مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۷، پاییز ۱۳۹۷
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۶
صفحات: ۵۲- ۳۷

تحلیل اقلیم‌شناسی تگرگ در محدوده زاگرس شمالی در فصل رشد گیاهان

مجید رضایی بنفشه[۱*]، سعید جهانبخش اصل[۲]، فاطمه قادری[۳]

چکیده

کشاورزی تنها فعالیتی است که کم‌ترین آسیب را به طبیعت وارد می‌سازد؛ اما از شرایط طبیعی، به ویژه آب و هوا به شدت تأثیر می‌پذیرد. پدیده تگرگ از مهم‌ترین مخاطره‌ی طبیعی است که هر ساله با صدمات به محصولات کشاورزی باعث ناپایداری فعالیت‌های کشت و کار شده است. به همین دلیل بررسی نیازهای اقلیم شناختی گیاهان زراعی، ترویج و به کارگیری کامل دانسته‌های بشری پیرامون فرآیندهای جوی، منجر به بهبود کمی و کیفی محصولات و در نهایت پایداری کشاورزی می‌گردد. بنابراین بررسی جامع در توزیع زمانی– مکانی و شرایط همدیدی این پدیده‌ی مخرب، هدف تحقیق حاضر می‌باشد. به این منظور از داده‌های آماری ۲۳ ساله، ۱۰ ایستگاه سینوپتیکی منطقه (۲۰۱۴-۱۹۹۲) در فصل رشد گیاه (ماه‌های آوریل تا سپتامبر) استفاده و با انتخاب ۴ نمونه از بارش-های شدید تگرگ و نیز داده‌های مرکز NCEP/NCAR نقشه‌های همدیدی تراز دریا ۵۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکالِ وزش سرد، وزش رطوبتی، اُمگا و جبهه‌زایی در محیط نرم افزار Grads ترسیم شده است. ساعت ۹ الی ۱۵ (با اوج بارش در ساعت ۱۲) به وقت گرینویچ و ماه‌های آوریل، می و ژوئن به ترتیب حداکثر فراوانی را داشته‌اند. در حداکثر بودن فراوانی وقوع در منطقه علاوه بر عوامل محلی چون توپوگرافی آن‌ها (با ارتفاع زیاد از سطح دریا)، محل ورود سیستم‌های بارش‌زا مانند بادهای غربی نقش مؤثری داشته است. قرارگیری فرودهای عمیق ناشی از فعالیت‌های بادهای غربیِ دارای هوای بسیار سرد عرض‌های شمالی، رطوبت دریای مدیترانه و سیاه روی منطقه، اختلاف دمای شدید بین سطح زمین (ناشی از فرارفت‌های هوای گرم و مرطوب در سطح زمین) و ترازهای بالا (همراه با جبهه‌های سرد) و صعود توده هوای سطح زمین منجر گشته که بیش‌ترین فراوانی وقوع تگرگ در فصل بهار (اوج بارش در آوریل و می) می باشد.

واژگان کلیدی: تحلیل همدیدی، تگرگ، رشد گیاه، محدوده زاگرس شمالی.

[۱]- استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول) mrbanafsheh@tabrizu.ac.ir
[۲]- استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه تبریز shsaeed@yahoo.com
[۳]- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه تبریز fatemeh_1522@yahoo.com

مقدمه

مخاطرات طبیعی[1] تأثیرات ناگهانی و بسیار مخرب برای موجودات زنده به وجود می‌آورند و باعث ایجاد خسارت‌های جانی و مالی زیادی می‌شوند. این مخاطرات همواره بخشی از تاریخ حیات انسان بوده است. تاکنون حدود ۴۳ نوع مخاطره‌ی طبیعی با ۹۰ درصد منشأ اقلیمی شناخته شده است. در کشور ایران نیز ۹۰ تا ۹۵ درصد از این مخاطرات منشأ آب و هوایی دارند که از این تعداد می‌توان به توفان‌های تندری۲ و توفان‌های تگرگ۳ اشاره داشت (شایان و دارند، ۱۳۸۷). یکی از مخاطرات اقلیمی مهم در کشاورزی پدیده تگرگ است. میزان خسارت تگرگ بسته به نوع محصول، اندازه تگرگ، شدت و رگبار آن و مرحله فنولوژیکی گیاه متفاوت است (موسوی و اکبری،۱۳۸۹: ۱۷۶). اداره کل جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، مجموع خسارت پدیده‌های تگرگ و سرمازدگی را در سال زراعی ۹۴-۹۵بالغ بر ۲۲۴ میلیارد تومان برآورد کرده است که بیشترین خسارت این دو پدیده در بخش‌های زراعت و باغات در اکثر شهرستاهای این استان بوده است. همچنین اداره کل جهاد کشاورزی آذربایجان غربی خسارات ناشی از حوادث غیرمترقبه (تگرگ و سیل) را در سال زراعی ۹۵-۹۴ بر اراضی کشاورزی این استان را شامل محصولات باغی سیب و انگور و محصولات زراعی گندم، جو، چغندر قند و آفتابگردان به ارزش ۳۰۰ میلیارد تومان برآورد کرده است. همچنین اداره کل جهاد کشاورزی استان کردستان میزان خسارت سالانه تگرگ به محصولات باغی و کشاورزی این استان را حدود ۳۵۰ میلیارد تومان برآورد کرده است. (گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان ها: ۱۳۹۵). مشخصاً بروز و تشدید پدیده‌های حدّی نتیجه تغییراتی غیر قابل اغماض در اقیلم‌شناسی است. که این برهم خوردن تعادل سیستماتیک سامانه اقلیم باعث بروز آشفتگی‌ها و ناهنجاری‌های رفتاری شده است که بیش‌ترین آثار آن بر محیط-های طبیعی و به خصوص گیاهان که دارای قدرت و سرعت کم سازگاری هستند، می‌باشد (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). توفان‌های تندری یکی از جلوه‌های خشن طبیعت است که می‌تواند برای ساکنین روی زمین خطرناک باشد که خصوصیات بارز آن به مانند باد شدید، تگرگ تماماً حاصل ایجاد یک سلول همرفتی[4] بزرگ در جو است (علیزاده و همکاران، ۱۳۷۹). در توفان‌های تگرگ نیز که بخشی از توفان‌های تندری می‌باشند، ابر به اندازه کافی بالای سطح یخبندان رشد کرده و می‌تواند ذرات یخ را تولید کند. همرفت و حرکات بالا رونده در این توفان‌ها به قدری قوی است که می‌تواند این ذرات را با خود حمل کرده و نگهدارد تا این که به اندازه یک دانه تگرگ رشد کرده و سرانجام سقوط کنند. بارش تگرگ گاهی اوقات کاملاً غیر عادی بوده و در مواردی خسارات جدی را نیز به همراه دارد. زیان‌های ناشی از تگرگ از زیان‌های ناشی از گردبادها و توفان‌ها نیز بیش‌تر است (سیف، ۱۳۷۵). مهم‌ترین تأثیر نامطلوب تگرگ آسیب‌رسانی آن بر محصولات کشاورزی می‌باشد. در نتیجه به منظور برنامه‌ریزی و ارائه راهکارهایی جهت مقابله و کاهش خطرات تگرگ به عنوان یکی از مهم‌ترین موضوعاتی که پس از وقوع انقلاب صنعتی در اروپا و با درک

