

شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری

کمال امیدوار^۱، مسلم ترکی^{*۲}

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

دریافت: ۹۰/۱۰/۱۳ پذیرش: ۹۱/۹/۱۸

چکیده

وقوع بارش‌های سنگین با الگوهای همدید سطوح فوقانی جو در ارتباط است. این مطالعه ارتباط بین بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری و آرایش الگوهای فوقانی جو را بررسی می‌کند. برای شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین ده مورد از بارش‌های شدید (بیشتر از ۵۰ میلی‌متر) و فراگیر اتفاق افتاده در طول دوره آماری انتخاب و بررسی شده است. برای این منظور، از آمار بارش ایستگاه‌های تحت مطالعه و همچنین نقشه‌های سطح زمین، سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های وزش رطوبتی، امگا و تاوایی استفاده شده است. برای تعیین ناپایداری‌ها، شاخص‌های ناپایداری شولتر و ki در ایستگاه‌های اصفهان و اهواز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد الگوی غالب ریزش بارش‌های سنگین در استان توقف چندروزه سیستم‌های باران‌زاست. دلیل این توقف نیز تشکیل سیستم مانع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی اروپاست که سبب می‌شود در شرق این سیستم مانع سردچال عمیقی تشکیل شود و با ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر موجب فرارفت هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین می‌شود. ترکیب کم‌فشار سودانی با کم‌فشار مدیترانه‌ای باعث تقویت کم‌فشار سودانی می‌شود و با دریافت رطوبت از دریای سرخ، دریای عرب و خلیج فارس، بارش‌های سنگین در منطقه رخ می‌دهد. در ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های زردکوه، حرکت توده‌های هوا بر روی ارتفاعات باعث افزایش ناپایداری و شدت بارش در این مناطق می‌شود؛ به طوری که ایستگاه کوه‌رنگ در دوره بارشی مارس ۱۹۸۸ به میزان ۵۳۵/۵ میلی‌متر بارش داشته است.

واژه‌های کلیدی: بارش سنگین، چهارمحال و بختیاری، سیستم مانع، همدید.



۱- مقدمه

بررسی بارش به‌عنوان یک عنصر بسیار مهم آب و هوایی و رکن اصلی در مطالعات بیلان آب، اساس برنامه‌ریزی‌های هر کشوری را تشکیل می‌دهد (بابایی و فرج‌زاده، ۱۳۸۲). بارش‌های سالیانه اندک با نوسان‌های شدید و رگباری و کوتاه‌مدت از ویژگی‌های آب و هوایی و همچنین رژیم بارش‌ها در ایران است (علی‌جانی، ۱۳۸۱: ۵۵). در واقع، تغییرات بارش ناشی از تغییرات عوامل تولیدکننده آن است. بی‌نظمی موجود در عوامل ایجاد بارش به توزیع مکانی و زمانی بارش منجر می‌شود. عوامل ایجاد بارش شامل عامل صعود، هوای مرطوب و هستک‌های چگالش است که توسط گردش عمومی جو فراهم می‌شوند. الگوهای فشار مانند چرخندهای برون‌حاره، موج‌های کوتاه، هسته‌های رودباد، همرفت و صعود اجباری مهم‌ترین عوامل صعود هستند و الگوهای فشار، شار رطوبت را تعیین می‌کنند. بنابراین، با توجه به اهمیت شناخت دقیق پراکندگی مکانی بارش و پی بردن به علت‌های آن برای پیش‌بینی در برنامه‌ریزی‌های توسعه و عمران، انجام مطالعات بنیادی ضروری می‌نماید.

در سال‌های اخیر، مطالعات آب و هواشناسی همدید در ایران مورد توجه خاصی قرار گرفته است. آب و هواشناسی همدید جنبه‌ای از آب و هواشناسی است که آب و هواهای محلی و یا ناحیه‌ای را برحسب خصوصیات و حرکات جوی با در نظر گرفتن فواصل زمانی معین توصیف می‌کند. برای شناخت بهتر تغییرات زمانی و مکانی بارش روش‌های مختلفی هست که مطالعات همدید بهترین روش در این زمینه است (Jakops, 1974). اهمیت بارش‌های شدید و گاهی سیل‌آسا برای کشوری مانند ایران با ویژگی‌های آب و هوایی خاص خود آشکار است. این بارش‌ها در مناطق مختلف جغرافیایی از نظر مالی و جانی، آثار زیان‌بار بسیاری داشته و انسان و طبیعت را در سطح وسیعی متأثر کرده است. هر ساله چندین هزار نفر بر اثر جاری شدن سیل جان خود را از دست می‌دهند، پل‌های ارتباطی ویران می‌شود و هزاران مترمکعب آب شیرین وارد آب‌های شور می‌شود و نیز میلیون‌ها تن خاک بر اثر وقوع سیلاب فرسایش می‌یابد و وارد دریاها و دریاچه‌ها و یا مخازن سدها می‌شود. پیش‌بینی شدت این

گونه بارش‌ها برای پیش‌یابی جریان‌های سیلابی رودخانه‌ها به‌ویژه در زمان بررسی حوضه‌های آبریز بسیار مهم است.

درباره تأثیر گردش‌های جوی بر وقوع بارش در مناطق مختلف جهان مطالعات زیادی انجام شده است. کانکل^۱ و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی شدت بارش در یک دوره کوتاه هفت‌روزه طی دوره آماری ۱۸۹۶-۱۹۹۸م در نواحی مجاور ایالات متحده و کانادا نشان دادند در دهه ۱۹۳۰ و ۱۹۵۰م میزان بارش به پایین‌تر از متوسط میانگین و در دهه ۱۹۴۰ به بالاتر از میانگین رسیده است. کیپلس^۲ (۱۹۸۹) با استفاده از نقشه‌های تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال، توزیع حداکثر بارش را طی ماه‌های ژوئن و سپتامبر در منطقه بی‌مودال بررسی کرده است. روبرت^۳ و همکاران (۱۹۹۸) با بررسی رابطه شرایط جو بالا با رخداد بارش‌های سنگین تابستانی در ایالت یوتا نشان دادند انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد این بارش اهمیت زیادی دارد. مادوکس^۴ (۱۹۷۸) با مقایسه بین سیل‌های سنگین بیگ تامپسون و راپیدسیتی از نظر همدید به این نتیجه رسید که عامل ایجاد این سیل‌ها بادهای سطح پایین است که رطوبت فراوانی را به این دو منطقه منتقل کرده و عامل ناهم‌واری باعث صعود رطوبت و ایجاد بارش‌های سنگین شده است. روبرت و همکاران (۱۹۸۰) با بررسی همدید خصوصیات سیل‌های سنگین غرب ایالات متحده آمریکا نشان دادند از تعداد ۶۱ سیل مورد بررسی، ۴۱ سیل به‌علت وضعیت حرکت کند امواج کوتاه‌تر از ۵۰۰ هکتوپاسکال رخ داده است. آن‌ها چهار الگو برای ایجاد این سیل‌ها مشخص کرده‌اند. دلدن^۵ (۲۰۰۱) با توجه به الگوهای همدید، وضعیت توفان‌های تندری را در غرب اروپا بررسی کرده است. هومار^۶ و همکاران (۲۰۰۱) الگوهای همدید و متوسط رخداد ترنادو را در جزایر باله آریک شناسایی کرده‌اند. وانگ^۷ و همکاران (۲۰۰۹) تغییرهای سیکلون‌های برون‌حاره را در آسیای شمال‌شرقی با استفاده از الگوهای سینوپتیک بررسی کرده‌اند.

1. Kankel
2. Keables
3. Robert
4. Maddox
5. Delden
6. Homar
7. Wang

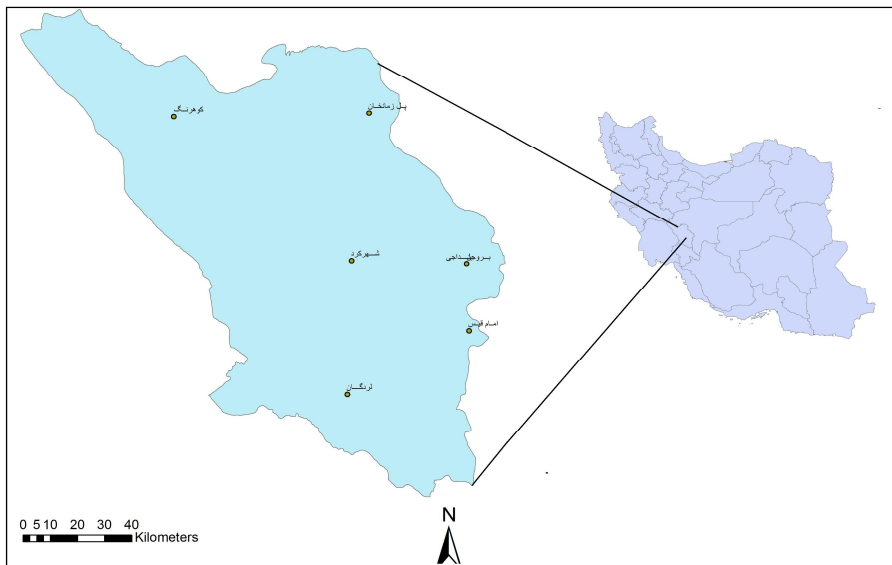


لشکری (۱۳۷۵) گفته است که بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در جنوب غرب ایران نتیجه تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم‌فشار مونسونی سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن‌ها به سامانه دینامیکی و ترمودینامیکی است. مفیدی و زرین (۱۳۸۴) با بررسی الگوهای گردش ترازهای سطوح فوقانی و سطح زمین، الگوهای همدید ۱۸ توفان با منشأ سودانی را بررسی کرده‌اند. حبیبی (۱۳۸۵) نقش سامانه‌های بندالی در چرخندزایی روی دریای مدیترانه و اثر آن‌ها را در سیل سال ۲۰۰۰م در غرب ایران مطالعه کرده است. علیجانی و زاهدی (۱۳۸۱) گفته‌اند که تیپ هوایی رایج ایجاد باران در منطقه آذربایجان، تیپ مداری است؛ به طوری که طی آن سرزمین‌های اطراف دریای خزر را هوای سرد و ایران را هوای گرم فرامی‌گیرد. شیب تغییرات فشار و تغییرات دما بین شمال و جنوب زیاد است. در چنین مواردی وجود یک ناوه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال کافی است که هوای مرطوب و ناپایدار سطح زمین صعود، و ایجاد بارش کند. همچنین، از یازده تیپ هوای باران‌زا سه تیپ پرفشار هستند. این پرفشارها تبریز را کاملاً فرانگرفته‌اند و تبریز در حاشیه آن‌ها قرار می‌گیرد. نقش پرفشارها اغلب ریزش هوای سرد به آذربایجان و تشدید شیب حرارتی منطقه است. نصیری (۱۳۸۷) در بررسی خود به این نتیجه رسیده است که سامانه‌های باران‌زایی که بر دو حوضه کرخه و دز اثر می‌گذارند، از دو گونه مجزا و تفکیک‌شده مدیترانه‌ای و سودانی تشکیل شده‌اند. بیشترین سامانه‌هایی که در حوضه کرخه ایجاد بارش می‌کنند، از نوع مدیترانه‌ای و بیشترین سامانه‌های مؤثر بر حوضه دز از نوع سودانی است. سامانه‌های مؤثر بر حوضه کرخه به تنهایی توانایی ایجاد سیل را ندارند؛ در نتیجه ذوب برف عامل مهم سیلاب در این حوضه است. امیدوار (۱۳۸۷) با بررسی سیلاب‌ها براساس موقعیت سامانه‌های همدید در استان یزد به این نتایج رسید که توقف چندروزه سامانه‌های باران‌زا می‌تواند باعث ایجاد سیلاب شود؛ همچنین سیستم کم‌فشار سودانی که از جنوب غرب وارد ایران می‌شود اگر بتواند از آب‌های جنوب کشور رطوبت و گرما بگیرد؛ در صورت رسیدن به شرایط بارش، باعث ایجاد سیل می‌شود.

وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در استان چهارمحال و بختیاری به علت کوهستانی بودن آن، خسارت‌های زیادی به همراه داشته است؛ به‌ویژه با ساخت سدهای بزرگ در نواحی کوهستانی این استان نیاز به آگاهی از وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌آسا بیشتر احساس می‌شود. هدف این تحقیق، شناسایی الگوهای جوئی ایجاد بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری و همچنین تعیین منابع رطوبتی این بارش‌هاست.

۲- مشخصات منطقه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶/۵۳۳ کیلومتر مربع یک درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود و ناحیه‌ای است مرتفع که در گسترده فلات مرکزی ایران و در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس واقع شده است. از نظر موقعیت جغرافیایی، در حد فاصل ۹' - ۳۱° درجه تا ۴۸' - ۳۲° درجه عرض شمالی و ۳۰' - ۴۹° تا ۲۶' - ۵۱° درجه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). نزدیک به ۸۰ درصد استان چهارمحال و بختیاری را کوه‌ها و تپه‌ها دربردارند. این کوه‌ها دارای ۱۶ قله با ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر هستند. مرتفع‌ترین آن زردکوه با ارتفاع ۴۵۴۸ متر در شمال‌غرب است و پست‌ترین منطقه استان با ارتفاع ۸۰۰ متر در منطقه خروجی رودخانه کارون در محل پیوستن رودخانه خرسان به کارون قرار دارد. میزان بارش در این منطقه به اندازه‌ای است که ده درصد از آب کشور را تأمین و مناطق مرکزی ایران و دشت خوزستان را سیراب می‌کند؛ به‌گونه‌ای که سالیانه ۷/۴ میلیارد مترمکعب آب از استان خارج و در سدهای شهید عباسپور، دز و زاینده‌رود ذخیره می‌شود.



شکل ۱ موقیت ایستگاه‌های مورد مطالعه

۳- مواد و روش

مطالعاتی که درباره بارش‌های سنگین ایران و جهان انجام شده، تعریف‌های مختلفی را برای بارش‌های سنگین در مناطق مختلف بیان کرده‌اند؛ بنابراین تعریف جامعی از بارش‌های سنگین که بتوان برای مناطق مختلف به کار برد، وجود ندارد. تعریف بارش‌های سنگین برحسب موقعیت جغرافیایی هر منطقه متفاوت است. در این پژوهش ده مورد از بارش‌هایی که بیشترین مقدار بارش (بیشتر از ۵۰ میلی‌متر) را در دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۰م) داشته‌اند، انتخاب شد (جدول ۱). سپس برای شناسایی الگوهای ریزشی دوره‌های مورد مطالعه، داده‌های جوی آن از سایت مرکز مطالعات جوی آمریکا^۱ دریافت شد و نقشه‌های هم‌مید روزهای بارشی در ساعت صفر گرینویچ در سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و همچنین نقشه‌های رودباد و وزش رطوبتی و نقشه‌های تاوایی و امگا به وسیله نرم‌افزار گردس ترسیم و تحلیل شد. برای بررسی ناپایداری هوا و محاسبه شاخص‌های ناپایداری شولتر و ki و وضعیت توده‌های هوا از

1. NCEP-NCAR
2. Kindex

داده‌های جو بالای ایستگاه اصفهان و اهواز در زمان‌هایی که اطلاعات آن موجود بود استفاده شد. گفتنی است که اساس شاخص شولتر بر رابطه بین دمای خشک و نقطه شبنم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و دمای خشک تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استوار است. اگر مقدار این شاخص بین سه تا یک باشد، احتمال ناپایداری وجود دارد؛ اگر بین ۱ تا ۳- باشد، احتمال ناپایداری بیشتر می‌شود؛ اگر کمتر از ۳- باشد، شدت ناپایداری افزایش می‌یابد. شاخص ناپایداری k_i بر مبنای روش ویتینگ و براساس اطلاعات کاوشگر جو بالا محاسبه می‌شود. اگر مقدار عددی این شاخص کمتر از ۲۰ باشد، ناپایداری کم و اگر بیشتر از آن باشد، ناپایداری شدید اتفاق می‌افتد (امیدوار، ۱۳۸۸).

جامعه آماری پژوهش ایستگاه‌های همدید استان چهارمحال و بختیاری است. اطلاعات و آمار پایه درباره موضوع از اداره کل هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری به دست آمد. در این مقاله به دلیل طولانی نشدن مطلب، فقط سه مورد از بارش‌ها در سال‌های چهارم دسامبر ۱۹۹۸، سوم دسامبر ۱۹۹۱ و نهم فوریه ۲۰۰۶ بررسی شده و نتایج بقیه سال‌ها نیز آورده شده است.

جدول ۱ مقادیر بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک استان در دوره‌های انتخابی

سال	دوره بارشی	شهرکرد	کوهرنگ	لردگان	بروجن
۱۹۸۶	۲۸ نوامبر - ۲ دسامبر	۸۹/۱	_____	_____	_____
۱۹۸۸	۱۹-۱ مارس	۸۵/۵	۵۳۵/۵	_____	_____
۱۹۸۹	۵-۱ دسامبر	۹۵/۸	۲۴۶/۱	_____	۸۴/۹
۱۹۹۱	۱۵-۱ دسامبر	۱۸۲/۱	۴۶۲	_____	۱۱۳/۱
۱۹۹۴	۱۵-۱۷ نوامبر	۵۸/۶	۱۱۲/۶	۶۲/۸	۴۰/۳
۱۹۹۷	۸-۲۱ دسامبر	۵۶/۹	۱۱۵/۹	۱۱۲/۳	۴۶/۹
۲۰۰۲	۲-۱۱ ژانویه	۹۶/۶	۲۰۲	۱۰۷/۶	۴۹/۵
۲۰۰۵	۴-۱۶ مارس	۹۰/۲	۴۵۲/۷	۶۶/۷	۴۱/۹
۲۰۰۶	۱-۱۶ فوریه	۱۳۴/۲	۴۶۶/۲	۱۶۶/۹	۸۵/۳
۲۰۰۶	۸-۱۴ نوامبر	۷۹	۱۷۶/۷	۹۰/۵	۸۰/۸



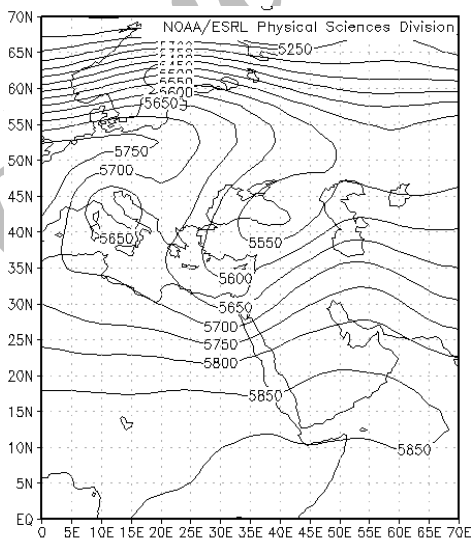
۴- نتایج و بحث

۴-۱- بررسی و تحلیل همدید بارش‌های استثنایی ۲۸ نوامبر تا ۲ دسامبر ۱۹۸۶

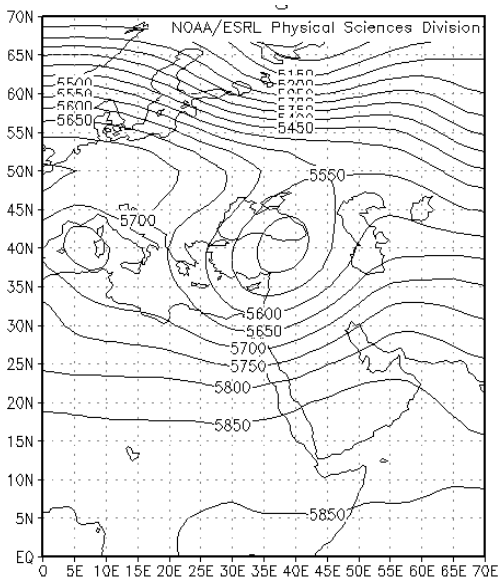
نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲ و ۳) در این دوره نشان می‌دهد تشکیل یک سامانه مانع بر روی اروپا سبب شده است تا در شرق آن جریان‌ها نصف‌النهاری شوند و با تشکیل یک سردچال بر روی جنوب دریای مدیترانه و حرکت آن به سمت شرق با ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر و فرارفت هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین سبب ایجاد ناپایداری و ریزش بارش‌های سنگین طی دوره بارشی شود. در روز ۲۸ نوامبر (شکل ۲) ناوه ایجادشده در شرق سردچال تا شمال آفریقا گسترش یافته و منطقه وزش افقی تاوایی مثبت (PVA^۱) این ناوه بر روی دریای سرخ ایجاد شده است. در این روز (نک شکل ۴) در نقشه سطح زمین کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی سودان قرار گرفته و زبانه ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن تا جنوب دریای مدیترانه کشیده شده است. نقشه وزش رطوبتی این روز (نک شکل ۶) جریان رطوبت را از طریق خلیج عدن، دریای سرخ و خلیج فارس به طرف منطقه نشان می‌دهد؛ اما هنوز بر روی منطقه هسته صعود تشکیل نشده است. در اوایل روز بیست و نهم (نک شکل ۳) ناوه به سمت شرق حرکت کرده و قسمت جلو ناوه که روز قبل بر روی دریای سرخ قرار داشت تا مرزهای غربی ایران گسترش یافته است. در این روز در نقشه سطح زمین (نک شکل ۵) کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال به سمت شمال شرق حرکت کرده و خط هم‌فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال تا غرب ایران بر روی عراق گسترش یافته است. در نقشه وزش رطوبتی این روز (نک شکل ۷) یک حرکت واچرخندی از خلیج عدن به سمت دریای سرخ و سرانجام به سمت خلیج فارس و جنوب غرب ایران شکل گرفته است که سبب انتقال رطوبت به طرف منطقه می‌شود. دلیل این حرکت را می‌توان نفوذ تاوایی مثبت ناوه و قرار گرفتن سامانه کم‌فشار در سطح زمین دانست. در نقشه امگا روز بیست و نهم در نوار غربی یک هسته صعود تشکیل شده است. مرکز این هسته صعود عدد ۰/۱ را نشان می‌دهد (نک شکل ۸). تشکیل این هسته صعود در ایجاد بارش‌ها در این روز نقش مهمی دارد. نقشه تاوایی این روز (شکل ۹) هم وجود تاوایی مثبت (سیکلونی) را در نواحی غربی ایران نشان می‌دهد. در روز سی نوامبر نقشه

