

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۸، پاییز ۱۳۹۲  
وصول مقاله : ۱۳۹۱/۱۱/۵  
تأیید نهایی : ۱۳۹۲/۶/۲۳  
صفحات : ۴۰ - ۲۷

## بررسی الگوهای هم‌دید سیلاب‌های رودخانه بوانات مروست در استان یزد

دکتر کمال امیدوار<sup>۱</sup>، حمیده دهقان<sup>۲</sup>، منوچهر فرودی<sup>۳</sup>

### چکیده

در این تحقیق الگوهای هم‌دید مؤثر در ایجاد سیلاب‌های رودخانه بوانات مروست مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به خشک و بیابانی بودن منطقه ۵ دوره سیلاب در دوره آماری ۹ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۹) اتفاق افتاده که هر کدام مورد تحلیل سینوپتیکی قرار گرفت و تنها دو الگو از شدیدترین آنها (۶ دسامبر ۲۰۰۳، ۲۹ مارس ۲۰۰۷) به عنوان نمونه انتخاب و تحلیل شد. برای تحلیل این پدیده از آمار بارش روزانه ایستگاه مروست و ایستگاه‌های مجاور و برای تعیین شدت ناپایداری‌ها، در مورد شاخص‌های ناپایداری،  $Tt_i$ ,  $Li$ ,  $Ki$ ,  $Si$  و  $Pw$  از ایستگاه شیراز استفاده شد. همچنین برای تحلیل الگوهای هم‌دید بارش، نقشه‌های هم‌دید سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های امگا و وزش رطوبتی و چرخندگی در ساعت صفر و ۱۲ تهیه شد. آرایش الگوهای هم‌دید و روند آنها در نقشه‌های هوا ۲ روز قبل از سیلاب تا روز سیلاب بررسی شد. نتایج تحقیق نشان دهنده ۲ الگوی بارشی در منطقه می‌باشد: بارش‌های سیلابی در ۶ دسامبر ۲۰۰۳ به علت سامانه مدیترانه‌ای است که به دلیل داشتن منبع غنی رطوبت و دمای بالا شرایط کسب رطوبت از آب‌های جنوبی کشور را به بهترین شکل دارا می‌باشد و به همین دلیل باعث بارش‌های شدید در این دوره شده است و عامل بارش ۲۹ مارس ۲۰۰۷ استقرار پرفشار سیبری و تشکیل سیستم مانع، بر روی جنوب دریای خزر و مرکز ایران است. در همین زمان سامانه‌های ناپایدار غربی در برخورد با این سیستم مانع تغییر مسیر داده و با حرکت به سمت عرض‌های پایین از آب‌های جنوبی رطوبت کسب کرده و از سمت جنوب غرب به داخل کشور نفوذ نموده و بارش‌های قابل توجهی را در مناطق جنوب غربی و مرکزی و منطقه مورد مطالعه ایجاد کرده‌اند.

کلید واژگان: سیلاب، هم‌دید، بلوکینگ، سامانه مدیترانه‌ای، رودخانه مروست.

## مقدمه

یکی از انواع حوادث طبیعی که هر ساله باعث به وجود آمدن خسارات زیادی در سراسر جهان می‌شود، وقوع سیلاب‌های ناگهانی و شدید است. این پدیده در ایران، به ویژه در مناطق خشک و بیابانی آن بیشتر رخ می‌دهد. استان یزد به علت موقعیت جغرافیایی و اقلیمی آن که در منطقه خشک و بیابانی ایران مرکزی قرار دارد، همواره در معرض وقوع سیلاب‌ها قرار دارد و به صورت دوره‌ای خسارات زیادی از این جهت متحمل می‌شود (امیدوار، ۱۳۸۷: ۱۳۷). بارش پدیده‌ای حاصل از اندرکنش‌های جو است. اهمیت بررسی پدیده بارش زمانی آشکارتر می‌شود که یک مکان با بارش ناچیز شاهد ریزش قابل توجه و ناگهانی حجم عظیمی از بارش باشد. ایران از جمله مناطقی است که شاهد رفتار ناهنجار و بی قاعده بارش است (محمدی، ۱۳۸۹: ۷۰-۴۷). تکرار، تغییر یا تداوم سیستم‌های هوا در هر مکانی در تعیین و شناسایی اقلیم آن مکان اهمیتی بسزا دارد. تداوم و تغییر این سیستم‌ها از طریق فرایند طبقه بندی یا تعیین تیپ‌های هوا، شناسایی می‌شوند (علیجانی و زاهدی، ۱۳۸۱: ۲۱۷-۲۰۲). در مورد منشأ سیلاب‌ها و الگوهای چرخشی منجر به سیل در سطح دنیا مطالعات گسترده‌ای انجام گرفته است. گیلبرت و همکاران (۱۹۹۸) به مطالعه مدیریت سیلاب در جلوگیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از آن در فرانسه پرداخته و وجود سامانه‌های هشدار دهنده و نیز ساخت سازه‌های فنی مناسب را در کاهش خسارات ناشی از سیل در این کشور مثبت ارزیابی کرده اند. هارناک ۲ و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی همدمیدی بارش‌های سنگین در نیوجرسی آمریکا پرداختند و در این رابطه ۸۱ مورد بارش را طی یک دوره آماری ۳۵ ساله بررسی و رژیم بارش را تحلیل کردند. کینزلی ۳ (۲۰۰۷) در پژوهشی به امکان تخمین و پیش بینی بارش‌های سنگین در نواحی سیل گیر اروپای مرکزی

با نفوذ مؤثر سیکلون‌های مدیترانه‌ای پرداخته است. کونته ۴ و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از شاخص‌های Li و Ki به بررسی یک سیکلون گرمسیری در جنوب شرقی ایتالیا در سپتامبر ۲۰۰۶ پرداخته اند. محققان دیگری نیز درباره الگوهای همدمیدی بارش مطالعه کرده‌اند به عنوان مثال دایان ۵ (۲۰۰۱)، کوتیل ۶ (۲۰۰۱)، لیتمن ۷ (۲۰۰۱)، باسو ۸ (۲۰۰۴)، کانا ۹ (۲۰۰۴)، لانا ۱۰ و همکاران (۲۰۰۷) را می‌توان نام برد. در زمینه بارش‌های سیل زا در ایران نیز مطالعاتی انجام شده است. نجار سلیقه (۱۳۸۰) با بررسی الگوهای همدمیدی بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران، نقش واگرایی در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال و کم ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال را در ریزش‌های جوی منطقه ضروری می‌داند و معتقد است که چنانچه زبانه کم فشار موسمی رطوبت را به ایران حمل کند، اما کم ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و واگرایی ۲۰۰ هکتوپاسکال وجود نداشته باشد، ریزش‌ها رخ نمی‌دهند. مفیدی و زرین (۱۳۸۴) تاریخچه‌ای از بررسی‌های انجام شده بر روی کم فشار سودانی را بیان کرده و سپس با توجه به ۱۸ مورد بارش سنگین با منشأ سودانی، الگوهای همدمیدی حاکم در زمان وقوع طوفان‌ها را استخراج کردند. امیدوار (۱۳۸۶) با استفاده از داده‌های بارش روزانه ایستگاه هواشناسی، نقشه‌های همدمیدی و داده‌های جو بالایی در یک دوره آماری ۲۰ ساله در منطقه شیرکوه نشان داد که سه نوع سامانه همدمیدی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سودانی-مدیترانه‌ای، مدیترانه‌ای و سامانه سودانی. امیدوار (۱۳۸۷) به بررسی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سامانه‌های همدمیدی در استان یزد پرداخته و علل به وجود آمدن سیلاب را توقف چند روزه سیستم‌های باران زا

