

تحلیل آماری همیدیدی بارش تگرگ در استان همدان

فخرالدین ایرانپور^{۱*}، سعید باقری^۲

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران
۲. کارشناس ارشد هواشناسی، مدیر کل هواشناسی استان همدان، همدان، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۲۲

چکیده

پدیده تگرگ یکی از بلاهای جوی خطرناک است که اغلب همراه با طوفان‌های تندی بوده و از ناپایداری جو باروکلینیک در مقیاس همیدیدی ناشی می‌شود. پژوهش حاضر در یک دوره آماری ۲۳ ساله (۲۰۱۵-۱۹۹۲) داده‌های مربوط به توفان‌های تگرگ (که کدهای ۲۷، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۶، ۹۴، ۹۳، ۹۰، ۹۹ را شامل می‌شود) از مرکز تحقیقات هواشناسی همدان دریافت گردید. در این پژوهش رخ داده‌های تگرگ با استفاده از نرم افزار SPSS خوشه بندی گردید، سپس از روزهای موجود، دو روز را که دارای ناپایداری شدیدتری بود، به عنوان روزهای نماینده انتخاب گردید و سپس با استفاده از داده‌های سایت^۲ NCEP/NCAR نقشه‌های همیدیدی فشار سطح دریا (SLP)، 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^۳ در روز اوج بارش برای دو نمونه انتخابی، ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که ایستگاه همیدید ملایر بیشترین فراوانی وقوع بارش تگرگ را به خود اختصاص و بیشینه وقوع این پدیده نیز در ماه‌های آوریل و مارس، در ساعت‌های ۰۹ و ۱۲ گرینویچ و بیشینه فراوانی آن در بعد از ظهر و اوایل شب رخ داده است. بررسی الگوهای جوی نشان داد که بارش تگرگ در منطقه مورد مطالعه، نتیجه گسترش سامانه‌ی کم فشار واقع بر روی دریای سرخ و سودان است که در روز بارش تگرگ منطقه در جلو ناوه (تراف) قرار داشته و سامانه پرفشار بر روی دریای عرب سبب انتقال هوای گرم و مرطوب با امتداد 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 نیز همگرایی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و واگرایی قوی در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال را نشان داد، به طوری که جریانات بالاسوی قوی هوای گرم و مرطوب را صعود داده و زمینه ایجاد ناپایداری‌های شدید را فراهم کرده است.

کلیدواژه‌ها: تگرگ، الگوی همیدید، ویژگی‌های ترمودینامیکی، توزیع زمانی و مکانی، همدان

مقدمه

میزان خسارت تگرگ بسته به اندازه و شدت رگبار آن، متفاوت است (دانگ و همکاران، ۱۹۳:۲۰۰۶)، خسارت تگرگ در بخش کشاورزی در چین در سال ۲۰۰۴ را بیش از یک میلیارد دلار بیان کرده اند. تگرگ از دانه‌ها یا تکه‌های یخ به قطر ۵ تا ۵۰ میلی‌متر و گاهی بیش تر تشکیل شده است. رشد شدید تگرگ حاصل حرکات عمودی شدید و مکرر هوا در ابرهای کومولونیمبوس است و این امر باعث

تگرگ یکی از پدیده‌های جوی مخرب است که باعث خسارات بسیاری در بخش‌های مختلف از جمله خسارت در بخش کشاورزی می‌شود. تگرگ به عناصر جوی و عوامل جغرافیایی محل وابسته است؛ هر زمان که شرایط جوی و فرآیندهای فیزیکی مناسب با موقعیت جغرافیایی محل ترکیب شوند، باعث رخ داد و تشدید این پدیده می‌گردد.

بررسی بارش تگرگ در فرانسه، نقشه خطر تگرگ را تهیه و بیان می کند که در منطقه شرق و مرکز فرانسه توپوگرافی محلی می تواند انرژی تگرگ را به ویژه در دامنه باد پناه تقویت کند. (بایرز، ۱۳۷۷: ۴۲۸)، معتقد است که تعداد اندکی از طوفان های تندری تگرگی به زمین می رسند و بسیاری از آنها، حتی در مناسب ترین قسمت ابر، بدون تگرگ اند. (نیتو و کوایترس، ۲۰۰۵: ۳۱۰۹)، در مقاله خود با عنوان ویژگی های اقلیمی کم فشارهای بریده در نیمکره شمالی با بررسی منطقه شمال شرقی چین، بارش تگرگ را با سیستم های گردشی، جبهه ها و کم فشارهای بریده مرتبط دانسته اند. (چروما و همکاران، ۲۰۰۶: ۱)، تغییر پذیری فضایی- زمانی توفان تگرگ در مراویا و سیلیسیا را بررسی کرده اند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که حداکثر بارش تگرگ در منطقه هروبی جسنیک و کوه های بسکیدس بوده و حداکثر روزهای بارش (۵۰ درصد) کل توفان های تگرگ مشاهده شده در دوره مطالعاتی در ماه می رخ داده است و طبقه بندی همدید آنها نشان داد که در ۸۸٪ روزهای همراه با بارش تگرگ شرایط سیکلونی در منطقه حاکم بوده است. به طور کلی مطالعات انجام شده در رابطه بین شرایط همدیدی و عناصر آب وهوایی، به بررسی اثرات آن بر آب و هوای محلی و یا منطقه ای، متمرکز گردیده اند. (امینی و بروجنی، ۱۳۸۲: ۱۱۱)، به بررسی همدیدی ترمودینامیکی بارش تگرگ در استان اصفهان پرداخته اند. در این تحقیق بر اساس نقشه های ترازهای مختلف جو، نمودارهای جوشناختی و اطلاعات جو بالای اصفهان به تجزیه و تحلیل دینامیکی و همدیدی بر روی این پدیده پرداخته شده است. (حاج بابایی و همکاران، ۱۳۸۴: ۵۴)، با تحلیل همدیدی و دینامیکی بارش تگرگ در مورخه ۲۶ اکتبر ۱۹۹۰، شمال غرب و غرب کشور را به عنوان منطقه ای با حداکثر فراوانی بارش تگرگ می باشند، و علت اصلی این پدیده را وجود رطوبت کافی و صعود توده هوا دانسته اند. (قربانی، ۱۳۸۵: ۱۱۲)، در رابطه با تحلیل همدید بارش تگرگ در استان اصفهان، به این نتیجه رسیده است که تگرگ محصول همرفت شدید هواست که در یک توفان تندری یافت می شود و برای اینکه یک توفان تندری به توفان تگرگ تغییر شکل دهد دو شرط اساسی وجود دارد: ۱- باید ابر به اندازه کافی بالای سطح یخبندان

می شود که نطفه های تگرگ قطرات آب را به دور خود جذب کنند و سبب انجماد آن ها شوند (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۶: ۲۶۴). (ایران پور و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۱۵)، در رابطه با تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی توفان های تندری در همدان به این نتیجه رسیده است که فعالیت مرکز پرفشار سرد و ریزش هوای سرد به لایه های میانی جو در شمال غرب 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 کومولوس و کومولونیمبوس شده و ایجاد توفان تندری، بارش تگرگ و نیز باران های سیل آسا می گردد. در زمینه تگرگ مطالعات زیادی در داخل کشور صورت نگرفته است. (فریزی، ۱۹۶۱: ۳۵۰)، در مطالعه رابطه تپ های سینوپتیک الگوهای آسیب ناشی از تگرگ در دشت های ایالات متحده آمریکا نشان داد که سرعت حرکت سیستم های سینوپتیک تأثیر قابل توجهی بر میزان و درجه صدمات وارده از تگرگ در زمین دارد. (هاف، ۱۹۶۱: ۲۴۲)، در یک دوره ۵۰ ساله، نقش توزیع طوفان های تندری، بارش، ماکزیمم درجه حرارت، نقطه شبنم و جبهه های هوا و تأثیرات آنها را در توزیع بارش تگرگ در ایلی نوین بررسی کرده است، وی معتقد بود که توزیع بارش تگرگ در ناحیه کوچک نیز می تواند تحت تاثیر عناصر مختلف اقلیمی قرار گیرد. (عزتیان، ۱۳۸۲: ۱۲۱)، نقش فرآیندهای فیزیکی را در تشدید ناپایداری های جوی مورد مطالعه قرار داده است. (ریتالاک، ۱۹۷۸: ۳۵)، در تحقیق خود به چگونگی تشکیل تگرگ و عوامل موثر بر آن پرداخته و مناطق خاصی را برای بارش تگرگ بیش تر مناسب دانسته و معتقد است که یک مکانیسم مانع وجود دارد که در نواحی گرم تر و مناطق دیگر در طول ماه های گرم تابستان مانع بارش تگرگ می شود. (نولان، ۱۹۹۴: ۱۱)، در مقاله ای با عنوان تگرگ پدیده خطرناک تابستان شرق کلرادو، در دوره آماری ۱۹۸۶-۱۹۹۳ علت رخ داد طوفان های 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 می داند. (لوت، ۱۹۹۹: ۷۹۹)، کوه های بلند را یکی از عوامل افزایش بارش تگرگ دانسته است. (فریدی وینت، ۲۰۰۱: ۳۱۱)، با