1- Natural Hazards

2- Thunder storms

3- Hail storms

4- Convecthon Cell

عواقب بعدی آن، توسط بشر پی برده شد، ارتباط همه جانبه و مستقیم عوامل محیطی و اکولوژیکی با فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی انسان می‌باشد. لزوم توجه به این ارتباط بود که کم کم موضوع توسعه پایدار یا بهینه کشاورزی ایجاد گردید. شناخت پارامترهای آب و هوایی و اثر آن‌ها روی گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد و به تبع آن بالا بردن تولید می‌باشد و این موضوع به ویژه در شرایط کشاورزی دیم از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. با توجه به استراتژیک بودن برخی از محصولات مثل گندم (مهم‌ترین محصول زراعی کشور) و نقش بارز آن در تغذیه‌ی انسانی، اگر بتوان با توجه به نیازمندی‌های حرارتی و رطوبتی این محصول، مناطق مساعد کشت این نوع محصولات و محدودیت‌ها یا توانمندی‌هایی که اقلیم در محیط ایجاد کرده را شناسایی کرد، عملاً می‌توان به عملکرد بیش‌تری در واحد سطح دست یافت که خود سبب بهبود شرایط اقتصاد کشاورزی و سطح درآمد کشور و نهایتاً فراهم گشتن شرایط توسعه پایدار در آن خواهد گردید. در زمینه پدیده تگرگ و تأثیر آن بر محصولات کشاورزی تحقیقات زیادی صورت پذیرفته شده است. هاف و چانگنون[1](۱۹۵۹)، با استفاده از داده‌های راداری، نقشه-های سطحی و جو بالا و نیز همبستگی بین میزان صدمات تگرگ با محصولات کشاورزی، بارش تگرگ را از نظر کلیماتولوژی مورد بررسی قرار دادند. فریزبای (۱۹۶۲)، در بررسی الگوهای آسیب ناشی از تگرگ دشت‌های بزرگ ایالات متحده آمریکا (۱۹۶۰-۱۹۵۱) به وسیله نقشه‌های سینوپتیکی بیان کرد که سرعت حرکت سیستم‌های سینوپتیک تأثیر قابل توجهی بر میزان و درجه خسارات ناشی از تگرگ در زمین را دارد. فریزبای (۱۹۶۳)، در تحقیق دیگری نیز توفان‌های تگرگ دشت‌های عظیم ایالات متحده آمریکا را با استفاده از ثبت اطلاعات بیمه تگرگ بررسی و مسیر تخریب تگرگ را به وسیله ادعاهای بیمه تگرگ ترسیم نمود. چانگنون (۱۹۶۷)، در بررسی تغییرات ناحیه‌ای-زمانی شدت تگرگِ الینویز معتقد بود که فراوانی تگرگ شدید در فصل برداشت محصول (ماه اکتبر) با گذشت زمان افزایش می‌یابد و در ماه سپتامبر به حداکثر شدت خود می‌رسد. همچنین چانگنون (۱۹۸۴)، در برآورد میزان خسارات تگرگ با استفاده از داده‌های روزانه تگرگ (۱۹۸۰-۱۹۶۱)، تغییرات زمانی و مکانی این پدیده را در دشت-های عظیم شرق کوه‌های راکی امریکا و کانادا و منطقه میدوست غرب مورد بررسی قرار داد. و اشاره داشته که مناطق با احتمال بالای وقوع تگرگ، مرتبط با مناطق وقوع مکرر جبهه‌ها و یا ویژگی‌های عمده توپوگرافی می‌باشد. هم چنین فراوانی تگرگ به صورت سالانه و در ماه جولای (به صورت پراکنده اما پیوسته) از سال ۱۹۰۱ تا ۱۹۸۰ در داکاتا[2]، نبراسکا و مینه سوتا[3] افزایش می‌یابد و در سال‌های اخیر (۱۹۸۰-۱۹۶۱) به اوج خود می‌رسد که منجر به خسارت زیاد به محصولات می‌گردد. به نظر تو وی نن و همکاران (۲۰۰۹)، ۸۴ درصد از موارد تگرگ شدید فنلاند، طی فصل گرم (۱ می تا ۱۴ سپتامبر) دوره ۷۷ ساله (۲۰۰۶-۱۹۳۰)، از اواخر ماه ژوئن إلی اوایل ماه اوت رخ داده و اوج وقوع این پدیده در ماه جولای بوده است. زی و همکاران (۲۰۱۰)، در تجزیه و تحلیل اندازه و فراوانی توفان‌های شدید تگرگ چهار منطقه از چین برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۰، بیان نمودند که اکثر این توفان‌ها از فوریه تا ژوئن رخ

1 - Huff and Changnon

2- Dakotas

3- Minnesota

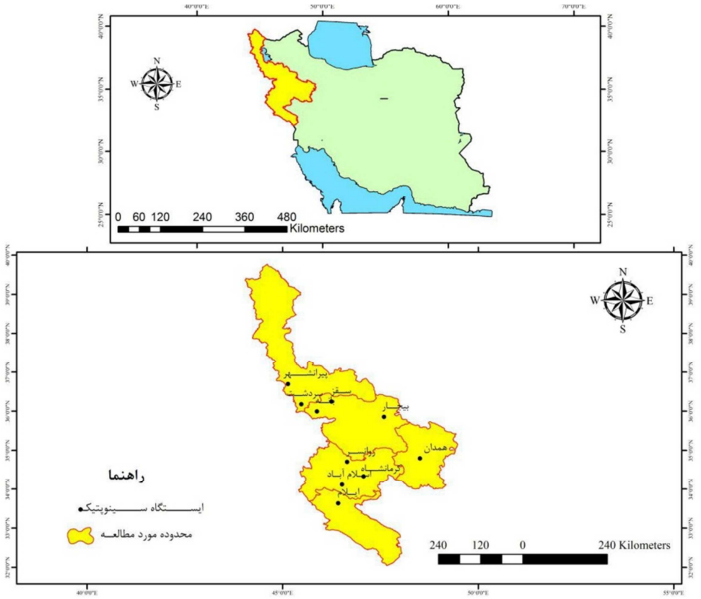
می‌دهد. میکوس و همکاران[11] (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به عنوان تجزیه و تحلیل فعالیت‌های همرفتی و سابقه همدیدی آن در کرواسی بیان می‌دارند که فعالیت‌های همرفتی اوایل بعدظهر شروع و در پایان غروب به اتمام می‌رسد، دوره فراوانی بیش از همرفت شبانه در ساحل آدریاتیک به وقوع می‌پیوندد. در بررسی صدمات بارش تگرگ بر محصولات کشاورزی، هاشمی (۱۳۵۱) به این نتیجه رسید که می‌توان با استفاده از فن آوری‌های جدید و تدابیر هواشناسی کشاورزی و اتخاذ روش‌های مختلف تگرگ زدایی، به امر کاهش خسارات ناشی از این پدیده اقدام نمود. همچنین در شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های تعیین همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن و طبقه‌بندی ماهانه وقوع توفان‌های تندری، خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۶) در مقیاس زمانی ماهانه، ماه می و در بازه‌ی فصلی، فصل بهار را دارای بیش‌ترین فراوانی وقوع توفان‌های تندری معرفی نمودند. جدیدی و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های پراکندگی و پهنه‌بندی تگرگ استان آذربایجان غربی؛ یک دیدگاه کلی از وضعیت پراکندگی و فراوانی وقوع این پدیده در استان ایجاد نمودند. همچنین بیش‌ترین و نیز کم-ترین فراوانی وقوع تگرگ را به ترتیب مربوط به فصل بهار و تابستان دانستند. در بررسی توزیع زمانی- مکانی بارش تگرگ در ایران فرج زاده و مصطفی‌پور (۱۳۹۱)، با استفاده از داده‌های آماری ۶۷ ایستگاه سینوپتیک کشور طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱، کانون‌های اصلی رخداد این پدیده را بیش‌تر در غرب و شمال غرب کشور در ماه‌های مارس و آوریل و فصل بهار معرفی نموده‌اند. امیدوار و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی و تحلیل سینوپتیکی سه رخداد تگرگ شدیدِ استان فارس با استفاده از داده‌های روزانه‌ی بارش تگرگ ۱۴ ایستگاه سینوپتیکی استان (۱۳۸۸-)، داده‌های مرکز NCEP/NCAR و داده‌های جو بالای ایستگاه شیراز، ریزش تگرگ را در فروردین ماه ناشی از تشکیل و تقویت کم‌فشار بریده (سردچال) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و ایجاد کم‌فشار و ناپایداری در سطح دریا دانستند. لشکری و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه تحلیل همدید بارش تگرگ فراگیر در غرب ایران پرداختند که نتایج پژوهش آنها نشان داد که از لحاظ دوره شبانه‌روزی، ساعت ۹ تا ۱۵ و در بین ماه‌های سال آوریل و می حداکثر فراوانی را داشتند. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل آماری، ترمودینامیکی و همدیدی پدیده تگرگ در استان لرستان پرداختند که نتایج آنها نشان داد مقادیر ناپایداری در خوشه‌های گرم نسبت به دوره سرد بیشتر است.

