

Hail Precipitation Synoptical and Statistical Analysis in North west of Iran (2009-1992)

Zahra Heydari Monfared  ¹ | Seysd Hossein Mirmousavi  ²

1. Doctoral student of hydrology and meteorology, University of Zanjan
2. Associate Professor, Faculty member of University of Zanjan

Article Info:

Article type:
Research Article

history:
Received:

2023/9/1

Received:
2023/10/7

Accepted:
2023/11/17

Published:
2024/2/4

Keywords:

statistical analysis,
synoptic analysis, hail,
North West

Abstract: Hail and identify areas susceptible to precise information on the time of the determination of damages on living organisms, can be extremely important. In this study by taking the role the surface and atmosphere of the North West, this phenomenon with both statistical methods and synoptic, evaluated in order to predict and control it is safer. For such an analysis, using the software Excel, Spss and Gis Hail frequency codes (27, 90-87, 93, 94, 96 and 99) of the 100 Codes about Group 7(willing weather) 25 synoptic stations, the Statistical analysis was performed and the results map was prepared. Based on the data center Ncep/ Ncar synoptic maps of sea level, 850, 700 and 500 hPa cold wind, wet wind, omega, volubility and job front and with selected software Grads were plotted . The results showed that in addition of local factors such as topography of the area, hailing systems such as west winds have been effected in the highest frequency of south west, south and center of the study area. The most frequency of hail is in March to may with peak raining in April as a result of same factors such as the activities of west winds by very cold weather, the humidity of the Mediterranean and Black sea on the region, the temperature difference between the surface of the earth and high levels associated with cold fronts and rising surface air masses.

Cite this article: Heydari Monfared, Z, Mirmousavi, H (2024). Hail Precipitation Synoptical and Statistical Analysis in North west of Iran (2009-1992). *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(4), 190-220.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





تحلیل آماری و سینوپتیکی بارش تگرگ شمال غرب ایران (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

زهرا حیدری منفرد^۱ | سید حسین میرموسوی^۲

۱. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲. دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۰

بازنگری: ۱۴۰۲/۷/۱۵

پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۲۶

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

تحلیل آماری، تحلیل سینوپتیکی، تگرگ، شمال غرب

چکیده: شناسایی مناطق مستعد بارش تگرگ و اطلاع دقیق از زمان وقوع آن در تعیین خسارات وارده بر زندگی موجودات زنده، می‌تواند اهمیت فوق‌العاده‌ای داشته باشد. در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن نقش عوامل سطحی و جوی شمال غرب کشور، این پدیده را با روش‌های آماری و سینوپتیکی، توأمان مورد ارزیابی قرار داده تا امکان پیش‌بینی و کنترل آن مطمئن‌تر باشد. جهت چنین تحلیلی، با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، Spss و Gis فراوانی وقوع کدهای بارش تگرگ (۲۷، ۹۰-۸۷، ۹۳، ۹۴، ۹۶ و ۹۹) از ۱۰۰ کد گروه هفتم (ww هوای حاضر) ۲۵ ایستگاه سینوپتیکی منطقه، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نقشه نتایج آن تهیه گشت. سپس بر اساس داده‌های مرکز Ncep/Ncar نقشه‌های همدییدی تراز دریا، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال وزش سرد، وزش رطوبتی، اُمگا، چرخندگی و جبهه‌زایی روزهای منتخب در محیط نرم‌افزاری Grads ترسیم شد. نتایج تحقیق نشان داد که در حداکثر بودن فراوانی وقوع پدیده جنوب غرب، جنوب و مرکز منطقه علاوه بر عوامل محلی چون توپوگرافی آن‌ها، محل ورود سیستم‌های بارش‌زای بادهای غربی نیز نقش مؤثری داشته است. همچنین قرارگیری سردچال‌های بادهای غربی همراه با هوای بسیار سرد عرض‌های شمالی، رطوبت دریای مدیترانه و سیاه بر روی منطقه، صعود توده هوای سطح زمین و اختلاف دمای شدید بین سطح زمین (با فرارفت‌های هوای گرم و مرطوب) و ترازهای بالا (با جبهه‌های سرد) منجر گشته که بیش‌ترین فراوانی وقوع تگرگ در ماه مارس تا می با اوج بارش در آوریل باشد.

استناد: حیدری منفرد، زهرا، میرموسوی، سیدحسین. (۱۴۰۲). تحلیل آماری و سینوپتیکی بارش تگرگ شمال غرب ایران (۲۰۰۹-۱۹۹۲). دکترگونی

ها و مخاطرات آب و هوایی، ۳(۴)، ۱۹۰-۲۲۰

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه زنجان.

Homepage: cccd.znu.ac.ir



مقدمه

طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی که محیط زیست را مورد تهاجم خود قرار داده، به مخاطرات ناشی از پدیده‌های افراطی جوی اختصاص دارد. توفان‌های تندرری از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی هستند که هر ساله، علاوه بر نابود کردن مقدار زیادی از محصولات کشاورزی و تأسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی بسیاری در نقاط مختلف دنیا می‌شوند (خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی، ۱۳۸۶، ۱۰۲). یکی از پدیده‌های در ارتباط با توفان‌های تندرری، پدیده تگرگ می‌باشد. زیان‌های ناشی از تگرگ گاهی اوقات از زیان‌های ناشی از گردبادها و توفان‌ها نیز بیش‌تر بوده و اکثر این زیان‌ها در بخش کشاورزی و در اثر صدمه دیدن محصولات کشاورزی هنگام بارش تگرگ می‌باشد (ضیائی اصل، ۱۳۸۸، ۱۲). علیزاده، تگرگ را نتیجه وجود تلاطم و جابجایی (همرفت^۱) در ابرها دانسته است که فقط در رابطه با توفان‌های شدید به وجود می‌آید (علیزاده، ۱۳۸۶، ۱۶۲). طی یک بررسی میزان خسارات وارده ناشی از پدیده‌ی تگرگ در آمریکا (۱۳ و ۱۴ آوریل

۲۰۰۶)، ۱/۸۲۲ میلیارد دلار برآورد شده است (Changnon, 2009; 161). نیاز انسان برای زیستن در محیطی که گاهی خشم عوامل طبیعی آن، زندگی او را با خطر مواجه می‌سازد، او را وادار می‌سازد که عوامل، عناصر و نیروهای طبیعت را دقیقاً بشناسد و به نحوی متعادل با آن سازش و یا مقابله کند. امروزه با اطلاع از چگونگی بروز این حوادث و با استفاده از فن آوری‌های پیشرفته می‌توان از میزان خسارات وارده تا حد قابل توجهی کاست. اما قبل از آن بایستی کانون‌های فراوانی رخداد این پدیده‌ها را در سطح کشور شناخت (مصطفی پور، ۱۳۸۷، ۲). به دلیل اهمیت ویژه پدیده تگرگ بر حیات موجودات زنده به ویژه گیاهان و انسان، مطالعات متعددی در سطح جهان و ایران انجام شده است. سیمونوف و گئورگیوف^۲ (۲۰۰۳)، در بررسی ترمودینامیکی و سینوپتیکی ۲۷ مورد توفان‌های تگرگ بلغارستان به همراه شاخص‌های ناپایداری آن (۲۰۰۱-۱۹۹۹)، بیان داشته‌اند که میان هوای گرم و مرطوب مدیترانه‌ای به همراه جبهه گرم با هوای سرد و

قرار داده‌اند. نتایج حاصله چنین می‌باشد که در فصل سرد ناپایداری جو باعث ایجاد تگرگ‌های سهمگین می‌شود. در حالی که در ماه‌های گرم، نه تنها ناپایداری حرارتی مکانیزم‌های محرک بوده، بلکه وجود یک ناوه ضعیف نیز بی تأثیر نمی‌باشد. وب و همکاران^۵ (۲۰۰۹)، در تحلیل‌های سینوپتیکی توزیع زمانی- مکانی پدیده تگرگ بریتانیا و ایرلند (۲۰۰۴-۱۹۳۰) بیان داشته‌اند که حداکثر وقایع شدید این پدیده در ماه جولای رخ داده است. هم چنین بالاترین فراوانی قابل توجه، توفان‌های تگرگ (معمولاً با قطر بیش از ۱۵ میلی‌متر) در مرکز و شرق انگلستان با میدلندز شرق و شرق آنجلیا با ریشه‌های سینوپتیکی به وقوع پیوسته است. آرن و همکاران^۶ (۲۰۱۱)، به منظور بررسی الگوهای گردش اتمسفری مرتبط با رویدادهای تگرگ در للیدا-کاتالونیا^۷ طبقه بندی دستی و واقعی با استفاده از تحلیل مجدد فاصله انجام داده و طبقه بندی سینوپتیکی را برای پیش بینی هوا، بسیار مفید

خشک سیستم‌های قطبی تداخل وجود داشته است. سیوتاس و فلوکاس^۱ (۲۰۰۳)، گردش جوی همدیدی را طی روزهای همراه با تگرگ شمال یونان (۲۰۰۱-۱۹۶۷) در فصل گرم مورد بررسی قرار داده‌اند. در نتیجه گردش جوی را به ۷ نوع سیستم‌های همدیدی طبقه بندی کرده و بیان داشته‌اند که جریان‌ها و تراف^۲ موج کوتاه جنوب غرب، بیش‌ترین تأثیر در فعالیت توفان تگرگ دارد. میچالیدز و همکاران^۳ (۲۰۰۸)، با استفاده از شرایط ناپایداری جبهه‌ای و یا حرارتی جو، جنبه‌های سینوپتیکی و دینامیکی و ترمودینامیکی ۶۲ رویداد تگرگ شدید را در جزیره قبرس (۲۰۰۵-۱۹۹۶)، مورد مطالعه خود قرار داده‌اند. علاوه بر بررسی نقش مؤثر عوامل سینوپتیکی، به عوامل ناپایداری حرارتی منطقه همگرایی نسیم دریا که سهم محلی در حوادث شدید تگرگ را داشته، اشاره نموده‌اند. در نتیجه وقوع بارش‌های شدید تگرگ شدید را در دو طبقه‌ی، ناپایداری حرارتی و کم فشار^۴ جبهه‌ای

