

جغرافیا و توسعه شماره ۳۰ بهار ۱۳۹۲

وصول مقاله: ۱۳۹۰/۸/۲۱

تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۱/۲۵

صفحات: ۱۷۸-۱۵۷

## بررسی و تحلیل همیدیدی سه رخداد تگرگ شدید در استان فارس

دکتر کمال امیدوار<sup>۱</sup>، فرشاد صفرپور<sup>۲</sup>، اسماعیل زنگنه‌اینالو<sup>۳</sup>

### چکیده

ریزش تگرگ‌های شدید نقش مؤثری در ایجاد سیلاب‌های ناگهانی داشته و خسارت‌های زیادی را به بخش کشاورزی ایران و استان فارس وارد می‌سازد. جهت مقابله با کاهش خسارت‌های ناشی از آن، شناخت شرایط همیدیدی ایجاد این پدیده مغرب لازم است. جهت بررسی شرایط همیدیدی و دینامیکی پدیده تگرگ در استان فارس از داده‌های روزانه‌ی بارش تگرگ ۱۴ ایستگاه همیدیدی استان فارس در یک دوره‌ی آماری ۴ ساله (۱۳۸۵-۱۳۸۸) استفاده شد. سپس ۳ نمونه از بارش‌های شدید تگرگ در منطقه در طول دوره‌ی آماری شناسایی و انتخاب گردید. سپس با استفاده از داده‌های مرکز NCEP/NCAR نقشه‌های همیدیدی تراز دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، وزش رطوبتی، آمگا و چرخندگی در محیط نرم‌افزار GrADS و نیز با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه‌ی توزیع بارش تگرگ در روز اوج بارش برای سه دوره‌ی انتخابی ترسیم شد. برای محاسبه‌ی شاخص‌های ناپایداری شولتر (Si) و ویتینگ (Ki)، از داده‌های جو بالای ایستگاه شیراز استفاده شد. سرانجام با استفاده از نقشه‌ها و داده‌های مذکور، شرایط همیدیدی و الگوهای ریزش تگرگ در هر دوره‌ی انتخابی در منطقه مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در هر سه دوره‌ی انتخابی ریزش تگرگ در استان در فروردین‌ماه و در اثر تشکیل و تقویت کم‌فشار بریده (سردچال) در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و ایجاد کم‌فشار و ناپایداری در سطح دریا می‌باشد. بررسی الگوهای جو‌ی نشان داد که عامل ایجاد این پدیده در منطقه، نتیجه‌ی تقویت و گسترش سامانه‌های کم‌فشار واقع در شرق دریای سرخ و عربستان است. این سامانه‌های کم‌فشار با عبور از روی آب‌های جنوبی کشور، رطوبت کسب کرده و در نواحی مرکزی، جنوب‌غربی و منطقه‌ی مورد مطالعه ایجاد ناپایداری و ریزش تگرگ می‌کنند. همچنین ریزش هوای سرد از لایه‌های میانی جو توسط پدیده‌ی سردچال، شرایط گسترش این سامانه‌های کم‌فشار جنوبی و شکل‌گیری جریان‌های ناپایدار و حرکت آن به سوی ایران و منطقه را فراهم می‌کند. بنابراین، ریزش هوای سرد از ترازهای میانی همراه با تغییرات شدید دما در لایه‌های بالایی و پایینی جو، باعث ناپایداری و صعود شدید هوا، تشکیل ابرهای کومولونیمبوس و ریزش شدید تگرگ در دوره‌های انتخابی در استان فارس شده است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل همیدیدی، تگرگ، سردچال، نقشه هوا، استان فارس.

komidva@yazduni.ac.ir

f.safarpour@geo.ui.ac.ir

yasharinaloo@yahoo.com

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی جغرافیا دانشگاه یزد

۲- دانشجوی دکتری آب و هوا شناسی دانشگاه اصفهان (نویسنده مسؤل)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه یزد

## مقدمه

توفان تندری جزء اولین پدیده‌های هواشناسی است که توجه انسان را به خود جلب نموده است. به دلیل همراهی توفان‌های تندری با رگبارهای باران و توفان‌های تگرگ و نقش مؤثر آن در ایجاد سیلاب‌های ناگهانی، هم از جنبه‌ی کشاورزی و هم از نظر خسارات مالی و جانی، این پدیده همواره مورد توجه محققان بوده است. تگرگ بارندگی گلوله‌ای یا تکه‌های یخ است که به علت صعود بسیار شدید هوا همراه با پدیده‌های الکتریکی به وجود می‌آید (اسکورو<sup>۱</sup>، ۱۳۷۵: ۳۱). تگرگ از دانه یا تکه‌های یخ به قطر ۵ تا ۵۰ میلی‌متر و گاهی بیشتر تشکیل شده است. رشد شدید تگرگ حاصل حرکات عمودی شدید و مکرر هوا در ابرهای کومولونیمبوس است و این امر باعث می‌شود که نطفه‌های تگرگ قطرات آب را به دور خود جذب کنند و سبب انجماد آن‌ها شوند (علیچانی و کاویانی، ۱۳۸۷: ۲۶۴). تعداد کمی از توفان‌های تندری تگرگی به زمین می‌رسند و بسیاری از آن‌ها، حتی در مناسب‌ترین قسمت ابر، بدون تگرگ‌اند (بایرز<sup>۲</sup>، ۱۳۷۷: ۴۲۸). شرایط ایجاد و ریزش تگرگ، وجود هوای گرم و مرطوب در پایین جو و صعود ابرهای انباشته با ارتفاع و سرمای زیاد توأم با تداوم شرایط حداکثر ناپایداری هواست. در تاریخ ۱۱ مه ۱۹۲۱ در هندوستان تگرگی بارید که قطر بعضی از آن‌ها ۱۳۰ میلیمتر و یک کیلوگرم وزن داشت (بازرگان، ۱۳۶۵: ۳۱۱-۳۰۹). به دلیل اهمیت رخداد تگرگ، مطالعاتی در زمینه‌ی تشکیل و رشد آن در کشورهای مختلف جهت پیش‌بینی آن‌ها انجام گرفته است. در ارتباط با تگرگ و توفان‌های تگرگ‌زا کارهای زیادی انجام شده که می‌توان به کارکاستا<sup>۳</sup> و همکارانش (2001: 73- 88) اشاره کرد که شاخص‌های ناپایداری

را برای سه طبقه‌ی مهم از توفان‌هایی که از سال ۱۹۹۷-۱۹۹۹ در شمال ایتالیا رخ داده بود، محاسبه کردند. سیمونوف و گئورگیوف<sup>۴</sup> (2003: 629-643) بر روی توفان‌های شدید باد و تگرگ رخ داده در صوفیه بلغارستان تحقیقی انجام داده و شاخص‌های ناپایداری برای این توفان‌ها را محاسبه کردند.

وایتمن<sup>۵</sup> (2003: 62-78) با روش تحلیل همدیدی، پدیده‌های اقلیم کوهستانی به ویژه توفان‌های رعد و برقی، تگرگ و روزهای توأم با بارش‌های سنگین را مطالعه کرد.

استرلینگ<sup>۶</sup> (2003: 180-192) از توفان‌های تندری به عنوان معضل مهم آمریکا در قرن بیستم یاد کرده و پیامدهای محیطی و اقتصادی ناشی از توفان‌های تندری و پدیده‌های مربوط به آن (تگرگ، سیل و باد شدید) را بر اقتصاد قشر کشاورز آمریکا بررسی کرده است.

در ایران نیز مطالعاتی در زمینه‌ی تگرگ و توفان‌های تندری صورت گرفته است. بهراد (۱۳۶۲: ۶۰-۵۸) خسارات وارده از سرما، تگرگ و یخبندان به باغات انگور کشور و روش‌های مقابله با آن را مورد مطالعه قرار داده است. قربانی (۱۳۷۵: ۱۱۲) در رابطه با تحلیل همدید بارش تگرگ در استان اصفهان، به این نتیجه رسیده که فعالیت مرکز پرفشار سرد و ریزش هوای سرد به لایه‌های میانی جو در شمال غرب کشور و وجود کم‌فشار جنوبی در لایه زیرین جو که جریان‌ات گرم و مرطوب عربستان را به منطقه وارد می‌کند، باعث رشد ابرهای کومولونیمبوس شده و بارش تگرگ را ایجاد می‌کند.

برودتی (۱۳۸۱: ۲۷-۲۵) به شناخت و راه‌های مقابله با خسارت تگرگ پرداخته است. صناعی و همکاران (۱۳۸۲: ۲۰-۷) در ارتباط با کاهش خسارت تگرگ، از

4-Simoenov & Georgiev  
5-White man  
6-Sterling

1-Oskurv  
2-Byers  
3-Costa

تحلیل الگوی همدیدی بارش، نقشه‌های وضع هوای سطح دریا و سطوح فوقانی جو (۵۰۰، ۸۵۰ هکتوپاسکال) مرتبط با آن در ساعت صفر و ۱۲ به وقت گرینویچ، از یک روز قبل از وقوع بارش تگرگ تا روز رخداد بارش از مرکز ملی پیش‌بینی‌های محیطی (NCEP) استخراج و مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های NCEP/NCAR در ۶ گروه طبقه‌بندی شده‌اند که در این مقاله از داده‌های تراز فشار استفاده شده است. از میان متغیرهای تراز فشار، ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری، باد نصف‌النهاری، تاوایی، سرعت عمودی (أمگا) و نم ویژه انتخاب گردیده است. همچنین آمار مربوط به میزان بارش، رطوبت حداکثر و حداقل و دمای حداقل و حداکثر از اداره‌ی کل هواشناسی استان فارس گرفته شد. ابتدا سه مورد تگرگ انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفت و چون تگرگ سال ۱۳۸۵ در شهرستان فسا بیشترین خسارت را به محصولات کشاورزی وارد کرده بود، این شهرستان به عنوان نمونه انتخاب شد و آمار مربوط به خسارات تگرگ از جهاد کشاورزی شهرستان فسا و استانداری فارس گرفته شد. داده‌های جو بالای ایستگاه شیراز (سمت و سرعت باد، دما، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی و نسبت آمیزه) نیز برای محاسبه‌ی ناپایداری مورد استفاده قرار گرفت. برای به دست آوردن میزان ناپایداری در روزهای مورد مطالعه، شاخص‌های ناپایداری شولتر (Si) و ویتینگ (Ki) برای ایستگاه شیراز محاسبه شد. قابل ذکر است که شاخص شولتر (Si) مبتنی بر مفهوم ناپایداری پتانسیلی است که به صورت یک شاخص عددی بیان می‌شود و اساس آن بر رابطه بین دمای خشک و نقطه شبنم تراز ۸۵۰ ژئوپتانسیل متر و دمای خشک تراز ۵۰۰ ژئوپتانسیل متر استوار است و بر مبنای معادله  $Si = T_{500} - T'$  محاسبه می‌شود. در این رابطه  $T'$  بدین صورت به دست می‌آید که از نقطه LCL (تراز میعان بالا) خطی موازی با منحنی بی‌درروی مرطوب در روی نمودار ترمودینامیکی رسم شود و خط مزبور تراز فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال را

بررسی مدل آماری استفاده کرده‌اند. آن‌ها برای اولین بار فراوانی رخداد تگرگ را در سطح استان‌های کشور شناسایی کردند. این مطالعه مشخص نمود که بیشترین فراوانی بارش تگرگ در محدوده‌ی غرب و شمال‌غرب ایران و کمترین آن در نیمه‌ی شرقی کشور است. عبدمنافی (۱۳۸۳: ۱۲۱) در مطالعه‌ی بارش تگرگ در منطقه‌ی تهران با بررسی تغییرات باد با ارتفاع و محاسبه‌ی شاخص‌های ناپایداری و تحلیل همدیدی، به این نتیجه رسیده که این پدیده بر اثر ناپایداری همرفتی توده‌ی هوا و یا بر اثر عبور جبهه‌ی سرد به وقوع می‌پیوندد. قندهاری (۱۳۸۵: ۹۸) با استفاده از مدل MM۵ بارش‌های رگباری شدید را شبیه‌سازی نموده و نفوذ زبانه‌ی پرفشار سرد سیبری از شمال‌شرق و همچنین تأثیر زبانه‌های کم‌فشار و گرم آفریقا بر روی جنوب‌غرب کشور را دلیل بارش‌های رگباری شدید در منطقه می‌داند.

