

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 رخ داده در روزهای ۱۴ و ۱۵م 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، نصف‌النهاری شدن تدریجی جهت جریان جت جنب‌حاره‌ای قوی در شمال غرب آفریقا و کشیده شدن شاخه‌ای از آن بر فراز خلیج فارس نیز به تشدید 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 فضا، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران Email: fhabibi@ut.ac.ir

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

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

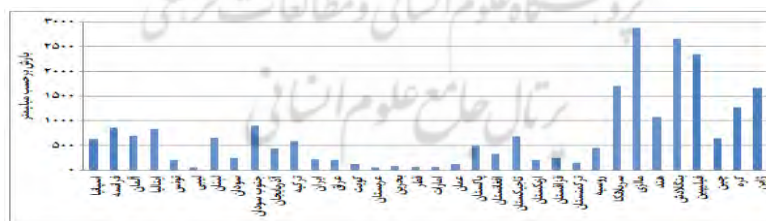
شرقی سامانه بارشی قرار دارد، جایی که فرارفت قوی رطوبت از سمت تنگه هرمز به آن سو بوده است. قرار گرفتن سمت چپ خروجی جت بر فراز استان هرمزگان نیز سبب جریان صعودی هوا در منطقه شده است. مجموع همه این عوامل سبب وقوع بارش بیشینه در این استان شده است.

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

بندرعباس.

مقدمه

با توجه به فرارگیری 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 ۲۰۱۴-۲۰۱۰ (با استفاده از اطلاعات سایت بانک جهانی) نشان می‌دهد که میانگین جهانی بارش در حدود ۱۱۱۸ 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 کمربند 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 شده است 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 داشته است 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 چرخندهای مدیترانه‌ای ادغام شده اما در سه مسیر دیگر به صورت مستقل وارد کشور می‌شوند.

دایان و همکاران (۲۰۰۱) با تحلیل همدیدی و میان‌مقیاس 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 زیرین معرفی کردند. زیو و همکاران (۲۰۰۵) نقش فعالیت چرخند 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 فراگیر 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 زرین، ۱۳۸۴). سبزی پرور و همکاران (۲۰۱۰) سیل‌های شدید در حوضه رودخانه دالکی در جنوب‌غربی ایران را به تقویت کم‌فشار حرارتی سودان و تغذیه رطوبت از اقیانوس هند و دریای مدیترانه نسبت دادند.

زبان‌های از کم‌فشار حرارتی سودان در منطقه استوا و جنب استوا که دروردسپهر زیرین از جنوب دریای سرخ رو به شمال و به سمت شرق مدیترانه کشیده شده‌است معروف به ناوه دریای سرخ است. زنگویل و تسوایی (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 تندی 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 چرخندهای مدیترانه‌ای می‌تواند توفان‌های تندی 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 فراگیرترین دوره‌های بارشی کشور در سال- های گذشته (روزهای ۱۳۸۱/۸/۶ تا ۱۳۸۱/۱۰/۵)، به تحلیل همدید و دینامیک سنگین‌ترین خوشه بارش این دوره (۱۳۸۱/۹/۱۵ تا ۱۳۸۱/۹/۲۰) 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 کم‌فشار شرق مدیترانه و بین الگوی پرفشار دریای سیاه و کم‌فشار شمال شرق خزر، در رخداد این بارش‌ها در غرب، جنوب غرب 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 جنب‌حاره- ای و جبهه قطبی بر روی شرق عراق، می‌تواند از علل ایجاد و تشدید حرکات عمودی هوا در منطقه باشد. تحلیل نقشه‌های برر 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 خوشه‌بندی 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 کم‌فشار از مرکز عربستان به سمت جنوب ایران کشیده شود استان‌های بوشهر، فارس، غرب هرمزگان و کرمان تحت تاثیر رژیم بارش کم‌فشار سودانی هستند. ولی اگر سامانه پرفشار در شمال شرقی عربستان و جنوب خلیج فارس حاکم باشد در این حالت سامانه کم‌فشار منطبق

بر جریان‌های ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نیست و هرچه محور جریان‌ها از سطح زمین تا ۵۰۰ هکتوپاسکال به سمت جنوب متمایل‌تر باشد حرکت سامانه شمال‌سو و در نتیجه جنوب غربی ایران متأثر از رژیم بارشی خواهد بود. زمانی که جریان‌ها 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 تأثیر دارد. در کل آنها معتقدند که میزان بارش از غرب به شرق روند کاهشی دارد و تراکم میزان بارش نیز در ارتفاعات متمرکز است.