5- Webb, et al

6- Aran, et al

7- Lleida (Catalonia)

1- Sioutas & Flocas

2- Trough

3- Michaelides, et al

4- Depression

دانسته‌اند. در نهایت ۹ الگوی همدید در هر دو طبقه بندی به دست آمده است. مرینو و همکاران^۱ (۲۰۱۳)، با شبیه سازی‌های مدل دینامیکی^۲ WRF ۱۰۰ روز توفان تگرگ در دره ابرو، همچنین با استفاده از شرایط سینوپتیکی منجر به انتقال گرما، برقراری وضعیت‌های متوسط مقیاس در روز توفان تگرگ و تجزیه و تحلیل پارامترهای پیش‌بینی برای حضور تگرگ یک روش توصیفی توفان تندی همراه با تگرگ را در مقیاس‌های مختلف ارائه نموده‌اند. از تحقیقات داخلی نیز می‌توان به چنین مواردی اشاره داشت؛ امینی و همکاران (۱۳۸۲)، با استفاده از نقشه‌های ترازهای مختلف جو، نمودارهای جوشناختی و اطلاعات جو بالای اصفهان به بررسی همدید- ترمودینامیکی بارش تگرگ در استان اصفهان پرداخته‌اند. حاج بابایی و همکاران (۱۳۸۴)، به تحلیل سینوپتیکی و دینامیکی یک مورد تگرگ در مورخه ۲۶ اکتبر ۱۹۹۰ پرداخته و ضمن اینکه شمال غرب و غرب کشور را به عنوان منطقه‌ای با بیش‌ترین فراوانی ریزش تگرگ معرفی

نموده‌اند، علت اصلی این پدیده را وجود رطوبت کافی و صعود توده‌های هوا دانسته‌اند. قربانی (۱۳۸۵)، در بررسی‌های سینوپتیکی تحقیق خود، پدیده تگرگ را ناشی از ناپایداری همرفتی توده هوا و یا بر اثر عبور جبهه سرد دانسته است. نیز فعالیت مرکز پر فشار سرد و ریزش هوای سرد به لایه‌های جو در شمال غرب کشور و وجود کم فشار جنوبی در لایه زیرین جو که جریانات گرم و مرطوب عربستان را به منطقه وارد می‌کند را دلیلی بر ایجاد بارش تگرگ و باران‌های سیل آسا معرفی نموده است. صلاحی (۱۳۸۹)، در بررسی ویژگی‌های آماری و سینوپتیکی توفان‌های تندی استان اردبیل بیان نموده‌اند که در ایستگاه‌های سینوپتیک اردبیل، مشکین شهر و خلخال، بیش‌ترین فراوانی وقوع توفان‌های تندی متعلق به ماه می و در ایستگاه‌های سینوپتیک پارس آباد، متعلق به ماه ژوئن بوده است. لشکری و امینی (۱۳۸۹)، در تحلیل سینوپتیک و پهنه بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ (۲۰۰۵-۱۹۹۶)، با فواصل زمانی ۳ ساعته، با استفاده از نرم افزار Arc

1- Merino, et al

2- Weather Research and Forecasting (WRF)

استان اتفاق می‌افتد. خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از داده‌های NCEP/NCAR³ و ۱۶ ایستگاه همدید شمال غرب ایران (۱۹۸۷-۲۰۰۹)، در شناسایی الگوهای سینوپتیکی و تعیین آستانه‌های کمیت‌های دینامیکی و ترمودینامیکی منجر به بارش تگرگ، نشان داده‌اند که با عقب نشینی مراکز پرفشار آזור به سمت غرب منطقه، سیبری به سمت شرق منطقه و جنب حاره‌ای به سمت شمال عربستان و حرکت مراکز کم فشار ایسلند به سمت شرق و جنوب منطقه و کم فشارهای دریای سرخ به سمت بین النهرین، شرایط مناسبی برای ایجاد بارش شدید تگرگ فراهم می‌گردد. امیدوار و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی و تحلیل سینوپتیکی سه رخداد تگرگ شدید در استان فارس (۱۳۸۵-۱۳۸۸)، بیان داشته‌اند که هر سه دوره‌ی انتخابی ریزش تگرگ در فروردین ماه و در اثر تشکیل و تقویت کم‌فشار بریده (سردچال) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال

¹Gis، اشاره داشته‌اند که بارش تگرگ به ترتیب در شمال غرب، شمال و سپس جنوب منطقه مطالعاتی حداکثر فراوانی را داشته و کم‌ترین فراوانی مربوط به شرق منطقه است. در حداکثر بودن فراوانی وقوع در نواحی ذکر شده علاوه بر ارتفاع زیاد آن‌ها از سطح دریا، محل ورود سیستم‌های همراه با بارش تگرگ نقش مؤثری داشته است. شایسته (۱۳۹۱)، نیز در تحقیق سینوپتیکی بارش تگرگ در استان کرمانشاه بیان داشته؛ که قرارگیری سردچال جوی^۲ یا تراف بسیار عمیق و رطوبت دریای مدیترانه بر روی منطقه در فاصله‌ی ماه‌های اکتبر تا اواسط ژوئن و نیز اختلاف دمای شدید بین سطح زمین و ترازهای بالا، صعود توده هوای سطح زمین و شکل‌گیری ابرهای کومولونیمبوس؛ منجر گشته که بیش‌ترین فراوانی وقوع تگرگ در ماه مارس تا اواخر می، به خصوص در فصل بهار به وقوع بپیوندد. هم‌چنین فراوانی وقوع تگرگ در ماه آوریل در شرق و غرب استان بیش‌تر از سایر قسمت‌های

3- National centers for environmental prediction/ national center for atmospheric research (NCEP/NCAR)

1-Geography Information System (GIS 10)

2- Cut-off low

و ایجاد کم‌فشار و ناپایداری در سطح دریا بوده است.

با وجود این مطالعات؛ همواره شاهد حوادث غیر پیش بینی بارش تگرگ در سطح جهان می‌باشیم! پس نیاز و ضرورت مبرم وجود دارد که تحقیقات دقیق و جامع‌تر صورت پذیرد. در توصیف مخاطرات طبیعی مثل پدیده تگرگ تحلیل‌های آماری می‌تواند نقش بسزایی داشته و با شناسایی شرایط وقوع یک پدیده می‌توان شرایط ویژه آب و هوایی در هنگام وقوع پدیده را بررسی نمود. همان‌طور که در بررسی‌های پیشینه تحقیقات مشاهده می‌شود، پژوهش‌های سینوپتیکی پدیده تگرگ در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققین قرار داشته است. تجزیه و تحلیل‌های آماری به همراه این نوع بررسی‌ها به در نظر داشتن توأم عوامل بیرونی (گردش عمومی جو) و درونی (محلی) مؤثر بر پدیده تگرگ، منجر خواهد شد و نهایتاً نتیجه حاصل شده قابل اطمینان و معتبرتر خواهد بود. بدین ترتیب بر اساس نمونه‌های مشاهدات، در زمان‌های وقوع یک پدیده در یک مکان تعیین شده می‌توان پایه اصلی برای تحقیقات در زمینه آن پدیده

را فراهم ساخت. بنابراین برای به دست آوردن یک دید کلی از توزیع بارش تگرگ در شمال غرب کشور و بررسی تفاوت بخش‌های مختلف منطقه از نظر این نوع بارش بهتر دیده شد، که در یک دوره آماری طولانی و قابل قبول بارش‌های واقع شده در بخش‌های مستعد منطقه با تحلیل‌های آماری و سینوپتیکی مورد مطالعه قرار گرفته شود. تا بتوان علت تفاوت احتمالی مناطق مختلف و شرایطی که تحت آن این بارش به وقوع پیوسته شناسایی و معرفی گردد. به عبارت دیگر بتوان پاسخ چنین سوالاتی را داد که، آیا کانون‌های اصلی بارش تگرگ در منطقه شمال غرب ایران از ویژگی‌های خاصی نسبت به سایر نواحی برخوردار می‌باشند؟ و نیز آیا شرایط جو بالا در شمال غرب ایران، می‌تواند مهم‌ترین عامل رخداد بارش تگرگ باشد؟

۱. داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش، آمار مربوط به بارش تگرگ در ۲۵ ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک شمال غرب (شکل ۱)، با فاصله زمانی ۳ ساعته از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. از بین ۱۰۰