آنچه که از تحقیقات انجام شده بر می‌آید، اهمیت و ضرورت شناخت پدیده تگرگ به دلیل پتانسیل بالای آسیب رسانی آن به زندگی انسانی بوده و نتیجه این بررسی‌ها نشان دهنده اهمیت و تأثیرگذاری شرایط اتمسفری جو بالا و نیز ویژگی‌های محلی مناطق تگرگ زا می‌باشد. از آنجایی که محدوده زاگرس شمالی یکی از مکان‌های تگرگ خیز ایران است، همواره مورد توجه محققین بسیاری بوده است و با توجه به این نکته که این منطقه جزءِ یکی از قطب-های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌شود، انجام تحقیقی دقیق به منظور شناخت و آگاهی از شرایط و عوامل مؤثر در وقوع پدیده تگرگ منطقه، امری بس ضروری ولازم به شمار می‌آید. تا با بهره‌گیری از نتایج به دست آمده از این تحقیق زمینه مناسب جهت برنامه‌ریزی‌های دقیق برای کاهش خسارات ناشی از آن و نهایتاً رسیدن به کشاورزی پایدار فراهم گردد.

11- Mikus, and et al.

داده‌ها و روش‌ها

داده‌های جوی لازم برای این پژوهش از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR و آمار مربوط به بارش تگرگ در ۱۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک منطقه زاگرس شمالی (شکل ۱ و جدول۱)، با فاصله زمانی ۳ ساعته در دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۹۲)، از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد.



شکل۱: موقعیت و پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده زاگرس شمالی

جدول۱: مشخصات ایستگاه های سینوپتیک زاگرس شمالی

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع	نوع
		دقیقه	درجه	دقیقه	درجه	(متر)	ایستگاه
۱	اسلام آباد غرب	۳۱	۴۶	۶	۳۱	۱۳۳۳	سینوپتیک
۲	ایلام	۲۱	۴۶	۳۹	۳۳	۱۷۳۸	سینوپتیک
۳	بانه	۵۱	۴۶	۰۰	۳۶	۱۶۰۰	سینوپتیک
۴	بیجار	۳۷	۴۷	۵۱	۳۵	۱۹۹۱	سینوپتیک
۵	پیرانشهر	۰۹	۴۵	۴۲	۳۶	۱۴۴۳	سینوپتیک
۶	روانسر	۳۹	۴۶	۴۲	۳۴	۱۳۴۴	سینوپتیک
۷	سقز	۱۶	۴۶	۱۵	۳۶	۱۵۲۵	سینوپتیک
۸	سردشت	۲۹	۴۵	۹	۳۶	۱۵۵۷	سینوپتیک
۹	کرمانشاه	۶	۴۷	۱۹	۳۴	۱۳۱۸	سینوپتیک
۱۰	همدان	۳۲	۴۸	۴۷	۳۱	۱۸۱۰	سینوپتیک

در ادامه کدهای شماره ۲۷، ۹۰-۸۷، ۹۳، ۹۶-۹۴ و ۹۹) از بین ۱۰۰ کد مربوط به گروه هفتم WW برای توفان تگرگ، انتخاب گردید (جدول۲). که هر گونه ظهور این پدیده را در ساعت دیده‌بانی و ۳ ساعت قبل از آن را در بر دارد. در این تحقیق ماه‌های آوریل، می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر به عنوان فصل رشد گیاهی انتخاب شدند. دلیل انتخاب این است که در اکثر قسمت‌های منطقه، از اوایل ماه می کشت محصولات شروع شده و تا اواخر ماه سپتامبر تقریباً بیش‌تر محصولات برداشت می‌شوند. با توجه به فراوانی‌های به دست آمده، طی ۶ ماه از سال در طول ۲۳ سال ۱۹۲ مورد بارش تگرگ در منطقه وجود داشته است. که به منظور بررسی و تحلیل همدید ساز و کار رخداد تگرگ در حالت فراگیر (رخداد این پدیده در دو ایستگاه و بیش‌تر)، توفان رخداده در ۷ می ۲۰۱۱ انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۳ روزهای منتخب از بارش‌های فراگیر تگرگِ منطقه در دوره تاریخی مورد بررسی ذکر گردیده است. که به دلیل محدودیت مطالعاتی به تفسیر مفصل یک روز از وقوع این پدیده پرداخته خواهد شد.

جدول۲: وضعیت هوای حال حاضر (ww)، مربوط به بارش تگرگ

کد مخابره	شرح پدیده	شدت
۲۷	رگبار تگرگ یا تگرگ همراه با باران، طی ساعت گذشته	-
۸۷	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	ملایم
۸۸	رگبار تگرگ ریز و یا نرم با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	متوسط و یا شدید
۸۹	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	ملایم
۹۰	رگبار تگرگ با و یا بدون باران و یا مخلوط باران و برف	متوسط و یا شدید
۹۳	برف یا مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	ملایم
۹۱	برف با مخلوط برف و باران و یا تگرگ توأم با رعد و برق در ساعت گذشته	متوسط و یا شدید
۹۶	رعد و برق توأم با تگرگ	ملایم یا متوسط
۹۹	رعد و برق توأم با تگرگ	شدید

جدول۳: روزهای منتخب از بارش‌های تگرگ در حالت فراگیر در محدوده زاگرس شمالی (۱۹۹۲-۲۰۱۴). *(مأخذ: علیجانی، ۱۳۸۸)*

ایستگاه‌های درگیر تگرگ	تاریخ	ایستگاه‌های درگیر تگرگ	تاریخ
ایلام – بیجار – روانسر	۲۷ آوریل ۲۰۰۳	سردشت- بیجار- سقز- بانه- اسلام‌آباد	۱۵ می ۲۰۰۴
ایلام – روانسر – سقز	۲۹ مارس ۱۹۸۹	سردشت- همدان- ایلام- سقز – بانه- کرمانشاه- روانسر	۷ می ۲۰۱۱

همچنین در بررسی‌های ترمودینامیکی جو منطقه به منظور استخراج نمودار اقلیمی Skew-T و شاخص‌های ناپایداری صعودِ ایستگاه کرمانشاه در روزهای وقوع پدیده تگرگ، از وب سایت دانشگاه وایومینگ آمریکا بهره گرفته شده است. عوامل ناپایداری بالقوه برای توفان‌های تندری را می‌توان از طریق شاخص‌های ناپایداری به دست آورد که در این قسمت دو نمونه از این شاخص‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

- شاخص صعود (SI[1])

این شاخص یکی از قدیمی‌ترین شاخص‌ها است که شولتر در۱۹۵۳ معرفی کرده است. در محاسبه شاخص SI ابتدا با استفاده از دما و دمای نقطه شبنم از تراز۸۵۰ هکتوپاسکال، LCL تعیین می‌شود. از LCL، خطی موازی با نزدیک-ترین بی دررو اشباع رسم شده تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را قطع نماید. دمای خوانده شده در آن تراز برابر است با دمای بسته هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که با T_{500} نشان داده می‌شود. در نهایت تفاوت دمای محیط در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که با T_{500} نشان داده می‌شود و T_{500}، مشخص کننده مقدار شاخص SI است.

$$SI = T500 - T' \quad (۱)$$

به عبارت دیگر می‌توان شاخص SI را به این صورت تعریف کرد که این شاخص تفاوت دمای محیط و دمای بسته هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال است در شرایطی که فرض شود بسته اولیه در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال قرار داشته باشد. اگر SI بیش‌تر از ۴+ باشد ابرهایی با ساختار کومه‌ای بارش شکل نمی‌گیرند اما اگر مقدار SI از ۴+ کم‌تر باشد رگبارها و توفان تندری بیش‌تری روی می‌دهد. مقدار منفی شاخص نیز ناپایداری لایه مرزی جو نسبت به جو میانی را بیان می‌دارد (صادقی و رضائیان، ۱۳۸۵).