رشد کند ۲- وجود یک جت استریم یا حداقل بادهای قوی در سطوح بین ۶۰۰۰ الی ۱۲۰۰۰ متری. (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۱، ۶۰)، 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 پدیده فوق در تعداد ۶۷ ایستگاه همدید کشور در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵) را مورد تحلیل و در نهایت توزیع مکانی رخ داد پدیده ذکر شده را در روی کشور نمایش داد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کانون‌های اصلی رخ داد این پدیده در ایران بیشتر در نواحی غرب و شمال غرب می‌باشند. بیش‌ترین فراوانی رخداد تگرگ در کشور در ماه‌های مارس و آوریل، رخ داد طوفان تگرگ در ماه‌های آوریل و می، رخ داد طوفان تندری در ماه می می‌باشد. (بداق جمالی و همکاران، 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 کرده‌اند. (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵)، در مطالعه‌ای با عنوان بررسی زمانی و مکانی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان در طول دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۰۶، بیش‌ترین بارش تگرگ را در سه ماه اولیه (آوریل، می و ژوئن) دانسته‌اند، به طوری که ۸۸/۳ درصد کل بارش را در این فصل اختصاص داشته است. (لشکری و امینی، ۱۳۸۹: ۱)، به تحلیل همدید و پهنه بندی 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 سامانه‌های همراه با بارش تگرگ بستگی دارد. (غفاریان و همکاران، ۱۳۹۳: ۶)، در بررسی برخی از مهم‌ترین پارامترها در پیش‌بینی تگرگ، مطالعه موردی ۱۴ نوامبر ۲۰۱۲، به کمک شاخص CAPE می‌توان نوع سلول توفان را تعیین نمود که در این مطالعه از نوع چند سلولی سازمان یافته بود. از این رو می‌توان انتظار داشت تگرگ‌های خیلی شدید با آن‌ها همراه نباشد. بررسی مطالعات بیشتر می‌تواند آستانه‌های قابل اعتمادی برای منطقه ایران با اقلیم‌های متفاوت را معرفی نماید. (بیوگیو و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۸)، مطالعات اقلیم‌شناختی روند رخ دادهای تگرگ در چهار منطقه چین مورد بررسی قرار داده‌اند. اما اخیراً (سیتی نیو و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۷)، به علت علاقه شدید عموم مردم به رخدادهای شدید آب و هوایی یک شبکه نقطه به نقطه با استفاده از روش‌های فن‌آوری اطلاعات و تجهیزات جدید برای گزارش تگرگ، از گزارش‌های مشاهده‌ای و ثبتی آن در بعضی کشورها توسعه پیدا کرده است. (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۲)، در پژوهشی با عنوان تحلیل آماری، ترمودینامیکی و همدیدی پدیده تگرگ در استان لرستان به این نتیجه رسیدند که در رخدادهای فصل گرم یعنی خوشه ناپایداری همرفتی، شاخص ناپایداری مورد استفاده، مقادیر ناپایداری شدیدتری را نسبت به رخداد‌های فصل سرد یعنی خوشه کم‌فشارهای جبهه‌ای به همراه داشته‌اند، هر چند که توجه به این نکته ضروری می‌باشد که برای وقوع رخداد تگرگ در فصل گرم علاوه بر فراهم بودن شرایط همرفتی فراهم بودن سایر شرایط در سطوح بالای جو بویژه ناپایداری سطح ۵۰۰ از اهمیت و ضرورت زیادی برخوردار بود و در رخداد‌های که در فصل گذار گرم به سرد رخ می‌دهند؛ نقش پدیده همرفت کم‌رنگ شده و وجود کم‌فشار جبهه‌ای همراه با سایر شرایط، ناپایداری لازم برای تشکیل دانه‌های تگرگ و ریزش آن را فراهم کرده است. بر پایه پژوهش‌های (پیتو و همکاران، ۲۰۱۳: ۵۲۳۱) در برزیل، توفان‌های تندری سائوپائولو و کامپینانس افزایش چشم‌گیری داشته، ریودوژانیرو فاقد روند افزایشی بوده و به طور کلی افزایش فعالیت توفان‌های تندری در این مناطق با رخ داد ال‌نینو و لائینا در ارتباط است. به عقیده (موروگاول و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۱۷۹)، وضعیت اقلیمی و توپوگرافی شمال و مرکز هند، شمال شرق پاکستان و بنگلادش شرایط مطلوبی را برای تشکیل توفان‌های تندری و صاعقه فراهم کرده است. (لشکری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۹)، در پژوهشی با عنوان تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر در غرب ایران به این نتیجه رسیدند که بررسی سامانه‌های همدیدی همراه با بارش تگرگ، در ایستگاه‌های که بارش فراگیر تگرگ داشته‌اند، نشان داده که قرار گرفتن مرکز کم‌فشار بر روی سودان و امتداد زبانه‌ی آن به عرض‌های بالاتر با راستای جنوب

رشد کند ۲- وجود یک جت استریم یا حداقل بادهای قوی در سطوح بین ۶۰۰۰ الی ۱۲۰۰۰ متری. (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۱، ۶۰)، 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 پدیده فوق در تعداد ۶۷ ایستگاه همدید کشور در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵) را مورد تحلیل و در نهایت توزیع مکانی رخ داد پدیده ذکر شده را در روی کشور نمایش داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که کانون‌های اصلی رخ داد این پدیده در ایران بیشتر در نواحی غرب و شمال غرب می‌باشند. بیش‌ترین فراوانی رخداد تگرگ در کشور در ماه‌های مارس و آوریل، رخ داد طوفان تگرگ در ماه‌های آوریل و می، رخ داد طوفان تندری در ماه می می‌باشد. (بداق جمالی و همکاران، 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 کرده‌اند. (میرموسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵)، در مطالعه‌ای با عنوان بررسی زمانی و مکانی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان در طول دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۰۶، بیش‌ترین بارش تگرگ را در سه ماه اولیه (آوریل، می و ژوئن) دانسته‌اند، به طوری که ۸۸/۳ درصد کل بارش را در این فصل اختصاص داشته است. (لشکری و امینی، ۱۳۸۹: ۱)، به تحلیل همدید و پهنه بندی 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 سامانه‌های همراه با بارش تگرگ بستگی دارد. (غفاریان و همکاران، ۱۳۹۳: ۶)، در بررسی برخی از مهم‌ترین پارامترها در پیش‌بینی تگرگ، مطالعه موردی ۱۴ نوامبر ۲۰۱۲، به کمک شاخص CAPE می‌توان نوع سلول توفان را تعیین نمود که در این مطالعه از نوع چند سلولی سازمان یافته بود. از این رو می‌توان انتظار داشت تگرگ‌های خیلی شدید با آن‌ها همراه نباشد. بررسی مطالعات بیشتر می‌تواند آستانه‌های قابل اعتمادی برای منطقه ایران با اقلیم‌های متفاوت را معرفی نماید. (بیوگیو و همکاران، ۲۰۱۰: ۱۸)، مطالعات اقلیم‌شناختی

این استان از شمال به استان زنجان و استان قزوین و از جنوب به استان لرستان و از شرق با استان مرکزی و از غرب با استانهای کرمانشاه و کردستان محدود می‌شود و در بین مدارهای (۲۳ درجه و ۳۳ دقیقه) تا (۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه) عرض شمالی از خط استوا و (۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه) تا (۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه) طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است و بر پایه آخرین تقسیمات کشوری شامل ۹ شهرستان، ۲۹ شهر، ۲۵ بخش، ۷۳ دهستان و ۱۲۱۰ روستا است. ارتفاع متوسط این استان از سطح آبهای آزاد حدود ۱۸۰۰ متر است و بلندترین نقطه استان همدان قله الوند با ارتفاع ۳۵۸۴ متر و پست ترین نقطه آن زمین های عمرآباد با ارتفاع ۱۶۰۰ متر است، که محل خروجی رود قره چای می باشد.

در جدول (۱) مشخصات ایستگاه های مذکور آورده شده و موقعیت آن نیز در روی شکل (۱) نشان داده شده است.

