

## تحلیل سینوپتیک سامانه‌های همراه با بارش سنگین و سیل‌زا در حوضه رودخانه کشکان برای دوره آماری (۱۳۸۴-۱۳۵۰)

میترا امینی<sup>۱</sup>  
حسن لشکری<sup>۲</sup>  
مصطفی کریمپور<sup>۳</sup>  
زهرا حجتی<sup>۴</sup>

### چکیده

مقاله حاضر به تحلیل سینوپتیک سامانه‌های همراه با بارش سنگین حوضه رودخانه کشکان می‌پردازد. پس از بررسی آمار ۳۴ ساله ایستگاه‌های حوضه و اطراف آن سه توفان دارای حداکثر بارش انتخاب شدند. پس از بررسی نقشه‌های هوا، رطوبت و اختلاف فشار سطح زمین و ارتفاع ۸۵۰ هکتوپاسکال از ۴۸ ساعت قبل از بارش تا پایان توفان، نتایج نشان داد که با توجه به اینکه ۳ توفان منتخب از بین شدیدترین توفان‌ها در دوره آماری انتخاب شده‌اند، علی‌رغم اینکه نمونه‌های انتخابی در فصول مختلف سال رخ داده‌اند اما سیستم به وجود آورنده آنها یکسان بوده است و الگوی سامانه‌های ادغامی مدیترانه-سودانی بالاترین بارش را ایجاد کرده است. در سه توفان منتخب شرایط سینوپتیکی حاکم بدین شرح بوده است: ۱- وجود پرفشار مستقر در شمالغربی اروپا و ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر به پشت کم فشار مستقر در شرق مدیترانه. ۲- تقویت کم فشار سودانی و حرکت آن به سمت شمالشرق. ۳- در روزهایی که حداکثر بارش در حوضه اتفاق افتاده

Email: Amini\_m\_i@yahoo.com.

۱- کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی.

۲- دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه شهید بهشتی.

۳- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران.

۴- کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی.

است این دو کم‌فشار در شرق عراق با هم ادغام شده‌اند و پرفشار مستقر در شرق ایران نیز با ریزش هوای سرد بر روی دریای عمان و عرب و از طرفی وجود واچرخند عربستان باعث انتقال رطوبت به درون سامانه کم فشار مستقر در غرب ایران و منطقه مورد مطالعه شده است و حداکثر بارش را ایجاد کرده است.

**واژگان کلیدی:** سینوپتیک، سامانه، بارش سنگین، سیل‌زا، حوضه رودخانه کشکان.

## مقدمه

بلاای طبیعی و تبعات بعد از آن همواره ذهن بشر را به خود مشغول ساخته و علی‌رغم پیشرفت‌های روزافزون دانش و تکنولوژی بشری، انسان همواره در مقابل این بلایا ضعیف می‌باشد. سیل یکی از این بلایا می‌باشد. شناخت سیل یکی از مهم‌ترین قدم‌ها در خصوص کنترل آن می‌باشد و در این مسیر داده‌ها، تجزیه و تحلیل آنها و مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی می‌توانند نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای داشته باشند. علاوه بر عوامل محیطی اولین عامل در ایجاد سیل شدت بارش است و بزرگ‌ترین سیل‌ها مربوط به بارش‌های شدید همراه با حداکثر پیک لحظه‌ای می‌باشد که در یک مقطع زمانی معین اتفاق می‌افتد. شناخت رژیم و الگوی این بارش‌ها کمک زیادی به شناسایی و پیش‌بینی این سیل‌ها خواهد کرد. در این خصوص می‌توان به کارهای زیر اشاره کرد: (Kahana, Enzel and dayan, 2002) در بررسی همدیدی و اقلیم‌شناسی سیل‌های بزرگ روی بیابان نقوه در فلسطین، با استفاده از داده‌های National Meteorological Center<sup>1</sup> برای دوره آماری ۹۴-۱۹۶۵، ۵۲ سیل بزرگ را مطالعه کردند و نشان دادند که ۳۸ درصد این سیل‌ها زمانی رخ داده است که ناوه فشاری دریای سرخ فعال می‌باشد. همچنین ۳۳ درصد نیز زمانی رخ داده است که یک چرخند مدیترانه‌ای روی سوریه قرار می‌گیرد. Sioutas and Floca، در بررسی سینوپتیکی و ترمودینامیکی طوفان‌های شمال مصر طی دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۷۶ هفت الگوی سینوپتیکی برای این طوفان‌ها مشخص کردند. Lolis and Bartzokas، (۲۰۰۴) در



