

## تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید در استان اصفهان

حسن لشکری - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی  
هوشنگ قائمی - عضو هیئت علمی پژوهشگاه هواشناسی  
زهرا حجتی\* - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی  
میترا امینی - دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۲/۱۴      تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۸/۰۹

### چکیده

به منظور تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید در استان اصفهان، از آمار بارش ۴۴ ایستگاه سینوپتیک، کلیما تولوژی و باران‌سنجی استفاده شد. با استخراج داده‌های بارش در دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۹۸۶-۲۰۰۵)، بارش‌های شدید در هر یک از ایستگاه‌ها دریافت شد. با توجه به گستردگی و تفاوت موقعیت بین شرق و غرب این استان، ملاک بارش شدید، بیشترین بارشی بوده که در طول این دوره‌ی آماری در هر ایستگاه رخ داده است. برای تعیین الگوی همدیدی این بارش‌ها، داده‌های فشار، نم و ویژه، مؤلفه‌ی باد مداری (ii)، مؤلفه‌ی باد نصف‌النهاری (v) و سرعت قائم، در ترازهای متفاوت به صورت شش ساعته و روزانه، از دو روز پیش از بارش از NCEP/NCAR به دست آمد. یافته‌ها نشان می‌دهد، الگوی ادغامی کم‌فشار مدیترانه و سودانی موجب بارش‌های شدید در سطح استان اصفهان می‌شود. این الگو، همراه افت شدید فشار در مرکز ایران و فرارفت تاوایی مثبت و حداکثر سرعت قائم منفی در نیمه‌ی غربی ایران است، بارش‌های شدید را در مرکز و شرق استان، سامانه‌های سودانی ایجاد می‌کنند که به ترتیب از روی خوزستان و بوشهر وارد ایران شده‌اند. در این الگوها، پُرفشار روی دریای مدیترانه و زبانه‌های پُرفشار روی جنوب شرق ایران و شرق عربستان و همراهی آن با منطقه‌ی همگرایی تراز فوقانی جو و افزایش فشار و فرارفت تاوایی منفی در تراز دریا، نقش مهمی در تقویت و تعیین مسیر این الگوها دارند. الگوی ادغامی کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای روی شرق دریای مدیترانه، موجب ایجاد بارش‌های شدید در غرب استان می‌شود. یافته‌ها بیانگر آن است که استقرار مرکز فرارفت تاوایی مثبت در شمال شرق عربستان و روی خلیج فارس در تراز سطح دریا و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، از عوامل اصلی به وجود آورنده بارش شدید در همه الگوها همدیدی به شمار می‌رود.

کلیدواژه‌ها: استان اصفهان، بارش شدید، الگوی همدیدی، فرارفت تاوایی، سرعت قائم.

## مقدمه

ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک است که بارش‌های جوئی آن به کمتر از یک‌چهارم بارش‌های جوئی جهان می‌رسد. بارش‌های سالانه و کوتاه‌بودن دوره‌ی بارش و نزول بارش به‌صورت رگبارهای شدید و کوتاه‌مدت، از ویژگی‌های اقلیمی این منطقه است. در این میان بخش مرکزی ایران، به‌دلیل شرایط توپوگرافی موقعیت جغرافیایی آن نسبت به گردش عمومی جو، از بارش اندکی نسبت به نقاط دیگر کشور برخوردار است. بیشتر سامانه‌هایی که از غرب و جنوب‌غرب وارد ایران می‌شوند، بخش عمده‌ای از بارش خود را در دامنه‌های رو به باد ارتفاعات زاگرس از دست داده و حالت تضعیف‌شده‌ی این سامانه‌ها وارد منطقه می‌شوند. در برخی از شرایط سینوپتیکی، این سامانه‌ها پس از عبور از ارتفاعات دوباره تقویت‌شده و رگبارهای شدیدی در منطقه‌ی مورد مطالعه ایجاد می‌کنند. استان اصفهان با وسعتی افزون‌بر ۱۰/۶ میلیون هکتار، از نظر جغرافیایی موقعیت بینابینی دارد؛ یعنی از یک سو بیابان‌های مرکزی ایران و از سوی دیگر به پیشکوه‌های داخلی و مرتفع زاگرس محدود می‌شود که شرایط اقلیمی و اقلیم بارشی این استان، به‌شدت تحت تأثیر چنین موقعیتی است، به‌گونه‌ای که در بیش از ۸۵ درصد از گستره‌ی آن، میانگین بارش سالانه حدود ۱۲۰ میلی‌متر یا کمتر مشاهده می‌شود. با وجود چنین شرایط خشکی، اهمیت آب باید بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

اگرچه استان، شریان حیاتی خود یعنی زاینده‌رود را، به‌طور عمده مدیون حوضه‌های آبی خارج استان است، اما تأمین آب کشاورزی بخش‌هایی از استان وابسته به بارش‌های جوئی (کشت دیم) یا منابع آب زیرزمینی - که در واقع نوعی ذخیره از بارش‌های جوئی به‌شمار می‌آیند - است. همچنین، چنان‌که حسینی ابری (۱۳۸۲: ۷۵) نشان داده است، زاینده‌رود دوره‌های متناوب خشکی را تجربه کرده است که طی این دوره، ریزش‌های جوئی، نقش مهمی در تأمین آبی استان ایفا می‌کنند. بنابراین منطقی است که با شناخت سازوکار، تکوین، تقویت و قانونمندی حاکم بر حرکت و روی سامانه‌های همدیدی منجر به بارش‌های سنگین و سیل‌آسا و پراکندگی زمانی و مکانی این سامانه‌ها، می‌توان از جنبه‌ی مثبت عناصر آب‌وهوایی بهره گرفت و از زیان‌های آن دوری کرده یا در مقابل آن واکنش‌های منطقی نشان داده و به تبع چیرگی بر محدودیت منابع آب را افزایش داده و خسارت‌های حاصل از اتلاف آب یا خشکسالی را کاهش داد.

در زمینه‌ی بارش‌های شدید و سیل‌زا، چه در ایران و چه در خارج از کشور مطالعات زیادی انجام گرفته است. در زمینه‌ی بارش‌های شدید و سیل‌زا، چه در ایران و چه در خارج از کشور مطالعات زیادی انجام گرفته است. برای نمونه سیون حارا و یون تان<sup>۱</sup> (۱۹۸۲) در بررسی تعداد روزهای بارش توکیو نتیجه گرفته‌اند که این روزها در نواحی شهری توکیو افزایش یافته و حتی بیشتر از نواحی حومه است که به علل مختلف، از جمله کوهستانی بودن ژاپن و مسئله جزیره‌ی گرمایی اشاره کرده‌اند و جزیره گرمایی را در افزایش فعالیت همرفتی ناحیه‌ی شهری مؤثر دانسته‌اند. مارتین و همکاران<sup>۲</sup> (۱۹۷۳) بارش‌های شدید در جنوب‌شرق ایبریا را با توجه به نقش شرایط هواشناختی بزرگ‌مقیاس و شارش‌های هوای گرم و مرطوب از دریای مدیترانه و الگوی بلوکینگ همراه با جبهه‌ی سرد روی جنوب‌شرق ایبریا را دلیل اصلی وقوع شرایط سخت آب‌وهوایی دانسته و با مطالعه‌ی پارامترهای میان‌مقیاس، نشان می‌دهند که افزایش شرایط ناپایدار تقویت‌شده در لایه‌ی عمیق تروپوسفری با چپش قائم باد متوسط تا قوی، شرایطی را به‌وجود می‌آورد که ساختار همرفتی را طولانی می‌کند.

1. T, Sunehara. Yone, Tani

2. Valero. Luna and Martin

دایان و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) در تحلیل طوفان‌های شدید پاییزی منطقه‌ی شرق دریای مدیترانه بیان می‌کنند که ژرف‌شدن ناوه‌ی ارتفاع تراز میانی جو و امتداد آن به‌سوی عرض‌های جنوبی، سبب تقویت جت جنب‌حاره‌ای می‌شود و در نتیجه‌ی آن ناوه‌ی فشاری دریای سرخ گسترش می‌یابد. کاهانا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) در بررسی همدیدی و اقلیم‌شناسی سیل‌های بزرگ در دوره‌ی آماری ۹۴-۱۹۶۵ روی بیابان نقب در فلسطین، ۵۲ سیل بزرگ را مطالعه کردند و نشان دادند که ۳۸ درصد این سیل‌ها زمانی رخ داده است که ناوه‌ی فشاری دریای سرخ فعال است و ۳۳ درصد نیز زمانی رخ داده است که یک چرخند مدیترانه‌ای روی سوریه قرار می‌گیرد. در این هنگام نیز، ناوه‌ی فشاری این سامانه به‌سوی شرق دریای سرخ امتداد می‌یابد. از این رو، جریان‌های شمال‌غربی با عبور از روی مدیترانه، سبب انتقال رطوبت به‌سوی بیابان‌های نقب می‌شود. در این حالت دریای سرخ منشأ کم‌فشار روی سوریه نیست. لولیس<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) در بررسی وابستگی بین شار گرمای محسوس و نهان، و بارندگی روی مناطقی از یونان در فصل زمستان، نشان داده است سامانه‌های آب‌وهوایی - که در مناطق غرب و مرکز دریای مدیترانه، به سبب وجود سازوکار انتقال انرژی تقویت می‌شوند و جریان‌های جنوب یا جنوب‌غربی روی یونان را به‌وجود می‌آورند - موجب شکل‌گیری بارش‌های یونان می‌شوند.

