان فراوان، جریانات بالا سوی مناسب و زمینه ایجاد ناپایداری های همرفتی را فراهم کرده است. به‌طوری که در بررسی نقشه‌های میدان باد در روز بارش تگرگ، ملاحظه می‌شود باد غالب بر روی منطقه نصف النهاری (جنوبی) بوده و باد مداری (غربی) ضعیف می‌باشد. این پدیده فرارفت رطوبت را از روی دریاهای گرم تأیید می‌کند. با استقرار واچرخند در جنوب شرق عربستان و روی دریای عرب، و انتقال هوای گرم و مرطوب از طریق شار واگرای حاکم بر روی دریای عرب و عمان، به مرکز چرخند مستقر در دریای سرخ و سودان توسط این چرخند بر روی منطقه فرارفت نموده است. اکثر تحقیقات قبلی که بر روی پدیده تگرگ انجام شده است، توده هواهای عرض‌های بالاتر

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

نقش اصلی در رخداد پدیده تگرگ داشته است. اما این پژوهش نشان داد که نفوذ زبانه‌های کم فشار و گرم ازجنوب ایران بر روی غرب کشور همراه با رشد قائم ابر، رطوبت فراوان، همرفت و صعود شدید و وجود شرایط کوهستانی غرب کشور عامل مهم برای ناپایداری و بارش تگرگ بوده است.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- آسیایی، مهدی؛ خزانه‌داری، لیلی (۱۳۸٦)، «پهنه بندی بارش تگرگ در ایران و ارائه روش‌های مناسب جهت تعدیل آن»، ***مجله علوم جغرافیایی***، شماره ۵ و ٦، صص ۱۸۲-۱٦۹.

- امینی، لیلا؛ بروجنی، محمدرضا. (۱۳۸۲)، «بررسی همدیدی-ترمودینامیکی بارش تگرگ در استان اصفهان»، یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۱۷اسفندماه ۱۳۸۲ تهران، صص ۱۱۱-۱۰٦.

- بداق جمالی، جواد؛ جوانمرد، سهیلا؛ فاتح، شهرام. (۱۳۸۹)، «بررسی پدیدهٔ تگرگ در ایران و روش‌های کنترل و مقابله با آن»، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۳ و ۲٤ اردیبهشت ماه ۱۳۸۹، تهران، صص ٤۷– ٤٤.

- بایرز، هاریس رابرت (۱۳۷۷)، «***هواشناسی عمومی***»، (ترجمه تاج‌الدین بنی‌هاشم، بهروز حاجبی و علیرضا بهروزیان)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، ۵۲٤ ص.

- جوانمرد، سهیلا؛ فاتح، شهرام؛ دالایی، حمیده (۱۳۸٦)، «مدیریت ریسک تگرگ جهت کاهش پتانسیل خطرپذیری در کشور (مطالعه موردی محصولات سیب زمینی و برنج)»، نخستین کنگره بین المللی مدیریت ریسک، ۲۷ و ۲۸ آذر ۱۳۸٦، تهران، صص ۱۵۳-۱۳۳.

- حاج بابایی، نوید؛ نصیری، آزاده؛ معزی، مینا (۱۳۸٤)، «بررسی همدیدی بارش تگرگ، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راه‌کارهای مقابله با آن‌ها»، دانشگاه تبریز، ۵-۷ مهرماه ۱۳۸٤، تبریز، صص ۵٤-٤۵.

- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ محمدی، حسین؛ شمسی پور، علی اکبر؛ افتادگان خوزانی، اصغر(۱۳۹۱)، «واکاوی همدید بارش تگرگ فراگیر در شمال‌غرب ایران»، ***جغرافیا و مخاطرات محیطی***، شماره ۲، صص ٦۹-۵۵.

- سیف، مهرزاد (۱۳۷۵)، «بررسی توزیع بارش تگرگ در ایران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

- صناعی، بهرام؛ باستانی، خداداد؛ رفیع بخش، فاطمه (۱۳۸۲)، «بررسی مدل آمار پدیده تگرگ در کشور»، ***نیوار***، شماره ٤۸ و ٤۹، صص ۱٤-۱.

- عبد منافی، دینا (۱۳۸۳)، «بررسی شاخص‌های ناپایداری، برش قائم باد و وضعیت های رطوبتی در هنگام نزول تگرگ در تهران» ، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

- عزتیان، ویکتوریا (۱۳۸۲)، « نقش فرایند فیزیکی در تشدید ناپایداری های جوی»، یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۱۷اسفندماه ۱۳۸۲ تهران، صص ۱۲٤-۱۱۷.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- علیجانی، بهلول (۱۳۸۹)، «***آب و هوای ایران***»، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۲۰ ص.

- قربانی، اعظم (۱۳۸۵)، «مطالعه پدیده تگرگ در حوضه زاینده رود»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم.

