

نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۲، شماره ۶۶، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۶۱-۱۶۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶

تحلیل همدیدی-دینامیکی وقوع سیل بندرعباس در مارس ۲۰۱۴

فریده حبیبی^۱

فاطمه زارعی^۲

محبوبه فیروز آبادی^۳

چکیده

در این تحقیق سامانه بارشی قوی رخداده در روزهای ۱۴ و ۱۵ مارس ۲۰۱۴ در مناطق جنوبی ایران بررسی شده است. بدین منظور گزارش‌های سینوپ و متار ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران، الگوهای جوی شامل فشار در سطح متوسط دریا، رطوبت، دما و فرارفت آن در ترازهای ۵۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰، گرایش ارتفاع ۲۴ ساعته در تراز ۵۰۰، باد در ترازهای ۲۰۰ و ۱۰۰۰ و همچنین جریانات جتی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال بررسی شده است. این سامانه بارشی با سامانه بارشی مارس ۱۹۹۶ که دومین بیشینه بارش را در طی ۵۸ سال گذشته در این منطقه داشته است، مقایسه شده است. بررسی‌ها نشان داد که مهمترین علت بارش‌ها، مربوط به ناپایداری پتانسیلی ناشی از سامانه کم‌فشار دینامیکی که به صورت یک ناوه کم‌فشار از ترکمنستان به سمت تنگه هرمز کشیده شده بود، می‌باشد. همچنین، نصف‌النهاری‌شدن تدریجی جهت حریان جت جنوب‌حراره‌ای قوی در شمال غرب آفریقا و کشیده شدن شاخه‌ای از آن بر فراز خلیج فارس نیز به تشید ناپایداری در این مناطق در روزهای ذکر شده کمک کرده است. بیشینه بارش ۲۴ ساعته به ترتیب از بندرعباس، رودان و کهنوج با ۱۱۰، ۷۸/۵ و ۶۹ میلی‌متر گزارش شده است. موقعیت هر سه ایستگاه در ناحیه

۱- استادیار، گروه فیزیک فضاء، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه فیزیک فضاء، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

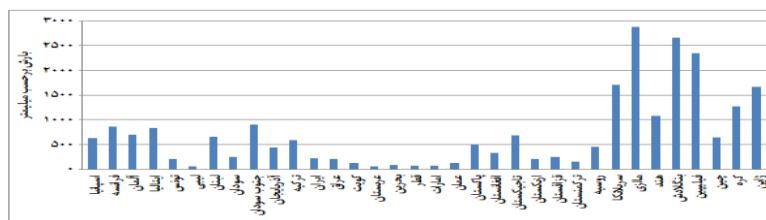
۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه فیزیک فضاء، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران

شرقی سامانه بارشی قرار دارد، جایی که فرارفت قوی رطوبت از سمت تنگه‌هرمز به آن سو بوده است. قرار گرفتن سمت چپ خروجی جت بر فراز استان هرمزگان نیز سبب جریان صعودی هوا در منطقه شده است. مجموع همه این عوامل سبب وقوع بارش بیشینه در این استان شده است.

واژگان کلیدی: ناپایداری پتانسیلی، کم فشار دینامیکی، گزارش‌های سینوپ و متار، بندرعباس.

مقدمه

با توجه به قرارگیری رشته‌کوه‌های مرتفع و دشت‌های وسیع در منطقه ایران، بارش این منطقه شدیداً تحت تاثیر ارتفاعات پیرامون می‌باشد. بررسی داده‌های بارش ۱۹۱ کشور جهان در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۴ (با استفاده از اطلاعات سایت بانک جهانی) نشان می‌دهد که میانگین جهانی بارش در حدود ۱۱۸ میلی‌متر است که بیشینه بارش با ۳۲۴۰ میلی‌متر متعلق به کشور کلمبیا و کمینه آن با ۵۱ میلی‌متر متعلق به مصر است. میانگین بارش ایران در این بازه زمانی ۲۲۸ میلی‌متر بوده است که تقریباً یک پنجم میانگین جهانی است. بافت‌نگار (هیستوگرام) بارش کشورهای هم‌جوار ایران و برخی از کشورهای قاره‌های آسیا، اروپا و آفریقا ارائه شده در شکل ۱ نیز به خوبی نشان می‌دهد که ایران در کمرنگ خشکی جهان قرار دارد.



شکل ۱- بافت‌نگار میانگین بارش سالانه کشورهای انتخابی از قاره‌های اروپا، آفریقا و آسیا در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۴



در خصوص بارش‌هایی که در منطقه خاورمیانه رخ می‌دهد نیز مطالعات فراوانی انجام شده است که بیشتر آنها کم فشار حرارتی سودان را در ایجاد بارش دخیل دانسته‌اند. در اینجا به چند نمونه از این بررسی‌ها اشاره می‌شود.

نخستین بررسی را الفت در سال ۱۳۴۷ انجام داده است که در آن به کم فشارهایی اشاره شده‌است که در شمال شرق آفریقا و دریای سرخ تشکیل می‌شوند و پس از عبور از عربستان و خلیج فارس سبب ایجاد بارش در ایران می‌شوند. تقی زاده (۱۳۶۶) در بررسی وقوع سیل گسترده‌ای که در پاییز ۱۳۶۵ مناطق وسیعی از جنوب و مرکز ایران را در بر داشته‌است آن را به سامانه سودانی نسبت داده است. لشگری (۱۳۸۱) با بررسی فعالیت ۲۰۰ سامانه سودانی در یک دوره آماری ۲۰ ساله معتقد است که آنها از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و باعث ایجاد بارندگی می‌شوند، البته در دو مسیر با چرخدندهای مدیترانه‌ای ادغام شده اما در سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد کشور می‌شوند.

دایان و همکاران (۱۳۰۱) با تحلیل همدیدی و میان مقیاس هم‌رفته‌ایی که منجر به توفان تندری قوی، باران شدید و سیل در خاورمیانه شده‌اند، عوامل اصلی بارش سیل‌آسا در خاورمیانه را ناوه روی دریای سرخ و انتقال رطوبت از شمال آفریقا در تراز میانی جو و واگرایی تراز زبرین معرفی کردند. زیو و همکاران (۱۳۰۵) نقش فعالیت چرخدندهای مدیترانه‌ای و ناوه‌های روی دریای سرخ را در ایجاد بارش سنگین در کشورهای واقع در شرق دریای مدیترانه مهم ذکر کردند.

مفیدی و زرین (۱۳۸۴) با بررسی برخی از کارهای انجام شده نتیجه گرفتند که برخی از محققین هواشناسی و اقلیم‌شناسی بارش‌های فraigیر در خاورمیانه را به دوره سرد سال که ناوه عمیقی از عرض‌های شمالی به روی منطقه مدیترانه کشیده می‌شود و جو را در تعادل کژفشاری قرار می‌دهد، نسبت داده‌اند. آنها معتقدند که تشکیل سامانه‌های کم فشار دینامیکی مدیترانه‌ای که همراه با جبهه هستند در ایجاد بارش‌های رگباری شدید و سیل‌آسا در برخی مناطق خاورمیانه از جمله جنوب‌غربی و جنوب ایران نقش دارند؛ اما در بررسی برخی دیگر از کارهای انجام شده مشاهده کردند که آنها کم‌فشاری که روی سودان و

دریای سرخ شکل می‌گیرد را منشا چنین بارش‌هایی می‌دانند (مفیدی و زربن، ۱۳۸۴). سبزی پرور و همکاران (۲۰۱۰) سیل‌های شدید در حوضه رودخانه دالکی در جنوب‌غربی ایران را به تقویت کم‌فشار حرارتی سودان و تعذیه رطوبت از اقیانوس هند و دریای مدیترانه نسبت دادند.