- شاخص KI[2]

این شاخص ساده را جرج در ۱۹۶۰ پیشنهاد کرده است که از سه تراز مشخص ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال برای محاسبه آن استفاده می‌شود. امکان توفان تندری را بر پایه‌ی آهنگ کاهش دما، محتوای رطوبتی جو پایین و گسترش قائم لایه‌ی مرطوب اندازه‌گیری می‌کند (همان). شاخص KI نیز از اطلاعات اسکیوتی به دست آمده و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$KI = (T850 - T500) + D850 - (T700 - D700) \quad (۲)$$

T دمای هوا و D دمای نقطه‌ی شبنم بر حسب درجه‌ی سانتی گراد (سطوح فشاری ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ هکتوپاسکال) است. در معادله ارائه شده از دمای سطوح فوقانی ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و دمای نقطه شبنم دو تراز ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال برای آشکارسازی و محاسبه ناپایداری استفاده شده است. جمله‌ی اول آهنگ کاهش دما را در حرکت بالارو بین سطوح ۸۵۰ هکتوپاسکال و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. جمله‌ی دوم رطوبت اولیه جو را نشان می‌دهد. جمله‌ی سوم (با علامت منفی) اختلاف بین دمای واقعی و دمای نقطه شبنم تراز جو ۷۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. این رابطه مهم ترمودینامیک نشان می‌دهد که هر اندازه جمله اول (کاهش دما در حرکت بالارو) و جمله دوم (رطوبت آغازین) بیش‌تر باشند و از سوی دیگر جمله سوم (کمبود اشباع در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال) کم‌تر باشد، بر شدت ناپایداری جو افزوده می‌شود. بنابراین اگر مقدار خروجی معادله کم‌تر از ۱۵ باشد، جو فاقد ناپایدار و

1- Showalter index

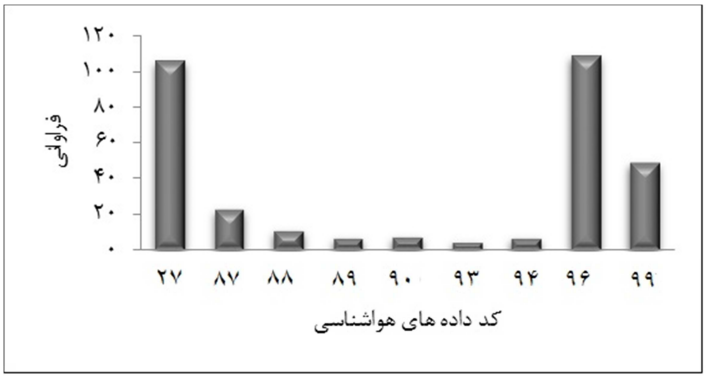
2- K index

حرکات همرفتی است. اگر خروجی شاخص بین ۱۵ تا ۲۵ باشد، پتانسیل همرفت در حد کم، بیش از ۲۵ تا ۳۹ گویای پتانسیل همرفت متوسط و ارقام بیش از ۴۰ معرف پتانسیل همرفت شدید هستند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰).

در نهایت نیز برای تهیه نقشه‌های سینوپتیکیِ روزهای منتخبِ درگیر پدیده تگرگ در سطوح مختلف جو، نرم افزار Grads مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی ویژگی‌های مربوط به فشار، دما و باد و نیز شناسایی جبهه‌های سرد مؤثر در پدیده تگرگ به استخراج و تحلیل سینوپتیکی نقشه‌های سطوح دریا، ۱۰۰۰، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکالِ جو در ساعت اوج بارش تگرگ یعنی ۱۲ به وقت گرینویچ، با استفاده از داده‌های دوباره بازکاوی شده NCEP/NCAR پرداخته شده است.

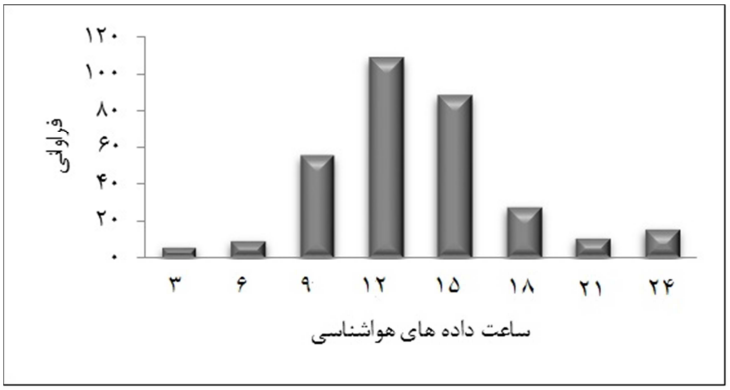
یافته‌های تحقیق

در این پژوهش، شکل‌های ۲ تا ۴ طی دوره‌ی آماری ۲۳ ساله برای ۱۰ ایستگاه سینوپتیک منطقه زاگرس شمالی کشور تهیه شده است. شکل ۲ به منظور فراوانی کدها تهیه شده است، حاکی از آن است که در این دوره آماری کد ۹۶ بیش‌ترین و کد ۹۳ کم‌ترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. طبق این بررسی، وقوع پدیده رعد و برق توأم با تگرگ ملایم تا متوسط (کد ۹۶) رگبار تگرگ یا تگرگ همراه با باران (کد ۲۷) و رعد و برق توأم با تگرگ شدید (کد ۹۹) در طی فصل رشد گیاهی به ترتیب بالاترین آمار فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. کد ۹۶ در ماه‌های گرم سال نیز دارای فراوانی وقوع بالایی بوده است. این مطلب خود می‌تواند زنگ خطری برای امر کشاورزی باشد چرا که در زمان جوانه زنی و نیز زمان برداشت محصول احتمال وقوع پدیده تگرگ از نوع شدید وجود داشته است.



شکل ۲: نمودار فراوانی کدهای پدیده تگرگ در محدوده زاگرس شمالی. *منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵*

در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، به دلیل فراهم گشتن شرایط ناپایدار با آغاز گرمایش سطح زمین در دوره‌ی مطالعاتی، بیشینه بارش بین ساعات ۰۹ تا ۱۵ با اوج بارش در ۱۲ به وقت گرینویچ قرار دارد. بین ساعت‌های ۲۱ تا ۰۳، بارش افزایش نسبی نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از توفان‌های شبانه باشد. همان طور که ملاحظه می‌گردد اوج فعالیت ناپایداری جوی منجر به بارش تگرگ در این فصول منطبق بر ساعت‌های بیداری گیاهان بوده که درصد آسیب پذیری گیاهان را افزایش می‌دهد.



شکل ۳: نمودار فراوانی بارش تگرگ در ساعت‌های داده‌های هواشناسی زاگرس شمالی. *(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)*

شکل۴ نشان می‌دهد که در دوره‌ی ۲۳ ساله بیش‌ترین تعداد بارش در ماه‌های آوریل و می و پس از آن در ماه ژوئن (با تفاوت قابل ملاحظه‌ایی نسبت به ماه‌های آوریل و می) بوده است. در ماه آگوست پدیده تگرگ کم‌ترین فراوانی وقوع را داشته است. در ماه آوریل که ماه انتقالی گرم (بهار) هست، 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 (بارش‌های فصل قبل) ناپایداری زیاد شده و جریان‌های همرفتی شدت یافته و تحت شرایط مناسب، ابرهای همرفتی رشد کرده و باعث ایجاد توفان تندری می‌شوند. با این وجود در ماه سپتامبر احتمال وقوع تگرگ شدید روند افزایشی داشته که این موضوع می‌تواند میزان آسیب پذیری محصولات کشاورزی را بالا ببرد.