بررسی وابستگی بین شار گرمای محسوس و نهان و بارندگی روی مناطقی از یونان در فصل زمستان نشان داده است که بارش‌های یونان به وسیله سامانه‌های آب و هوایی که در مناطق غرب و مرکز دریای مدیترانه به سبب وجود مکانیسم انتقال انرژی تقویت می‌شوند و جریان‌های جنوب یا جنوب غربی روی یونان را بوجود می‌آورند، شکل می‌گیرند. Lindenschmidt and Fleisch beim (۲۰۰۵) به توسعه یک سیستم مدل برای مدیریت پیش‌بینی سیل‌های کرانه‌ای در حوضه رودخانه‌های بزرگ پرداخته‌اند.

Pandora (۲۰۰۶) در جابجایی سیستم‌های سینوپتیکی و تأثیر آن بر جنوب غربی استرالیا ۲۰ الگوی سینوپتیکی را استخراج کرد. کیانی‌پور، (۱۳۷۹: ۲۱۴-۲۱۱) در بررسی رابطه بین پدیده النینو و لانیو و بارش‌های جنوبغرب ایران، وقوع پدیده النینو را همراه با کمبود بارش در جنوب غرب می‌داند. خلیج، (۱۳۸۱: چ) در مطالعه خود درباره تأثیر رشته کوه‌های زاگرس بر روی سیستم‌های کم فشار ورودی به ایران کم فشارهای دریای سرخ را پس از چرخندهای مدیترانه قرار می‌دهد ولی از لحاظ شدت بارش بیشترین نقش را به کم فشارهای دریای سرخ می‌دهد. امیدوار، (۱۳۸۱) در بررسی خود در زمینه امکان افزایش بارش با استفاده از باروری ابرها در منطقه کرمان، سامانه‌های سودانی را بهترین سامانه‌ها برای باروری ابرها می‌داند. لشکری، (۱۳۸۱: ۷۸-۵۵) در بررسی خود درباره مسیریابی سامانه‌های سودانی، ۵ مسیر عمده را برای سامانه‌های سودانی ورودی به ایران ارائه می‌دهد. وی اعتقاد دارد که در مسیر الف سامانه‌های سودانی از طریق شمال عربستان و کویت و خوزستان وارد ایران می‌شوند. احمدی گیوی و نصرافهانی، (۱۳۸۲: ۷۸-۶۶) در بررسی چرخندزایی روی دریای مدیترانه به این نتیجه رسیده‌اند که تضاد دمایی بین منطقه شمال آفریقا و دریای مدیترانه سبب ایجاد سامانه‌های کم فشار در شمال آفریقا می‌شود که ضمن حرکت به شرق، روی عربستان و دریای سرخ تقویت شده و منطقه خاورمیانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لشکری، (۱۳۸۴: ۷۸-۵۵) در تحلیل سینوپتیکی نمونه سامانه‌های سیل‌زا در جنوب و جنوبغرب ایران نشان داد که این سیل‌ها تحت تأثیر سامانه‌های سودانی تقویت شده بود که طی ۴ روز فعالیت خود در برخی از ایستگاه‌ها بیش از بارش سالانه نزولات جوی ایجاد کرد. اعرابی، (۱۳۸۵: ۱۵-۱) در تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیرماه

۱۳۷۸ در ایران نشان داد که گسترش و نفوذ سیستم کم فشار مونسون از سمت جنوب و جنوب‌شرق و سیستم‌های پرفشار مهاجر از طرف شمال باعث وقوع بارندگی در این دوره شده است.