4 Conte  
5 Dayan  
6 Kutiel  
7 Littmann  
8 Basu  
9 Kanae  
10 Lana

1- Gilbert  
2- Harnak  
3 Kynsely

از استان می‌داند و دو سامانه کم فشار سودانی و ترکیبی مدیترانه‌ای - سودانی را عامل به وجود آورنده بارش‌ها معرفی می‌کند. در زمینه بارش‌های سیل زا و سیلاب‌ها در ایران، همچنین مطالعاتی توسط لشکری (۱۳۸۲)، مرادی (۱۳۸۳)، عزیزی (۱۳۸۶)، کاویانی (۱۳۸۶)، لشکری (۱۳۸۷)، رضیئی (۱۳۸۹)، رضایی (۱۳۸۸)، خورشید دوست (۱۳۸۹)، رضایی (۱۳۸۹)، جلالی (۱۳۸۹)، امیدوار (۱۳۸۹) و خوشحال دستجردی (۱۳۸۹) انجام شده است.

هدف از این تحقیق بررسی سیلاب‌های رودخانه بوانات مروست در دوره آماری ۹ ساله (۱۹۹۹-۲۰۰۷) می‌باشد شامل نقاط تهدید شونده از سیل، پروژه‌های آبی - خاکی موجود در منطقه از جمله بند مروست به هرات و مبارکه، زمین‌های مزروعی، محصولات کشاورزی، تعدادی از منازل مسکونی و قنوات نفس‌القریه که در منطقه قرار گرفته است، با توجه به اهمیت منطقه از نظر وجود پتانسیل‌های کشاورزی، توریستی و صنعتی و خطرات جانی و مالی ناشی از سیلاب‌های ناگهانی همچنین پیش بینی طرح‌ها و پروژه‌های متعددی که برای آینده در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده، آگاهی از ویژگی‌های همیدی سیستم‌های جوی جهت برنامه ریزی‌های بلند مدت و اجرای پروژه‌های عمرانی امری اجتناب ناپذیر است.

**مواد و روش‌ها**

استان یزد به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و کویری با کمبود بارندگی و تبخیر شدید مواجه است. این موقعیت خاص موجب گردیده که آب‌های سطحی استان منحصر به دو رودخانه اعظم (واقع در خوانسار) و رودخانه بوانات در منطقه هرات و مروست باشد. متوسط آبدی سالانه این رودخانه‌ها در سال‌های اخیر به ترتیب ۰/۶ و ۰/۷۶ متر مکعب در ثانیه بوده است. ایستگاه آبگیر مروست در عرض جغرافیایی ۳۰°۲۷' شمالی و ۵۴°۰۸' شرقی قرار دارد. ارتفاع متوسط آن

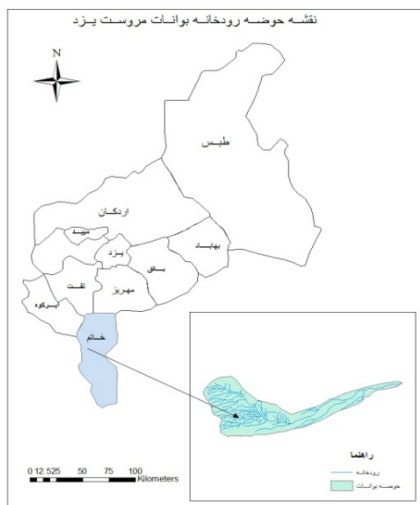
از سطح دریا ۱۶۰۲ متر است (شکل ۱). داده‌های جوی لازم برای این پژوهش از سایت NCEP[NCAR استخراج شد و برای تحلیل الگوهای همیدی بارش، نقشه‌های همیدی سطح زمین و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های امگا و وزش رطوبتی و چرخندگی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال در ساعات صفر و ۱۲ گرینویچ با استفاده از نرم افزار GrADS ترسیم شد. برای بررسی ناپایداری‌ها و محاسبه شاخص‌های ناپایداری  $Pw$ ،  $TTi$ ،  $Li$ ،  $Ki$ ،  $Si$  از داده‌های جو بالای ایستگاه شیراز به علت نزدیکی به منطقه در دوره‌های انتخابی نمونه استفاده شده است که شامل فشار، دما، نسبت آمیزه، دماهای پتانسیل تر و خشک در ترازهای مختلف جو هستند. برای بررسی ویژگی‌های ترمودینامیکی و نوع توده‌های هوایی که منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ویژگی‌های دینامیکی سیستم‌های فشاری که منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، از داده‌های فوق استفاده شد. شاخص ناپایداری شولتر (Si) به 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 هکتوپاسکال و دمای خشک تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال استوار است. اگر این شاخص بین ۱ و ۳ باشد، احتمال ناپایداری وجود دارد و اگر بین ۱ و ۳- باشد، احتمال ناپایداری‌ها بیشتر می‌شود و اگر کمتر از ۳- باشد، شدت ناپایداری‌ها افزایش پیدا می‌کند. شاخص ناپایداری  $Ki_2$  بر مبنای معادله  $Td_500 - (T - Td)700 -$   $Li_3$  بر مبنای معادله  $Li_3 = T' - Td_500$  محاسبه می‌شود. در این معادله  $T$  دما و  $Td$  دمای نقطه شبنم هوا در ترازهای مختلف جوی است. هر قدر این شاخص از ۲۰ بیشتر باشد، احتمال ناپایداری‌ها نیز زیادتر می‌گردد و اگر این مقدار به ۳۵ برسد، شدت ناپایداری‌ها، قابل توجه خواهد بود (قائمی و عدل، ۱۳۷۱، صص ۹-۱۳). شاخص بالابری  $Li_3$  بر مبنای معادله  $Li_3 = T' - Td_500$  محاسبه

1 Showalter index

2 K index

3 Lifted index

و بارش در ایستگاه مروست در دوره مورد نظر از روی گزارشات اصلی ایستگاه‌ها استخراج شد. در مجموع آمار و اطلاعات فوق برای ساعات صفر و ۱۲ به وقت گرینویچ حداقل دو روز قبل از سیلاب و روز سیلاب بررسی شد.



