

## تحلیل سینوپتیک بارش‌های رعد و برقی ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز

یوسف قویدل رحیمی<sup>۱</sup>

### چکیده

آمار هواشناسی نشان می‌دهد که به هنگام وقوع بارش‌های تندری پدیده‌های اقلیمی فرعی خطرناکی مثل تگرگ، رگبارهای سنگین و سیل‌آسا، بادهای شدید و صاعقه پدیده غالب اقلیمی تبریز هستند. مخاطرات اقلیمی یاد شده به عنوان بخشی از ماهیت اقلیم تبریز و کل منطقه شمال غرب ایران هر ساله خسارات فراوان اقتصادی-اجتماعی و زیست‌محیطی را متوجه مردم بویژه کشاورزان و دامداران می‌کنند.

برای مطالعه سینوپتیک بارش‌های رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز از داده‌های جو بالای موجود در مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی استفاده شده و با روش‌های محاسباتی و ترسیمی وضعیت جو به هنگام وقوع بارش‌های رعد و برقی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج حاصل از تحلیل‌های سینوپتیک نشان داد که عوامل مؤثر بر وقوع بارش‌های رعد و برقی تبریز در روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ وقوع بلوکینگ و پیچانه در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، ناپایداری و همرفت شدید هوا در تمام سطوح جوی از ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال و تاوایی مثبت یا سیکلونی در ترازهای جوی ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال هستند. نقشه‌های وزش رطوبتی نشان دادند که منبع تأمین رطوبت بارش‌های رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز و منطقه شمال غرب ایران در در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ دریای خزر و در ترازهای ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریا‌های مدیترانه و دریای سیاه هستند.

**واژگان کلیدی:** بارش‌های تندری، تحلیل سینوپتیک، مخاطرات اقلیمی، وزش رطوبتی، تبریز.

## مقدمه

بارش تندری از مهم‌ترین، فراوان‌ترین و شدیدترین مخاطرات جوی بوده و غالباً علاوه بر آسیب زدن به محصولات کشاورزی و تاسیسات عمرانی، موجب تلفات انسانی بسیاری در جهان می‌شود. در این زمینه تنها در بین سال‌های ۱۹۵۳ تا ۱۹۵۷ خسارت‌های مالی ناشی از بارش تندری در آمریکا بالغ بر ۳/۶ میلیارد دلار برآورد شده است (Changnon, 2003: 1925).

توفان‌های تندری معمولاً یا بر اثر گرم شدن زیاد سطح زمین در داخل توده‌های هوایی و یا در جبهه‌های هوا، بویژه درجه‌سرد، به وجود می‌آیند. توفان تندری و پدیده‌های ناشی از آن از مهم‌ترین مخاطرات اقلیم‌شناختی هستند که بخش وسیعی از تحقیقات اقلیمی دنیا را به خود اختصاص داده‌اند. از برجسته‌ترین مطالعات انجام گرفته در این خصوص می‌توان به تحقیقات ارزشمندی چون:

Bentley et al, 2002, Changnon, 2001, p 3, Easterling, 1989, p 567  
 Chumchean, et al, 2008, p 374, Kolendowicz, p 1803 L, 2006, p 374  
 Latha and Bonelli, et al, 2010, p 1, Rauhala and Schultz, 2009, p 369, 1  
 Murthy, 2011, p 230. Hurley et al, 2012, اشاره کرد.

حجازی‌زاده (۱۳۷۹: ۵) با بررسی نوسان دو مؤلفه پرفشار جنب حاره‌ای و چرخندگی مثبت تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال در دوره گرم و سرد سال، شرایط پایداری و ناپایداری جوی و تعداد طوفان‌های توأم با رعد و برق را مورد تحلیل قرار داده و به این نتیجه رسیده که با آغاز انتقال دوره گرم به سرد سال، افزایش بارش با عقب‌نشینی پرفشار جنب حاره‌ای و با عرض جغرافیایی رابطه مستقیمی دارد. ویژگی‌های زمانی و مکانی بارش‌های رعد و برقی شمال غرب مطالعه شده و ثابت شده که بارش‌های تندری، به دلیل ماهوی در جهت وقوع سیلاب‌های شدید محلی، از پتانسیل بالایی برخوردار هستند (رسولی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۵۵). غیبی (۱۳۸۷: ۳۷) نشان داد که مشاهدات گمانه‌زن‌های میکروویو پیشرفته و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی، به تنهایی، پتانسیل آشکارسازی پدیده‌های جوی مختلف به‌طور

کلی و طوفان‌های تندری به‌طور خاص را دارند و برای مناطقی نظیر ایران که ایستگاه‌های زمینی محدود می‌باشند، بسیار سودمند هستند. صراف و همکاران (۱۳۸۸: ۱۲۳) از بارش‌های رگباری حوضه جنوبی رود ارس، آن دسته از بارش‌ها را که در نتیجه ورود جبهه سرد به منطقه باریده بودند، تحلیل نموده و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین علل وقوع بارش‌های رگباری در این منطقه ناپایداری محلی و ورود جبهه سرد هستند.

