

## تحلیل واستخراج الگوهای جوی منجر به بارش های سنگین روزانه منطقه شمالی خلیج فارس

### مورد مطالعه: حوضه های آبریز حله و مند

سعید بلیانی<sup>۱</sup>، دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.  
محمد سلیقه، دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۲۳

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۲۸

#### چکیده

بارشهای سنگین از جمله مخاطرات طبیعی هستند که پیش آگاهی از رخداد آنها کمک بسزایی جهت کاهش آسیب های احتمالی می نماید. بارشهای سنگین اغلب بر روی مساحت کم یا قلمروهای کوچک و در مقیاس زمانی روز، هفته و کمتر رخ میدهند. به منظور بررسی و استخراج الگوهای جوی منجر به بارشهای سنگین روزانه، داده های ۳۷ ایستگاه باران سنجی و سینوپتیک (حوضه های آبریز مند و حله) طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۱-۱۳۹۰) مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی ارتباط بارشهای سنگین منطقه شمالی خلیج فارس (حوضه های آبریز مند و حله) با الگوهای سینوپتیک مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در این راستا، استفاده از روش صدک ها برای تعیین بارش های سنگین و روش همبستگی لوند برای طبقه بندی نقشه های فشار تراز دریا استفاده شد. در نهایت با استخراج الگوها، نقشه های تراز دریا، نقشه سطوح میانی و فوقانی جو در سطوح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال، نقشه چرخندگی و خطوط جریان، نقشه حرکت قائم هوا (امگا) بررسی شد. با اعمال روش همبستگی لوند، پنج الگو از بارش های سنگین منطقه مورد مطالعه استخراج شد. نتایج حاصل از این یافته ها حاکی است که سامانه های تأثیرگذار بر بارش سنگین حوضه های آبریز حله و مند در منطقه شمالی خلیج فارس، در الگوهای اول، سوم و چهارم روز بارش که به ترتیب مصادف ۲۳ مارس ۱۹۹۶، ۲۴ مارس ۱۹۹۵ و ۱۷ نوامبر ۱۹۹۴ بوده، کم فشار شرق دریای مدیترانه، دریای سیاه و جنوب دریای خزر با تاوایی مثبت که ناشی از استقرار ناوه در سطوح میانی و بالایی در سطح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در وردسپهر است، الگوهای بارشی را به خود اختصاص می دهند. همچنین ایجاد یک الگوی دوقطبی از پرفشار عربستان با تاوایی منفی در انتقال رطوبت از آب های اطراف و منطقه سودان (اقیانوس هند، دریای سرخ، عرب، خلیج فارس و عمان) و همگرایی و همسویی با کم فشار شرق دریای مدیترانه و سیاه به عنوان عوامل صعود از این مناطق باعث ریزش بارش در این روزهای بارشی بودند. همچنین مشخص شد که در روز بارش الگوی دوم در روز ۲۹ فوریه ۱۹۹۶، ناوه دو دامنه ای در انتقال رطوبت از منطقه سودان و کم فشار شرق مدیترانه باعث همگرایی و همسویی این سامانه ها شده است. الگوی دو دامنه ای در بارش این روز تأییدی بر زبانه کم فشار شرق مدیترانه در همراهی با زبانه کم فشار شمال شرق و جنوب دریای خزر مهم ترین عامل ریزش بارش در این روز بوده، که با ناوه سطوح میانی (۵۰۰) هکتوپاسکال و بالائی (۳۰۰) هکتوپاسکال همراه شده است. در الگوی پنجم یعنی روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱ کم فشار شرق پاکستان با تاوایی مثبت و یک مرکز تاوایی منفی در مرکز ایران باعث ایجاد گرادیان فشار و شرایط محلی برای رخداد بارش شده است. لذا بارش در این روز از سیستم فشار سیاره ای تبعیت نمی کند. از دستاوردهای این تحقیق می توان به نقش کلیدی و موثر کم فشارهای شرق، شمال و جنوب دریای خزر در بروز بارش سنگین حوضه های مورد مطالعه اشاره نمود.

واژگان کلیدی: تحلیل سینوپتیک، روش لوند، بارش سنگین، منطقه شمالی خلیج فارس، حله و مند

## مقدمه

بارش‌های سنگین از جمله مخاطرات طبیعی هستند که پیش‌آگاهی از رخداد آنها کمک بسزایی در کاهش آسیب‌های احتمالی می‌نماید. بارش‌های سنگین اغلب بر روی مساحت کم یا قلمروهای کوچک و در مقیاس زمانی روز، هفته و کمتر رخ می‌دهند (خوش اخلاق، ۱۳۹۳). تحلیل شرایط هم‌دید و دینامیکی الگوهای گردش جوی، در شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع بارش‌های سنگین، بسیار حائز اهمیت است، به‌ویژه آنکه، این نوع بارش با تبدیل به رواناب، می‌تواند سبب سیلاب و عواقب مصیبت‌باری شود. بنابراین، لازم است تا با شناخت سازوکار تکوین، تقویت و قانونمندی حاکم بر حرکت و گسترش سامانه‌های اقلیمی بارش‌زا، از آثار مثبت آن سود جست و از نتایج زیان‌بار آن دوری کرد یا آن را به حداقل رساند (یاراحمدی و مریانجی، ۱۳۹۰: ۱۰۵). سکسیونگ و همکاران (۲۰۰۶, and sixinget all) با مطالعه‌ی سینوپتیکی رویداد بارش سنگین بر روی هونگ کونگ در طول یک فصل پیش‌بارانی در جنوب چین نتیجه گرفته‌اند که بارش سنگین در هونگ کونگ مستقیماً توسط مجموعه‌ای از سیستم‌های مقیاس متوسط ایجاد شده است و سیستم‌های متوسط با جریان قوی تروپوسفر میانی - پایینی مخصوصاً در لایه مرزی حرکت داده می‌شوند و چرخه حیات آنها ۳-۶ ساعت و اندازه افقی آنها ۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. واید و همکاران (۲۰۰۸, Vaed et al) اثر شاخص نوسان غرب مدیترانه را بر بارش‌های سیلابی در کاتالونیا بررسی کرده‌اند، بدین منظور آنها الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سیلابی در کاتالونیا را با بکارگیری روش تحلیل مولفه‌های اصلی، مورد بررسی قرار دادند و در پایان نتیجه گرفته‌اند که ارتباط معناداری بین مقادیر این شاخص با بارش سیلابی رخ داده و در کاتالونیا وجود دارد. کید و اسکین (۲۰۰۸, Kid and Eskin) ارتباط بین الگوهای اقلیمی بزرگ مقیاس و الگوهای سینوپتیکی بارش‌های ویکتوریا را مورد مطالعه قرار دادند و همچنین اثر الگوهای بزرگ مقیاس بر فرکانس و زمان الگوهای سینوپتیکی ناحیه‌ای را بررسی کردند. فدریکو و همکاران (۲۰۰۸, Federico and et al) سازوکار دینامیکی بارش‌های سنگین روزانه چلبریا (جنوب ایتالیا) را با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده RMSE ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال مطالعه کردند. نتایج حاصل از روش تحلیل مؤلفه اصلی و تحلیل خوشه‌ای نشان داد که ارتباط آشکاری بین هر الگوی گردشی با گروه‌های بارشی وجود دارد. کومار و همکاران (۲۰۰۸, Kumar and et al) رخداد بارش ۲۵ جولای ۲۰۰۵ بمبئی را با استفاده از مدل پیش‌بینی WRF بررسی کردند و نشان دادند که این مدل توانایی بازنمایی ویژگی‌های دینامیک و ترمودینامیک این بارش را داشته است. مالتیک و همکاران (۲۰۰۸, Maltik and et al) الگوهای گردشی بارش سنگین ایالت استونی را در دوره زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند. بررسی‌های آنها نشان داد که اغلب بارش‌های سنگینی که روی داده است، بر اثر عبور کم‌فشارها و سامانه‌های جبهه‌ای ایجاد شده و بارش‌های همرفتی نقش چندانی ایفا نکرده‌اند. متسو و همکاران (۲۰۰۹, Mateo and et al) رخداد بارش سنگین و توفان ۱۳ سپتامبر ۲۰۰۶ کاتالونیا را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و راداری و داده‌های رادیوسنجی خودکار ایستگاه‌های هواشناسی مطالعه کردند. بررسی آنها نشان داد که عبور خط توفان از ناحیه‌ی ساحلی کاتالونیا (شمال شرق اسپانیا) عامل رخداد بارش سنگین و وقوع توفان‌ها در این منطقه بوده است. چن و همکاران (۲۰۱۰, Chen and et al) به بررسی رخداد بارش‌های سنگین در جنوب غرب تایوان پرداختند. آنها با استفاده از داده‌های ECMRWF<sup>۱</sup>، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های راداری و داده‌های بارش سنگین استفاده کردند. بررسی آنها نشان داد که چرخندهای کوچک تر از ابعاد هم‌دید