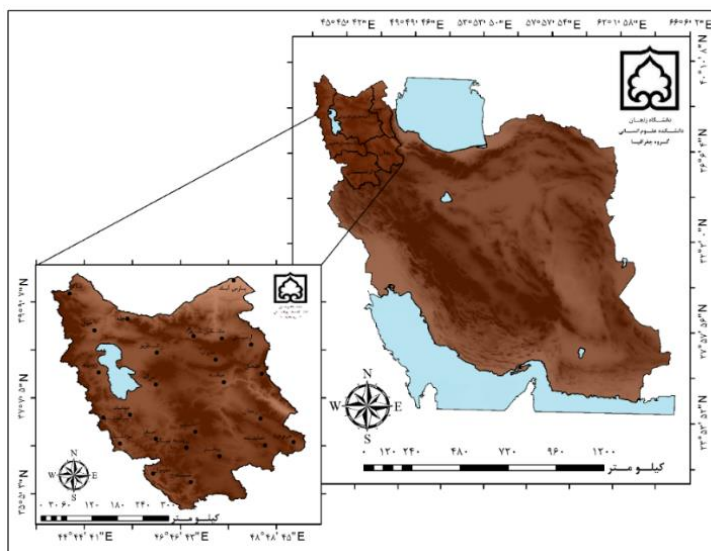
کد مربوط به گروه هفتم WW برای توفان تگرگ، کدهای شماره (۲۷، ۹۰-۸۷، ۹۳، ۹۴، ۹۶ و ۹۹) انتخاب شده که انواع مختلف بارش تگرگ با شدت‌های متفاوت را در بر دارد (جدول ۱). طی دوره آماری مورد بررسی (۲۰۰۹-۱۹۹۲)، ۴۶۹ روز، پدیده‌ی تگرگ در بخش‌های مختلف منطقه به وقوع پیوسته است. ۳۶۵ مورد از این تگرگ‌ها در یک روز خاص فقط در یکی از ایستگاه‌های مورد بررسی اتفاق افتاده است. ۸۷ مورد دیگر در یک روز خاص، در دو ایستگاه و ۱۹ مورد نیز در یک روز خاص، در سه ایستگاه به طور همزمان به وقوع پیوسته است. همچنین ۵ مورد دیگر از بارش تگرگ، در یک روز چهار ایستگاه را در بر داشته است و دو مورد دیگر از بارش‌های تگرگ هر کدام در روز خاصی، پنج و شش ایستگاه را فرا گرفته است. در تمامی این موردها حدود ۷۰ درصد به بالا وقوع تگرگ در ساعات گرمایش سطح زمین (۱۸-۰۹) به وقت گرینویچ (GMT^۱) بوده است. که در این مطالعه به بررسی چند روز منتخب از وقوع این پدیده پرداخته خواهد شد (جدول ۲). به منظور مطالعه

دقیق‌تر داده‌های مورد مطالعه، در دوره‌های ۱۸ ساله (۲۰۰۹-۱۹۹۲)، ۱۲ ساله (۲۰۰۹-۱۹۹۸) و ۶ ساله (۲۰۰۹-۲۰۰۴) تقسیم بندی شده‌اند و بارش‌های هر دوره، یک بار بر اساس ماه و یک بار بر اساس ساعت‌های بارش در شبانه روز بررسی شده‌اند. سپس این دوره‌های زمانی با هم مقایسه و تغییرات احتمالی آن‌ها بررسی شده است. همچنین از نرم افزارهای Excel و Spss^۲ برای مرتب نمودن، فراخوانی، تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها استفاده و نتایج حاصل از این بررسی در محیط Gis به نقشه تبدیل شده است. برای بررسی ویژگی‌های مربوط به فشار، دما و باد و نیز شناسایی سیستم‌های چرخندی و جبهه‌های سرد مؤثر در پدیده تگرگ به استخراج و تحلیل سینوپتیکی نقشه‌های سطوح slp، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال جو، با استفاده از داده‌های سایت نوآ پرداخته شده است. در نهایت نیز برای تهیه نقشه‌های سینوپتیکی روزهای منتخب درگیر پدیده تگرگ در سطوح مختلف

2 -Statistical Processor for Social Science

1 -GMT is short for Greenwich mean Time

جو، نرم افزار Grads¹ مورد استفاده
قرار گرفته شده است.



شکل ۱: موقعیت و پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در منطقه شمال غرب کشور

جدول ۱: وضعیت هوای حال (WW)، مربوط به بارش تگرگ

شدت	شرح پدیده	کد مخبره
*	رگبار تگرگ یا تگرگ همراه با باران، طی ساعت گذشته	۲۷
ملایم	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۷

متوسط و یا شدید	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۸
ملایم	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۸۹
متوسط و یا شدید	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	۹۰
ملایم	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	۹۳
متوسط و یا شدید	برف با مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	۹۴
ملایم یا متوسط	رعد و برق توأم با تگرگ	۹۶
شدید	رعد و برق توأم با تگرگ	۹۹

منبع: علیجانی، ۱۳۸۸؛ ۳۵-۳۲

جدول ۲: روزهای منتخب از بارش‌های تگرگ در شمال غرب کشور (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

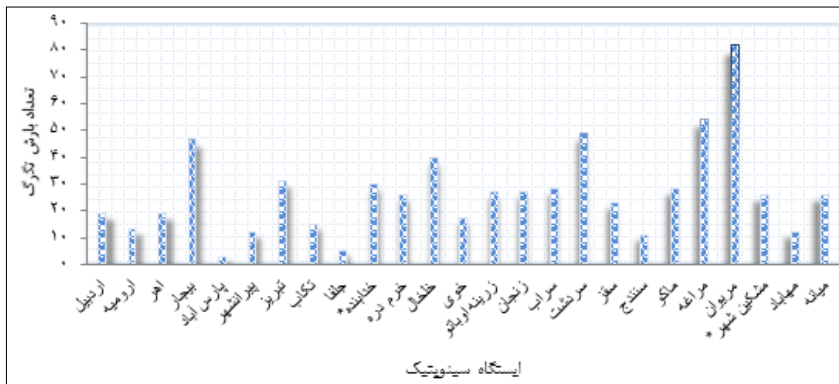
تاریخ	ایستگاه‌های درگیر تگرگ	تاریخ	ایستگاه‌های درگیر تگرگ
۲۹ مارس ۲۰۰۲	بیجار- زرینه اوبانو- زنجان- سراب- مراغه- مشکین شهر	۲۷ آوریل ۲۰۰۳	خرمدره- خلخال- زنجان- سنندج- مهاباد
۱۹ مارس ۱۹۹۸	خرمدره- خلخال- مریوان	۸ آوریل ۱۹۹۳	بیجار- خرمدره- سردشت- مریوان

بیجار- خدابنده- خرمدره- خلخال	۱۶ می ۲۰۰۴	خرمدره- خلخال- سفز	۶ می ۲۰۰۵
ارومیه- سراب	۳ ژوئن ۲۰۰۷	سردشت- مریوان	۸ آوریل ۲۰۰۹
اهر	۳۰ آوریل ۱۹۹۴	خدابنده	۳ آوریل ۲۰۰۲

۲. یافته‌ها و نتایج

در این بخش، ابتدا فراوانی وقوع بارش تگرگ در تمام ایستگاه‌ها بررسی شده و

تعداد کل بارش‌های تگرگ و میانگین سالانه آن برای هر ایستگاه به دست آمده است (شکل ۲).



شکل ۲: تعداد کل بارش تگرگ ۲۳ ایستگاه سینوپتیک شمال غرب کشور^۱ (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

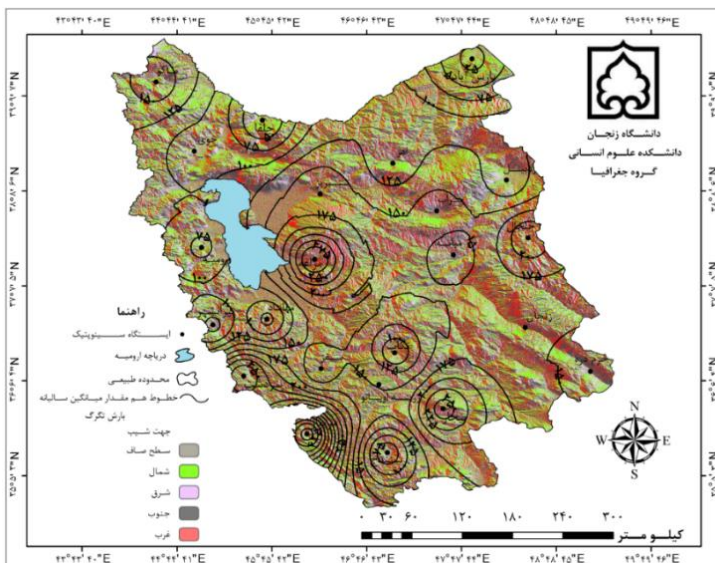
آن‌ها و سپس واقع گشتن در دامنه‌های غربی و نیز در مسیر سیستم‌های کم فشار که اکثراً در روی دریای مدیترانه شکل گرفته‌اند، است. تأمین رطوبت کافی در این نقاط توسط این سیستم‌ها به همراه دریاچه ارومیه و ارتفاع بالا (بیش تر از ۱۲۶۰ متر) و در نتیجه پایین بودن نسبی تراز یخبندان منجر به ایجاد

در شکل ۳، نیز میانگین سالیانه بارش تگرگ، به صورت خطوط هم مقدار با فواصل ۲۵ درصد رسم شده است. چنانچه در این شکل مشاهده می‌شود چهار ایستگاه مریوان، مراغه، سردشت و بیجار دارای حداکثر بارش تگرگ در منطقه هستند. علت وقوع بیشینه بارش در این ایستگاه‌ها ابتدا کوهستانی بودن

۱ - در محاسبات به دلیل کمبود داده آماری، دوره آماری ایستگاه خدابنده، ۱۶ سال (۱۹۹۴-۲۰۰۹) و مشکین شهر، ۱۵ سال (۱۹۹۵-۲۰۰۹) در نظر گرفته شده است.

مشاهده می‌شود ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های غربی مراکز بیشینه و ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های شرقی به مانند سنندج، پیرانشهر و مهاباد، مراکز کمینه بارش تگرگ را در منطقه ایجاد نموده‌اند. بدین ترتیب نقش تأثیر بادهای غربی بر دامنه‌های غربی آشکار بوده است.