مفیدی و همکاران، (۱۳۸۶: ۱۵۴-۱۳۱) 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 محسوب می‌شود. حجتی، (۱۳۸۷: ۱۸۸) در تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید در استان اصفهان نشان داد که بارش‌های شدید و فراگیر در سطح استان اصفهان را الگوی نوع ادغامی کم فشار مدیترانه و سودانی به وجود می‌آورند که به واسطه حرکت شرق سوی کم‌فشار مدیترانه و حرکت کم‌فشار سودان به طرف شمال شرق بر روی عراق ادغام گردیده و همراه با کاهش فشار در مرکز ایران و فرارفت تاوایی مثبت و حداکثر سرعت قائم منفی در نیمه‌غربی ایران می‌باشند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد در ایران بارش فصولی از سال افزایش نشان می‌دهد که از قبل هم زمان‌های پر بارشی بوده‌اند. این بدان معناست که بارش کشور در نیم سده گذشته (چند دهه اخیر) متمرکز شده است. دور شدن از حالت توزیع یکنواخت بارش در طول سال و حرکت به سوی یک نظام بارش متمرکز که عمده بارش در چند ماه فرو می‌ریزد برای کشور کم‌بارشی مانند ایران بسیار نامطلوب است. بهره‌برداری از آب در چنین شرایطی نیازمند مدیریت بسیار قدرتمند آب است، مسعودیان، (۱۳۹۰: ۱۳۴).

لذا شناسایی بارش‌های شدید فراگیر همراه با حداکثر بیک و به تبع آن سیل، و سامانه‌های جوی به وجود آورنده این پدیده، علاوه بر کاربرد در مطالعات آبخیزداری و طراحی مخازن ذخیره آب می‌تواند در پیش‌بینی سیل و اجرای آمادگی لازم کمک کند، تا بتوان خسارات ناشی از آن را به حداقل رساند.



## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق از داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای، دبی حداکثر روزانه و بارش روزانه مربوط به ایستگاه‌های منتخب بارانسنجی، کلیماتولوژی و سینوپتیک مربوط به سازمان هواشناسی کشور و وزارت نیرو، موجود در درون و اطراف حوضه رودخانه کشکان برای دوره آماری ۳۴ ساله (۱۳۸۴-۱۳۵۰) استفاده شده است. پس از انتخاب توفان‌های همراه با بارش سنگین و فراگیر، با استفاده از نرم‌افزار excel منحنی‌های مربوط به ارتفاع-مساحت-حجم بارش به منظور تعیین فراگیرترین و شدیدترین توفان در حوضه رسم شد.

همچنین به منظور تعیین سامانه‌های همراه با بارش سنگین در منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های هوا در تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال مربوط به سایت ncep/ncar استفاده شد. به منظور مشخص شدن منبع تأمین رطوبت توفان‌ها نیز نقشه‌های رطوبت در تراز دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال بررسی شدند. برای دقت بیشتر در مسیریابی سامانه‌ها در محیط نرم‌افزار GRADS نقشه‌های تغییر فشار و ارتفاع، ترسیم، بررسی و تحلیل شد.

## یافته‌های تحقیق

در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران، حوضه آبریز کشکان جزئی از حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان محسوب می‌گردد. این حوضه در محدوده چین خوردگی‌های زاگرس قرار گرفته و بخش مرکزی استان لرستان را شامل می‌شود و مهم‌ترین مرکز شهری آن خرم‌آباد است.

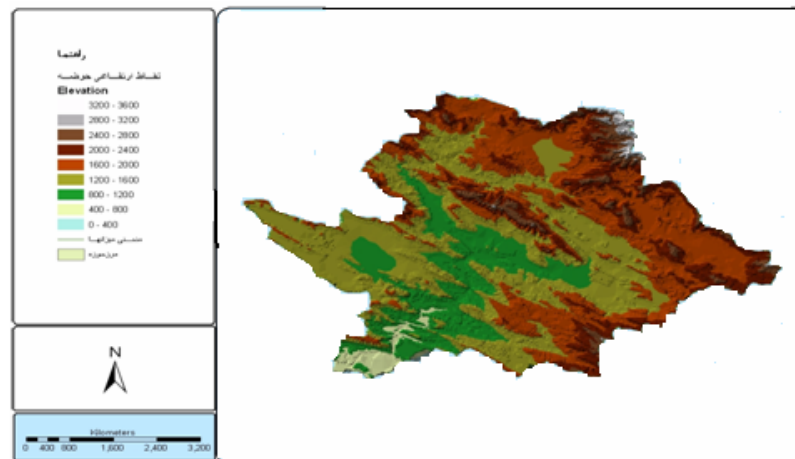
حوضه آبریز کشکان بخشی از حوضه آبریز کرخه می‌باشد که بین مختصات جغرافیایی ۵۷° ۵' تا ۳۳° ۲' ۹" عرض شمالی و ۳۶' ۱۲" ۴۱° تا ۱۲' ۱۳" ۴۲° طول شرقی، در قسمت مرکزی استان لرستان، واقع در غرب ایران قرار دارد.