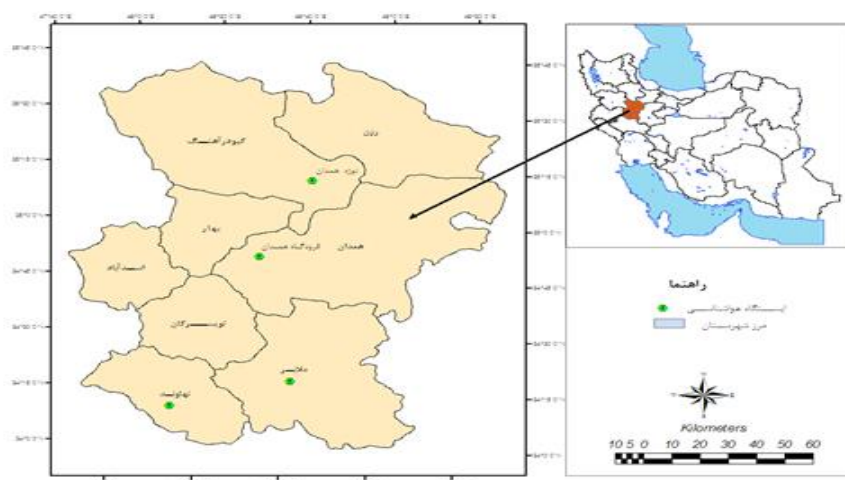
غربی- شمال شرقی تمام محدوده ی منطقه مورد مطالعه را فراگرفته است. (خوش اخلاق و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۴)، نیز در مقاله واکاوی هم‌دیدگی بارش تگرگ فراگیر در شمال غرب ایران، بیشترین فراوانی ریزش تگرگ را طی ساعات ۹ تا ۱۸ رخ داده است، و دلیل این مسأله را در افزایش انرژی تابشی رسیده به جو و ویژگی های سطح زمین در این ساعات دانسته که سبب افزایش ناپایداری های جوی گردیده و شرایط مناسبی را جهت بارش تگرگ فراهم ساخته است. همچنین با نفوذ زبانه های 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.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان همدان با وسعتی در حدود ۱۹۵۴۵/۸۲ کیلومترمربع است که یکی از نواحی کوهستانی و غربی کشور می‌باشد،

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هم‌دیدگی منطقه مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع ایستگاه
فرودگاه همدان	۴۸/۳۲	۳۴/۵۲	۱۷۴۱/۵
نوژه کیبودر آهنگ	۴۸/۷۱	۳۵/۲۰	۱۶۷۹/۷
ملایر	۴۸/۵۱	۳۴/۱۹	۱۷۲۵
نهایند	۴۸/۲۴	۲۳/۲۲	۱۶۴۴



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

جهت بررسی رخ داد تگرگ از داده‌های همدید چهار ایستگاه سینوپتیک دارای آمار هم زمان در طی دوره آماری ۲۳ ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۵) استفاده شده است. در این بررسی، ابتدا داده‌های اولیه سطح زمین از مرکز تحقیقات هواشناسی همدان در دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۵ (تا نیمه اول ۲۰۱۵) اخذ گردید و سپس کنترل‌ها، آزمون‌های اولیه و استخراج داده‌های تگرگ و تهیه بانک داده‌ای تگرگ از کدهای هوای حاضر و گذشته (که کدهای ۸۷، ۲۷، ۸۸، ۹۹، ۹۶، ۹۴، ۹۳، ۹۰، ۸۹ را شامل می‌شود) با فواصل زمانی ۳ ساعته استخراج گردید. از بین ۱۰۰ کد هوای حاضر، کدهای مذکور پدیده تگرگ که شدت‌های متفاوتی 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 ۲ بیان شده است. کل بارشهای تگرگ با استفاده از نرم‌افزار Spss (نرم‌افزار رایانه‌ای است که برای تحلیل‌های آماری به کار می‌رود) خوشه بندی گردید. اصطلاح تحلیل خوشه‌ای (کلاستر)، در بردارنده الگوریتم‌ها و روش‌هایی برای گروه بندی موردهای مشابه (شامل افراد، اشیاء، رویدادها و ...) درون طبقات مختلف می‌باشد. تحلیل کلاستر موارد را بر اساس میزان ارتباطشان دسته بندی می‌کند. بنابراین افراد یک کلاستر دارای بیشترین میزان ارتباط با یکدیگر و کمترین میزان ارتباط با اعضای دیگر کلاسترها می‌باشند؛ بنابراین تحلیل کلاستر ابزاری اکتشافی است که می‌تواند ارتباطات و ساختار بین داده‌ها را که قبلاً مشهود و محسوس نبودند را آشکار نماید. در تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Spss، سه مرحله اساسی وجود دارد؛ نخست باید داده‌های خام را وارد کنید و آن‌ها را در یک پرونده ذخیره نمایید. دوم باید تحلیل مورد نیاز را برگزینید و آن را مشخص کنید. سوم برونداد را واریسی کنید. سپس از روزهای موجود، ساعتی که از نظر شدت و تداوم رخ داد تگرگ و بارش‌های رگباری قابل توجه بودند، دو روز را که دارای ناپایداری شدیدتری بود، به عنوان روزهای نماینده انتخاب گردید و

سپس عناصر دیگر اقلیمی مانند بارش، دما، فشار، رطوبت، سمت و سرعت باد و مطالعه پدیده‌هایی مانند توفان تندی (که از ابرهای کومولونیمبوس ناشی می‌شود)، در تاریخ‌های یاد شده مورد بررسی واقع شد و با استفاده از داده‌های سایت NCEP/NCAR، نقشه‌های همدیدی فشار سطح دریا (Slp)، ژئوپتانسیل، شاخص امگا، نم ویژه در ترازهای دریا، ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال و نقشه وزش باد در تراز ۸۵۰ با استفاده از نرم‌افزار گرادس در روز اوج بارش برای دو نمونه انتخابی خوشه بندی نرم افزار Spss رخ داد تگرگ در روز دوم آوریل ۲۰۰۲ و رخ داد تگرگ در دهم آوریل ۲۰۰۷، ترسیم و مورد تحلیل قرار گرفت. برای تحلیل داده‌ها و نقشه‌ها از نرم‌افزارهایی همچون Excel، ArcGIS، Spss استفاده شده است. 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.

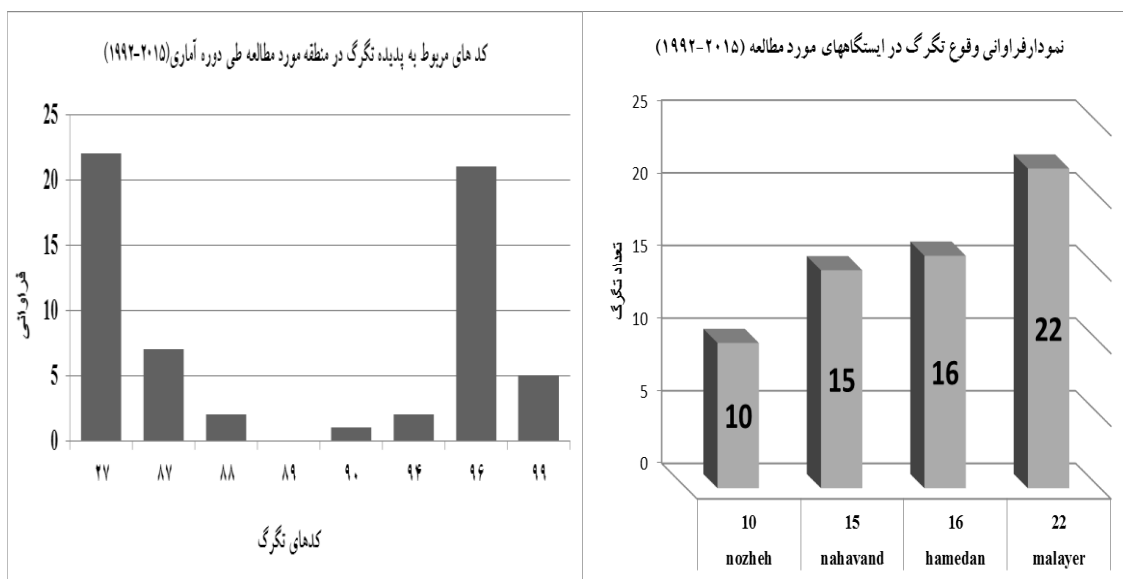
نتایج و بحث

بر طبق بررسی‌های آماری، توزیع فراوانی پدیده تگرگ در ایستگاه‌های همدیدی مورد مطالعه دقیقاً مشابه یکدیگر نبوده و با همدیگر متفاوتند، بدلیل عدم توزیع یکنواخت رخ داد تگرگ در طول دوره آماری ۲۳ ساله (۱۹۹۲-۲۰۱۵) در ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیشترین فراوانی تگرگ ایستگاه همدید ملایر بدلیل موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی آن، ۲۲ بار و کمترین آن ایستگاه همدید نوژه ۱۰ بار رخ داده است (شکل شماره ۲). بیشینه وقوع تگرگ نیز در ماه‌های آوریل و مارس در ساعاتی ۱۲ و ۰۹ (کلیه ساعات در این پژوهش بر حسب گرینویچ است) رخ داده است و بررسی تغییرات ساعتی وقوع تگرگ نشان می‌دهد که بیشینه تعداد توفان‌ها در بعدازظهر و اوایل شب رخ می‌دهد. شکل ۳ به منظور فراوانی کدها تهیه شده است، حاکی از آن است که در این دوره آماری کد ۲۷ بیشترین و کد ۸۹ کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده است (رجوع شود به جدول ۲)