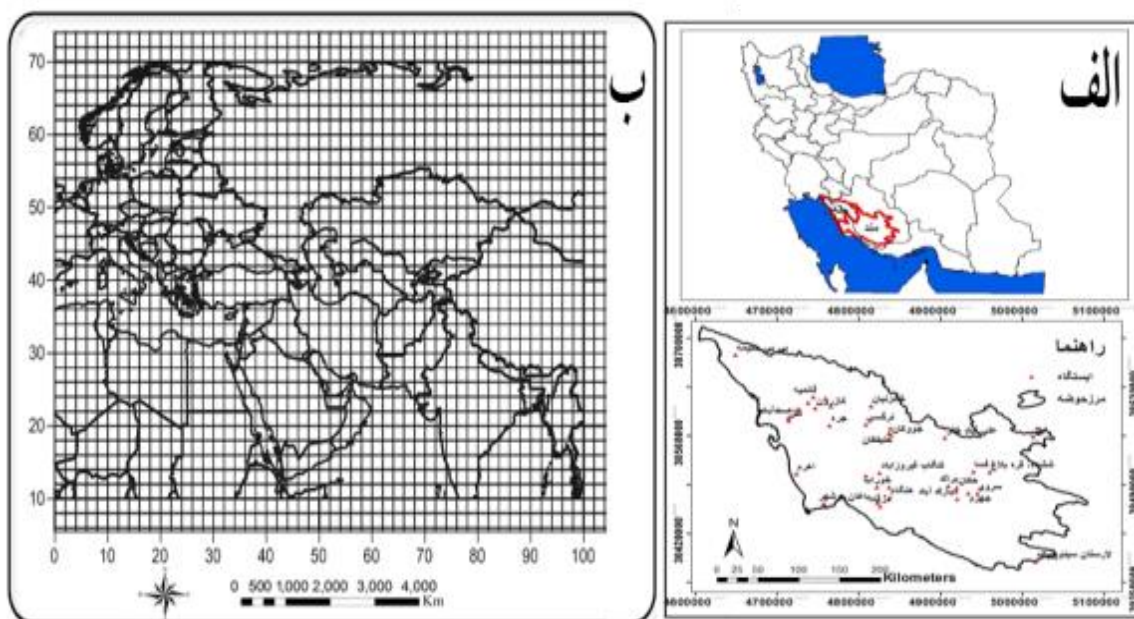
<sup>۱</sup>. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال که یک مرکز کم فشار و یک ناوه تشکیل شده باشند، همراه با یک موج کوتاه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال که در جانب منطقه ی چینش باد بر فراز تبت شرقی قرار گرفته باشد، موجب ریزش بارش سنگین می شوند. لشکری (۱۳۷۵) در بررسی الگوی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب غرب ایران نشان داد که وقوع بارش های سنگین و سیل آسا در جنوب غربی ایران نتیجه تقویت و تشدید فعالیت کم فشار سودانی و منطقه همگرایی دریای سرخ و تبدیل آن ها به سیستم دینامیکی و ترمودینامیکی می باشد. جهانبخش اصل و ذوالفقاری (۱۳۸۱) با استفاده از نقشه های سینوپتیک و آمار بارندگی روزانه، ویژگی های سامانه های مختلفی که وارد شمال غرب ایران می شوند را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در ۵۰ درصد موارد بارندگی های شمال غرب ایران به وسیله کم فشارهای مدیترانه ای ایجاد می شوند. بعد از کم فشارهای مدیترانه ای، کم فشارهای شمال آفریقا و شمال اروپا در ۲۱ درصد موارد موجب ایجاد بارندگی های مهمی در منطقه می شوند. علیجانی و زاهدی (۱۳۸۱) با بررسی بارش روزانه ایستگاه تبریز به عنوان نمادی از منطقه آذربایجان و ارتباط آن با الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان دادند که ۱) بارش های با تداوم دوروزه بیشترین فراوانی را در این منطقه دارند (۲) بیشتر بارش های یک روزه در دوره گرم سال رخ می دهند. آن ها همچنین با تعیین تیپ های هوای مؤثر بر آب و هوای منطقه مشخص کردند که تیپ مداری و تیپ پرفشار غربی بیشترین فراوانی را در میان تیپ های هوایی دارند. رضایی بنفشه و رجایی اصل (۱۳۸۱) طی تحقیقی به تحلیل و مدل بندی بارش در حوضه آبریز قره سو پرداخته اند. آن ها با استفاده از میانگین بارش سالیانه و فصلی ایستگاه های حوضه، ارتباط عوامل جغرافیایی، یعنی طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از کوه و فاصله از دریا به روش همبستگی های چندمتغیره اقدام کرده اند. نتایج کار آن ها نشان داد که با استفاده از داده های ناحیه ای می توان به مدل نهایی بارش های فصلی و سالیانه دست یافت. ناظم السادات و قاسمی (۱۳۸۳) نیز میزان تاثیر گذاری دمای سطح آب دریای خزر را در میزان بارش دریافتی نواحی شمالی استان فارس و استان خوزستان و همچنین نواحی جنوب غربی ایران مؤثر دانسته اند. این محققان همراهی و پایداری زمانی پرفشار سیبری در همراهی با دمای آب سطحی دریای خزر را بعنوان یک تاثیر مثبت بر بارش های فصل سرد و بهاره برای پیشگویی این تاثیرات مهم می دانند. سلیقه (۱۳۸۵) مکانیزم های بارش در جنوب شرق کشور را مورد مطالعه قرار داده است. نتایج حاصل از تحقیق وی نشان داد که ریزش های ناچیز در منطقه تحت نفوذ سه سیستم مجزای سینوپتیکی قابل طبقه بندی است. اولین سیستم، سیکلون هایی هستند که به همراه بادهای غربی منطقه معتدله از سمت غرب به منطقه نفوذ می کنند. دومین سیستم توسط موج های کوتاه بادهای غربی هنگامی که تراف آن ها عمیق می شود و رطوبت را از طریق دریا های جنوب (خلیج فارس، دریای عمان، دریای سرخ) به منطقه می رساند. و سومین سیستم زبانه کم فشار مونسونی هندوستان است که در یک چرخش وسیع رطوبت اقیانوس هند را به منطقه می رساند. همچنین نجف پور (۱۳۸۵) طی تحقیقی دیگر اقدام به بررسی و شناسایی الگوهای گردشی ایجاد کننده سیلاب در حوضه مند از زیر حوضه های خلیج فارس در جنوب غرب ایران پرداخته است. نتایج تحقیق ایشان نشان می دهد که ارتباط معنی داری بین الگوهای گردشی ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه خاورمیانة با میانگین درصد روزانه سیلاب در حوضه مند وجود دارد. به طوری که فرود دریای سیاه با ۳۵/۷ درصد، الگوی فرود سوریه ۲۷/۱۴ درصد، الگوی فرود شرق مدیترانه ۲۵/۲۴ درصد رابطه را با سیلاب های حوضه داشته اند. نظری پور (۱۳۸۶) سامانه های پدیدآورنده بارش های سنگین (بالای ۷۰ میلی متر در روز) را برای یک دوره ۲۰ ساله در استان بوشهر مورد مطالعه قرار داده است. نتایج حاصل از تحقیق ایشان نشان داد که سامانه های سودانی و مدیترانه ای مهم ترین الگوهای پدیدآورنده بارش های سنگین در استان بوشهر

هستند. محمدی (۱۳۸۸) سازوکار همدید بارش‌های ابرسنگین ایران را بررسی کرده است. وی با واکاوی نقشه‌های ضخامت ۱۰۰۰-۵۰۰ هکتو پاسکال نشان داد که شش الگوی ضخامت عامل اصلی بارش‌های سنگین و فراگیر ایران هستند. نجفی‌پور (۱۳۹۲) به بررسی تعیین کانون‌های بارش در حوضه آبریز مند پرداخته است. ایشان داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوضه به مدت ۳۴ سال را به روش کریجینگ میان‌یابی نموده است، و نشان داده است که کانون‌های بارش حوضه از عوامل مختلفی از قبیل ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی و جهت ناهمواریها پیروی می‌کند. بطوریکه می‌توان با شناسایی کانون‌های بارش به پیش بینی بارش سیلابی در حوضه مربوط پرداخت. مسعودیان و کارساز (۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل همدید الگوهای ضخامت بارش‌های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که فرود منتهی‌الیه شرق دریای مدیترانه با کمی تغییر موقعیت در جنوب غرب ایران و منطقه کژفشاری شدیدی را ایجاد نموده که در رخداد بارش‌های سنگین این منطقه نقش اساسی دارند. احمدی و علیجانی (۱۳۹۳) به بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس پرداختند. آن‌ها از داده‌های روزانه شرایط اتمسفر با ارتفاع ژئوپتانسیل، آب قابل بارش و سرعت باد قائم الگوهای روزانه این متغیرها را طبقه‌بندی نمودند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که چهار الگو با اغلب بارش‌های سنگین ارتباط دارند که شناسایی آن‌ها با عمیق‌تر شدن ناوه سوریه، جابجایی پرفشار سیبری به سوی غرب، کم‌فشار سودانی، افزایش سرعت و پایین آمدن پایه رود بادجنب حاره، سامانه سردچالی، کم‌فشارقوی، کم ارتفاع بسته تا ترازبالایی تروپوسفر و حضور همزمان مؤلفه‌های فصل سرد و گرم گردش اتمسفر هنگام تغییر فصل امکان ایجاد بارش‌های سنگین را بوجود می‌آورد. بطور خلاصه می‌توان نتیجه گرفت، مطالعات گذشته نشان می‌دهد که دانشمندان بسیاری به مطالعه متغیر بارش و تغییرات رژیم آن پرداخته اند. لذا نتایج و دستاوردهای متفاوتی در این متغیر کلیدی در هر منطقه بدست آمده است. از جمله کارهایی که در سینوپتیک در زمینه بارش در جنوب و جنوب غرب ایران که محدوده مورد نظر نیز جزیی از محدوده جنوب غرب می‌باشد صورت گرفته، به نقش کم فشارهای شرق مدیترانه، فرود دریای سرخ، سودان، همگرایی و همسویی الگوی ادغام شده کم فشار مدیترانه و سودان اشاره شده است. همچنین در زمینه سیلاب که در حوضه آبریز مند انجام شده است، به نقش الگوهای سینوپتیکی کم فشار سودان و مدیترانه در بروز سیلاب اشاره شده است. همچنین در پیشینه تحقیق میزان تاثیر گذاری دمای سطح آب دریای خزر در میزان بارش دریافتی نواحی شمالی استان فارس و استان خوزستان و همچنین نواحی جنوب غربی ایران نیز اشاره شد. بطوریکه همراهی و پایداری زمانی پرفشار سیبری در همراهی با دمای آب سطحی دریای خزر را بعنوان یک تاثیر مثبت بر بارش‌های فصل سرد و بهاره برای پیشگویی این تاثیرات مهم می‌دانند. در این راستا بارش سنگین روزانه در حوضه‌های مورد مطالعه نیز مدنظر قرار می‌گیرد، تا در نهایت ایده سازو کار حاکم بر مکانیزم بارش برای توجیه تغییرات زمانی و مکانی بدست آورده شود. با توجه به مطالب بیان شده در زمینه بارش و سامانه‌های بوجود آورنده آن، هدف از این پژوهش تحلیل و استخراج الگوهای جوی منجر به بارش‌های سنگین روزانه با روش لوند و استخراج روزهای بارشی با استفاده از تکنیک تحلیل خوشه‌ای در حوضه‌های آبریز مند و حله می‌باشد.