زبانه‌ای از کم‌فشار حرارتی سودان در منطقه استوا و جنب استوا که در درودسپهر زیرین از جنوب دریای سرخ رو به شمال و به سمت شرق مدیترانه کشیده شده است معروف به ناوه دریای سرخ است. زنگویل و تسوایلی (۲۰۰۷) با تحلیل اقلیمی- همدیدی ناوه‌های خشک و تر روی اسرائیل به این نتیجه رسیدند که این ناوه در فصل تابستان محو می‌شود ولی در بقیه فصل‌ها دیده می‌شود. همچنین معتقدند چنانچه این زبانه کم‌فشاری با ناوه ترازهای زیرین که از عرض‌های شمالی به روی شرق مدیترانه کشیده شده همراه باشد موجب افزایش ناپایداری و حرکت‌های بالاسو شده و شرایط برای ایجاد توفان‌های همرفتی، توفان‌های تندری و بارش‌های رگباری فراهم می‌شود.

خوش‌اخلاق و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی همدیدی الگوهای فصلی خشک و مرطوب در نیمه غربی ایران معتقدند زمانی که جهت کم‌فشار سودانی از جنوب‌غرب به شمال‌شرق باشد و تا ایران و دشت بین‌النهرین کشیده شده باشد و شاخه‌ای از آن نیز با کشیدگی شمال‌سو تا روی شمال آفریقا، مدیترانه مرکزی و شرقی گسترش یابد در این حالت این کم‌فشار به تنهایی یا همراه با چرخدندهای مدیترانه‌ای می‌تواند توفان‌های تندری با بارش شدید را به دلیل ماهیت حرارتی خود در نیمه غربی ایران ایجاد کند.

رسولی و همکاران (۲۰۱۲) معتقدند که کم‌فشار سودان یک سامانه بارش‌زا است که هم در فصل سرد و هم در فصل گرم بارش دارد و این سامانه حرارتی در تابستان با انتقال هوای گرم و خشک بر روی شبه جزیره عربستان پدیده گرد و خاک را ایجاد می‌کند اما در زمستان به شکل یک کم‌فشار دینامیکی ظاهر شده و با خود رطوبت و بارش را به شبه جزیره عربستان و جنوب دریای مدیترانه می‌آورد.

نوری و ایلدرمی (۱۳۹۱) با بررسی یکی از فرآگیرترین دوره‌های بارشی کشور در سال-های گذشته (روزهای ۱۳۸۱/۸/۶ تا ۱۳۸۱/۱۰/۵، به تحلیل همدید و دینامیک سنگین‌ترین خوش بارش این دوره (۱۳۸۱/۹/۲۰ تا ۱۳۸۱/۹/۱۵) با رویکرد محیطی به گردشی پرداختند. آنها الگوهای فشار سطحی، ارتفاع ژئوپتانسیل و نقشه‌های وزش رطوبتی، جبهه‌ها، رودبادها و بردار Q در ترازهای مختلف را رسم و بررسی کردند. تحلیل نقشه‌های فشار تراز دریا نشان داد که تشدید شیو فشار بین الگوی پرفشار دریای سیاه و کم‌پارش شرق مدیترانه و بین الگوی پرفشار دریای سیاه و کم‌پارش شمال شرق خزر، در رخداد این بارش‌ها در غرب، جنوب‌غرب ایران و سواحل جنوبی خزر موثر بود. بررسی نقشه‌های ژئوپتانسیل نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه، دو الگوی اصلی وجود دارد که نقش فرود نسبتاً عمیق شمال دریاچه خزر (بخشی از فرود بلند مدیترانه) بسیار مهم است. تحلیل نقشه‌های وزش رطوبتی نشان دادند که در ترازهای بالایی، دریای مدیترانه و دریای سرخ و در ترازهای پایینی، خلیج فارس و دریای عمان، مهم‌ترین منبع تغذیه رطوبتی بارش‌های ایران زمین هستند. وجود جبهه قطبی، جبهه دریای سرخ، شمال خلیج فارس و همچنین ادغام رودبادهای جنوب‌حاره-ای و جبهه قطبی بر روی شرق عراق، می‌تواند از علل ایجاد و تشدید حرکات عمودی هوا در منطقه باشد. تحلیل نقشه‌های بردار Q نیز، با نشان دادن مناطق همگرا، به نقش مهم دریاچه خزر، دریای مدیترانه و دریای سیاه، خلیج فارس و دریای عمان در ایجاد حرکات صعودی هوا در ترازها و ساعات مختلف، برای شکل‌گیری بارش‌های سنگین سواحل جنوبی خزر و ایران زمین اشاره دارد.

پوراصغر و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی رژیم بارش سالانه نیمه جنوبی ایران با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشبندی پارامترهای اقلیمی معتقدند که در منطقه مورد بررسی، چهار زیر منطقه همگن وجود دارد که جهت‌گیری آنها کاملاً هماهنگ و نقش کوهساری و عرض جغرافیایی نیز در مرزبندی مناطق بارشی مشهود است به نظر آنها چنانچه کم‌پارش از مرکز عربستان به سمت جنوب ایران کشیده شود استان‌های بوشهر، فارس، غرب هرمزگان و کرمان تحت تاثیر رژیم بارش کم‌پارش سودانی هستند. ولی اگر سامانه پرفشار در شمال شرقی عربستان و جنوب خلیج فارس حاکم باشد در این حالت سامانه کم‌پارش منطبق

بر جریانات ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیست و هرچه محور جریانات از سطح زمین تا ۵۰۰ هکتوپاسکال به سمت جنوب متمایل‌تر باشد حرکت سامانه شمال‌سو و در نتیجه جنوب غربی ایران متاثر از رژیم بارشی خواهد بود. زمانی که جریانات لایه بین سطح زمین تا ۵۰۰ هکتوپاسکال به سمت شمال‌شرق عربستان حرکت کند در این حالت کم‌فشار سودانی نواحی شرق استان هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان را تحت تاثیر دارد. در کل آنها معتقدند که میزان بارش از غرب به شرق روند کاهشی دارد و تراکم میزان بارش نیز در ارتفاعات متوجه است.

عزیزی و علیزاده (۱۳۹۳) بارش‌های فرآیند و سنگین ایران را به فعالیت همزمان سامانه‌های پرفشار تبت، پرفشار اقیانوس اطلس‌شمالي و کم‌فشار ایسلند نسبت دادند و معتقدند چنانچه این سه سامانه با هم تقویت شوند گردیدن فشار روی ایران افزایش یافته و جو در حالت کم‌فشاری قرار می‌گیرد و بارش‌های فرآیند و سنگینی در ایران رخ می‌دهد که بیشینه میانگین آنها روی نواحی مرتفع کوههای زاگرس است.

امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی نقشه‌های فشار سطح دریا و سطوح ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و همچنین با استفاده از داده‌های رادیوسوند و نمودار اسکیوتوی ایستگاه کرمان برای بررسی ویژگی‌های ترمودینامیک بارش‌های سنگین ۱۲ و ۱۳ بهمن ماه ۱۳۸۹ در مناطق جنوبی و مرکزی ایران بهویژه استان کرمان به مطالعه همدیدی بارش‌های سنگین در تاریخ‌های مذکور پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که عامل اصلی ایجاد بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه تشکیل کم‌ارتفاع بریده بر روی دریای مدیترانه است که همانند سیستم مانع عمل نموده و با حرکت رو به شرق خود سبب تقویت فرود شرق مدیترانه در وردسپهر میانی می‌گردد. لذا زمانی که با حرکت رو به پایین سامانه ناوه قطبی همراه باشد به سمت عرض‌های پایین‌تر منتقل شده، در نتیجه سامانه‌های غربی با حرکت خود از روی آبهای گرم جنوبی، رطوبت زیادی را کسب کرده و سبب ریزش بارش‌های سنگین و قابل توجهی در منطقه می‌گردد.



حسنیان و همکاران (۲۰۱۵) رابطه بین عناصر اقلیمی و سامانه‌های فشاری موثر بر وضعیت جوی و اقلیم عربستان سعودی را با توجه به اثر آنها روی دما و بارش منطقه در فصل زمستان بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که دو الگوی اصلی فشار وجود دارد. در الگوی اول، پرفشارهای جنوب حاره و سیبری ادغام شده و افزایش آشکاری در فشار سطح دریا روى مناطق جنوبی اروپا، دریای مدیترانه، شمال آفریقا، و خاورمیانه رخ مى‌دهد. این کمربند پر فشار مانع از برهمنکش سامانه‌های عرض‌های میانی و فوق حاره‌ای شده و در نتیجه دمای هوای سطحی، رطوبت نسبی و بارش روی عربستان سعودی کاهش می‌یابد. اما در الگوی دوم، تضعیف پرفشار جنوب حاره‌ای منجر به تقویت پرفشار سیبری شده و در این حالت کم‌فارش ایسلندی تضعیف شده و کم‌فارش سودانی عمیق‌تر می‌شود و این الگو منجر می‌شود که هوای سرد و مرطوب کم‌فارش مدیترانه‌ای که از غرب به شرق حرکت می‌کند با هوای گرم و مرطوب کم‌فارش سودانی که نوسان شمال‌سو دارد برهمنکش یافته و ناوه ۷ شکل به وجود آید. این برهمنکش دو توده هوا سبب می‌شود که دما و رطوبت نسبی و احتمالاً بارش روی عربستان به ویژه روی شمال‌غربی و شمال‌شرقی افزایش یابد.

اکبری (۲۰۱۵) با بررسی نقش سامانه‌های ترکیبی مدیترانه-سودان در وقوع بارش‌های سنگین در جنوب ایران معتقد است که ویژگی مشترک تمامی این سامانه‌ها در بارش‌های سنگین وجود یک مرکز کم‌فارش سطحی و یک مرکز کم‌ارتفاع در ترازهای زبرین؛ دو مرکز بیشینه تاوایی نسبی با هسته $5 \times 5 - 10$ در ترازهای میانی قبل از بارش است که یکی روی شرق مدیترانه و دیگری در غرب دریای سرخ است در این زمان کمینه تاوایی نسبی روی ایران است و زمانی که باد از روی دریای سرخ به سمت شرق جریان داشته باشد این سامانه ترکیبی بارش سنگین در غرب، جنوب‌غربی و جنوب ایران خواهد داشت.

مطالعه پیش رو تلاشی است برای بررسی بارش قابل ملاحظه‌ای که در روزهای ۱۴ و ۱۵ مارس ۲۰۱۴ استان‌های نیمه جنوبی ایران را تحت تأثیر قرار داد. در برخی از شهرها شدت این بارش به حدی بود که منجر به جاری شدن سیل و وارد شدن خسارت‌های سنگین به تاسیسات شهری و ساکنین منطقه شد. این در حالی بود که در برخی از شهرهای هم‌جوار

هیچگونه گزارشی از وقوع بارش وجود نداشت. بیشینه شدت سیل و خسارت‌های واردہ از شهر بندرعباس گزارش شده بود. با توجه به پستی و بلندی‌های استان هرمزگان که شامل نوار ساحلی طولانی از بندر جاسک تا گاویندی در جنوب آن، جلگه‌های حاصلخیز در نواحی شمالی آن در مجاورت مرزهای استان‌های کرمان و فارس و همچنین مناطق کوهستانی استان که بشاغرد (کوه شب با بلندی ۲۶۸۱ متر) در شرق، کوه فارغان یا هماگ با بلندی ۳۲۶۷ متر در شمال استان و گنو با بلندی ۲۴۴۷ متر در مجاورت شهر بندرعباس می‌باشد می‌توان گفت ارتفاعات کوتاه و بلند از رشته کوه‌های زاگرس جنوبی در این استان طوری در کنار هم قرار گرفتند که دشت‌ها و دره‌های نسبتاً مرتفع در بین آنها دیده می‌شود. اما موقعیت شهر ساحلی بندرعباس طوری است که احتمال وقوع بارش سنگین تنها بواسطه عامل کوهساری بعيد است پس لازم شد که علت بروز این رخداد از دید هواشناسی همدیدی- دینامیکی با تمرکز ویژه روی فعالیت این سامانه بارشی در استان هرمزگان بررسی شود.

مواد و روش‌ها

از آنجا که بررسی نقطه‌ای در تحلیل نقشه‌های همدیدی مرسوم نیست، برای بررسی علل وقوع سیل در بندرعباس از تحلیل بارش‌های فرین جنوب کشور در بازه زمانی نهم تا ۱۶ مارس ۲۰۱۴ استفاده شد. داده‌های به کار رفته شامل گزارش‌های متار و سینوپ ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران شامل استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان است. برای بررسی ترازهای زبرین و فشار در سطح متوسط دریا نیز از داده‌های مدل سامانه پیش‌بینی جهانی (GFS) و داده‌های بازتحلیل مرکز ملی پیش‌بینی محیطی- مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) با تفکیک ۰/۵ درجه‌ای استفاده شده است. از نقشه‌های واقعی فشار که تمامی گزارش‌های سینوپ با استفاده از علائم قراردادی بر روی آن نمایش داده می‌شود و روزانه در ۴ نوبت در سازمان هواشناسی کشور تهیه می‌شود نیز در بازه زمانی اول تا ۲۰ مارس ۲۰۱۴ استفاده شده است. نقشه‌های ترازهای زبرین به فواصل زمانی ۱۲ ساعته در محدوده عرض‌های $20^{\circ}-60^{\circ}\text{N}$ و طول‌های $30^{\circ}-90^{\circ}\text{E}$ بررسی شدند؛ اما فشار در سطح متوسط دریا به فواصل زمانی ۶ ساعته و در