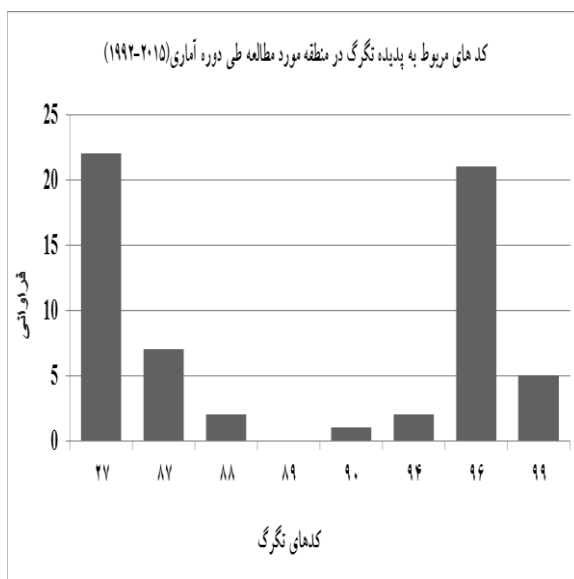
جدول ۲- مشخصات کدهای تگرگ

کد	پدیده
۲۷	رگبار تگرگ یا رگبار تگرگ همراه با باران، طی ساعت گذشته
۸۷	رگبار تگرگ ریز و یا نرم، با و یا بدون باران و یا مخلوط برف و باران ملایم
۸۸	رگبار تگرگ ریز و یا نرم، با و یا بدون باران و یا مخلوط برف و باران متوسط و یا شدید
۸۹	رگبار تگرگ، با و یا بدون باران و یا مخلوط برف و باران ملایم
۹۰	رگبار تگرگ، با و یا بدون باران و یا مخلوط برف و باران متوسط و یا شدید
۹۳	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توام با رعد و برق در ساعت گذشته با ریزش ملایم
۹۴	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توام با رعد و برق در ساعت گذشته با ریزش متوسط و یا شدید
۹۶	رعدوبرق توام با تگرگ با ریزش ملایم و یا متوسط
۹۹	رعدوبرق توام با تگرگ با ریزش شدید

منبع: سازمان هواشناسی کشور



شکل ۲- فراوانی رخ داد تگرگ در منطقه مورد مطالعه



شکل ۳- فراوانی کدهای تگرگ در دوره آماری (۱۹۹۲-۲۰۱۵)

شده و به نظر می‌رسد در ساعت‌های ۹ تا ۱۲ به دلیل افزایش گرمای جوی این شرایط فراهم می‌شود. شکل ۵ فراوانی ماهانه رخ داد تگرگ را نشان می‌دهد، که بیشترین فراوانی رخ داد تگرگ را به ترتیب در ماه‌های آوریل، مارس، می و فوریه را نشان می‌دهد و در ماه جولای پدیده تگرگ گزارش نشده است. در ماه‌های ژوئن، نوامبر، آگوست و سپتامبر کم‌ترین فراوانی را داشته‌ایم و در ماه‌های

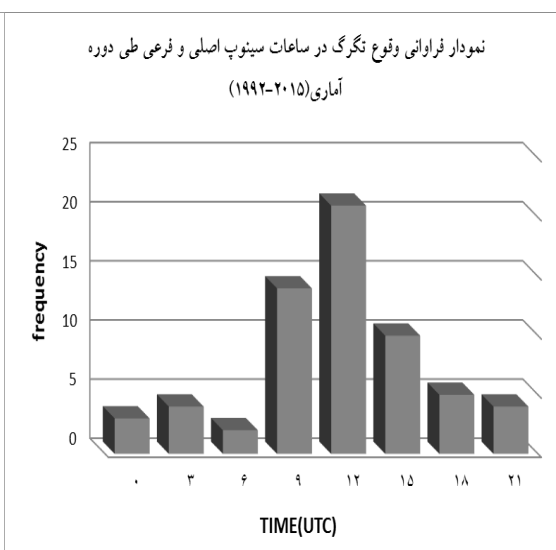
همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می‌شود، بیشترین بارش رخداد پدیده تگرگ در طول شبانه روز برای دوره ۲۳ ساله در بین ساعات ۹ تا ۱۵ می‌باشد و در ساعت ۱۲ به حداکثر می‌رسد و از ساعت ۱۵ به بعد به طور سریع کاهش می‌یابد. این مساله نشان دهنده افزایش ناپایداری‌های جوی در این ساعات است و با افزایش انرژی تابشی رسیده به جو و ویژگی‌های سطح زمین، ناپایداری‌های جوی کاملاً تقویت

مورد سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۹ بیشترین فراوانی و در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۹ پدیده تگرگ گزارش نشده است. در بین فصول نیز، فصل بهار بیشترین فراوانی روزهای بارش تگرگ و فصل تابستان کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده است. بیش از نیمی از رخ داده‌های تگرگ در فصل بهار گزارش شده است، پس از آن فصل زمستان بیشترین وقوع این پدیده را به خود اختصاص داده است (شکل ۷).

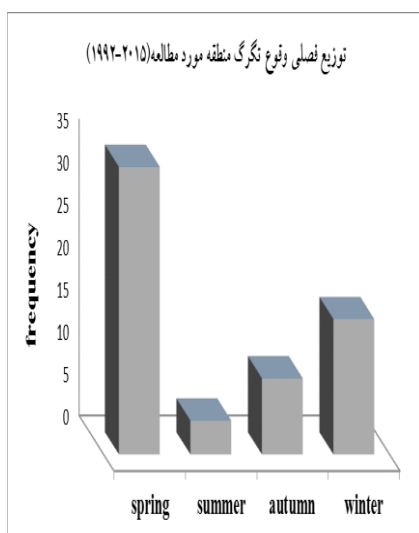
مارس و آوریل که ماه‌های انتقالی گرم (بهار) هستند، به دلیل گرم شدن سریع سطح زمین و لایه‌های زیرین جو (افزایش طول روز و نزدیک شدن خورشید به خط قائم) و بالا بودن رطوبت هوا ناپایداری زیاد شده و جریان‌های همرفتی شدت یافته و تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد طوفان تندری می‌شوند (عزتیان، ۱۳۸۲: ۱۲۱). شکل ۶ نشان‌دهنده فراوانی رخ داد تگرگ در منطقه مورد مطالعه به تفکیک سال را نشان می‌دهد. در این



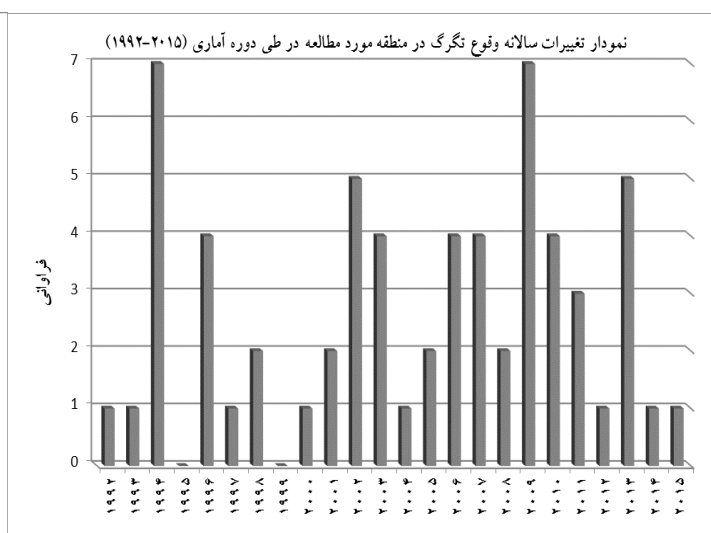
شکل ۵- فراوانی ماهانه ریزش تگرگ



شکل ۴- تغییرات ساعتی وقوع تگرگ



شکل ۷- توزیع فصلی وقوع تگرگ



شکل ۶- فراوانی سالیانه ریزش تگرگ

به منظور شناسایی الگوهای ایجادکننده بارش تگرگ و شناسایی روزهای شاخص، یک تحلیل خوشه‌ای بر روی ۶۳

بررسی الگوهای گردش بارش تگرگ

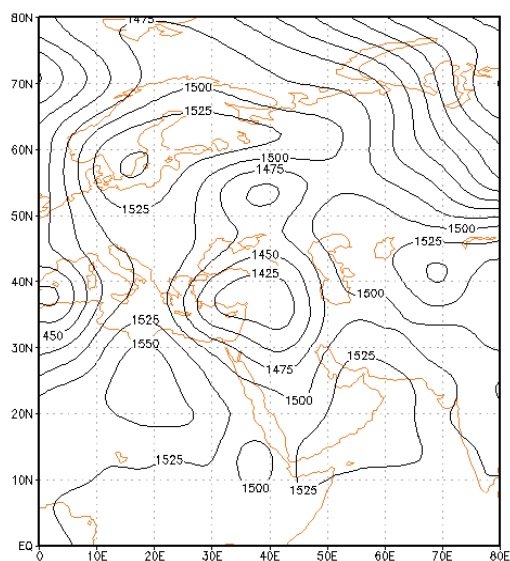
(شکل ۸). در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ملاحظه می‌شود که یک مرکز کم ارتفاع با پربند ۱۴۲۵ ژئوپتانسیل متر تمام عراق، سوریه، اردن، شرق مدیترانه و حدود نیمی از ایران بسته شده است و زبانه آن تا مرکز عربستان امتداد یافته است، در این حالت منطقه مورد مطالعه در جلو ناوه (تراف) استقرار یافته است (شکل ۹).

در شکل ۱۰ وجود واچرخند در جنوب شرقی عربستان با گردش ساعت گرد هوا در این مرکز پرفشار هوای گرم و مرطوب دریای عرب از روی جنوب و شرق عربستان به مرکز و شمال عربستان و از آن جا جلو ناوه این رطوبت را بر روی غرب ایران فرارفت نموده است و در شکل ۱۱ همان طور که مشاهده می‌شود، منطقه مورد مطالعه در محدوده سامانه کم فشار (جلوی موج) قرار گرفته است.