شکل ۴: نمودار فراوانی بارش تگرگ در ماه‌های مختلف محدوده زاگرس شمالی *(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)*

به منظور بررسی شاخص‌های ناپایداری روزهای منتخب در ایستگاه کرمانشاه، داده‌های جوِ بالا ۸ مورد بارش تگرگ از فرم‌های مربوط در ساعت ۰۰ (GMT) و در سطح استاندارد، سطوح برجسته PTH(فشار، دما، رطوبت) به دست آمده است. مقادیر لازم شاخص‌های ناپایداری به کمک نقشه اسکیوتی و داده‌های جو بالا، استخراج و در هر مورد مشخص شده‌اند (جدول ۴). بررسی جدول نشان می‌دهد که شاخص صعود SI بین ۲/۶۸- تا۵/۴۰ و شاخص KI بین ۲۶/۱۷ تا ۴۰/۴۰ می‌باشد. همچنین می‌توان دریافت که در روزهای منتخب پتانسیل ناپایداری و حرکات همرفتی وجود داشته

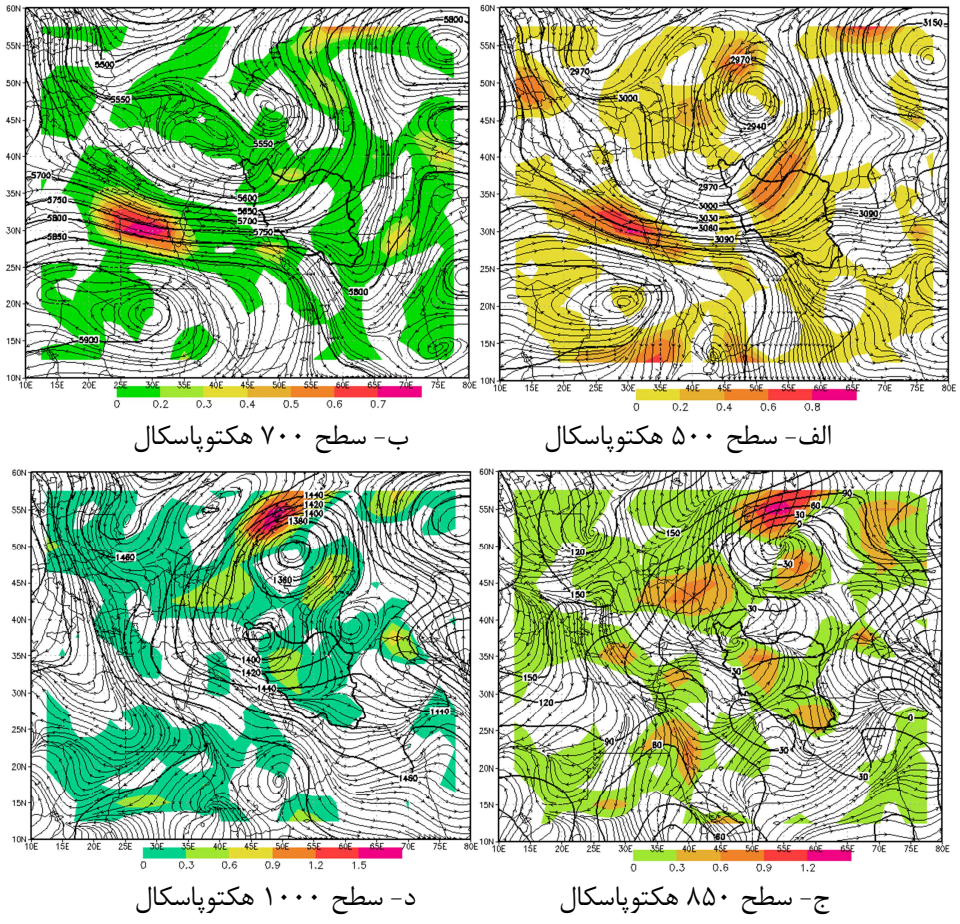
است. بنابراین برای KI های بیش‌تر از ۲۵ حتی با مقادیر SI نسبتاً بزرگ (بیش‌تر از ۴) احتمال وقوع توفان تندری شدید و منجر به بارش شدید تگرگ وجود دارد.

جدول ۴: شاخص‌های ناپایداری محلی جوی؛ ایستگاه کرمانشاه (۲۰۱۴-۱۹۹۲).

KI	SI	روز	ماه	سال
۲۸/۴۰	۳/۵۵	۲۴	آوریل	۱۹۹۶
۲۸/۳۰	-۰/۳۷	۲۷	می	۱۹۹۷
۲۶/۱۷	۵/۴۰	۲۷	آوریل	۲۰۰۳
۱۶/۹۰	۴/۴۷	۱۶	می	۲۰۰۴
۳۰/۶۰	۱/۸۰	۸	آوریل	۲۰۰۹
۲۸/۶۰	۱/۹۶	۲۷	مارس	۲۰۱۰
۴۰/۴۰	-۲/۶۸	۲۶	آوریل	۲۰۱۱
۳۳/۴۰	۰/۵۹	۶	مارس	۲۰۱۴

(مآخذ: University of Wyoming)

روز ۷ می سال ۲۰۱۱، بارش تگرگ در ایستگاه‌های سردشت، بیجار، سقز، بانه، اسلام‌آباد و کرمانشاه گزارش شده است. نقشه وزش رطوبتی (شکل ۵)، انتقال و جابجایی افقی رطوبت جو به وسیله باد را نشان می‌دهد. با توجه به نقشه‌های شکل (۵) درساعت z ۰۰، در ترازهای فوقانی ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال استقرار هسته رطوبتی با امتداد شمالی- جنوبی کاملاً نیمه غربی ایران را پوشش داده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال جریانات بادهای غربی از هسته رطوبتی گسترده دریای سرخ تغذیه نموده و به سمت منطقه غرب کشور جریان داشته است. در تراز۱۰۰۰ هکتوپاسکال هسته رطوبتی قوی به همراه وزش بادهای غربی در شمال غرب و غرب ایران رخ داده است. بدین ترتیب وزش و انتقال رطوبتی در جو منطقه غرب ایران شده است. که برای تداوم و تقویت سیستم‌های ناپایداری به مانند سیکلون‌های جبهه‌ای، رطوبت مورد نیاز را فراهم می‌نمایند. همان طور که در شکل ۵، د؛ مشاهده می‌شود در این تراز بیش‌تر بادهای محلی و فصلی می‌وزد و جهت مشخصی ندارد. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز شرایط جو تراز پایین تداوم داشته است و در کل ایران انتقال رطوبت وجود داشته است (شکل ۵، ج). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال بجز بخش‌های شمال غرب و غرب کشور، جو کل ایران دارای انتقال رطوبت باد بوده است. هسته رطوبتی به همراه واگرایی و صعود همرفتی توده هوای جلو محور فرود به سمت غرب ایران حرکت نموده است. جهت وزش بادها نیز حاکی از رطوبت‌فرستی دریای مدیترانه و دریای سرخ به سمت شرق بوده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز بجز نیمه جنوب غرب و مرکز ایران سایر نواحی دارای وزش رطوبتی بوده است. با این وجود جهت وزش بادها نیز حاکی از دریافت رطوبتی نیمه جنوب غرب کشور از هسته‌های رطوبتی موجود در دریای مدیترانه، سرخ و شبه جزیره عربستان می‌باشد (شکل۵، الف). ضمن آن که یک فرود کم عمیقی از بادهای غربی در غرب کشور رخ داده است که با واگرایی بخش جلو محور منجر به صعود رطوبت موجود در اتمسفر بوده و جو منطقه غرب را متشنج نموده است.