با توجه به این‌که همه ساله تگرگ در استان فارس خسارات زیادی را به ویژه در بخش کشاورزی به بار می‌آورد، هدف این پژوهش بررسی و تحلیل همدیدی سه دوره انتخابی تگرگ از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۸۸ در استان فارس، به منظور کاهش اثرات مخرب این پدیده بر بخش کشاورزی است.

## مواد و روش

با توجه به این‌که در این تحقیق تحلیل همدیدی تگرگ‌های استان فارس مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته، ابتدا برای تعیین روزهای تگرگ از جهاد کشاورزی، استانداری و اداره کل هواشناسی استان فارس اطلاعات مربوط به روزهای رخداد تگرگ اخذ شد. داده‌های جوی لازم برای این پژوهش از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR<sup>۱</sup> و آمار مربوط به بارش از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. همچنین برای

GrADS نقشه‌های وزش رطوبتی، امگا، چرخندگی، ارتفاع ژئوپتانسیل و فشار سطح دریا و با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه توزیع بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه برای روزهای اوج بارش تگرگ در منطقه ترسیم شد.

### بحث

برای تحلیل بهتر بارش‌های تگرگ در استان فارس، یک دوره‌ی آماری ۴ ساله انتخاب شد و در این دوره سه بارش شدید انتخاب و نقشه‌های سطح دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به این بارش‌ها ترسیم و تفسیر شدند. برای بهتر نشان دادن عوامل مؤثر این بارش‌ها، ساعاتی از روز انتخاب شدند که اوج فعالیت سیستم‌های بارشی تگرگ‌زا در منطقه را نشان دهند. بدین منظور برای الگوی سال ۱۳۸۵ ساعت ۱۲ و برای الگوهای سال ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸ ساعت صفر به وقت گرینویچ انتخاب شدند. در جدول شماره ۱ میزان بارش و حداقل دما در روزهای بارش در دوره‌ی مورد مطالعه (۱۳۸۵-۱۳۸۸) مشاهده می‌شود.

قطع کند،  $T'$  دمای این نقطه تقاطع است. اگر این شاخص بین ۱ و ۳ باشد، احتمال ناپایداری وجود دارد، اگر بین ۱ و ۳- باشد احتمال ناپایداری شدیدتر می‌شود و اگر کمتر از ۳- باشد، شدت ناپایداری افزایش می‌یابد. شاخص ناپایداری  $K_i$  بر مبنای روش ویتینگ و بر اساس اطلاعات کاوشگر سطح بالا و بر مبنای معادله  $K_i=(T+T_d)850-(T-T_d)700-T500$  محاسبه می‌گردد. اگر مقدار عددی این شاخص کمتر از ۱۵ باشد، ۰ تا ۲۰ درصد، اگر بین ۱۵ تا ۳۰ باشد، ۲۰ تا ۶۰ درصد، اگر بین ۳۰ تا ۴۰ باشد، ۶۰ تا ۹۰ درصد و اگر بیشتر از ۴۰ باشد ۹۰ تا ۱۰۰ درصد احتمال ناپایداری شدید وجود دارد (قائمی، ۱۳۷۱: ۱۳-۹).  
بدین ترتیب روند آرایش الگوی همدیدی و الگوی فشار برای سه رخداد (سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۸) انتخاب و برای تفسیر شرایط همدیدی این بارش‌ها، در دو روز متوالی نقشه‌های وضع هوا در سطوح مختلف جو برای ساعت صفر و ۱۲ به وقت گرینویچ مورد تحلیل قرار گرفت. همچنین با استفاده از نرم‌افزار



شکل ۱: موقعیت و پراکندگی ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان فارس

مأخذ: نگارندگان

جدول ۱: میزان بارش و حداقل دما در ایستگاه‌های مورد مطالعه

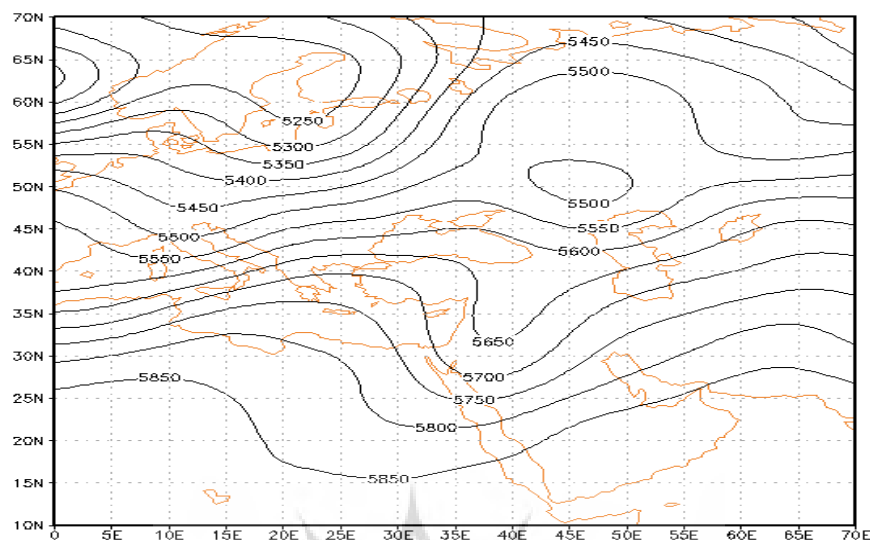
ایستگاه	۱۸ فروردین ۱۳۸۵		۲۴ فروردین ۱۳۸۶		۱۰ فروردین ۱۳۸۸	
	بارش (mm)	حداقل دما (°C)	بارش (mm)	حداقل دما (°C)	بارش (mm)	حداقل دما (°C)
شیراز	۷/۶	۷	۶/۱	۶	۳۱/۵	۳
استهبان	۱۲/۲	۴	۵/۴	۳	۴۲/۳	۳
فسا	۲۰/۴	۵	۴/۹	۸	۴۰/۶	۴
لار	۴/۳	۱۴	۴/۳	۱۴	۱۸/۱	۹
لامرد	۳/۵	۱۶	۳/۳	۱۸	۲۱/۴	۱۱
داراب	۴/۷	۱۱	۲/۱	۱۳	۴۰/۱	۷
چهرم	۰	-۱	۴/۳	۸	۶۷/۲	۶
فیروزآباد	۰	-۱	۲۷/۷	۵	۰	۴
نیریز	۱۵/۱	۸	۱/۸	۸	۳۹/۷	۶
ارسنجان	۰	-۳	۰	۸	۳۳/۴	۲
مرودشت	۱۴/۷	۰	۱۷/۴	۲	۲۴/۴	۱
اقلید	۱۷	۰	۳۲/۱	۵	۱۷/۶	۳
آباده	۸/۶	۱	۱۵/۳	۷	۱۴/۶	۱
ممسنی	۹/۲	۶	۶/۷	۹	۳۲/۷	۳

مأخذ: نگارندگان

## تحلیل هم‌دیدگی تگرگ فروردین ۱۳۸۵

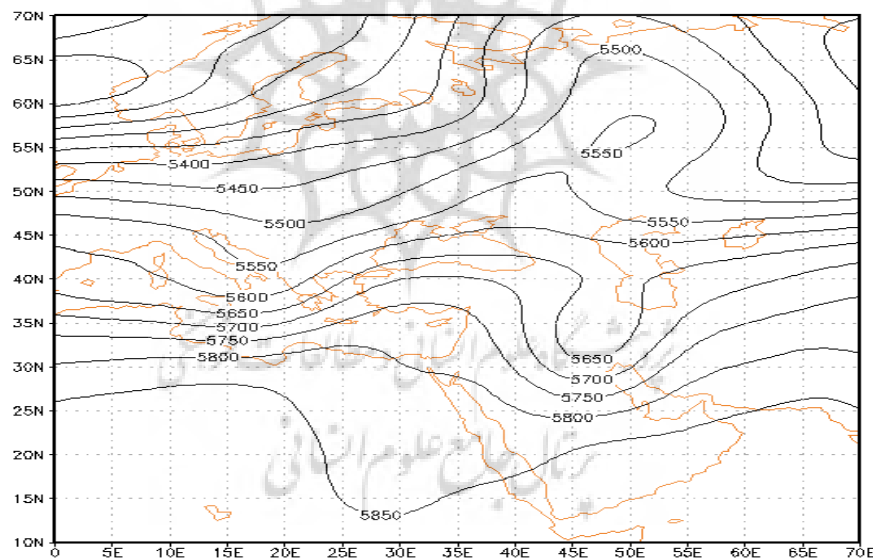
شده است. با تغییر مسیر امواج غربی به عرض‌های جنوبی‌تر، این امواج با عبور از آب‌های جنوبی کشور، رطوبت کسب کرده و باعث ایجاد ناپایداری و بارش در مناطق جنوب‌غرب ایران شده است. در لایه‌های میانی جو ریزش هوای سرد باعث تبدیل بارش به تگرگ شده است. در روز ۱۸ فروردین، ناوه روز قبل به طرف شرق و جنوب جابه‌جا شده و بر روی نواحی غربی ایران مستقر شده است. به همین دلیل، امواج غربی به طور کامل کشور ایران را در بر گرفته‌اند. افزایش گرادیان کنتروری بر روی ایران نشان‌دهنده‌ی ناپایداری شدید در منطقه‌ی مورد مطالعه است (شکل ۳)

با توجه به نقشه ساعت ۱۲ سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲)، در روز ۱۷ فروردین یک مرکز کم‌ارتفاع بریده (سردچال) با ارتفاع مرکزی ۵۵۰۰ ژئوپتانسیل متر بر روی کشور عراق (نصف‌النهار ۴۵ شرقی و مدار ۵۰ درجه شمالی) مستقر شده است. گرادیان ارتفاع ناوه مذکور ۳۵۰ متر است که مرکز آن بر روی شمال غربی دریای خزر قرار گرفته و پربند ۸۵۰ ژئوپتانسیل متر آن تا جنوب دریای سرخ امتداد یافته است. این ناوه امواج غربی را به دو شاخه تقسیم کرده است. شاخه‌ی شمالی آن به سمت روسیه و سیبری منحرف شده و شاخه‌ی جنوبی آن به عرض‌های پایین منتقل



شکل ۲: نقشه‌ی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۷ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان



شکل ۳: نقشه‌ی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۸ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