### داده‌ها و روش کار

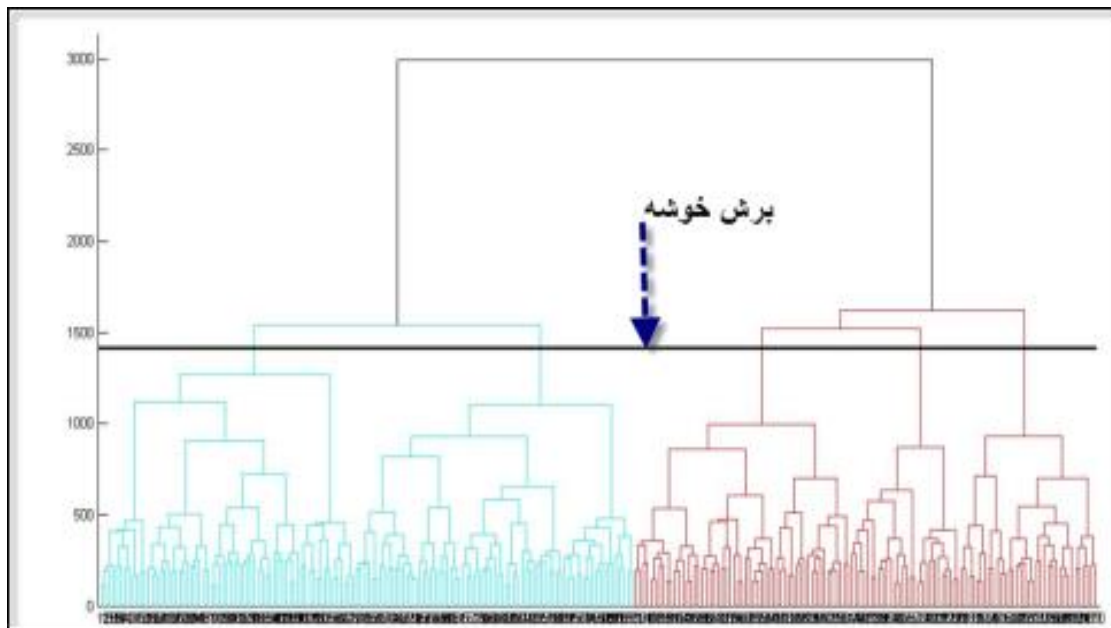
در این پژوهش به منظور بررسی الگوهای جوی منجر به بارش‌های سنگین روزانه، داده‌های ۳۷ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک حوضه‌های آبریز مند و حله طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۱-۱۳۹۰) مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱: الف نقشه پراکنش ایستگاه‌ها در محدوده مورد مطالعه ب محدوده جغرافیایی در برگیرنده سامانه‌های سینوپتیک موثر بر بارش منطقه

در ادامه به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، و رسیدن به شرایط هم‌دید طی روزهای توأم با بارندگی سنگین بر مبنای صدک نود و پنجم در منطقه شمالی خلیج فارس و با توجه به مباحث فوق، فشار روزانه تراز دریا، نقشه‌های تراز میانی و فوقانی در سطح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال، نقشه تاوایی و خطوط جریان (استریم) و نقشه امگا در چارچوبی بین ۱۰- تا ۱۰۰ درجه طول شرقی و ۱۰ تا ۷۰ درجه عرض شمالی، برای دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۹۱ انتخاب شدند. این محدوده در برگیرنده تمامی سامانه‌های احتمالی مؤثر بر بارندگی منطقه شمالی خلیج فارس (حوضه مند و حله) در نظر گرفته شده است شکل ۱. چارچوب یادشده ابعادی برابر  $۲۵ \times ۴۵$  و شامل ۱۱۲۵ ایخته است. داده‌های مربوط از پایگاه داده‌های جوی مرکز پیش‌یابی اقلیم<sup>۱</sup> NCEP/NCAR وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده و به صورت میانگین روزانه با تفکیک مکانی  $۲/۵ \times ۲/۵$  درجه قوسی استخراج شد. در این پژوهش، ابتدا بارش‌هایی که بیش از صدک نود و پنجم بود، به عنوان بارش‌های سنگین هر ایستگاه در نظر گرفته شد و تاریخ وقوع آن تعیین گردید. برای محاسبه صدک نود و پنجم، فراوانی‌ها در فواصل درصد معینی از فراوانی کل محاسبه و فراوانی مربوط به صدک نود و پنجم مشخص گردید. به عبارت دیگر ارزش‌های سری‌های مرتب‌شده در هر ایستگاه، به صد قسمت مساوی تقسیم و آستانه برابر صدک نود و پنجم انتخاب شد. بدین ترتیب برای دوره آماری مورد مطالعه، ۲۵۴ روز توأم با بارش سنگین شناسایی شد و بنابراین، یک ماتریس  $۲۵۴ \times ۱۱۲۵$  از فشار تراز دریا با استفاده از حداکثر واریانس درون‌گروهی و حداقل واریانس و آماره‌های مناسب برون‌گروهی برای انتخاب تعداد خوشه‌های گروه‌بندی روزهای همراه با فشار انتخاب شدند شکل (۲).

<sup>۱</sup>. National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research



شکل ۲. دار نمای تعداد خوشه‌های گروه‌بندی شده روزهای با الگوهای سنگین فشار تراز دریا

در ادامه نیز ماتریس فشار تراز دریا به‌عنوان روزهای توأم با بارش سنگین، به روش همبستگی لوند طبقه‌بندی شد. طبقه‌بندی نقشه‌های هوا براساس این روش، اولین بار توسط لوند (۱۹۶۳: ۵۶) مطرح شد. وی مقادیر فشار تراز دریا در ۲۲ ایستگاه شمال شرق ایالات متحده را با استفاده از روش همبستگی، طبقه‌بندی نمود. روش لوند براساس روش همبستگی گشتاوری پیرسون و به شکل رابطه زیر بنانهاده شده است.

$$r_{xr} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

در این رابطه:

$x_i$  - معرف متغیر موردنظر (الگوهای فشار تراز دریا) در هر یک از N نقطه نقشه اول است.

$y_i$  - مقدار همان متغیر در همان نقطه بر روی نقشه دوم است.

$\bar{x}$  و  $\bar{y}$  عبارتند از میانگین همه مقادیر روی نقشه‌های اول و دوم، (مسعودیان، ۱۳۸۵: ۶۶).

به‌منظور استخراج نماینده برای هر گروه، با استفاده از روش همبستگی گشتاوری پیرسون (روش لوند)، با آستانه ۰/۵ که با آزمون و خطا به‌دست آمده است، طبقه‌بندی داده‌های فشار تراز دریا (PLS<sup>۱</sup>) انجام شد. جدول (۱) خصوصیات روزهای نماینده الگوهای سنگین فشار تراز دریا را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup>. Sea level pressure

جدول ۱. خصوصیات روزهای نماینده الگوهای سنگین فشار تراز سطح دریا

الگو	روز میلادی و شمسی	ماه میلادی شمسی	سال میلادی و شمسی	تعداد روزهای طبقه‌بندی شده در هر الگو	درصد روزهای طبقه‌بندی شده در هر الگو
اول	۲۳	۳	۱۹۹۶	۲۸	۱۱/۰۲
	۴	۱	۱۳۷۵		
دوم	۲۹	۲	۱۹۹۶	۵۵	۲۱/۶۵
	۱۰	۱۲	۱۳۷۴		
سوم	۲۴	۳	۱۹۹۵	۷۱	۲۷/۹۵
	۴	۱	۱۳۷۴		
چهارم	۱۷	۱۱	۱۹۹۴	۶۵	۲۵/۵۹
	۲۶	۸	۱۳۷۳		
پنجم	۲۱	۳	۲۰۰۱	۳۵	۱۳/۷۷
	۱	۱	۱۳۸۰		

پس از استخراج الگوها، برای روزهای نماینده در هر الگو، علاوه بر نقشه تراز دریا، نقشه‌های هوا (سینوپتیک) ترسیم شدند تا با یک دید جامع، شرایط هم‌دید حاکم بر بارش‌های سنگین منطقه مورد بررسی قرار گیرد.