الف- سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ب- سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال

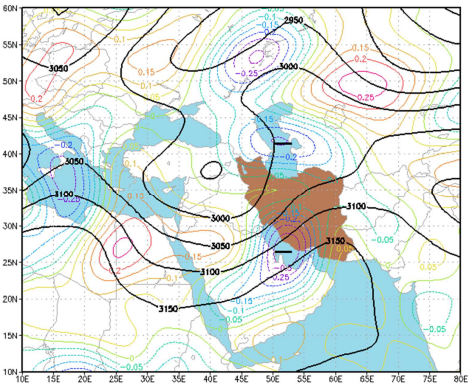
ج- سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال د- سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۵: نقشه وزش رطوبتی در سطوح مختلف، ساعت ساعت ۱۲z؛ ۱۵ می ۲۰۰۴ *(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)*

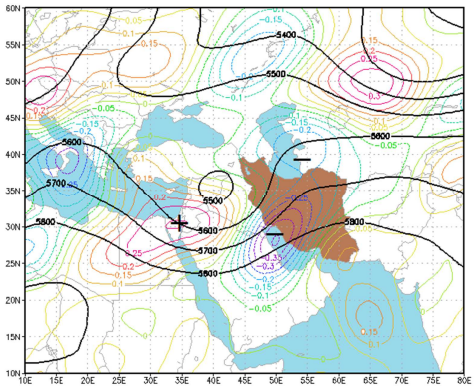
فراسنج جوی سرعت قائم هوا (اُمگا) از مهم‌ترین فراسنج‌های تحلیل سینوپتیک برای پدیده‌های جوی مثل بارش سنگین و کلاً هیدرومتئوریت‌ها محسوب می‌شود (قویدل رحیمی، ۱۳۸۹؛ ۱۸۲). در بررسی مقادیر اُمگا (شکل ۶، الف) ساعت z ۱۲، ۷ می ۲۰۱۱ مشخص شد که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هسته‌ای با اُمگای منفی ۰/۴- پاسکال بر ثانیه بر شمال خلیج فارس و نیز دریای خزر با هسته ۰/۰۲- پاسکال بر ثانیه بسته شده است. ملاحظه می‌شود که زبانه‌ایی از هسته جنوب قوی خلیج فارس با امتداد جنوب غربی- شمال شرقی به سمت داخل کشور امتداد داشته و در سواحل شرقی خزر با امتداد جنوبی- شمالی منطقه خزر را فرا گرفته است. این در حالی است که هسته اُمگای مثبت بر روی سواحل جنوب غربی دریای مدیترانه و سواحل شمای دریای سرخ بسته شده است. که این شرایط در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال تشدید یافته است. پیشروی هسته اُمگای مثبت به سمت غرب ایران موجب مستقل و نیز قوی‌تر شدن هسته منفی (با بیشینه ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه) در دریای خزر شده است. همچنین زبانه‌ی هسته منفی

خلیج فارس با امتداد جنوبی- شمالی به داخل کشور نفوذ داشته است (شکل ۶، ب). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هسته اُمگای مثبت کاملاً بر مرکز ایران نفوذ داشته و دو هسته اُمگای منفی منابع رطوبتی کشور را مجزا از هم نموده است (شکل ۶، ج). در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با جابجایی هسته اُمگای مثبت به سمت شرق هسته اُمگای منفی دریای خزر بر شمال غرب کشور و نیز سرعت قائم منفی با بیشینه ۰/۱۵- پاسکال بر ثانیه بر مناطق جنوبی کشور و خلیج فارس مسقر شده است که منطبق بر مناطق بارش تگرگ مناطق شمال‌غرب و غرب ایران بوده و تشدید جریانات همرفتی منجر به بارش تگرگ را نشان می‌دهد (شکل ۶، د). وجود مراکز هسته منفی در تمامی ترازهای مورد مطالعه نشان دهنده تثبیت واگرایی در ترازهای فوق و تشدید ناپایداری در ترازهای زیرین می‌باشد. بنابراین وجود واگرایی مناسب در این مناطق شرایط را برای ایجاد ناپایداری مهیا کرده است. علاوه بر این در ترازهای مورد بررسی نیز هسته با اُمگای مثبت بخش‌های مرکزی کشور را فرا گرفته و با ایجاد همگرایی در این محدوده، وجود واگرایی در مناطق شمالی، شمال غرب، جنوب غرب و جنوبی ملاحظه می‌شود که شیو فشار را در این محدوده‌ها به شدت افزایش داده و بر شدت ناپایداری‌های مناطق مورد مطالعه افزوده است.

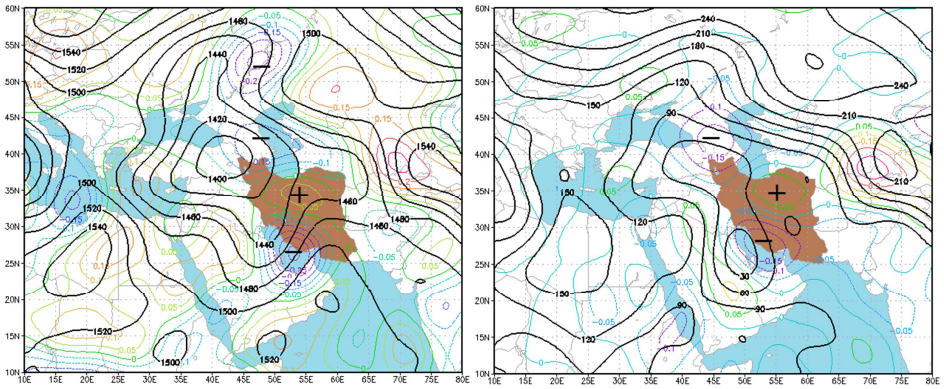
برای آشکارسازی ناپایداری هوا در ترازهای مورد مطالعه ساعت z ۱۲، ۷ می ۲۰۱۱ نقشه آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل نیز در شکل ۶ نشان داده شده است (شکل ۶، خطوط مستقیم سیاه رنگ). همان گونه که در نقشه‌های شکل ۶ مشاهده می‌شود، یک بلوکینگ از نوع کم فشار بریده‌ای بر عراق و شمال شبه جزیره عربستان به وقوع پیوسته و با انتقال سرما به عرض‌های پایین‌تر سبب ایجاد تضاد حرارتی در نتیجه ناپایداری در منطقه شده است. محور فرود این ناوه عمیق از روی دریای سرخ عبور کرده است. جریان هوا در قسمت غربی ناوه مذکور نزولی و منفی (آنتی سیکلونی) و در قسمت شرقی ناوه صعودی و مثبت (سیکلونی) است. مقادیر منفی سرعت قائم بالاسو مستقر بر شمال و جنوب غرب کشور کاملاً منطبق بر قسمت شرقی این ناوه عمیق بوده است که نشان دهنده تقویت همرفتی و صعود هوا در روز هفتم می ۲۰۱۱ می‌باشد.