توفان‌های تندری و نهایتاً بارش تگرگ می‌شوند. در این نقاط شیب خطوط بسیار شدید است و نشان دهنده تفاوت زیاد در مقدار بارش تگرگ در این نقاط می‌باشد. کم‌ترین مقدار بارش تگرگ در ایستگاه‌های پارس آباد و جلفا در بخش‌های شمالی و شمال شرقی منطقه است. همان طور که در این شکل



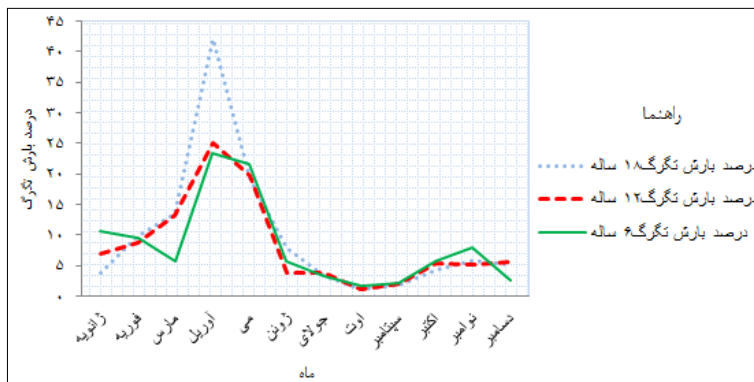
شکل ۳: نقشه خطوط هم ارزش میانگین سالیانه بارش تگرگ در شمال غرب (۲۰۰۹-۱۹۹۲).

۶ ساله بیش‌ترین تعداد بارش در ماه‌های آوریل و می (تقریباً به طور یکسان) و بعد از آن ماه ژانویه بوده است. این مطلب نشان می‌دهد که در دوره آخر، مقدار بارش تگرگ در ماه‌های سرد سال نیز افزایش داشته است. در هر سه دوره مورد مطالعه در ماه‌های اوت و

برای سهولت اعداد صد برابر شده‌اند. بر اساس شکل ۴، نیز در هر دو دوره‌ی آماری ۱۸ و ۱۲ ساله بیش‌ترین تعداد بارش در ماه‌های آوریل و می و پس از آن در ماه مارس (با تفاوت قابل ملاحظه‌ایی نسبت به ماه‌های آوریل و می) بوده است؛ در حالی که در دوره‌ی

در هر دوره افزایش نسبی وجود داشته است، به طوری که بارش تگرگ در ماه ژانویه دوره‌ی اخیر افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. با مقایسه درصد بارش تگرگ در هر سه دوره، در می‌یابیم که به طور کلی تعداد بارش تگرگ در ماه آوریل در هر سه دوره مورد مطالعه درصد بالایی را نسبت به سایر ماه‌ها داشته است. که این درصد در دوره اول (۲۰۰۹-۱۹۹۲) نسبت به دوره‌های بعدتر جهش قابل ملاحظه‌ایی را داشته است. در دوره سوم بارش در ماه مارس کاهش و در ماه ژانویه افزایش داشته است. تعداد بارش در سایر ماه‌ها تغییرات چندانی نداشته است.

سپتامبر پدیده تگرگ کم‌ترین فراوانی وقوع را داشته است. بارش در ماه می در هر دوره نسبت به دوره قبلی کمی افزایش داشته است. در ماه آوریل و مارس مقدار بارش در دوره اول بیش‌تر بوده است و در دوره‌های بعد کم شده‌اند. درصد بارش تگرگ در ماه آوریل در دوره دوم (۲۰۰۹-۱۹۹۸) نسبت به دوره اول (۲۰۰۹-۱۹۹۲) کاهش چشم‌گیری داشته و این کاهش در دوره سوم (۲۰۰۹-۲۰۰۴) نسبت به دوره قبل کم‌تر بوده است. این موضوع در ماه مارس برعکس بوده است. کاهش بارش در دوره اول و دوم این ماه کم بوده، ولی در دوره سوم این کاهش چشم‌گیرتر بوده است. در ماه ژانویه نیز



شکل ۴: مقایسه درصد ماهانه بارش تگرگ در دوره‌های زمانی ۱۸ و ۱۲ و ۶ ساله (۱۹۹۲-۲۰۰۹)

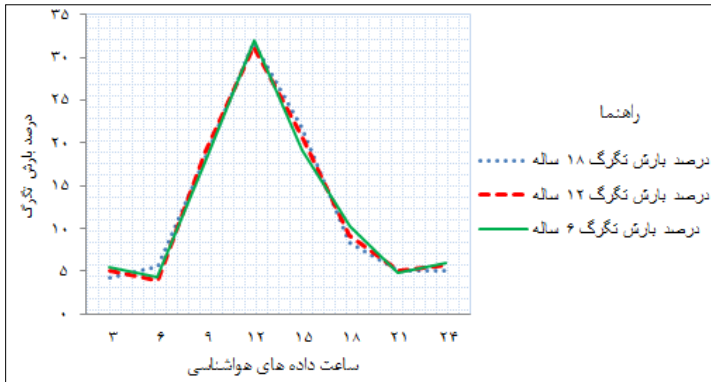
زنجان، سردشت، سقز، سنندج، مراغه و مریوان در هر سه دوره در ماه‌های آوریل

تعداد بارش تگرگ برای ایستگاه‌های بیجار، پیرانشهر، تبریز، زرینه اوباتو،

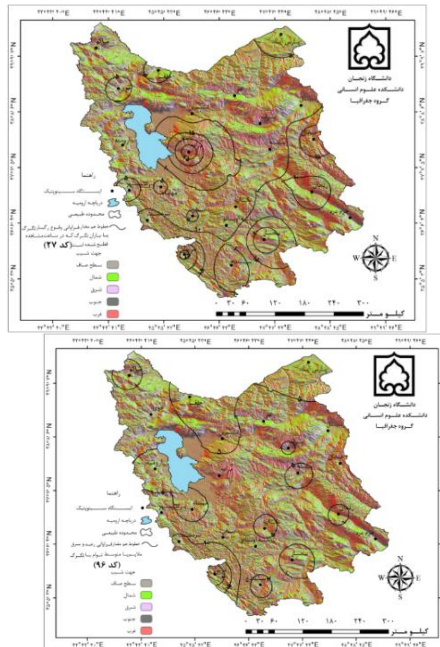
و می کاهش داشته است. با این تفاوت که بارش ایستگاه زرینه اوباتو در ماه ژانویه طی دوره اخیر (۲۰۰۹-۲۰۰۴) افزایش قابل چشمگیری نسبت به سایر ایستگاهها داشته است. ایستگاه مریوان در هر سه دوره مورد مطالعه دارای بالاترین تعداد بارش تگرگ بوده است. کمترین تعداد بارش هر سه دوره نیز مربوط به ایستگاه پارس آباد می باشد. درصد بارش تگرگ در هر دو ایستگاه ذکر شده، در دوره‌ی اخیر افزایش نسبی داشته است. بیشینه بارش در مراغه، سردشت و بیجار در ماه آوریل و می است. که حداکثر هر سه، در ماه آوریل بوده است. در صورتی که بیشینه بارش مریوان از ماه فوریه تا آوریل با حداکثر آن در فوریه است. همچنین در این ایستگاه در ماه دسامبر نیز افزایش نسبی بارش وجود داشته است. در فصل انتقالی سرد (پاییز) فرارفت هوای کاملاً سرد از عرض‌های بالاتر بر روی مناطق گرم جنوبی‌تر باعث صعود لایه‌های زیرین و ناپایداری می شود. البته به علت کم‌تر بودن رطوبت هوای پاییز نسبت به بهار، شدت وقوع توفان در فصل پاییز به مراتب از فصل بهار کم‌تر است (لشکری و امینی، ۱۳۸۹، ۵۸). با توجه به شکل

۵، به دلیل فراهم گشتن شرایط ناپایدار با آغاز گرمایش سطح زمین در هر سه دوره‌ی زمانی، بیشینه بارش بین ساعات ۰۹ تا ۱۵ به وقت گرینویچ قرار دارد. همچنین اوج بارش‌ها در هر سه دوره، ساعت ۱۲ بوده است. با وجود تغییرات نسبی در میزان درصد بارش در هر دوره و برای هر ساعت، جمع درصد بارش در این ساعت‌ها برای هر سه دوره‌ی زمانی تقریباً ثابت مانده است. برای نمونه، بارش تگرگ دوره‌ی سوم (۲۰۰۹-۲۰۰۴) در ساعت ۱۵ کاهش قابل توجه و در ساعت‌های ۱۲ و ۱۸ افزایش داشته با این وجود جمع درصد بارش این ساعت‌ها در دوره‌ی اول: ۶۱/۸ درصد، دوره‌ی دوم: ۶۱/۳ درصد و دوره‌ی سوم: ۶۱/۳ درصد بوده است. بین ساعت‌های ۲۱ تا ۰۳، درصد بارش در هر سه دوره افزایش نسبی نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از توفان‌های شبانه باشد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بارش تگرگ در ساعت‌های مختلف در هر سه دوره تغییرات فاحشی نداشته است. طبق گزارش هواشناسی کشور رخ دادن تگرگ یا باران تگرگ که در ساعت مشاهده قطع شده (کد ۲۷) دارای بالاترین فراوانی این نوع بارش در هر

چهار ایستگاه دارای حدکثر بارش بوده، سپس رعد و برق ملایم یا متوسط توأم با تگرگ (کد ۹۶) دارای فراوانی بالایی بین سایر نوع بارش تگرگ بوده است (شکل ۶).