1. positive vorticity advection

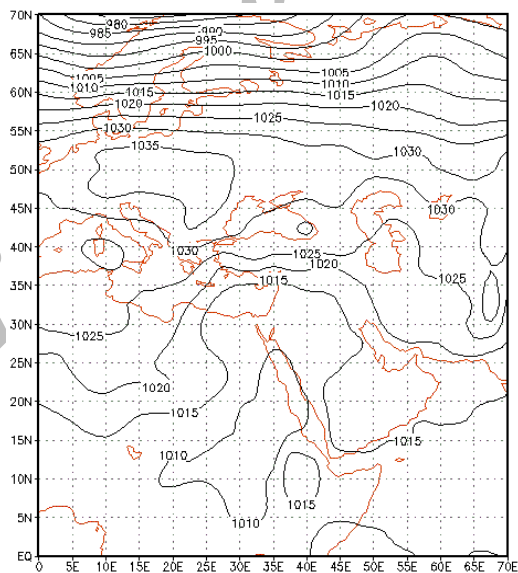
تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همچنان شرایط روز گذشته را دارد و در نقشه سطح زمین (شکل ۴) یک مرکز ۱۰۱۰ هکتوپاسکال بر روی شمال خلیج فارس تشکیل شده و خط هم‌فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال تا جنوب دریای خزر گسترش یافته است. در نقشه وزش رطوبتی این روز همچنان حرکت و اچرخندی رطوبت خلیج عدن، دریای سرخ و خلیج فارس را به منطقه انتقال می‌دهد؛ به‌گونه‌ای که در جنوب‌غرب ایران یک هسته رطوبتی مناسب (۱۰ گرم بر کیلوگرم) تشکیل شده است. در این روز، بر روی نقشه امگا سطح زمین یک مرکز صعود بسیار قوی- که مرکز آن عدد ۰/۰۵ را نشان می‌دهد- از شمال خلیج فارس تا جنوب دریای خزر در سراسر نوار غربی و مرکز ایران تشکیل شده است. در نقشه تاوایی این روز در تمام نواحی ایران به‌جز جنوب‌شرق تاوایی مثبت وجود دارد که مرکز آن عدد ۳ را نشان می‌دهد. در روز یکم و دوم دسامبر همچنان شرایط روز گذشته در منطقه حاکم است؛ اما در روز سوم دسامبر زبانه ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی سامانه پرفشاری که بر روی اروپا قرار گرفته است، تا نواحی غربی و مرکزی ایران پیشروی می‌کند. در نقشه امگای سطح زمین نیز در نواحی غربی و جنوب‌غرب ایران یک هسته فرونشینی تشکیل شده است.



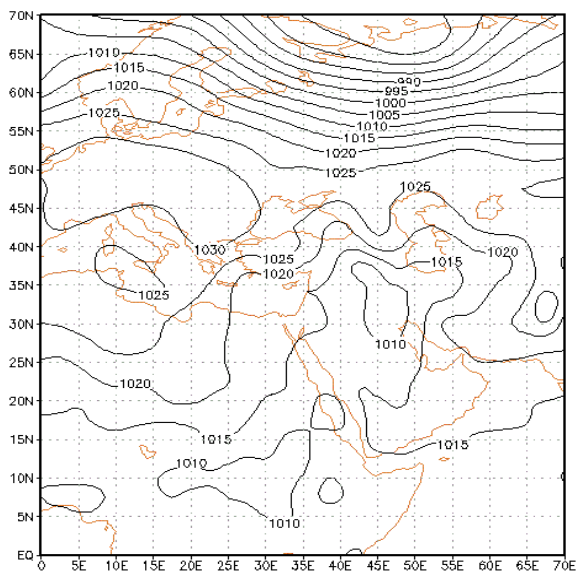
شکل ۲ نقشه سطح ۵۰۰ ساعت 00UTC روز ۲۸ نوامبر ۱۹۸۶



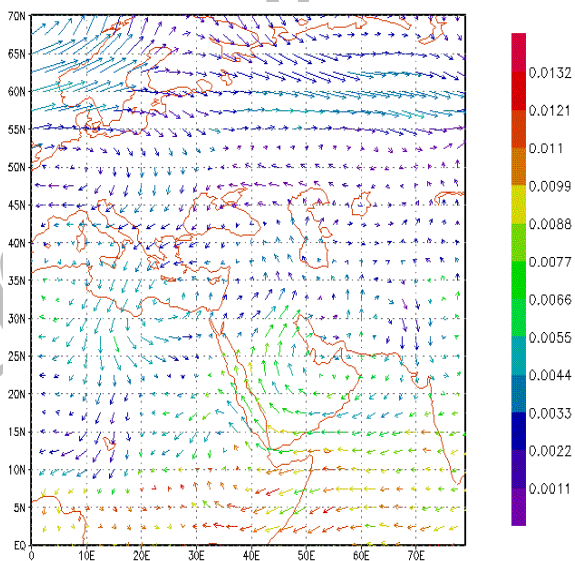
شکل ۳ نقشه سطح ۵۰۰ ساعت ۰۰UTC روز ۲۹ نوامبر ۱۹۸۶



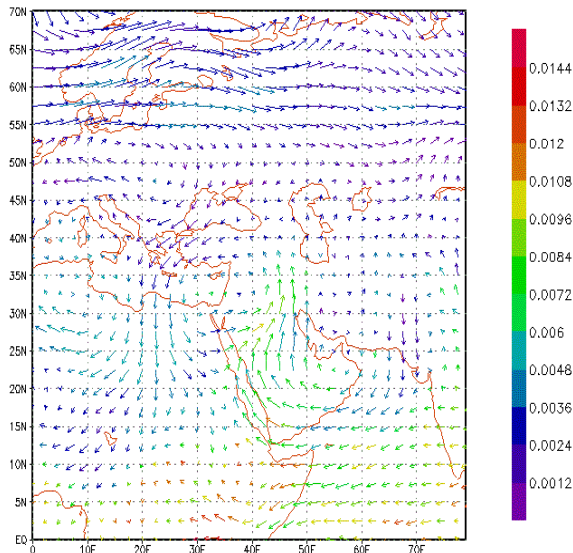
شکل ۴ نقشه سطح زمین ساعت ۰۰UTC روز ۲۸ نوامبر ۱۹۸۶



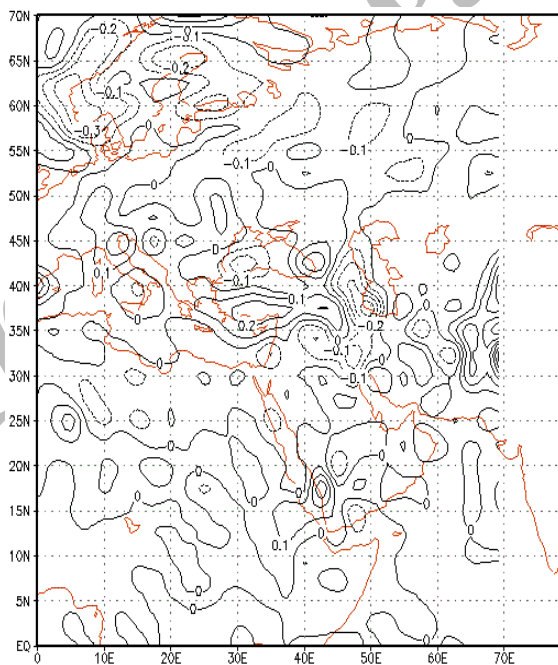
شکل ۵ نقشه سطح زمین ساعت 00UTC روز ۲۹ نوامبر ۱۹۸۶



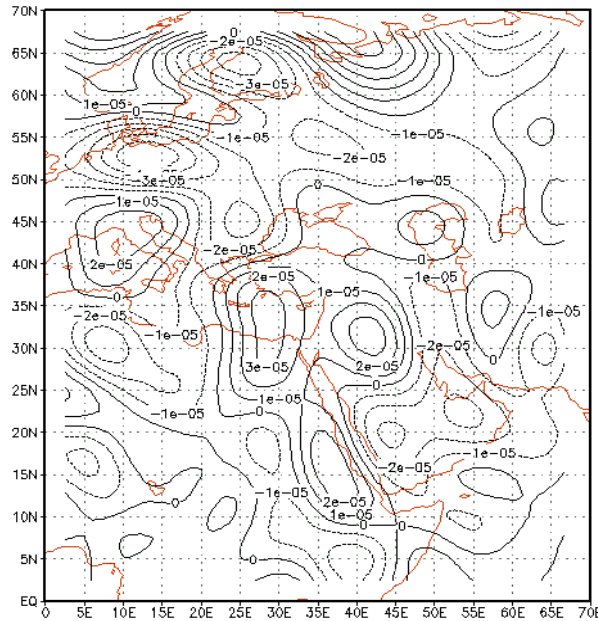
شکل ۶ نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ روز ۲۸ نوامبر ۱۹۸۶



شکل ۷ نقشهٔ وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ روز ۲۹ نوامبر ۱۹۸۶



شکل ۸ نقشهٔ امگا سطح زمین روز ۲۹ نوامبر ۱۹۸۶



شکل ۹ نقشه چرخندگی سطح ۸۵۰ روز ۲۹ نوامبر ۱۹۸۶

۴-۲- بررسی و تحلیل همدید بارش‌های استثنایی ۱ تا ۱۵ دسامبر ۱۹۹۱

نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز یکم دسامبر در ساعت صفر (شکل ۱۰) تشکیل یک سامانه مانع کاملاً مشخص را روی اروپا نشان می‌دهد. این سامانه سبب شده تا جریان‌ها در بخش جنوبی آن به سمت جنوب انحنای پیدا کنند و در شرق آن نیز با تشکیل یک سردچال بر روی ترکیه امتداد ناوه تا جنوب دریای سرخ کشیده شده است و قسمت تاوایی مثبت سردچال بر روی نواحی غربی ایران قرار دارد. نقشه سطح زمین این روز (شکل ۱۴) وجود پرفشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال را روی اروپا نشان می‌دهد. روی جنوب غرب دریای سرخ نیز کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در حال شکل‌گیری است و روی ایران پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بین پرفشار و کم‌فشار قرار دارد. روی شمال دریای خزر نیز کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال تشکیل شده است. در روز دوم تا هفتم دسامبر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تغییرات زیادی مشاهده نمی‌شود؛ ولی در این مدت سامانه مانع اندکی به سمت غرب حرکت کرده و در شرق آن ناوه‌های متناوبی ایجاد شده و به سمت ایران