عزیزی و علیزاده (۱۳۹۳) بارش‌های فراگیر و سنگین ایران را به فعالیت همزمان سامانه‌های پرفشار تبت، پرفشار اقیانوس اطلس شمالی و کم‌فشار ایسلند نسبت دادند و معتقدند چنانچه این سه سامانه با هم تقویت شوند گرادبان فشار روی ایران افزایش یافته و جو در حالت کژفشاری قرار می‌گیرد و بارش‌های فراگیر 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 اسکیتوی 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 هم‌دیدگی 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 مانعی 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.



حسینان و همکاران (۲۰۱۵) رابطه بین عناصر اقلیمی و سامانه‌های فشاری موثر بر وضعیت جوّی 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 جنب‌حاره و سیبری ادغام شده و افزایش آشکاری در فشار سطح دریا روی مناطق جنوبی اروپا، دریای مدیترانه، شمال آفریقا، و خاورمیانه رخ می‌دهد. این کمربند پر فشار مانع از برهمکنش 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 جنب حاره‌ای منجر به تقویت پرفشار سیبری شده و در این حالت کم‌فشار ایسلندی تضعیف شده و کم‌فشار سودانی عمیق‌تر می‌شود و این الگو منجر می‌شود که هوای سرد و مرطوب کم‌فشار مدیترانه‌ای که از غرب به شرق حرکت می‌کند با هوای گرم و مرطوب کم‌فشار سودانی که نوسان شمال‌سو دارد برهمکنش یافته و ناوه V شکل به وجود آید. این برهمکنش 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 کم‌فشار سطحی و یک مرکز کم‌ارتفاع در ترازهای زیرین؛ دو مرکز بیشینه تاوایی نسبی با هسته 5×10^{-5} 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 ام 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 وارده از شهر بندرعباس گزارش شده بود. با توجه به پستی و بلندی‌های استان هرمزگان که شامل نوار ساحلی طولانی از بندر جاسک تا گاوبندی در جنوب آن، جلگه‌های حاصلخیز در نواحی شمالی آن در مجاورت مرزهای استان‌های کرمان و فارس و همچنین مناطق کوهستانی استان که بشاگرد (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 بعید 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

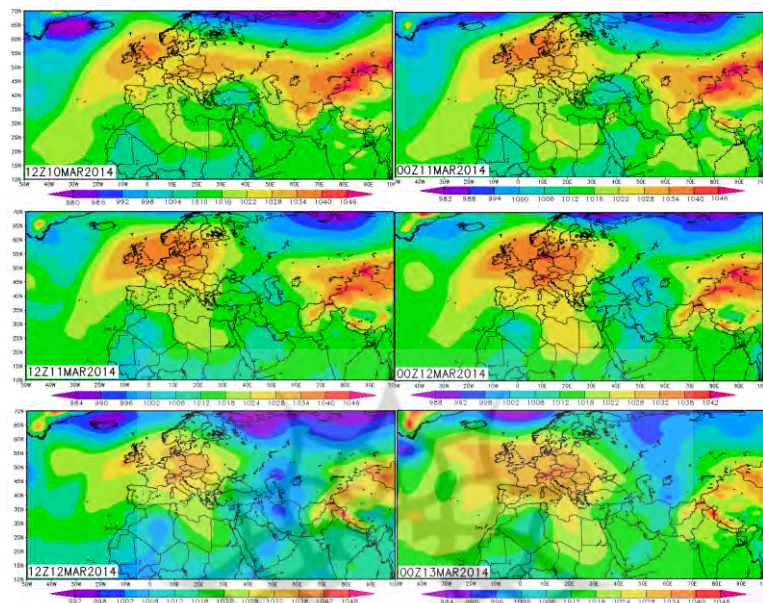
از آنجا که بررسی نقطه‌ای در تحلیل نقشه‌های همدیدی مرسوم نیست، برای بررسی علل وقوع سیل در بندرعباس از تحلیل بارش‌های فرین جنوب کشور در بازه زمانی نهم تا ۱۶م مارس ۲۰۱۴ استفاده شد. داده‌های به‌کار رفته شامل گزارش‌های متار و سینوپ ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران شامل استان‌های خوزستان، بوشهر، هرمزگان، سیستان 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 جوئی (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 ۱۲م مارس ۲۰۱۴ استفاده شده است. نقشه‌های ترازهای زبرین به فواصل زمانی ۱۲ ساعته در محدوده عرض‌های 60°N - 20° و طول‌های 90°E - 30° بررسی شدند؛ اما فشار در سطح متوسط دریا به فواصل زمانی ۶ ساعته و در