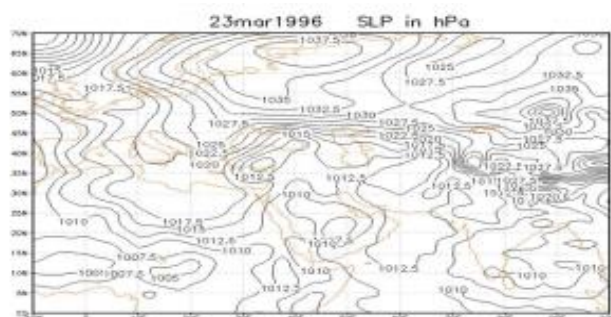
### شرح و تفسیر نتایج

بررسی های الگوهای به دست آمده در این تحقیق بطور خلاصه مبین این واقعیت است که سامانه‌های تأثیرگذار بر بارش سنگین حوضه های آبریز مند و حله در منطقه شمالی خلیج فارس، در الگوهای اول، سوم و چهارم روز بارش که به ترتیب مصادف ۲۳ مارس ۱۹۹۶، ۲۴ مارس ۱۹۹۵ و ۱۷ نوامبر ۱۹۹۴ بوده، کم فشار شرق دریای مدیترانه، دریای سیاه و جنوب دریای خزر با تاوایی مثبت که ناشی از استقرار ناوه در سطوح میانی و بالایی در سطح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در وردسپهر است، الگوهای بارشی را به خود اختصاص می‌دهند. همچنین مشخص شد که در روز بارش الگوی دوم در روز ۲۹ فوریه ۱۹۹۶، ناوه دو دامنه ای در انتقال رطوبت از منطقه سودان و کم فشار شرق مدیترانه باعث همگرایی و همسویی این سامانه ها شده است. همچنین در الگوی پنجم یعنی روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱ کم فشار شرق پاکستان با تاوایی مثبت و یک مرکز تاوایی منفی در مرکز ایران باعث ایجاد گردان فشار و شرایط محلی برای رخداد بارش شده است. در ادامه بطور مفصل به ارزیابی هر یک از الگوها پرداخته می شود.

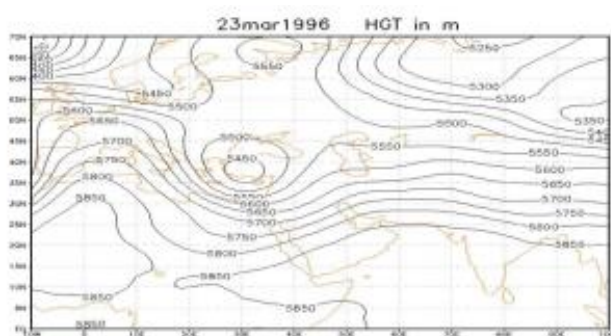
### - تحلیل الگوی اول

شکل (۳) نقشه فشار سطح دریا در روز نماینده الگوی اول یعنی ۲۳ مارس ۱۹۹۶ را نشان می‌دهد. در این روز کم فشاری قوی با فشار مرکزی ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال که قویترین کم فشار منطقه نیز می‌باشد بر روی صحرای عربستان شکل گرفته است. زبانه‌ای از این کم فشار با عبور از خلیج فارس وارد جنوب غرب کشور و حوضه مورد مطالعه شده است. همچنین کم فشاری نسبتاً قوی با فشار هسته مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در شرق دریای مدیترانه شکل گرفته که با پرفشار مستقر در شمال اروپا شیب فشار شدیدی ایجاد کرده است. شکل‌های (۴) و (۵) به ترتیب نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل الگوی اول در سطح ۳۰۰ و ۵۰۰ است، که به‌واقع سطوح میانی و بالایی جو را نشان می‌دهد. همان گونه که مشاهده می‌شود فرودی عمیق در شرق دریای مدیترانه در هر دو سطح خصوصاً سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال شکل گرفته است. این فرود عمیق با ترکیب دیگر شرایط جوی در این روز می‌تواند منجر به بارش سنگین در سطح کشور و منطقه مورد مطالعه شود این وضعیت با مشاهده بر روی نقشه پهنه‌بندی بارش وضعیت بارش سنگینی را در منطقه به تصویر می‌کشد. بطوریکه از نقشه‌های سطوح میانی و فوقانی (۵۰۰ و ۳۰۰ هکتو

پاسکال) مشخص است، واگرایی مطابق شکلی از فرودها تا ترازهای بالای جو در وردسپهر امتداد یافته است و این واگرایی تا سطوح بالای جو باعث تشدید شرایط صعود و ناپایداری بر روی حوضه مورد مطالعه شده، و شرایط بارش سنگین را به وجود آورده است. همچنین در شرق ایران، افغانستان و پاکستان خطوط هم ارتفاع آرایش مداری به خود گرفته اند که حاکی از وزش مداری بادهای غربی در این منطقه و عدم صعود و ناپایداری می باشد. در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال به دلیل سرعت بالای بادهای، خطوط هم ارتفاع نیز فشرده شده اند ولی طرح کلی خطوط هم ارتفاع شبیه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می باشد. با این تفاسیر در دو سطح بالایی (۳۰۰) و میانی جو (۵۰۰) هکتوپاسکال وضعیت جوی و شرایط سینوپتیک برای ناپایداری و روز با بارش سنگین در حوضه همانند می باشند. شکل (۶) نقشه تاوایی و خطوط جریان را نشان می دهد. بطوریکه که مشاهده می شود کم فشار شرق دریای مدیترانه با تاوایی مثبت ناشی از استقرار ناوه در سطوح میانی و بالائی وردسپهر باعث عمیق شدن این کم فشار به دلیل واگرایی در دو تراز ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال می باشد. علاوه بر این در کنار این مرکز کم فشار در سطح زمین پرفشار عربستان با تاوایی منفی در شمال غرب اقیانوس هند استقرار دارد که باعث شارش هوای گرم و مرطوب از اقیانوس هند و دریاهای اطراف (سرخ، عرب، عمان و خلیج فارس) به درون منطقه باعث تقویت رطوبت در سیکلون فوق شده است. بنابراین مهم ترین عامل ریزش های منطقه در این روز و الگوی اول تشکیل سیستم دو قطبی پرفشار عربستان و کم فشار شرق دریای مدیترانه بوده است که باعث افزایش گرادیان حرارت، گرادیان فشار شده است. پرفشار عربستان یک پرفشار جنب حاره ای با هسته گرم می باشد که توده هوای مشارکت کننده در آن ظرفیت جذب بخار آب بالائی دارد که با شارش رطوبت به درون سیکلون مدیترانه ای در غرب ایران بارش های سنگین را باعث شده است. ویژگی دیگری که از این تصویر می توان بیان نمود همگرایی و همسویی جریان های ترازهای زیرین وردسپهر بوده، که دامنه این همسویی و همگرایی از دریای سرخ تا منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. نقشه حرکت قائم جو (امگا) نیز حاکی از صعود و ناپایداری در حوضه مورد مطالعه می باشد (شکل ۷). در این نقشه مقادیر منفی نشانگر صعود هوا و مقادیر مثبت نزول هوا می باشد.

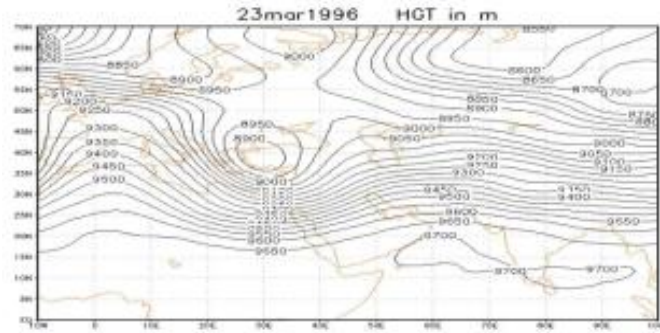


شکل ۳: نقشه آرایش الگوهای فشار سطح زمین (SLP) در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶

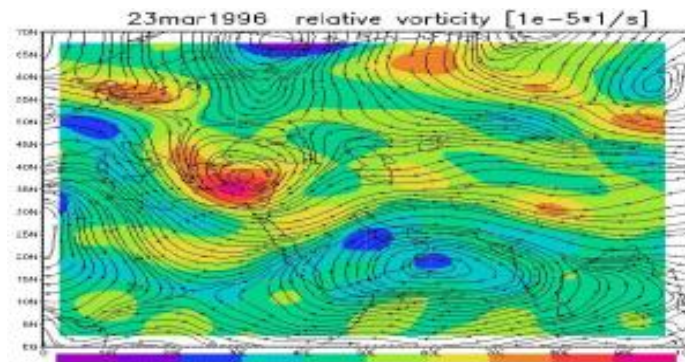


شکل ۴: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶

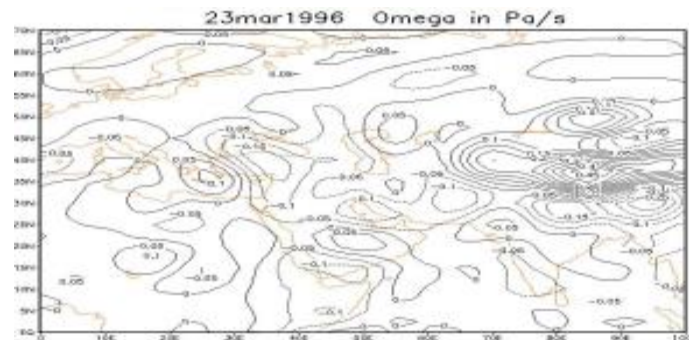




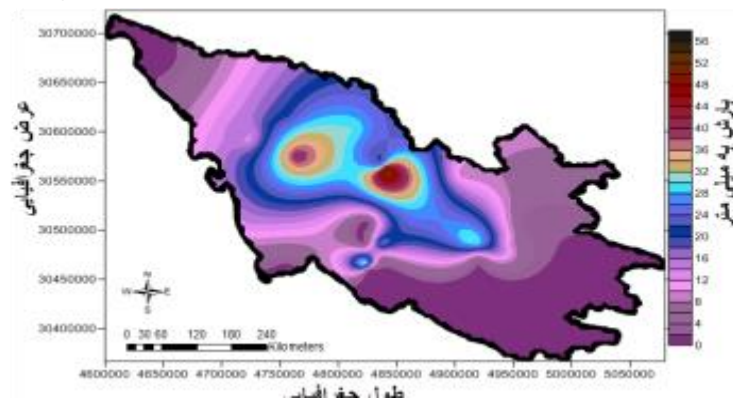
شکل ۵: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶



شکل ۶: نقشه تاوایی و خطوط جریان تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶



شکل ۷: نقشه حرکت قائم هوا (امگا) برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶



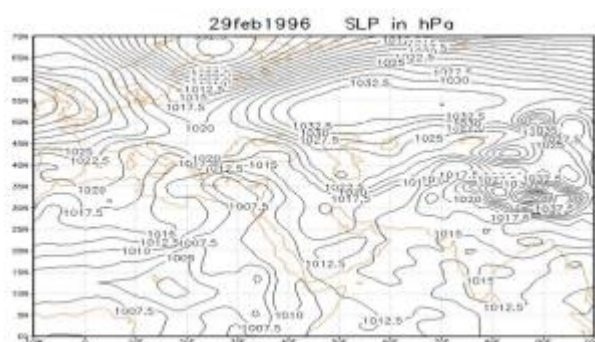
شکل ۸: نقشه پهنه‌بندی بارش سنگین در روز ۲۳ مارس ۱۹۹۶

شکل (۸) مربوط به پهنه‌بندی بارش روز موردنظر با بارش حداکثر ۵۲ میلی‌متر در منطقه را نشان می‌دهد. در این حوضه‌ها بازهم مناطق شرق و شمال شرق حوضه دارای بارش بیشتری می‌باشد. در این میان هماهنگی ارتفاعات می‌تواند باعث

شرایط بارش بیشتر در این مناطق در هنگام ورود سامانه‌های باران‌زا و رطوبت موجود از دریای سرخ و خلیج فارس برای بارش بیشتر باشد.

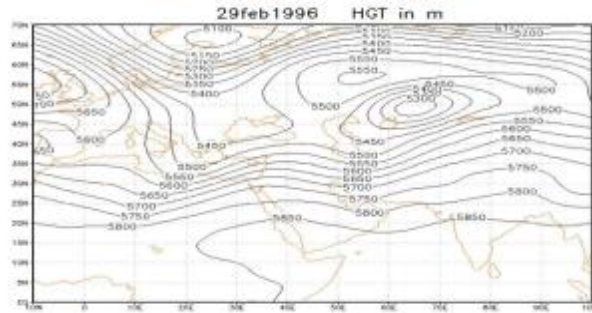
#### - تحلیل الگوی دوم

شکل (۹) بررسی وضعیت فشار سطح دریا در روز نماینده الگوی دوم یعنی ۲۹ فوریه ۱۹۹۶ را نشان می‌دهد. در این روز کم‌فشاری قوی با فشار هسته مرکزی ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال در شرق دریای مدیترانه شکل گرفته است. زبانه‌ای از این کم‌فشار در روی عربستان کم‌فشاری ضعیف را تشکیل داده است. هم‌فشار ۱۰۱۷/۵ هکتوپاسکال که جزء کم‌فشار شرق مدیترانه می‌باشد با عبور از روی خلیج فارس، حوضه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده است. هم‌زمان با این شرایط فشار، پرفشاری قوی با فشار هسته مرکزی ۱۰۳۲/۵ هکتوپاسکال بر روی خشکی سبیری تشکیل شده است. همچنین در روز مورد نظر یک کم‌فشار محلی حرارتی و یک کم‌فشار دینامیکی نیز در شرق مدیترانه در سطح زمین ایجاد شده و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال یک ترف دو دامنه‌ای در این سطح بر روی منطقه تشکیل شده است.

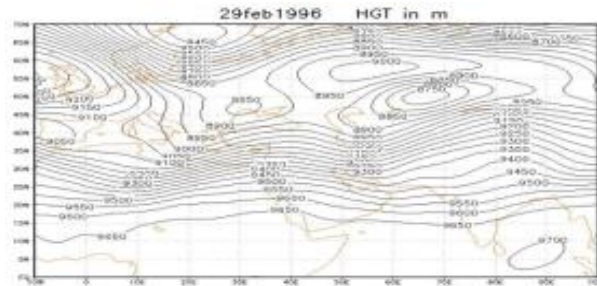


شکل ۹: نقشه آرایش الگوهای فشار سطح زمین (SLP) در روز ۲۹ فوریه ۱۹۹۶

در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز وضعیتی مشابه آرایش خطوط هم‌ارتفاع در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود. در نقشه چرخندگی و جریان در روز نماینده الگوی دوم یعنی ۲۹ فوریه ۱۹۹۶، سیکلون، منشأ مدیترانه‌ای دارد و همان‌طور که در شکل (۱۲) مشاهده می‌شود در مرکز مدیترانه گردش سیکلونی قوی می‌باشد، و با فراز در شرق مدیترانه و کشور سوریه و فرود در روی ایران، در محدوده حوضه مورد مطالعه گردش سیکلونی و در نتیجه ناپایداری حاکم است. لذا با توجه به شکل یک ترف دو دامنه‌ای در این سطوح بر روی منطقه تشکیل شده است. در این روز زبانه کم‌فشار مستقر در شمال شرق دریای خزر زبانه آن را تا جنوب خلیج فارس کشیده است. در این الگو بیشتر بخار آب توسط حرکت و اچرخندی مستقر در منطقه سودان اتفاق افتاده است. در اصل در این الگو ناوه دو دامنه‌ای در انتقال رطوبت از منطقه سودان و کم‌فشار شرق مدیترانه باعث همگرایی و همسویی این سامانه‌ها شده است. الگوی دو دامنه‌ای در بارش این روز تأییدی بر زبانه کم‌فشار شرق مدیترانه در همراهی با زبانه کم‌فشار شمال شرق و جنوب دریای خزر مهم‌ترین عامل ریزش بارش بوده است که با ناوه سطوح میانی (۵۰۰) هکتوپاسکال و بالائی رود باد (۳۰۰) هکتوپاسکال همراه شده است. در این روز منطقه مورد مطالعه در محور ناوه واقع شده است و یک کم‌فشار دینامیکی در شرق دریای خزر که هسته آن دینامیکی است تشکیل شده است. بر اساس نقشه حرکت قائم جو (نقشه امگا)، وضعیت صعود در ایران برقرار است و مقادیر منفی نقشه امگا گویای این واقعیت می‌باشد (شکل ۱۳). نقشه امگای حرکت قائم جو، زبانه کم‌فشار شرق دریای خزر را با خط تراز ۵/۰ - صدم پاسکال بر ثانیه نشان می‌دهد.



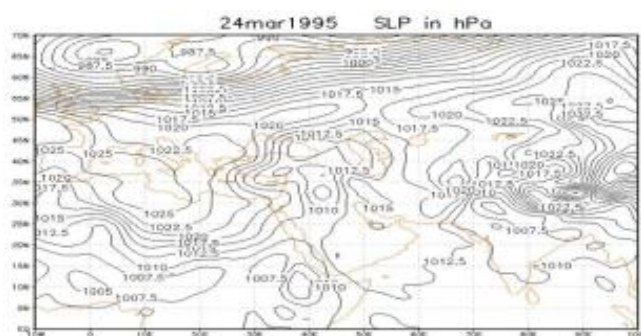
شکل ۱۰: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ نوامبر ۱۹۹۶



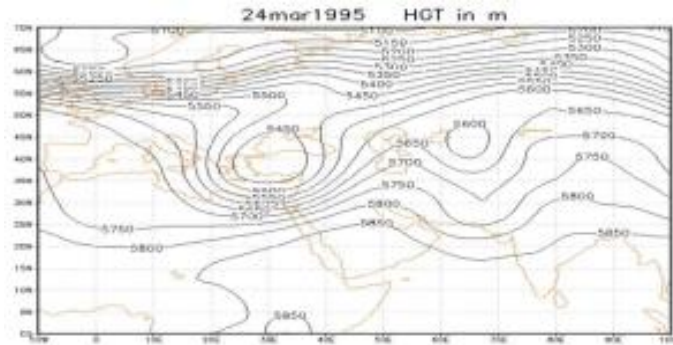
نقشه پهنه‌بندی بارش در این روز نیز مقدار بارش بیش از ۴۴ میلی‌متر را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در این روز مجدداً مناطق شرق و شمال شرق منطقه مورد مطالعه دارای بارش تقریباً بالایی بوده اند (شکل ۱۴).