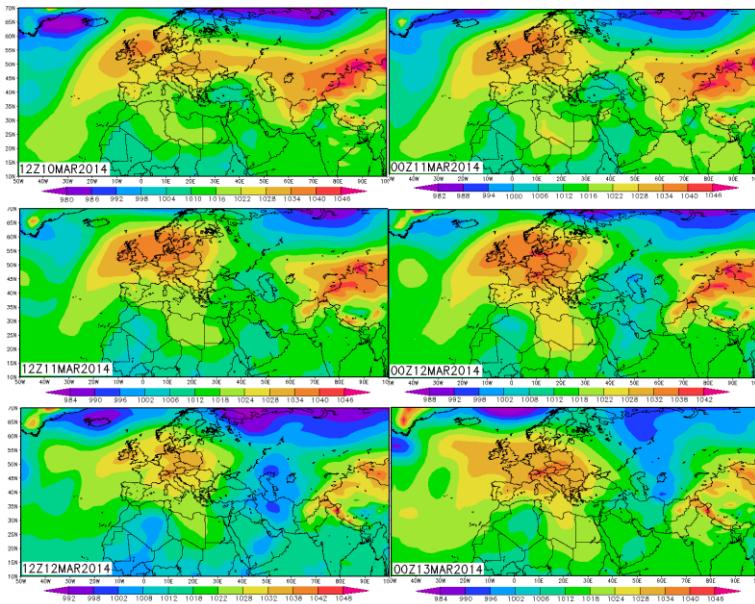


محدوده وسیع‌تر (عرض‌های جغرافیایی 50°W - 70°E) بررسی شده است تا حرکت و نحوه شکل‌گیری سامانه‌ها به خوبی قابل تجزیه و تحلیل باشد. در این تحقیق الگوهای جوّی تراز زبرین، میانی و زبرین مربوط به دما و فرارت آن در ترازهای 200 ، 500 ، 800 هکتوپاسکال و سطح زمین، واگرایی و همگرایی رطوبت در ترازهای فشاری 500 ، 800 و 1000 هکتوپاسکال، گرایش ارتفاع 24 ساعته تراز 500 هکتوپاسکال، واگرایی و همگرایی باد در ترازهای 200 و 1000 و جریانات جتی در تراز 200 (مسیر حرکت و مقدار بیشینه سرعت جت جنب حرایه‌ای و جت قطبی) و تاثیر آن در سامانه‌های فشار سطحی بررسی شدند.

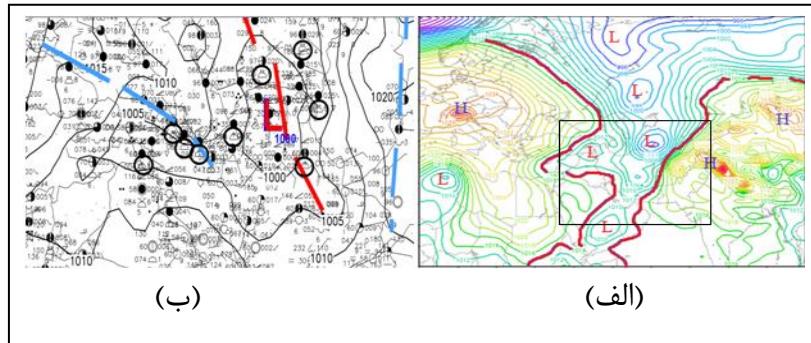
یافته‌ها و بحث

بررسی نقشه‌های همدیدی فشار در دوره زمانی یکم تا ۱۶ مارس ۲۰۱۴ که منتخبی از آنها در شکل ۲ ارائه شده است، نشان می‌دهند که در ساعت UTC 00 روز ۱۳ ام محور پرفشار سیبری در راستای شمال‌شرقی-جنوب‌غربی و محور پرفشار آزورس شمال‌غربی-شرقی است. پسته واقع در بخش شمال پرفشار سیبری با کشیدگی به سمت شمال تقریباً طوری جلوی ناوه قرار گرفته است که مانند سدی مانع از پیشروی زبانه کم‌فشار به سمت شرق شده است. همان‌گونه که شکل ۳-الف نشان می‌دهد موقعیت محورهای دو سامانه - پرفشار حالتی شبیه به قیف در جوّ ایجاد کرده که دهانه آن در عرض‌های شمالی است. در شکل محدوده فعالیت این ناوه با خط ضخیم قرمز رنگ مشخص شده است. در بررسی نقشه‌های سطح زمین، سامانه کم‌فشار روی ایسلند با دو هسته قوی یکی روی ایسلند با کمینه فشار 980 هکتوپاسکال و دیگری روی دریای بارنتس و کارا در شمال روسیه با کمینه فشار 986 هکتوپاسکال را نشان می‌دهند که محور آن دارای کشیدگی غرب به شرق در بالای عرض جغرافیایی 55°N است. همان‌گونه که شکل‌های ۲ و ۳ نشان می‌دهند جریان‌های نیمه غربی هسته کم‌فشار روی روسیه در محدوده طول‌های جغرافیایی 100°E - 30°E در بین محور دو پرفشار سیبری و آزورس به دام افتاده و این ناوه کم‌فشار از عرض 45°N تا 70°N بین طول‌های 60°E - 45°E کشیده شده است. طبق این شکل بخش اعظم

ایران در محدوده فعالیت این ناوه قرار دارد. در بالای 25°N زاویدای که محور ناوه با نصف‌النهارها ساخته است دارای خمیدگی منفی (شمال‌غربی - جنوب‌شرقی) است و این بیانگر این است که این سامانه در مرحله بلوغ قرار دارد. امتداد محور ناوه در زیر مدار 25°N دارای خمیدگی مثبت (شمال‌شرقی - جنوب‌غربی) بوده و تقریباً تا خلیج عدن کشیده شده است. چندین هسته ثانوی از کم‌فشارهای فعال در داخل زبانه این سامانه به شکل "کم-فشارهای فامیلی" دیده می‌شود یکی از این هسته‌های کم‌فشار ثانوی که نسبت به بقیه عمیق‌تر و در مرحله بلوغ به سر می‌برد با چندین همفشار بسته و با کمینه فشار ۹۹۶ هکتوپاسکال روی مرز ایران و ترکمنستان قرار دارد این سامانه کم‌فشار نیز دارای یک هسته ثانوی با کمینه فشار ۹۹۸ هکتوپاسکال روی کرمان است، جریانات شمال به جنوب این سامانه با جریاناتی که از سامانه کم‌فشار روی ترکیه که از بخش شرقی دریای مدیترانه رطوبت کسب می‌کند ادغام شده و از روی استان بوشهر وارد خلیج فارس شده و بعد از کسب رطوبت از منطقه بندرعباس وارد هرمزگان شده و به مسیر خود ادامه می‌دهد. قسمت (ب) شکل ۳ عالیم مربوط به گزارش‌های همدیدی منطقه مورد مطالعه از جمله هواز حاضر و گذشته، مقدار و نوع ابرهای طبقه‌های پایین، میانی و بالای جوّ و دید افقی را نشان می‌دهد. در این شکل محورهای ناوه و پشت‌بهترتیب با خط‌چین قرمز و آبی مشخص شده است. بررسی این عالیم حاکی از پوشش ابرهای Cc , Ac , As , Sc , Cb و بارش‌های مداوم و رگباری در مناطق واقع در درون این کم‌فشار قیفی شکل است ولی تا این زمان ایستگاه‌های ایران که در داخل این محدوده قرار دارند بارش قابل ملاحظه‌ای را گزارش نکرده‌اند.



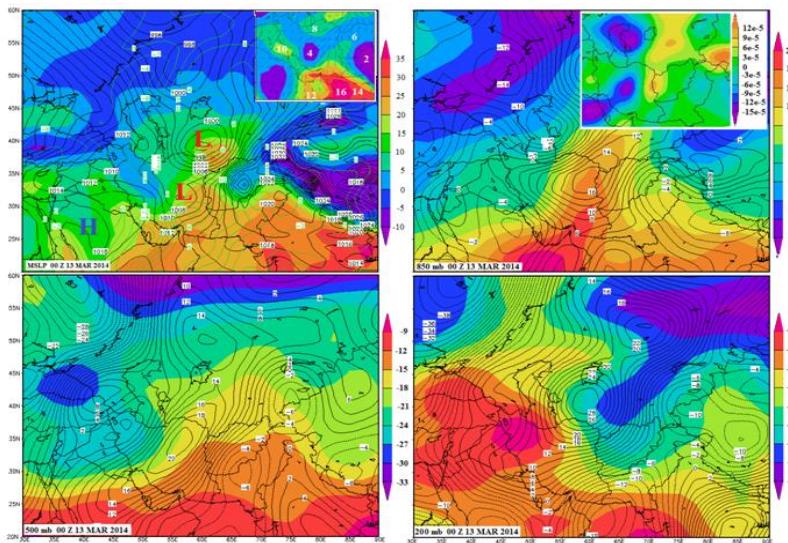
شکل ۲- نقشه همدیدی فشار در سطح متوسط دریا به فواصل ۱۲ ساعته از ساعت ۱۲ UTC روز ۱۰ مارس تا ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳ مارس ۱۴۰۲.