محدوده وسیع‌تر (عرض‌های جغرافیایی 70°N - 10°N و طول‌های 100°E - 50°W) بررسی شده است تا حرکت و نحوه شکل‌گیری سامانه‌ها به‌خوبی قابل تجزیه و تحلیل باشد. در این تحقیق الگوهای جوّی تراز زبرین، میانی و زیرین مربوط به دما و فرارفت آن در ترازهای ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۵۰ هکتوپاسکال و سطح زمین، واگرایی و همگرایی رطوبت در ترازهای فشاری ۵۰۰، ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، گرایش ارتفاع ۲۴ ساعته تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، واگرایی و همگرایی باد در ترازهای ۲۰۰ و ۱۰۰۰ و جریانات جتی در تراز ۲۰۰ (مسیر حرکت و مقدار بیشینه سرعت جت جنب حاره‌ای و جت قطبی) و تاثیر آن در سامانه‌های فشار سطحی بررسی شدند.

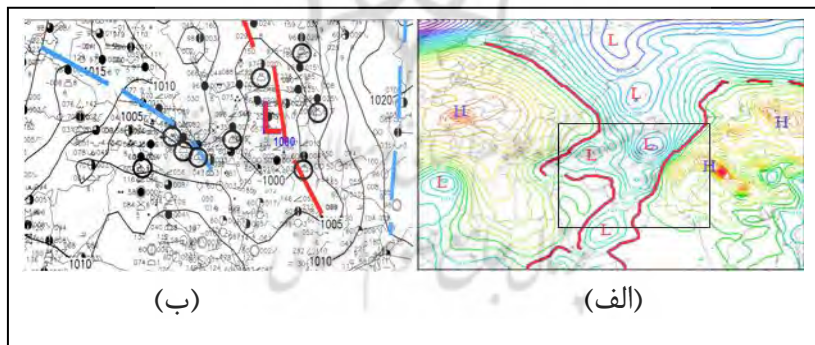
یافته‌ها و بحث

بررسی نقشه‌های هم‌دیدگی فشار در دوره زمانی یکم تا ۱۶م مارس ۲۰۱۴ که منتخبی از آنها در شکل ۲ ارائه شده است، نشان می‌دهند که در ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳م محور پرفشار سیبری در راستای شمال شرقی-جنوب غربی و محور پرفشار آژورس شمال غربی-شرقی است. پشته 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 ۹۸۰ هکتوپاسکال و دیگری روی دریای بارتس و کارا در شمال روسیه با کمینه فشار ۹۸۶ 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 آژورس به دام افتاده و این ناوه کم‌فشار از عرض 70°N تا 10°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 زاویه‌ای 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 به‌سر 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 علایم مربوط به گزارش‌های همدیدی منطقه مورد مطالعه از جمله هوای حاضر و گذشته، مقدار و نوع ابرهای طبقه‌های پایین، میانی و بالای جو و دید افقی را نشان می‌دهد. در این شکل محورهای ناوه و پشته به ترتیب با خط‌چین قرمز و آبی مشخص شده است. بررسی این علایم 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.