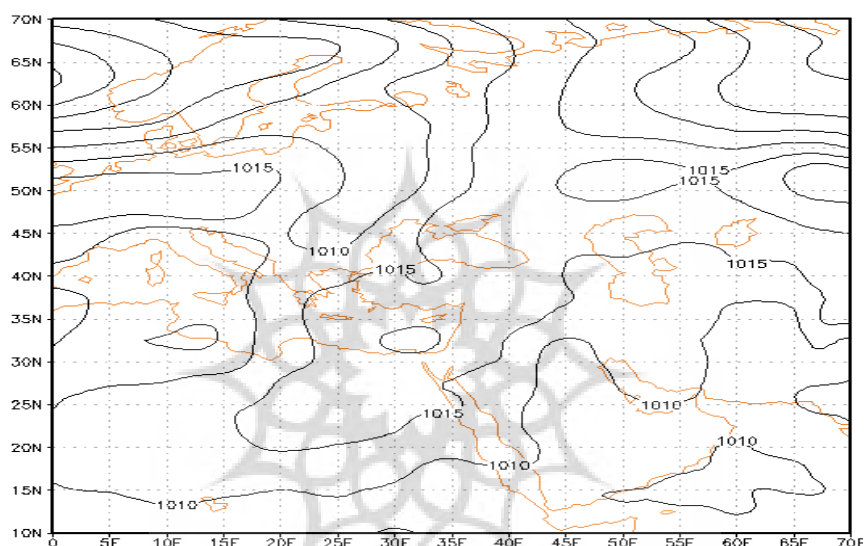
مأخذ: نگارندگان

هکتوپاسکال مستقر شده (نصف‌النهار ۵۵ درجه شرقی و مدار ۵۰ درجه شمالی) و پربند آن تا نواحی مرکزی دریای خزر کشیده شده و هوای سرد را به مرکز ایران تزریق می‌کند (شکل ۴). استقرار همین پرفشار باعث شده تا جریانات جنوبی نتوانند به خوبی وارد منطقه‌ی

در نقشه‌ی فشار تراز دریا در روز ۱۷ فروردین مرکز پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۲۰ هکتوپاسکال بر روی شرق دریای مدیترانه و شمال دریای سرخ (۴۰ درجه شمالی و ۲۰ درجه غربی) و یک مرکز کم‌فشار نیز بر روی شمال دریای خزر با فشار مرکزی ۱۰۱۵

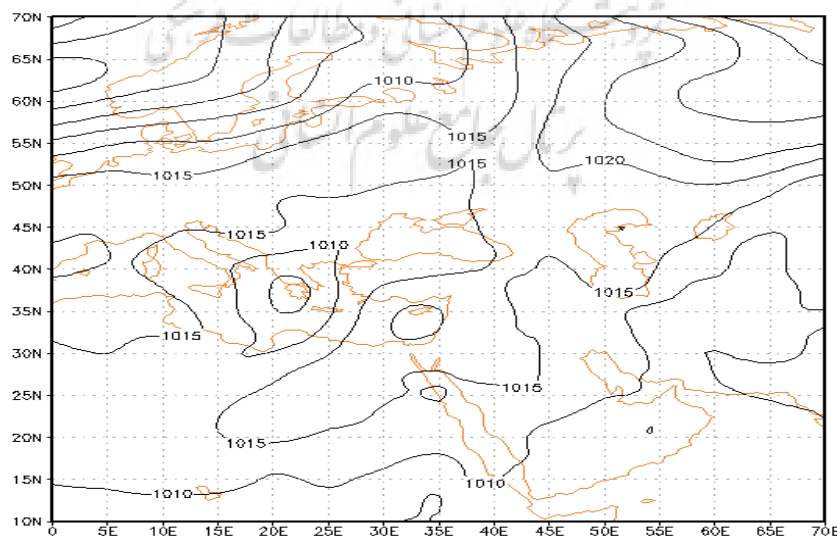
سیستم پرفشار مستقر بر روی دریای مدیترانه به سوی شرق حرکت کرده و کم‌فشار مستقر بر روی خلیج عدن به طرف شمال جابه‌جا شده و منطقه‌ی مورد مطالعه را کاملاً فرا گرفته است (شکل ۵). این کم‌فشار باعث ایجاد ناپایداری شده و چون هوای سرد از عرض‌های بالا به منطقه‌ی مورد مطالعه تزریق شده، بارش به صورت تگرگ اتفاق افتاده است.

مورد مطالعه شوند. در نتیجه بجز نواحی جنوب شرق کشور بیشتر قسمت‌های کشور دارای هوایی پایدار و بدون بارش می‌باشد. همچنین در این روز مرکز کم-فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی خلیج عدن شکل گرفته و پربند آن تا نواحی جنوب غربی کشور امتداد یافته و باعث ایجاد ناپایداری شده ولی هنوز به نواحی داخل ایران وارد نشده است. در روز ۱۸ فروردین



شکل ۴: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۱۷ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان

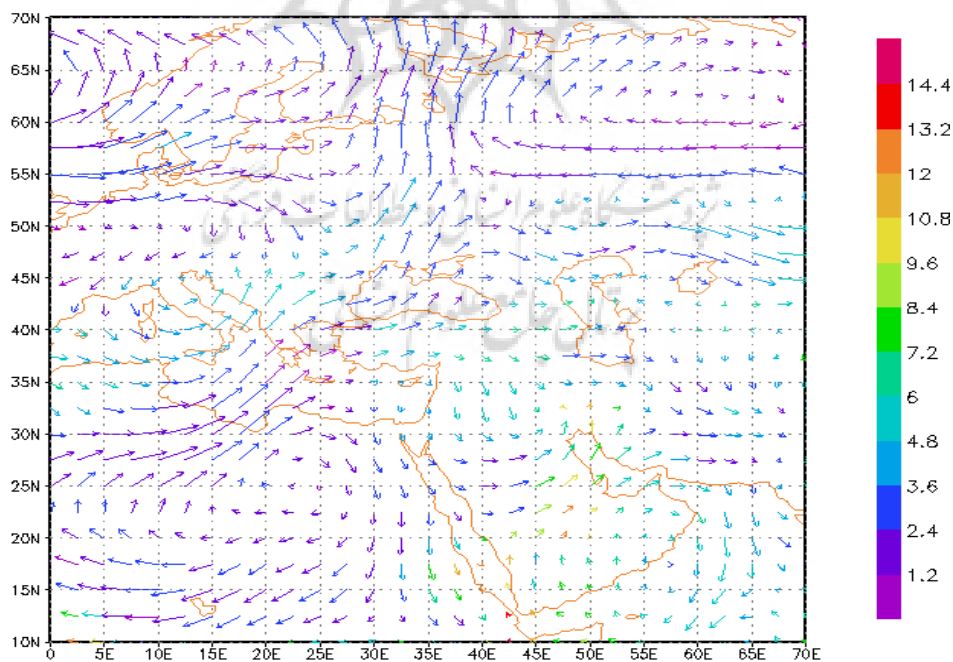


شکل ۵: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۱۸ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان

خلیج عدن تشکیل شده بود، به دریای عمان رسیده و در این روز رطوبت را از طریق تنگه‌ی هرمز به نواحی داخلی ایران منتقل می‌کند. همچنین چرخند مثبتی که روز قبل به ایران نرسیده بود، در این روز کاملاً بر روی غرب کشور مستقر شده و با حرکت سیکلونی خود همچنان در حال تزریق رطوبت خلیج فارس به قسمت‌های داخلی ایران بوده و ناپایداری شدیدی را در منطقه‌ی مورد مطالعه به وجود آورده است (شکل ۷). همچنین واچرخندی در شمال شرق دریای خزر ایجاد شده است و با حرکت ساعت‌گرد خود هوای سرد سیبری را به داخل ایران انتقال داده و در مناطق داخلی کشور، به علت اختلاف زیاد بین دمای آن و دمای سیستم ناپایدار مدیترانه‌ای، باعث ایجاد ناپایداری شدید و تشکیل تگرگ شده است.

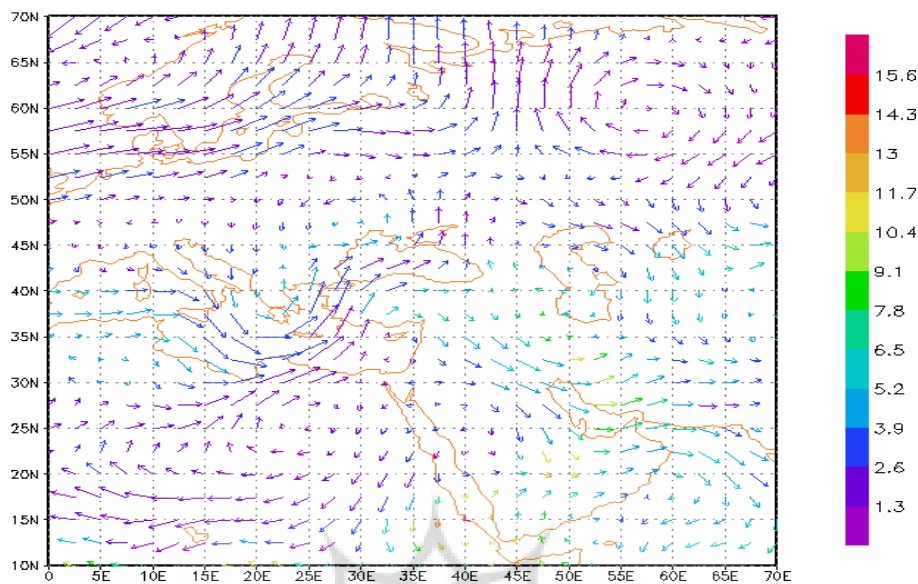
در نقشه‌ی وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مربوط به این روز مشاهده می‌شود که واچرخندی بر روی خلیج عدن تشکیل شده است (شکل ۶). این واچرخند با حرکت آنتی‌سیکلونی خود رطوبت دریای عمان، دریای سرخ و خلیج فارس را به مناطق جنوب غرب و غرب ایران تزریق کرده و باعث تشدید ناپایداری در این مناطق شده است. همچنین وجود چرخندگی مثبت واقع در شمال دریای سرخ، با حرکت سیکلونی خود رطوبت دریای سرخ و خلیج فارس را به نیمه‌ی غربی ایران تزریق کرده است. چرخند مذکور باعث ایجاد ناهنجاری در مناطق جنوب غرب شده ولی این ناهنجاری هنوز به نواحی داخلی ایران وارد نشده است. در روز ۱۸ فروردین، به موازات حرکت چرخندها و واچرخندها به طرف شرق، زبانه‌های مرطوب نیز به سمت شرق جابه‌جا شده‌اند. واچرخندی که بر روی



شکل ۶: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۷ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