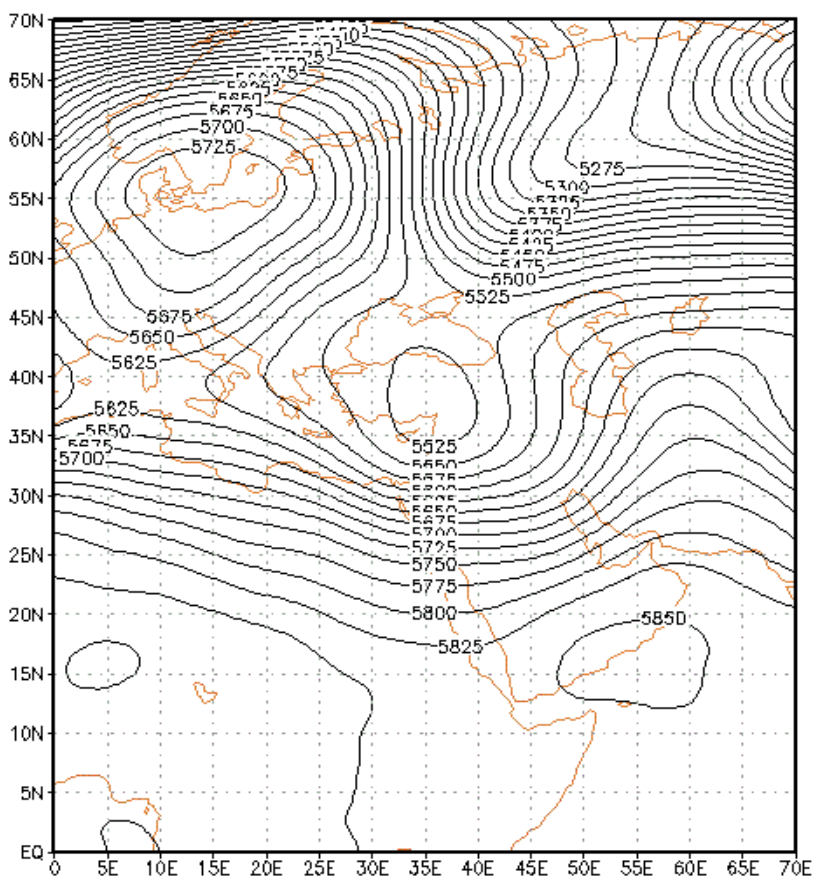
پیشروی کرده است (شکل ۱۱). در نقشه سطح زمین (شکل ۱۵) نیز پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال کم فشار شمال دریای خزر و جنوب دریای سرخ روی ایران قرار دارد. اما در روز ششم پرفشار ضعیف (۱۰۲۵ هکتوپاسکال) روی ترکیه تشکیل می‌شود که پربند ۱۰۲۰ آن به بیشتر نواحی ایران به جز نوار شرقی گسترش یافته است. در همین روز کم فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال بر روی دریای مدیترانه و کم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در جنوب غرب دریای سرخ تشکیل می‌شود و کم فشار دیگری (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) بر روی شمال دریای خزر شکل می‌گیرد. در روز هفتم ناوه عمیقی در شرق سامانه مانع تشکیل شده است. در نقشه سطح زمین روز هفتم تشکیل سامانه کم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال روی دریای مدیترانه قابل توجه است. بر روی جنوب دریای سرخ کم فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال، و روی ایران نیز پرفشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال قرار گرفته است. با اینکه آرایش تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای ایجاد بارش مناسب است، وجود این پرفشار در سطح زمین مانع ایجاد بارش در منطقه می‌شود که به خوبی می‌توان به نقش کم فشار سطح زمین در ایجاد ناپایداری پی برد. در روز هشتم، ناوه قوی تر شده و شیب فشاری شدیدی در قسمت جلو ناوه که بر روی عربستان و غرب ایران قرار گرفته، ایجاد شده است. در نقشه سطح زمین نیز کم فشار دریای مدیترانه قوی تر شده و فشار مرکزی آن به ۹۹۵ هکتوپاسکال رسیده و به صورت چندین منحنی بسته درآمده و کم فشار جنوب دریای سرخ نیز به ۱۰۱۰ هکتوپاسکال رسیده است؛ اما بر روی ایران پربند ۱۰۲۰ این کم فشار گسترش یافته است. در نهم دسامبر (شکل ۱۲) سردچال به سمت شرق حرکت کرده و شرایط مناسبی روی ایران تشکیل شده است. نقشه امگا سطح زمین در این روز (شکل ۲۱) هسته صعود را در غرب ایران نشان می‌دهد که مرکز این سلول نشان‌دهنده عدد ۰/۱ است. نقشه تاوایی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۲) نیز تاوایی سیکلونی با مرکز ۳- را در غرب ایران نشان می‌دهد که کاملاً منطبق با محل تشکیل سیکلون در سطح زمین است. نقشه وزش رطوبتی (شکل ۱۸) نیز جریان رطوبت را از طریق خلیج عدن و دریای مدیترانه به سمت دریای سرخ و سرانجام به سمت خلیج فارس نشان می‌دهد. نقشه رودباد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز نهم دسامبر (شکل ۱۹) تشکیل هسته رودباد با سرعت ۶۰ متر بر ثانیه بر شمال دریای سرخ

را نمایان می‌کند که محور این رودباد تا شمال غرب ایران کشیده شده است. در نقشه سطح زمین روز نهم دسامبر (شکل ۱۶) تغییر آشکاری صورت نگرفته است؛ ولی پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن تا نواحی غربی ایران گسترش یافته است. در تفسیر شرایط ترمودینامیکی جو (نک شکل ۲۰) باید گفت شاخص شولتر و ki در این روز در ایستگاه اهواز در ساعت صفر به ترتیب $2/8$ و $29/1$ و در ساعت ۱۲ مقادیر $1/5$ و $35/7$ است که نشان‌دهنده ناپایداری شدید است. همچنین، نمودار ترمودینامیکی جو در روز نهم دسامبر در ایستگاه اصفهان وجود رطوبت مناسب را از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو نشان می‌دهد. در روز دهم دسامبر بر روی نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همچنان شیب فشاری شدیدی در نواحی غربی ایران وجود دارد. در نقشه سطح زمین نیز کم‌فشار به سمت شمال شرق حرکت کرده و مرکز آن روی شرق دریای خزر قرار گرفته و پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن به تمام نقاط ایران گسترش یافته است. بر روی شمال ایتالیا پرفشار ۱۰۴۰ هکتوپاسکال تشکیل شده است. نقشه امگا و تاوایی این روز نیز کاملاً منطبق بر کم‌فشار است و هسته صعود در نواحی مرکزی ایران و تاحدودی نواحی جنوب غربی ایجاد شده است؛ ولی تاوایی مثبت در شرق دریای خزر و نواحی شرقی ایران وجود دارد. نقشه وزش رطوبتی نیز همچنان جریان رطوبت را از طریق خلیج عدن و دریای سرخ و تاحدودی دریای مدیترانه به سمت منطقه نشان می‌دهد. در نقشه رودباد روز ۱۰ دسامبر یک هسته سرعت ۵۵ متر بر ثانیه روی نواحی غربی ایران تشکیل شده است. در روز یازدهم نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تغییری نداشته است اما در نقشه سطح زمین گسترش زبانه ۱۰۲۰ هکتوپاسکال پرفشار اروپا به نواحی غربی و جنوب غرب ایران موجب شده تا بارش‌ها در این روز کاهش یابند. در روزهای بعد در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال تغییرات زیادی مشاهده نمی‌شود (شکل ۱۳) و تنها نقشه سطح زمین در تغییرات بارشی تأثیرگذار است؛ به گونه‌ای که در روزهای دوازدهم و سیزدهم (شکل ۱۷) با نفوذ کم‌فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال از روی عربستان به ایران، بارش‌هایی در منطقه ایجاد شده است؛ اما در روزهای چهاردهم و پانزدهم با نفوذ پرفشاری که روی دریای مدیترانه قرار دارد، بارش‌ها قطع شده‌اند. در روزهای ذکر شده نقشه امگا و تاوایی کاملاً با نقشه سطح زمین انطباق دارند.

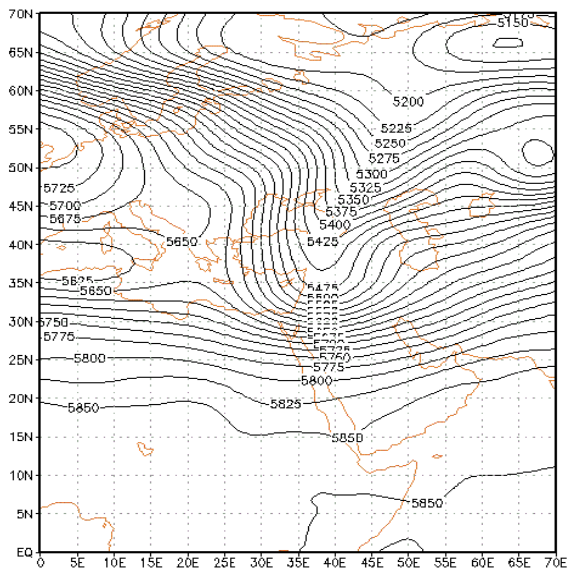


جدول ۲ مقادیر بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک استان در دوره بارشی ۱-۱۵ دسامبر ۱۹۹۱

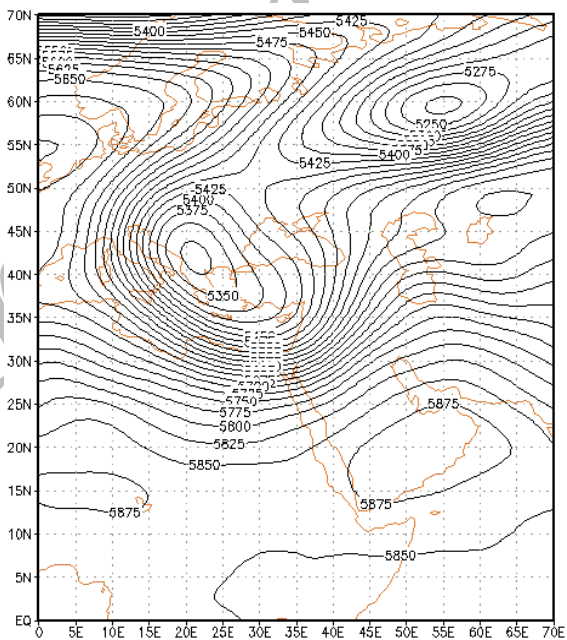
میانگین سالیانه درصد به	روز															ایستگاه	
	جمع	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲		۱
۵۴	۱۶۱/۴	۰	۰	۴/۴	۲/۶	۲۸/۳	۷/۱	۲۲/۸	۱۹/۹	۰	۱/۶	۰	۰	۶۰	۱۴/۷	۰	شهرکرد
۳۴	۴۶۲	۲/۶	۱۶/۷	۲۶/۷	۱۰۳/۳	۱۹/۲	۵۷/۵	۸۰/۴	۱۴/۶	۴/۶	۰	۱۸/۸	۶۸/۷	۰	۴۹/۱	۰	کوه‌رنگ
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	لردگان
۴۷	۱۱۳/۱	۱۲/۹	۱۷/۵	۸/۵	۱۳/۷	۱۵	۱۴/۹	۳/۳	۰	۰/۳	۰	۱۶/۷	۱۰/۳	۰	۰	۰	بروجن