در داخل کشور نیز بررسی‌های گسترده‌ای در استان‌ها و همچنین حوضه‌های آبریز انجام شده است. از آن دسته می‌توان به بررسی‌های انجام شده‌ی سبزی پرور، لشکری، خوشحال دستجردی، امیری، ایکانی، صمدی نقاب، و... اشاره کرد. سبزی پرور (۱۳۷۰) در بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب کشور نتیجه گرفته است که شرایط ایجاد طوفان سیل‌زا در جنوب غرب ایران عبارت است از، بلوکه‌شدن پرفشار روی اروپا به‌مدت ۴ روز یا بیشتر، ایجاد کمربند پرفشار در عرض ۴۵ درجه، دینامیک‌شدن چرخند سودانی و ادغام آن با سامانه‌ی مدیترانه‌ای و ایجاد سلمانه و اچرخندی، عمیق‌شدن ناوه‌ی سطح بالا مربوط به کم‌فشار اتلس شمالی تا عرض ۲۵ درجه. لشکری (۱۳۷۵) با بررسی سینوپتیکی بارش‌های شدید منطقه‌ی جنوب‌غرب در دوره‌ی آماری ۱۷ ساله، وقوع بارش‌های شدید سیل‌آسا در جنوب غرب ایران را نتیجه‌ی تقویت و تشدید فعالیت مرکز کم‌فشار مونسونی سودانی و تبدیل آنها به سیستم‌های دینامیکی و ترمودینامیکی می‌داند. او همچنین در بررسی سازوکار تکوین منطقه‌ی همگرایی دریای سرخ (۱۳۷۹) بیان می‌کند که عمیق‌شدن ناوه‌ی شمال آفریقا و گسترش آن روی سودان، سبب فعال‌شدن منطقه‌ی همگرایی دریای سرخ و در نتیجه، ریزش باران‌های شدید در جنوب غرب ایران می‌شود. همچنین در بررسی دیگری نشان داده است که سامانه‌های سودانی با توجه به الگوی سینوپتیکی از پنج مسیر عمده وارد ایران شده و ایجاد بارندگی می‌کنند. در مسیر اول و دوم، به‌صورت ادغام‌شده با چرخندهای مدیترانه و در سه مسیر دیگر به‌صورت مستقل وارد کشور می‌شوند. آزادی و همکاران (۱۳۸۲) در پیش‌بینی عددی بارش سامانه‌های زمستانی روی ایران، بیان می‌کنند که کم‌فشار دینامیکی مدیترانه‌ای هنگام حرکت به‌سوی شرق و جنوب شرق، از طریق تزریق هوای سرد به نیمه‌ی غربی کم‌فشار شبه ساکن روی شمال آفریقا (منطقه‌ی سودان)، سبب دینامیکی‌شدن این کم‌فشار می‌شود و به این ترتیب سامانه‌ای ترکیبی موسوم به سامانه‌ی مدیترانه‌ای - سودانی تشکیل می‌شود که نمونه‌ای از برهم‌کنش توده‌ی هوای قطبی با توده‌ی هوای حاره‌ای

1. Dayan.Margalit and Sharon.

2. Kahana. Enzel and dayan

3. Lolis. Bartzokas and Katsoulis

است. مشکواتی و مرادی (۱۳۸۳) در بررسی ناوهی فشاری دریای سرخ از دیدگاه دینامیکی نشان دادند، چنانچه فرارفت تاوایی نسبی مثبت در شرق دریای مدیترانه یا شمال دریای سرخ صورت گیرد، ناوهی فشاری دریای سرخ به سوی شرق دریای مدیترانه به حرکت درمی‌آید و غرب و شمال غرب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد و چنانچه فرارفت تاوایی نسبی مثبت در شمال شرق دریای سرخ صورت گیرد، سلول‌های کم‌فشار کوچکی از ناوهی فشاری دریای سرخ جدا شده و به سوی شمال شرق حرکت می‌کند و غرب، جنوب غرب و جنوب ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مفیدی (۱۳۸۳) در اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه‌ی دریای سرخ در خاورمیانه بیان می‌کند که کم‌فشارهای منطقه‌ی دریای سرخ نتیجه‌ی تکوین همگرایی اولیه روی منطقه هستند. این همگرایی که مرحله‌ی آغازین شکل‌گیری این کم‌فشارها به‌شمار می‌رود، خود ناشی از برهم‌کنش دو مؤلفه‌ی اصلی، یعنی "جریان هوا" و "ویژگی‌های توپوگرافی" در منطقه‌ی دریای سرخ در ترازهای پایین جو است. هاشمی دین (۱۳۸۴) با بررسی همدیدی بیشترین بارش روی منطقه‌ی کهکیلویه و بویراحمد نتیجه گرفته است که بیشترین بارش روی منطقه، ترکیبی از واچرخندهایی است که در عرض‌های جغرافیایی بالا، همزمان در حال حرکت با مرکز چرخندی عبوری از دریای مدیترانه و یا دریای سرخ بوده و روی منطقه با هم برخورد کرده و سبب جبهه‌زایی در منطقه‌ی خراسان می‌شود. مفیدی و زرین (۱۳۸۶) در بررسی بارش‌های حدی پاییزه در سواحل شمالی ایران نشان دادند که استقرار مرکز پرفشاری بر غرب دریای خزر و وجود تاوایی منفی روی دریا در ترازهای تحتانی جو همراه با جریان‌های شدید و غالب شمالی - جنوبی، از عوامل اصلی ایجاد بارش‌های شدید و حدی پاییزه در همه الگوهای همدیدی بارش‌زای خزری به‌شمار می‌رود.

## مواد و روش‌ها

در این مرحله داده‌های مربوط به بارش ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو در دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۲۰۰۵-۱۳۸۶) در سطح استان اصفهان دریافت شدند. به دلیل گستردگی استان و تفاوت موقعیت بین شرق و غرب این استان، ملاک بارش شدید، بیشترین بارشی بوده که در دوره‌ی آماری بیست‌ساله در هر ایستگاه روی داده است. به همین منظور داده‌های بارش از شدیدترین بارش تا کمترین میزان، در محیط SPSS مرتب شده و چارک اول مقدار بارش هر ایستگاه، به‌عنوان بارش شدید هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شد. الگوها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که بیشتر ایستگاه‌ها بارش شدید دریافت کرده باشند. در این‌جا فراگیرترین نوع طوفان‌های رخ داده در سطح استان که موجب ایجاد بارش سنگین در اکثر ایستگاه‌ها شده بود، شناسایی و داده‌ها و نقشه‌های مربوط به این روزها از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا<sup>۱</sup> دریافت شده است. برای هر روز بارش شدید داده‌های تراز سطح دریا، ۸۵۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال فشار، نم و یژه<sup>۲</sup>، مؤلفه‌ی باد مدار<sup>۳</sup> (U) و مؤلفه‌ی باد نصف‌النهار<sup>۴</sup> (V)، سرعت قائم<sup>۵</sup> به‌صورت ۱۲ ساعته و روزانه از دو روز پیش از آغاز بارش تا روز اوج بارش تهیه شد.

1. www.ncep ncar.com
2. Specific Humidity
3. U wind
4. V wind
5. Omega

نقشه‌های مؤلفه‌های فوق و همچنین نقشه‌های فرارفت تاوایی و اختلاف فشار با استفاده از داده‌های استخراج‌شده ترسیم شدند. سپس این نقشه‌ها را همزمان مورد بررسی قرار داده و الگوهای حاکم برای ایجاد بارش‌های سنگین تحلیل و نتایج آن ارائه شدند.

باید در نظر داشت که موقعیت جغرافیایی نواحی غربی استان اصفهان، به‌گونه‌ای است که این منطقه در بیشتر الگوهای بارشی، بارش بیشتری را نسبت به مناطق مرکزی و شرقی دریافت می‌کند، به‌همین دلیل در این مطالعه تلاش بر شناسایی الگوهایی شده است که موجب ایجاد بارش شدید در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی شده باشند. بر اساس معیار فوق، تعداد ۳۷ طوفان از شدیدترین طوفان‌هایی انتخاب شده که با بارش شدید همراه بوده است. جدول شماره ۱ تعداد سامانه‌های تأثیرگذار روی بارش‌های شدید را در بین مجموع ۳۷ مورد، نشان می‌دهد.

جدول ۱. تعداد سامانه‌های تأثیرگذار بر بارش‌های شدید

تأثیرگذاری بر حسب درصد	تعداد این سامانه‌های تأثیرگذار بارش شدید	سامانه‌های ورودی
۱۳/۵	۵	ادغامی روی شرق دریای مدیترانه
۲۷	۱۰	ادغامی عراق
۲۷	۱۰	سودانی از مسیر الف
۳۲/۵	۱۲	سودانی از مسیر ب
۱۰۰	۳۷	مجموع

پس از این انتخاب در بین این الگوها، فراگیرترین نوع طوفان مشخص شد و ۱۰ مورد طوفان از بین ۳۷ مورد با توجه به گستره بارش شدید، انتخاب شدند. این طوفان‌ها در جدول شماره ۲ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲. الگوی بارشی ۱۰ سامانه‌ی بارشی شدید انتخاب شده

تاریخ وقوع بارش شدید	سامانه‌ی تأثیرگذار	تاریخ وقوع بارش شدید	سامانه‌ی تأثیرگذار
۱۹۹۸/۳/۱۷	سودانی مسیر الف	۲۰۰۵/۳/۱۳	سودانی مسیر الف
۱۹۹۸/۳/۱۸		۲۰۰۵/۳/۱۴	
۱۹۹۸/۳/۲۹			
۱۹۹۸/۳/۳۰			
۱۹۸۶/۱۱/۲۹	ادغامی بر روی عراق	۱۹۸۷/۳/۴	سودانی مسیر ب
۱۹۸۶/۱۱/۳۰		۱۹۸۷/۳/۲	
		۱۹۸۷/۳/۳	
		۱۹۸۷/۳/۴	
۱۹۹۴/۱۱/۱۶	ادغامی بر روی عراق	۱۹۹۳/۲/۱	ادغامی بر روی عراق
۱۹۹۴/۱۱/۱۷		۱۹۹۳/۲/۲	
		۱۹۹۳/۲/۳	
۲۰۰۰/۱/۲۷	سودانی مسیر الف	۱۹۹۹/۳/۱	سودانی مسیر ب
۲۰۰۰/۱/۲۸		۱۹۹۹/۳/۲	
۲۰۰۰/۱/۲۹			
۱۹۸۹/۱۲/۳	سودانی مسیر الف	۲۰۰۲/۱/۷	ادغامی شرق مدیترانه
۱۹۸۹/۱۲/۴		۲۰۰۲/۱/۸	