شکل ۱: نقشه حوضه رودخانه بوانات مروست

### بررسی سیلاب ۶ دسامبر ۲۰۰۳ (۱۵ آذر ۱۳۸۲)

این سیلاب مربوط به نمونه بارش سیلابی ۵ تا ۷ دسامبر (۱۴-۱۶ آذر) منطقه مروست با بارش ۲۸/۱ میلی متر و دبی سیلاب ۲۱/۵ متر مکعب در ثانیه است. دمای سطح زمین ایستگاه جو بالای شیراز از روز ۵ تا ۷ دسامبر در حال کاهش می‌باشد، به طوری که دمای سطح زمین در روز ۵ دسامبر ۱۰ درجه سلسیوس بوده و در روز ۷ دسامبر به ۶/۴ رسیده است که نشان دهنده عبور جبهه سرد و کاهش دمای پس از آن است. وضعیت دما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتو پاسکال به صورت افزایش دما می‌باشد که نشان دهنده هوای گرم در عرض‌های بالاتر است. نسبت آمیزه در سطح زمین در روزهای مختلف متغیر است؛ بیشترین نسبت آمیزه در روز ۶ دسامبر ۸/۳۵ گرم بر کیلوگرم می‌باشد. در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ بیشترین نسبت آمیزه متعلق به روز ۶ دسامبر که به ترتیب ۴/۶۷ و ۱/۵۶

می‌شود. اگر میزان این شاخص مثبت باشد، توده هوا پایدار و هرچه منفی باشد، توده هوا ناپایدارتر است (Glossary of Meteorology, 2011). شاخص ناپایداری مجموع‌ها ۱ (TTi) است که این شاخص حاصل اختلاف دمای سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال و دمای توده هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. با استفاده از این شاخص نمی‌توان به طور صریحی صعود توده هوا را مشخص کرد؛ اما در عوض می‌توان ساختار رطوبتی و دمای توده هوا را تعیین کرد. این شاخص با استفاده از رابطه  $TT = (T_{850} - T_{500}) + (T_{d850} - T_{d500})$  محاسبه می‌شود. در این رابطه  $T_{d850}$  و  $T_{d500}$  به ترتیب دمای نقطه شبنم و دمای توده هوا در تراز ۸۵۰ و  $T_{500}$  دمای توده هوا در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشند (مایر ۲، ۱۹۷۲: ۱۹۰). اگر این شاخص کمتر از ۴۴ باشد، حرکات همرفتی با احتمال کم و بین ۴۴-۵۶ احتمال طوفان و رعد و برق گسترده و پراکنده و بیشتر از ۵۶ طوفان شدید و پراکنده می‌باشد. شاخص آب قابل بارش ۳ (Pw) که به صورت جرم بخار آب موجود در هوا از سطح زمین تا انتهای تروپوسفر یا بین هر دو سطح فشار دلخواه در نظر گرفته می‌شود (بایرز، ۱۳۷۷: ۱۲۷). آمار بارندگی روزانه و دبی سیلاب‌های ایستگاه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مجاور در دوره آماری ۹ ساله (۱۹۹۹-۲۰۰۷) از سازمان هواشناسی کشور و شرکت آب منطقه‌ای استان یزد استخراج شد. با توجه به خشک و بیابانی بودن منطقه ۵ دوره سیلاب در منطقه اتفاق افتاده که هر کدام مورد تحلیل سینوپتیکی قرار گرفت و برای کم شدن حجم مقاله دو الگو از شدیدترین آنها (۶ دسامبر ۲۰۰۳، ۲۹ مارس ۲۰۰۷) به عنوان نمونه انتخاب و تحلیل شد. بدین ترتیب روند آرایش الگوهای همدیدی سامانه‌های فشار در دو دوره انتخابی و نقشه‌های وضع هوا در سطوح مختلف جو مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. علاوه بر این، داده‌های روزانه عناصر اقلیمی شامل رطوبت نسبی

1 Total Totals index

2 Miller

3 Precipitable Water

پتانسیل تر در ترازهای مختلف جوی افزایش یافته که در روز ۶ مارس به حداکثر خود در سطح زمین می‌رسد (۱۰ درجه سلسیوس) و سپس کاهش می‌یابد. میزان رطوبت نسبی در سطح زمین ۹۳٪ است (جدول ۱).

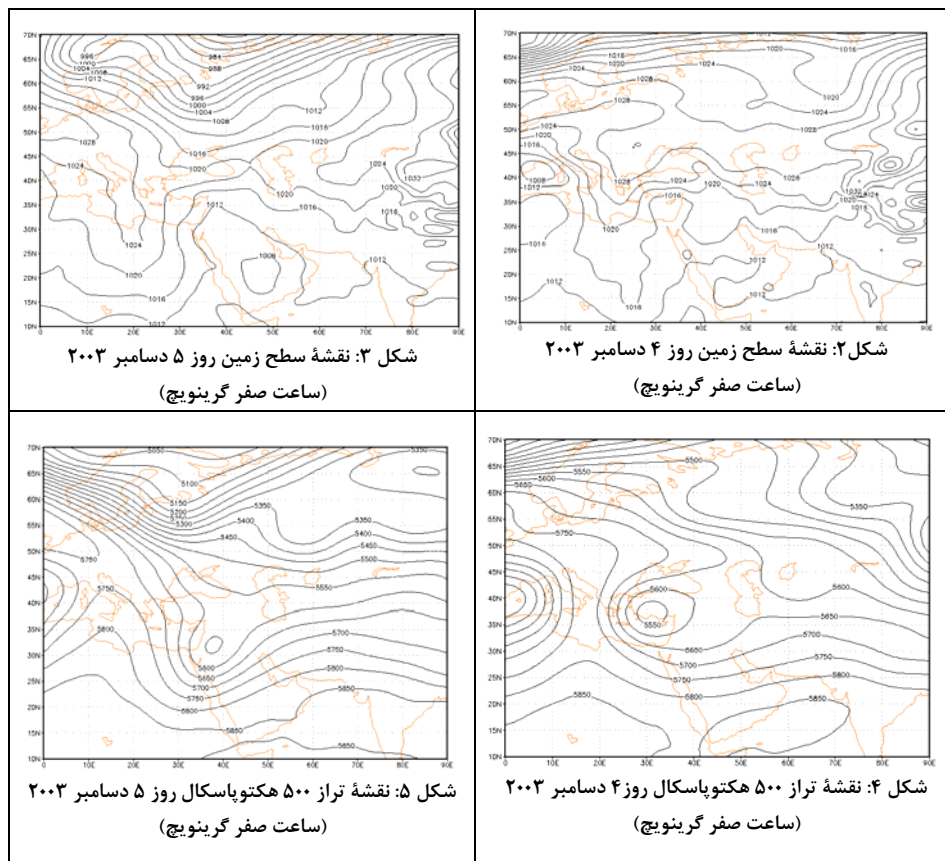
است. وجود شاخص‌های ناپایداری ( $L_i = -0/55$ )،  $S_i = -0/09$  و  $k_i = 27/5$  نشان دهنده عامل ناپایداری در جو منطقه است و شاخص ( $TT_i = 55/8$ ) نشان دهنده یک طوفان پراکنده و گسترده در منطقه می‌باشد. شاخص  $P_w = 18/86$  حرکات همرفتی و رگبار شدید را در ایستگاه مورد نظر تأیید می‌کند. دمای

جدول ۱- ویژگی‌های توده هوا ایستگاه شیراز در روز ۶ دسامبر ۲۰۰۳

رطوبت نسبی (%)	دمای پتانسیل تر (°C)	دمای پتانسیل خشک (°C)	نسبت آمیزه (g/kg)	دما (درجه سلسیوس)	سطح
۹۳٪	۱۰	۲۴	۸/۳۵	۹/۶	سطح زمین
۷۶٪	۱۳	۳۱	۴/۶۷	۱/۶	تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال
۵۶٪	۱۵	۴۴	۱/۵۶	-۱۳/۱	تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

عرض‌های شمالی منتقل می‌شود. در نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۴ دسامبر یک مرکز کم ارتفاع بسته (۵۵۵۰ ژئوپتانسیل متر) در روی مدیترانه در عرض ۳۵ درجه شمالی تشکیل شده است (شکل ۴). این سامانه کم ارتفاع در روز ۵ دسامبر عمیق‌تر شده و تا عرض ۲۵ درجه شمالی و دریای سرخ امتداد می‌یابد. این سامانه کم ارتفاع منطبق بر سامانه کم فشار سطح زمین می‌باشد و محور آن شمال شرقی و جنوب غربی است. این ناوه در روزهای بعد به طرف شرق و منطقه مورد مطالعه نزدیک می‌شود (شکل ۵).