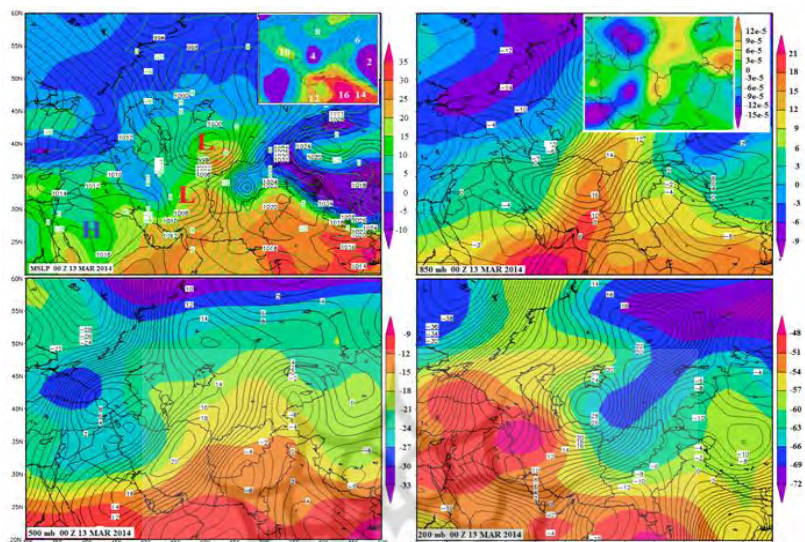
شکل ۲- نقشه همدیدی فشار در سطح متوسط دریا به فواصل ۱۲ ساعته از ساعت ۱۲ UTC روز ۱۰ام مارس تا ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳ام مارس ۲۰۱۴.



شکل ۳- الف) نقشه همدیدی فشار در سطح متوسط دریا در ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳ام مارس ۲۰۱۴ (ب) نزدیکنمایی منطقه مشخص شده با مستطیل؛ علامت معرف ابرهای کومه‌ای بارای سندانگی شکل و علامت معرف ابرهای بدون سندان که هر دو ناشی از ناپایداری همرفتی اند، در شکل مناطق فعالیت این ابر با دایره سیاه رنگ مشخص شده‌اند.

خطوط همدمما و مؤلفه‌ی نصف‌النهاری سرعت باد با استفاده از داده‌های GFS به کمک نرم‌افزار GrADS برای ساعت UTC ۰۰ روز ۱۳ام 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 همدمما 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 ویژه (نسبت جرم بخار آب موجود در بسته هوای مرطوب به کل جرم آن) در ارتفاع دو متری 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 همدمما در نقشه‌های سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۵۰۰، زبانه‌ای از هوای گرم را نشان می‌دهد که از شبه جزیره عربستان به سمت شمال شرقی ایران گسترش یافته است. بررسی پربندهای مؤلفه نصف‌النهاری باد در سطح زمین مقدار 6 ms^{-1} 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 کم‌فشار روی کرمان و هرمزگان است اما، پربندهای مثبت مؤلفه نصف‌النهاری باد با بیشینه 10 ms^{-1} 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 هم‌دیدگی مربوط به فرارفت‌های دمایی را تایید می‌کند.