### -تحلیل الگوی سوم

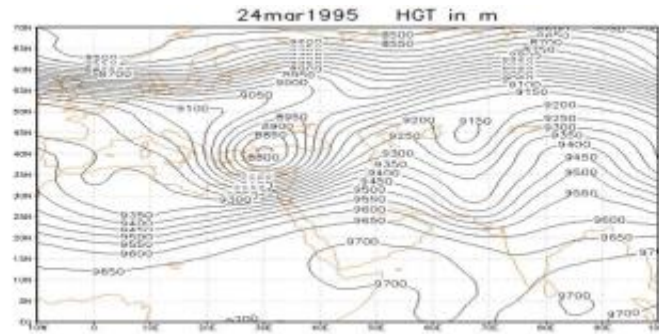
در روز نماینده الگوی سوم یعنی ۲۴ مارس ۱۹۹۵ کم‌فشاری در کشور عراق شکل گرفته است. کم‌فشار مذکور زبانه‌ای از کم‌فشار سودان است که بر روی کشور عراق منحنی بسته ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال را تشکیل داده است. در این روز پرفشاری نسبتاً قوی با فشار مرکزی ۱۰۲۵ هکتوپاسکال دریای مدیترانه را در بر گرفته است و مرکز و غرب مدیترانه تحت حاکمیت این پرفشار است. در شرق مدیترانه وضعیت کم‌فشار حاکم است ولی کم‌فشار روی عراق قویترین کم‌فشار منطقه محسوب می‌شود. همچنین در این الگو بر روی دریای خزر کم‌فشار حاکم می‌باشد. علاوه بر این بر روی ایران پرفشار ضعیفی حاکم است که حوضه مورد مطالعه را نیز تحت سیطره خود دارد و منطبق بر ناهمواری‌های غرب کشور می‌باشد. در این روز پرفشاری خیلی قوی بر روی تبت و نیز سیبری شکل گرفته است. با توجه به وضعیت فشار در این الگو، می‌توان گفت که کم‌فشار شرق مدیترانه و پرفشار عربستان با انتقال رطوبت از دریاها (سرخ، عرب، خلیج فارس و عمان) و منطقه سودان باعث بارش‌های حوضه شده است (شکل ۱۵). در نقشه ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰، فرودی عمیق با منحنی هم‌ارتفاع بسته ۵۴۵۰ متر در روی شرق مدیترانه شکل گرفته است (شکل ۱۶). هم‌زمان فرود دیگری در روی شرق ایران و پاکستان شکل گرفته است. این فرود نسبت به فرود شرق مدیترانه ارتفاع بیشتری دارد و با منحنی بسته ۵۶۰۰ متر مشخص است. فراز نسبتاً کم‌عمقی بر روی ایران شکل گرفته است که محور فراز در امتداد شمال شرق - جنوب غرب کشور است. حوضه مورد مطالعه در این الگو در زیر منطقه وزش افقی چرخندگی مثبت قرار دارد و متعلق به فرود شرق مدیترانه می‌باشد. به همین خاطر شرایط ناپایدار در حوضه مورد مطالعه حاکم است. در نقشه تاوایی الگوی سوم (شکل ۱۸)، یک هسته بیشینه با تاوایی مثبت در شرق مدیترانه و همچنین جنوب دریای سیاه و نیز دو هسته مثبت تاوایی در شرق ایران مشاهده می‌شود. لذا با توجه به ناوه‌های که در شرق ایران بر روی افغانستان و پاکستان مستقر شده است، در این روز باعث تقویت رطوبت محلی در منطقه شده است. بطوریکه ناوه متعاقب آن از این رطوبت استفاده نموده است. همان‌طور که خطوط جریان نیز نشان می‌دهند انتقال رطوبت از آب‌های اقیانوس هند، دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان نقش عمده‌ای در تغذیه رطوبتی بارش‌ها در روزهای بارش مورد نظر دارند. همچنین با توجه به شکل (۱۸) می‌توان عنوان نمود که در اصل در این الگو یک ناوه کشیده با شاخص نصف‌النهاری بالا و با واگرایی شدید بر روی منطقه مورد مطالعه به همراه یک سیستم دوقطبی که در ترازهای میانی و بالایی جو موجود است، باعث تقویت رطوبت در منطقه توسط پرفشار عربستان از منطقه سودان و آب‌های اطراف در همگرایی و همسویی با کم‌فشار شرق مدیترانه و جنوب دریای سیاه شده است. بطوریکه این وضعیت همیشه باعث ایجاد بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه می‌شود. در نقشه امگای الگوی سوم (شکل ۱۹)، هسته منفی امگا و در نتیجه صعود و ناپایداری در مرکز و جنوب ایران که حوضه مورد مطالعه را نیز در بر می‌گیرد مشاهده می‌شود.



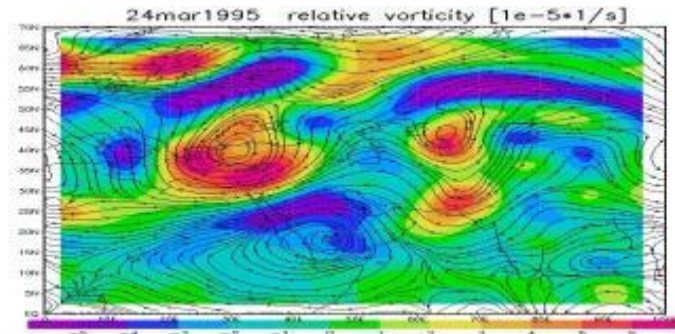
شکل ۱۵: نقشه آرایش الگوهای فشار سطح زمین (SLP) در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۷



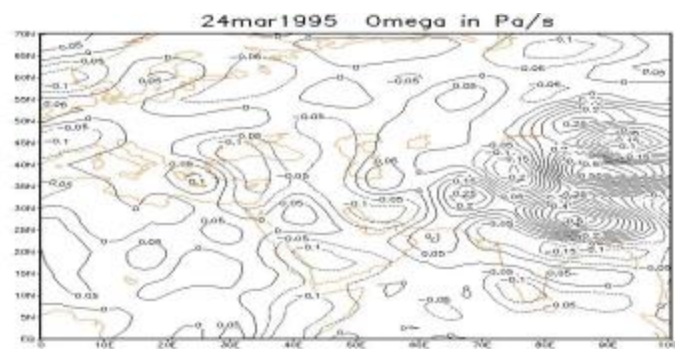
شکل ۱۶: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۵



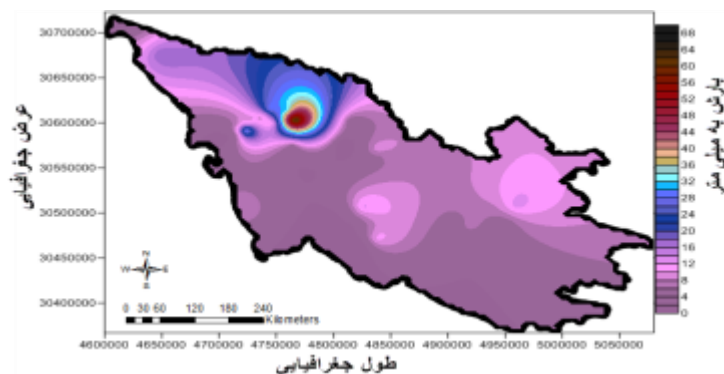
شکل ۱۷: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۶



شکل ۱۸: نقشه تاوایی و خطوط جریان در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۶



شکل ۱۹: نقشه حرکت قائم هوا (امگا) برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۵



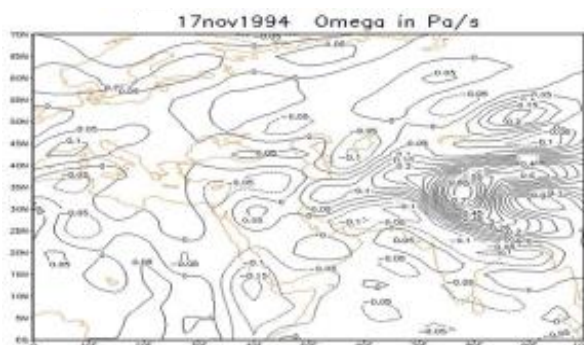
شکل ۲۰: نقشه پهنه‌بندی بارش سنگین در روز ۲۴ مارس ۱۹۹۶

نقشه پهنه‌بندی بارش در منطقه مورد مطالعه در این روز نیز بارش بالای ۶۸ میلی‌متر در قسمت‌های شرق و شمال شرق را نشانی دهد شکل (۲۰).

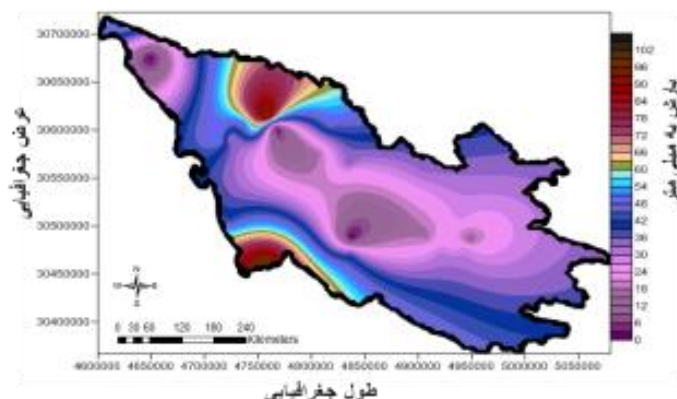
#### - تحلیل الگوی چهارم

شکل (۲۱) نقشه فشار سطح دریای الگوی چهارم و روز نماینده این الگو یعنی ۱۷ نوامبر سال ۱۹۹۴ را نشان می‌دهد. در این الگو کم‌فشاری قوی با فشار مرکزی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال در شرق دریای خزر شکل گرفته است. در این الگو پرفشار سیبری با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال که تقریباً برابر با میانگین فشار بلندمدت در این منطقه است مشخص است. همچنین پرفشاری قوی که قویترین پرفشار در الگوی موردنظر می‌باشد در منطقه تبت مشاهده می‌گردد. کم‌فشار ایسلند در این الگو نیز با فشار مرکزی ۹۹۵ هکتوپاسکال در شمال غرب اروپا مشاهده می‌شود. بنابراین الگوی چهارم را می‌توان الگوی کم‌فشار جنوب دریای خزر نام نهاد چراکه قویترین کم‌فشار در منطقه است و ناپایداری‌های حوضه مورد مطالعه را منجر شده است. بطوریکه از نقشه پهنه‌بندی بارش در این روز برمی‌آید بارش سنگین در اکثر مناطق مورد مطالعه بالا بوده است. مقدار بالای بارش ۱۰۲ میلی‌متر در این روز گویای شرایط ناپایدار جوی در الگوی چهارم بارش منطقه شمالی خلیج فارس می‌باشد شکل (۲۶). بطوریکه از ادغام الگوی کم‌فشار شرق دریای خزر و هسته بیشینه دیگری که در عربستان موجود است این شرایط را بوجود آورده است. آرایش خطوط هم‌ارتفاع در نقشه ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال میانی جو نیز الگویی کاملاً متفاوت در قیاس با الگوهای دیگر نشان می‌دهد. در این الگو ریزش هوای سرد از شمال غرب اروپا منجر به شکل‌گیری موج‌بلندی در خاورمیانه شده است. این فرود بلند تقریباً در سرتاسر منطقه خاورمیانه و به‌ویژه روی مدیترانه، سوریه و عربستان آرایش مداری به خود گرفته است و در داخل این موج‌بلند، موج‌کوتاه و تقریباً عمیقی در روی ایران شکل گرفته است. محور این موج‌کوتاه از جنوب خزر تا غرب خلیج فارس کشیده شده و شرق ایران و حوضه مورد مطالعه در جلوی این فرود واقع شده‌اند. در این الگو هم‌ارتفاع ۵۸۵۰ متر عرض‌های میانی را از مناطق حاره جدا کرده است (شکل ۲۲). در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال نیز الگویی مشابه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود و در این سطح نیز خطوط هم‌ارتفاع‌شده‌تر شده است (شکل ۲۳). لذا در این روز یک ناوه کشیده شده با شاخص مداری بالا در جنوب آسیا در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال ایجاد شده که در این ناوه کشیده شده میکرو موج‌های متعددی تشکیل شده است. موج‌های کوتاه یکی از عوامل مهم اغتشاشات منطقه برون حاره محسوب می‌شوند. لذا میکرو موج مستقل شده در جنوب دریای خزر تا شمال خلیج فارس امتداد یافته است که با ناوه عمیق‌تر سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال همراه شده است. همان‌گونه‌در بالا اشاره شد در اصل الگوی بارش این روز را می‌توان الگوی کم‌فشار جنوب دریای خزر عنوان نمود. در نقشه امگای الگوی چهارم، در نیمه جنوبی کشور نقشه حرکت قایم جو منفی و به‌عبارت‌دیگر شرایط صعود برقرار است (شکل ۲۵). در حالی که در شمال غرب کشور و روی سوریه سرعت قایم جو مثبت و یا نزولی است و در این مناطق فرونشینی هوا رخ داده است.