توزیع احتمال وقوع بارش‌های تندری تبریز، مبین اجتناب ناپذیر بودن وقوع آنها در دوره‌های برگشت کوتاه مدت بوده و از این‌رو، بارش‌های تندری و پدیده‌های فرعی ناشی از آن در تبریز یک خطر دایمی محسوب می‌گردد (خوشحال و قویدل، ۱۳۸۶: ۱۰۱). قویدل رحیمی (۱۳۹۰: ۱۸۲) ابعاد دینامیک توفان تندری روز ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز را با استفاده از شاخص‌های مختلف بررسی و به این نتیجه رسیده که شاخص شوالتر بهتر از دیگر شاخص‌ها بوده و توفان تندری روز مذکور بر اثر تشدید ناپایداری جوی و حرکات قائم و همرفتی در سه تراز ۶۵۰، ۷۰۰ و ۷۵۰ هکتوپاسکال اتفاق افتاده است.

در روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ بارشی رعد و برقی در منطقه شمال غرب کشور به وقوع پیوست که بارش مذکور در اکثر نقاط منطقه شمال غرب توأم با بارش شدید باران، ریزش تگرگ‌های درشت و سنگین، وزش باد و رعد و برق بوده و خسارات سنگینی بر محصولات زراعی و باغی منطقه وارد کرد و موجب طغیان رودها و آب گرفتگی معابر در شهرهایی چون تبریز گردید. بارش مذکور در دوره‌ای از سال وقوع یافته است که هنگام ریزش‌های فصلی موسوم به نیشان است و در دوره نیشان وقوع بارش‌های رعد و برقی پدیده‌ای عادی بوده و همه ساله وقوع بارش‌های رعد و برقی موجب خسارات سنگین اقتصادی-اجتماعی و حتی تلفات جانی می‌شود. تحلیل سینوپتیک بارش‌های رعد و برقی موضوعی جالب و کاربردی است که تا به امروز آن‌گونه که باید، بدان پرداخته نشده است.

این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل سینوپتیک بارش رعد و برقی به وقوع پیوسته در روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز به عنوان ایستگاه شاخص منطقه شمال غرب ایران انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

پس از مشاهده عینی و میدانی بارش تندری روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۸، آمار بارش روزانه ایستگاه تبریز از وب سایت سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. برای ترسیم و تجزیه و تحلیل نقشه‌های سینوپتیک داده‌های جوی با توان تفکیک فضایی ۲/۵ درجه طول جغرافیایی در ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی روز مورد نظر (۲۴ و ۲۵ آوریل ۲۰۱۰) از بخش داده‌های بازتحلیل، مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی (NCEP) در وب سایت مرکز تشخیص اقلیمی در NOAA شده‌اند.

برای محاسبه و ترسیم نقشه‌های تاوایی نسبی از معادله زیر استفاده شده است:

$$\zeta R = (\delta V - \delta X) - (\delta U - \delta Y) \quad (1)$$

در رابطه بالا  $V$  مؤلفه نصف‌النهاری باد،  $U$  مؤلفه مداری باد،  $\delta V$  تفاوت مؤلفه نصف‌النهارات شرقی و غربی،  $\delta U$  تفاوت مؤلفه‌های مداری شمالی و جنوبی،  $\delta X$  فاصله بین دو نصف‌النهار در امتداد مدارات به متر و  $\delta Y$  فاصله بین دو مدار در امتداد نصف‌النهارین هستند (Lynch and Cassano, 2006: 125).

برای محاسبه آب قابل بارش و ترسیم نقشه آن از رابطه ۲ استفاده شده است:

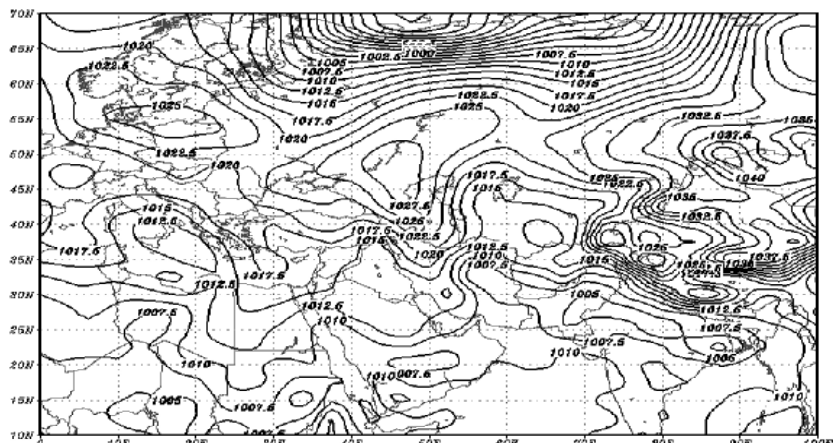
$$PW = g^{-1} \int_{P_{500}}^{P_0} q dp \quad (2)$$