شکل ۳- (الف) نقشه همدیدی فشار در سطح متوسط دریا در ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳ مارس ۱۴۰۲ (ب) نزدیکنمایی منطقه مشخص شده با مستطیل؛ علامت معرف ابرهای کومهای باری سندانی شکل و علامت معرف ابرهای بدون سندان که هر دو ناشی از نایابداری همرفتی اند، در شکل مناطق فعالیت این ابر با دایره سیاه رنگ مشخص شده‌اند.

خطوط همدما و مؤلفه‌ی نصفالنهاری سرعت باد با استفاده از داده‌های GFS به کمک نرم‌افزار GrADS برای ساعت UTC ۰۰ روز ۱۳ مارس بر حسب متر بر ثانیه بر روی نقشه‌های سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال رسم شده است (شکل ۴). در این شکل خطوط همدما با رنگ‌آمیزی و بر حسب درجه سانتی‌گراد و معادل عددی رنگ‌ها نیز در سمت راست هر نقشه دیده می‌شود همفشارها به فواصل ۲ هکتوپاسکال و به رنگ سیاه، و در تمامی نقشه‌ها هم‌مقدارهای مؤلفه نصفالنهاری سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه (مقادیر منفی با خط چین و مقادیر مثبت با خط توپر) در سطح زمین به رنگ سبز و در ترازهای بالا به رنگ سیاه رسم شده است؛ کادر ارائه شده در گوشه راست بالا از نقشه سطح زمین هم‌مقدارهای رطوبت و بیژه (نسبت جرم بخار آب موجود در بسته هوای مرطوب به کل جرم آن) در ارتفاع دو متري از سطح زمین را بر حسب گرم بر کیلوگرم و همچنین سمت و سرعت باد را نشان می‌دهد. در گوشه راست بالا از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز مقادیر محاسبه شده فرارفت دما ($V.\nabla T$) نشان داده شده است.

بررسی خطوط همدما در نقشه‌های سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۵۰۰، ۰ زبانه‌ای از هوای گرم را نشان می‌دهد که از شبه جزیره عربستان به سمت شمال‌شرقی ایران گسترش یافته است. بررسی پربندهای نصفالنهاری باد در سطح زمین مقدار ms^{-1} ۶-۱ را روی بحرین در جنوب خلیج فارس نشان می‌دهد که از عربستان تا غرب ایران کشیده شده است که بیانگر جریانات جنوب‌سو و فرارفت دمایی سرد و در نتیجه تقویت کم‌فارشار روی کرمان و هرمزگان است اما، پربندهای مثبت مؤلفه نصفالنهاری باد با بیشینه ms^{-1} ۱۰ روی نیمه شرقی ایران و افغانستان دیده می‌شود که بیانگر جریانات شمال‌سو و فرارفت دمایی گرم و در نتیجه تقویت پرفشار روی تبت است. البته در این بررسی فرارفت دما ($V.\nabla T$) با استفاده از تابع cdiff نرم‌افزار GrADS برای تراز ۸۵۰ محاسبه و در گوشه راست بالای این نقشه ارائه شده است در مناطقی که مقدار این فرارفت مثبت است فرارفت گرم و در نواحی منفی فرارفت سرد حاکم است نقشه حاصل از این محاسبه نیز نتایج بررسی همدیدی مربوط به فرارفت‌های دمایی را تایید می‌کند.

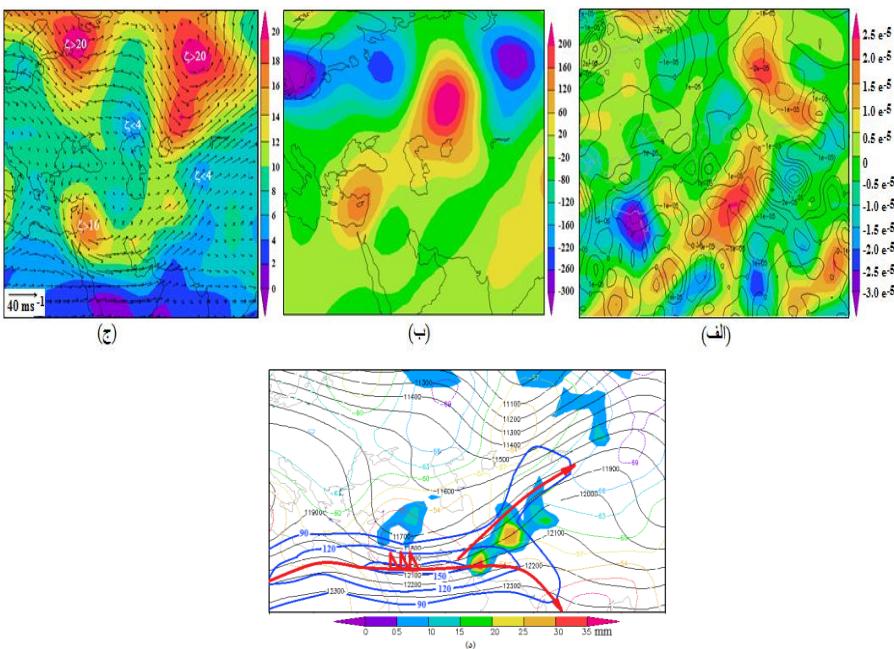


شکل ۴- نقشه‌های همدیدی سطح زمین و ترازهای 850 ، 500 و 200 هکتوپاسکال در ساعت 00 UTC روز ۱۳ مارس ۲۰۱۴. در تمامی نقشه‌ها خطوط همدما بر حسب $^{\circ}\text{C}$ با رنگ آمیزی، هم‌مقدارهای مؤلفه نصف‌النهاری سرعت باد ms^{-1} : سمت و سرعت باد و هم‌مقدارهای نم ویژه در ارتفاع دو متري از سطح زمین در کادر گوشه راست بالا از نقشه سطح زمین؛ مقادیر فرارفت محاسبه شده دما ($V.\nabla T$) در گوشه راست بالا از تراز 850 هکتوپاسکال نشان داده است.