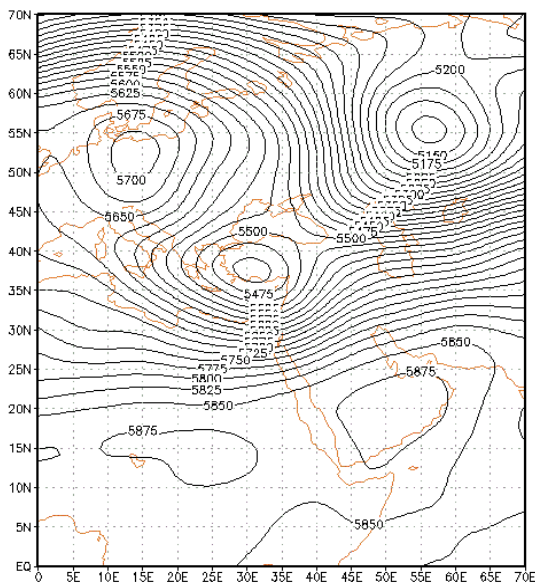
شکل ۱۰ نقشه سطح ۵۰۰ ساعت ۰۰UTC روز ۱ دسامبر ۱۹۹۱



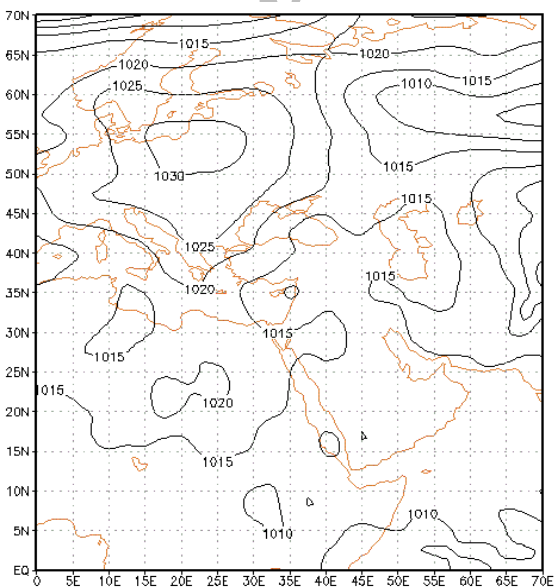
شکل ۱۱ نقشه سطح ۵۰۰ ساعت ۰۰UTC روز ۴ دسامبر ۱۹۹۱



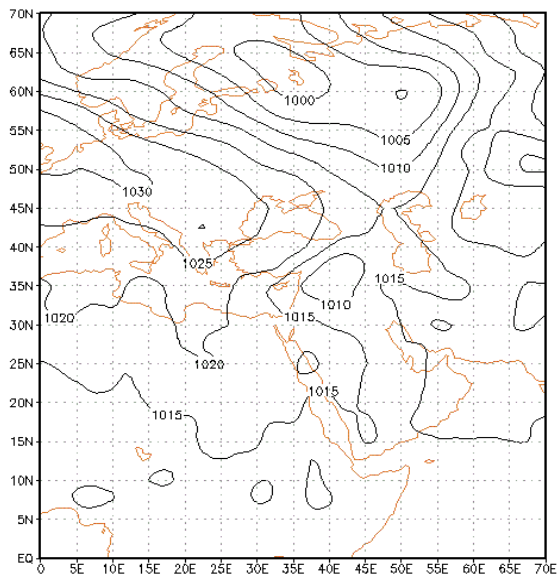
شکل ۱۲ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



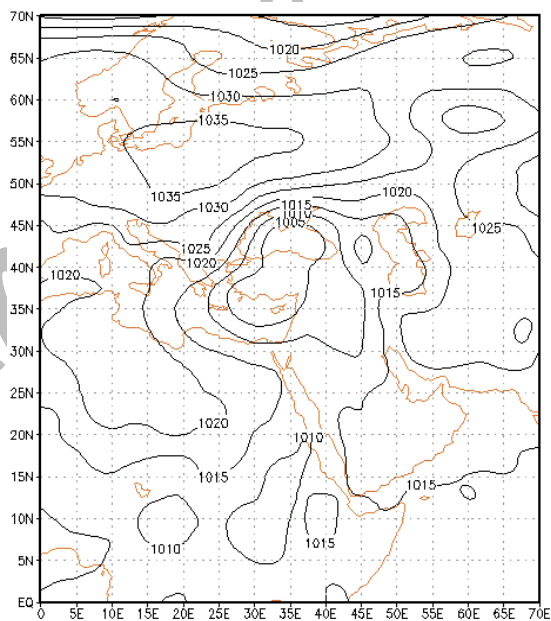
شکل ۱۳ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۱۲ دسامبر ۱۹۹۱



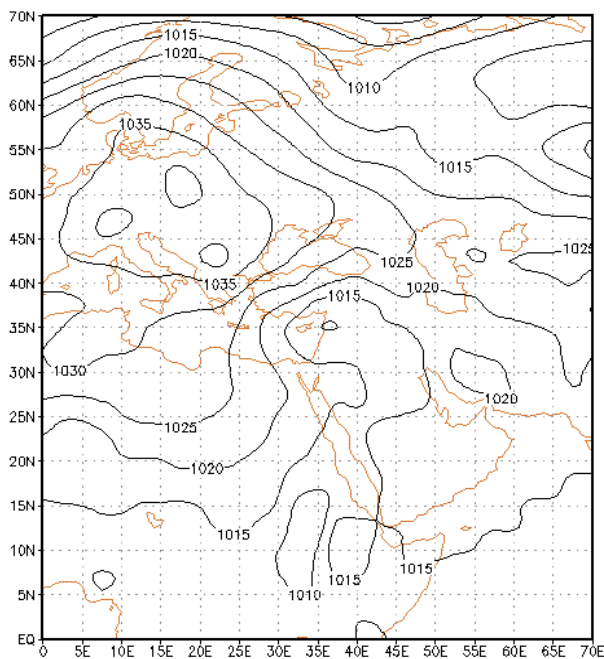
شکل ۱۴ نقشه سطح زمین روز ۱ دسامبر ۱۹۹۱



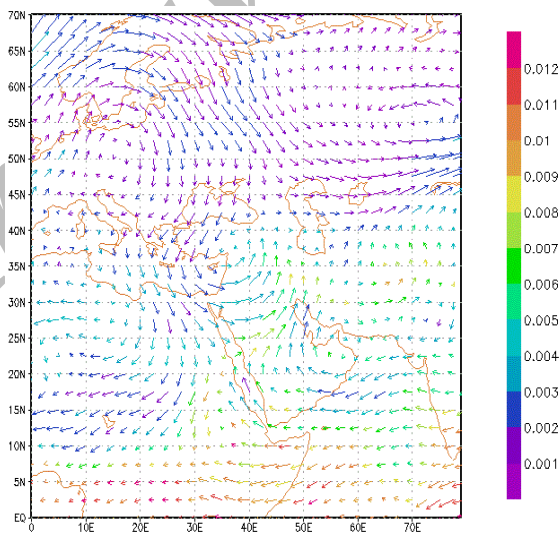
شکل ۱۵ نقشه سطح زمین روز ۴ دسامبر ۱۹۹۱



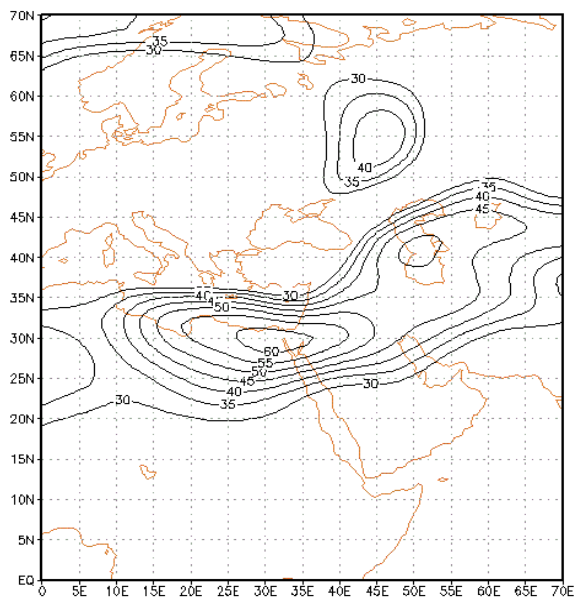
شکل ۱۶ نقشه سطح زمین روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



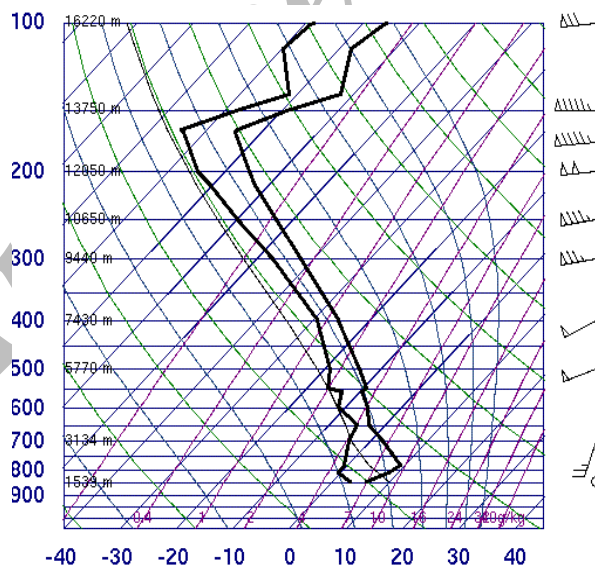
شکل ۱۷ نقشه سطح زمین روز ۱۲ دسامبر ۱۹۹۱



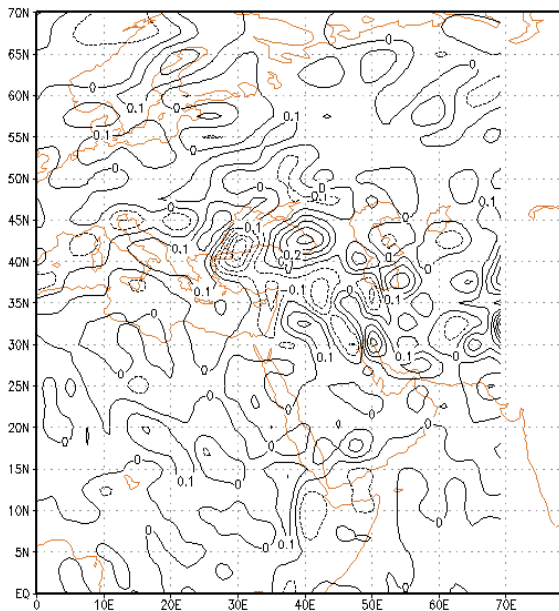
شکل ۱۸ نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