که در آن  $g$  نیروی جاذبه،  $q$  نم و یژه،  $P_0$  فشار سطح زمین،  $P_{500}$  فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هستند. باید توجه داشت که اگر در محاسبه آب قابل بارش وارونگی دما بین دو لایه فشاری در بالای پایه ابر وجود داشته باشد، مقدار  $\int dp$  برای آن لایه با علامت منفی در نظر گرفته می شود (صادقی حسینی و رضائیان، ۱۳۸۵، ۸۵).

## نتایج

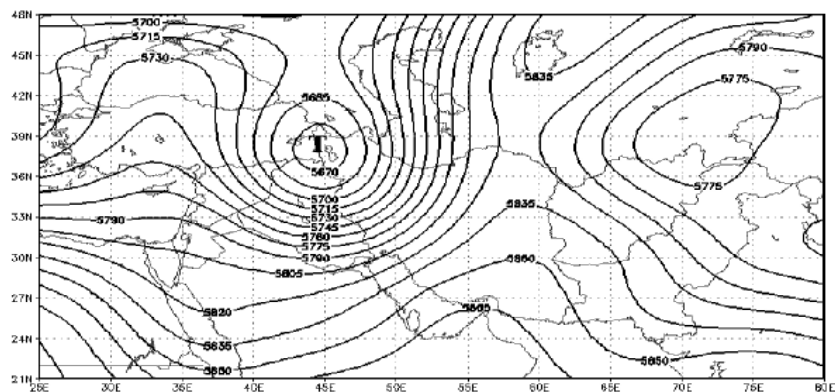
بررسی نقشه‌های فشار سطح دریا نشان می‌دهد که از سه روز قبل یعنی در روز ۲ اردیبهشتیک پرفشار روی بخش مدیترانه‌ای اروپا شکل گرفته به سمت شرق حرکت نموده،

بتدریج تقویت شده و در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت سامانه مذکور به اوج قدرت خود رسیده و هسته فشار مرکزی آن در شمال غرب دریای خزر (جنوب غربی روسیه) به ۱۰۲۸ هکتوپاسکال رسیده که با توجه به زمان وقوع بارش در فصل انتقالی بهار، فشار بالایی است. همانگونه که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود زبانه‌هایی از پرفشار مذکور به سمت ایران سرازیر شده که زبانه‌های مذکور هوای سرد و مرطوب پرفشار را به سمت منطقه شمال غرب ایران سرازیر نموده‌اند. لازم به ذکر است که استقرار سامانه مذکور و سرازیر شدن زبانه‌های آن به منطقه شمال غرب از روز ۳ اردیبهشت موجب ریزش بارش‌های رعد و برقی شده به طوری که در روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ بارش ۷/۵ میلی‌متری در ایستگاه تبریز به ثبت رسیده است. با افزایش قدرت مرکزی سامانه پرفشار و تزریق رطوبت دریای سیاه و دریای خزر به آن در روز ۵ اردیبهشت قدرت بارش‌سازی سامانه پرفشار بالاتر رفته و در روز ۵ اردیبهشت موجب ریزش بارش ۱۷/۵ میلی‌متری در تبریز و بسیاری از مناطق شمال و شمال غرب ایران شده است (شکل ۱). با توجه به منحنی‌های همفشار و موقع ایستگاه تبریز و حرکت ساعتگرد هوا در آنتی سیکلون‌های نیمکره شمالی می‌توان به این مسأله مهم پی برد که گردش ساعتگرد هوا در محدوده مذکور موجب تزریق رطوبت دریای خزر و سیاه به سامانه شده و قدرت بارش‌زایی قابل توجهی به آن داده که منبع رطوبت بارش منطقه شمال غرب ایران در روزهای ۳ تا ۶ اردیبهشت ۱۳۸۹ نیز به همین علت بوده است.