شکل (۱) موقعیت حوضه رودخانه کشکان

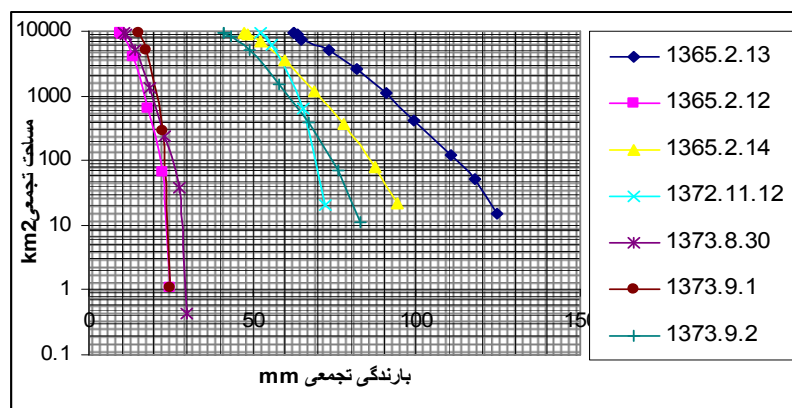
از نظر اقلیمی، منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر چند جریان مهم رطوبتی قرار دارد: جریانات کم‌فشارهای مدیترانه‌ای که از سمت غرب و مدیترانه وارد کشور می‌شوند، بخش دیگری از جریانات منشأ آنها اقیانوس اطلس شمالی بوده و نهایتاً سیستم‌های کم فشار سودانی که از جنوب غربی به ایران می‌رسند. عبور این سیستم‌ها از منطقه و وجود کوه‌های زاگرس موجب ریزش‌های مناسبی در منطقه می‌گردد که نقش مهمی در ایجاد پوشش گیاهی و جنگلی منطقه داشته است.

پس از بررسی آمار بارندگی و دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ایستگاه‌های حوضه در دوره آماری ۱۳۸۴-۱۳۵۰ سه توفان شدید و فراگیر انتخاب شدند که مربوط به تاریخ‌های ۱۳۶۵/۲/۱۴ مقارن با ۱۹۸۶/۵/۴، ۱۳۷۲/۱۱/۱۲ شمسی مقارن با ۱۹۹۴/۲/۱ و ۱۳۷۳/۹/۲ شمسی مقارن با ۱۹۹۴/۱۱/۲۳ هستند. با ترسیم منحنی‌های (ارتفاع-مساحت-حجم) مشخص شد از بین سه توفان انتخابی بیشترین بارش متوسط یک روزه در سطح تجمعی متعلق به تاریخ ۱۳۶۵/۲/۱۳ است (شکل ۳).