شکل ۵: مقایسه درصدهای بارش تگرگ با دوره های آماری ۶، ۱۲ و ۱۸ ساله (۲۰۰۹-۱۹۹۲)



شکل ۶: نقشه مقایسه خطوط هم مقدار فراوانی بارش تگرگ با کدهای ۲۷ و ۹۶ داده های هواشناسی (۲۰۰۹-۱۹۹۲)

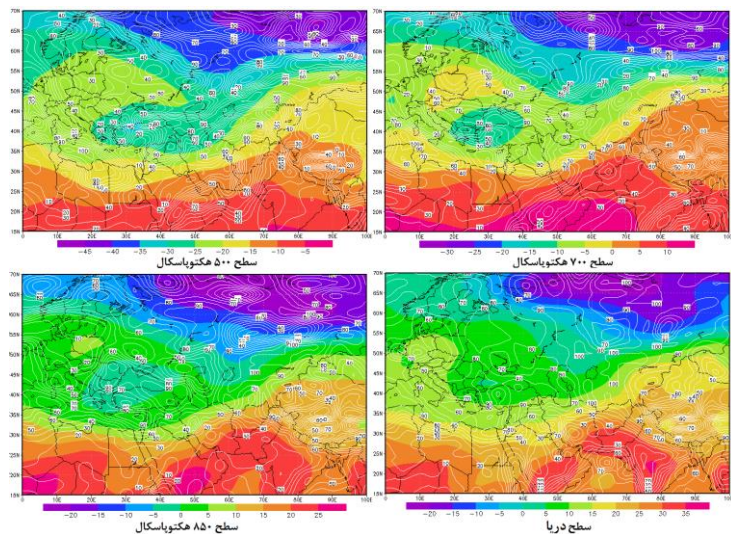
همان طور که در شکل فوق مشاهده می‌شود ایستگاه‌های مراغه سپس مریوان و بیجار دارای فراوانی بالایی از رگبار تگرگ یا باران و تگرگ (کد ۲۷) بوده است. در حالی که تعداد وقوع پدیده رعد و برق توأم با تگرگ (کد ۹۶) در مریوان بالا بوده است. در بررسی سینوپتیکی بارش تگرگ در منطقه، یک نمونه از بارش فراگیر تگرگ را به شکل مفصل بیان نموده و نتایج سایر روزهای وقوع پدیده را به اختصار بیان خواهد شد. در روز ۲۹ مارس سال ۲۰۰۲، بارش تگرگ و رعد و برق توأم با تگرگ (ملایم یا متوسط) در ایستگاه‌های بیجار، زرینه اوباتو، زنجان، سراب، مراغه و مشکین شهر در ساعت ۹ الی ۱۲ گزارش شده است. طبق شکل ۷ در کلیه ترازهای مورد نظر مهم‌ترین منبع رطوبتی منطقه دریای مدیترانه و سیاه بوده است. در این روز نیز فرود و فرازهای پهنه‌های هم‌دما معمولاً از فرود و فرازهای نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل همان سطح و همان محدوده‌ی مورد مطالعه پیروی می‌کنند (شکل ۱۱). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال فرود عمیقی با امتداد شمال غربی-جنوب شرقی بر روی دریاهای خزر، سیاه و مدیترانه

وجود داشته است. سرد چال جوی با پهنه‌ی هم‌دمای بسته ۳۵- تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد در جنوب دریای سیاه و شمال ترکیه تشکیل شده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بریده کم فشار با پهنه هم‌دمایی بسته ۲۰- تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد در محدوده گسترده‌تری شکل گرفته، به طوری که دریای سیاه و شمال دریای مدیترانه را فرا گرفته است. زیانه این سردچال در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به سمت غرب کشیده شده است. ناوه دمایی ایجاد شده در ترازهای مختلف، موجب انتقال سرما به عرض‌های پایین‌تر، تضاد حرارتی و در نتیجه ناپایداری و بارش در منطقه گردیده است. با در نظر گرفتن شکل ۸؛ در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بلوکینگ بریده‌ی کم فشار با هسته سرد بر روی دریای سیاه شکل گرفته شده است. جریان‌ات پیرامون کم فشار که به سرعت در حال چرخیدن بوده منجر به ناپایداری جو، بارش، هوای ابری و مرطوب در منطقه تحت تصرف شده است. با توجه به شکل ۹، مناطقی از کشور که در محدوده‌ی استقرار مرکز پرفشار بوده، یک نزول گسترده (مقادیر مثبت) را در ترازهای فوقانی جو تجربه

می‌کنند. بیشینه این نزول به $0/2$ پاسکال بر ثانیه بالغ می‌گردد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال سرعت قائم منفی (بالا سو) با بیشینه $0/05$ - پاسکال بر ثانیه شمال غرب کشور را تحت تأثیر قرار داده است. در تحلیل نقشه‌های جبهه‌زایی هوا (شکل ۱۰)، با توجه به جهت وزش باد نشان داد که در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بیش‌ترین جبهه‌های سرد مؤثر بر منطقه، بر روی شمال غرب کشور، قفقاز و جنوب دریای خزر مستقر هستند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال جبهه‌های مستقر بر شمال غرب کشور، شمال ترکیه، دریای سیاه و دریای مدیترانه شمال غرب ایران را دچار اختلاف دمایی نموده است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال غرب عراق، شمال دریای سیاه و دریای مدیترانه بیش‌ترین جبهه‌زایی سرد مؤثر بر منطقه را دارند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به طور کلی سراسر دریای سیاه، دریای مدیترانه، شرق ترکیه و شمال غرب عراق بیش‌ترین تعداد جبهه‌زایی هستند. شکل ۱۱ مسیر جریان و ریزش رطوبت به شمال غرب ایران را نشان می‌دهد. در تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال وزش باد عامل انتقال رطوبت از دریای سیاه و

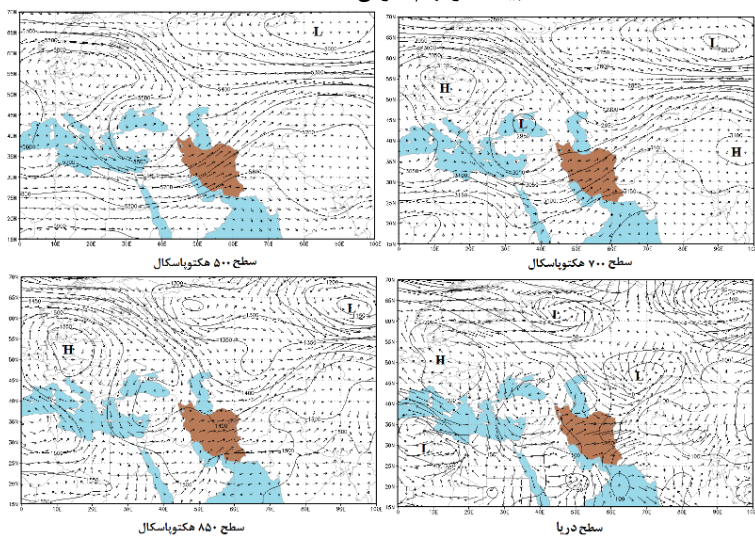
مدیترانه به سمت منطقه بوده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال رطوبت از شرق دریای مدیترانه وارد منطقه شده است. تحلیل نقشه‌های همیدید مربوط به وضعیت میانگین ارتفاع ژئوپتانسیل جو در ترازهای مختلف نشان داد که در زمان رخداد پدیده تگرگ روز مورد نظر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مرکز کم ارتفاع بریده‌ای بر روی دریای سیاه و شمال شرق دریای مدیترانه وجود دارد که زبانه سرد این چرخند به سمت شمال غرب کشور کشیده شده است. این مرکز کم ارتفاع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با کنتور ۵۵۰ ژئوپتانسیل دکامتر بسته شده است. همان گونه که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌شود، وزش دمایی سرد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال موجب ریزش دمای سرد عرض‌های شمالی به منطقه شمال غرب ایران شده و منجر به افت دما گردیده است. در مقابل در ترازهای ۷۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال وزش دمایی مثبت یا گرم باعث گرمایش جو منطقه شده و شرایط لازم برای صعود رطوبت موجود در جو به ترازهای بالاتر را فراهم نموده است. تضاد حرارتی موجود در این روز

می‌تواند ناشی از حضور سیستم سینوپتیکی باشد.



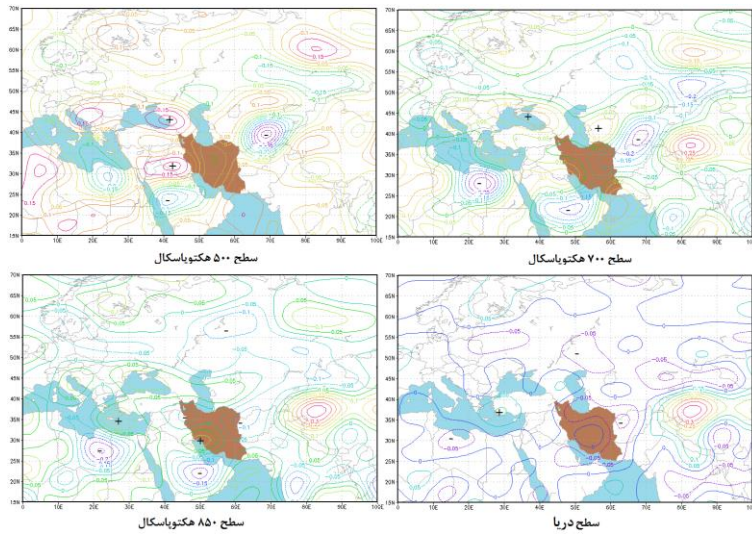
شکل ۷: تلفیق نقشه دما و خطوط هم‌ارزش رطوبت نسبی در سطوح مختلف جو، ساعت ۱۲، روز

بیست و نهم مارس ۲۰۰۲



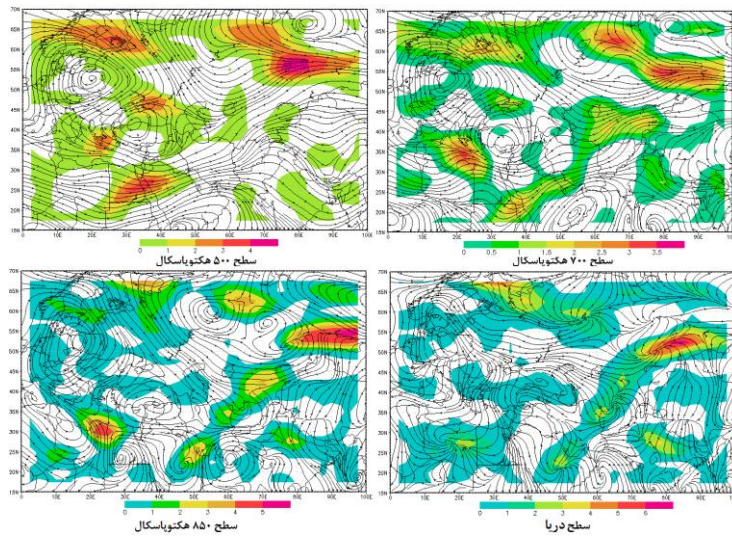
شکل ۸: نمونه‌هایی از سامانه‌های بلوکی‌نگ در سطوح مختلف جو، ساعت ۱۲، روز بیست و نهم