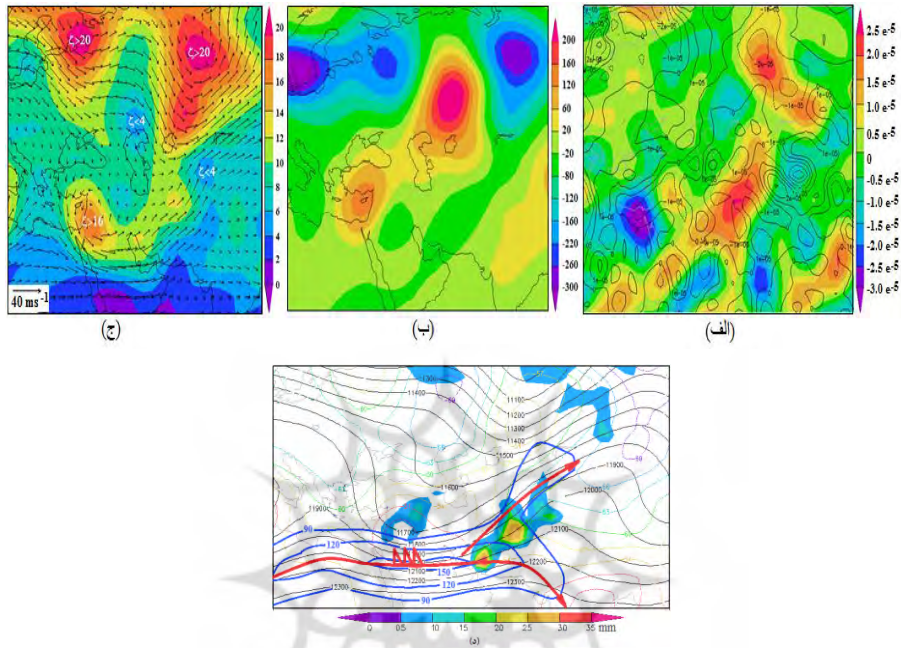


شکل ۴- نقشه‌های همدیدی سطح زمین و ترازهای ۸۵۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰ UTC روز ۱۳م مارس ۲۰۱۴. در تمامی نقشه‌ها خطوط همدمما بر حسب $^{\circ}\text{C}$ با رنگ آمیزی، هم‌مقدارهای مولفه نصف‌النهاری سرعت باد ms^{-1} ؛ سمت و سرعت باد و هم‌مقدارهای نم ویژه در ارتفاع دو متری از سطح زمین در کادر گوشه راست بالا از نقشه سطح زمین؛ مقادیر فرارفت محاسبه شده دما ($-V \cdot VT$) در گوشه راست بالا از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نشان داده شده است.

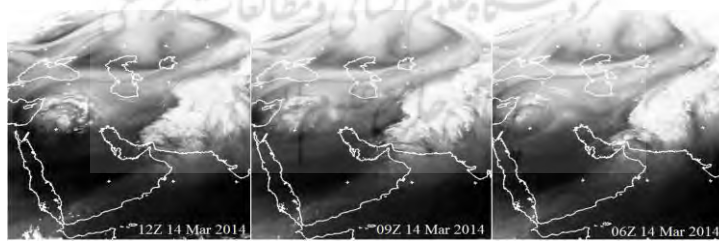
مقایسه پربندهای مؤلفه نصف‌النهاری باد در ترازهای زیرین و زبرین به‌خوبی نشان می‌دهد در مناطقی که این مؤلفه در تراز زیرین منفی است در تراز زبرین مثبت است و برعکس. الگوهای موجود در این شکل به‌خوبی فرارفت هوای سرد در ترازهای میانی و زبرین را بر فراز منطقه‌ای نشان می‌دهد که در لایه مرزی سیاره‌ای فرارفت هوای 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 مورد بررسی نشان داد که باد بر روی هرمزگان در سطح زمین به صورت جنوبی (۱۸۰ درجه) با سرعت 10ms^{-1} بوده اما در ترازهای بالا در جهت حرکت عقربه ساعت چرخیده به طوری که در ۲۰۰ هکتوپاسکال کاملاً غربی (۲۷۰ درجه) شده است و با سرعت 60ms^{-1} جریان دارد که حاکی از جریان بادپیشگرد در این استان و چینش قائم و افقی باد در منطقه است. نقشه

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

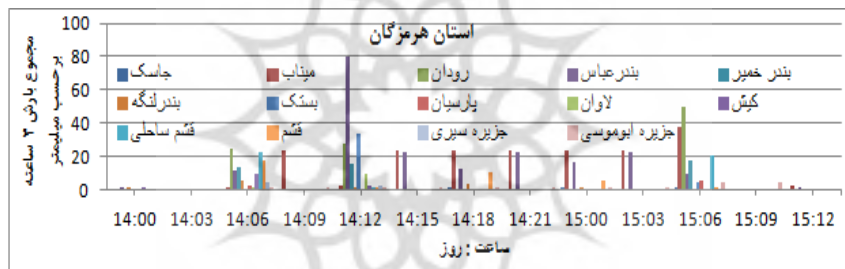


شکل ۵- مربوط به ساعت ۰۰ UTC روز ۱۴ ام مارس ۲۰۱۴. (الف) نقشه‌های واگرایی و همگرایی در ترازهای ۱۰۰۰ (با خطوط مشکی) و ۲۰۰ هکتوپاسکال (با رنگ‌آمیزی) هم‌مقدارها برحسب ms^{-1} هستند. (ب) نقشه گرایش ارتفاع در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برحسب ژئوپتانسیل متر، (ج) تاوایی مطلق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با سمت و سرعت باد هر پیکان کامل معادل $ms^{-1} + 4$ است. (د) نقشه مرکب شامل: هم ارتفاع-ها و هم‌ماهای ۲۰۰ هکتوپاسکال، جریان جتی و بارش ۲۴ ساعته.