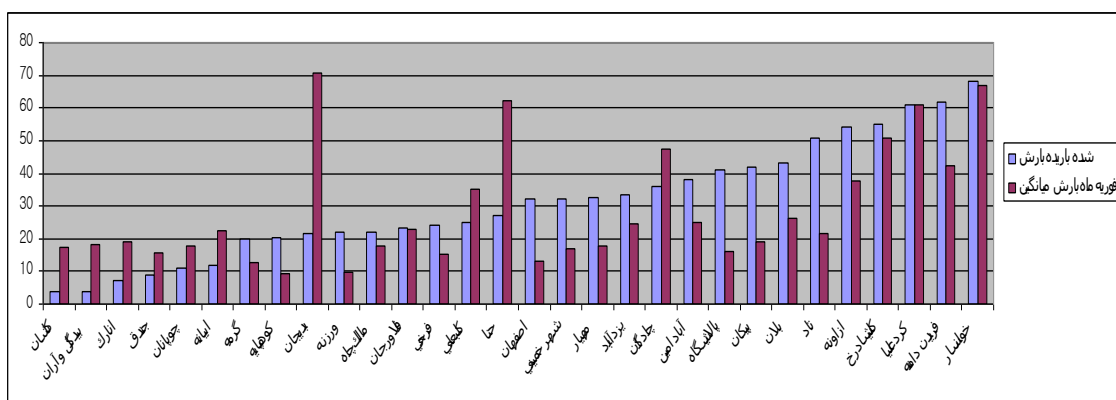
از بین این الگوهای تعریف‌شده، چهار الگو برای سامانه‌هایی تعریف شد که در استان ایجاد بارش شدید می‌کنند. برای تهیه نقشه‌های هم‌باران این الگوها با توجه به دهانه‌ی ورودی طوفان، جهت شارش جریان‌ها با کوه و موقعیت توپوگرافی ایستگاه‌ها، همبستگی معناداری بین ارتفاع و بارش دیده نشد، بنابراین این نقشه‌ها در محیط GIS و با استفاده از روش IDW<sup>۱</sup> بدون لحاظ این رابطه رسم شدند.

## یافته‌های تحقیق

الگوهای انتخاب‌شده شامل الگوهای زیر هستند:

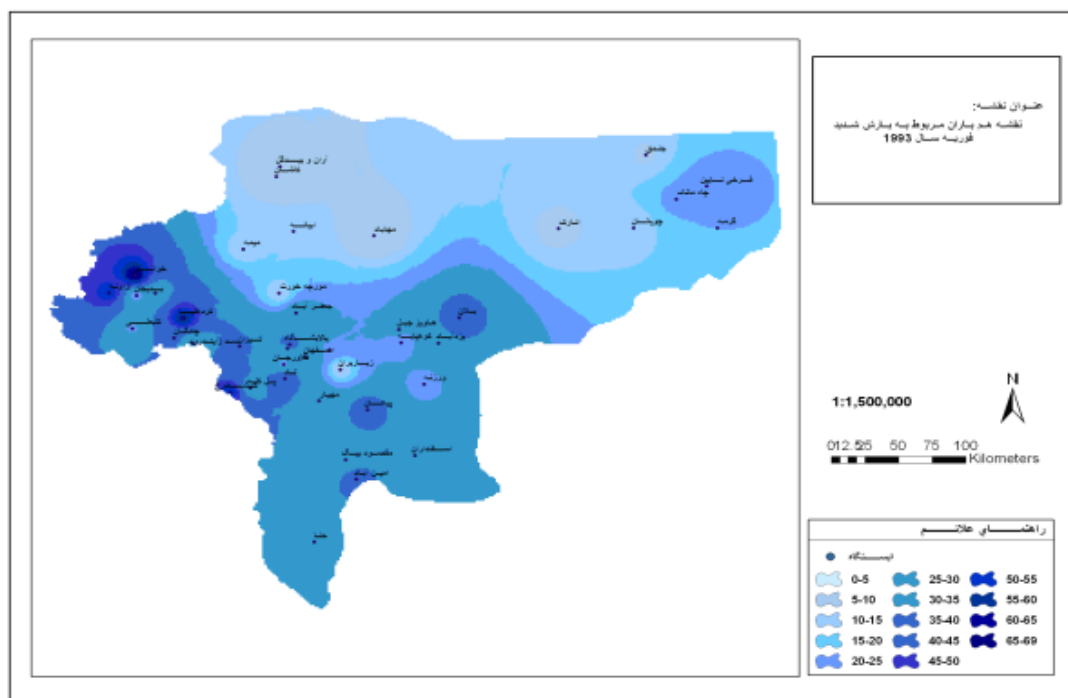
### ۱- ادغامی کم‌فشار سودانی با کم‌فشار مدیترانه روی عراق (۳-۱۹۹۳/۲/۱)

این سامانه‌ی بارش‌زا که ادغام‌شده‌ی دو کم‌فشار سودان و مدیترانه روی عراق هستند، از طرف غرب استان را تحت تأثیر خود قرار داده و موجب بارش شدید در بیشتر ایستگاه‌های استان شده است. شکل ۱ میزان بارش طی این سه روز و مقایسه‌ی آن با میانگین بارش ماه فوریه را در سطح ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۱. نمودار مقدار بارش دریافتی الگوی سامانه‌ی ادغامی روی عراق در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در مقایسه با میانگین بیست‌ساله‌ی بارش ماه فوریه

همان‌گونه که در این نمودار مشاهده می‌شود، به‌جز ایستگاه‌های حاشیه‌ی دشت کویر و تعدادی از ایستگاه‌های مرتفع در غرب استان که به‌واسطه‌ی ارتفاعشان، همیشه از بارش بالا و در نتیجه میانگین بارش بالا برخوردار بوده، مناطق دیگر نیز بارش‌های شدید را تجربه کرده‌اند. بیشترین میزان بارش ثبت‌شده طی ۲۴ ساعت، متعلق به ایستگاه کلیدرخ با ۵۵ میلی‌متر و بالاترین میانگین بارش ثبت‌شده طی سه روز در میان ایستگاه‌ها، متعلق به ایستگاه خوانسار با ۶۸ میلی‌متر است. شکل شماره‌ی ۲ نقشه‌ی هم‌باران این سامانه را نشان می‌دهد.