در نقشه سطح زمین روز ۴ دسامبر (شکل ۲)، مرکز کم فشار ۱۰۱۲ هکتوپاسکال در شمال دریای سرخ در طول ۳۸ درجه شرقی و ۲۵ درجه شمالی در حال تشکیل است. این کم فشار در روز ۵ دسامبر (شکل ۳) تقویت شده و به ۱۰۰۸ هکتوپاسکال تبدیل شده است. در روز ۴ دسامبر پرفشاری برروی دریای مدیترانه استقرار یافته که پربند ۱۰۲۰ هکتوپاسکال آن بخش‌های مرکزی ایران فرا گرفته و استقرار این پرفشار باعث شده هوای این مناطق در این روز پایدار و بدون بارش باشد. در روز ۵ دسامبر سامانه پرفشار مذکور با نفوذ مرکز کم فشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال به



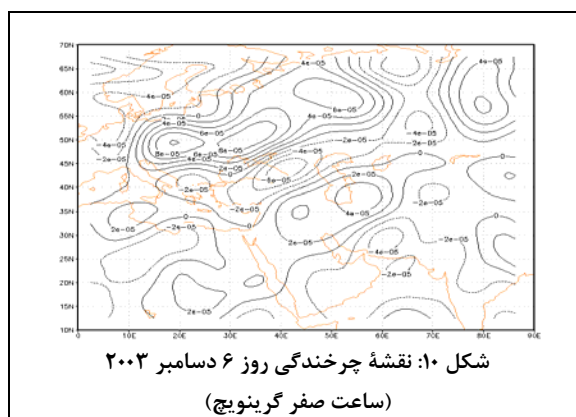
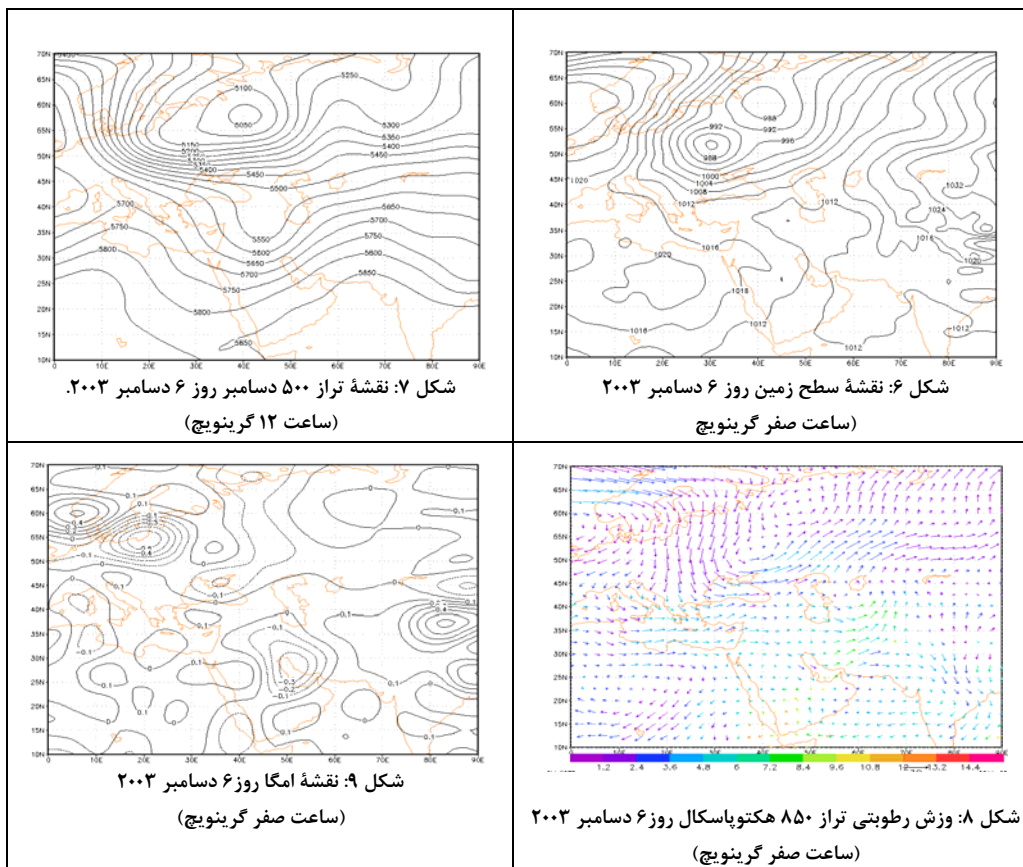
رطوبت را از دریای مدیترانه به نواحی غربی ایران هدایت می‌کند و وجود پشته در شرق ایران و حرکت سیکلونی جلوی ناوه سبب تزریق رطوبت دریای عمان به داخل ایران می‌گردد. این رطوبت دریافتی تا نواحی مرکزی ایران پیش می‌رود (شکل ۸). در نقشه امگا ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۶ دسامبر حرکات صعودی (شاخص منفی) بر روی دریای عمان و خلیج فارس و دریای مدیترانه مشاهده می‌شود. این هسته منطبق با قسمت جلوی ناوه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. این بخش از ناوه تقریباً تمام ایران را فرا می‌گیرد در قسمت جلوی ناوه سیکلونی مشاهده می‌شود که باعث بارش‌هایی در مناطق مختلف شده است (شکل ۹). در نقشه چرخندگی تراز ۸۵۰ روز ۶ دسامبر، چرخندگی مثبت یا سیکلونی که در بخش وسیعی از مرکز و شمال غرب کشور دیده می‌شود، باعث ناپایداری‌هایی در مناطق مختلف شده است (شکل ۱۰). از موارد ذکر

### روز اوج بارش ۶ دسامبر ۲۰۰۳ (۱۵ آذر ۱۳۸۲)

در این روز، کم فشار مستقر در غرب و جنوب ایران به طرف عرض‌های بالاتر منتقل شده به طوری که پربند ۱۰۱۲ هکتوپاسکال آن تمام سطح ایران را فرا گرفته است (شکل ۶). در همین روز ناوه عمیق ۵۵۵۰ ژئوپتانسیل متر (شکل ۷) که در روز قبل بر روی شرق مدیترانه تشکیل شده بود، به طرف شرق حرکت کرده و تا غرب ایران پیشروی کرده، قسمت جلوی ناوه در نواحی مرکزی مستقر شده است و باعث بارش شدیدی در این روز در منطقه شده است به طوری که بارش مרוست در این روز ۲۲/۶ میلی متر بوده است. در نقشه وزش رطوبتی در روز ۶ دسامبر میزان رطوبت در نواحی مدیترانه و دریای سرخ بسیار بالا است. میزان رطوبت در منطقه دریای سرخ ۱۰/۴ و در منطقه مدیترانه ۹/۶ گرم بر کیلوگرم است. نحوه وزش باد به گونه‌ای است که جریان باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال

مقادیر بارش در برخی از ایستگاه‌ها در جدول (۲) آمده است. دبی سیلاب در ایستگاه‌های مروسست ۲۱/۵، هرات ۸۷/۸، دوکالی ۳۵، ابرکوه ۹۲/۳ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.