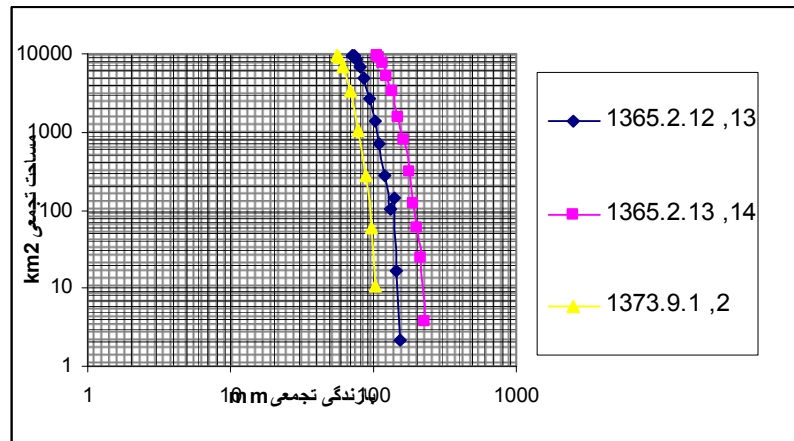


شکل (۲) توزیع ارتفاعی حوضه رودخانه کشکان

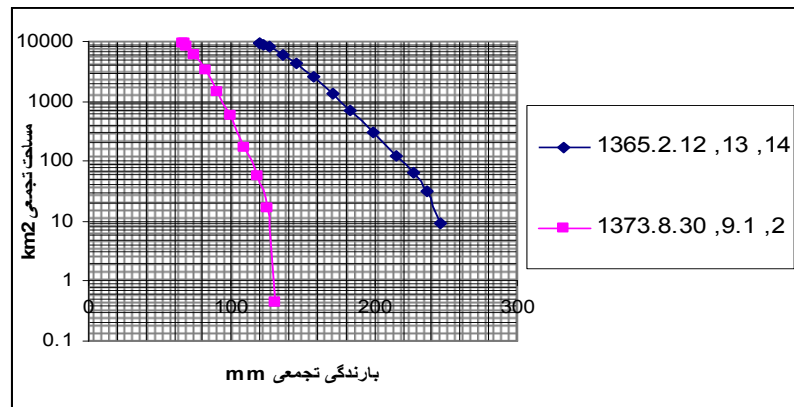
در بین بارندگی‌های دو و سه روزه نیز بدین صورت است (شکل ۴ و ۵). در هرسه نمودار ملاحظه می‌شود که منحنی مربوط به سال ۱۳۶۵ در سمت راست منحنی‌های مربوط به سال ۱۳۷۲ و ۱۳۷۳ قرار گرفته است و آنها را پوشش می‌دهد. بنابراین توفان ۱۳۶۵ قوی‌تر از دوتای دیگر عمل کرده است. حال نقشه‌های هوا و رطوبت تاریخ قوی‌ترین توفان (۴ می ۱۹۸۶ (۱۳۶۵/۲/۱۴)) به شرح زیر بررسی می‌شود.



شکل (۳) منحنی‌های ارتفاع-حجم-مساحت بارندگی‌های ۱ روزه



شکل (۴) منحنی‌های ارتفاع-حجم-مساحت بارندگی‌های ۲ روزه



شکل (۵) منحنی‌های ارتفاع-حجم-مساحت بارندگی‌های ۳ روزه

به دلیل اختصار تعدادی از نقشه‌های بررسی شده آورده شده است (همه نقشه‌ها به وقت گرینویچ می‌باشند).

شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز دریا (نقشه شماره ۱) ۴۸ ساعت قبل از شروع بارش ساعت ۰۰۰۰ را نشان می‌دهد در این نقشه مشاهده می‌شود ۱- مرکز پرفشاری با فشار



مرکزی بیش از ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در شمالغربی اروپا بسته شده است. دامنه این پرفشار در نواحی شرقی اروپا با امتداد شمالی-جنوبی تا شمال آفریقا کشیده شده است. بنابراین جریانات شمالی، شمال شرقی در نواحی شرقی اروپا تا نواحی شرقی دریای مدیترانه دیده می‌شود، که هوای سرد را به این منطقه انتقال می‌دهد. ۳- دو سلول کم‌فشار با مرکز ۱۰۰۴ هکتوپاسکال در شرق مدیترانه وجود دارد و مرکز کم‌فشار دیگری بر روی عراق با کمتر از ۱۰۰۶ هکتوپاسکال بسته شده است. این مرکز کم‌فشار در امتداد مرکز کم‌فشاری است که در شرق مدیترانه قرار دارد. ۵- در غرب سوئدان نیز کم‌فشار سوئدانی با کمتر از ۱۰۰۳ هکتوپاسکال بسته شده است که این کم‌فشار در پشت خود هوای سرد را از زبانه پرفشار مستقر در شمالغرب اروپا دریافت می‌کند. با توجه به شرایط فوق، یعنی ریزش هوای سرد در پشت و انتقال هوای گرم و مرطوب خلیج عدن و دریای سرخ به شرق کم‌فشارهای مزبور باید سبب تقویت آنها شود. به علاوه جریانات شرقی که از روی افغانستان بر روی غرب اقیانوس هند، دریای عمان و عرب هوای سرد را ریزش می‌کند سبب انتقال رطوبت و هوای گرم از دریاهاى مذکور به روی عربستان شده است. از آنجا مجدداً با جریانات جنوبی-شمالی این هوای گرم و مرطوب را به سوی نواحی شرقی عراق و غرب ایران و جلو کم‌فشار مستقر بر روی عراق انتقال می‌دهد. بنابراین مشاهده می‌گردد که از شرق مدیترانه تا غرب ایران تحت تسلط کم‌فشار قرار دارد و انتقال هوای سرد به پشت کم‌فشار و هوای گرم و مرطوب به جلو آن سبب می‌شود که کم‌فشار مستقر در شرق مدیترانه تا مرکز عراق در ۲۴ ساعت آینده گسترش یافته و تقویت شوند. این نقشه پراکنش نم ویژه را نیز نشان می‌دهد که چگونگی قرارگیری منحنی‌های نم ویژه حاکی از آن است که مرکز نم ویژه‌ای با بیش از ۱۶ g/kg روی جنوب دریای سرخ بسته شده است و تمام نواحی خلیج فارس، خوزستان، ایلام و لرستان نم ویژه‌ای بیش از ۱۲ g/kg دارند.