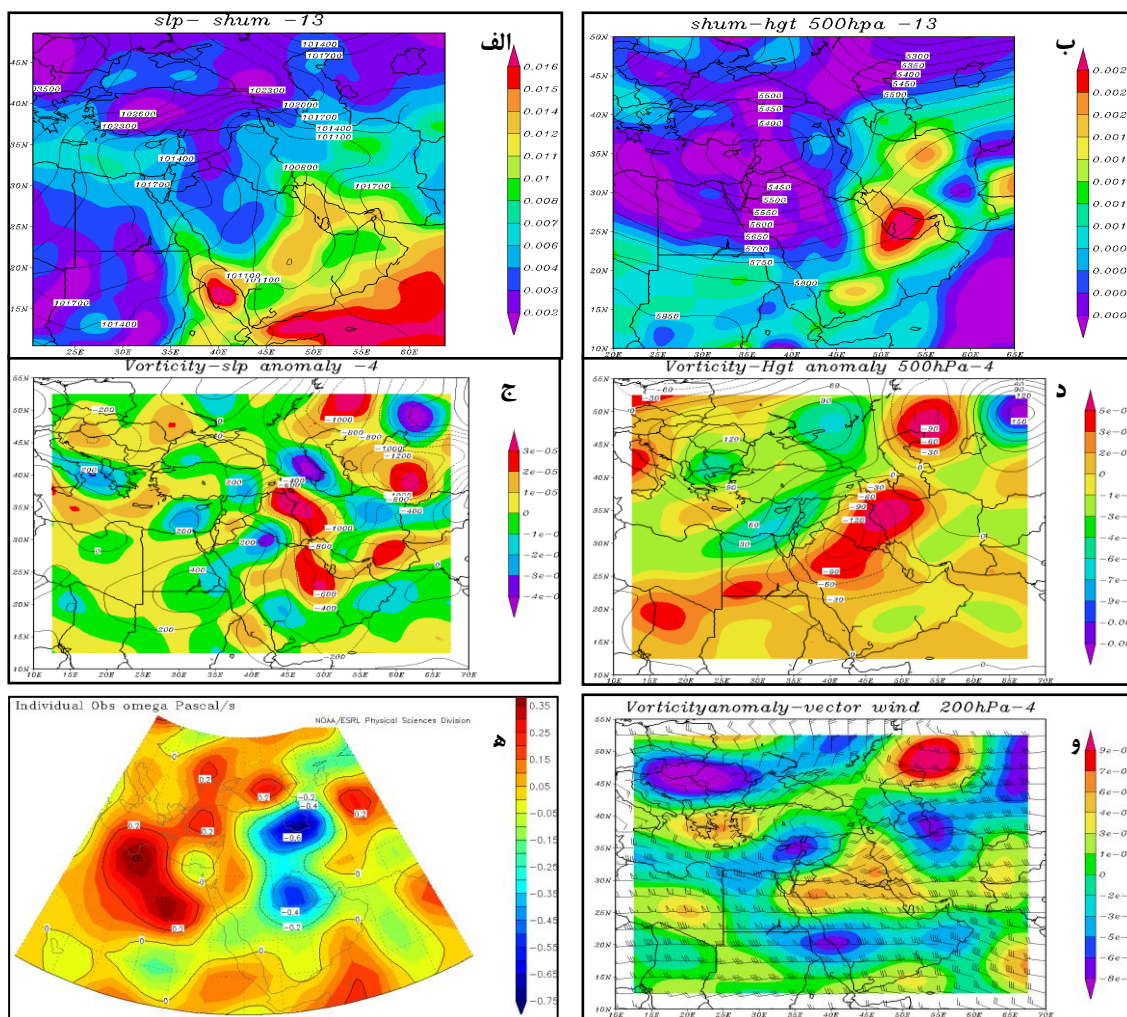


شکل ۲. نقشه‌ی هم‌باران مربوط به الگوی سامانه‌ی ادغامی روی عراق

### بررسی هم‌مدیدی نمونه‌ی ادغامی روی عراق

در این الگو از دو روز قبل از بارش شدید، جریان‌های شمالی پرارتفاع روی اروپا و بیشینه‌ی سرعت قائم مثبت روی دریای مدیترانه، فرارفت شدید هوای سرد را نشان می‌دهد که موجب تشدید شار گرمای نهان روی دریای مدیترانه شده است. این میزان انرژی چرخندی دینامیکی را در شرق مدیترانه ایجاد و تقویت می‌کند. دینامیکی شدن این چرخند و همراهی آن با ناوه‌ی تراز فوقانی، موجب تشدید جریان‌های شمالی از تراز دریا تا ترازهای بالاتر در عقب ناوه و تقویت ناوه می‌شود. عمیق شدن ناوه و نفوذ جریان‌های سرد شمالی تا عرض‌های پایین روی شمال آفریقا، موجب تقویت و فعالیت مرکز کم‌فشار سودانی می‌شود. افت شدید فشار روی خلیج فارس و شمال عربستان و همراهی آن با گستره‌ی تاوایی مثبت در این منطقه، در ۲۴ ساعت پیش از بارش، نشان‌دهنده‌ی گسترش زبانه‌های این کم‌فشار تا خلیج فارس است. نقشه‌های هم‌مدیدی و تاوایی در روز اول بارش، حرکت شرق سوی سامانه‌ی مدیترانه را نشان می‌دهد. افزون بر این، تقویت زبانه‌های پرفشار در سطح زمین روی جنوب و شرق عربستان و همراهی آن با پرارتفاع ترازهای بالاتر و گستره‌ی تاوایی منفی در تمام ترازها، موجب جابه‌جایی ناوه به طرف عرض‌های بالاتر شده است. سامانه‌ی کم‌فشار سودانی در امتداد جریان‌های جلوی ناوه، ضمن حرکت به سمت شرق، به طرف عرض‌های بالاتر حرکت کرده و ضمن ادغام با سامانه‌ی مدیترانه‌ای روی عراق، از سمت غرب وارد ایران شده است. در روز اوج بارش، سامانه‌ی کم‌فشار در راستای شمالی و جنوبی، روی نیمه‌ی غربی ایران و منطقه‌ی اصفهان در جلوی این سامانه قرار گرفته است. کاهش شدید فشار در مرکز ایران و فرارفت شدید تاوایی مثبت در تراز سطح دریا و گستره‌ی فرارفت تاوایی مثبت در ترازهای فوقانی جو، موجب افزایش همگرایی (شکل شماره‌ی ۳ - ه) در سطح شده است. نقشه‌های نم و ویژه، وجود رطوبت کافی در تراز

زیرین و فوقانی جو را برای ایجاد همرفت عمیق و بارش شدید روی منطقه‌ی مورد مطالعه نشان می‌دهد. تقویت جت جنب حاره با بالاترین سرعت در شمال عربستان (۶۵ متر بر ثانیه) و قرارگرفتن مرکز کم‌فشار سطح زمین در منطقه‌ی واگرایی سطح بالا در قسمت خروجی هوای سرد و فرارفت تاوایی مثبت روی شمال عربستان، عراق و غرب ایران در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال موجب تقویت سامانه‌ی کم‌فشار سطح زمین شده است. (شکل شماره ۳-و).

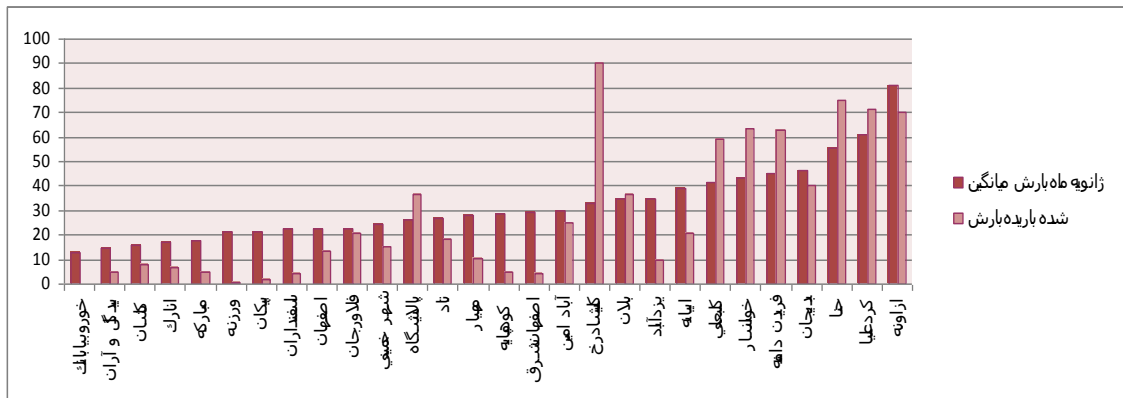


شکل ۳. نقشه‌های مربوط به الگوی نمونه ادغامی بر روی عراق. الف) وضعیت همیدی و نم ویژه تراز سطح دریا. ب) وضعیت همیدی و نم ویژه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ج) ناهنجاری فشار ساعت ۰۰ روز ۱۹۹۳/۲/۳ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز سطح دریا. د) اختلاف ارتفاع ساعت ۰۰ روز ۱۹۹۳/۲/۳ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ه) سرعت قائم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. و) بردار جهت و سرعت باد و فرارفت تاوایی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال.

## ۲- ادغامی کم‌فشار سودان و کم‌فشار مدیترانه در شرق دریای مدیترانه (۸ و ۲۰۰۲/۱/۷)

این الگو هم مشابه الگوی پیشین، تشکیل شده از دو کم‌فشار است با این تفاوت که در این الگو، دو کم‌فشار روی شرق دریای مدیترانه با هم ادغام شده و با حرکت به سوی شرق، موجب بارش در استان اصفهان شده است. شکل شماره ۴ نشان‌دهنده‌ی میزان بارش در این دو روز و مقایسه‌ی آن با میانگین بارش ماهانه‌ی بیست‌ساله است.

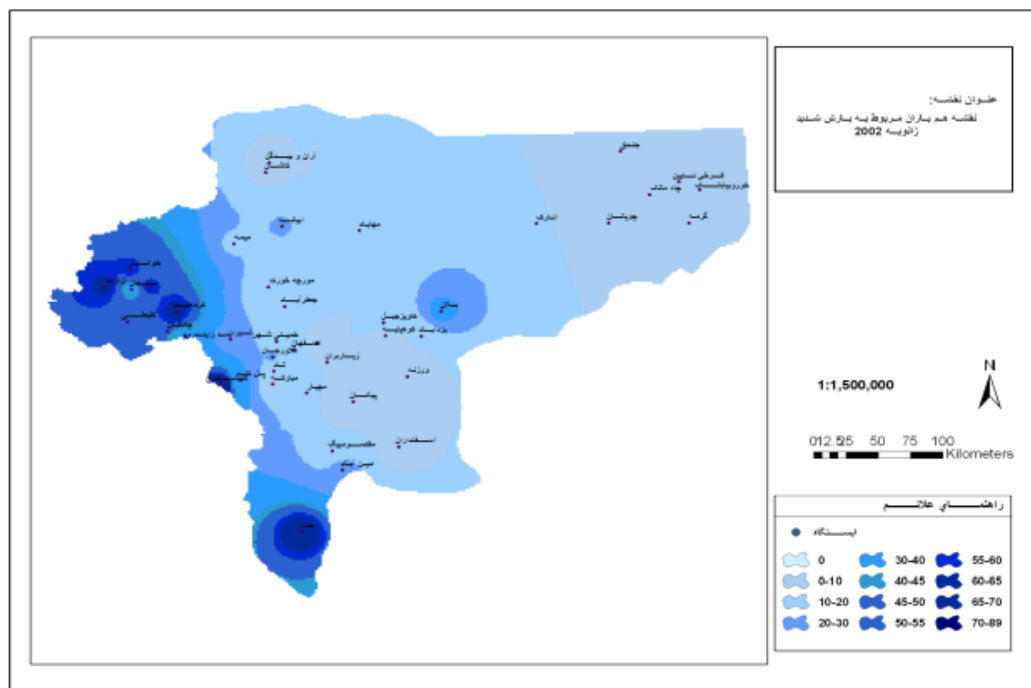




شکل ۴. نمودار مقدار بارش دریافتی الگوی سامانه‌ی ادغامی روی شرق دریای مدیترانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در مقایسه با میانگین بیست‌ساله‌ی بارش ماه زائویه

همان‌گونه که نمودار نشان می‌دهد، این الگو موجب بارش‌های شدید در ایستگاه‌های غربی استان شده است. بارش این الگو در ایستگاه‌های شرقی صفر یا کمتر از ۵ میلی‌متر است.

بیشترین میزان بارش طی ۲۴ ساعت با ۶۹ میلی‌متر و بالاترین میانگین بارش طی دو روز با ۹۰ میلی‌متر، متعلق به ایستگاه کلیشادریخ است. شکل شماره‌ی ۵ نقشه‌ی هم‌باران مربوط به این مورد مطالعاتی است.