- قندهاری، شهرزاد (۱۳۸۵)، «بررسی امکان شبیه‌سازی بارش‌های شدید حاصل از سلول همرفتی با استفاده از مدل MM۵ و مقایسه نتایج به‌صورت موردی»، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات.

- کاویانی، محمدرضا؛ علیجانی، بهلول (۱۳۸٦)، «***مبانی آب و هواشناسی***»، انتشارات سمت، تهران، ۵۷۷ ص.

- لشکری، حسن؛ امینی، میترا (۱۳۸۸)، «تحلیل همدید و پهنه‌بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ برای دورهٔ آماری ۱۹۹٦ – ۲۰۰۵»، ***نشریهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی***، شماره ۳۱، صص ۱۰۸–۵۱.

- لشکری، حسن (۱۳۸۱)، «مسیریابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران»، ***فصلنامه مدرس***، شماره ٦، صص ١٤–١.

- میرموسوی، سیدحسین؛ اکبرزاده، یون (۱۳۸۹)، «مطالعه زمانی مکانی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان؛ مطالعه موردی؛ استان آذربایجان‌شرقی»، ***نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی***، دانشگاه تبریز، شماره ۳۳، صص۱۹۰–۱۷۵.

- مصطفی‌پور، طاهر (۱۳۸۷)، «توزیع زمانی و مکانی بارش تگرگ در ایران»، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

- Aran, M., Pena, J.C., Tora, M., (2010), "Atmospheric Circulation Patterns Associated with Hail Events in Lleida (Catalonia)", ***Atmospheric Research***, 100: 428-438.

- Costa, S., Mezzasalma, P., Levizzani, V., Alberoni, P.P., Nanni, S., (2000), "Deep - Convection over Northern Italy: Synoptic and Thermodynamic Analysis", ***Atmospheric Research Review***, 56: 73–88.

- Chroma, K., Brázdil, K., Tolasz, R., (2006), "Temporal and Spatial Variability of Hailstorms in Moravia and Silesia (Czech Republic) in the 19th–20thcenturies", ***Geophysical Research Abstracts***, 8: (4): 4367- 2006

- Dong, W. J. Q. Zhang, J. X. Guo. Y. Chen, (2006), "Annals for Chinese Nature Disasters in 2004 (in Chinese)", China Meteorological Press, 193 pp.

- Das, P. (1962), "Influence of the wind shear on the growth of hail", ***J Atmos. Sci***, 19 : 407–414.

- Dessens, H., (1960),"Severe hailstorms are associated with very strong winds between 6,000 and 12,000 meters", ***Physics of Precipitation***, Geophys. Monogr, No. 5, Amer. Geophysics.

- Etkin, S., Brun, E., (2001), "Canada's Hail Climatology",2: 1977-1993.

27- Giaiotti, Dario, Sergio, N., Fulvio, S., (2003)," The Climatology of Hail in the Plain of Friuli Venezia Giulia", ***Atmospheric Research***, 67– 68: 47–259.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

-Huff, F.A., (1961),"Correlation between Summer Hail Patterns in Illinois and Associated Climatological Events", ***Journal of Applied Meteorology Review***, 3: 240-256.
- Lott, F., (1999),"Alleviation of stationary biases in a GCM through a mountain drag parameterization scheme and a simple representation of mountain lift forces", ***Mon.Wea. Rev***., 127: 788-801
- Longley, R. W., Thompson, C.V., (1965), "A study of causes of hail", ***J. Appl. Meteor***, 4: 69–82.
- Mikus, Petra., Maga, T.P., Natasha, S.M., (2011),"Analysis of the Convective Activity and its Synoptic Background over Croatia", ***Atmospheric Research Review***,104–105: 139–159.
- Nolan, J., (1994),"Hail The Summertime Hazard of Eastern Colorado", Colorado Climate publication, 17: 1-11.
- Nieto, R., Coauthors, (2005), "Climatological features of cutoff low systems in the Northern Hemisphere", ***J. Climate***, 18: 3085-3103.
- Retallack , B.J., (1978),"Aeronautical Meteorology", ***WMO,*** 364, pp, 2, Geneva.
- Sterling, R., (2003), "Trend in U.S Climate during the twentieth century", ***Consequences***, 2: 182-201.
- Stanley, A., , Changnon, JR., (1962),"Areal Frequencies of Hail and Thunderstorm Days in Illinois", ***Monthly Weather Review***, 17: 519-524.
- Sioutas, M.V., Flocas, H.A., (2003),"Hail Storms in Northern Greece: Synoptic Patterns and Thermodynamic", ***Environment Theor. Appl. Climatol***, 75: 189- 202.
-Vinet, F., (2001),"Climatology of hail in France", ***Atmospheric Research***, 56: 333–338.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]