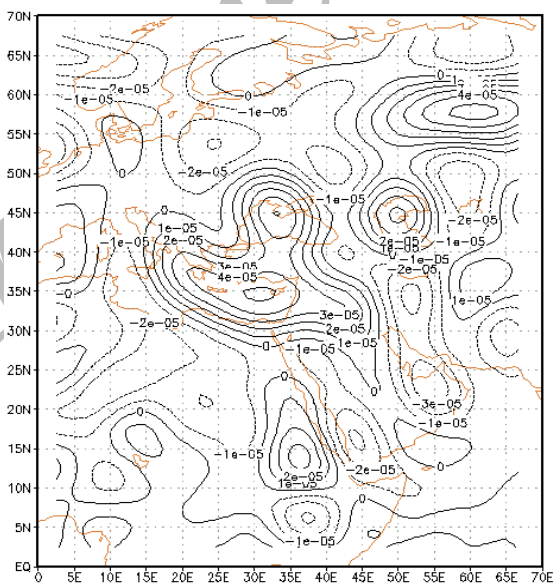
شکل ۱۹ نقشه رودیاد تراز ۳۰۰۰ روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



شکل ۲۰ نمودار ترمودینامیکی روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



شکل ۲۱ نقشهٔ امگا سطح زمین روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱



شکل ۲۲ نقشهٔ چرخندگی سطح ۸۵۰ روز ۹ دسامبر ۱۹۹۱

۳-۴- بررسی و تحلیل همدید بارش‌های استثنایی ۱ تا ۱۶ فوریه ۲۰۰۶

در روزهای مورد بحث آنچه در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی درخور توجه است، وجود سامانه مانع در غرب ایتالیاست. در روز دوم فوریه (شکل ۲۳) این سامانه موجب شده تا در شرق آن بر روی دریای مدیترانه سلول کم‌ارتفاعی تشکیل شود که امتداد آن به صورت ناواه‌ای تا شمال آفریقا کشیده شده است. در نقشه سطح زمین روز یکم فوریه (شکل ۲۷) کم‌فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال روی دریای مدیترانه تشکیل شده که منحنی ۱۰۱۰ هکتوپاسکالی آن با کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکالی واقع در شمال شرق آفریقا ادغام شده است. در نقشه امگا سطح زمین نیز هسته صعود روی شبه‌جزیره عربستان قرار گرفته است؛ اما بر روی ایران هسته نزول قرار دارد که با سیستم کم‌فشار سطح زمین کاملاً منطبق است. طی روزهای سوم تا ششم فوریه (شکل ۲۴) وجود سیستم مانع سبب شده است بر روی دریای مدیترانه به صورت پیاپی سردچال ایجاد شود. همچنین، در این مدت در نقشه سطح زمین گسترش کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال تا نواحی جنوب غرب ایران (شکل ۲۸) باعث شده بارش‌هایی به صورت متناوب طی این روزها ایجاد شود. در روز هفتم فوریه از بین رفتن سامانه مانع سبب شده است سردچالی بر روی شمال آفریقا تشکیل شود. در این روز در نقشه سطح زمین دو سلول کم‌فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در روی دریای مدیترانه و دریای سرخ دیده می‌شود که منحنی ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن تا جنوب غرب ایران گسترش پیدا کرده است. همچنین، شاخص شولتر و K_i در ایستگاه اهواز به ترتیب برابر با $3/3$ و $29/3$ است که ناپایداری را نشان می‌دهد. نقشه امگا سطح زمین نیز وجود هسته صعودی را بر روی شبه‌جزیره عربستان تا نواحی غربی ایران نشان می‌دهد. این هسته صعودی کاملاً بر منطقه تاوایی مثبت سردچال منطبق است. نقشه وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال روز هفتم فوریه یک حرکت واچرخندی را بر روی جنوب عربستان نشان می‌دهد. این واچرخند باعث گردش هوا از روی خلیج عدن و جنوب دریای سرخ و رطوبت آن مناطق به سمت خلیج فارس و جنوب غرب ایران شده است. در نقشه تاوایی روز هفتم فوریه، تاوایی مثبت (سیکلونی) از جنوب دریای سرخ تا مرز جنوب غرب ایران دیده می‌شود که دقیقاً بر تاوایی مثبت ناوه منطبق است. نقشه رودباد این روز هم گستردگی هسته رودباد را از شمال آفریقا تا جنوب غرب ایران نشان



می‌دهد. مرکز این رودباد ۶۰ متر بر ثانیه سرعت دارد و در جنوب غرب ایران سرعت آن ۳۵ متر بر ثانیه است.

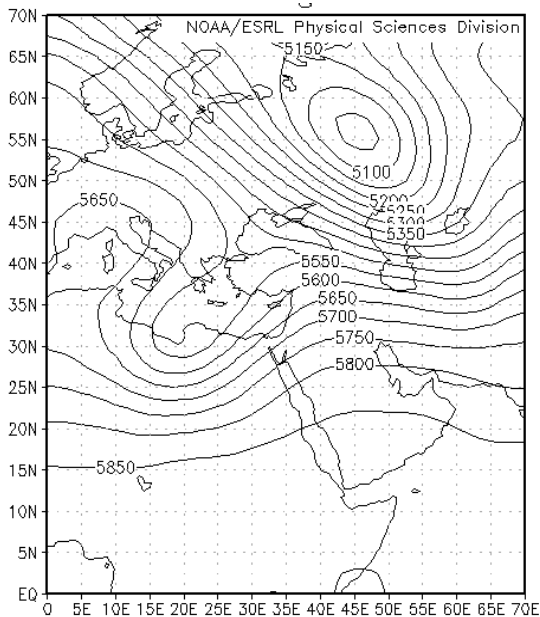
در روز هشتم فوریه ناوه ایجادشده بر شمال آفریقا عمیق‌تر شده (شکل ۲۵) و بر روی دریای سرخ جریان‌های کزفشاری ایجاد کرده است. در نقشه سطح زمین روز هشتم فوریه (شکل ۲۹) دو سامانه کم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال با هم ادغام شده‌اند و فشار مرکزی آن بر دریای مدیترانه به ۱۰۰۵ هکتوپاسکال کاهش یافته و پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال تا نواحی غربی ایران گسترش پیدا کرده است. وجود این کم فشار در شبه جزیره عربستان و قرار گرفتن قسمت تاوایی مثبت سردچال در عربستان باعث انتقال جریان‌های گرم و مرطوب جنوبی به سمت منطقه می‌شود. همان‌طور که نقشه وزش رطوبتی این روز نشان می‌دهد (شکل ۳۱)، مسیر انتقال رطوبت به منطقه از طریق خلیج عدن، دریای سرخ و خلیج فارس به جنوب غرب ایران است که یک هسته رطوبتی مناسب (۸ گرم بر کیلوگرم) در جنوب غرب ایران را تشکیل می‌دهد. با توجه به نقشه امگا روز هشتم (شکل ۳۳) هسته صعود که روز قبل بر روی شبه جزیره عربستان قرار داشت، در این روز به نواحی غربی ایران نیز گسترش یافته است. همچنین، نقشه تاوایی در این روز (شکل ۳۴) تاوایی مثبت (سیکلونی) را از دریای سرخ تا جنوب غرب ایران نشان می‌دهد. نقشه رودباد این روز (شکل ۳۵) تشکیل یک هسته رودباد با سرعت ۷۰ متر بر ثانیه را روی دریای سرخ نشان می‌دهد که امتداد این رودباد تا شمال شرق ایران گسترش یافته است. در این روز شاخص‌های K_i و شولتر در ایستگاه اهواز به ترتیب $25/8$ و $4/8$ است که شرایط ناپایداری در منطقه را نشان می‌دهد. در روز نهم فوریه که روز اوج بارش است، تمام شرایط ایدئال برای بارش در تمام سطوح ایجاد شده است. آنچه در این روز در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال درخور توجه است، تغییر شکل سامانه مانع به صورت زوجی بر روی دریای سیاه است (شکل ۲۶). این سامانه باعث گسترش ناوه تا دریای سرخ شده است. وجود هسته صعود در نواحی غربی و مرکزی ایران، تشکیل تاوایی مثبت روی این نواحی، قرار گرفتن هسته رودباد با سرعت ۶۰ متر بر ثانیه روی منطقه و تغذیه رطوبتی مناسب باعث شده تا در این روز بارش‌های مناسبی ریزش کند؛ به طوری که میزان بارش در ایستگاه کوه‌رنگ $112/4$ میلی‌متر است. شاخص‌های k_i و شولتر در ساعت صفر در ایستگاه اهواز

در این روز به ترتیب ۲۴ و ۵/۳۹ است و نقشه ترمودینامیکی جو (شکل ۲۲) نیز وجود رطوبت مناسب از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو را به خوبی نشان می‌دهد. اما در نقشه سطح زمین تشکیل دو سامانه پرفشار ۱۰۲۰ هکتوپاسکالی یکی در شمال دریای خزر و دیگری در شمال آفریقا درخور توجه است. کم‌فشار ۱۰۰۵ هکتوپاسکال (شکل ۳۰) در غرب ایران قرار گرفته و پربند ۱۰۱۰ هکتوپاسکال آن تا سراسر نیمه غربی گسترش یافته است.

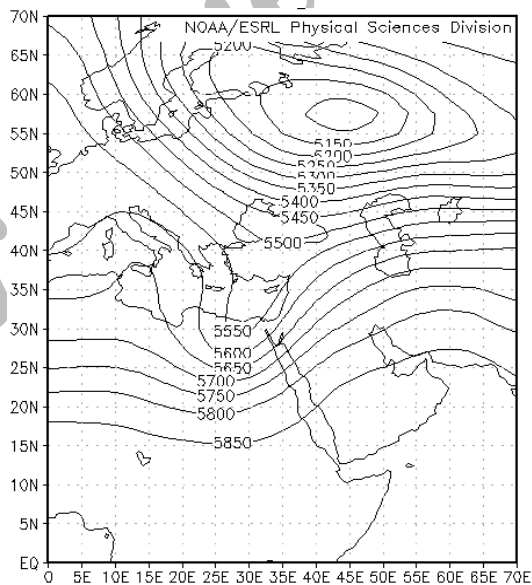
در روز دهم سردچال از بین رفته و ناوه پشت سردچال درحال گسترش به عرض‌های پایین‌تر است. در این روز در نقشه سطح زمین پرفشاری ضعیفی (۱۰۲۰ هکتوپاسکال) که روز قبل روی شمال آفریقا قرار داشت، تا نواحی غربی و جنوب غربی ایران گسترش یافته و به طور موقت بارش‌ها قطع شده است. همچنین، پرفشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر تشکیل شده است. در روز یازدهم با اینکه شرایط تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مناسب است؛ اما در نقشه سطح زمین گسترش و ادغام پرفشار شمال دریای خزر و غرب ایران باعث شده تا بارش‌های کمی در این روز ریزش کند. در روزهای بعد در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال عبور موج‌های ضعیفی از ناوه و همچنین نفوذ دوباره کم‌فشار از غرب و جنوب غرب، باعث به وجود آمدن بارش‌هایی در این مدت شده که بیشتر آن‌ها در ایستگاه کوه‌رنگ است؛ تأثیر شرایط توپوگرافی منطقه نیز در این زمینه درخور توجه است. در این مدت نقشه امگا هسته نزول هوا را بر منطقه نشان می‌دهد.