شده مشخص می‌شود که این سیستم جوی از نوع مدیترانه‌ای است و از آب‌های جنوب کشور به خوبی تغذیه و باعث ایجاد سیلاب در منطقه شده است.



جدول ۲: مقادیر بارش برخی ایستگاه‌های منطقه در دوره بارشی سیلابی روزهای ۷-۵ دسامبر ۲۰۰۳

روز	۵	۶	۷	جمع
مروست	۰	۲۲/۶	۵/۵	۲۸/۱
هرات	۱۱	۴۷	۰	۵۸
بافق	۰	۵/۲	۰/۴	۵/۶
ابركوه		۵۰/۵	۰/۵	۵۱
گاریزات	۰	۳۲/۵	۱	۳۳/۵
طبس	۰	۱۱	۰	۱۱
میبد	۰	۲۸/۷	۰	۲۸/۷

### بررسی سیلاب ۲۹ مارس ۲۰۰۷ (۹ فروردین ۱۳۸۶)

این سیلاب مربوط به نمونه بارش سیلابی ۲۷ تا ۳۰ مارس (۷-۱۰ فروردین) منطقه مروست با بارش ۲۶/۵ میلی متر و دبی سیلاب ۶۷/۶ متر مکعب در ثانیه می‌باشد. از روز ۲۶ تا ۲۸ مارس ۲۰۰۷ دمای سطح زمین افزایش یافته به طوری که دمای سطح زمین در روز ۲۵، ۱۰/۸ درجه سلسیوس بوده و در روز ۲۸ به ۱۳ درجه سلسیوس رسیده است، ولی در روز ۲۹ دمای سطح زمین به ۱۰/۴ کاهش پیدا کرده است

که نشان دهنده عبور سامانه کم فشار و کاهش دمای ناشی جبهه سرد آن است. وضعیت دما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت کاهش دما می‌باشد که نشان دهنده هوای سرد در عرض‌های بالاتر می‌باشد. نسبت آمیزه در سطح زمین در روزهای مختلف متغیر است؛ بیشترین نسبت آمیزه در روز ۲۸ مارس، ۹/۲۱ گرم بر کیلوگرم می‌باشد؛ در تراز ۷۰۰ و ۵۰۰ بیشترین نسبت آمیزه متعلق به روز ۲۹ مارس است. جهت بادهای در بیشترین روزها غربی و جنوب غربی می‌باشد. دمای پتانسیل تراز روز ۲۶ تا ۲۸ افزایش می‌یابد و سپس کاهش پیدا می‌کند (جدول ۳). شاخص‌های ناپایداری نشان می‌دهد که بیشترین ناپایداری در روز ۲۹ مارس رخ داده است ( $Li = -2/22$ ،  $Si = -1/89$  و  $Ki = 32/5$ ). مقدار شاخص ( $TTi = 53$ ) در این روز نشان دهنده طوفان شدید و پراکنده و گسترده می‌باشد و همچنین با توجه به مقدار زیاد شاخص  $Ki$  و مقدار آب قابل بارش ( $Pw = 23/25$ ) و مقدار ریزش ۲۶/۵ میلی متری در ایستگاه مروست می‌توان وجود ناپایداری شدید و حرکات همرفتی را در ایستگاه مورد نظر را تأیید کرد.

جدول ۳: ویژگی‌های توده هوای ایستگاه شیراز در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷

سطح	دما (درجه سلسیوس)	نسبت آمیزه (g/kg)	دمای پتانسیل خشک (°C)	دمای پتانسیل تر (°C)	رطوبت نسبی (+%)
سطح زمین	۱۰/۴	۸/۷۴	۲۴/۲	۱۵/۸	٪ ۹۳
تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال	۱/۴	۵/۳۴	۳۸	۱۳/۶	٪ ۸۸
تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	-۱۵/۵	۰/۱۸	۴۱/۱	۱۳	٪ ۸۰

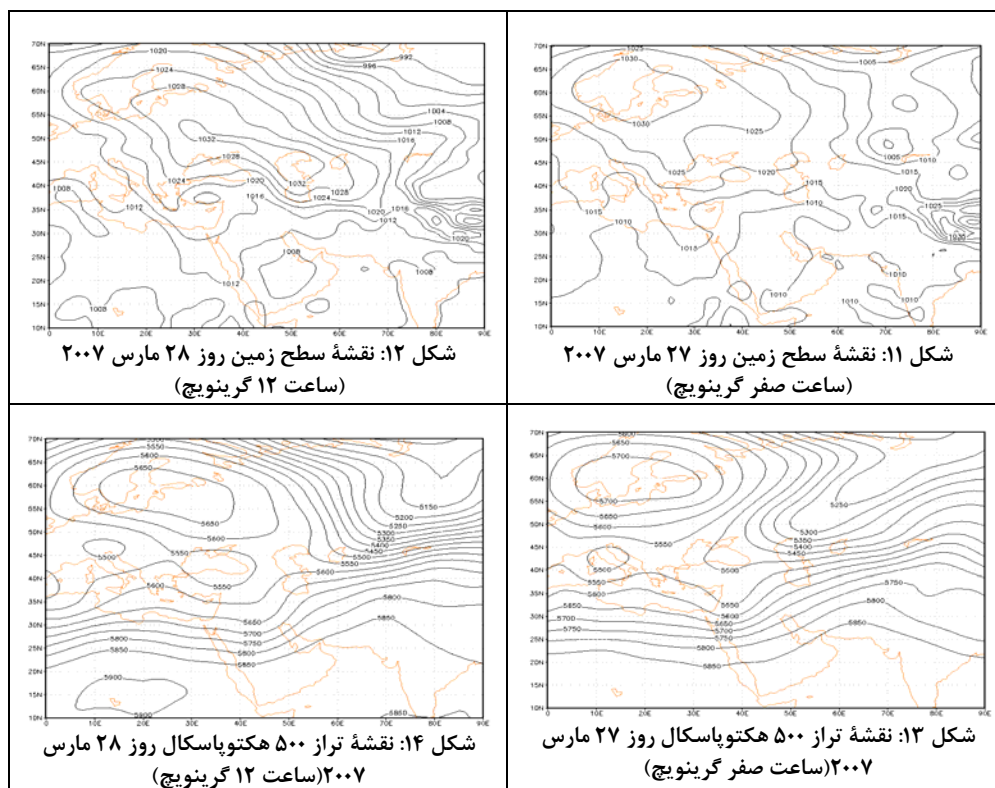
امتداد می‌یابد. همچنین در روز ۲۷ مارس مرکز کم فشاری با فشار مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال در روی دریای سرخ تشکیل شده که در روز ۲۸ در نواحی جنوبی خلیج فارس قرار می‌گیرد، پربند ۱۰۱۵ هکتوپاسکال آن در نواحی مرکزی گسترش یافته است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۲۷ مارس (شکل ۱۳) دیده می‌شود که مرکز پر ارتفاع بسته (۵۷۰۰ ژئوپتانسیل متر) بر روی دریای بالتیک تشکیل