مارس ۲۰۰۲

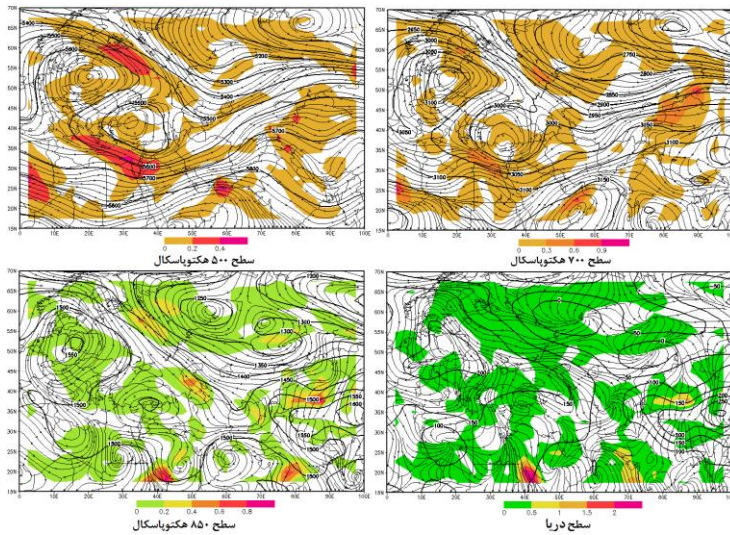


شکل ۹: نقشه سرعت قائم هوا (أمگا) در سطوح مختلف جو، ساعت ۱۲، روز بیست و نهم مارس

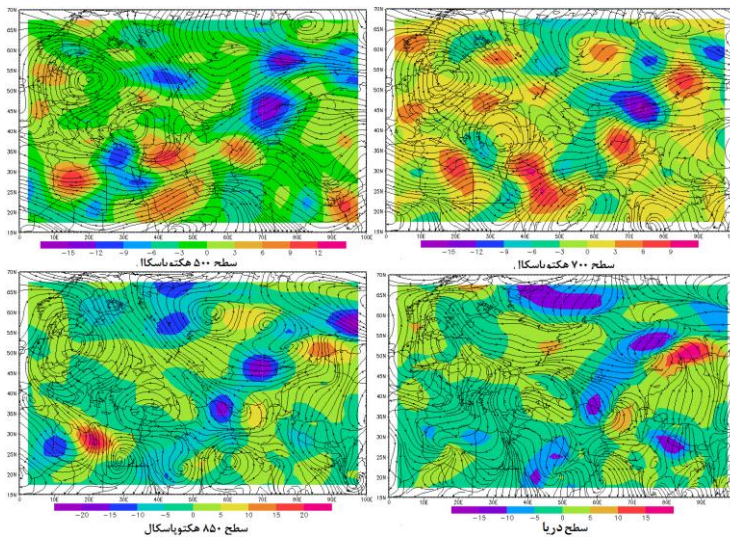
۲۰۰۲



شکل ۱۰: نقشه جبهه‌زایی در سطوح مختلف جو در ساعت ۱۲، روز بیست و نهم مارس ۲۰۰۲



شکل ۱۱: تلفیق نقشه وزش رطوبتی و خطوط هم‌ارزش ارتفاع ژئوپتانسیل (خطوط ضخیم) در سطوح مختلف جو، ساعت ۱۲، روز بیست و نهم مارس ۲۰۰۲



شکل ۱۲: نقشه وزش دمایی در سطوح مختلف جو، ساعت ۱۲، روز بیست و نهم مارس ۲۰۰۲

۱۳). در روز ۸ آوریل سال ۱۹۹۳ هسته‌ی پرفشاری (۱۰۳۰ هکتوپاسکال) در سیبری شکل گرفته است. زبانه‌هایی از این پرفشار تا

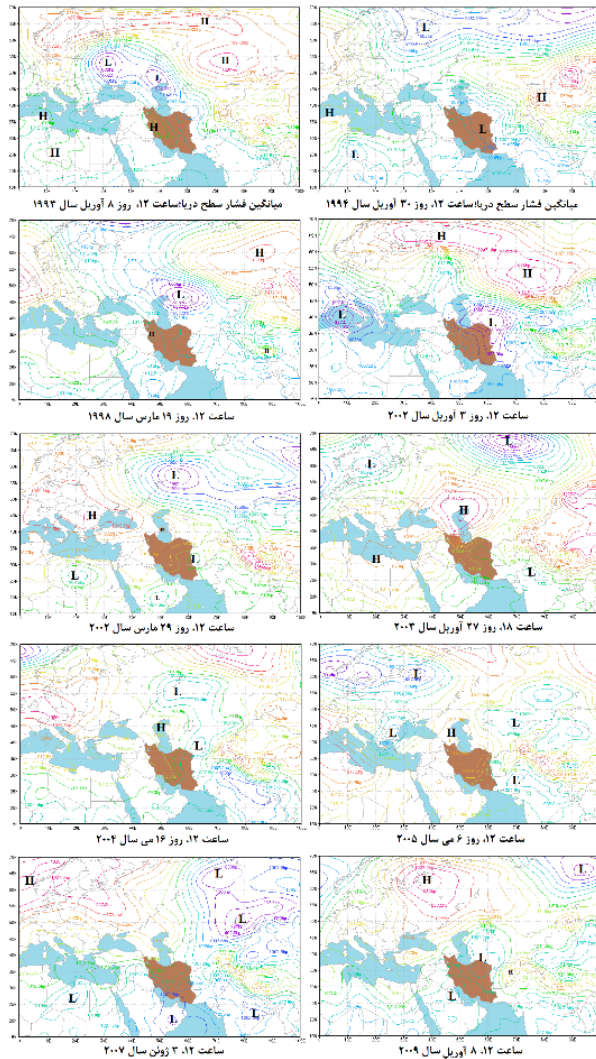
همچنین در این تحقیق فشار سطح دریای ده روز منتخب (با تأکید بر روزه‌های ماه آوریل)، از روزهای تگرگی منطقه، مورد توجه قرار گرفت (شکل

مدیترانه امتداد داشته و به سمت شرق آن حرکت نموده که بخش‌های غرب و شمال غرب ایران را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است. در اوایل ماه آوریل پرفشارهای قطبی شروع به پسروری به عرض‌های بالاتر نموده و فعالیت بادهای غربی منطقه را تحت کنترل خود قرار داده است. کم فشارهای ناشی از این سیستم با دو هسته، یکی در شمال دریای خزر و دیگری در شمال دریای سیاه هر دو با مرکز کم فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود. که در خطوط هم فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال این مراکز کم فشار با هم ادغام شده و به سمت ایران زبانه‌هایی را گسترش داده‌اند. در روز ۳۰ آوریل سال ۱۹۹۴، با شروع فصل گرم، ایران بیش‌تر تحت تأثیر فعالیت کم فشار گنگ بوده است. یک سیستم پرفشاری محلی در دریای مدیترانه تشکیل شده است. پرفشار قطبی کاملاً از منطقه خارج شده و زبانه‌هایی از کم فشار ناشی از فعالیت بادهای غربی به عرض‌های پایین انتقال یافته است. در روز ۱۹ مارس سال ۱۹۹۸، مناطق عرض‌های پایین تحت کنترل فعالیت بادهای غربی با هسته‌ی کم فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال و پرفشار

قطبی بوده است. روز ۳ آوریل سال ۲۰۰۲، بر روی دریای مدیترانه که محل سیکلون‌زایی نیز بوده یک چرخندی با هسته کم فشار ۹۹۷/۵ هکتوپاسکال در بستر فرودهای بادهای غربی شکل گرفته است. این سیستم مانع پیش روی پرفشار قوی سبیری (۱۰۳۵ هکتوپاسکال) بوده است. در روز ۲۹ مارس سال ۲۰۰۲، با شروع فعالیت‌های پرفشار جنب حاره، فعالیت سیستم‌های پرفشار قطبی و کم فشار بادهای غربی محدود به عرض‌های فوقانی بوده است. در زمان انتقال به فصول گرم به دلیل تضاد حرارتی بین خشکی‌ها و آب‌های مدیترانه پرفشار مستقر در این محدوده تقویت یافته و منجر به وزش باد شمالی- سرد در شمال غرب ایران شده است. پیشروی پرفشار جنب حاره در ۲۷ آوریل سال ۲۰۰۳، موجب عقب نشینی سیستم‌های کم‌فشار بادهای غربی شده است. با حرکت به سمت دوره گرم سال اختلاف دما، بین آب‌های دریای خزر و خشکی‌های عرض‌های فوقانی موجب تشکیل و تقویت پرفشار دریای خزر می‌باشد. در روز ۱۶ می سال ۲۰۰۴، سیستم پرفشاری در اروپا شکل گرفته که زبانه‌هایی از آن دریای

گسترده شده که بادهای سرد شمالی را وارد منطقه نموده است. در ۸ آوریل سال ۲۰۰۹، زبانه پرفشار قطبی بر روی دریای سیاه مستقر گشته و با تداوم ریزش هوای سرد بر مدیترانه و دریای سرخ رطوبت کافی را جذب نموده و سبب قوت یافتن ناپایداری‌ها در منطقه شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد در روزهای مورد مطالعه همراه با بارش تگرگ؛ همزمان دو سیستم پرفشار و کم فشار وارد منطقه مورد مطالعه می‌شوند. اگر این سیستم‌ها دارای ساختار ترمودینامیکی مناسب باشند؛ یعنی ناپایداری آن‌ها زیاد باشد، با داشتن رطوبت و گرمای مناسب، بارش ایجاد می‌کنند. عامل مهم در افزایش بارش‌های سیستم‌های ورودی به منطقه، هماهنگی بین سیستم‌های کم فشار و پرفشار در زمان معین است (امیدوار، ۱۳۸۶، ۹۴).