شکل (۱) الگوی توزیع فشار سطح دریا در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹

نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت که در شکل ۲ ترسیم شده، نشان می‌دهد که ناوه‌ای عمیق بر روی منطقه شمال غرب ایران شکل گرفته که مرکز ناوه مذکور پربندی به ارتفاع ۵۶۷۵ ژئوپتانسیل متری بوده و دقیقاً بر روی ایستگاه تبریز قرار گرفته است. محور ناوه عمیق مذکور با جهت شمال به جنوب غرب از دریاچه ارومیه به سوی جنوب عراق امتداد یافته است. با توجه به آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای ۷۰۰، ۶۰۰ و بویژه ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲) در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ و روزهای قبل از آن معلوم می‌شود که یک بلوکینگ تپیک از نوع کم‌فشار بریده که بر روی منطقه شمال غرب منحنی حالت امگایی شکل پیدا نموده، در منطقه حاکم شده است. استمرار زمانی چندروزه بارش‌های روزانه از ۳ تا ۶ اردیبهشت ۱۳۸۹ در منطقه شمال غرب نیز نتیجه عمل بلوکینگ مذکور است.



شکل (۲) آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹

عدم تطابق دما با ارتفاع ژئوپتانسیل مبین وقوع ناپایداری و وجود جو باروکلینیک (کژفشاری) شدیدی در ترازهای فوقانی جو به عنوان یکی از ملزومات اصلی وقوع بارش رعد و برقی محسوب می‌شود. همان گونه که گفته شد اوج این ناپایداری‌ها در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ بوده که نه تنها تبریز بلکه کل منطقه شمال غرب ایران در

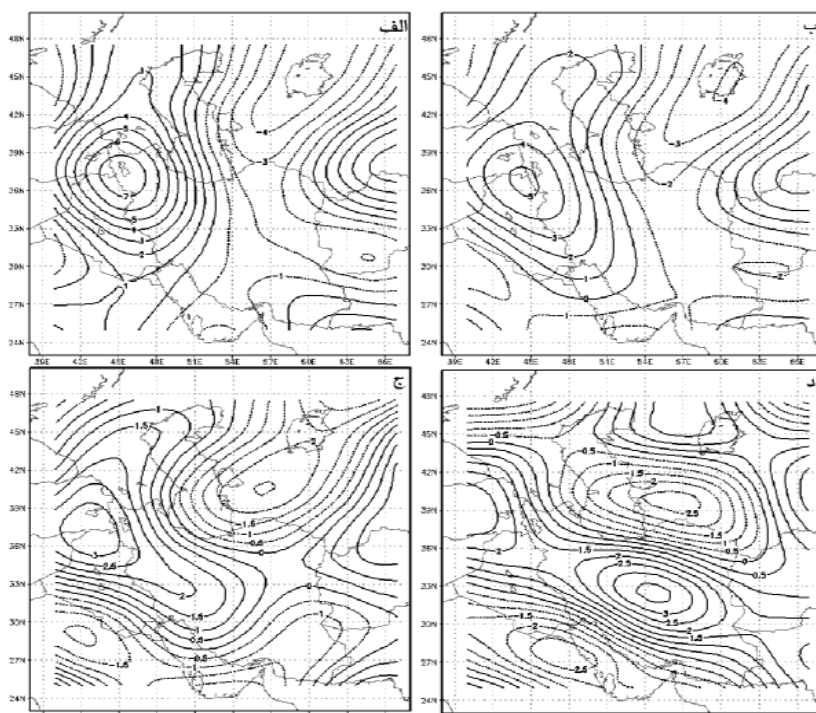


وجود چنین حرکات قائم و همرفتی از ضروریات وقوع بارش‌های رعد و برقی است که این مسأله در نقشه‌های ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال جو در ساعت ۱۵/۳۰ روز ۴ اردیبهشت بسیار بارزتر است (شکل ۳).

در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت و همچنین ۱۵/۳۰ روز ۵ اردیبهشت وضعیت توزیع سرعت قائم جو در سطوح فوقانی جو شکل دیگری پیدا کرده است. هسته‌های سرعت قائم نزولی و صعودی در اطراف منطقه شمال غرب ایران پراکنده شده و عموماً منحنی میزان صفر هکتوپاسکال بر ثانیه از روی ایستگاه تبریز عبور کرده است. در نقشه‌های روز مذکور قسمت عقب یا غرب ناوه عمدتاً دارای سرعت قائم مثبت و نزولی بوده و بخش جلویی یا شرق محور ناوه دارای سرعت قائم منفی و صعودی است. به عبارت دیگر جریان هوا در فرود موج بادهای غربی نزولی و در فراز بادهای غربی صعودی می‌باشند. وجود هسته‌های سرعت منفی و مثبت یا حرکات بالارو و نزولی در محدوده‌ای نچندان وسیع و عبور منحنی صفر هکتو از روی تبریز خود نشان دیگری از وجود توده هواهای مختلف و وجود جبهه بر روی منطقه شمال غرب ایران است.