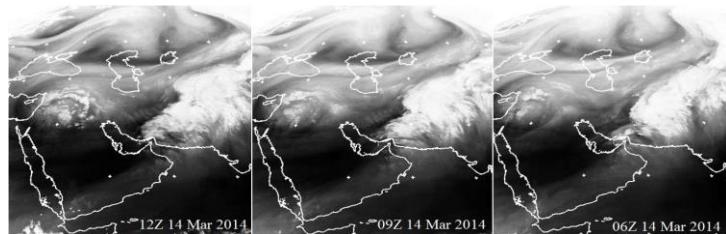
مقایسه پربندهای مؤلفه نصف‌النهاری باد در ترازهای زیرین و زبرین به خوبی نشان می‌دهد در مناطقی که این مؤلفه در تراز زیرین منفی است در تراز زیرین مثبت است و بر عکس. الگوهای موجود در این شکل به خوبی فرارفت هوای سرد در ترازهای میانی و زیرین را بر فراز منطقه‌ای نشان می‌دهد که در لایه مرزی سیارهای فرارفت هوای گرم حاکم است و به عبارتی حاکی از فرارفت دیفرانسیلی قوی و افزایش ناپایداری ترمودینامیکی و ناپایداری همرفتی است. بررسی سمت و سرعت باد در ترازهای موردن بررسی نشان داد که باد بر روی هر مزگان در سطح زمین به صورت جنوبی (180 درجه) با سرعت 10 ms^{-1} بوده اما در ترازهای بالا در جهت حرکت عقربه ساعت چرخیده به طوری که در 200 هکتوپاسکال کاملاً غربی (270 درجه) شده است و با سرعت 60 ms^{-1} جریان دارد که حاکی از جریان بادپیشگرد در این استان و چینش قائم و افقی باد در منطقه است. نقشه

مریبوط به هم‌مقدارهای رطوبت ویژه در ارتفاع دو متری از سطح زمین و سرعت باد سطحی در گوشه راست بالای نقشه مریبوط به سطح متوسط دریا آورده شده است. این شکل فرارفت هوای گرم و مرطوب به سمت جنوب رشته کوههای البرز در سواحل جنوبی دریای خزر و سمت جنوب رشته کوههای زاگرس در هرمزگان را در لایه مرزی سیارهای نمایش می‌دهد.

الگوهای واگرایی و همگرایی ترازهای ۱۰۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال، گرایش ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال، توابی مطلق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال همراه با سمت و سرعت باد (هر پیکان کامل معادل 40ms^{-1} است) و نیز نقشه مرکب شامل همارتفاعه، همدماها و جريان جتی تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال مریبوط به ساعت UTC ۰۰ روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ و همچنین بارش ۲۴ ساعته به ترتیب در بخش‌های الف تا د شکل ۵ نشان داده شده‌اند. در این شکل واگرایی مریبوط به تراز زیرین با خطوط مشکی و واگرایی مریبوط به تراز زبرین با رنگ‌آمیزی نشان داده شده است و خطوط خطچین مقدارهای منفی واگرایی و یا به عبارتی همگرایی را نشان می‌دهد. بخش (د) این شکل جريان جتی قوی با سرعت ۱۵۰ نات (75ms^{-1}) را در منطقه عرض‌های جغرافیایی ۲۰ تا 30°N نشان می‌دهد که به جت جنوب‌غارهای معروف است. با توجه به این شکل استان هرمزگان در سمت چپ خروجی این جريان جتی قرار دارد. در این ناحیه کاهش توابی منجر به واگرایی تراز زبرین شده و در نتیجه در ترازهای زبرین این ناحیه حرکت صعودی هوا شدیدتر می‌شود. مقایسه الگوهای واگرایی دو تراز زبرین و زبرین نیز به خوبی ناحیه واگرایی شدید در تراز زبرین را نشان می‌دهد که از جنوب ایران به سمت شمال‌شرقی و تقریباً بر فراز ناوه بخش (الف) شکل ۳ کشیده شده است. همگرایی جريان‌ها در تراز زبرین این ناحیه نسبت به واگرایی تراز زبرین ضعیفتر است. تصاویر ماهواره‌ای گرفته شده از کانال ۳ ماهواره زمین‌ایستا مریبوط به روز ۱۴ مام که در شکل ۶ ارائه شده است نیز به خوبی وجود ابر را بر فراز این منطقه نشان می‌دهد.

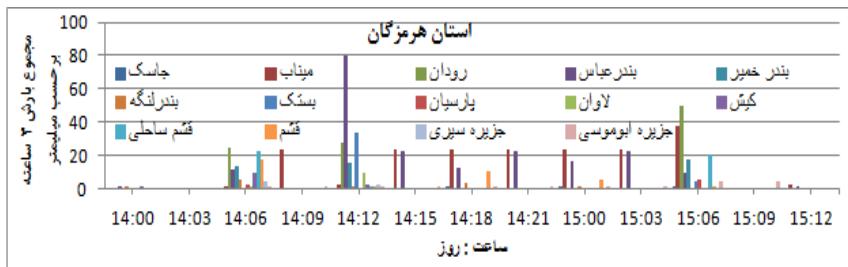


شکل ۵- مربوط به ساعت ۰۰ UTC ۱۴ مارس ۲۰۱۴. (الف) نقشه‌های واگرایی و همگرایی در ترازهای ۱۰۰۰ (با خطوط مشکی) و ۲۰۰ هکتوپاسکال (با رنگ‌آمیزی) همقدارها بر حسب ms^{-1} هستند. (ب) نقشه گرایش ارتفاع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر حسب ژوپیتانسیل مترا، (ج) تاوایی مطلق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با سمت و سرعت باد هر بیکان کامل معادل 40 ms^{-1} است. (د) نقشه مرکب شامل: هم ارتفاع-ها و همدماهای ۲۰۰ هکتوپاسکال، جریان جتی و بارش ۲۴ ساعته.



شکل ۶- تصاویر ماهواره‌ای بخار آب از ماهواره زمین‌ایستا، کanal ۳، طول موج ۷/۵-۷/۵ میکرومتر، روز ۱۴ مارس ۱۴۰۲

در این تحقیق تمامی گزارش‌های مربوط به سینوب و متار ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران از اول ماه مارس ۲۰۱۴ بررسی شدند. بررسی مجموع بارش سه ساعته که در گزارش سینوب هر ایستگاه گزارش می‌شود، نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌های استان هرمزگان بین ساعت ۰۳ تا ساعت ۰۶ روز ۱۴ ام بارندگی آغاز شده ولی بیشینه بارش بین ساعت ۰۹ تا ۱۲ این روز رخ داده که با ۸۰ میلی‌متر از بندرعباس گزارش شده است (شکل ۷). شهرهای بندرعباس و میتاب از ساعت ۰۳ روز ۱۴ ام تا ساعت ۰۶ روز ۱۵ ام بطور مداوم بارش داشتند. اما بیشینه بارش ۲۴ ساعته گزارش شده به ترتیب از بندرعباس و رودان با ۱۱۰ و ۷۸/۵ میلی‌متر در استان هرمزگان، و کهنوچ با ۶۹ میلی‌متر در جنوب استان کرمان بوده است.



شکل ۷- بافت نگار بارش سه ساعته شهرهای استان هرمزگان.

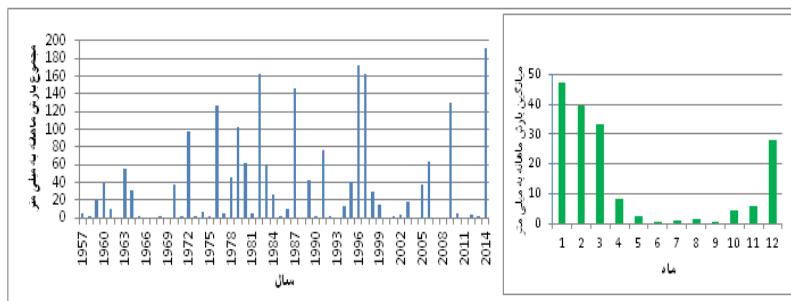
بررسی گزارش‌های متار ایستگاه کهنوچ نیز نشان می‌دهد که فعالیت ابرهای همرفتی کومهای بارا (Cb) از ساعت ۷ روز ۱۳ ام آغاز و در ساعت ۸ روز ۱۴ ام به اوج خود رسیده که با توفان تندی همراه با رگبار باران شدید گزارش شده است. در فاصله زمانی ساعت ۲ روز ۱۴ ام تا ساعت ۵ روز ۱۵ ام این ایستگاه به طور مداوم بارش باران به صورت رگبار داشته است که مجموع بارش در روز ۱۴ ام به ۶۹ میلی‌متر رسیده است.