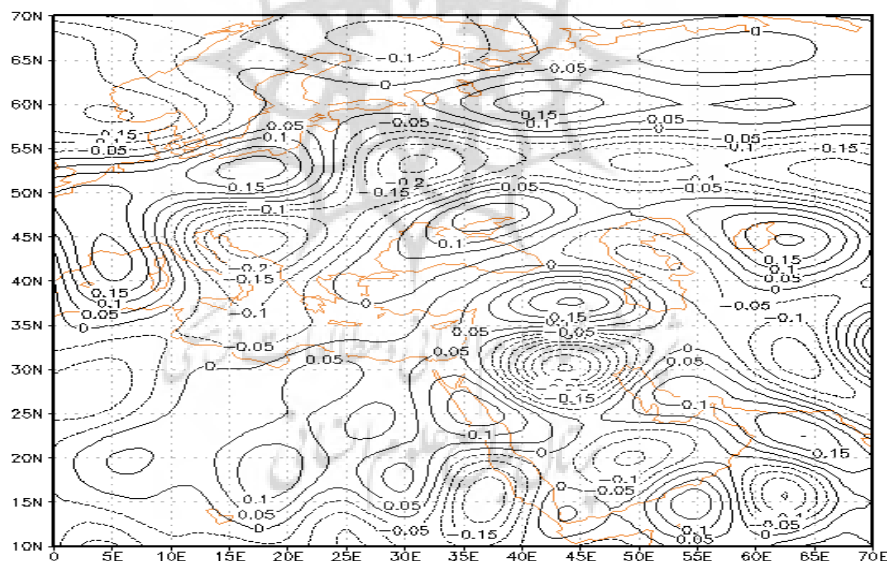
مأخذ: نگارندگان





شکل ۷: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۸ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان



شکل ۸: أمگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۷ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

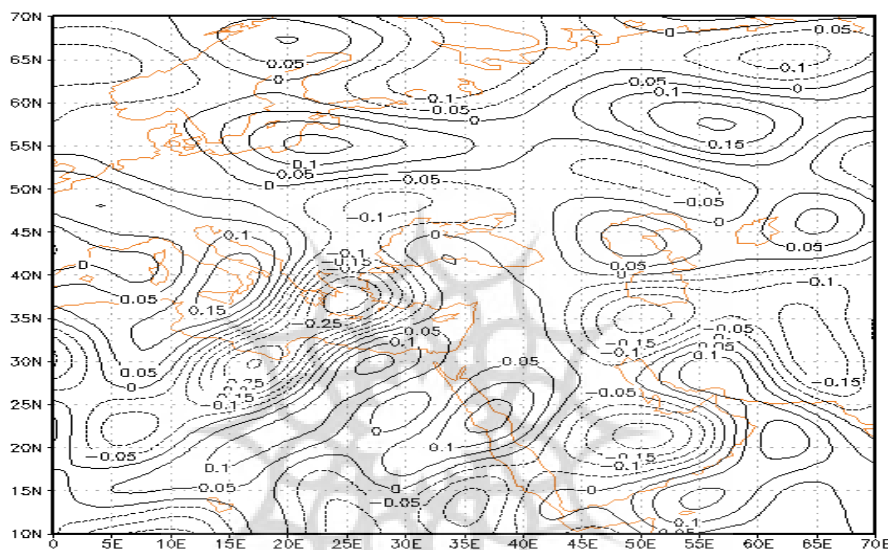
مأخذ: نگارندگان

شرقی (منطقه‌ی غرب فرود) دو هسته‌ی نزول هوا و در طول جغرافیایی ۵۵ درجه شرقی (منطقه‌ی شرق فرود) یعنی نواحی جنوب غرب ایران و شمال خلیج فارس یک هسته صعود تشکیل شده که دلیلی بر وجود ناپایداری در بخش‌های غربی کشور است. در روز بعد (۱۸ فروردین)، به تبعیت از حرکت فرود به سمت شرق،

نقشه‌ی أمگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۷ فروردین ناپایداری را در بخش‌های غربی فرود ایجاد شده در نقشه‌ی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال همین روز نشان می‌دهد (شکل ۸). همان‌طور که مشاهده می‌شود، نقشه‌ی أمگا از فرود ایجاد شده تبعیت می‌کند. به‌طوری که در طول جغرافیایی ۳۵ تا ۴۵ درجه‌ی

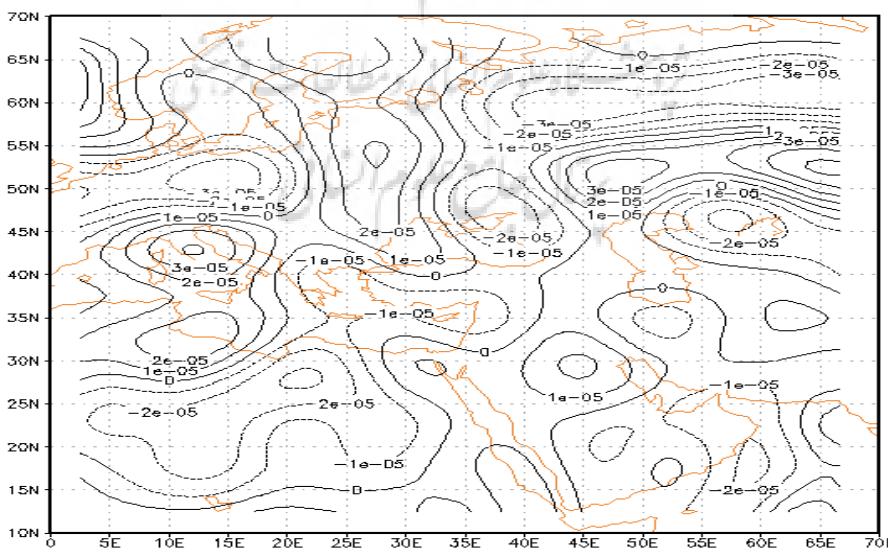
نقشه‌ی چرخندگی این روز، می‌توان چرخندگی منفی یا آنتی‌سیکلونی را در شمال و غرب دریای سرخ و چرخندگی مثبت یا سیکلونی را در شرق دریای سرخ، غرب ایران و مناطق غربی خلیج فارس مشاهده کرد (شکل ۱۰).

هسته‌های نزول هوا نیز به سمت شرق جابه‌جا شده‌اند (شکل ۹). به‌طوری‌که در تمامی نواحی غرب ایران هسته‌های نزول هوا استقرار یافته و هسته‌های صعود نیز به نواحی داخلی ایران نفوذ کرده‌اند. این هسته‌های صعود وجود ناپایداری شدید را در روز هیجدهم در منطقه‌ی مورد مطالعه تأیید می‌کنند. با توجه به



شکل ۹: اُمگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۸ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان

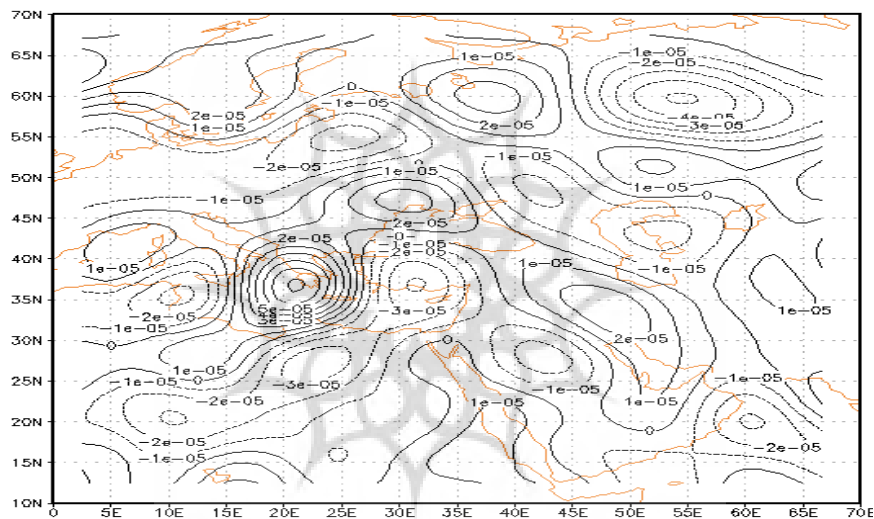


شکل ۱۰: نقشه‌ی چرخندگی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۷ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان

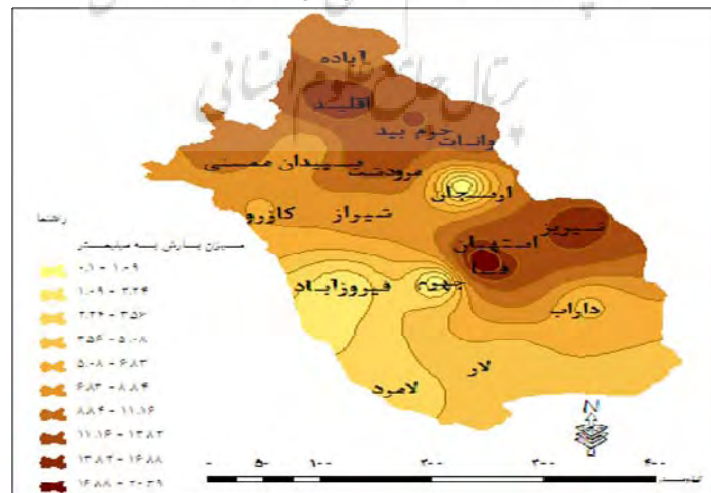
کاملاً به قسمت‌های جنوبی این دریا رسیده است. مرکز واچرخندی نیز که روز قبل روی خلیج عدن مستقر بود، به دریای عمان رسیده است. در نتیجه، به علت آنتی‌سیکلون تشکیل شده بر روی دریای خزر، یک مرکز واچرخند با حرکت ساعت‌گرد خود هوای سرد سیبری را به داخل ایران انتقال داده و در مناطق داخلی کشور، به علت اختلاف زیاد بین دمای آن و دمای سیستم‌ناپایدار مدیترانه‌ای، باعث ایجاد ناپایداری شدید و تشکیل تگرگ شده است.

چرخندگی مثبت باعث ایجاد ناهنجاری در مناطق جنوب‌غرب شده ولی هنوز به داخل ایران وارد نشده است. همچنین یک واچرخند نیز بر روی خلیج عدن تشکیل شده است. در روز ۱۸ فروردین مرکز واچرخندی که روز قبل در شمال دریای سرخ واقع بود، به سمت شرق حرکت کرده و بین خلیج فارس و دریای سرخ واقع شده است (شکل ۱۱). در نتیجه، مرکز چرخندگی مثبت نیز به سمت شرق حرکت کرده و همگی نواحی داخلی ایران را فرا گرفته است. همچنین واچرخند مستقر در شمال‌شرق دریای خزر نیز جابه‌جا شده و



شکل ۱۱: نقشه‌ی چرخندگی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۱۸ فروردین) ساعت ۱۲۰۰

مأخذ: نگارندگان



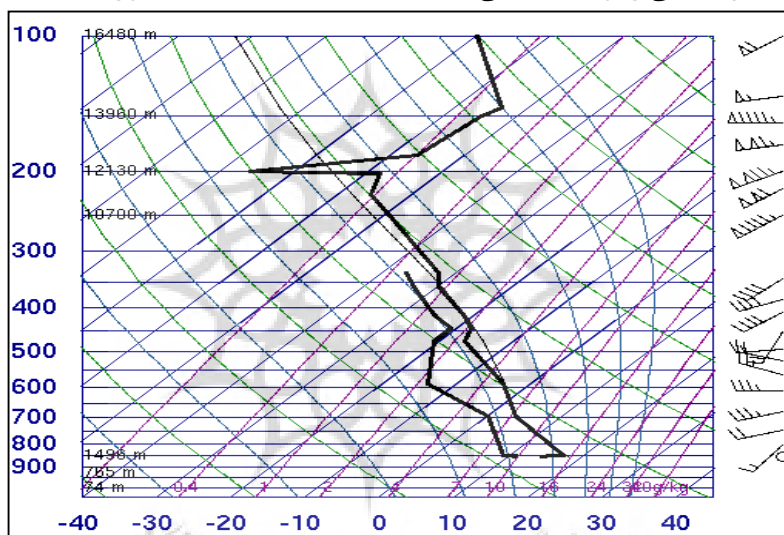
شکل ۱۲: نقشه‌ی توزیع بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه برای روز بارش تگرگ (۱۸ فروردین)

مأخذ: نگارندگان

نشان‌دهنده‌ی افزایش ناپایداری و وجود رطوبت زیاد و همچنین وجود جریانات جنوبی در لایه‌ی پایین جو در منطقه است و در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نشان‌دهنده‌ی وجود رودبادی با سرعت ۹۰ نات می‌باشد. در این روز حداکثر بارش در ایستگاه فسا (۲۰/۴ میلی‌متر)، اقلید (۱۷ میلی‌متر) و نیریز (۱۵/۸ میلی‌متر) بوده است (شکل ۱۲). با توجه به خسارت‌های زیاد تگرگ در شهرستان فسا، آمار خسارت این شهرستان به عنوان نمونه انتخاب شده است (جدول ۳).