وجود و استقرار و تأثیرگذاری سیکلون در پشت موج باد غربی (ناوه) و آنتی‌سیکلون در جلوی موج یا شرق ناوه موجب جریان و وزش هوا شده و تولید باد شدیدی می‌کند که با توجه به وجود رطوبت و هسته‌های تراکم و وجود حرکات قائم و همرفتی این امر منجر به تولید بارش رعد و برقی می‌شود. در این رابطه عامل مهم و تأثیرگذار دیگری که وجود دارد، تاوایی یا چرخندگی نسبی است. ترسیم نقشه‌های تاوایی نسبی نشان داد که غیر از تراز ۹۲۵ هکتوپاسکال در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت که دارای تاوایی منفی و آنتی‌سیکلونی بوده، در سایر روزها در تمامی سطوح جوی تاوایی نسبی مثبت و سیکلونی است. این بدان معنا است که در داخل ناوه مستقر بر منطقه شمال غرب کشور وضعیت گردش هوا (توده هواها) برخلاف عقربه‌های ساعت و در جهت حرکت وضعی بوده و جریانات صعودی و همرفتی شدیدی بر منطقه حاکمیت داشته است. در شکل ۴ نقشه‌های توزیع تاوایی نسبی در زمان اوج فعالیت سامانه بارشی در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ برای ترازهای ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم و نشان داده شده است.

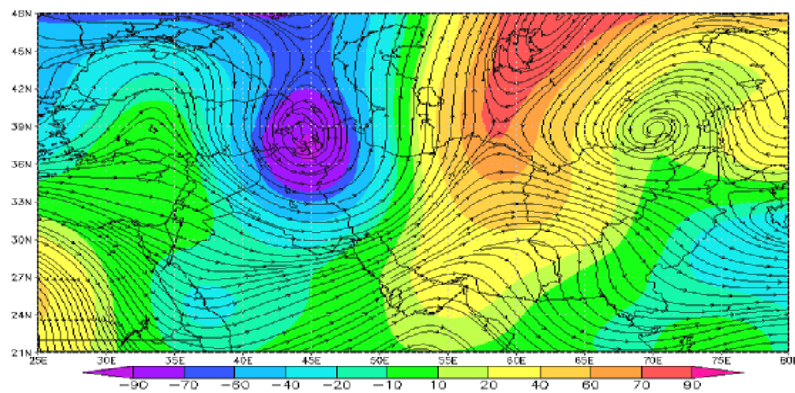




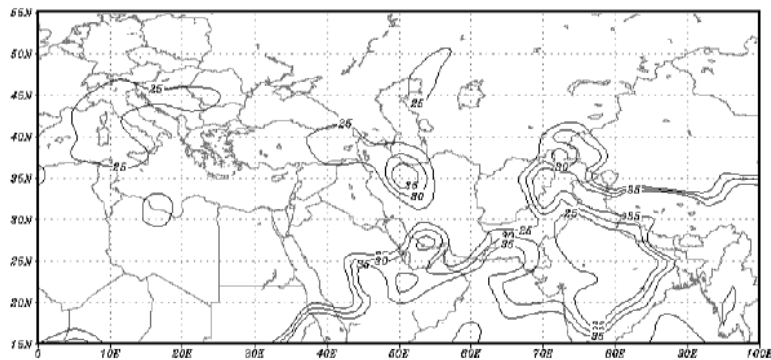
شکل (۴) نقشه توزیع تاوایی نسبی در زمان اوج فعالیت سامانه بارشی در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ برای ترازهای الف: ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب: ۶۰۰ هکتوپاسکال، ج: ۷۰۰ هکتوپاسکال، د: ۸۵۰ هکتوپاسکال.

با توجه به وضعیت آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل ترازهای فوقانی ۸۵۰ تا ۵۰۰ و توزیع سرعت قائم و تاوایی نسبی به نظر می‌رسد که یک پیچانه یا Eddy بویژه در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت بر روی منطقه شمال غرب ایران مستقر شده و اثرات ناشی از آن موجب وقوع بارش رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت شده است. ترسیم نقشه پیچانه وجود و تأثیر پیچانه در ترازهای یاد شده را نشان داد. با توجه به نمود بسیار بارزتر پیچانه مذکور در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نقشه تراز مذکور به هنگام اوج فعالیت سامانه بارشی در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ترسیم و در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۵ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت مرکز و هسته اصلی

ناهنجاری‌های منفی ارتفاع ژئوپتانسیل که به عنوان پیچانه یا Eddy شناخته می‌شود، دقیقاً بر روی منطقه شمال غرب ایران و ایستگاه تبریز و ارومیه مستقر شده و داخل آن با توجه به نقشه آب قابل بارش (شکل ۶) انباشته از هوای مرطوبی است که در جهت پادساعتگرد در حال همرفت و صعود است.