جدول ۳ مقادیر بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک استان در دوره بارشی ۱۶-۳ فوریه ۲۰۰۶

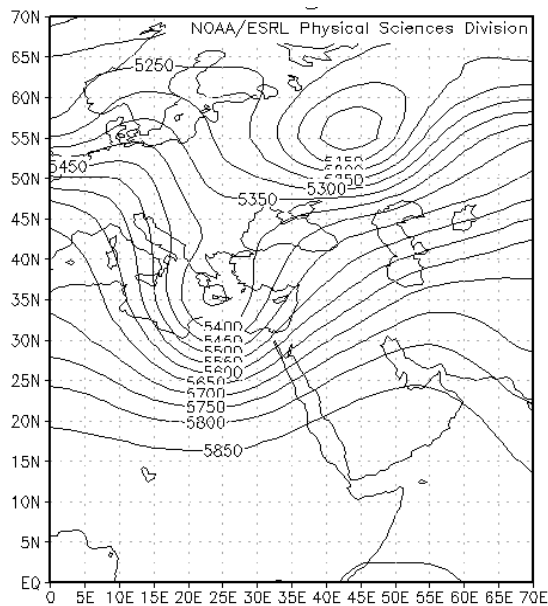
درصد به میانگین	جمع	روز													ایستگاه	
		۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴		۳
۴۲	۱۳۴/۲	۰	۱/۱	۵/۷	۳/۸	۰	۷/۱	۰	۵۰/۳	۴۶/۴	۰	۰	۰	۱۹/۸	۰	شهرکرد
۳۴	۴۶۶/۲	۲۳/۷	۳۶/۶	۵۲/۲	۰	۰	۱۵	۰	۱۱۲/۴	۱۱۸/۹	۲۲/۸	۰	۰	۷۲/۲	۱۲/۱	کوه‌رنگ
۳۱	۱۶۶/۹	۲/۱	۰/۷	۰/۶	۱	۲/۶	۱/۹	۰	۶۴/۸	۵۳/۳	۰	۰/۸	۰	۳۹/۱	۰	لردگان
۳۵	۸۵/۳	۱/۱	۱	۱/۱	۰	۴/۴	۲/۶	۰	۴۱/۵	۱۹/۹	۰	۰	۰	۳/۷	۰	بروجن



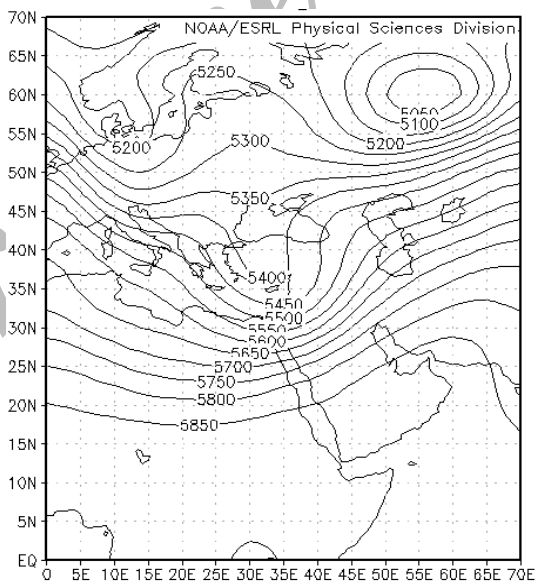
شکل ۲۳ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۲ فوریه ۲۰۰۶



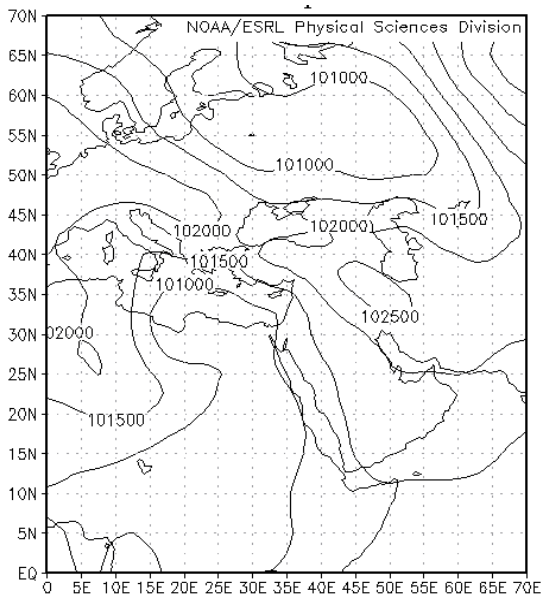
شکل ۲۴ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۳ فوریه ۲۰۰۶



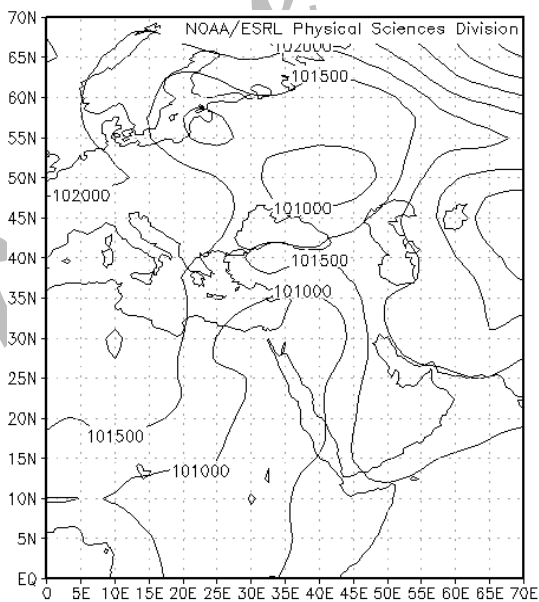
شکل ۲۵ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۸ فوریه ۲۰۰۶