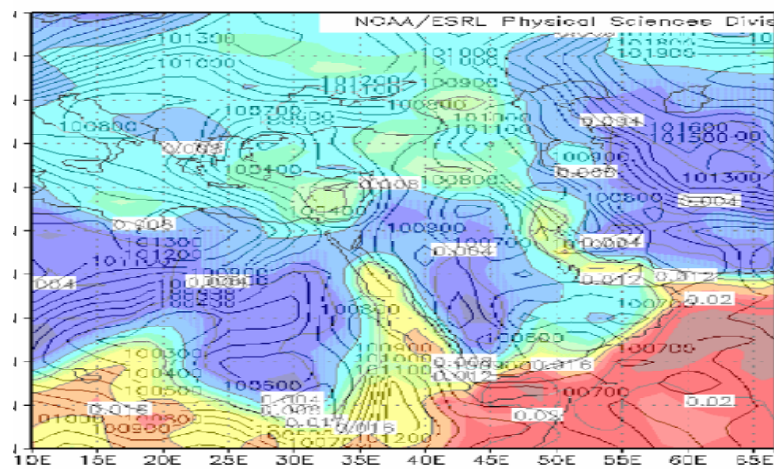
با توجه به مطالب فوق دیده می‌شود هوای گرم و مرطوب از خلیج عدن، دریای عرب و دریای عمان وارد نواحی شرقی شبه جزیره عربستان شده و از آنجا به غرب ایران انتقال یافته است.

شرایط حاکم در ۴۸ ساعت قبل از بارش در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد (نقشه شماره ۲) پرفشارهای سطح زمین با پر ارتفاعها و کم‌فشارهای سطح زمین مستقر در شرق مدیترانه، عراق و سودان با کم‌ارتفاعهای مستقر در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال همراهی می‌کنند. خط نم ویژه  $8g/kg$  در غرب ایران بسته شده که شرق استان ایلام و استان لرستان را پوشش می‌دهد. در (نقشه شماره ۳) مشاهده می‌شود، کاهش فشاری به مقدار بیش از ۲ هکتوپاسکال در شرق عراق، در شرق مدیترانه افزایش فشاری بیش از ۶ هکتوپاسکال و همچنین روی جنوب‌غربی دریای سرخ و مرکز ایران ۲ هکتوپاسکال افزایش فشار مشاهده می‌شود. با توجه به این تغییر فشار مشاهده می‌شود که روی شرق مدیترانه تا غرب عراق افزایش فشاری کند، ولی در مرکز و شرق عراق و جنوب‌غربی و غرب ایران کاهش فشار را تجربه می‌کند. در این نقشه حرکت کم‌فشار را از شرق مدیترانه به سوی نواحی غربی ایران نشان می‌دهد.