مدیترانه را فراگرفته است؛ در اطراف این سیستم پرفشار جریان باد شدیدی وجود داشته که منجر به انتقال هوای سرد عرض‌های شمالی به سمت شرق خود شده است. در روز ۶ می ۲۰۰۵، یک سیستم پرفشار خفیفی محلی در جنوب غربی دریای خزر شکل گرفته است. زبانه‌هایی از کم فشار جنب قطبی به سمت مدیترانه گسترش یافته و در غرب دریای سیاه و شمال مدیترانه یک سیستم چرخندی با هسته کم فشار ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شکل گرفته است. این کم فشار ناپایداری و بارش‌هایی در سمت راست خود ایجاد می‌نماید. در روز ۳ ژوئن سال ۲۰۰۷، به دلیل گرمایش سطح زمین در این ماه، اکثر خشکی‌ها محل شکل‌گیری سیکلون‌های محلی بوده است. با این وجود زبانه‌هایی از پرفشار قطبی با محور شمال غربی- جنوب شرقی به سمت شمال غرب ایران



شکل ۱۳: نقشه آرایش و توزیع الگوهای فشار سطح زمین در روزهای منتخب

منطقه گسترده شود، جریان‌های کلی جو موجب می‌شود که با یک حرکت ملایم و شیب‌دار، دما و رطوبت به درون سیستم‌های کم فشار نفوذ کرده و در لایه زیرین آن‌ها تغذیه شود. بنابراین طی دوره مورد مطالعه یکی از عوامل

به طوری که اگر همزمانی در انتقال دما و رطوبت از نواحی دریای سیاه، مدیترانه و خزر و گاهاً دریای سرخ به سوی منطقه صورت بگیرد و همزمان با آن کم فشارهای مناسب در شمال غرب وجود داشته باشد و یا زبانه‌هایی از آن به این

چشمگیرتر خواهد بود (اشجعی باشکند، ۱۳۷۹، ۹۳). بررسی انجام شده در روزهای مورد مطالعه نشان داد، که مهم‌ترین منبع رطوبتی برای بارش این روزها دریای مدیترانه و سیاه بوده است. سرعت قائم بالا سو در ترازهای مختلف نشان دهنده‌ی شرایط ناپایداری در منطقه بوده است. قرارگیری بریده‌های کم فشار (سردچال‌ها) ناشی از فعالیت‌های بادهای غربی با فرارفت‌های هوای گرم و مرطوب در سطح زمین و هوای سرد سطوح فوقانی عامل اصلی ناپایداری‌های شدید در شمال غرب کشور بوده است. وزش دمایی سرد یا منفی در ترازهای فوقانی موجب ریزش دمای سرد عرض‌های شمالی به منطقه شده و منجر به اختلاف دمای شدید بین سطح زمین و ترازهای بالا شده که صعود توده هوای سطح زمین را به دنبال داشته است. تشکیل چرخندها با هسته‌های کم فشار بر روی مدیترانه ضمن کسب رطوبت لازم؛ ناپایداری و رطوبت را به سمت منطقه هدایت کرده است. جهت وزش باد از روی جبهه‌های موجود بر روی نقشه‌های مورد بررسی نشانگر نقش برجسته‌تر جبهه‌های سرد روی مدیترانه و سیاه در بارش تگرگ

مهم در وقوع تگرگ، گرادیان فشار شدیدی می‌باشد که بین زبانه‌ی پرفشار و کم فشار گسترش یافته از نواحی مجاور منطقه ایجاد شده است.

در روزهای ۳ آوریل ۲۰۰۲ و ۶ می ۲۰۰۵ سامانه‌های کم فشار بر مدیترانه حاکم شده است. همچنین سردچال‌های تراز بالا در منطقه نفوذ داشته‌اند. طبق گزارش هواشناسی در روزهای مذکور به ترتیب باران تگرگ و نیز رگبار تگرگ ریز، طی ساعات ۹ الی ۱۲ در ایستگاه خدابنده و بارش تگرگ به شکل رعد و برق شدید و نیز باران تگرگی در ایستگاه‌های خرمدره، خلخال و سقز هم زمان در ساعت ۱۲ رخ داده است. در چنین شرایطی به دلیل این که چنین سیستم‌هایی حاوی رطوبت زیاد می‌باشند بیش از سامانه‌های دیگر بر روی بارش‌های منطقه مؤثر بوده‌اند و در مواقعی که سردچال‌های ترازهای بالا در منطقه استقرار طولانی داشته باشند بارش‌ها همراه با تگرگ خواهد بود. به علاوه زمانی که سامانه‌ی کم فشار مدیترانه با سامانه و اچرخند اروپا از روی قفقاز و شمال غرب ایران نفوذ کند، شدیدترین حالت جبهه‌زایی و همگرایی به وجود می‌آید و بارش سامانه

می‌باشد. در دوره‌ی سرد سال ایران زیر سلطه‌ی سیستم‌های پرفشار قرار دارد. این پرفشارها یا توسط بادهای غربی از جاهای دیگر آورده می‌شود که به آنتی سیکلون‌های مهاجر مرسوم هستند و یا اینکه به صورت زبانه‌ای از آنتی سیکلون سبیری به ایران کشیده می‌شوند (علیجانی، ۱۳۸۹، ۸۸). در انتقال به فصول گرم‌تر، در ماه آوریل با وجود شروع عقب نشینی پرفشار سبیری و در سطوح بالاتر بادهای غربی، همچنان در منطقه‌ی مورد مطالعه نفوذ این سیستم‌ها وجود داشته است. به طوری که زبانه‌هایی از پرفشار سبیری، شمال شرق این بخش از کشور را تحت تأثیر خود قرار داده است. طبق بررسی انجام شده اختلاف دمای شدید بین سطح زمین و ترازهای بالا در فاصله‌ی زمانی اواخر ماه‌های مارس تا می (به خصوص ماه آوریل که دارای بالاترین فراوانی وقوع تگرگ بوده)، ناشی از سه عامل عقب نشینی پرفشار قطبی به عرض‌های شمالی، آغاز پیشروی پرفشار جنب حاره به عرض‌های فوقانی و ادامه فعالیت بادهای غربی (همراه با ایجاد و انتقال سردچال‌ها) است. بنابراین در ایجاد شرایط ناپایداری شمال غرب، حضور

یک هسته کم فشار در سطوح بالا و جریان سریع هوای گرم و مرطوب در سطوح پایین مؤثر بوده است. همچنین فعالیت جبهه‌های سرد نیز در بارش بیشینه تگرگ منطقه نقش دارد. این نتایج با یافته‌های تحقیقاتی سیمونوف و گئورگیوف (۲۰۰۳)، میچالیدز و همکاران (۲۰۰۸)، گزارش پژوهشکده هواشناسی (۱۳۸۱)، آسیایی و خزانه‌داری (۱۳۸۶)، لشکری و امینی (۱۳۸۹)، شایسته (۱۳۹۱)، خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۱) و امیدوار و همکاران (۱۳۹۲) هم‌خوانی دارد. یافته‌ی این تحقیق به لحاظ تعیین اولین منطقه با بارش بیشینه تگرگ در قسمت شمال غرب کشور با یافته‌ی گزارش پژوهشکده هواشناسی مطابقت ندارد. دلیل عدم تطابق این بوده که گزارش مربوطه‌ی مورد مطالعه مرکزیت بیشینه‌ی بارش را تبریز بیان کرده در حالی که یافته‌ی این پژوهش نشان از مرکزیت بیشینه‌ی بارش در ایستگاه مریوان بوده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی وضعیت کلی بارش تگرگ در منطقه شمال غرب معلوم شد،

سال اخیر تجربه نموده‌اند. طی مقایسه داده‌های بارش تگرگ در ماه‌های مختلف سال مشخص گردید که ماه‌های آوریل و می در هر دو دوره آماری ۱۸ و ۱۲ ساله بیش‌ترین تعداد بارش را داشته‌اند و ماه مارس (با تفاوت قابل ملاحظه‌ایی نسبت به این دو ماه) بارش نسبتاً خوبی را داشته است. در حالی که در دوره‌ی ۶ ساله ماه ژانویه رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. که نشان دهنده‌ی افزایش بارش تگرگ در ماه‌های سرد سال طی دوره اخیر بوده است. ماه‌های اوت و سپتامبر نیز کم‌ترین فراوانی وقوع تگرگ را در هر سه دوره مورد مطالعه داشته‌اند. به طور کلی در دوره‌ی آماری ۱۸ ساله‌ی مورد بررسی بیش‌ترین تعداد بارش در ماه‌های آوریل و می و پس از آن مارس بوده است. به لحاظ مکانی نیز، ایستگاه مریوان در هر سه دوره مورد مطالعه دارای بالاترین تعداد بارش تگرگ در ماه فوریه بوده است. کم‌ترین تعداد بارش هر سه دوره نیز مربوط به ایستگاه پارس آباد واقع در بخش شمالی منطقه با دامنه‌های شرقی می‌باشد. با این وجود درصد بارش تگرگ در هر دو ایستگاه ذکر شده، در دوره‌ی اخیر افزایش نسبی

که اولین منطقه با بارش بیشینه تگرگ در قسمت جنوب غرب منطقه قرار دارد که مرکز آن مریوان می‌باشد و هر چه از این نقطه دور می‌شویم، فراوانی بارش تگرگ در اطراف کاهش می‌یابد. دومین ایستگاه دارای بارش زیاد تگرگ، در بخش مرکزی منطقه است که مرکز آن مراغه است. بعد از این مناطق، بخش‌هایی از غرب و جنوب منطقه (سردشت و بیجار) نیز دارای فراوانی بارش نسبتاً خوبی بوده و کم‌ترین مقدار فراوانی تگرگ مربوط به قسمت‌های شمالی و شمال شرقی (پارس آباد و جلفا) است. در غرب و جنوب غربی منطقه، کوهستانی بودن مناطق با ارتفاع زیاد (بیش‌تر از ۱۲۶۰ متر) عامل صعود را فراهم می‌کند. علاوه بر آن، در اکثر ایستگاه‌ها رطوبت در حد کافی موجود بوده است، که خود باعث تشدید ناپایداری است.