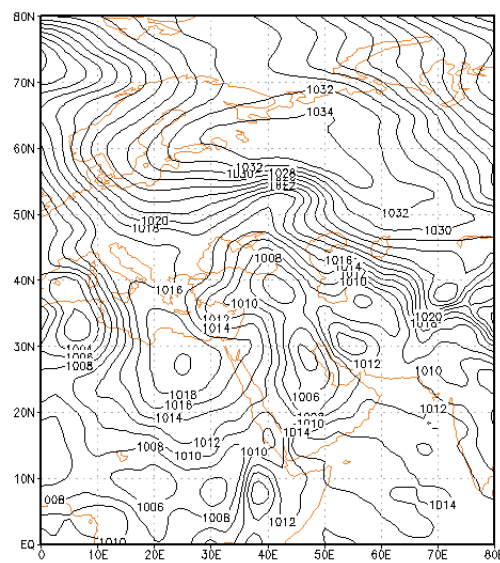
روز بارش تگرگ در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت و این روزها خوشه بندی گردید. سپس از روزهای موجود، دو روز که دارای ناپایداری شدیدتری بود، به عنوان روزهای نماینده انتخاب گردید.

خوشه ۱: رخداد تگرگ در روز دوم آوریل ۲۰۰۲

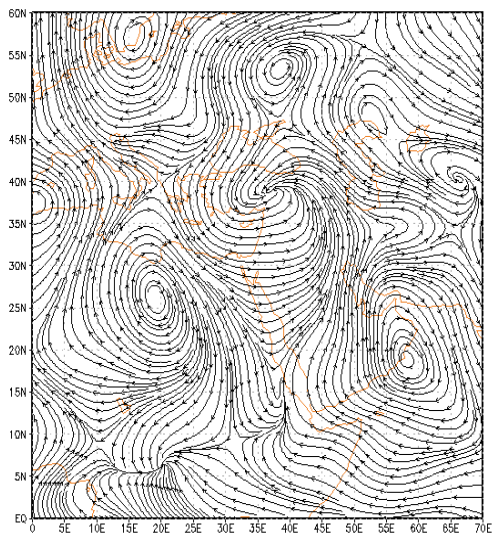
در نقشه سطح دریا (slp) مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۰۴ هکتوپاسکال بر روی جنوب عراق بسته شده است. زبانه‌های این کم فشار تا شمال منطقه مورد مطالعه گسترش یافته است. با قرارگیری یک هسته پرفشار بر روی جنوب دریای عمان و گردش ساعت گرد هوا در این سامانه هوای گرم و مرطوبی را به چرخند مستقر بر روی سودان می‌فرستد و با گسترش زبانه ای از این کم فشار، به سمت عرض‌های بالا، فرارفت رطوبت و زمینه ایجاد ناپایداری را فراهم کرده است



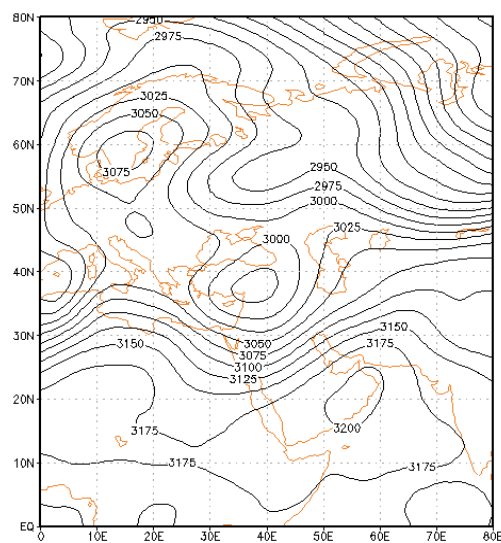
شکل ۹: الگوی ارتفاعی تراز ۸۵۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۸: الگوی فشار سطح دریا ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۱۱: الگوی میدان باد در تراز ۸۵۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲

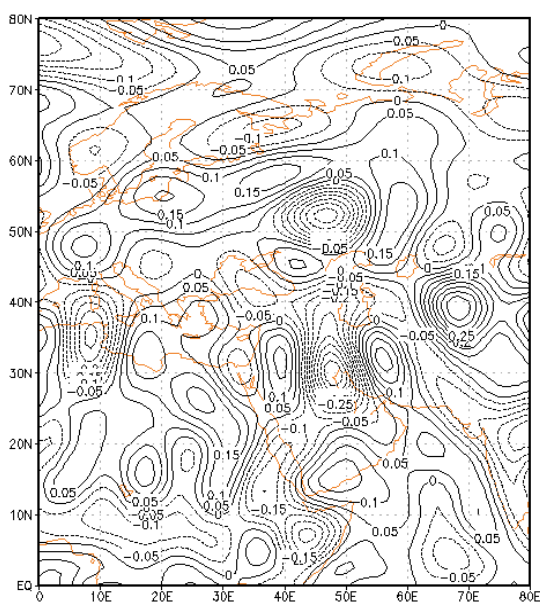


شکل ۱۰: الگوی ارتفاعی تراز ۷۰۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲

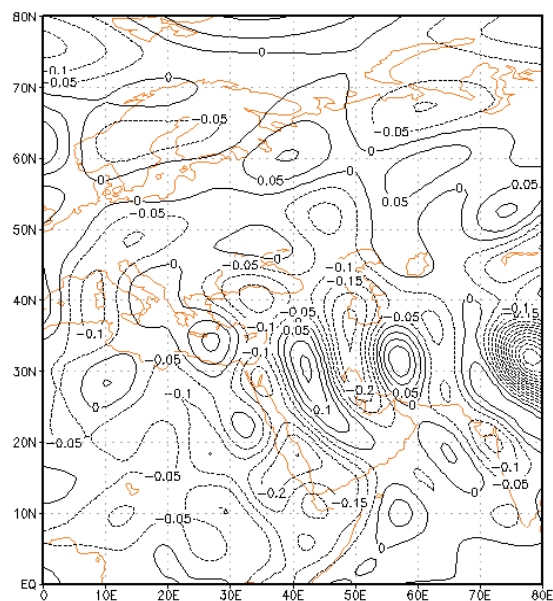
تراز دو هسته امگای مثبت یکی در شمال سودان و دیگری بر روی دریای عرب وجود دارد که همگرایی منابع رطوبتی را نشان می‌دهد و راستای این امگای منفی با حداکثر نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال انطباق کامل دارد، که تایید کننده وقوع پدیده همرفت می‌باشد. در امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، هسته امگای مثبت بر روی شمال سودان و دریای عرب قرار دارد وجود این دو هسته، همگرایی رطوبتی را در این تراز نشان می‌دهد. در حالی که میدان امگای منفی قوی تر شده (در انطباق با نقشه تراز ۸۵۰)، و با امتداد جنوبی- شمالی کل منطقه مورد پژوهش را در بر گرفته است.

منطقه مورد مطالعه درون مرکز بیشینه این میدان امگا قرار گرفته است که مقدار آن بر روی منطقه مورد پژوهش به ۰/۴- 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 (شکل ۱۴).

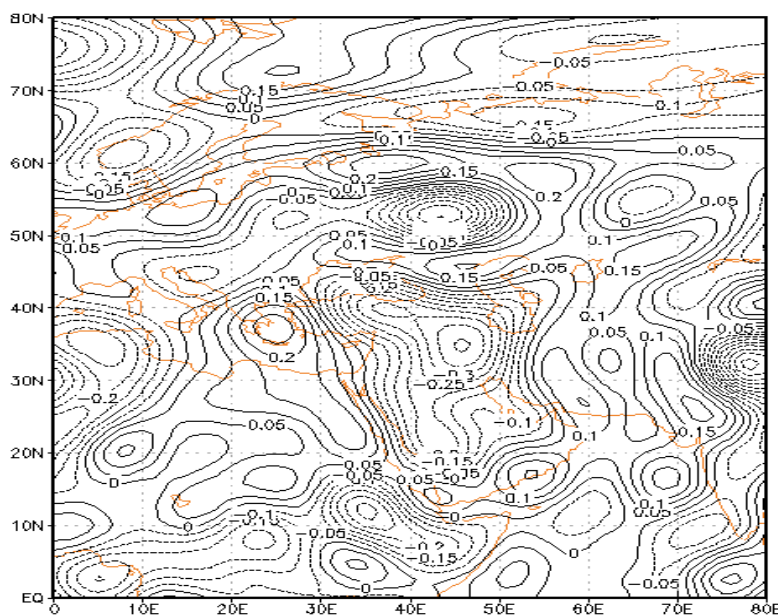
و جریانات جنوبی بخش شرقی مرکز کم فشار باعث انتقال رطوبت از عرض‌های پایین بر روی منطقه شده است. در نقشه شماره ۱۲ امگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، هسته‌ای با امگای منفی قوی ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه بر روی شمال ایران بسته شده است و هسته این امگا با امتداد شمالی- جنوبی و در شمال منطقه مورد پژوهش قرار گرفته است در حالی که هسته‌ای با امگای مثبت در شمال عربستان بسته شده است. یک هسته امگای مثبت دیگر از شمال دریای عمان تا مرکز ایران در روی نقشه نمایان است. وجود این دو هسته به معنای همگرایی هوا از دو طرف منطقه مطالعاتی می‌باشد. و همان طور که در شکل ۱۳ ملاحظه می‌شود، در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته‌ای با امگای منفی با امتداد شمالی- جنوبی کل منطقه مطالعاتی و حدود نیمی از ایران را فرا گرفته و از دریای سرخ با جهت جنوب غربی- شمال شرقی از روی عربستان گذشته و وارد منطقه مطالعاتی شده است. در منطقه مورد پژوهش و در طول جغرافیایی ۴۷ تا ۵۰ 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



شکل ۱۳- الگوی امگا تراز ۸۵۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۱۲- الگوی امگا تراز ۱۰۰۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۱۴- الگوی امگا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در ۲ آوریل ۲۰۰۲

شماره ۱۶ در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هسته مرطوب بر روی جنوب سودان نمایان است که زبانه ای 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.