شکل ۲۵: نقشه حرکت قائم هوا (امگا) برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۷ نوامبر ۱۹۹۴

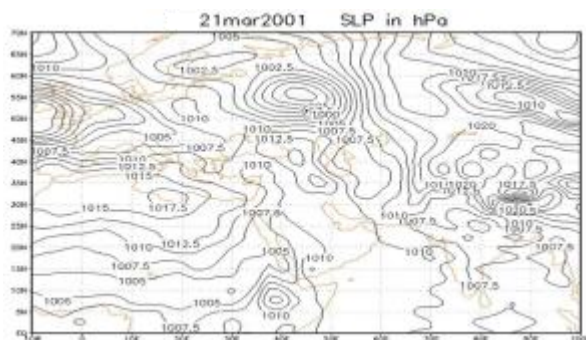


شکل ۲۶: نقشه پهنه بندی بارش سنگین در روز ۱۷ نوامبر ۱۹۹۴

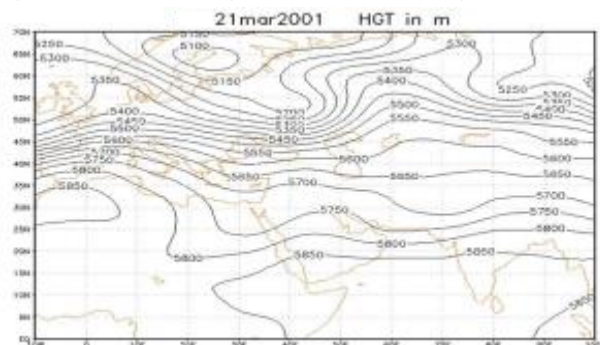
#### - تحلیل الگوی پنجم

شکل (۲۷) نقشه فشار سطح دریا در روز نماینده الگوی پنجم یعنی روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد. در این الگو کم‌فشاری قوی با فشار هسته مرکزی ۹۹۲/۵ هکتوپاسکال در شمال دریای خزر شکل گرفته است. زبانه‌هایی از این کم‌فشار با فشار بر روی ایران نفوذ کرده و کم‌فشار با منحنی بسته ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال در شرق خزر و شمال شرق ایران حاکم گشته است. در این الگو کم‌فشار سودان و دریای سرخ نیز فعال است و با فشار مرکزی ۱۰۰۲/۵ مشخص است. در این الگو بر روی اروپا و جنوب مدیترانه وضعیت پرفشار حاکم است و کم‌فشار ایسلند که طبق معمول پر قدرت می‌باشد در عرض‌های پایین و در کشور اسپانیا و پرتغال جابجا شده است و در منطقه سیبری نیز کم‌فشاری نسبتاً ضعیف مشاهده می‌شود. در نقشه ژئوپتانسیل سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۲۸) و سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال سطح بالائی جو (شکل ۲۹) سیستم سیاره‌ای که منجر به الگوی بارش در این روز شده باشد رؤیت نمی‌شود. به‌واقع الگوهای منجر به بارش سنگین در این روز بر روی نقشه تاوایی و خطوط جریان نشان می‌دهد که یک هسته کم‌فشار مستقر در مرکز شبه‌قاره هند با تاوایی مثبت بوده که زبانه آن به منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. پرفشار محلی زاگرس در غرب ایران با زبانه کم‌فشار شرق پاکستان شیو گرادیان فشار را افزایش داده است. بطوریکه شرایط را برای تقویت همرفت‌های محلی در این الگو افزایش داده است. بارش این الگو از گردش سیاره‌ای فشار تبعیت نمی‌نماید. بطوریکه بیشتر عوامل محلی و شیو گرادیان فشار اهمیت بیشتر دارد. در اصل در روز نماینده الگوی پنجم گردش سیاره‌ای فشار نقشه‌ای در بارش منطقه ندارند و تنها هسته کم‌فشار مستقر در شرق پاکستان که به‌عنوان یک سیستم منطقه‌ای شناخته می‌شود نقش اساسی را ایفا می‌نماید. در کنار این کم‌فشار بر روی مرکز ایران هسته تاوایی منفی قرار دارد. گرادیان فشار بین این دو مرکز عاملی در رشد همرفت‌های محلی بوده است. در حالی که سطح خاک منطقه متأثر از بارش‌های روزهای قبل می‌تواند از رطوبت بالایی برخوردار باشد.

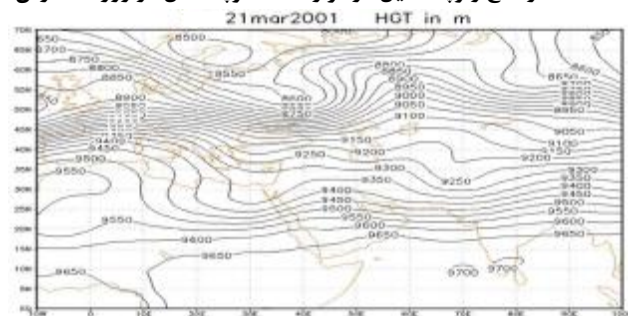




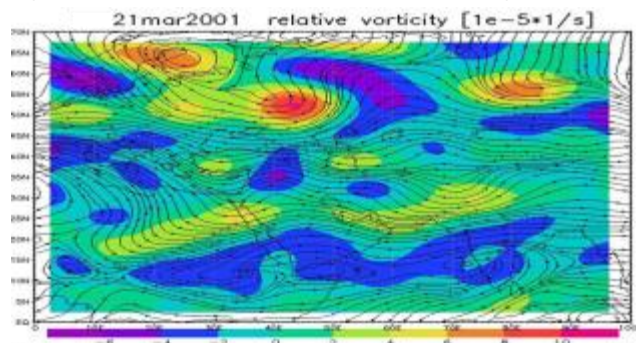
شکل ۲۷: نقشه آرایش الگوهای فشار سطح زمین (SLP) در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱



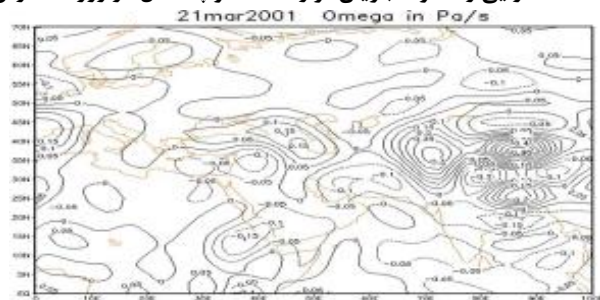
شکل ۲۸: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱



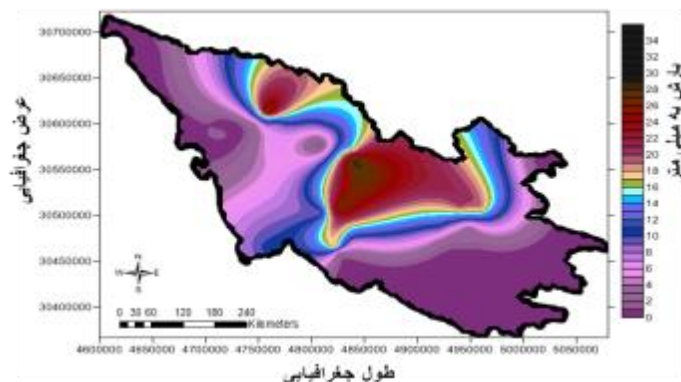
شکل ۲۹: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱



شکل ۳۰: نقشه تاوایی و خطوط جریان تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱



شکل ۳۱: نقشه حرکت قائم هوا (امگا) برای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱



شکل ۳۲: نقشه پهنه‌بندی بارش سنگین در روز ۲۱ مارس ۲۰۰۱

### نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از رویکرد محیطی به گردشی ارتباط بارش‌های سنگین منطقه شمالی خلیج فارس (حوضه‌های آبریز مند و حله) با الگوهای سینوپتیک مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته شد. در این راستا، با استفاده از روش صدک‌ها برای تعیین بارش‌های سنگین و روش همبستگی لوند برای طبقه‌بندی نقشه‌های فشار تراز دریا استفاده شد. در نهایت با استخراج الگوها، نقشه‌های فشار تراز سطح دریا، نقشه سطوح میانی و فوقانی جو در سطوح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال، نقشه تاوایی (ورتسیتی) به همراه خطوط جریان در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نقشه حرکت قائم هوا (امگا) بررسی شدند. با اعمال روش همبستگی لوند، پنج الگو از بارش‌های سنگین منطقه مورد مطالعه استخراج شد. بررسی الگوهای به دست آمده مبین این واقعیت بودند که اکثر سامانه‌های تأثیرگذار بر بارش سنگین حوضه‌های آبریز مند و حله در منطقه شمالی خلیج فارس، بیشتر سیستم‌هایی است که به صورت کم‌فشار در شرق دریای مدیترانه و کم‌فشار عمیق شرق و جنوب دریای خزر که تا جنوب خلیج فارس کشیده می‌شود، تشکیل یک الگوی دوقطبی در ایجاد بارش سنگین در الگوی اول تا چهارم داده است. بطوریکه در الگوهای بارشی انتقال رطوبت با هسته پرفشار عربستان به عنوان تاوایی منفی با اخذ و انتقال رطوبت از دریاهای اطراف در ترکیب و همگرایی با کم‌فشار شرق مدیترانه و ناهه‌های عمیق در شرق و جنوب دریای خزر، باعث ایجاد بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه می‌شوند. بررسی نقشه‌های فشار سطح دریا حاکی از کم‌فشارهای عمیق از سمت جنوب و شرق دریای خزر، مدیترانه، دریای سرخ، سودان و انتقال رطوبت از طریق پرفشار عربستان برای ریزش و انتقال رطوبت و ناپایداری برای بارش بودند، شناسایی شد. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در سطوح میانی و بالایی جو در سطوح ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال حاکی از موج‌های بلندی بودند که در برخی از الگوها آرایش منحنی‌های هم‌ارتفاع مداری بوده، و با ایجاد کم‌فشار شرق دریای مدیترانه در ادغام با یک الگوی ترکیبی عمودی و افقی دو قطبی با شمال دریای خزر، و انتقال رطوبت از آب‌های اطراف از طریق پرفشار عربستان شرایط ناپایداری جو را برای ایجاد بارش به وجود می‌آورند. بطوریکه در بیشتر موارد حوضه‌های آبریز مورد مطالعه در هردو سطح میانی و فوقانی جو در مرکز و محور فرود و ناهه‌های نسبتاً عمیق این الگوها قرار می‌گرفتند. نقشه‌های تاوایی (مثبت و منفی) و خطوط جریان نیز حاکی از تاوایی مثبت (سیکلون) و صعود توده‌های هوا در چهار الگوی اول روزهای بارش سنگین بودند. تنها الگوی بارشی پنجم از گردش‌سیاره‌ای فشار تبعیت نمی‌نماید. لذا در این الگو تنها هسته کم‌فشار مستقر در شرق پاکستان که به عنوان یک سیستم منطقه‌ای شناخته می‌شود نقش اساسی را ایفا می‌نماید. در کنار این کم‌فشار بر روی مرکز ایران هسته تاوایی منفی قرار دارد. گرادیان فشار بین این دو مرکز عاملی در رشد همرفت‌های محلی بوده و سبب بارش در این روز شده است. همچنین نقشه‌های حرکت قائم هوا (امگا) نیز نشان داد که در همه موارد حرکت قائم هوا (امگا) دارای بیشینه منفی در منطقه مورد مطالعه و بخش‌های که حامل انتقال رطوبت از سودان، دریای سرخ، اقیانوس هند، خلیج فارس و دریای عمان با بیشینه منفی حرکت قائم هوا همراه است، واقعیتی دیگر برای شناخت وضعیت

ناپایداری هوا برای ایجاد بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه بوده است. لذا این تحقیق نتایج کار ناظم السادات و قاسمی (۱۳۸۳) را که تاثیر گذاری دمای سطح آب دریای خزر را در میزان بارش دریافتی نواحی شمالی استان فارس و استان خوزستان و همچنین نواحی جنوب غربی ایران موثر دانسته اند، تایید نماید. به واقع منطقه مورد مطالعه بعنوان بخشی از جنوب و جنوب غرب کشور می تواند متاثر از کم فشارهای عمیق و دمای آب دریای خزر باشد. لذا زبانه های کم فشار مستقر در شرق و جنوب دریای خزر می تواند منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر قرار دهد.

## منابع

- احمدی، اسماعیل و بهلول علیجانی. ۱۳۹۳. شناسایی الگوهای همیدی بارش های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس. پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۳: ۲۹۶-۲۷۵.
- جهانبخش اصل، سعید و حسن ذوالفقاری. ۱۳۸۱. بررسی الگوهای سینوپتیکی بارش های روزانه در غرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۶۴ و ۶۳: ۶۳-۲۳.
- رضایی بنفشه، مجید و عبدالحمید رجایی اصل. ۱۳۸۱. مدل بندی بارش حوضه آبریز قره سو، جغرافیا و برنامه ریزی، ۴، ۱-۲۴.
- سلیقه، محمد. ۱۳۸۵. مکانیزم های بارش در جنوب شرق کشور، پژوهش های جغرافیایی، ۵۵: ۱۳-۱.
- علیجانی، بهلول و مجید زاهدی. ۱۳۸۱. تحلیل آماری و سینوپتیکی بارندگی آذربایجان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۲: ۶۶-۶۴.
- کار ساز، سکینه و سید ابوالفضل مسعودیان. ۱۳۹۳. تحلیل همیدی الگوهای ضخامت بارش های سنگین ناحیه زاگرس جنوبی، جغرافیا و توسعه، ۳۷: ۲۷-۱۵.
- لشکری، حسن. ۱۳۷۵. الگوی سینوپتیکی بارش های شدید جنوب و جنوب غرب ایران، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- محمدی، بختیار. ۱۳۸۸. تحلیل همیدی بارش های ابرسنگین ایران، پایان نامه دکتری رشته جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی، استاد راهنما، سید ابوالفضل مسعودیان، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.
- مسعودیان، ابوالفضل. ۱۳۸۵. اقلیم شناسی همیدی و کاربرد آن در مطالعات محیطی، مولف برنت یارنال، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۳۴۸.
- ناظم السادات، محمد و احمد رضا قاسمی. ۱۳۸۳. تاثیر نوسان های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۱۴-۱.
- نجف پور، بهرام (۱۳۸۵)، تعیین کانون های بارش در حوضه های آبریز (مطالعه موردی حوضه مند)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۸، صص ۱۴-۱.
- نجف پور، بهرام. ۱۳۹۲. شناسایی الگوهای گردشی ایجاد کننده سیلاب در جنوب غرب ایران مورد: حوضه ی مند، جغرافیا و توسعه، ۹۲: ۷۷-۱۱.
- نظری پور، حمید. ۱۳۸۶. تحلیل همیدی بارش های سنگین استان بوشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم شناسی، دانشگاه اصفهان، گروه جغرافیا.
- یار احمدی، داریوش، مرینجی، زهره. ۱۳۹۰. تحلیل الگوی دینامیکی و همیدی بارش های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران (مطالعه موردی: بارش مورخه ی ۱۳۸۴/۸/۱۴)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۱۲۰: ۷۶-۱۰۵.

- Chen, Ching-Sen, Yuh-Lang Lin, Wen-Chun Peng, Che-Ling Liu. ۲۰۱۰. Investigation of a heavy rainfall event over southwestern Taiwan associated with a synoptic cyclone during the ۲۰۰۳ Mei-Yu season. *Atmospheric Research*.
- Federico, S., E. Avolio, L. Pasqualoni, and C. Bellecci. ۲۰۰۸. Atmospheric patterns for heavy rain events in Calabria, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. ۸: , ۱۱۷۳-۱۱۸۶.
- Gemmer, M., S. Becker, and T. Jian. ۲۰۰۴. in China ۱۹۵۱-۲۰۰۲ Observed monthly precipitation trends", *Theoretical and Applied Climatology*, vol. ۷۷: ۳۹-۴۵
- J. Martin-Vide, A. Sanchez-Lorenzo, J. A. Lopez-Bustins, M. J. Cordobilla, A. Garcia-Manuel, et al.. Torrential rainfall in northeast of the Iberian Peninsula: synoptic patterns and WeMO influence. *Advances in Science and Research*, Copernicus Publications, ۲۰۰۸, ۲, pp. ۹۹-۱۰۵.
- Jordi Mateo, Dolors Ballart, Clara Brucet, Montserrat Aran, Joan Bech. ۲۰۰۹. A study of a heavy rainfall event and a tornado outbreak during the passage of a quall line over Catalonia. *Atmospheric Research* ۹۳(۱):۱۳۱-۱۴۶. July ۲۰۰۹.
- Lund Iver, A. ۱۹۶۳. Map Pattern Classification by Statistical Method, *Journal of Applied Meteorology*, Vol. ۲, PP. ۵۶-۶۵.
- Matlik, O., and Piia Post. ۲۰۰۸. Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period ۱۹۶۱-۲۰۰۵, *Estonian Journal of Engineering*, vol. ۱۴, ۳.
- Verdon D., kidden, and A. skiem (۲۰۰۸) , on the relationship between large-scale climate models and regional synoptic pattern that drive Victorian rainfall , *Hydrol .earth syst .sci. discuss*, ۵ , ۲۷۹۱-۲۸۱۵.
- Zhao sixing, Bel Nafang, and Sun Jianhua. ۲۰۰۶. Mesoscale Analysis of a Heavy Rain fall Event over Hong kong During a pre -rainy season in south china, *Advance in Atmospheric sciences*, Vol. ۲۴, No. ۴: ۲۰۰.