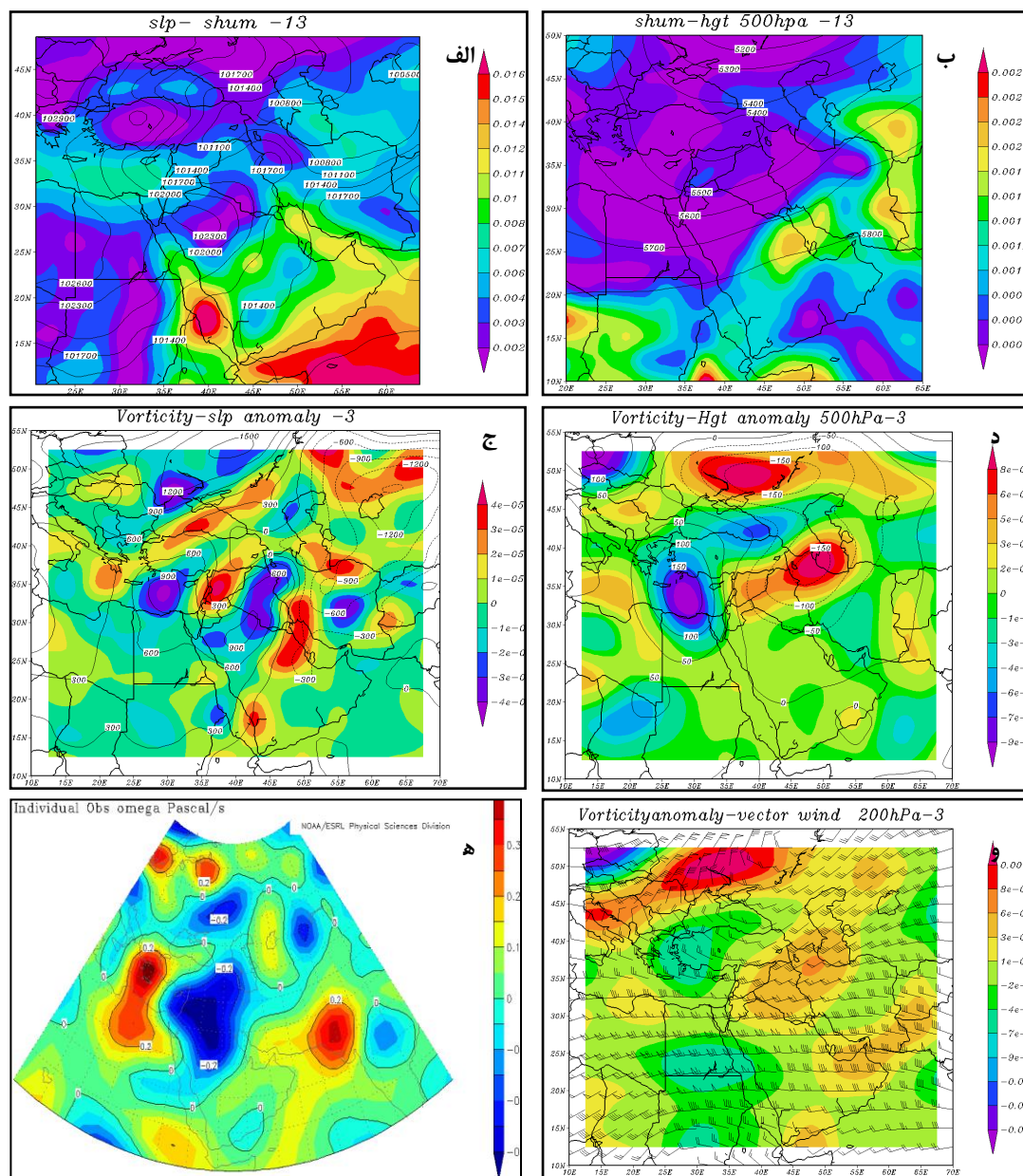
شکل ۵. نقشه‌ی هم‌باران مربوط به الگوی سامانه‌ی ادغامی روی شرق دریای مدیترانه

### بررسی هم‌دیدگی نمونه‌ی ادغامی در شرق دریای مدیترانه

در این الگو از ۴۸ ساعت پیش از آغاز بارش، قرارگیری مرکز پرفشاری روی غرب اروپا در تراز سطح دریا و همراهی آن با جریان‌های شمالی در عقب ناوه در تراز فوقانی جو، موجب ریزش هوای سرد روی آب‌های گرم دریای مدیترانه و افزایش شار گرمای نهان روی این دریا شده است. این مرکز گرمای نهان، موجب ایجاد و تقویت یک مرکز چرخند روی دریای مدیترانه شده است. عمیق‌شدن چرخند و نفوذ ناوه تا عرض‌های پایین، هوای سرد را به شمال آفریقا منتقل می‌کند. قرارگیری مرکز کم‌فشار روی سودان در قسمت همگرایی تراز فوقانی جو، موجب ترمودینامیکی‌شدن کم‌فشار و گسترده‌ترشدن زبانه‌های این کم‌فشار روی دریای سرخ و نیمه‌ی شرقی عربستان شده است. از سوی دیگر، قرارگیری مرکز پرفشاری در غرب ایران و نفوذ زبانه‌های پرفشار تا شمال عربستان همراه با تاوایی منفی روی این مناطق در تراز دریا و قرارگیری یک پشته روی نیمه‌ی جنوبی ایران در ترازهای فوقانی جو، موجب تقویت شرایط پرفشاری در ترازهای زیرین شده و اجازه‌ی نفوذ ناوه را به سمت شرق نداده است و در نتیجه زبانه‌های کم‌فشار روی سودان، به جای گسترش به سمت شمال شرق، در راستای شمالی تا شرق دریای مدیترانه نفوذ کرده و ۲۴ ساعت پیش از شروع بارش در منطقه، در شرق دریای مدیترانه با مرکز کم‌فشار مدیترانه ادغام‌شده و پس از تشکیل یک سامانه‌ی باران‌زا، از طرف غرب وارد ایران شده است.

در روز اول بارش پشته‌ی روز قبل در ترازهای فوقانی جو، به سمت شرق جابه‌جاشده و مرکز پرفشار سطح زمین نیز روی نیمه‌ی جنوبی ایران قرار گرفته است. گستره‌ی کاهش فشار روی ایران در تراز سطح دریا، نشان‌دهنده‌ی جابه‌جایی و تضعیف زبانه‌های همین پرفشار و گسترش زبانه‌های کم‌فشار روی نیمه‌ی شمالی و غربی ایران است. پرفشار نیمه‌ی جنوبی ایران اجازه‌ی نفوذ سامانه‌ی کم‌فشار را روی این منطقه نداده و موجب کاهش بارش در ایستگاه‌های شرقی استان شده است. گستردگی زبانه‌های پرفشار روی عربستان و جریان‌های واچرخندی آن، موجب فرارفت هوای گرم و مرطوب از روی دریای سرخ و خلیج فارس در جلوی کم‌فشار سطح زمین و تقویت آن شده است. در روز اوج بارش مرکز کم‌فشار روی غرب ایران قرار گرفته است. شکل شماره‌ی ۶ (ج و د)، به ترتیب میزان فرارفت تاوایی مثبت را در تراز سطح دریا و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد. مرکز فرارفت تاوایی مثبت در تراز سطح دریا، در جنوب غرب ایران و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، در شمال غرب ایران قرار گرفته است، این میزان انرژی موجب تقویت و تکوین کم‌فشار سطح زمین شده است.

نقشه‌های نم و ویژه (شکل ۶- الف و ب) رطوبت را در لایه‌ی ضخیمی از جو در امتداد جریان‌ها نشان می‌دهد. از سوی دیگر قرارگیری هسته‌ی جت در شمال دریای سرخ و امتداد آن تا غرب ایران در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال، موجب افزایش سرعت بالاروی (شکل ۶- ه) و همرفت عمیق روی نیمه‌ی غربی ایران شده است.



شکل ۶: نقشه‌های مربوط به الگوی نمونه‌ی ادغامی روی مدیترانه. الف) وضعیت همیدی و نم‌ویزه‌ی تراز سطح دریا. ب) وضعیت همیدی و نم‌ویزه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ج) ناهنجاری فشار ساعت ۰۰ روز ۲۰۰۲/۱/۸ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز سطح دریا. د) اختلاف ارتفاع ساعت ۰۰ روز ۲۰۰۲/۱/۸ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ه) سرعت قائم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. و) بردار جهت و سرعت باد و فرارفت تاوایی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال.

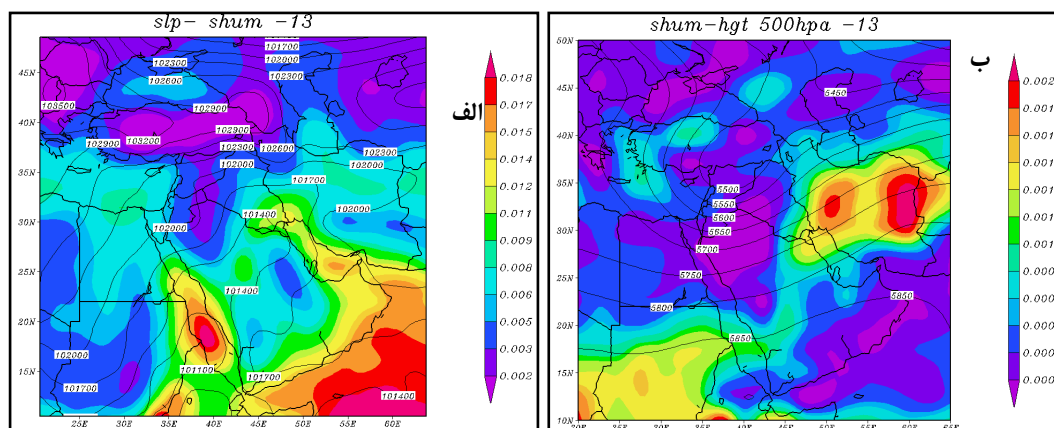
### ۳- کم‌فشار سودانی ورودی از مسیر الف (۴ و ۱۹۸۹/۱۲/۳)

در این الگو زبانه‌های کم‌فشار سودانی از روی سودان به سمت شمال شرق کشیده شده و از روی خوزستان وارد ایران شده است. این کم‌فشار به تنهایی، موجب ایجاد بارش در استان شده است. شکل شماره ۷ میزان بارش طی دو روز را با میانگین بارش بیست‌ساله‌ی ماه دسامبر نشان می‌دهد.