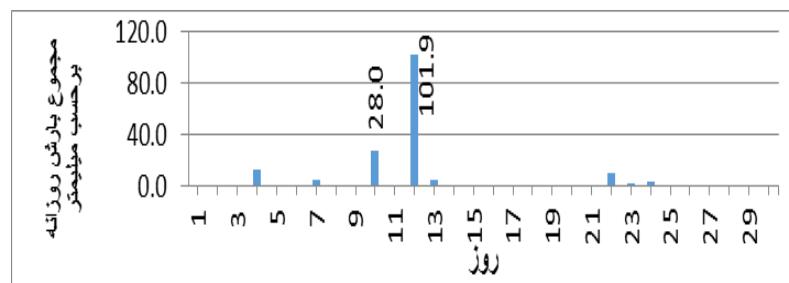
در این تحقیق علاوه بر داده‌های بارش سینوب، آمار بارش بندرعباس در بازه زمانی سال‌های ۱۹۵۷-۲۰۱۴ نیز بررسی شده است. میانگین ۵۸ ساله بارش ماهانه و همچنین مجموع بارش ماه مارس در طی این سال‌ها در بافت‌نگار شکل ۸ ارائه شده است. بیشینه



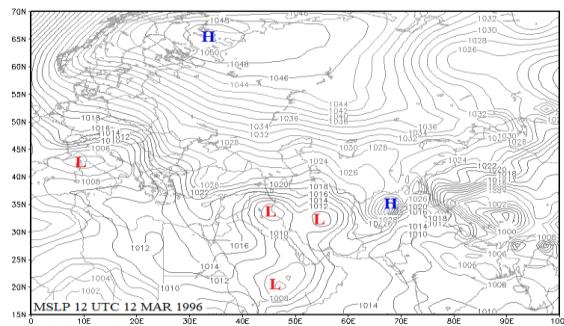
بارش این شهر طبق این بافت‌نگار از ژنوایه تا مارس است و میانگین بارش ماه مارس نیز ۳۴ میلی‌متر است.

با توجه به شکل ۸ مشخص است که دومین بیشینه بارش در بندرعباس در طی این سال‌ها با ۱۷۱/۹ میلی‌متر در سال ۱۹۹۶ رخ داده است. شکل ۹ بافت‌نگار مجموع بارش روزانه بندرعباس در مارس ۱۹۹۶ را نشان می‌دهد. این شهر در روز ۱۲ مارس ۱۹۹۶ نزدیک به ۱۰۲ میلی‌متر بارش داشته است. این بارش بر اثر فعالیت سامانه‌های بود که از ادغام کم‌فشار سودان با کم‌فشار شرق مدیترانه شکل گرفته بود (شکل ۱۰). مقایسه فرارفت رطوبت ویژه و مولفه نصف‌النهاری باد ساعت ۰۰ روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ با ساعت ۰۰ روز ۱۲ مارس ۱۹۹۶ که هر دو متعلق به زمان اوج فعالیت سامانه‌های مورد بررسی هستند (شکل ۱۱) بخوبی نشان می‌دهد که در مورد اول جریان‌های جنوب‌سوی خشک با محور شمال‌شرق- جنوب‌غرب تا عربستان کشیده شده و جریان‌های مرطوب شمال‌سو از روی خلیج فارس و دریای عمان به سمت استان‌های هرمزگان و کرمان فرارفت یافتند؛ اما در طرف مقابل در مورد دوم جریان‌های جنوب‌سو، فرارفت رطوبت را از سمت شرق مدیترانه به سمت عربستان و خلیج فارس نشان می‌دهند. در کل الگوی بارشی مارس ۲۰۱۴ کاملاً با الگوی مارس ۱۹۹۶ (که دومین بیشینه بارش را در طی بازه ۵۸ ساله مورد بررسی داشته است) متفاوت است.

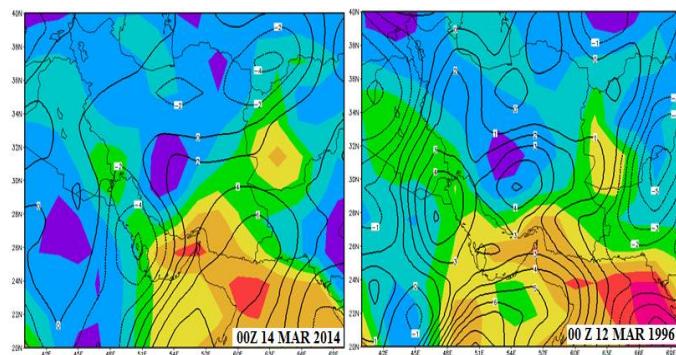




شکل ۹- بافت نگار مجموع بارش روزانه بندرعباس در ماه مارس ۱۹۹۶.



شکل ۱۰- نقشه همدیدی فشار در سطح متوسط دریا مربوط به ساعت ۱۲ UTC ۱۲ مارس ۱۹۹۶.



شکل ۱۱- نقشه فرارفت رطوبت (با رنگ‌آمیزی) و مولقه نصفالنهاری باد (با خطوط مشکی). مقدار مشبت مولقه نصفالنهاری باد معروف جریان‌های شمال سو و مقدار منفی که با نقطه‌چین رسم شده معروف جریان‌های جنوب سو است.



نتیجه گیری

نتایج بررسی منشاء این سامانه بارشی را گسترش زبانه‌ای از سامانه کم‌فشار قوی مستقر در شمال روسیه نشان می‌دهد. این زبانه بین دو پرفشار آزورس و سیبری با چندین هسته کم‌فشار ثانوی از شمال شرق تا نواحی جنوبی ایران کشیده شده است. یک هسته ثانوی قوی با کمینه فشار ۹۹۸ هکتوپاسکال روی استان کرمان شکل گرفته است که نیمه شرقی آن تحت تاثیر جریان‌های شمال‌سوی روی خلیج فارس و دریای عمان بوده و رطوبت خود را از آنجا تامین کرده است و به همین دلیل ایستگاه‌های واقع در سمت شرق سامانه بارش خوبی داشتند؛ اما نیمه غربی آن که تحت تاثیر جریان‌های جنوب‌سو قرار دارد خشک است.

بررسی داده‌های مربوط به دما و دمای نقطه شبنم ایستگاه‌ها حاکی از مرطوب بودن هوا در بازه زمانی ۱۴ مارس تا ۱۲ ام روز استان هرمزگان است ولی مقدار این رطوبت هنوز به حالت اشباع و ریزش بارش نرسیده است. نوع پوشش ابر و مقدار آن نیز نشان می‌دهد که هوا در ترازهای زیرین خشک بوده است، اما از آنجایی که توده هوا در ترازهای پایین مرطوب غیراشباع می‌باشد بنابراین نیاز به یک سازوکار ماسه‌ای مانند همگرایی قوی در تراز پایین و یا واگرایی قوی در ترازهای زیرین دارد که ابرهای همرفتی بارشی را ایجاد کند. بررسی نقشه‌های سطوح فشاری، واگرایی و همگرایی مولفه‌های مداری و نصف النهاری باد در ترازهای مختلف نشان داد که واگرایی شدید در تراز زیرین جوّ تقریباً در ساعت UTC ۱۲ روز ۱۳ مارس با رسیدن جت جنب حراره‌ای بر فراز منطقه و استقرار سمت چپ خروجی آن بر فراز استان هرمزگان رخ داده است.