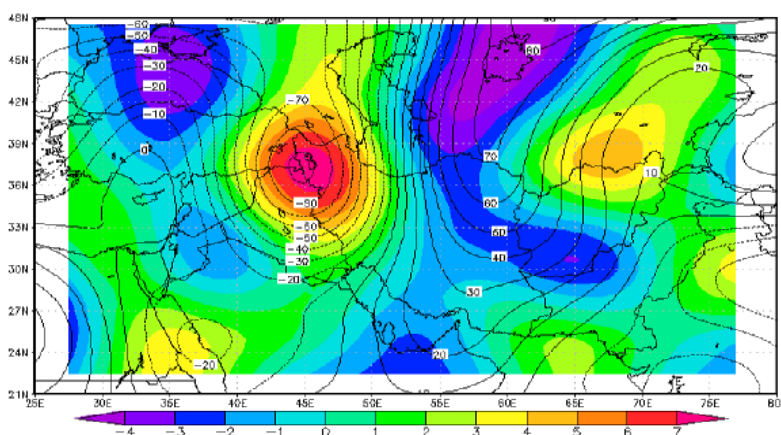
شکل (۵) پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و گردش پادساعتگرد (سیکلونی) هوای مرطوب در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹، اعداد منفی و مثبت ناهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیل هستند.



شکل (۶) توزیع آب قابل بارش (به گرم بر کیلوگرم) در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹

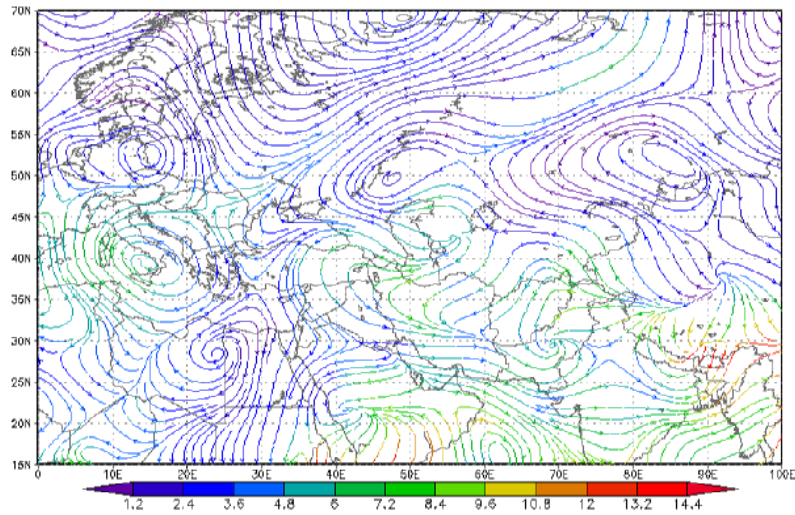
مطابقت زمانی و مکانی هسته مرکزی پیچانه‌های موجود بر روی ترازهای ۵۰۰ تا ۸۵۰ هکتوپاسکال با حداکثر تاوایی یا چرخندگی مثبت یا سیکلونی در همان ترازها در ساعت

۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹ که در شکل ۷ نشان داده شده، دلیلی قاطع بر شدت همرفت و حرکات قائم مولد بارش رعد و برقی و وجود جبهه است. تاوایی مثبت و وجود رطوبت کافی و حرکات همرفتی احتمال وزش رطوبتی جو در بارش رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت را تقویت می‌کند.

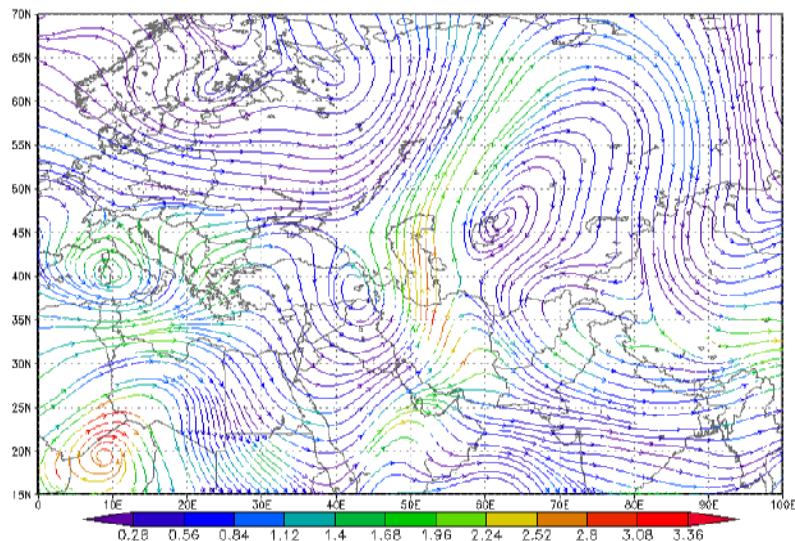


شکل (۷) تطبیق زمانی پیچانه با حداکثر تاوایی در شمال غرب ایران در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹

ترسیم و بررسی نقشه‌های وزش رطوبتی منبع رطوبت بارش رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ را مشخص نمود که بر این اساس در تمام مشاهدات از ساعت ۳/۳۰ روز ۴ اردیبهشت تا ساعت ۲۱/۳۰ روز ۵ اردیبهشت در ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال منبع تأمین رطوبت بارش‌های رعد و برقی دریای خزر و در ترازهای ۷۰۰، ۶۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریاهای مدیترانه و دریای سیاه هستند. در شکل ۸ وزش و تزریق رطوبت بارش رعد و برقی از دریای خزر به ایستگاه تبریز از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت و در شکل ۹ تزریق رطوبت دریای مدیترانه و بویژه دریای سیاه از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۳/۳۰ روز ۴ اردیبهشت به عنوان نمونه درج شده است.



شکل (۸) وزش و تزریق رطوبت (گرم در کیلوگرم در ثانیه) دریای خزر به منطقه شمال غرب و ایستگاه تبریز از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعت ۲۱/۳۰ روز ۴ اردیبهشت.



شکل (۹) وزش و تزریق رطوبت (گرم در کیلوگرم در ثانیه) دریای سیاه و مدیترانه به منطقه شمال غرب و ایستگاه تبریز از تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۳/۳۰ روز ۴ اردیبهشت ۱۳۸۹.

## نتیجه‌گیری

با توجه به مطالعه حجازی زاده (۱۳۸۷)، این مطالعه ثابت کرد که نه تنها چرخندگی مثبت تراز ۵۰۰ بلکه چرخندگی سیکلونی ترازهای ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال در بروز بارش‌های رعد و برقی مؤثرند.

نتایج این مطالعه نشان داد که وقوع بارش رعد و برقی در منطقه شمال غرب ایران و ایستگاه تبریز شامل بروز و استیلای شرایط سینوپتیک بسیار خاصی است. در خصوص بارش‌های رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ شرایط سینوپتیک موجد سیلاب و آبگرفتگی معابر عبارتند از وجود یک پرفشار در سطح زمین که مرکز آن بر روی شمال غرب دریای خزر بر روی جنوب غرب روسیه قرار گرفته و زبانه ۱۰۲۲/۵ هکتوپاسکال آن به منطقه شمال غرب ایران سرازیر شده و با انتقال رطوبت دریای خزر منبع رطوبتی بارش‌های رعد و برقی در ترازهای زیرین ۱۰۰۰، ۹۲۵ و ۸۵۰ هکتوپاسکال محسوب می‌شود. بررسی نقشه‌های وزش رطوبتی نشان داد که در ترازهای بالای ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال منبع تأمین رطوبت بارش‌های رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ دریاهای سیاه و مدیترانه هستند. بر این اساس سه منبع رطوبتی بارش‌های رعد و برقی روزهای یاد شده به ترتیب اهمیت عبارت از: دریای خزر، دریای سیاه و دریای مدیترانه می‌باشند.

با توجه به نقشه‌های ترسیمی و نتایج حاصل از آنها می‌توان گفت که وقوع بارش‌های رعد و برقی در روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ بر اثر وقوع ناپایداری شدید و جو کژفشاری در تمام سطوح مورد مطالعه، وقوع حرکات قائم شدید و همرفتی و تاوایی مثبت بویژه در سطوح ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال بوده و وجود ناوه عمیق و بلوکه شدن موج غربی بر روی مدیترانه و ایران که به شکل کم‌فشار بریده بر روی محدوده مورد مطالعه خودنمایی می‌کند، عامل استمرار زمانی بارش‌های رعد و برقی بوده است.

پیچانه مستقر بر ایران در ترازهای ۸۵۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز موجب استقرار و ریزش هوای سرد و مرطوب شمال غرب دریای خزر به منطقه شمال غرب و ایستگاه تبریز شده و نقش پدیده‌های پیش‌گفته را تکمیل نموده است. با توجه به تمرکز بارش‌های رعد و برقی

تبریز و کل منطقه شمال غرب ایران در فصل انتقالی بهار بویژه اردیبهشت و خرداد به نظر می‌رسد که استقرار شرایط سینوپتیک مورد اشاره برای بارش‌های رعد و برقی روزهای ۴ و ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹، تکرارپذیری زیادی داشته و از فراوانی وقوع بالایی برخوردارند که از این آگاهی می‌توان برای پیش‌بینی و دادن پیش‌آگاهی‌های لازم برای مواجهه با مخاطرات ناشی از بارش‌های رعد و برقی (صاعقه، تگرگ، باد شدید و غیره) استفاده کرد.