بر اساس داده‌های جو بالای شیراز (جدول ۲) دمای هوا در سطح ۴۰۰ هکتوپاسکال ۲۵/۹- درجه و در سطح ۳۰۰ میلی‌بار ۳۲/۳- درجه سلسیوس می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی جوی بسیار سرد در منطقه می‌باشد. در روز ۱۷ فروردین مقدار عددی شاخص Si برابر ۳- و شاخص Ki برابر ۳۶/۲۲ بود که نشان‌دهنده‌ی جوی بسیار ناپایدار در استان فارس بوده است.

بر اساس نمودار ترمودینامیکی روز ۱۸ فروردین (شکل ۱۳) نزدیک شدن منحنی رطوبت به منحنی دما



شکل ۱۳: نمودار ترمودینامیکی (اسکیوتی) جو بالای شیراز ساعت ۱۲:۰۰ (۱۸ فروردین) مأخذ: NCEP/NCAR

جدول ۲: داده‌های جو بالای ایستگاه شیراز در تاریخ ۱۸ فروردین ساعت ۱۲:۰۰

نوع محصول	درصد خسارت	سطح خسارت (هکتار)	مبلغ (میلیون ریال)
گندم	۴۰-۱۵	۳۵۲۳	۱۳۰۰۰
جو	۴۰-۱۵	۱۱۵	۱۷۳
باقلا	۴۰-۱۵	۵۰	۳۶
کلزا	۴۰-۱۵	۱۸۳,۵	۵۱۹,۶
گوجه	۱۵	۱۱۰	۳۰
مرکبات	۳۰-۱۰	۹۰۰	۹۰۰
زیتون	۳۰-۱۰	۳۰۰	۸۰۰

مأخذ: NCEP/NCAR

جدول ۳: میزان خسارت محصولات کشاورزی بر اثر بارش تگرگ ۱۸ فروردین ۱۳۸۵ (شهرستان فسا)

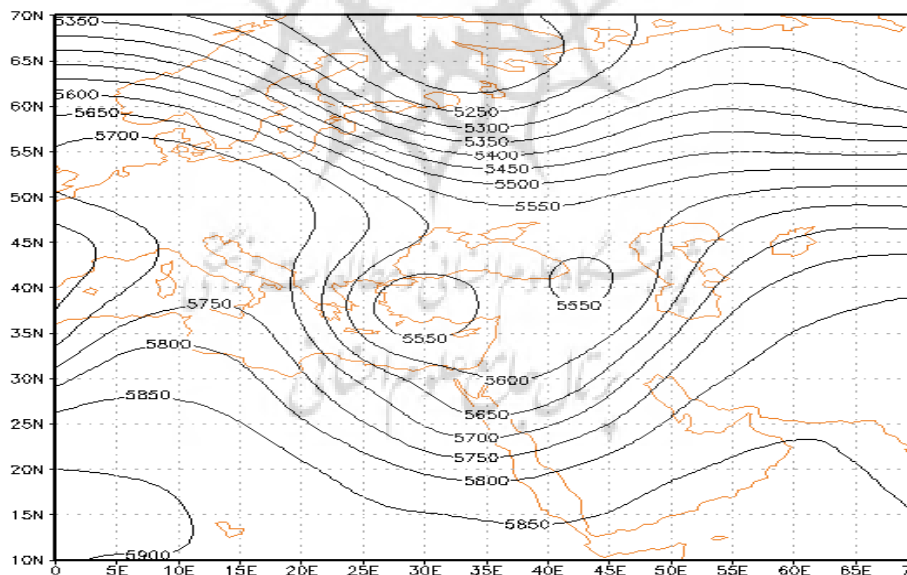
سرعت باد (نات)	سمت باد (درجه)	نسبت آمیزه (گرم بر یلوگرم)	رطوبت نسبی (درصد)	دمای نقطه شبنم (درجه سلسیوس)	دما (درجه سلسیوس)	ارتفاع (متر)	سطح فشار
۱۰	۳۵۵	۹/۷۲	۷۳	۱۰/۹	۱۵/۸	۱۴۹۶	۸۵۰
۴۰	۲۵۵	۶/۴۹	۷۰	۳/۱	۸/۳	۲۶۱۹	۷۵۰
۴۰	۲۶۰	۱/۷۵	۶۳	-۱۸/۶	-۱۳	۵۷۰۳	۵۰۰
۴۵	۲۵۰	۰/۸۷	۷۱	۲۹/۶	-۲۵/۹	۷۷۳۱	۴۰۰
۹۰	۲۳۰	۰/۵۰	۶۵	-۳۶/۶	-۳۲/۳	۸۷۰۹	۳۰۰

مأخذ: جهاد کشاورزی استان فارس و شهرستان فسا، ۱۳۸۵.

### تحلیل همدیدی تگرگ فروردین ۱۳۸۶

با توجه به نقشه ساعت صفر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در روز ۲۴ فروردین پشته‌ای با ارتفاع ۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر در امتداد نصف‌النهار ۱۰ درجه شرقی بر روی جنوب اسکاندیناوی تشکیل شده است (شکل ۱۴). این پشته‌ی گرم باعث شده تا سامانه‌های غربی در سمت

شرق آن یک فرود عمیق را تشکیل دهند. این فرود، هوای سرد عرض‌های بالا را به طرف عرض‌های میانی منتقل کرده است. فرود مذکور دو کم‌فشار بریده یا سردچال را به صورت زوجی تشکیل داده است. مرکز یکی از این سردچال‌ها بر روی غرب ترکیه و مرکز دیگری بر روی شرق ترکیه مستقر شده است.



شکل ۱۴: نقشه‌ی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۲۴ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان

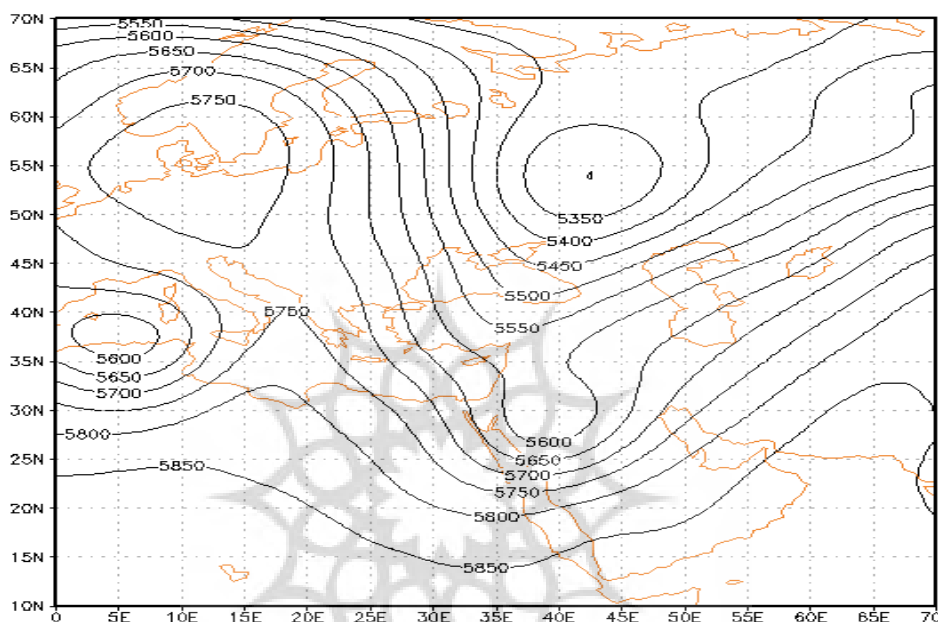
ژئوپتانسیل متر آن‌ها تا جنوب دریای سرخ کشیده شده است. قرار گرفتن این دو سردچال در کنار یکدیگر باعث عمیق‌تر شدن امواج غربی شده و در طرف شرق خود ناپایداری شدید ایجاد کرده‌اند.

این سیستم زوجی به صورت یک مانع در مسیر امواج غربی قرار گرفته و باعث شده‌اند تا این امواج به عرض‌های پایین‌تر منتقل شوند. ارتفاع سردچال‌های زوجی ۵۵۵۰ ژئوپتانسیل متر است و پربند ۵۸۵۰



فروردین، پشته‌ی مستقر بر روی جنوب اسکاندیناوی از منشأ خود جدا شده و به صورت یک بسته هوای گرم در داخل هوای سرد عرض‌های بالا قرار گرفته است (شکل ۱۵).

این امواج با حرکت خود از روی آب‌های جنوبی کشور، رطوبت کسب کرده و در این روز در نواحی غربی ایران باعث ایجاد ناپایداری و بارش شده ولی هنوز به نواحی مرکزی ایران نرسیده‌اند. در روز ۲۵

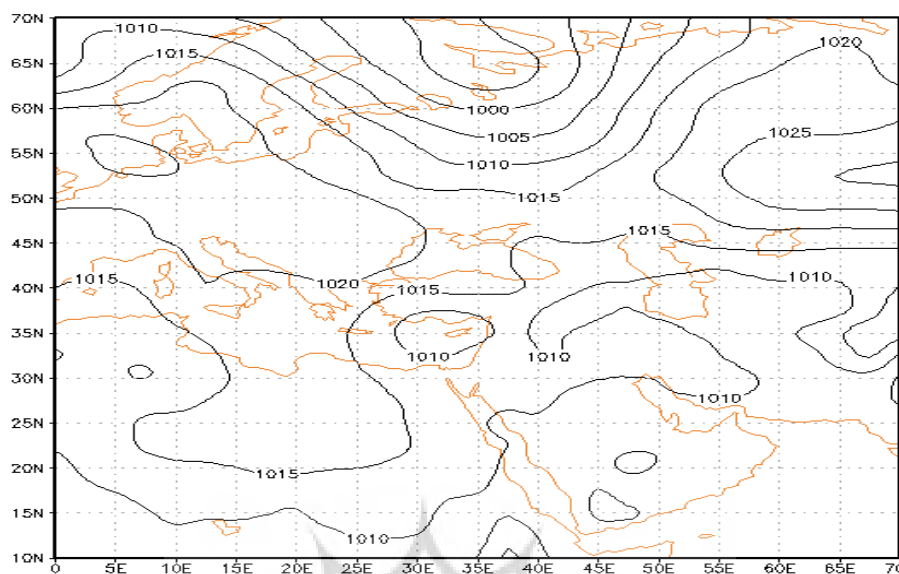


شکل ۱۵: نقشه‌ی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۲۵ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان

و در طرف شرق خود ناپایداری شدید ایجاد کنند. به طوری که تمام بخش‌های کشور بجز نواحی جنوب-شرق دارای ناپایداری شدید می‌باشند. در استان فارس بارش‌ها به صورت تگرگ بوده و این به دلیل ناپایداری شدید در سطوح بالای جو و حرکات صعودی شدید و تشکیل ابرهای کومولونیمبوس بوده است. برای شاخص  $Si$  عدد ۱- و برای شاخص  $Ki$ ، عدد ۳۶/۶ محاسبه شد که نشان‌دهنده‌ی ناپایداری شدید هوا در سطوح بالای جو است. در نقشه‌ی تراز دریا مشاهده می‌شود که در زیر سردچال‌های تشکیل شده در جو بالا، مراکز کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال به وجود آمده‌اند (شکل ۱۶).