الف- سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



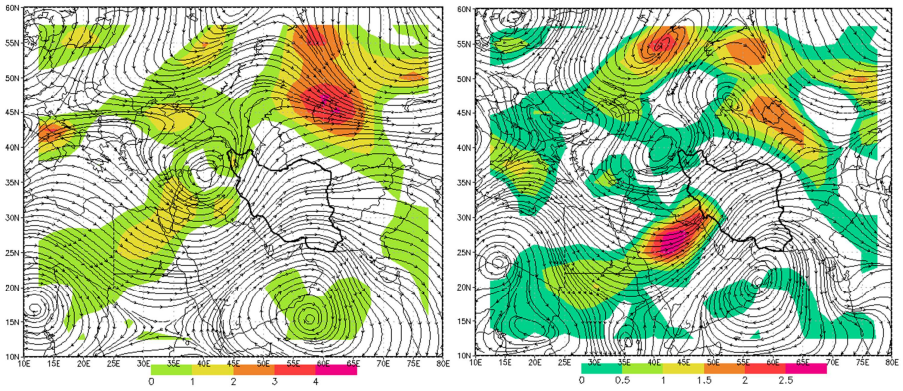
ب- سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال



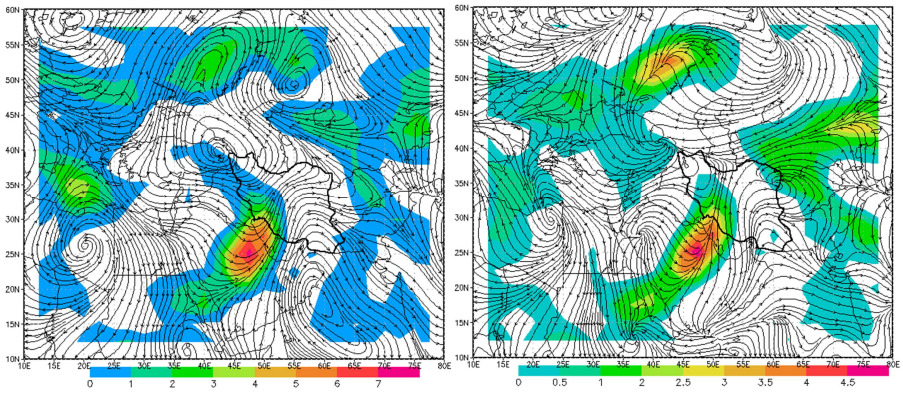
ج- سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال د- سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل۶: نقشه سرعت قائم هوا (اُمگا) و ارتفاع ژئوپتانسیل (با خطوط مستقیم سیاه رنگ) برای سطوح مختلف جو در ساعت Z ۱۲، روز ۷ می۲۰۱۱ *منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵*

در نقشه‌های شکل ۷، در تراز ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مناطقی که شبکه‌های آن رنگی نشان داده شده مناطقی است که دارای جبهه‌زایی فعالی بوده‌اند. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در ساعت z ۱۲، ۷ می ۲۰۱۱ بر دریای سیاه، شرق دریای مدیترانه، شمال دریای سرخ و شبه جزیره عربستان و نیز شمال غرب ایران جبهه‌های ضعیفی شکل گرفته است (شکل ۷، الف). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال جبهه بسیار قوی شبه جزیره عربستان شکل گرفته که با توجه به جهت باد بیش‌ترین اثر در ناپایداری جنوب غرب کشور را به عهده داشته است (شکل ۷، ب). در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیمه غرب و جنوب غربی ایران کاملاً تحت سلطه جبهه فعالی با امتداد تقریبی جنوبی-شمالی بوده است (شکل ۷، ج). فعالیت جبهه‌های دریای سرخ و شبه جزیر عربستان در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نیز ادامه داشته است (شکل۷، د). در نقشه‌های شکل ۷، برای درک بهتر واقعیت جبهه‌ها و اطلاع از جریان و عبور از روی جبهه از روی منطقه مورد مطالعه نقشه جریانی باد نیز بر روی نقشه جبهه‌زایی افزوده و با آن تلفیق شده است. که جهت جریان باد از روی جبهه‌های موجود بر روی نقشه نشانگر نقش جبهه‌های روی دریای سیاه و مدیترانه و نیز دریای سرخ بر روی بارش روز ۷ می ۲۰۱۱ شمال غرب و غرب کشور می‌باشد.



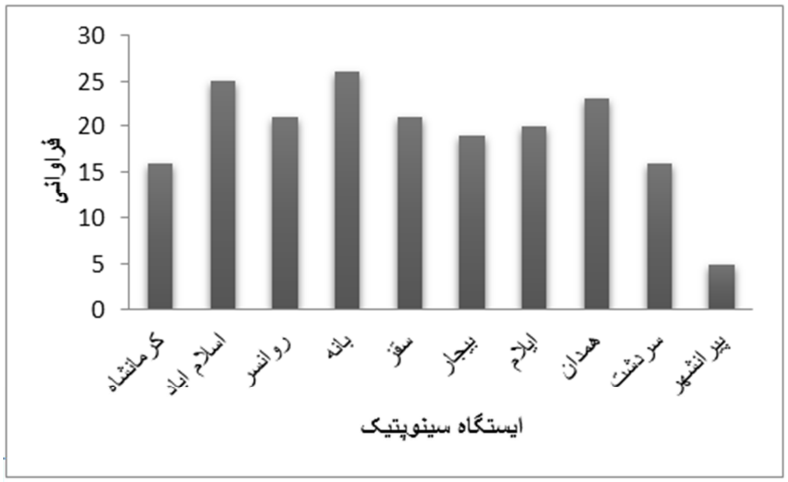
ب- سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال الف- سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال



ج- سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال د- سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

شکل ۷: نقشه جبهه‌زایی در سطوح مختلف، ساعت z ۷:۱۲ می ۲۰۱۱ *(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)*

طبق بررسی‌های آماری صورت گرفته در تحقیق، مشاهده گردید که دو ایستگاه بانه و اسلام‌آباد غرب دارای حداکثر بارش تگرگ در منطقه هستند. علت وقوع بیشینه بارش در این ایستگاه‌ها ابتدا کوهستانی بودن آن‌ها و سپس واقع گشتن در دامنه‌های غربی و نیز در مسیر سیستم‌های کم فشار است که اکثراً در روی دریای مدیترانه شکل گرفته‌اند. کم‌ترین مقدار بارش تگرگ در ایستگاه پیرانشهر در بخش شمالی منطقه است که علاوه بر نبود شرایط محلی برای ایجاد شرایط همرفتی جو، از فعالیت این سیستم‌های ناپایدار ورودی به منطقه نیز به دور است (شکل ۸).



شکل۸: تعداد کل بارش تگرگ ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه زاگرس شمالی (۱۹۹۲-۲۰۱۴). *(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۵)*

نتیجه‌گیری

در بررسی بارش تگرگ در فصل رشد گیاهان طی ساعات مختلف شبانه روز نمایان گشت که به دلیل فراهم گشتن شرایط ناپایدار با آغاز گرمایش سطح زمین، بیشینه بارش بین ساعات ۰۹ تا ۱۵ به وقت گرینویچ قرار دارد. که در

ساعت ۱۲ به بالاترین حد خود رسیده است. از لحاظ توزیع فصلی رشد گیاهان نیز، بیش‌ترین فراوانی تگرگ به ماه-های آوریل، می و ژوئن تعلق داشته است. به دلیل قرارگیری بخش جنوب‌غربی منطقه در مسیر ورود بادهای غربی و 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 ترمودینامیکی، نیز مشخص گردید که در ماه آوریل (با بالاترین فراوانی بارش تگرگ در منطقه) نسبت به ماه‌های گرم دیگر پتانسیل ناپایداری و حرکات همرفتی بیش‌تری در منطقه وجود دارد. در واقع بالا بودن رطوبت هوا و گرمایش سطح زمین در لایه‌های زیرین جو و ماه‌های انتقالی گرم (بهار)، چنین شرایطی را ایجاد می‌نماید. نتایج تحلیل همدیدی تحقیق، نیز 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. در نهایت قرارگیری فرودهای عمیق ناشی از فعالیت‌های بادهای غربیِ دارای هوای بسیار سرد عرض‌های شمالی، رطوبت دریای مدیترانه و سیاه بر روی منطقه، اختلاف دمای شدید بین سطح زمین (ناشی از فرارفت‌های هوای گرم و مرطوب در سطح زمین) و ترازهای بالا (همراه با جبهه‌های سرد) و صعود توده هوای سطح زمین منجر گشته که بیش‌ترین فراوانی وقوع تگرگ در فصل بهار با اوج بارش در آوریل باشد. نتایج این مطالعه با نتایج لشکری و همکاران (۱۳۹۴) همخوانی دارد.