## منابع

- ۱- حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۷۹)، «بررسی عوامل سینوپتیکی بارش و طوفان‌های توام با رعد و برق در غرب کشور»، *مجله دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت معلم*، شماره ۸، جلد ۲۸ و ۲۹ صص ۲۶-۵.
- ۲- خوشحال دستجردی، جواد؛ قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۶)، «شناسایی ویژگی‌های مخاطرات محیطی منطقه شمال غرب ایران (نمونه مطالعاتی: خطر توفان‌های تندی در تبریز)»، *مدرس علوم انسانی، ویژه‌نامه جغرافیا*، (پیاپی ۵۳): ۱۱۵-۱۰۱.
- ۳- رسولی، علی‌اکبر؛ بداق جمالی، جواد؛ جلالی، مسعود (۱۳۸۶)، «توزیع زمانی بارش‌های رعد و برقی منطقه شمال غرب ایران».
- ۴- صادقی حسینی، علیرضا؛ رضائیان، مهتاب (۱۳۸۵)، «بررسی تعدادی از شاخص‌های ناپایداری و پتانسیل بارورسازی ابرهای همرفتی منطقه اصفهان»، *مجله فیزیک زمین و فضا*، جلد ۳۲، شماره ۲، صص ۹۸-۸۳.
- ۵- ساری صراف، بهروز؛ رسولی، علی‌اکبر؛ کیانی، طاهره (۱۳۸۸)، «تحلیل همدید بارش‌های رگباری در حوضه جنوبی رود ارس»، *فضای جغرافیایی*، شماره ۲۴، صص ۱۴۶-۱۲۳.
- ۶- غیبی، ابوالحسن (۱۳۸۷)، «تشخیص طوفان‌های تندی با استفاده از اطلاعات سنجش از دور واحد گمانه‌زن مایکروویو پیشرفته AMSU-B (AMSU-B) و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی»، *مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان*، شماره ۳۳، صص ۵۴-۳۷.
- ۷- قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰)، «کاربرد شاخص‌های ناپایداری جوی برای آشکارسازی و تحلیل دینامیک توفان تندی روز ۵ اردیبهشت ۱۳۸۹ تبریز»، *فضای جغرافیایی*، شماره ۳۴، صص ۲۰۸-۱۸۲.
- 8- Bonelli, P.P, Marcacci, E., Bertolotti, E, Collino; G, Stella, (2010), "Nowcasting and Assessing Thunderstorm Risk on the Lombardy Region (Italy)", *Atmospheric Research*, doi: 10.1016/j.atmosres.2010.08.009.
- 9- Changnon, S, A, (2001), "Thunderstorm Rainfall in the Conterminous United States", *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82(9): 1925-1940.

- 10- Changnon, S, A; (2003), "Measures of Economic Impacts of Weather Extremes", *Bull. Amer, Meteor. Soc*, 84(12): 1231-1235.
- 11- Chumchean, S.; Seed; A., Sharma, A., (2008), "An Operational Approach for Classifying Storms in Real-time Radar Rainfall Estimation", *Journal of Hydrology*, 363: 1-17.
- 12- Easterling, D.R, (1989), "Regionalization of Thunderstorm Rainfall in the Contiguous U.S", *Int. J. Climatol.* 9: 567-579.
- 13- Easterling, R, (2003), "Trends in U.S. Climate during the Twentieth Century", *Consequences*, 2: 3-12.
- 14- Hurley, J.P, G.J., Irwin; L.N., Fletcher; J.I., Moses; B., Hesman; J., Sinclair; C., Merlet, (2012), "Observations of upper Tropospheric Acetylene on Saturn: No Apparent Correlation with 2000 km-sized Thunderstorms", *Planetary and Space Science*, In Press, Corrected Proof.
- 15- Kolendowicz, L, (2006), "The Influence of Synoptic Situation on the Occurrence of Days with Thunderstorms during a Year in the Territory of Poland", *Int. J. Climatol.* 26: 1803-1820.
- 16- Latha, R; B,S, Murthy, (2011), "Boundary Layer Signatures of Consecutive Thunderstorms as Observed by Doppler Sodar Over Western India", *Atmospheric Research*, 99(2): 230-240.
- 17- Lynch, A, H; J.J, Cassano, (2006), "*Applied Atmospheric Dynamics*", John Wiley & Sons Ltd.
- 18- Rauhala, J.D., Schultz, (2009), "Severe Thunderstorm and Tornado Warnings in Europe", *Atmospheric Research*, 93:369-380.
- 19- Waguespack, M; (2006), "Reconciling Garbage Cans and Rational Actors: Explaining Organizational Decisions about Environmental Hazard Management", *Social Science Research*, 35: 40-59.
- 20- Williams, E.R., (2005), "Lightning and Climate: A Review", *Atmospheric Research*, 76: 272-287.