بررسی‌های مربوط به بارش ایستگاه بندرعباس در بازه زمانی ۱۴۰۲-۱۹۵۷ نشان می‌دهند که بیشینه بارش این ایستگاه در طی ماههای ژانویه تا مارس رخ می‌دهد. میانگین مجموع بارش ماه مارس در این بازه زمانی ۳۴ میلی‌متر است. در حالی که بارش مارس ۱۴۰۲ بندرعباس که در ۵۸ سال اخیر بی‌سابقه بوده فقط طی ۲۶ ساعت روز ۱۱۰ میلی‌متر بوده که تقریباً سه برابر میانگین ۵۸ ساله آن در این ماه است. البته ۸۰ میلی‌متر آن در طی سه ساعت باریده که نشان از شدت بالای آن داشته است و ۱۳۰ میلی‌متر بارش نیز

در طی دو روز متوالی باریده که تقریباً بیشتر بارش این ماه مربوط به فعالیت این سامانه بوده است.

اما دومین بیشینه بارش در بازه زمانی ۱۹۵۷-۲۰۱۴ در سال ۱۹۹۶ رخ داده است که در روز ۱۲ ام مارس ۱۰۲ میلی‌متر بارش از سامانه‌ای باریده که از ادغام کم‌فشار سودانی با کم‌فشار شرق مدیترانه شکل گرفته بود.

در کل بررسی‌ها نشان می‌دهند که شکل‌گیری سامانه بارشی مارس ۲۰۱۴ هیچ شباهتی به سامانه‌های قبلی بارشی این استان که عموماً منشاء سودانی و یا ترکیب مدیترانه با سودانی داشتند، نداشته و در نوع خود بی‌نظیر بوده است.

نتایج بررسی این سامانه تا حدودی با نتایج عزیزی و علیزاده (۱۳۹۳) همخوانی دارد ولی با نتایج پورا صفر و همکاران (۱۳۹۲) که بارش شرق هرمزگان را به کم‌فشار سودانی نسبت دادند مغایرت دارد. بررسی سامانه بارشی مارس ۱۹۹۶ و مقایسه آن با این سامانه نشان می‌دهد که کم‌فشارهای روی شمال آفریقا و بویژه روی سودان نقشی در این بارش نداشتند. اما بررسی بارش مارس ۱۹۹۶ نشان داد اگر زبانه سودانی با کم‌فشارهای منشاء شرق مدیترانه‌ایی ادغام و به سمت ایران حرکت کنند بارش خوبی در این منطقه خواهد داشت که این تاییدی بر نتایج تحقیق دایان و همکاران (۲۰۰۱) و زیو و همکاران (۲۰۰۵) است.

سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۱۰) نیز وجود منبع رطوبتی از اقیانوس هند و دریای عمان را عامل مهمی برای بارش‌های رخداده در نواحی جنوبی ایران مطرح کرده است که بررسی نقشه‌های فرارفت رطوبت مورد ۱۴ مارس ۲۰۱۴ صحت همگرایی قوی رطوبت در نواحی ساحلی هرمزگان از سمت دریای عمان را تایید می‌کند.



منابع

- الفت، ع، ا، (۱۳۹۷)، وضع هوای ایران در سال گذشته، *نیووار*، ۳۱-۲۹ و ۶۳-۶۲.
- امیدوار، ک، محمودآبادی، م، و صفرپور، ف، (۱۳۹۴)، بررسی و تحلیل همدیدی بارش‌های سنگین بهمن ماه ۱۳۸۹ در مناطق جنوبی و مرکزی ایران (با تأکید بر استان کرمان). نشریه *جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۹، شماره ۵۱، ۳۹-۲۱.
- پوراصغر، ف، جهانبخش، س، ساری صراف، ب، قائمی، م، و تدینی، م، تابستان (۱۳۹۲)، پنهنه بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران. نشریه *جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۷، شماره ۴۴، ۴۶-۲۷.
- تقی زاده، ح، (۱۳۶۶)، بررسی سیل پاییز ۶۵ از نظر هواشناسی. *رشد آموزش زمین شناسی*، شماره ۶، ۶۵-۵۱.
- عزیزی، ق، و علیزاده، ت، (۱۳۹۳)، ارتباط بین تیپ الگوهای گردشی تراز دریا، با بارش‌های فراغیر در ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال ۴۶، شماره ۳، ۳۱۰-۲۹۷.
- لشکری، ح، تابستان (۱۳۸۱)، مسیریابی سامانه‌های کم فشار سودانی ورودی به ایران. نشریه *برنامه ریزی و آمایش فضایی*، دوره ۲، شماره ۱۵۷-۱۳۳.
- مفیدی، ع، و زرین، آ، تابستان (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه‌های کم فشار سودانی (مطالعه موردی؛ توفان دسامبر ۲۰۰۱). *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، سال دوم، شماره ۶، ۴۸-۲۴.
- نوری، ح، و ایلدرومی، ع، (۱۳۹۱)، تحلیل شرایط همدید و دینامیک رویدادهای بارشی سنگین سواحل جنوبی خزر در مقایسه با ایران زمین. نشریه *جغرافیا و برنامه ریزی*، دوره ۱۶، شماره ۴۱، ۲۳۶-۱۹۷.
- Akbari, M., 2015, Combinatory Mediterranean-Sudanese systems role in the occurrence of heavy rainfalls (case study: south west of Iran). *Meteorol Atmos Phys* 127:675–683.

- Dayan, U., Ziv, B., Margalit, A., Morin, E., and Sharon, D., 2001, A severe autumn storm over the Middle-East: Synoptic and mesoscale condition analysis, *Theor. Appl. Climatol.*, Vol 69, 103–122.
- Hasanean,H.M.; Abdel Basset, H.; Hussin, M.A.A., 2015,On the relationship between climatic elements and pressure systems over Saudi Arabia in winter season. *Adv. Atmos. Sci.*, 32, 690–703.
- Khoshakhlagha F., Oujib R., Jafarbeglouc M., 2008, A synoptic study on seasonal patterns of wet and dry spells in midwest of Iran, *DESERT* ,13 , 89-103 Online at <http://jdesert.ut.ac.ir>.
- Rasuly A. A., Ghaemi H., Babaeian I., ZawarReza P., Summer 2012, Time Series Analysis of the Pressure of the Synoptic Pattern Centers Affecting on Seasonal Precipitation of Iran, *Geography and Development* 14nd Year- No. 27 –, PP: 18- 21.
- Sabziparvar, A. A., Parandeh, A., Lashkari, H. and Yazdanpanah, H., 2010, Mid-level synoptic analysis of flood-generating systems in South-west of Iran (case study: Dalaki watershed river basin), *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol 10, 2269–2279.
- Tsvieli Y., Zangvil A., 2007, Synoptic climatological analysis of Red Sea Trough and non-Red Sea Trough rain situations, *Adv. Geosci.*, 12, 137–143, 2007, www.adv-geosci.net/12/137/
- Ziv, B., Dayan, U., and Sharon, D., 2005, A mid-winter, tropical extreme flood-producing storm in southern Israel: synoptic scale analysis, *Meteorol. Atmos. Phys.*, Vol 88, 53–63.

<http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.PRCP.MM?end=2014&start=2010>