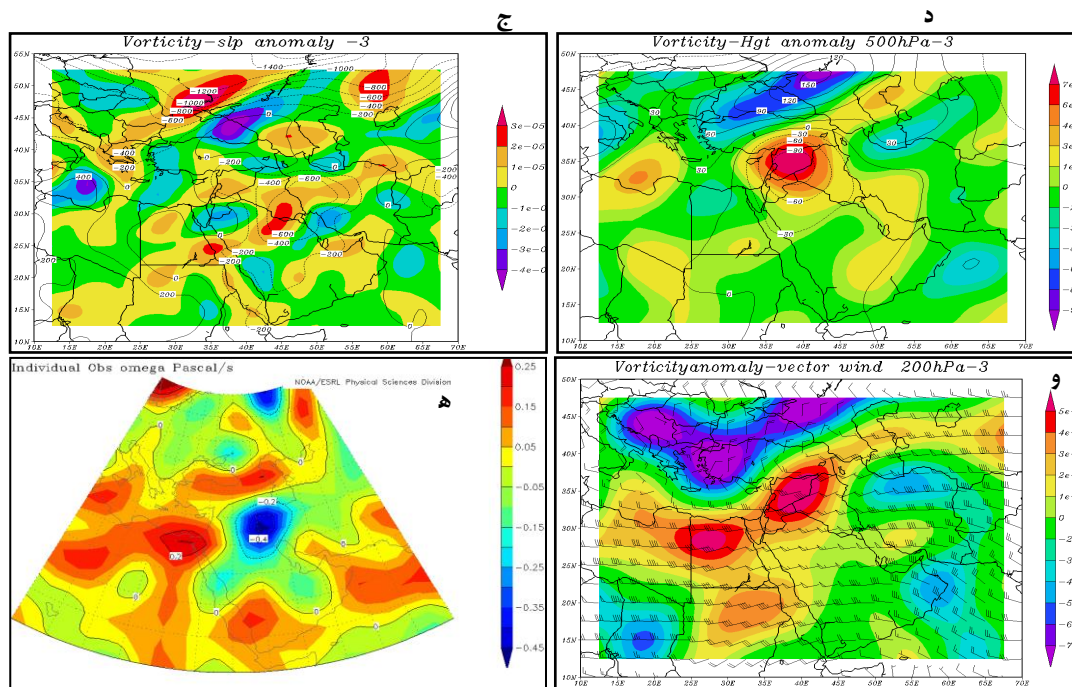


### بررسی همدیدی نمونه سودانی ورودی از روی خوزستان (مسیر الف)

در این الگو از ۴۸ ساعت پیش از آغاز بارش، قرارگیری مرکز پرفشار تراز سطح دریا در غرب دریای سیاه و گستردگی زبانه‌های آن روی دریای مدیترانه و گستره‌ی تاوایی منفی و همراهی آن در ترازهای فوقانی با بیشینه‌ی سرعت قائم مثبت روی این دریا، مانع شکل‌گیری سامانه‌ی کم‌فشار مدیترانه‌ای شده است. مرکز کم‌ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روی روسیه قرار گرفته و محور ناوه در راستای شمال‌شرقی - جنوب‌غربی تا شرق دریای مدیترانه نفوذ کرده است. جریان‌های شمالی در عقب ناوه، موجب ریزش هوای سرد روی سوریه، مصر و شمال عربستان شده است. از سوی دیگر، زبانه‌های مرکز کم‌فشار از روی سودان در امتداد جریان‌های ناوه‌ی تراز فوقانی جو با عبور از روی دریای سرخ و کسب انرژی از مرکز شار گرمای نهان این دریا، به سمت شمال‌شرق تا روی عراق نفوذ کرده است. ۲۴ ساعت پیش از آغاز بارش تقویت زبانه‌های مرکز پرفشار روی تبت در جنوب و شرق شبه‌جزیره‌ی عربستان و همچنین قرارگیری مرکز پرفشاری روی شرق ایران، همراه با افزایش فشار و تاوایی منفی، از تمایل حرکت به سوی شرق کاسته است. مرکز پرفشار غرب دریای سیاه نیز تقویت شده و زبانه‌های آن تا غرب دریای خزر گسترده شده است. در روز اول بارش، زبانه‌های پرفشار روی ایران و عربستان و همچنین زبانه‌های پرفشار غرب دریای خزر تضعیف شده و زبانه‌های کم‌فشار سودانی روی خلیج فارس گسترده شده‌اند. در روز دوم بارش، گستره‌ی کاهش فشار روی نیمه‌ی غربی ایران و فرارفت تاوایی مثبت، نفوذ زبانه‌های کم‌فشار از روی خوزستان را نشان داده و در ساعات بعد با تشکیل مرکز کم‌فشاری روی غرب ایران، موجب بارش سنگین در منطقه‌ی مورد مطالعه شده است. همراهی این زبانه‌های کم‌فشار با افت فشار و تاوایی مثبت روی منطقه‌ی مورد مطالعه در تراز دریا و افت ارتفاع و فرارفت تاوایی مثبت روی سوریه و غرب عراق در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و همچنین حداکثر نم ویژه از تراز دریا تا تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، موجب ایجاد بارش شدید در منطقه شده است. بیشترین سرعت باد (۶۵ متربرثانیه) روی شمال عربستان قرار داشته که به دو شاخه تقسیم شده و شاخه‌ی شمالی تا شمال شرق ایران امتداد پیدا کرده است. فرارفت تاوایی مثبت در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در شمال مصر و روی سوریه مشاهده می‌شود.



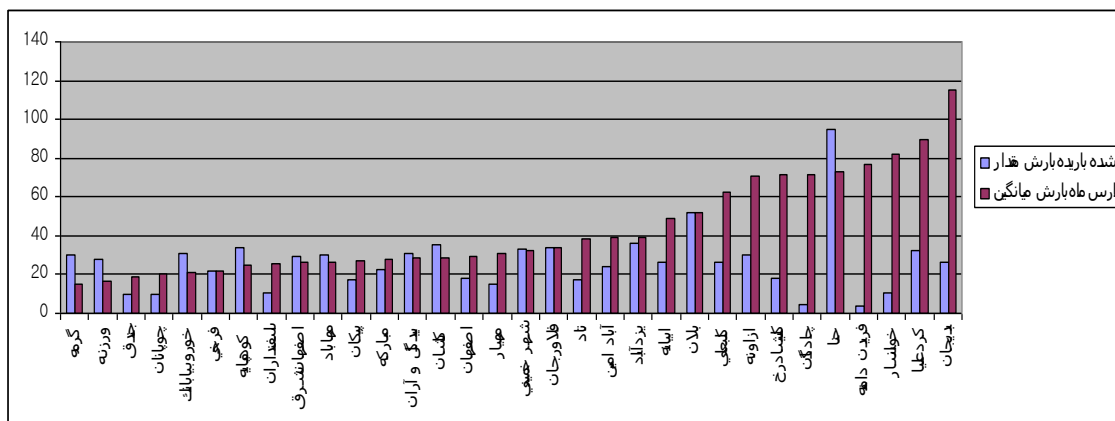
شکل ۹. نقشه‌های مربوط به الگوی سودانی ورودی از روی خوزستان (مسیر الف). (الف) وضعیت همدیدی و نم ویژه‌ی تراز سطح دریا. (ب) وضعیت همدیدی و نم ویژه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال



ادامه‌ی شکل ۹. نقشه‌های مربوط به الگوی سودانی ورودی از روی خوزستان (مسیر الف). ج) ناهنجاری فشار ساعت ۰۰ روز ۱۹۸۹/۱۲/۴ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز سطح دریا. د) اختلاف ارتفاع ساعت ۰۰ روز ۱۹۸۹/۱۲/۴ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ه) سرعت قائم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. و) بردار جهت و سرعت باد و فرارفت تاوایی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال.

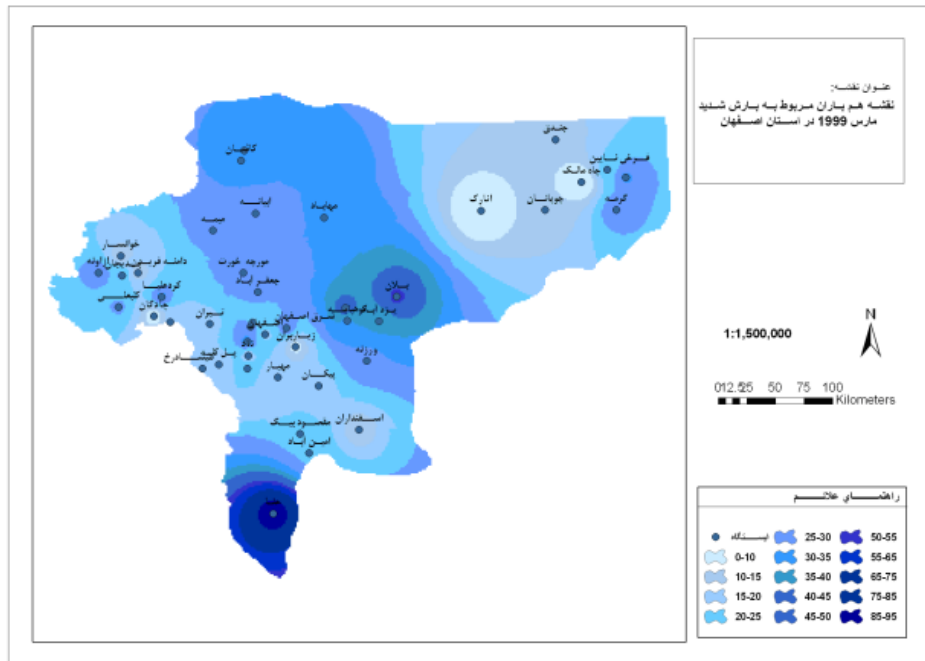
#### ۴- کم فشار سودانی ورودی از مسیر ب (۲ و ۱/۳/۱۹۹۹)

در این الگو نیز مانند الگوی پیشین سامانه‌ی سودانی به‌سوی شمال شرق، از روی بوشهر وارد ایران شده است. این کم‌فشار موجب بارش‌های شدید روی مرکز و شرق استان شده است. شکل شماره ۱۰ میزان بارش طی دو روز را با میانگین بارش بیست‌ساله‌ی ماه مارس نشان می‌دهد.