سرانجام وضعیت همدیدی منطقه در دوره آماری مورد نظر بر مبنای تحلیل و تفسیر نقشه‌های سینوپتیکی و داده‌های مذکور مشخص گردید و الگوی همدیدی حاکم بر منطقه مشخص شد. در نقشه سطح زمین روز ۲۷ مارس (شکل ۱۱) مرکز پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر روی دریای بالتیک قرار گرفته است. زبانه‌های این مرکز پرفشار در روز ۲۸ مارس (شکل ۱۲) تا نواحی شمالی و شمال شرقی



مدیترانه به کندي حرکت کند و باعث فعال شدن سامانه کم فشار سودانی به صورت متوالی و برای چندین روز از جنوب غربی شبه جزیره عربستان به سوی نواحی جنوبی ایران شده است. میزان بارش در منطقه مروست در ۲۸ مارس ۱۲/۲ میلی متر بوده است.

شده است و در روز ۲۸ مارس به طرف شرق حرکت می‌کند. ناوهای نیز بر روی مدیترانه قرار گرفته؛ این ناوه در روز ۲۸ مارس (شکل ۱۴) به طرف غرب ایران حرکت کرده است. وجود مرکز پراتفعا در ترازهای ۵۰۰ هکتوپاسکال در روزهای مذکور با ناوه تشکیل شده در شرق مدیترانه سیستم بلوکینگ زوجی (سیستم مانع) تشکیل داده و باعث شده تا ناوه شرق



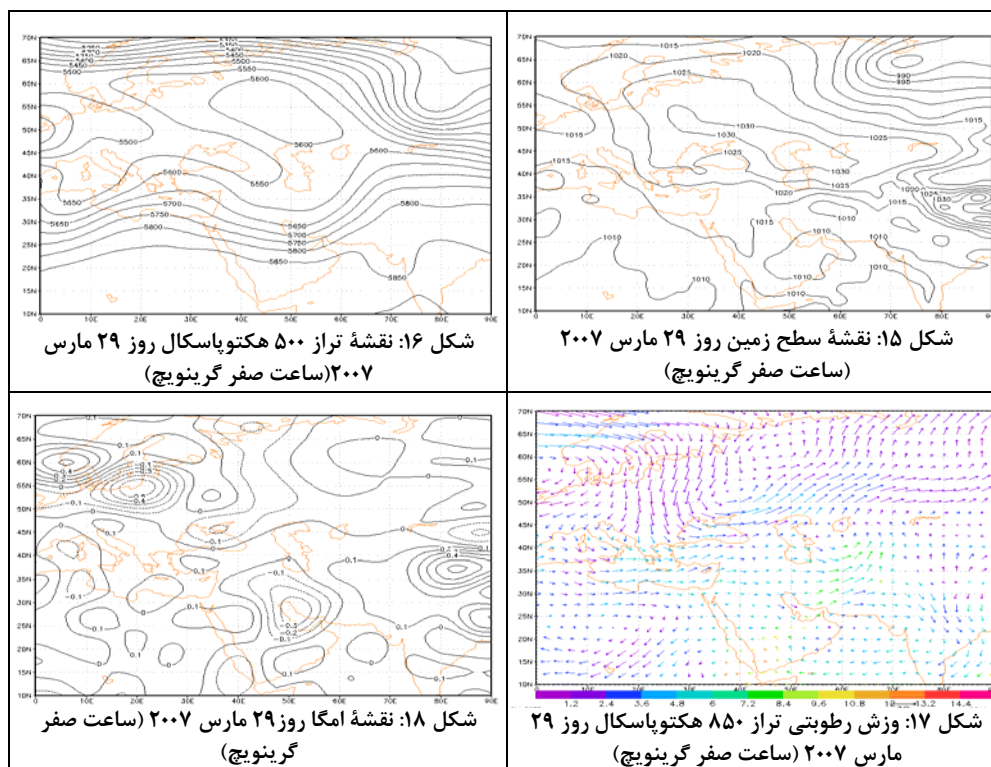
ایران مرکزی شده است. وضعیت ناپایداری در ایران با توجه به استقرار زبانه‌های سامانه پرفشار در نیمه شمالی کشور به نواحی مرکزی رسیده است. شکل (۱۷) وزش رطوبتی را در روز ۲۹ مارس در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. میزان رطوبت در نواحی مدیترانه و سودانی بسیار بالا است؛ میزان رطوبت در منطقه سودانی ۱۰/۸ و در منطقه مدیترانه ۶ گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نحوه وزش باد به گونه‌ای است که جریان باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال رطوبت را از دریای مدیترانه به نواحی غربی ایران هدایت می‌کند. رطوبت دریای مدیترانه در عرض ۵۰ درجه شرقی و

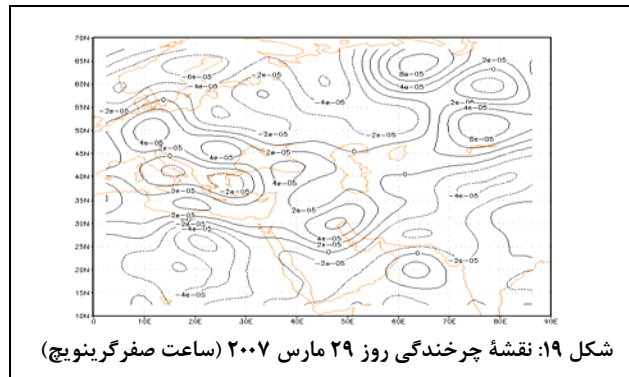
### روز اوج بارش ۲۹ مارس (۹ فروردین)

نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به این روز (شکل ۱۶) نشان می‌دهد که در شرق مدیترانه پشته عمیقی تشکیل شده که باعث عمیق‌تر شدن ناوه مستقر بر روی غرب و مرکز ایران شده است. در همین زمان سیستم مانعی که بر روی شمال ایران مستقر شده بود، باعث شده تا شاخه جنوبی سامانه غربی از روی خلیج فارس و دریای عمان به قسمت‌های شرقی کشور کشیده شود. در نقشه سطح زمین کم فشاری با فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال (شکل ۱۵) در نواحی شرقی و مرکزی مستقر شده و سبب ادامه بارش‌ها در

مناطق مختلف می‌شود. نقشهٔ چرخندگی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ نشان می‌دهد که ناهنجاری شمال دریای سرخ و اروپا منفی و منطبق با پشتهٔ سیکلون است و چرخندگی مستقر بر روی نواحی غربی ایران مثبت می‌باشد که بر چرخندگی مثبت سیستم مانع منطبق است و دارای بیشترین ناپایداری و بارش می‌باشد (شکل ۱۹). میزان بارش در این روز در منطقه ۱۴ میلی‌متر بوده است. در این دورهٔ بارشی در ایستگاه‌های مروست ۲۸/۹، هرات ۱۷/۲، بافق ۱۳/۹، مهریز ۱۳/۳، ابرکوه ۲۰، گاریزات ۳۹، طبس ۱۱، میبد ۹، منشاد ۱۲، بیداخوید ۳۴، طزرجان ۲۷، سخوید ۳۶ میلی‌متر بارش گزارش شده است (جدول ۴). دبی سیلاب در ایستگاه‌های منشاد ۲۵/۷، مروست ۶۷/۶، فخر آباد ۲۶/۶، هرات ۱۴، بیداخوید ۱۲/۵، بنادک السادات ۱۱/۷، تفت ۷/۷۵، ده بالا ۲۴/۹ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.