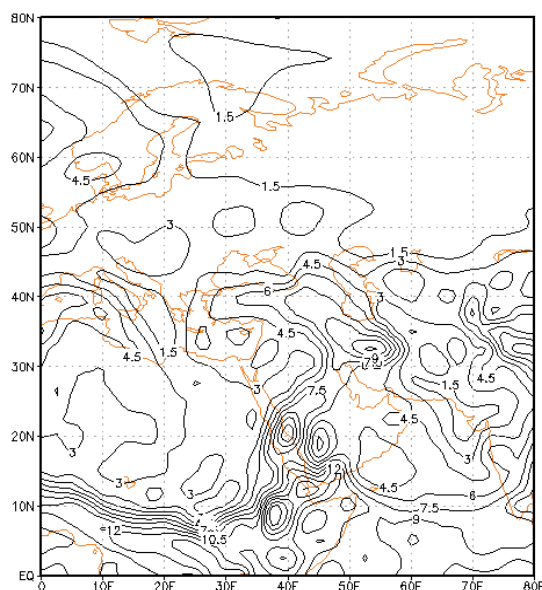
همان طور که در شکل ۱۵ نمایان است، در نقشه نم ویژه روز ۲ آوریل، در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، مرکز مرطوبی بر روی دریای سرخ و سودان با جهت جنوب غربی- شمال شرقی از روی عربستان گذشته و به سمت غرب ایران در حال گسترش است و نم ویژه ۱۲ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مورد پژوهش عبور می کند که رطوبت قابل ملاحظه ای برای ایجاد ناپایداری های همرفتی می باشد. مطابق شکل

جنوبی فرارفت هوای گرم و مرطوب دریاهای جنوبی را بر روی منطقه مورد مطالعه انجام می‌دهند. در الگوی تراز ۸۵۰ در شکل ۱۸، مرکز کم ارتفاع با پربند ۱۴۴۰ ژئوپتانسیل متر با امتداد محور شمالی - جنوبی، مناطق سوریه، اردن و شمال غرب عربستان را در بر گرفته است. زبانه حاصل از این چرخند تا جنوب سودان ادامه دارد. همان طور که ملاحظه می‌شود غرب ایران در بهترین موقعیت جلو ناوه قرار داشته و جریانات بر روی منطقه کاملاً جنوبی می‌باشد که این پدیده فرارفت گرم را در این تراز تایید می‌کند.

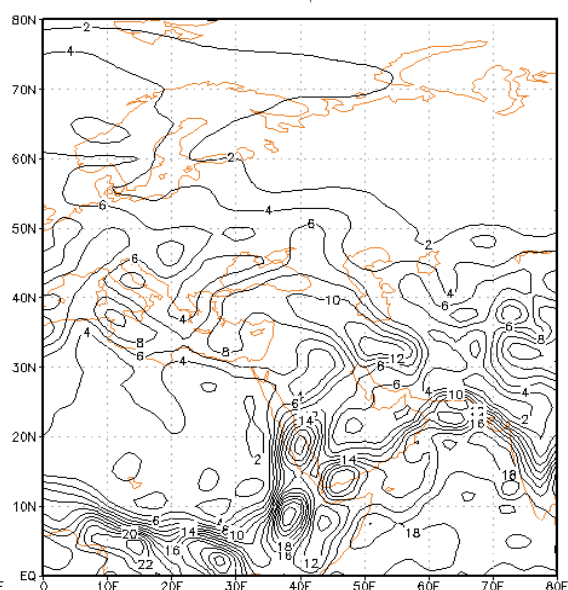
خوشه ۲: تحلیل همدیدی و ترمودینامیکی رخداد

تگرگ در دهم آوریل ۲۰۰۷

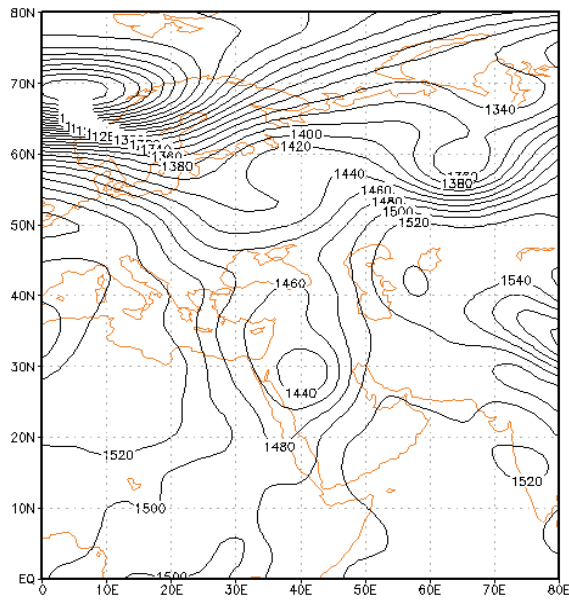
همان طور که در شکل ۱۷ نمایان است، در این روز در نقشه سطح دریا مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال بر روی سودان و مرکز دیگری با همین هم فشار بر روی جنوب عراق و شمال عربستان بسته شده است. زبانه های این کم فشار با راستای جنوبی-شمالی تا جنوب دریای سیاه و شرق ترکیه امتداد یافته است. در نتیجه غرب ایران تحت تاثیر این زبانه کم فشار قرار دارد و جریانات



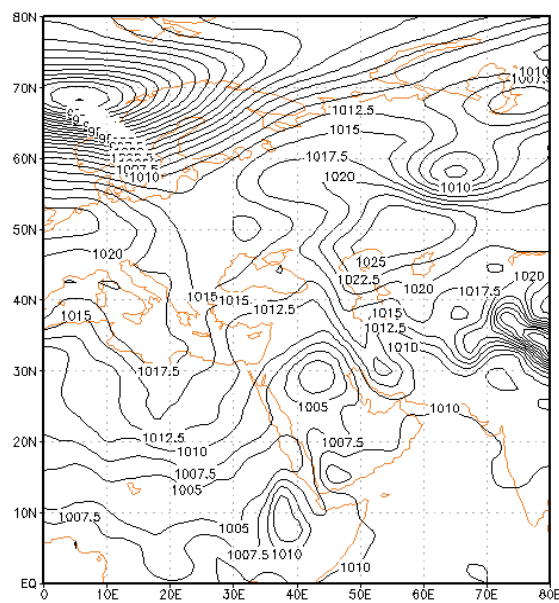
شکل ۱۶- نم ویژه تراز ۸۵۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۱۵- نم ویژه تراز ۱۰۰۰ در ۲ آوریل ۲۰۰۲



شکل ۱۸- الگوی ارتفاعی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



شکل ۱۷- الگوی فشار سطح دریا در ۱۰ آوریل ۲۰۰۷

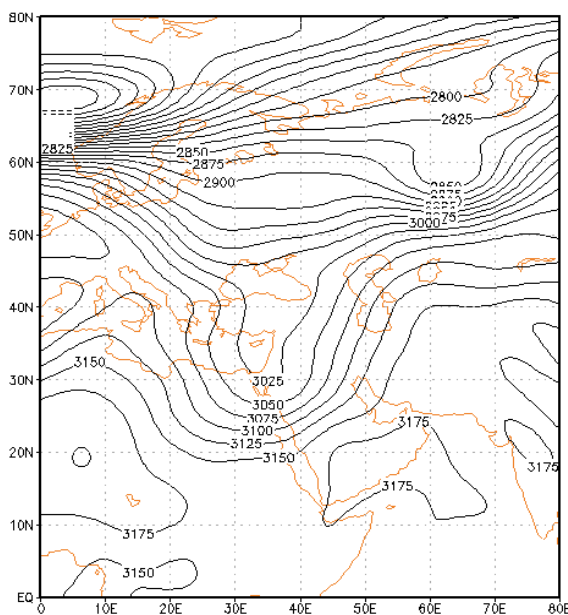
امگای منفی بر روی غرب کشور بیش از 0.2 - می باشد. به این ترتیب همگرایی لبه تراز 1000 هکتوپاسکال با واگرایی قوی تر از 850 هکتوپاسکال جبران شده و هوای گرم و مرطوب فرارفت شده در لبه زیرین جو در این لایه به خوبی واگرا شده است.