در بررسی تغییرات احتمالی تعداد بارش و میانگین سالانه آن برای هر ایستگاه در سه دوره‌ی زمانی ۱۸ (۱۹۹۲-۲۰۰۹)، ۱۲ (۱۹۹۸-۲۰۰۹) و ۶ (۲۰۰۴-۲۰۰۹) ساله، نمایان گردید که حدود ۴۰ درصد از ایستگاه‌های منطقه بالاترین فراوانی تگرگ را در ۶

داشته است. چنین شرایطی نمی‌تواند تنها ناشی از عامل محلی توپوگرافی باشد. قرار گیری بخش جنوب غربی منطقه در مسیر ورود بادهای غربی و با فراهم گشتن شرایط مساعد برای ناپایداری جو (ناشی از اثرات اغتشاشات همراه موج‌های غربی) ناپایداری‌های محلی این بخش تشدید یافته و آن را تبدیل به یکی از کانون‌های اصلی وقوع پدیده تگرگ در منطقه کرده است. در بررسی بارش تگرگ در ساعات مختلف شبانه روز نمایان گشت که به دلیل فراهم گشتن شرایط ناپایدار با آغاز گرمایش سطح زمین در هر سه دوره‌ی زمانی، بیشینه بارش بین ساعات ۰۹ تا ۱۵ به وقت گرینویچ قرار دارد. همچنین اوج بارش‌ها در هر سه دوره، ساعت ۱۲ بوده است. در سردشت، مراغه و مریوان (با متوسط دمای سالانه به ترتیب برابر با ۱۴/۱، ۱۰/۵ و ۱۰/۷ درجه سانتی‌گراد) حداکثر بارش از ساعت ۱۲ تا ۱۵ و در بیجار (با متوسط دمای سالانه ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد) از ساعت ۰۹ تا ۱۵ است. جلو افتادن ساعت شدت ناپایداری در بیجار، به دلیل گرم‌تر بودن محل است. در هر سه دوره‌ی زمانی مورد مطالعه بیشینه

بارش مربوط به رگبار تگرگ یا باران تگرگی (کد ۲۷) بوده است. سپس بارش متوسط تگرگ همراه با رعد و برق (کد ۹۶) دارای میزان بارش بالایی می‌باشد. رگبار تگرگ ریز با شدت ملایم (کد ۸۷) سومین رتبه از بارش را به خود اختصاص داده است. کم‌ترین میزان بارش در هر سه دوره مورد مطالعه نیز به رگبار تگرگ ملایم (کد ۸۹) و تگرگ شدید توأم با رعد و برق در ساعت گذشته (کد ۹۴) مربوط می‌شود. نتایج تحلیل همدیدی تحقیق، نشان داد که در حداکثر بودن فراوانی وقوع در نواحی ذکر شده علاوه بر ارتفاع زیاد آن‌ها از سطح دریا، محل ورود سیستم‌های همراه با بارش تگرگ نیز نقش مؤثری داشته است. که محل ورود این سیستم‌ها به منطقه‌ی مطالعاتی بیش‌تر از سمت جنوب غرب محدوده بوده است. در روز بارش تگرگ در ترازهای مختلف جو زبانه‌هایی از چرخندهایی با هسته‌های کم فشار مدیترانه‌ایی همراه با جبهه‌های سرد که دریای مدیترانه و دریای سیاه در تقویت آن نقش داشته‌اند به سمت شمال غرب کشور گسترش یافته‌اند. قرارگیری محورهای فرود بادهای غربی همراه با بریده‌های

کم فشار در این مناطق عامل اصلی ناپایداری‌های شدید و بارش تگرگ در شمال غرب ایران بوده است. بدین صورت که با فرارفت‌های هوای گرم و مرطوب در سطح زمین و هوای سرد سطوح فوقانی همراه با وزش دمایی سرد منجر به اختلاف دمای شدید بین سطح زمین و ترازهای بالا شده که صعود توده هوای سطح زمین و ناپایداری را به دنبال داشته است. با توجه به یافته‌های حاصل از تحلیل همدیدی تحقیق، در فصل انتقالی گرم اختلاف دمای شدید بین سطح زمین و ترازهای بالا عامل ایجاد تگرگ در منطقه بوده است.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

اصفهان، یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران.

منابع

- آسیایی، مهدی و خزانه داری، لیلی، ۱۳۸۶، پهنه بندی بارش تگرگ در ایران و ارائه روش‌های مناسب جهت تعدیل آن، مجله علوم جغرافیای، شماره ۵ و ۶، ۱۷۰-۱۹۴.
- اشجعی باشکند، محمد، ۱۳۷۹، بررسی و ارائه مدل‌های سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، تهران.
- امیدوار، کمال، ۱۳۸۶، بررسی و تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، ۸۱-۹۸.
- امیدوار، کمال، صفرپور، فرشاد و زنگنه اینالو، اسماعیل، ۱۳۹۲، بررسی و تحلیل سینوپتیکی سه رخداد تگرگ شدید در استان فارس، جغرافیا و توسعه، شماره ۳۰، ۱۷۸-۱۵۷.
- امینی، لیل، بهیار، محمدباقر و حاج بابائی، نوید، ۱۳۸۲، بررسی همدمیدی- ترمودینامیکی بارش تگرگ در استان
- حاجی بابایی، نوید، نصیری، آزاده و معزی، مینا، ۱۳۸۴، بررسی سینوپتیکی بارش تگرگ، مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلاای طبیعی و راه کارهای مقابله با آن‌ها، دانشگاه تبریز، تبریز.
- خوش اخلاق، فرامز، محمدی، حسین، شمسی پور، علی اکبر و افتادگان خوزانی، اصغر، ۱۳۹۱، واکاوی همدمید بارش تگرگ فراگیر در شمال غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲، ۶۹-۵۵.
- خوشحال دستجردی، جواد و قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۶، شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی منطقه شمال غرب ایران/ نمونه مطالعاتی: خطر توفان‌های تندری در تبریز، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱۱۵-۱۰۱.
- شایسته، فریاد، ۱۳۹۱، تحلیل سینوپتیک بارش تگرگ در استان کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، تهران.

- صلاحی، برومند، ۱۳۸۹، بررسی ویژگی‌های آماری و سینوپتیکی توفان‌های تندری استان اردبیل، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، ۱۴۱-۱۲۹.
- ضیایی، سید فاضل، ۱۳۸۸، تگرگ و اثرات آن، فصلنامه تخصصی بارش، نشریه داخلی اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۲۵-۱.
- علیجانی، بهلول، ۱۳۸۸، اقلیم شناسی سینوپتیک، تهران، چاپ سوم، انتشارات سمت، ۲۵۷-۱.
- علیجانی، بهلول، ۱۳۸۹، آب و هوای ایران، چاپ دهم، نشر پیام نور، تهران، ۲۲۱-۱.
- علیزاده، امین، ۱۳۸۶، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و یکم، مشهد، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۸۰۷-۱.
- قربانی، اعظم، ۱۳۸۵، تحلیل و بررسی پدیده تگرگ و طبقه بندی ابر با استفاده از RS و GIS در حوضه زاینده رود، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت معلم، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، تهران.
- گزارش پژوهشکده هواشناسی، ۱۳۸۱، تعیین پتانسیل وقوع بلاهای جوی و اقلیمی کشور، گزارش سوم، بررسی وقوع پدیده‌های بهمن، توفان تندری و تگرگ در مناطق مختلف ایران، جلد اول.
- لشکری، حسن و امینی، میترا، ۱۳۸۸، تحلیل سینوپتیک و پهنه بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ برای دوره‌ی آماری (۲۰۰۵-۱۹۹۶)، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، شماره ۳۱، ۵۱-۱۰۸.
- مصطفی پور، طاهر، ۱۳۸۷، توزیع زمانی و مکانی تگرگ در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، تهران.
- Aran, M. Pena, J. C. Tora, M. 2011, Atmospheric circulation patterns associated with hail events in Lleida (Catalonia): Atmospheric research 100, pp. 428-438.
- Changnon, S. A. 2009, Increasing major hail losses in the U.S.: Climatic Change 96, pp.161-166.
- Merino, A. Garcia-Ortega, E. Lopez, L. Sanchez, J. L. and

- 1999-2001 period: synoptic- and meso-scale factors for generation: Atmospheric research 67-68, pp. 629-643.
- Sioutas, M. Meaden, T. Webb, J. D. C. 2009, Hail frequency, distribution and intensity in Northern Greece: Atmospheric research Vol. 93, pp. 526-533.
 - Webb, J. D. C. Elsom, D. M. Meaden, G. T. 2009, Severe hailstorms in Britain and Ireland, a climatological survey and hazard assessment: Atmospheric Research Vol. 93, pp. 587-606.
 - Guerrero-Higuera, A. M. 2013, Synoptic environment, mesoscale configurations and forecast parameters for hailstorms in Southwestern Europe: Atmospheric Research Vol. 122, pp. 183-198.
 - Michaelides, S. Savvidou, K. Orphanou, G. 2008, Synoptic, Thermodynamic and Agro-economic Aspects of Severe Hail Events in Cyprus: Natural Hazards and Earth System Science, 8 (3). pp. 461-471.
 - Simeonov, P. Georgiev, C. G. 2003, Severe Wind/hail storms over Bulgaria in
 -