۲۵ درجهٔ شمالی با رطوبت دریای سرخ برخورد می‌کند و وجود پشته در شرق ایران و حرکت سیکلونی جلوی ناوه، سبب تزیق رطوبت دریای عمان به داخل ایران می‌گردد این رطوبت دریافتی تا جنوب خراسان پیش می‌رود. در نقشهٔ امگا ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس (شکل ۱۸)، هستهٔ نزول هوا بر روی مناطق جنوب غربی کشور قرار گرفته و تا شمال خلیج فارس ادامه پیدا کرده است؛ به طوری که در قسمت‌های جنوب غربی هوا کاملاً در حال نزول است و هیچ گونه بارشی صورت نگرفته است. در حالی که شاخص منفی و هستهٔ صعودی بر روی نواحی داخلی و مرکزی ایران مشاهده می‌شود. این هسته منطبق با قسمت جلوی ناوه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌باشد. حرکات جوی در آن حالت صعودی دارند این بخش از ناوه تقریباً تمام ایران را فرا می‌گیرد. در قسمت جلوی ناوه سیکلونی مشاهده می‌شود که باعث بارش‌هایی در





جدول ۴: مقادیر بارش برخی ایستگاه‌های منطقه در دوره بارشی سیلابی روزهای ۲۵ تا ۳۰ مارس ۲۰۰۷

روز	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰	جمع
مروست	۰	۰/۲	۲/۵	۱۲/۲	۱۴	۰	۲۸/۹
هرات	۰	۰	۲/۶	۱۴/۶	۰	۰	۱۷/۲
بافق	۰	۰	۰	۳/۸	۱۰/۱	۰	۱۳/۹
ابركوه	۰	۰/۶	۴	۵/۲	۱۰/۲	۰	۲۰
گاریزات	۰	۱/۵	۱۰/۸	۱۲/۳	۱۴/۴	۰	۳۹
طیس	۰	۳/۶	۱/۳	۵	۱/۱	۰	۱۱
میبد	۰	۰	۳	۴/۹	۱/۱	۰	۹

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی سیلاب‌های منطقه مروست با استفاده از مهم‌ترین شاخص‌های ناپایداری و نقشه‌های هم‌فشار سطح دریا، هم ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، نقشه‌های وزش زطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال و نقشه‌های چرخندگی در دوره‌های بارشی نمونه نشان دهنده دو الگوی بارشی می‌باشد؛ در سیلاب ۶ دسامبر ۲۰۰۳ مقادیر شاخص‌های شوالتر و  $K_i$  و شاخص بالابری نشان دهنده صعود توده هوا و ناپایداری در توده هوا می‌باشد. با توجه به مقدار قابل توجه رطوبت در ناحیه مورد نظر و میزان آب قابل بارش ۱۸/۸۶ میلی‌متر در جو زمینه برای چگالش و تخلیه رطوبت و ایجاد رگبار در منطقه ایجاد نموده است. همچنین با توجه به الگوهای همیدیدی سیلاب در این روز، به دلیل استقرار یک سامانه کم ارتفاع همراه با ناوه عمیق در

نواحی غرب و جنوب غربی که قسمت جلوی ناوه منطبق با حرکت صعودی در نقشه امگا و چرخندهای سیکلونی در نقشه چرخندگی است، باعث انتقال رطوبت از نواحی جنوبی و خلیج فارس به نواحی داخلی کشور شده است؛ سیستم مدیترانه‌ای به دلیل داشتن منبع غنی رطوبت و دمای بالا شرایط کسب رطوبت را به بهترین شکل دارا می‌باشد و به همین دلیل باعث باران در این مناطق شده است. معمولاً مبدأ و منشأ این سیستم‌ها از سودان آغاز و پس از عبور از شمال عربستان و خلیج فارس از جنوب غربی وارد ایران می‌شود.

عامل بارش ۲۹ مارس ۲۰۰۷ تشکیل سیستم مانع (بلوکینگ زوجی) در جنوب دریای خزر می‌باشد که باعث عمیق‌تر شدن ناوه مستقر بر روی مرکز ایران شده است. هسته صعودی و چرخندگی مثبت مستقر

- حوضه آبریز رودخانه دالکی، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۴۱، دانشگاه اصفهان.
۵. خوشحال دستجردی، جواد و تیمور علیزاده (۱۳۸۹). بررسی همدیدی و ترمودینامیک رگبار موجد سیلاب ۸۸/۶/۲۴ در استان خراسان رضوی، مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا، دوره چهارم، شماره ۴، دانشگاه تربیت مدرس.
۶. خورشید دوست، علی محمد؛ قویدل رحیمی، یوسف و کریم عباس زاده (۱۳۸۹). کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی - اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش (مطالعه موردی: ایستگاه اهر)، فضای جغرافیایی، شماره ۲۹، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۷. جلالی، مسعود و یداله بلیانی (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی بارش ماهانه و فصلی استان فارس طی دوره آماری ۱۹۸۲-۲۰۰۵ میلادی، فضای جغرافیایی، شماره ۳۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۸. رابرت بایرز، هاریس (۱۳۷۷). هواشناسی عمومی، ترجمه تاج الدین بنی هاشم، مرکز نشر دانشگاهی تهران.
۹. رضایی، پرویز و محمود روشنی (۱۳۸۹). بررسی بارش - های رگباری و روند تغییرات آن در استان گیلان، فضای جغرافیایی؛ شماره ۳۰، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۱۰. رضایی، پرویز (۱۳۸۸). تحلیل همدیدی رخداد سیلاب در حوضه ماسوله، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۸، دانشگاه تهران.
۱۱. رضیعی، طیب؛ عزیزی، قاسم؛ محمدی، حسین و فرامرز خوش اخلاق (۱۳۸۹). الگوهای روزانه گردش جو زمستانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالبر روی ایران و خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۴، دانشگاه تهران.
۱۲. علیجانی، بهلول و مجید زاهدی (۱۳۸۱). تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان؛ تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۶-۶۵، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۱۳. علیزاده، امین؛ کمالی، غلامعلی؛ موسوی، فرهاد و محمد موسوی بایگی (۱۳۸۰). هوا و اقلیم شناسی، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

بر روی نواحی غربی ایران بر چرخندگی مثبت سیستم مانع منطبق است. این سیستم مانع بیشتر قسمت‌های کشور را فرا گرفته و باعث شده تا سامانه‌های ناپایدار غربی در برخورد با این سیستم تغییر مسیر داده و به سمت عرض‌های پایین منتقل شده‌اند. در نتیجه سامانه‌های غربی با حرکت از روی آب‌های جنوبی کشور، رطوبت کسب کرده و از سمت جنوب غرب به داخل کشور نفوذ نموده و بارش‌های قابل توجهی را در مناطق مرکزی و جنوب غربی ایجاد کرده‌اند. مقادیر قابل توجه شاخص‌ها و میزان آب قابل بارش ۲۳/۲۵ میلی متر در جو در این روز نشان دهنده ناپایداری و همرفتی در ایستگاه مروست بوده است.