و جریانات بالاسوی قوی این تراز، این هوای گرم و مرطوب را صعود داده و زمینه ایجاد ناپایداری های شدید را فراهم کرده است (شکل ۲۲). در نقشه امگای تراز 700 هکتوپاسکال در انطباق با نقشه تراز 850 هکتوپاسکال میدان گستردهای با امگای منفی قوی با راستای جنوبی- شمالی همان محدوده تراز 850 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 0.4 - پاسکال بر ثانیه می رسد که واگرایی بسیار خوب و جریانات بالاسوی قوی در این تراز و به تبع ایجاد ناپایداری های همرفتی شدید بر روی غرب کشور می باشد (شکل ۲۳). در نقشه نم ویژه تراز 1000 هکتوپاسکال هسته ای با نم ویژه بالا بر روی جنوب سودان و هسته دومی بر روی مرکز دریای سرخ به چشم می خورد که زبانه ای از این هسته با نم ویژه بالا با راستای جنوب غربی- شمال شرقی پس از عبور از مرکز عربستان از سمت جنوب غرب وارد ایران شده و غرب ایران را در بر گرفته است. هسته سومی در درون این

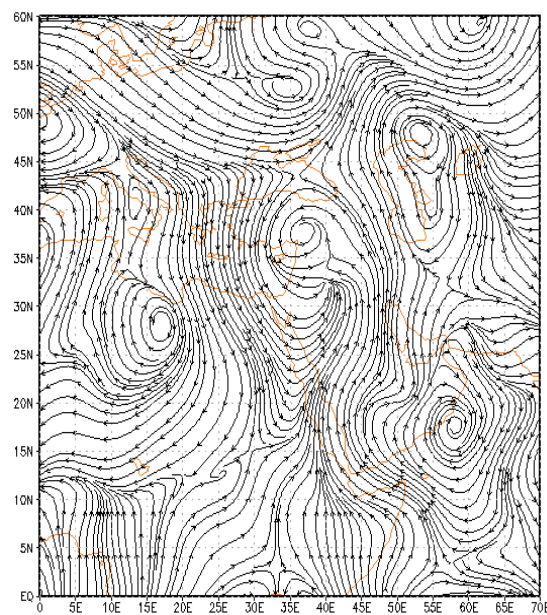
ایجاد گردش و اچرخندی بر روی دریای عرب گرما و رطوبت را به داخل سامانه سودانی فراهم آورده و با تقویت زبانه کم فشار بر روی منطقه، باعث تشدید ناپایداری ها در روز بارش تگرگ شده است (شکل ۱۹). در تراز 700 هکتوپاسکال ناوه کاملاً عمیقی با راستای شمالی- جنوبی تمام محدوده مدیترانه مرکزی تا مرکز ایران و از سمت جنوب تا شمال سودان را در بر گرفته است. ملاحظه می شود که منطقه مورد مطالعه در بهترین شرایط جلو ناوه قرار دارد و جریانات با محور جنوب غربی- شمال شرقی می باشد (شکل ۲۰). در نقشه امگای تراز 1000 هکتوپاسکال، هسته ای با امگای منفی قوی بر روی شمال غرب ایران و دریای خزر بسته شده است. دامنه این هسته با امگای منفی شمال منطقه مورد مطالعه را فرا گرفته است، در حالی که در جنوب غرب ایران هسته ای 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 (شکل ۲۱). در نقشه امگای تراز 850 هکتوپاسکال مشاهده می شود که بر عکس نقشه تراز 1000 هکتوپاسکال میدانی با امگای منفی با راستای شمالی- جنوبی تمام محدوده بین غرب ایران تا شرق سوریه و دریای سرخ تا شمال آذربایجان را در بر گرفته است. بنابراین منطقه مورد مطالعه در محدوده امگای منفی قرار گرفته است و بیشینه

نم ویژه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نسبت به تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با اندکی تغییر همان شرایط رطوبتی تکرار شده است و نشان دهنده ی فرارفت رطوبت از عرض های پایین بر روی منطقه مورد مطالعه می باشد، در ضمن نم ویژه ۷ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مطالعاتی عبور می کند که این رطوبت برای حرکات بالاسو مناسب می باشد(شکل ۲۵).

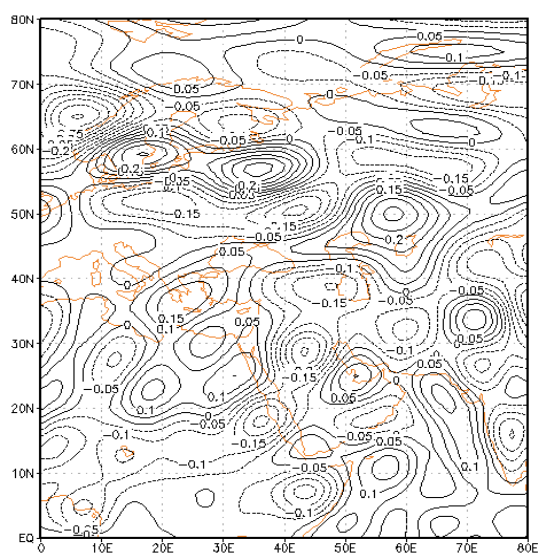
زبانه با نم ویژه بالا بر روی شمال غرب ایران بسته شده است و نم ویژه ۱۱ گرم بر کیلوگرم از روی منطقه مطالعاتی عبور می کند که نم ویژه مناسبی برای ایجاد ناپایداری و انرژی ترمودینامیکی برای حرکات بالاسو می باشد (شکل ۲۴).



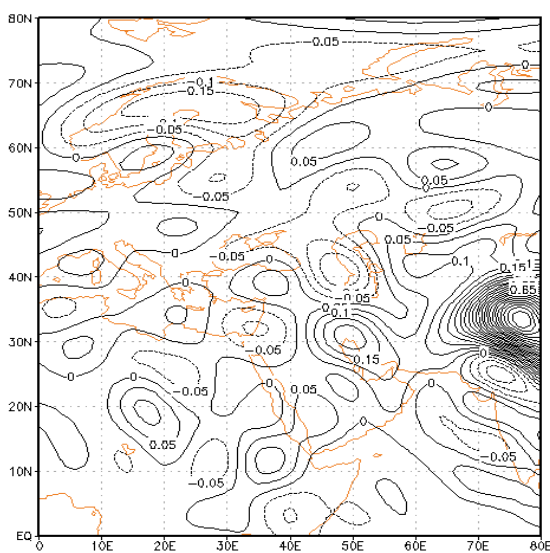
شکل ۲۰- الگوی ارتفاعی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال



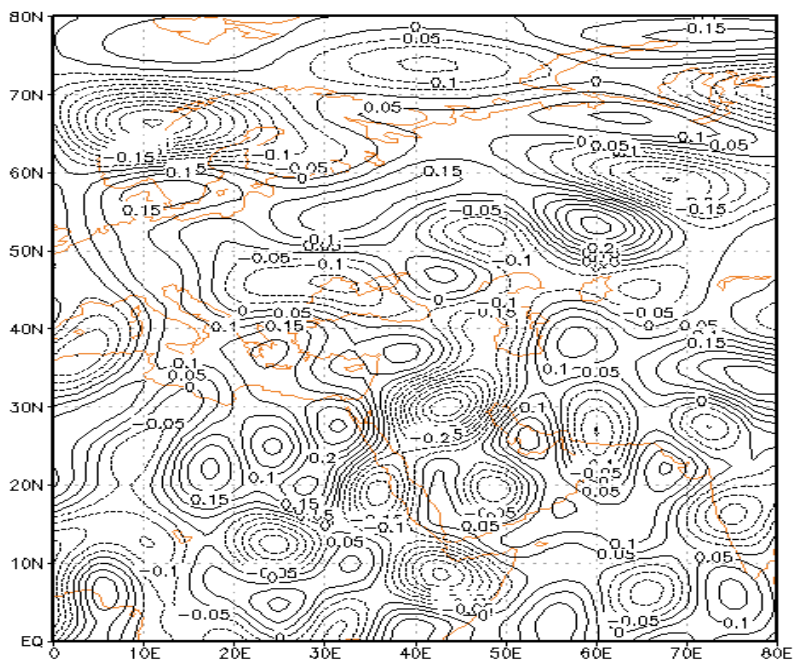
شکل ۱۹- الگوی میدان باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



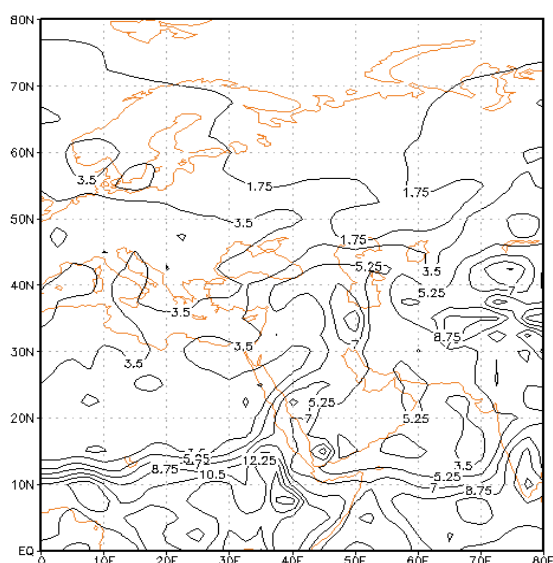
شکل ۲۲- الگوی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال



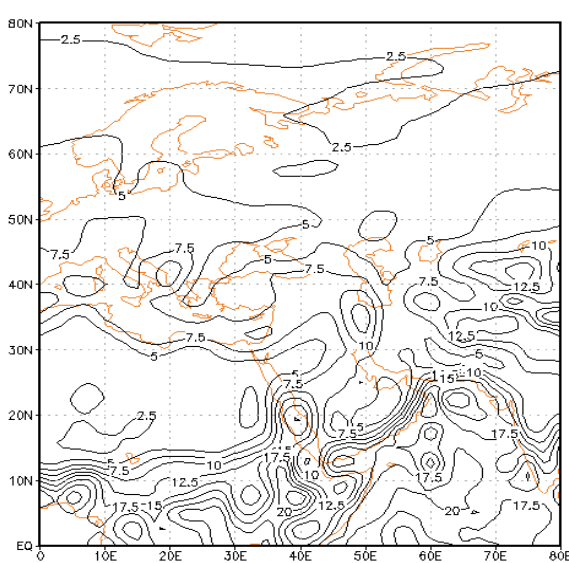
شکل ۲۱- الگوی امگا تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۲۳- نقشه امگا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال



شکل ۲۵: الگوی نم ویژه تراز ۸۵۰



شکل ۲۴: الگوی نم ویژه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

نتیجه گیری

فراوانی را در جهت کاهش خسارات فراهم کند. با توجه به یافته های به دست آمده، بیش ترین فراوانی بارش تگرگ در ماه آوریل و مارس رخ داده است. در فصل بهار آفتاب سطح زمین را گرم کرده و ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سطح دریا نیز نسبتا زیاد بوده و عرض جغرافیایی منطقه نیز شرایط را برای تقویت سامانه های کم فشار جنوبی در این زمان از سال فراهم گردیده است. بررسی سامانه های همبندی

استان همدان از جمله مناطقی است که به دلیل وقوع رخ داد تگرگ، علاوه بر نبود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی، ممکن است سبب تلفات انسانی نیز بشود. بنابراین شناخت سازوکار تشکیل، توسعه و پیش بینی رخ داد تگرگ و پدیده های ناشی از آن مانند توفان تندی، بارش سنگین و سیل آسا، صاعقه و باد شدید، می تواند کمک

- Hail Size in Four Regions in China during 1980–2005. *Journal of Climate* 23:18, 4973-4982.
3. Byers, Robert Harris (1998), "general climate", translation Taj al-Din Bani Hashim, update partition or Behrozian AR), The University Publication Center, p. 524.
 4. 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
 5. Cintineo, John L., Travis M. Smith, Valliappa Lakshmanan, Harold E. Brooks, Kiel L. Ortega, (2012): An Objective High-Resolution Hail Climatology of the Contiguous United States. *Wea. Forecasting*, 27, 1235–1248.
 6. Dargahian, F; Alijani, B.; Rezaei, GH, porn, R. (2015), "statistical analysis, synoptic and thermodynamic phenomena in the province hail" a season of regional planning, No. 18, pp. 117-130[In Persian].
 7. 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.
 8. Ezzati, Victoria (2003), "The role of the physical process intensifies atmospheric instability," Eleventh Geophysics Conference of Iran, Tehran, 17 March 1382, Pages 117-124.[In Persian]
 9. Farajzadeh, M., Mustafa Pour, T. (2012), "Analysis of temporal and spatial hail in Iran", *Journal of Geography and Development*, No. 28, pp. 66-55. [In Persian] .
 10. Frisby, E. M., 1961. Relation ship of ground hail damage patterns to features of synoptic map in the upper Great plains of the united states. *J.Appl.meterology*. 1: 348- 354.
 11. Ghafarian, Parvin; Tajbakhsh, sahar(2014), "Some of the most important parameter in predicting hail Case Study November 14, 2012" *Proceedings of the Sixteenth Conference of Iran Geophysics*, 23 to 25 May 2014, pp. 94-100 [In Persian].
 12. Ghorbani, Azam (2006), "Analysis and investigation of the hail phenomenon and cloud classification using RS and GIS in the Zayandeh basin", Master's thesis, Tarbiat Moalm University of Tehran, Geography (Climatology orientation) [In Persian].
 13. Hajbabaie, Navid, Nasiri, Azadeh, Moazi, Mina (2005), "Surveying the Coincidence of Hailstones, *Proceedings of the International Conference on Land Risks, Natural*
- همراه با بارش تگرگ نشان داده که قرار گرفتن مرکز کم فشار بر روی سودان و امتداد زبانه ی آن به عرض های بالاتر با راستای جنوب غربی- شمال شرقی تمام محدوده ی منطقه مورد مطالعه را فراگرفته است. در روز بارش تگرگ نیز، زبانه ای از نم ویژه بالا از منابع آب های جنوبی دریای سرخ، دریای عرب و سودان، به عرض های بالا نفوذ می کنند. همزمان در این روز هسته ای با امگای منفی قوی در تراز ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال بر روی منطقه مورد پژوهش 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. در بررسی نقشه های میدان باد در روز بارش تگرگ، ملاحظه می شود باد غالب بر روی منطقه نصف النهار جنوبی بوده و باد مداری غربی ضعیف می باشد. این پدیده فرارفت رطوبت را از روی دریاها گرم تأیید می کند. با استقرار سامانه پرفشار 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 سامانه کم فشار مستقر در دریای سرخ و سودان توسط این چرخند بر روی منطقه فرارفت نموده است. بیشتر تحقیقاتی که بر روی پدیده تگرگ انجام شده است، توده هواهای عرض های بالاتر نقش اصلی در رخ داد پدیده تگرگ داشته است؛ اما این پژوهش نشان می دهد که نفوذ زبانه های کم فشار و گرم از جنوب ایران بر روی غرب کشور همراه با رشد قائم ابر(برهای کومولوس و کومولونیمبوس)، رطوبت فراوان، همرفت و صعود شدید و وجود شرایط کوهستانی غرب کشور عامل مهم برای ناپایداری و بارش تگرگ بوده است.

منابع

1. Badaq Jamali, Jawad, Javanmard, Soheila, Fateh, Shahram (2010), "Investigation of the phenomenon of hail in Iran and methods of control and coping with it", 14th Iranian Geophysical Conference, May 23-24, 2010, pp. 44-47 [In Persian].
2. Baoguo Xie, Qinghong Zhang, Yuqing Wang, (2010): Observed Characteristics of

- Geographic Space Ahar Scientific Journal, No. 50, pp. 83-105 [In Persian].
23. 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
 24. Mir Mousavi, Seyed; Akbarzadeh, Jonah (2010), "the study spatiotemporal hail during the growing season plants Case Study: East Azerbaijan Province", *Journal of Geography and Planning, University of Tabriz*, No. 33, Ss175-190. [In Persian]
 25. Murugavel, P., S.D. Pawar & V. Gopalakrishnan, "Climatology of Lightning Over
 26. Nieto, R., Coauthors, (2005), "Climatological features of cutoff low systems in the Northern Hemisphere", *J. Climate*, 18: 3085-3103.
 27. Nolan, J., (1994), "Hail The Summertime Hazard of Eastern Colorado", *Colorado Climate publication*, 17: 1-11.
 28. Pinto, O. Jr., I.R.C.A. Pinto & M.A.S. Ferro, "A Study of the Long-Term
 29. *Research: Atmospheres*, Vol. 118, No. 11, Pp. 5231-5246, 2013.
 30. Retallack, B.J., (1978), "Aeronautical Meteorology", WMO, 364, pp, 2, Geneva.
 31. Sioutas, M.V., Flocas, H.A., 2003. Hailstorms in northern Greece: Synoptic patterns and thermodynamic environment. *Theor. Appl. climatol.* 75:189-202.
 32. Variability of Thunderstorm Days in Southeast Brazil", *Journal of Geophysical*
 33. Vinet, F., (2001), "Climatology of hail in France", *Atmospheric Research*, 56: 333-338.
 - Disasters and their Coping Strategies", Tabriz University, Tabriz, 5-7 October 2005, Tabriz, Pages 45-54 [In Persian].
 14. Hamedan Meteorological Research Center, Research and Statistics Office [In Persian].
 15. Huff, F.A., (1961), "Correlation between Summer Hail Patterns in Illinois and Associated Climatological Events", *Journal of Applied Meteorology Review*, 3: 240-256.
 16. Indian Region and Its Relationship with Convective Available Potential Energy",
 17. *International Journal of Climatology*, Vol. 34, No. 11, Pp. 3179-3187, 2014.
 18. Iran Pour, Fakhreddin, Yazdanpanah, H., Hanafi, Ali (2015), "synoptic and thermodynamic analysis thunderstorms in Hamadan weather stations", *Journal of Geography and environmental hazards*, No. 13, pp. 115-131. . [In Persian]
 19. Kaviany, MR; Alijani, B. (2007), "Principles of Climatology", the publisher, Tehran, p. 577 [In Persian].
 20. Khosh Akhlagh, Faramarz; Mohammadi; Hossein; Shamsipour; Ali Akbar; Khudzani, Asghar (2012); "A Study on the Prevalence of Global Predatory Hail in the Northwest of Iran", *Geography and Environmental Risks*, No. 2, pp. 55-69 [In Persian].
 21. Lashkari, Hassan; Amini, Mitra (2009); "Analysis and Surveying of Hailstorms in Khorasan for statistical period 1996-2005"; *Journal of Geography and Planning*, No. 31, pp. 51-108 [In Persian].
 22. Lashkari, Hassan; Pajouh Farshad; Bitar Mohammad (2015), "Analysis of the synoptic of Hailstorms in West of Iran",