شکل ۱۰. مقدار بارش دریافتی از الگوی سامانه‌ی سودانی (مسیر ب) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقایسه با میانگین بارش بیست‌ساله‌ی ماه مارس

در این الگو بالاترین بارش ثبت شده طی ۲۴ ساعت (۵۲ میلی‌متر) مربوط به ایستگاه بلان و بالاترین بارش طی سه روز بارندگی به ایستگاه حنا (۹۵ میلی‌متر) اختصاص دارد. آنچه در این الگو قابل توجه است، بارش‌های بالاتر از ۳۰ میلی‌متر طی ۲۴ ساعت در مناطق حاشیه‌ی دشت کویر و بارش‌های نه‌چندان زیاد در ایستگاه‌های غربی است.

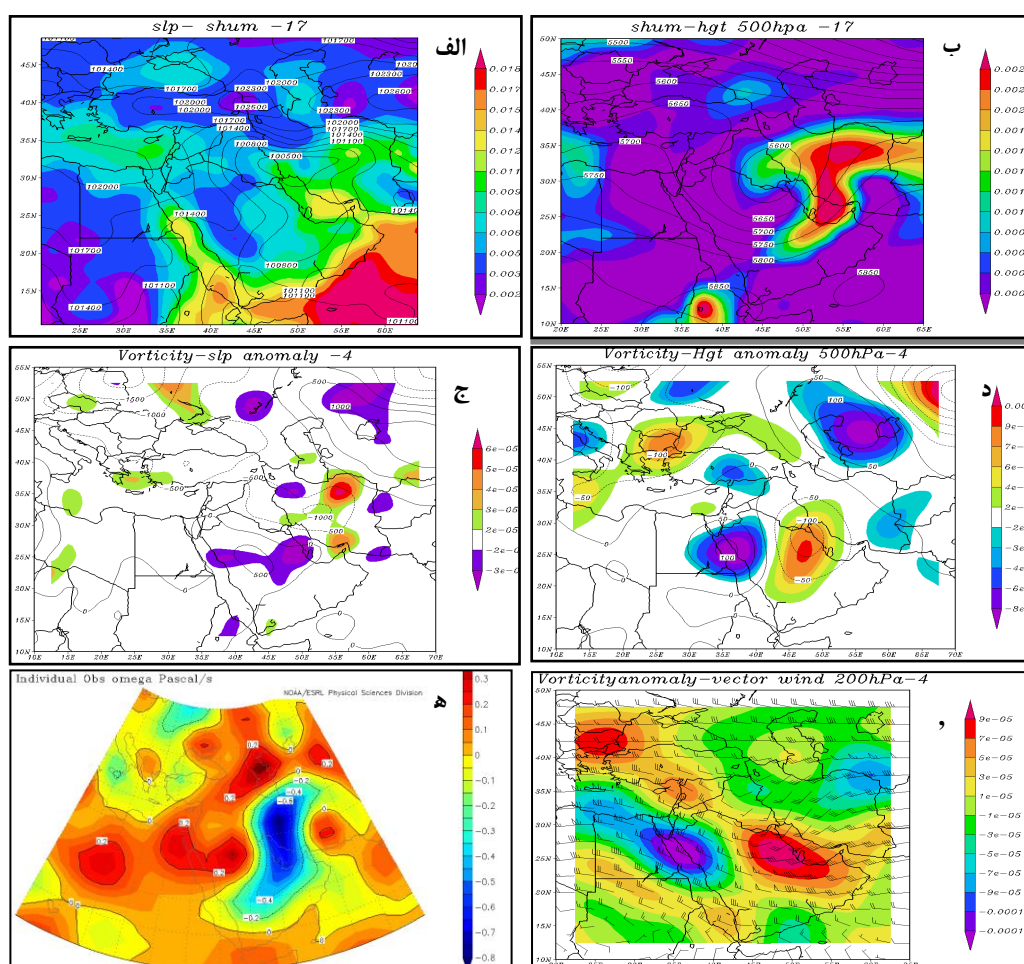


شکل ۱۱. نقشه‌ی هم‌باران مربوط به سامانه‌ی سودانی (مسیر ب)

### بررسی هم‌مدیدی نمونه سودانی ورودی از روی بوشهر (مسیر ب)

در این نمونه نیز آرایش سامانه‌ها را در تراز سطح زمین، کم‌فشار سودانی و دو پرفشار روی اروپا و شرق ایران تعیین می‌کنند. در این الگو قرارگیری مرکز پرفشاری روی اروپا و گسترش دامنه‌ی این پرفشار روی دریای مدیترانه و شکل‌گیری مرکز پرفشار دیگر، در دامنه‌ی این پرفشار در شرق ترکیه و گسترش زبانه‌های آن روی عراق از یک سو و از سوی دیگر، تضعیف زبانه‌های پرفشار روی فلات تبت در جنوب و شرق عربستان، موجب شده که سامانه‌ی سودانی به سمت شرق متمایل شده و از روی بوشهر وارد ایران شود. در روز اول، بارش پرفشار سطح زمین در شمال غرب ایران روی ترکیه تقویت شده و با دو مرکز در این قسمت دیده می‌شود. مرکز کم‌فشاری هم که روز پیش در جنوب خلیج فارس شکل گرفته بود، تقویت شده و زبانه‌های آن نیمه‌ی غربی و جنوبی ایران را در بر گرفته است. ناوهِ تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هم که در روزهای پیش روی دریای مدیترانه تقویت شده بود، در این روز با مرکز کم‌ارتفاعی در شمال شرق دریای سرخ قرار گرفته است. در روز اوج بارش مرکز پرفشار غرب دریای خزر تضعیف شده، اما زبانه‌های آن هنوز شمال غرب ایران را در بر گرفته است. مرکز کم‌ارتفاع تراز فوقانی جو با حرکت شرق سوی ناوه، در جنوب عراق دیده می‌شود. تقویت این مرکز موجب تقویت چرخند سطح زمین شده، به گونه‌ای که در این روز در راستای شمالی - جنوبی

نیمه‌ی غربی و مرکزی ایران را در بر گرفته است. نقشه‌های نم و ویژه (شکل ۱۲- الف و ب) نشان‌دهنده‌ی حداکثر فرارفت هوای گرم و مرطوب در جلوی کم‌فشار سطح زمین تا تراز فوقانی جو در امتداد جریان‌های جلو ناوه از روی اقیانوس هند و خلیج فارس روی منطقه‌ی مورد مطالعه است. فرارفت تاوایی مثبت، همراه با افت شدید فشار روی کوه‌های بختیاری و فرارفت تاوایی مثبت و کاهش ارتفاع در شمال شرق عربستان در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با این سامانه‌ی باران‌زا همراهی می‌کنند (شکل شماره ۱۲- ج و د). عمیق شدن ناوه‌ی تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال روی عربستان، موجب شده مرکز ایران در قسمت جلو ناوه قرار گرفته و همزمان دو عامل انحنا و چینش افقی باد، این قسمت را تحت تأثیر قرار بدهند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، فرارفت تاوایی مثبت و افت فشار در تمام ترازها، موجب افزایش سرعت بالاروی (شکل شماره ۱۲- ه) شده و همراهی آن با رطوبت کافی در ترازهای مختلف جو، موجب همرفت عمیق و بارش شدید روی منطقه‌ی مورد مطالعه شده است.



شکل ۱۲. نقشه‌های مربوط به الگوی سودانی ورودی از روی خوزستان (مسیر الف). الف) وضعیّت همدیدی و نم و ویژه‌ی تراز سطح دریا. ب) وضعیّت همدیدی و نم و ویژه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ج) ناهنجاری فشار ساعت ۰۰ روز ۱۹۹۹/۳/۲ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز سطح دریا. د) اختلاف ارتفاع ساعت ۰۰ روز ۱۹۹۹/۳/۲ نسبت به ۲۴ ساعت قبل و فرارفت تاوایی در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. ه) سرعت قائم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال. و) بردار جهت و سرعت باد و فرارفت تاوایی در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال.



## بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به گستردگی استان اصفهان و تفاوت موقعیت بین ایستگاه‌های غربی و شرقی استان، سامانه‌هایی که موجب ایجاد بارش سنگین می‌شوند، متفاوت بوده و هر یک از سامانه‌ها موجب بارش شدید در قسمت‌هایی از استان می‌شوند. سامانه‌های تأثیرگذار به شرح زیر هستند:

الف) عمده بارش‌های سنگین در شرق استان را سامانه‌های سودانی‌ای ایجاد می‌کنند که از روی بوشهر وارد ایران شده باشند. این سامانه‌ها با گردش چرخندی خود رطوبت را از روی اقیانوس هند و دریاهای جنوبی، از جمله دریای عمان، روی مرکز ایران منتقل کرده و به بارش شدید منجر می‌شوند.

ب) سامانه‌هایی که بیشتر روی مرکز استان ایجاد بارش شدید کرده، سامانه‌هایی هستند که از روی سودان به طرف شمال شرق کشیده شده و از روی خوزستان (مسیر الف) وارد ایران شده‌اند.

ج) سامانه‌های الگوی ادغامی مدیترانه‌ای و سودانی روی شرق دریای مدیترانه نیز، موجب بارش‌های شدید در غرب استان می‌شوند.

د) سامانه‌های الگوی نوع ادغامی مدیترانه‌ای و سودانی روی عراق، بارش‌های شدید و فراگیر روی بیشتر مناطق استان ایجاد می‌کند.

بررسی نقشه‌های الگوهای فوق بیانگر آن است که در تمام الگوها فرارفت تاوایی مثبت در شمال شرق عربستان و روی خلیج فارس، هم در تراز دریا و هم در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، بارش‌های شدید و فراگیر را روی منطقه‌ی مورد مطالعه در پی دارند. افزون بر این، در تمام الگوها، دو پرفشار روی مدیترانه و زبانه‌های پرفشار روی نیمه‌ی جنوبی ایران و شرق عربستان در تراز سطح دریا و دو پرفشار روی شبه‌جزیره عربستان و لیبی در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، نقش اصلی را در آرایش سامانه‌ها ایفا می‌کنند.