بنابر یافته‌های تحقیق حاضر، تحت عملکرد توامان توپوگرافی منطقه و شرایط سینوپتیکی اوج بارندگی تگرگ در ماه-های آوریل و می برآورد شد. که این زمان‌ها منطبق بر مراحل اولیه رشد گیاهان و شکوفه‌دهی درختان میوه بوده که اوج آسیب‌پذیری آن‌ها می‌باشد. با توجه به این که غرب ایران جزءِ یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور محسوب می‌شود و نیز با توجه به اثرات سوءِ پدیده تگرگ در فعالیت‌های کشاورزی، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی کاربردی باشد. شناسایی مناطق مستعد بارش تگرگ و اطلاع دقیق از زمان وقوع تگرگ می‌تواند اهمیت فوق العاده‌ای در تعیین خسارات وارده بر محصولات باغی و کشاورزی داشته باشد.

منابع

اسماعیلی، رضا؛ امیر گندمکار و حسنعلی غیور (۱۳۹۰). پهنه بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی۳۰ ساله/ مطالعه موردی: استان خراسان رضوی، نشریه ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره۴۱، صص۵۲-۳۵.

امیدوار، کمال (۱۳۸۶)، بررسی و تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه. پژوهش‌های جغرافیایی نشریه ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره۵۹، صص۸۱-۹۸.

جدیدی، تورج؛ صیاد خشتکار ثانی و بهاره نعیمی (۱۳۹۰). پهنه بندی فراوانی احتمال وقوع تگرگ در استان آذربایجان غربی. همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست/ ارومیه، صص۶-۱.

خوشحال دستجردی، جواد؛ یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۶). شناسایی ویژگی‌های سوانح محیطی منطقه شمال غرب ایران/ نمونه مطالعاتی: خطر توفان‌های تندری در تبریز، فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۵۳، صص ۱۱۵-۱۰۱.

سیف، مهرزاد (۱۳۷۵). بررسی توزیع بارش تگرگ در ایران و مطالعه موردی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران.

درگاهیان، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ رضایی، غلامحسین و پرنو، رحمان (۱۳۹۴). تحلیل آماری، ترمودینامیکی و همدیدی پدیده تگرگ در استان لرستان، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۸ صص ۱۱۷-۱۳۰.

شایان، سیاوش؛ محمد دارند (۱۳۸۷). مدل سازی مخاطرات اقلیمی و تاثیر آن بر سلامتی انسان. جغرافیا. رشد آموزش جغرافی، شماره ۸۵، صص ۲۰-۱۱.

صادقی حسینی، رضا؛ مهتاب رضائیان (۱۳۸۵). بررسی تعدادی از شاخص‌های ناپایداری و پتانسیل بارور سازی ابرهای همرفتی منطقه اصفهان. فیزیک زمین و فضا. شماره ۲: ۹۸- ۸۳.

علیجانی، بهلول (۱۳۸۸). اقلیم شناسی سینوپتیک، چاپ سوم، انتشارات سمت، تهران.

علیزاده، امین؛ غلامعلی کمالی؛ فرهاد موسوی و محمد موسوی بایگی (۱۳۸۴). هوا و اقلیم شناسی، چاپ هشتم. نشر دانشگاه امام رضا(ع)، مشهد.

فرج زاده، منوچهر؛ طاهر مصطفی پور (۱۳۹۱). تحلیل زمانی و مکانی بارش تگرگ در ایران. جغرافیا و توسعه. شماره ۲۸، صص ۶۶-۵۵.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار Grads، چاپ اول. انتشارات سها دانش، تهران.

قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰). کاربرد شاخص‌های ناپایداری جوی برای آشکارسازی و تحلیل دینامیک توفان تندری روز ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز، فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی. شماره ۳۴، سس ۲۰۸-۱۸۲.

لشکری، حسن؛ میترا امینی (۱۳۸۸). تحلیل سینوپتیک و پهنه بندی بارش تگرگ در خراسان بزرگ برای دوره ی آماری (۲۰۰۵-۱۹۹۶)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی. دانشگاه تبریز. شماره ۳۱، صص ۱۰۸-۵۱.

لشکری، حسن، پژوه، فرشاد و بیتار، محمد (۱۳۹۴). تحلیل همدید بارش فراگیر تگرگ غرب ایران، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۵۰، صص ۱۰۵-۸۳.

هاشمی، فریدون (۱۳۵۱). صدمه تگرگ در کشاورزی و مبارزه با آن، نیوار.

گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان های کرمانشاه و کردستان (۱۳۹۵).

Changnon, S. A. (1967). Areal-Temporal Variations of Hail Intensity in Illinois. Journal of Applied Meteorology, 6: 536–541.

Changnon, S. A. (1984). Temporal and Spatial Variations in Hail in the Upper Great Plains and Midwest. Journal of Applied Meteorology, 23: 1531-1541.

Frisby, E. M. (1962). Relationship of Ground Hail Damage Patterns to Features of the Synoptic Map in the Upper Great Plains of the United States. Journal of Applied Meteorology, 1: 348-352.

Frisby, E. M. (1963). Hailstorms of the Upper Great Plains of the United States. Journal of Applied Meteorology, 2: 759-766.

Huff, F. A.; Changnon, S. A. 1959. Hail Climatology of Illinois. Printed by authority of the State of Illinois.

Salimi, S.; Moradi, B.; Alijani, B.; Mafakheri, O. and Skakeri, F. 2014. Studying the Climatic Status of Ilam Regarding Hailstorms. American Journal of Sustainable Cities and Society, 1: 409-418.

Tuovinen, J. P.; Punkka, A. J.; Rauhala, J.; Hohti, H. and Schultz, D. (2009). Climatology of Severe Hail in Finland: 1930–2006. Monthly Weather Review. 137: 2238-2249.

Xie, B.; Zhang, Q. and Wang, Y. (2010). Observed Characteristics of Hail Size in Four Regions in China during 1980–2005. Journal.of Climate, 23: 4973–4982

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.

Climatological analysis of hail in the northern Zagros area during the growing season

Majid Razaee Banafsheh*[1], Saeed Jahanbakhsh[2], Fatemeh Ghaderi[3]

Received: 30-01-2017 Accepted: 06-05-2018

Abstract

Agriculture is the only activity which hurts the nature the least but becomes affected by natural circumstances, especially weather. Hailstone is among the most important dangers which make agricultural activities unstable through damaging agricultural products. Therefore, recognizing climates and studying climatological needs of agricultural plants, through fostering and utilizing human knowledge about atmospheric trends, leads to quantitative and qualitative improvement of products and subsequently stabilization of agriculture. Thus, the aim of the present research is the comprehensive study of temporal-spatial distribution and synoptic condition of these destructive phenomena For this purpose, the statistical data 23, 10 synoptic stations (2014-1992) in the growing season (April to September) with a choice of 4 cases of severe rainfalls and hail as well as data center NCEP / NCAR maps synoptic sea level 500, 850 and 1000 hPa cold wind, humidity, light, omega and frost formation in the application environment is drawn Grads. 9 to 15 (with peak rainfall at 12) Greenwich Mean Time GMT)) and the months of April, May, and June, respectively, had the highest frequency. The maximum frequency of occurrence in the region, in addition to local factors such as topography them (with altitude above sea level), the log-in system causing precipitation as west winds has an effective role. Located deep valleys caused by west winds with very cold air activities in the North, Mediterranean and Black Sea on the moisture, extreme temperature difference between the surface (due to the advection of warm, moist air at ground level) and high levels (with cold fronts) and ground-level air mass rally led by the highest frequency of hail in the spring (peak rainfall in April and May) is.

Keywords: Synoptic analysis, Hailstone, Plant growth, Northern Zagros.

[1]*- Professor of Geography, University of Tabriz, Iran. Email: mrbanafsheh@tabrizu.ac.ir
[2]- Professor of Geography, University of Tabriz, Iran.
[3]- PhD student of the Climatology University of Tabriz, Iran.