از طرف دیگر سیلاب شهرستان مروست از رودخانه بوانات شیراز منشأ گرفته که به علت کوهستانی بودن منطقه و بارش‌های شدید در بوانات شیراز، باعث ایجاد سیلاب‌هایی در این منطقه گردیده است. لازم است با ایجاد بندهای خاکی و طرح‌های آبخیزداری مناسب جلوی خسارات بارش‌های آینده را گرفت.

### منابع و مأخذ

۱. امیدوار، کمال (۱۳۸۶). بررسی و تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقه شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۹، دانشگاه تهران.
۲. امیدوار، کمال (۱۳۸۷). بررسی سیلاب‌ها براساس موقعیت‌های سیستم‌های سینوپتیکی در استان یزد، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۳. امیدوار، کمال؛ صفر پور، فرشاد؛ محمودآبادی، مهدی و سعید الفتی (۱۳۸۹). تحلیل همدیدی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های نواحی مرکز و جنوب غرب ایران، مدرس علوم انسانی برنامه ریزی و آمایش فضا، شماره ۴، دانشگاه تربیت مدرس.
۴. پرند خوزانی، اکرم و حسن لشکری (۱۳۹۰). بررسی سینوپتیکی بارش‌های سنگین در جنوب ایران (مطالعه موردی: بارش ۳۱ دسامبر ۱۹۸۴ لغایت ۴ ژانویه ۱۹۸۵

- ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، دانشگاه اصفهان.
۲۵. مفیدی، عباس و آذر زرین (۱۳۸۴). بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۷، دانشگاه اصفهان.
۲۶. مفیدی، عباس (۱۳۸۳). اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل زا با منشأ منطقه‌ای دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، دانشگاه اصفهان.
۲۷. نجار سلیقه، محمد (۱۳۸۰). الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۲، دانشگاه اصفهان.
۲۸. Basu B.K., (2004). Impact of Synoptic Scale Events on Intraseasonal Oscillations in Rainfall During the Indian Summer Monsoon, INCMRWF, A-50 Institutional Area, NOIDA, U.P., INDIA.
۲۹. Conte, D., Miglietta, M., Levizzani, Vi., (2011). Analysis of instability indices during the development of a Mediterranean tropical-like cyclone using MSG-SEVIRI products and the LAPS model.
۳۰. Dayan, U, Ziv, B, Margalit, A, Morin, E, and Sharon, D, (2001). A Severe Autumn Storm Over the Middle East: Synoptic and Mesoscale Convection Analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 69.
۳۱. Gilbert, C et al, (1998). Flood management in France, Flood response and crisis management.
۳۲. Glossary of meteorology, (2011).  
<http://www.srh.noaa.gov/oun/severewx/branic2.html>.
۳۳. Habtemichael, A, Pedgley, D. E, (1974). Synoptic Case- Study of Spring Rains in Eritrea, *Arch Meteorol, Geophys, A.*, 3-4.
۳۴. Harnak, R.P, Apffel, K, Cermak J.R, (1999). Heavy Precipitation Events in New Jersey: Attendant Upper Air Conditions, *J: Weather and Forecasting*, Vol 14.
۳۵. Kanae S, Oki T, Kashida A, (2004). Nots and Correspondence Changs in Hourly Heavy Precipitation at Tokyo from 1890 to 1999, *J: Metrological Society of Japan*, Vol 82, No. 1.
۱۴. عزیزی، قاسم و زهرا صمدی (۱۳۸۶). تحلیل الگوهای سینوپتیکی سیل ۲۸ مهرماه ۱۳۸۲ استان‌های گیلان و مازندران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰، دانشگاه تهران.
۱۵. قادری، حیدر و بهلول علیجانی (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید لارستان، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۸، دانشگاه تهران.
۱۶. قائمی، هوشنگ و بهروز نصیری (۱۳۷۸). تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش‌های کرخه و دز، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۴ و ۵۵، دانشگاه اصفهان.
۱۷. قائمی، هوشنگ و محمود عدل (۱۳۷۱). ناپایداری و طوفان‌های رعد و برق، سازمان هواشناسی کشور.
۱۸. قوبدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم افزار Grads، چاپ اول، انتشارات سپا دانش.
۱۹. کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۵). مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.
۲۰. کاویانی، محمد رضا، سید ابوالفضل مسعودیان و بهرام نجف پور (۱۳۸۶). بررسی رابطه الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با بارش‌های حوضه مند، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد ۲۴، شماره ۳، دانشگاه اصفهان.
۲۱. لشکری، حسن؛ اصغر پور، منیره و علی اکبر متکان (۱۳۸۷). تحلیل سینوپتیکی عوامل ایجاد بارش‌های سیل زا در استان گلستان، مدرس علوم انسانی، پیاپی ۵۷، شماره ۲، دانشگاه تربیت مدرس.
۲۲. لشکری، حسن (۱۳۸۲). مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، دانشگاه تهران.
۲۳. محمدی، بختیار و ابوالفضل مسعودیان (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران (مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۹، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۲۴. مرادی، حمید رضا (۱۳۸۳). پیش بینی سیلاب‌ها بر اساس موقعیت‌های سامانه‌های همدیدی در شمال شرق

- as C.R. Prague, Czech Republic, Adv. Geosci., 12.
39. Lana, A, Campins, J, Genov'es, A and Jans, A (2007). Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands, Advances in Geosciences, 12.
40. Littmann, T, (2000). An Empirical Classification of Weather Type in the Mediterranean Basin and Their Interrelation with Rainfall. Theoretical and Applied Climatology, 66.
41. Miller, R.C. (1972). Notes on Analysis and Sever Storm Forecastng Procedures of the Air Force GlobalWeather Central. Headquarters. Air Weather service. USAF.
36. Keables, M J, (1989). A Synoptic Climatology of Bimodal Precipitation Distribution in the Upper Midwest, J.Climate.2.
37. Kutiel, H, Hirsch-Eshkol, T. R and Turkes, M, (2001). Sea Level Pressure Patterns Associated With Dry or Wet Monthly Rainfall Conditions in Turke. Theoretical and Applied Climatology, 69.
38. Kynsely J., Picek J., (2007). Probability estimates of heavy precipitation event in a Flood-prone Central-European Region with enhanced influence of Mediterranean Cyclons. Institute of Atmospheric Physics