## منابع

- آزادی، مجید؛ رضازاده، پرویز؛ میرزایی، ابراهیم؛ وکیلی، غلامعلی. ۱۳۸۲، **پیش‌بینی عددی سیستم‌های زمستانی روی ایران، مطالعه‌ی مقایسه‌ای پارامترهای فیزیکی، هشتمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، شهریور ماه، دانشگاه تبریز.**
- حسینی ابری، سید حسن. ۱۳۸۲، **زاینده‌رود و اصفهان، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۷۰، صص ۸۲-۷۳.**
- سبزی‌پرور، علی اکبر. ۱۳۷۰، **بررسی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه‌ی ژئوفیزیک دانشگاه تهران.**
- لشکری، حسن. ۱۳۷۵، **بررسی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب غرب ایران، پایان‌نامه‌ی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.**
- لشکری، حسن. ۱۳۷۹، **مکانیسم تکوین منطقه‌ی همگرایی دریای سرخ، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۵۸، صص ۱۸۴-۱۶۷.**
- لشکری، حسن. ۱۳۸۱، **مسیریابی سامانه‌های ورودی به ایران، مجله‌ی مدرس، دوره‌ی ششم، شماره‌ی ۲، صص ۱۵۶-۱۳۳.**
- مشکواتی، امیرحسین؛ مرادی، محمد. ۱۳۸۳، **بررسی ناوه‌ی فشاری دریای سرخ از دیدگاه دینامیکی، نیوار، شماره‌ی ۵۲، صص ۷۴-۵۳.**

- مفیدی، عباس. ۱۳۸۳، اقلیم‌شناسی سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقه‌ی دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، صص. ۷۱-۹۳.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا. ۱۳۸۵، تعیین الگوی هم‌دیدگی بارش‌های شدید و حدی پاییزه، در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله‌ی فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۳، شماره ۳، صص ۱۵۴-۱۳۱.
- هاشمی دوفین، مهری. ۱۳۸۴، بررسی هم‌دیدگی بیشترین بارش بر روی منطقه‌ی کهکیلویه و بویراحمد، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران.
- Azadi, M., Rezazadeh, P., Mirzaee, A., Vakili, GH., 2003, **Numerical Forecasting of Winter Systems on Iran**, Comparative Study of Physical Parameters, The Eighth Fluxes Dynamic Conference, September, Tabriz University.
- Dayan, U., Margalit, Z. B., Sharon, M. E., 2001, **A Severe Autumn Storm Over the Middle, East: Synoptic and Mesoscale Convection Analysis**, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 69, PP. 103-122.
- Hashemi Dovin, M., 2005, **Synoptic Analysis Heavy Precipitation in the Kohkiloieh and Boierahmad Province**, MS.C. Thesis, Azad University, Tehran.
- Hossini, A. H., 2003, **Zayandeh Rood and Isfahan**, Geography Research Quarterly, No. 70, PP. 73-82.
- Kahana, R., Ziv, B., Enzel, Y., Dayan, U., 2002, **Synoptic Climatology of Major Floods in the Negev Desert, Israel**, International Journal of Climatology, Vol. 22, PP. 867-882.
- Lashkari, H., 1996, **Synoptic Analysis Heavy Precipitation in the West Southern of Iran**, Ph.D Thesis, Tarbiat Modares University, Tehran.
- Lashkari, H., 2000, **Mechanism of Genesis Convergence Zone Red Sea**, Geography Research Quarterly, No. 58, PP. 167-184.
- Lashkari, H., 2002, **Finding the Ways of Systems Entrance to Iran**, Modares Journal, No. 2, PP. 167-184.
- Lolis, C. J., Bartzokas, A., Katsoulis, B. D., 2004, **Relation between Sensible and Latent Heat Fluxes in the Mediterranean and Precipitation in the Greek Area during Winter**, International Journal of Climatology, Vol. 24, PP.1803-1816.
- Meshkati, A., Moradi, M., 2004, **Studies on Red Sea Trough Based on Dynamic Analysis**, Nivar, No. 52, PP. 53-74.
- Mofidi, A., 2004, **Synoptic Climatology of Flooding Precipitation Origin of Red Sea in the Middle East**, Geography Research Quarterly, No. 75, PP. 71-93.
- Mofidi, A., Zarrin, A., Janbazghobadi, GH., 2006, **Determining the Synoptic Pattern of Autumn Heavy and Extreme Precipitations on the Southern Coast of the Caspian Sea**, Journal of the Earth and Space Physics, No. 3, PP. 131-154.
- Sabziparvar, A., 1991, **Studies on the Flooding Systems in the West Southern of Iran**, MS.C Thesis, Geophysics Institute of Tehran University.
- Tsunehara, Y., 1982, **Increase in Number of Days with Heavy Precipitation in Tokyo Urban Area**, Journal of Applied Meteorology, Vol. 21, No.10, PP.1466-1471.
- Valero, F., Luna, M. and Martin, M.L., 1972, **An Overview of a Heavy Rain Event in Southeastern Iberia the Role of Large Scale Meteorology Conditions**, Annuals Geophysics Atmospheres Hydro Spheres and Space Sciences, Vol. 15, No. 4, PP.494-502.

## *Synoptic Analysis of Heavy Precipitation in the Isfahan Province*

**Lashkari H.**

Associate Prof., Dep. of Geography, Shahid Beheshti University

**Ghaemi H.**

Scientific Member of Meteorological Organization Counselor

**Hojati Z. \***

M.A. Student, Climatology, Shahid Beheshti University

**Amini M.**

M.A. Student, Climatology, Shahid Beheshti University

Received: 04/05/2011

Accepted: 30/10/2012

### **Extended Abstract**

#### **Introduction**

Iran is a dry and semidry country with precipitation less than one-fourth of the world because Iran is located in the vicinity of subtropical high pressure and is affected by such climate. Short time precipitation and falling as severe shower are climate patterns of this area. Because of topography condition and geography situation, the center of Iran has less precipitation than the other parts. Most of the systems that enter to Iran from south and south west lose more precipitation in the windward of Zagros. Sometimes these systems are invigorated after passing on mountain in some synoptic condition and cause heavy shower. Isfahan province with 10.6 million hectare area is located in the center of Iran between Zagros Mountain in the west and Central desert in the east. Climate condition and precipitation in Isfahan province is hardly affected by this situation. The mean annual precipitation about 120 mm is scattered over 85 percent of this area. Although the province vital artery that has named "Zayandeh Rood" is mainly dependent to water sources that placed in outside of this province, but supplying agricultural sector required water is dependent to precipitation and subsurface water (type of storage of precipitation). As well as Zayandeh Rood has have drought periodic. Therefore in this situation, precipitations have an important role and need management and schematization for water source to prevent wastage of water.

#### **Methodology**

For determination of synoptic pattern of heavy precipitations in Isfahan province, statistics relating to precipitation in 44 synoptic stations, climatology and rain gauge of meteorology organization as well as Ministry of Energy rain gauge station were used. Through extraction of precipitation data in stations for statistical period of 20 years (1986-2005), heavy precipitations were extracted in each one of the station. With regard to expansion of Isfahan province and

position difference between east and west of this province, criterion for heavy precipitation was the most repetitive precipitation which had occurred in each station during this statistical period. Data were sorted in SPSS software from maximum to minimum and we used the first quarter of data as heavy precipitation. Through data extraction, the heaviest and the most pervasive precipitation were identified in the province. Considering this criterion, 37 patterns were extracted. Through this patterns 4 patterns were selected. In order to determine synoptic pattern of these precipitations, data of pressure, specific humidity, orbit wind component (u), meridian wind component (v), vertical speed ( $\omega$ ), were prepared in different levels for 6 hours and two days before beginning precipitation till precipitation climax from national center environmental precaution of America (NCEP/NCAR).

### Results and Discussion

Considering meteorological maps show four patterns for heavy precipitation in the Isfahan province. Most heavy precipitation has caused by Sudan and Mediterranean low pressure merger pattern. Two low pressures have been merged due to eastern motion Mediterranean low pressure and northeast motion Sudan low pressure on Iraq. This system has accompanied with pressure reduction in Iran center and positive vorticity advection and maximum negative vertical speed on half of western Iran.

Sudan systems have entered to Iran from two ways: Khuzestan (track A) and Boshehr (track B). In these patterns, high pressure situated on Mediterranean Sea and high pressure tongues have expanded on southeast of Iran and east of Saudi Arabia. These systems were accompanied with convergence zone of atmosphere upper level and pressure increase as well as negative vorticity advection in sea level. These ingredients play important role in nutrition and determination of track in these patterns.

The fourth pattern is Sudan and Mediterranean low pressure that have merged on the east of Mediterranean Sea. In this pattern, high pressure tongues have strengthened on center and southern half of Iran and have caused Sudan low pressure moved toward north. They are merged with Mediterranean low pressure in the east of Mediterranean Sea. In spite of high pressure has weakened on southern half of Iran but has still located there. This system has moved to east and entered to Iran. Positive vorticity advection and humidity maximum in front of cyclone have caused heavy precipitations in west of the province.

### Conclusion

Patterns that cause heavy precipitations on Isfahan province include: 1- Sudan and Mediterranean low pressure merger pattern on Iraq cause the heaviest and pervasive precipitations over Isfahan. 2- Sudan and Mediterranean low pressure merger pattern on the east of Mediterranean Sea cause heavy precipitations over the west of Isfahan. 3- Heavy precipitation in center and east of the province are caused by Sudan systems which have entered to Iran from Khuzestan (track A) and Boshehr (track B) respectively.

Finding indicates that the positive cyclone advection center situated on northeast of Saudi

Arabia and over Persian Gulf both in sea level and level of 500 Hectopascal are considered as the main reasons for generation of heavy precipitations in all synoptic patterns. In addition, two high pressures on Mediterranean Sea and south of Iran and west of Saudi Arabia in the sea level and two high height on Saudi Arabia and Libya have important role in the system arrangement.

**Keywords:** *Isfahan Province, Heavy Precipitations, Synoptic Pattern, Vorticity Advection, Vertical Speed.*