شکل ۶- تصاویر ماهواره‌ای بخار آب از ماهواره زمین‌ایستا، کانال ۳، طول موج ۷/۱-۵/۷ میکرومتر، روز ۱۴ ام مارس ۲۰۱۴

در این تحقیق تمامی گزارش‌های مربوط به سینوپ و متار ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران از اول ماه مارس ۲۰۱۴ بررسی شدند. بررسی مجموع بارش سه ساعته که در گزارش سینوپ هر ایستگاه گزارش می‌شود، نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌های استان هرمزگان بین ساعات ۰۳ تا ساعت ۰۶ روز ۱۴م بارندگی آغاز شده ولی بیشینه بارش بین ساعات ۰۹ تا ۱۲ این روز رخ داده که با ۸۰ میلی‌متر از بندرعباس گزارش شده است (شکل ۷). شهرهای بندرعباس و میناب از ساعت ۰۳ روز ۱۴م تا ساعت ۰۶ روز ۱۵م 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 کهنوج با ۶۹ میلی‌متر در جنوب استان کرمان بوده است.



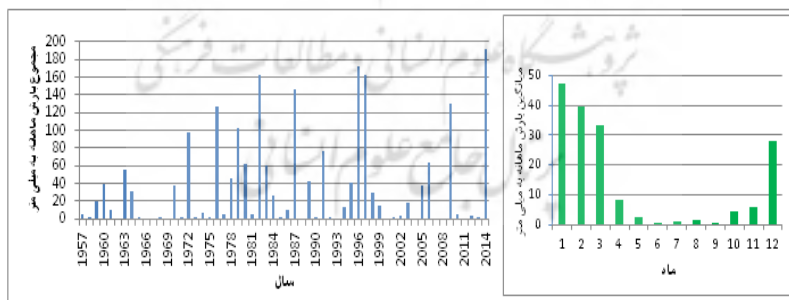
شکل ۷- بافت نگار بارش سه‌ساعته شهرهای استان هرمزگان.

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

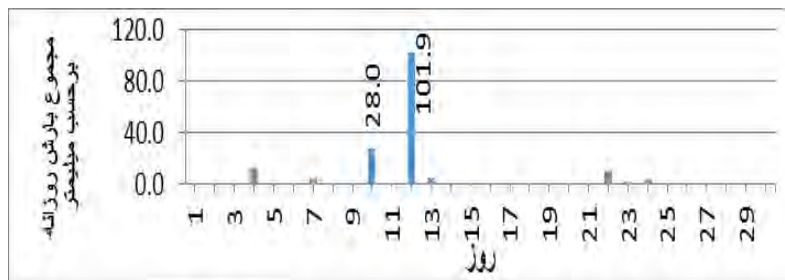
در این تحقیق علاوه بر داده‌های بارش سینوپ، آمار بارش بندرعباس در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۵۷ نیز بررسی شده است. میانگین ۵۸ ساله بارش ماهانه و همچنین مجموع بارش ماه مارس در طی این سال‌ها در بافت‌نگار شکل ۸ ارائه شده است. بیشینه

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

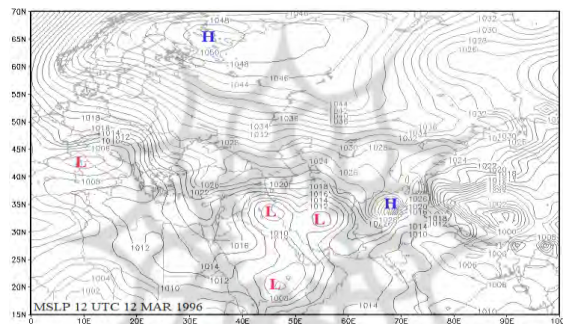
با توجه به شکل ۸ مشخص است که دومین بیشینه بارش در بندرعباس در طی این سال‌ها با ۱۷۱/۹ میلی‌متر در سال ۱۹۹۶ رخ داده است. شکل ۹ بافت‌نگار مجموع بارش روزانه بندرعباس در مارس ۱۹۹۶ را نشان می‌دهد. این شهر در روز ۱۲ام مارس ۱۹۹۶ نزدیک به ۱۰۲ میلی‌متر بارش داشته است. این بارش بر اثر فعالیت سامانه‌ای بود که از ادغام کم‌فشار سودان با کم‌فشار شرق مدیترانه شکل گرفته بود (شکل ۱۰). مقایسه فرارفت رطوبت ویژه و مولفه نصف‌النهاری باد ساعت ۰۰ روز ۱۴ام مارس ۲۰۱۴ با ساعت ۰۰ روز ۱۲ام 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.