این پشته در نواحی مرکزی اسکاندیناوی پدیده‌ی بلوکینگ را ایجاد کرده است. این پدیده به طور کامل در مسیر امواج غربی قرار گرفته و آن‌ها را به دو شاخه تقسیم کرده است. پدیده‌ی مذکور ناوهای عمیق را در سمت شرق خود ایجاد کرده است. این ناوه که در روز قبل به صورت سیستم زوجی دو سردچال را تشکیل داده بودند، در این روز از هم جدا شده‌اند. یکی از آن‌ها با ارتفاع ۵۳۵۰ ژئوپتانسیل متر در جنوب غرب روسیه و دیگری با ارتفاع ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل متر در شمال شرق دریای سرخ مستقر شده‌اند. این سامانه‌ی زوجی باعث شده تا محور امواج غربی تقریباً شمالی-جنوبی شود

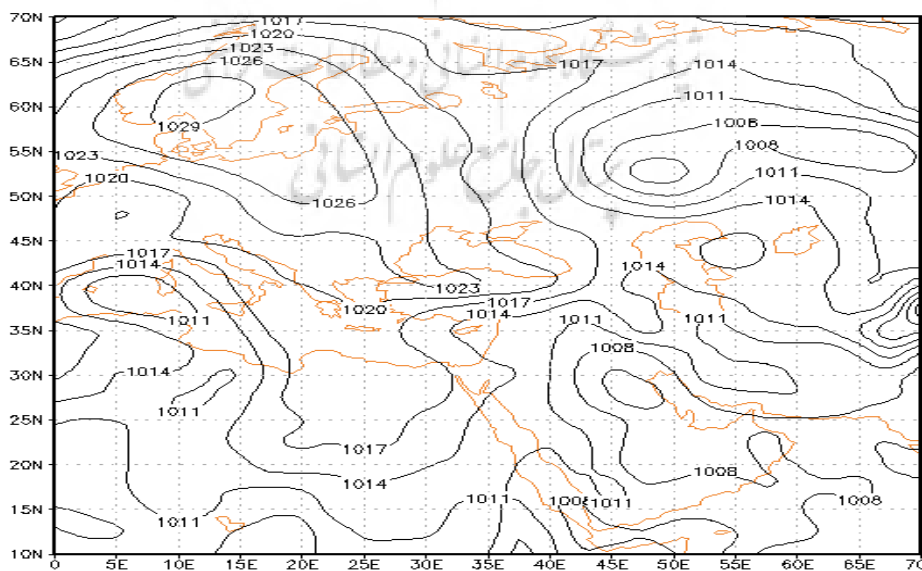


شکل ۱۶: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۲۴ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان

کشور یونان امتداد یافته است. در روز ۲۵ فروردین، سیکلون به سمت شرق و جنوب جابه‌جا شده (شکل ۱۷) و ناپایداری را به نواحی مرکزی ایران منتقل کرده و در استان فارس بارش به صورت تگرگ رخ داده است.

این منطقه کم‌فشار ناپایداری را از شرق مدیترانه تا ترکمنستان در عرض‌های ۳۰ تا ۴۰ درجه شمالی ایجاد کرده است. این کم‌فشار بر روی کشور قبرس به یک سیکلون بسته تبدیل شده و در نیمه‌ی غربی باعث ایجاد ناپایداری شده است. همچنین به موازات قسمت‌های غربی فرود سطح ۵۰۰، پرفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکال تا

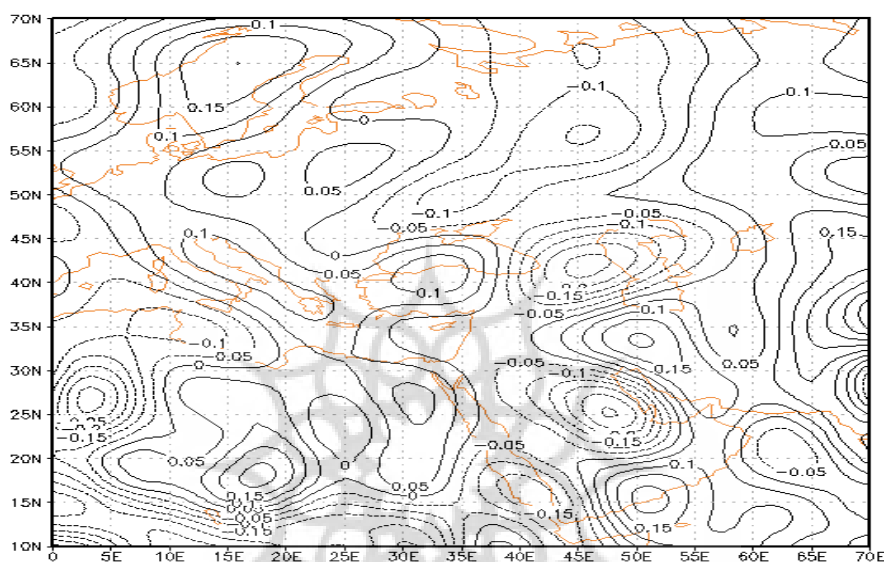


شکل ۱۷: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۲۵ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان

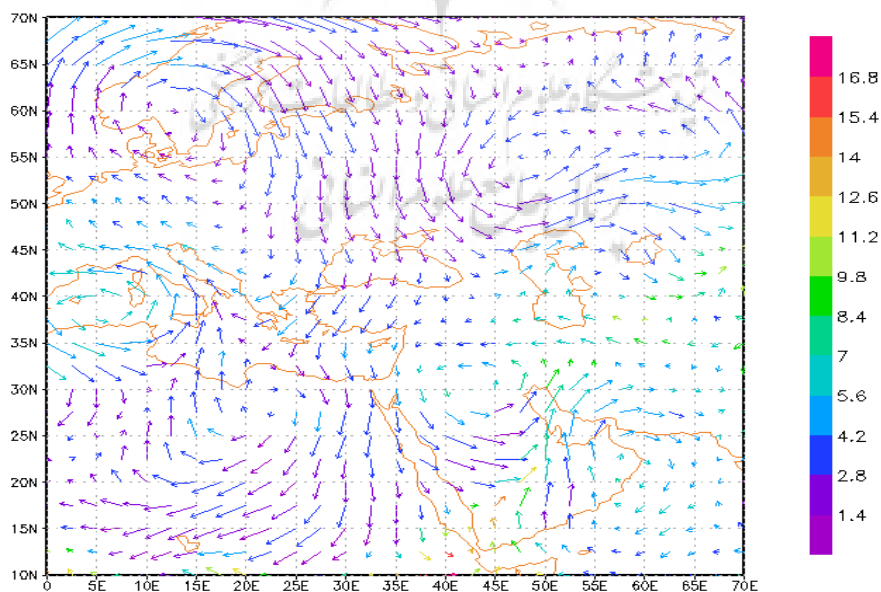
از روی خلیج عدن و دریای سرخ، رطوبت را از طریق تنگه هرمز و دریای عرب به منطقه‌ی مورد مطالعه وارد کرده است (شکل ۱۹). به طوری که در ایستگاه اقلید ۳۲/۱، در ایستگاه استهبان ۲۷/۷ و در ایستگاه مرودشت ۱۷/۴ میلی‌متر بارش رخ داده است (شکل ۲۰).

با توجه به نقشه‌ی اُمگای روز ۲۵ فروردین، یک هسته‌ی صعود هوا تمامی مناطق جنوب غرب کشور را فرا گرفته و تا نواحی مرکزی ایران تداوم داشته است (شکل ۱۸). با توجه به نقشه‌ی وزش رطوبتی این روز، واچرخند تشکیل شده بر روی عربستان با گردش هوا



شکل ۱۸: اُمگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۲۵ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

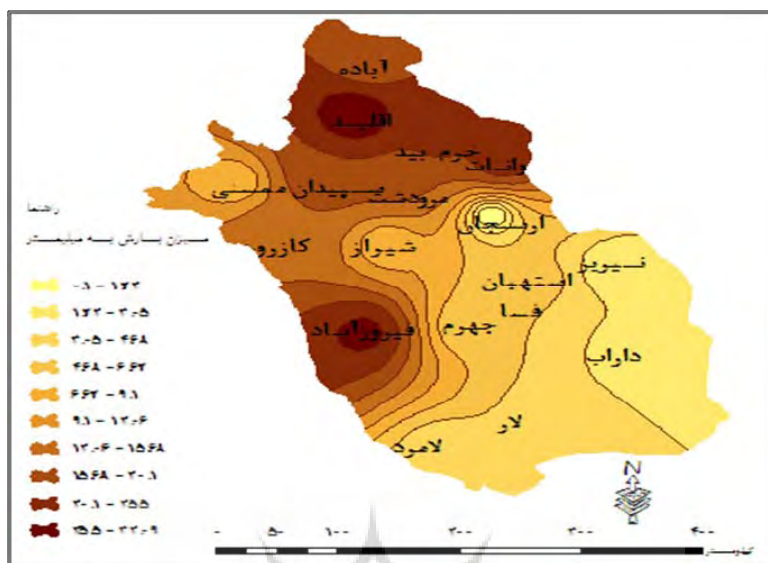
مأخذ: نگارندگان



شکل ۱۹: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۲۵ فروردین ۱۳۸۶) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان





شکل ۲۰: نقشه‌ی توزیع بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه برای روز بارش تگرگ (۲۴ فروردین) مأخذ: نگارندگان

جدول ۴: میزان خسارت محصولات کشاورزی بر اثر بارش تگرگ ۲۴ فروردین ۱۳۸۶ (شهرستان فسا)

نوع محصول	درصد خسارت	سطح خسارت (هکتار)	مبلغ (میلیون ریال)
گندم	۶۰-۱۰	۳۰۰	۱۱۰۰۰
گوجه‌فرنگی	۶۰-۱۰	۲۸۹	۷۰

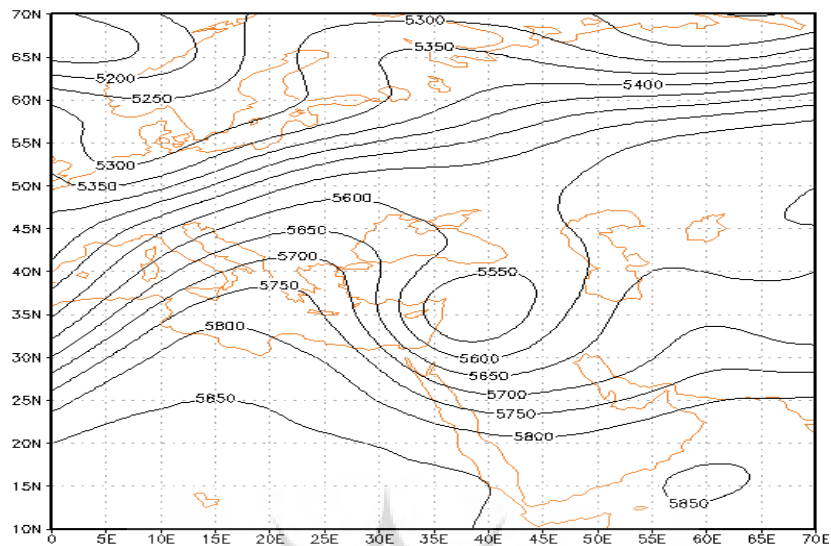
مأخذ: جهاد کشاورزی استان فارس و شهرستان فسا، ۱۳۸۶.