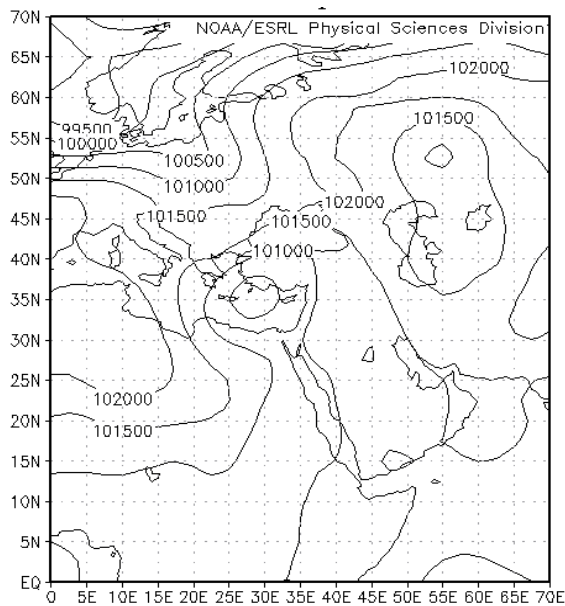
شکل ۲۶ نقشه سطح ۵۰۰ روز ۹ فوریه ۲۰۰۶



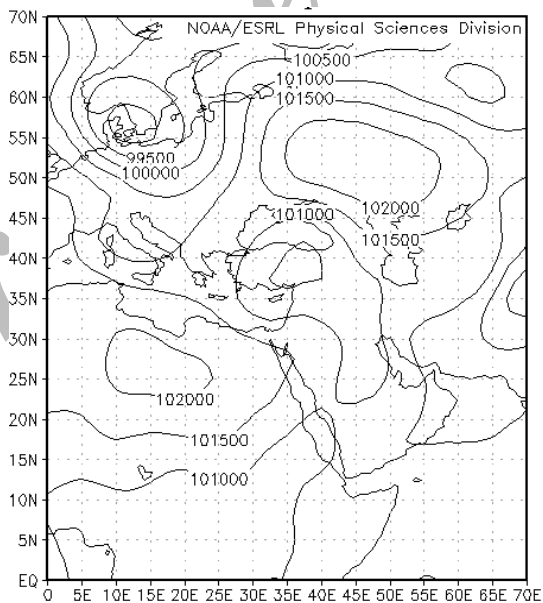
شکل ۲۷ نقشه سطح زمین روز ۲ فوریه ۲۰۰۶



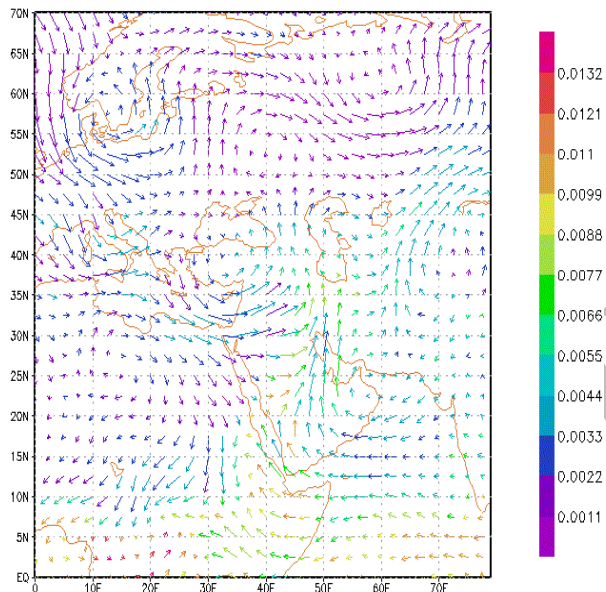
شکل ۲۸ نقشه سطح زمین روز ۳ فوریه ۲۰۰۶



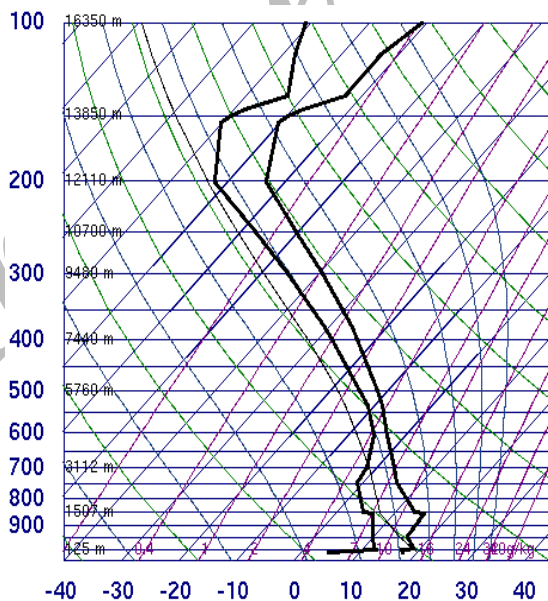
شکل ۲۹ نقشه سطح زمین روز ۸ فوریه ۲۰۰۶



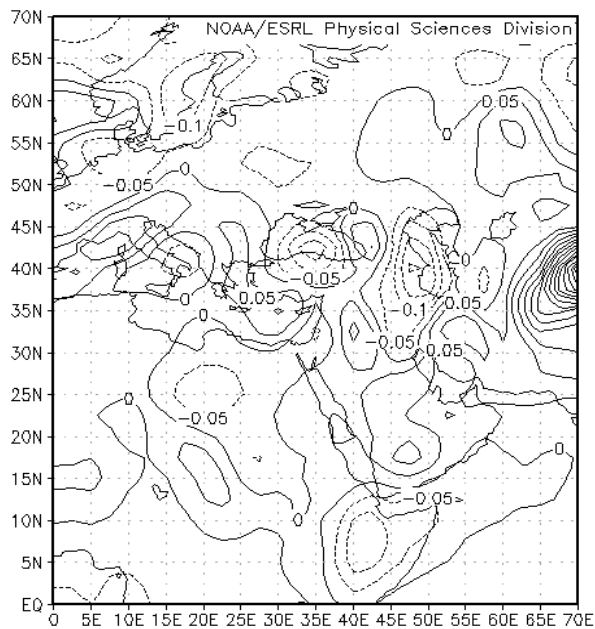
شکل ۳۰ نقشه سطح زمین روز ۹ فوریه ۲۰۰۶



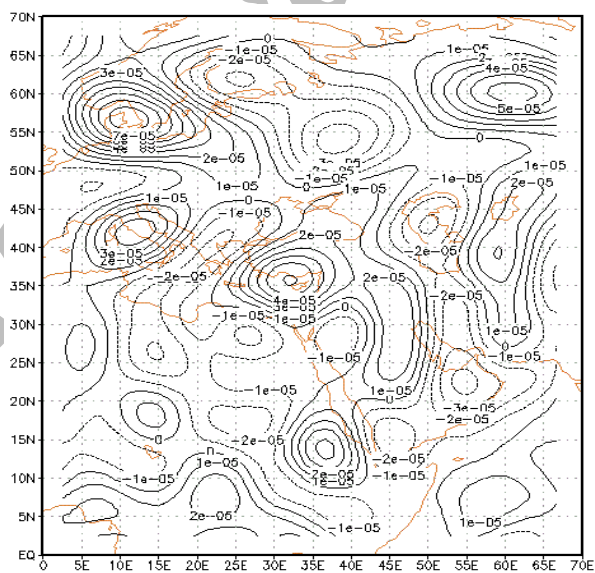
شکل ۳۱ نقشهٔ وزش رطوبتی سطح ۸۵۰ روز ۹ فوریه ۲۰۰۶ ایستگاه اهواز



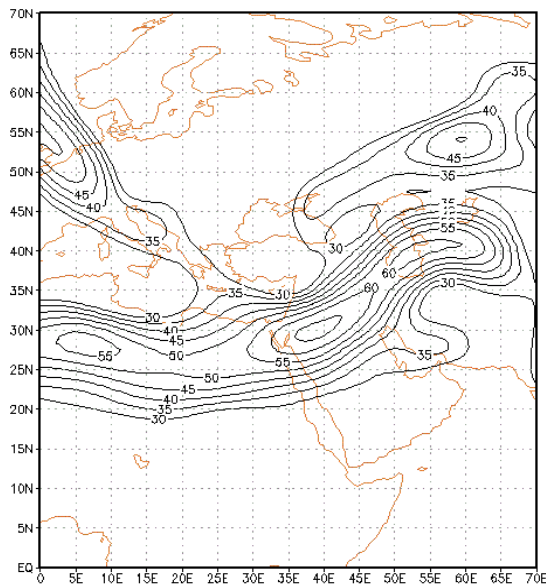
شکل ۳۲ نمودار ترمودینامیکی ساعت صفر روز ۹ فوریه ۲۰۰۶



شکل ۳۳ نقشهٔ امگا سطح زمین در روز ۹ فوریه ۲۰۰۶



شکل ۳۴ نقشهٔ چرخندگی سطح ۸۵۰ در روز ۹ فوریه ۲۰۰۶



شکل ۳۵ نقشه رودباد سطح ۳۰۰۰ در روز ۹ فوریه ۲۰۰۶

مطالعات انجام شده درباره بارش‌های سنگین جنوب غرب ایران به تأثیر کم‌فشار سودانی و ادغام آن با کم‌فشار مدیترانه اشاره دارند: لشکری (۱۳۷۵) می‌گوید بارش‌های سنگین و سیل‌آسا در جنوب غرب ایران نتیجه تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم‌فشار مونسونی سودان و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن‌ها به سامانه دینامیکی و ترمودینامیکی است. اما در تحقیق حاضر علاوه بر تأیید این نتایج، روشن شد که با تشکیل سیستم مانع بر روی اروپا و ایجاد کم‌فشار بریده روی منطقه مورد مطالعه، بارش‌های چندروزه در منطقه اتفاق می‌افتد. در مواقعی که قسمت PVA کم‌فشار بریده دقیقاً بر کم‌فشار سطح زمین منطبق باشد، هسته‌های صعود به‌خوبی ایجاد می‌شود و تاوایی مناسبی هم پدید می‌آید. این عوامل باعث می‌شوند تغذیه رطوبتی مناسبی انجام شود و بارش‌های مناسبی در منطقه رخ دهد.

۵- نتیجه‌گیری

توقف چندروزه سیستم‌های باران‌زا یکی از علت‌های مهم ایجاد بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری است. علت این توقف نیز تشکیل سامانه مانع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

بر روی اروپاست که سبب می‌شود در شرق این سیستم سردچال عمیقی تشکیل شود و با ریزش هوای سرد از عرض‌های بالاتر موجب فرارفت هوای گرم و مرطوب عرض‌های پایین می‌شود. این الگو در تمام دوره‌های انتخابی مشاهده شد.

سیستم‌های کم‌فشار سودانی و دریای سرخ که از جنوب‌غرب وارد ایران می‌شوند، با دریافت رطوبت مناسب از دریای سرخ، دریای عرب و خلیج فارس باعث ایجاد بارش‌های سنگین در منطقه می‌شوند. دوره‌های بارشی نوامبر ۱۹۸۶، دسامبر ۱۹۸۹ و ژانویه ۲۰۰۲ از این سیستم‌ها تشکیل شده‌اند.

ترکیب کم‌فشار سودانی با کم‌فشار مدیترانه‌ای باعث تقویت کم‌فشار سودانی می‌شود و به ایجاد بارش‌های سنگین در منطقه می‌انجامد. بارش‌های این سیستم‌ها سنگین‌تر هستند. دوره‌های بارشی دسامبر ۱۹۹۱، نوامبر ۱۹۹۴، دسامبر ۱۹۹۷، مارس ۲۰۰۵ و فوریه و نوامبر ۲۰۰۶ ناشی از این سامانه‌های ترکیبی‌اند.

در هر دوره بارشی هنگامی که کم‌فشار سطح زمین با قسمت تاوایی مثبت سردچال هماهنگی دارد، سایر شرایط از جمله هسته صعود، تاوایی مثبت و تغذیه رطوبتی مناسب نیز در شرایط مناسب قرار می‌گیرند و باعث ریزش‌های سنگین می‌شوند.

در ایستگاه‌های واقع در دامنه‌های زردکوه، حرکت توده‌های هوا روی شیب‌های ارتفاعات باعث افزایش ناپایداری و شدت بارش در این مناطق می‌شود؛ به طوری که ایستگاه کوه‌رنگ در دوره بارشی مارس ۱۹۸۸ به میزان ۵۳۵/۵ میلی‌متر بارش داشته و در سایر دوره‌ها نیز بارش چشمگیری داشته است.

۶- منابع

- امیدوار، کمال، «بررسی سیلاب‌ها براساس موقعیت سیستم‌های همدید در استان یزد»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دانشگاه اصفهان، ش ۸۸، صص ۱۳۷-۱۵۷، ۱۳۸۷.
- _____ آب و هواشناسی دینامیک، یزد: انتشارات دانشگاه یزد، ۱۳۸۸.
- _____ آب و هواشناسی همدیدی، یزد: انتشارات دانشگاه یزد، ۱۳۸۹.
- بابایی، ام‌السلمه و منوچهر فرج‌زاده، «شاخص‌های مکانی بارش و تغییرات آن در ایران» در سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان، ۱۳۸۲.



- جهان‌بخش اصل، سعید و حسن ذوالفقاری، «بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۶۳، صص ۲۳۳-۲۵۸، ۱۳۸۱.
- حبیبی، فریده، «تحلیل همدیدی و دینامیکی سامانه‌های بندالی: روش تشخیص سامانه‌های بندالی و تأثیر آن روی ایران»، مجله فیزیک زمین و فضا، ش ۳، صص ۶۹-۸۹، ۱۳۸۵.
- خوشحال دسجردی، جواد، تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۵.
- علیجانی، بهلول و مجید زاهدی، «تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۶۵، صص ۲۰۲-۲۱۷، ۱۳۸۱.
- علیجانی، بهلول، اقلیم‌شناسی سینوپتیک، تهران: سمت، ۱۳۸۱.
- قائمی، هوشنگ و محمود عدل، ناپایداری و توفان‌های رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ۱۳۷۱.
- لشکری، حسن، «تکوین همگرایی دریای سرخ»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۵۸، صص ۱۶۷-۱۸۴، ۱۳۷۹.
- مفیدی، عباس و آذر زرین، «بررسی سینوپتیک تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌آسا در ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۷۷، صص ۱۱۳-۱۳۶، ۱۳۸۴.
- نصیری، بهروز، «تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های کرخه و دز»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۵۴، صص ۱۷۷-۱۸۵، ۱۳۷۸.
- Delden, V.A., "The Synoptic Setting of Thunderstorms in Western Europe", *Atmospheric Research*, Vol. 56. Pp. 89-110, 2001.
- Homar, V., M. Gaya & C. Ramis, "A Synoptic and Mesoscale Diagnosis of a Tornado Outbreak in the Balearic Islands", *Atmospheric Research*, Vol. 56, Pp. 31-55, 2001.
- Keables, M.J., "A Synoptic Climatology of Bimodal Precipitation Distribution in the Upper Midwest", *J. Climato*, Vol. 2, Pp. 1289-1294, 1989.

- Kodama, K.G. & M. Barnes, "Heavy Rain Events over the South- Facing Slopes of Hawaii: Attendant Conditions", *Weather and Forecasting*, Vol. 12, Pp. 347- 367, 1997.
- Maddox, H. & G. Chappell, "Comparison of Meteorological Aspect of the Big Thompson and Rapid City Flash Floods", *Monthly Weather Review*, March 1978.
- Robert, P., Harnack Donald, T. Jansen, Goseph, R. Cermak, "Investigation of upper-air Conditions Occurring with Heavy Summer Rain in Utah", *International Journal of Climatology*, No. 18, Pp. 701-723, 1998.
- Robert, M., C. Faya & H. Ray, "Meteorological Characteristics of Flash Flood Events over Western United State", *Monthly Weather Review*, No. 108, 1980.
- Wang, X., Z. Panmao & W. Cuicui, "Variations in Extropical Cyclon Activity in Northern East Asia", *Journal of Atmospheric Sciences*, Vol. 26, No. 3, Pp. 471- 479, 2009.