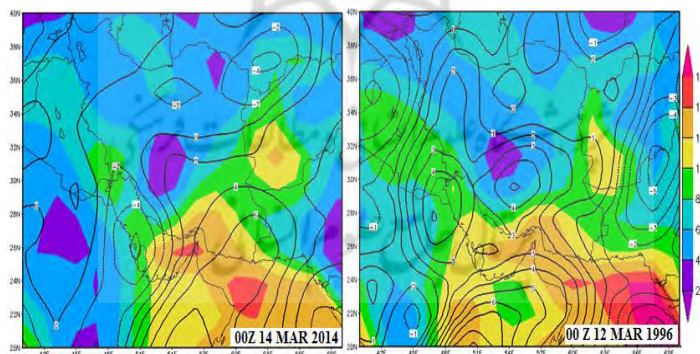
شکل ۸- بافت‌نگار بارش بندرعباس در بازه زمانی سال‌های ۲۰۱۴-۱۹۵۷. نمودار سمت راست میانگین مجموع بارش ماهانه و سمت چپ مجموع بارش ماه مارس در سال‌های مختلف.



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 روز ۱۲ ام مارس ۱۹۹۶.



شکل ۱۱- نقشه فرارفت رطوبت (با رنگ آمیزی) و مولفه نصف‌النهاری باد (با خطوط مشکی). مقدار مثبت مولفه نصف‌النهاری باد معرف جریان‌های شمال‌سو و مقدار منفی که با نقطه چین رسم شده معرف جریان‌های جنوب‌سو 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 آژورس 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 ۱۲ام تا ۱۴ام روی 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 ماشه‌ای 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 جو تقریباً در ساعت UTC ۱۲روز ۱۳ام مارس با رسیدن جت جنب حاره‌ای 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 ۲۰۱۴-۱۹۵۷ 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 ۲۰۱۴ بندرعباس که در ۵۸ سال اخیر بی‌سابقه بوده فقط طی ۲۴ ساعت روز ۱۴ام 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 ۲۰۱۴-۱۹۵۷ در سال ۱۹۹۶ رخ داده است که در روز ۱۲م مارس ۱۰۲ میلی‌متر بارش از سامانه‌ای باریده که از ادغام کم‌فشار سودانی با کم-فشار 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 بی نظیر بوده است.

نتایج بررسی این سامانه تا حدودی با نتایج عزیززی و علیزاده (۱۳۹۳) همخوانی دارد ولی با نتایج پوراصغر و همکاران (۱۳۹۲) که بارش شرق هرمزگان را به کم فشار 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 خواهند 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 رخ داده 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.، (۱۳۴۷)، وضع هوای ایران در سال گذشته، *نیوار*، ۳۱-۲۹ و ۶۳-۶۲.
- امیدوار، ک.، محمودآبادی، م.، و صفریور، ف.، (۱۳۹۴)، بررسی و تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های سنگین بهمن‌ماه 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، ه.، و تدینی، م.، تابستان (۱۳۹۲)، پهنه 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 بارش های فراگیر 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 فضا*، دوره ۶، شماره ۲، ۱۵۷-۱۳۳.
- مفیدی، ع.، و زرین، آ.، تابستان (۱۳۸۴)، تحلیل سینوپتیکی ماهیت سامانه‌های کم‌فشار سودانی (مطالعه موردی؛ توفان دسامبر ۲۰۰۱). *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*، سال دوم، شماره ۶، ۴۸-۲۴.
- نوری، ح.، و ایلدرمی، 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., ZavarReza P., Summer 2012, Time Series Analysis of the Pressure of the Synoptic Pattern Centers Affecting on Seasonal Precipitation of Iran, *Geography and Development* 1st 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>.