### تحلیل هم‌دیدگی تگرگ فروردین ۱۳۸۸

با توجه به نقشه‌ی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، در روز ۹ فروردین ۱۳۸۸ پشته‌ی گرمی با محور جنوب‌غربی-شمال شرقی و با ارتفاع ۵۸۵۰ ژئوپتانسیل متر بر روی کشور الجزایر تشکیل شده و پربند ۵۶۰۰ ژئوپتانسیل تر آن تا شمال دریای سیاه امتداد یافته است. در شرق این پشته، امواج غربی به سمت عرض‌های پایین منحرف شده و ناوهِ عمیقی را با محور شمال غربی-جنوب شرقی تشکیل داده است (شکل ۲۱).

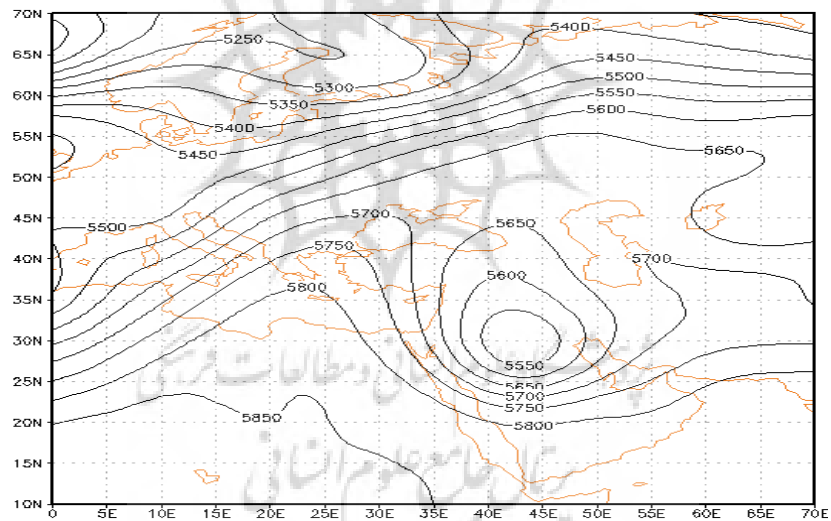
مرکز این ناوه که هوای سرد عرض‌های بالا را به عرض‌های پایین منتقل می‌کند، از منشأ خود جدا شده و به صورت کم‌فشار بریده (سردچال) درآمده است.

ارتفاع این سردچال ۵۵۵۰ ژئوپتانسیل متر است و بر روی کشور ترکیه قرار دارد. این سردچال با ایجاد حرکت سیکلونی، در سمت غرب خود ریزش هوای سرد و پایداری و در سمت شرق خود ناپایداری ایجاد کرده است. این سامانه‌ی ناپایدار با عبور از روی خلیج فارس وارد مناطق جنوب‌غربی کشور شده و در این نواحی ایجاد بارش کرده و در منطقه‌ی مورد مطالعه، بارش مختصر و به صورت باران بوده است. در روز ۱۰ فروردین یعنی روز اوج بارش تگرگ در استان فارس، پشته تشکیل شده در روز قبل ضعیف‌تر شده و به طرف جنوب عقب‌نشینی کرده است. در همین راستا، ناوه روز قبل نیز به سمت شرق و جنوب جابه‌جا شده و به طور کامل از منشأ خود جدا شده است. شاهد این امر بستن سه خطوط تراز کم‌ارتفاع به دور مرکز سردچال است (شکل ۲۲). به موازات تغییر مکان این سامانه‌ها، ناپایداری شدید نیز به طرف شرق جابه‌جا شده و به منطقه‌ی مورد مطالعه رسیده و باعث ایجاد بارش به صورت تگرگ شده است.



شکل ۲۱: نقشه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۹ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان



شکل ۲۲: نقشه ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۱۰ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰

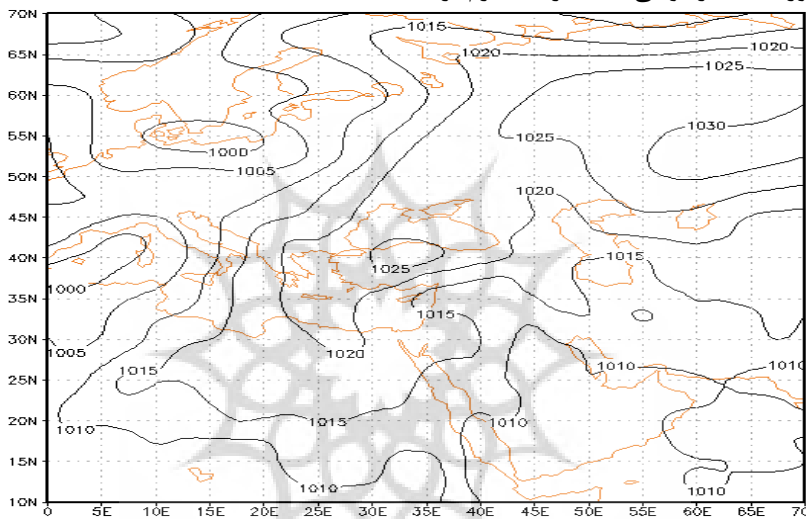
مأخذ: نگارندگان

دهنده‌ی حرکت سیکلونی و وجود ناپایداری در مناطق جنوب غرب و غرب ایران می‌باشد. در روز بعد کم‌فشار روی قطر به طرف شرق جا به جا شده و بر روی جنوب خلیج فارس مستقر شده است. فشار این سیستم کم‌تر شده (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) و به یک مرکز بسته تبدیل شده که نشان‌دهنده‌ی تشکیل سیکلون است (شکل ۲۴). این سیکلون ناپایداری شدید را در

در نقشه‌ی فشار تراز دریا (شکل ۲۳)، آنتی‌سیکلونی با فشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال در جنوب دریای سرخ یعنی منطبق بر طرف شرق پشته و طرف غرب ناوه ایجاد شده در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال دیده می‌شود و پربند ۱۰۲۰ هکتوپاسکال آن تا کشور الجزایر کشیده شده است. همچنین یک مرکز کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی کشور قطر شکل گرفته که نشان-

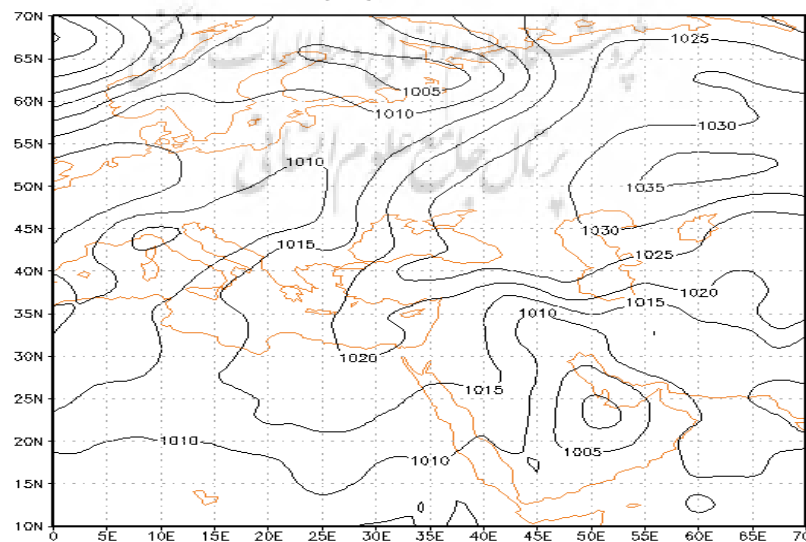
کیلوگرم در مناطق جنوبی دریای سرخ واقع شده که با جهت شمال شرقی از روی عربستان گذشته و با گذر از خلیج فارس و دریای عمان به منطقه‌ی مورد مطالعه رسیده است. در این روز تمام ایستگاه‌های استان فارس دارای بارش شدید هستند و بیشینه‌ی بارش در ایستگاه‌های جهرم (۶۷/۲ میلی‌متر)، استهبان (۴۲/۳ میلی‌متر) و داراب (۴۰/۱ میلی‌متر) بوده است (شکل ۲۷).

منطقه‌ی مورد مطالعه ایجاد کرده است. در این روز، هسته صعود هوا بر روی مناطق جنوب غربی کشور قرار گرفته و تا خلیج فارس ادامه پیدا کرده است. به طوری که در منطقه‌ی مورد مطالعه هوا کاملاً در حال صعود است که نشان‌دهنده‌ی ناپایداری شدید می‌باشد (شکل ۲۵). شکل ۲۶ نقشه‌ی وزش رطوبتی را برای روز ۹ فروردین در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. در این روز منطقه رطوبتی با مقدار ۱۲ گرم بر



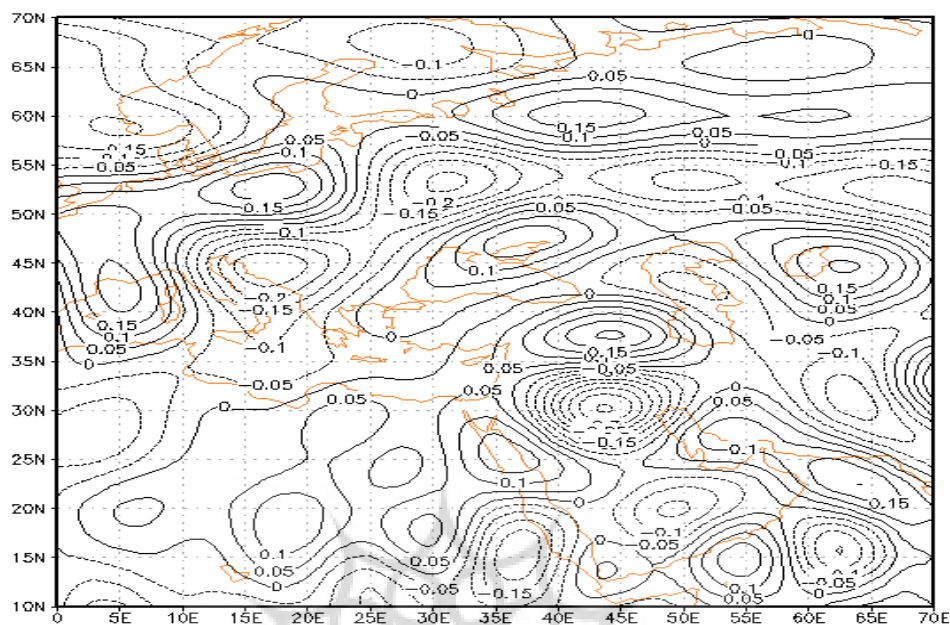
شکل ۲۳: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۹ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰

مأخذ: نگارندگان

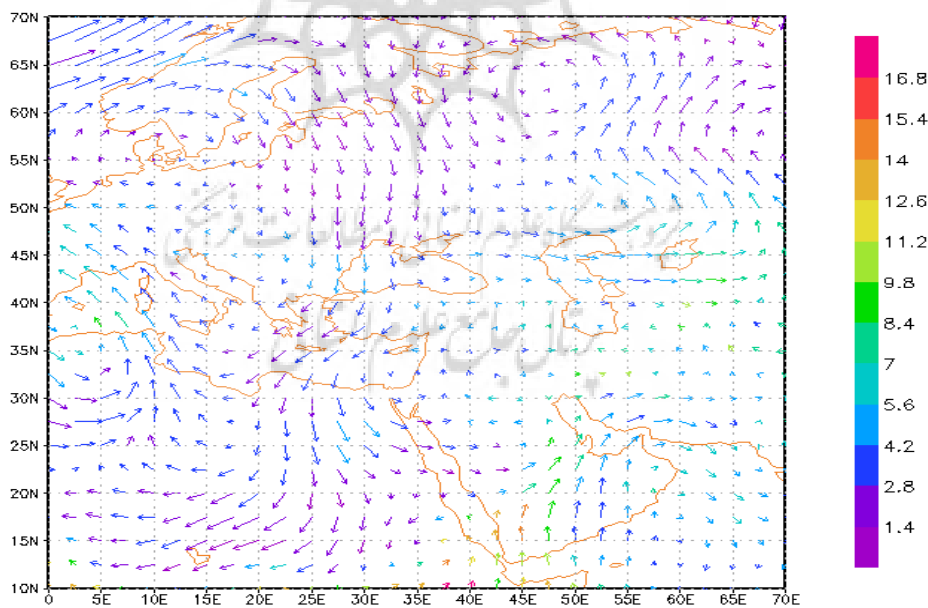


شکل ۲۴: نقشه‌ی فشار تراز متوسط دریا (۱۰ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰

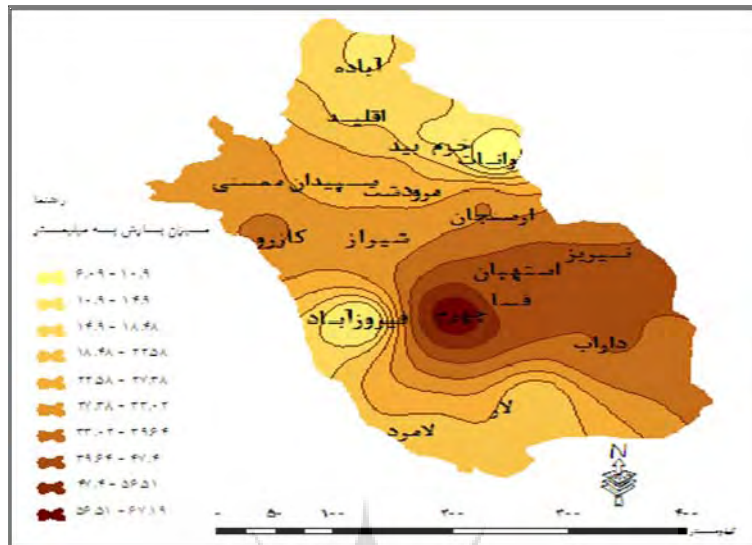
مأخذ: نگارندگان



شکل ۲۵: آمگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۹ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰  
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۲۶: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (۹ فروردین ۱۳۸۸) ساعت ۰۰  
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۲۷: نقشه‌ی توزیع بارش در منطقه مورد مطالعه برای روز بارش تگرگ (۱۰ فروردین)

مأخذ: نگارندگان

جدول ۵: میزان خسارت در روز بارش تگرگ (۱۰ فروردین ۱۳۸۸)

مبلغ (میلیون ریال)	درصد خسارت	میزان محصول (تن)	مساحت به هکتار	محصول
۲۷۸۵۰	۳۰	۹۳۰	۲۰-۱۰	گندم
۸۰۰	۳۰-۱۰	۱۳	۸۰	کلزا
۳۵۰	۴۰-۱۰	۱۱۶	۱۲۰	باقلا
۲۰۰	۱۰۰-۵	۱۵۴	۶۵	صیفی جات
۱۷۰۱	۳۵	۶۳۰	۶۰۰	جو
۱۱۰۰۰	۱۰۰-۵	۲۲۰	۳۵	انار
۱۱۷۰	۳۰	۲۴	۵۵	زیتون
۲۸۱۵	۲۰	۵۶۳	۱۳۵	مرکبات

مأخذ: جهاد کشاورزی استان فارس و شهرستان فسا، ۱۳۸۸.

### نتیجه

استفاده از داده‌های مرکز NCEP/NCAR نقشه‌های همیدی تراز دریا، ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، وزش رطوبتی، امگا و چرخندگی در محیط نرم‌افزار GrADS ترسیم شد. در بیشتر تحقیقات صورت گرفته توسط محققین بیشتر تأکید روی میزان خسارت ناشی از رخداد تگرگ بوده و کمتر به تحلیل سینوپتیک و دلایل رخداد آن پرداخته شده است ولی در تحقیق حاضر صرفاً دلایل سینوپتیکی تگرگ مدنظر بوده و اشاره به میزان خسارت فقط جهت بهتر نشان دادن شدت این رخدادها بوده است. بدین منظور با تفسیر

ریزش تگرگ‌های شدید نقش مؤثری در ایجاد سیلاب‌های ناگهانی داشته و خسارت‌های زیادی را به بخش کشاورزی ایران و استان فارس وارد می‌سازد. در این تحقیق، جهت بررسی شرایط همیدی و دینامیکی پدیده تگرگ در استان فارس از داده‌های روزانه بارش تگرگ ۱۴ ایستگاه همیدی استان فارس در یک دوره‌ی آماری ۴ ساله (۱۳۸۵-۱۳۸۸) استفاده شد. سپس ۳ نمونه از بارش‌های شدید تگرگ در منطقه در طول دوره‌ی آماری شناسایی و انتخاب گردید. سپس با

- ۴- برودتی، مجید (۱۳۸۱). شناخت و راه‌های مقابله با خسارات تگرگ، مجله مزرعه. شماره ۶۲.
- ۵- بهراد، عبدالاحد (۱۳۶۲). خسارات وارده از سرما و تگرگ و یخبندان به باغات انگور کشور و روش‌های مقابله با آن، مجله زیتون. شماره ۲۴.
- ۶- جهاد کشاورزی استان فارس و شهرستان فسا، ۱۳۸۸.
- ۷- صناعی، بهرام؛ خداداد باستانی؛ فاطمه رفیع‌بخش (۱۳۸۲). بررسی مدل آماری پدیده تگرگ در ایران، مجله نیوار. شماره ۴۸-۴۹.
- ۸- عبدمنافی، دینا (۱۳۸۲). بررسی شاخص‌های ناپایداری و برش قائم و وضعیت رطوبتی هنگام نزول تگرگ، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی.
- ۹- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). اقلیم‌شناسی همید، انتشارات سمت. چاپ اول. تهران.
- ۱۰- علیجانی، بهلول؛ محمدرضا کاویانی (۱۳۸۷). مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.
- ۱۱- قائمی، هوشنگ؛ محمود عدل (۱۳۷۱). ناپایداری و توفان‌های رعدو برق، سازمان هواشناسی کشور، تهران.
- ۱۲- قربانی، اعظم (۱۳۸۵). تحلیل و بررسی پدیده تگرگ و طبقه‌بندی ابر با استفاده از RS و GIS در حوضه زاینده-رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تربیت مدرس تهران.
- ۱۳- قندهاری، شهرزاد (۱۳۸۵). بررسی امکان شبیه‌سازی بارش‌های شدید حاصل از سلول همرفتی با استفاده از مدل MM5 و مقایسه نتایج به صورت موردی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات.
- 14- Costa, S., Mezzasalam, p, Levizzani, V, able. P, P, and Nanni, S (2001). Deep convection over northern Italy: synoptic and thermodynamic analysis. Atmos. Res. 56, 73, 88.
- 15- Fairs.G. E (1988). A synoptic weather tape analysis of January hotly precipitation at Lake Charles, Louisiana, phys, geogra, &, 99-119
- 16- Keables. M .G (1989). A synoptic climatology of bimodal precipitation distribution in the upper Midwest, j.chmato.2, 89-94.
- 17- Sterling, R (2003). Trend in U.S. climate during the twentieth century; consequences, Vol.2.
- 18- Simonov, p, And Gergiev, C. G (2003). Severe wind/hail storms over Bulgaria in 1999-2001 period: synoptic and mesoscale factors for generation: atmosphere, 68, 629, 643.
- 19- whiteman, C.D (2003). Mountain meteorology; oxford university press.
- ۲۰- سایت مرکزی پیش‌بینی‌های محیطی آمریکا (www.cdc.noa)

نقشه‌های هوای ۳ دوره‌ی بارشی مورد مطالعه، این نتیجه به دست آمد که بارش‌های مذکور بر اثر تشکیل و تشدید کم‌فشارهای بریده (سردچال) بوده است. سردچال‌های تشکیل شده با ایجاد ناپایداری در سمت شرق خود باعث ایجاد بارش شده و چون پدیده سردچال لایه‌های میانی جو را سرد کرده، این بارش به صورت تگرگ و رگبار بوده است. سردچال‌های مذکور با سیکلون‌های لایه‌های زیرین که از جنوب‌غرب و غرب وارد ایران شده و بیشتر ایستگاه‌های کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند، هماهنگ هستند. علت بارش تگرگ ناپایداری شدید در سطوح میانی جو و حرکات عمودی شدید در ابرهای کومولونیمبوس و ریزش هوای سرد از لایه‌های میانی جو بوده است.

با مطالعه‌ی این دوره‌ها به این نتیجه می‌رسیم که بیشتر تگرگ‌های استان فارس در فصل بهار به خصوص در فروردین‌ماه رخ می‌دهند. سامانه‌هایی که باعث ایجاد تگرگ در استان فارس می‌شوند از طرف جنوب-غرب وارد کشور شده و رطوبت خود را از خلیج عدن، خلیج فارس و دریای عمان می‌گیرند و با ایجاد حرکات صعودی و ناپایداری شدید و اختلاف شدید دما در لایه‌های میانی و بالایی جو، باعث رخداد تگرگ و ایجاد خسارات فراوان به کشاورزان می‌شوند. به نظر می‌رسد یافته‌های این پژوهش از آنجایی که برای اولین بار به بررسی نقش پدیده‌ی سردچال در وقوع بارش‌های تگرگ شدید نواحی جنوب‌غرب و مرکزی ایران پرداخته و مؤلفه‌های مؤثر بر انتقال آن بر روی منطقه‌ی مورد مطالعه را برآورد نموده، حائز اهمیت باشد.

#### منابع

- ۱- اسکورو، ژیزل (۱۳۷۵). آب و هواشناسی عملی، ترجمه شهریار خالدی. نشر قومس.
- ۲- بازرگان، مهدی (۱۳۶). پدیده‌های جوی، انتشارات حیدری. چاپ دوم.
- ۳- بایرز، هاریس رابرت (۱۳۷۷). هواشناسی عمومی، ترجمه بنی‌هاشم تاج‌الدین، بهروز حاجبی و علیرضا بهروزیان. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی تهران.