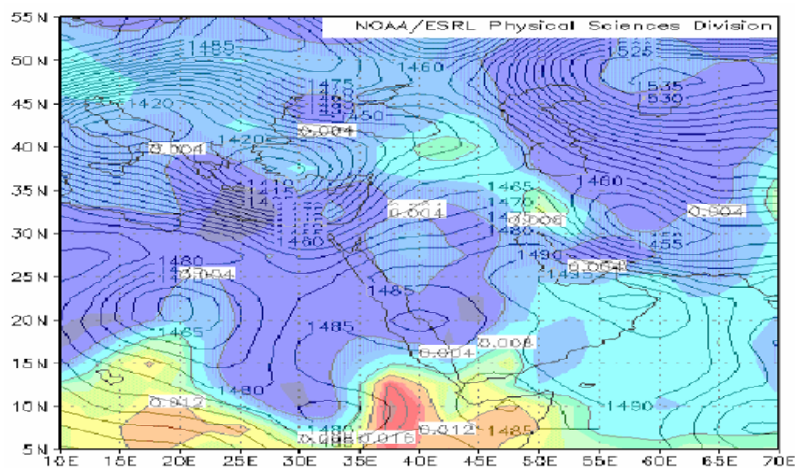
(نقشه شماره ۴) نشان می‌دهد، در غرب دریای مدیترانه افزایش ارتفاعی به مقدار ۴۰ ژئوپتانسیل متر مشاهده می‌شود که تمام غرب و شمال غرب اروپا را در بر گرفته است. دو مرکز کاهش ارتفاع یکی در شرق مدیترانه و دیگری در شمال غرب عربستان و شمال دریای سرخ قرار گرفته است. دامنه آن سوریه و غرب عراق را در بر گرفته است. تمام این منطقه تحت تأثیر کاهش فشار واقع است که مرکز آن در شرق مدیترانه بوده و دامنه آن به سوی نواحی غربی ایران در حال گسترش است. همچنین در شرق ایران ۴۰ ژئوپتانسیل متر افزایش ارتفاع مشاهده می‌شود. افزایش ارتفاع شرق ایران سبب افزایش جریانات شمال شرقی و شرقی آن روی نواحی غربی اقیانوس هند شده و از آنجا با جریانات شرق-جنوب شرق جریان هوای گرم و مرطوب دریای عمان و عرب و خلیج عدن از طریق نواحی شرقی شبه جزیره عربستان به سوی مرکز و شمال عربستان، مرکز عراق و غرب ایران انتقال می‌یابد.

در روز ۳ می (نقشه شماره ۵) ساعت ۰۰۰۰ نسبت به دو روز قبل بیشترین کاهش فشار در خاورمیانه، بین شرق مدیترانه تا شرق ایران مشاهده می‌شود. بنابراین کم‌فشارهایی که روزهای قبل در شرق مدیترانه، در عراق مستقر بودند در روز ۳ می با هم ادغام شده و

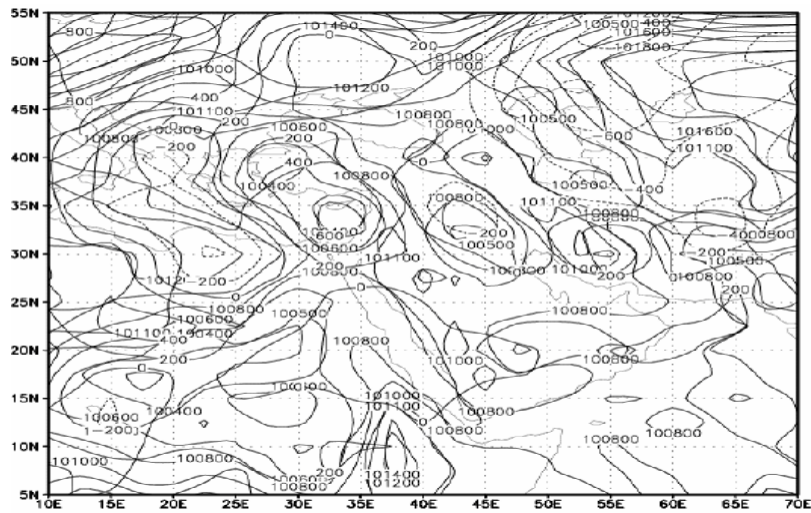
نسبت به روزهای گذشته به سمت شرق حرکت کرده‌اند و نواحی گفته شده در بالا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌علاوه زبانه‌های کم‌فشار سودانی که سراسر دریای سرخ را در بر گرفته با این کم‌فشار ادغام شده است. در واقع جریان‌های هوای گرم و مرطوب دریای سرخ به شرق مدیترانه منتقل و در آنجا با کم‌فشارهای شرق مدیترانه و نواحی خاورمیانه ادغام شده است.



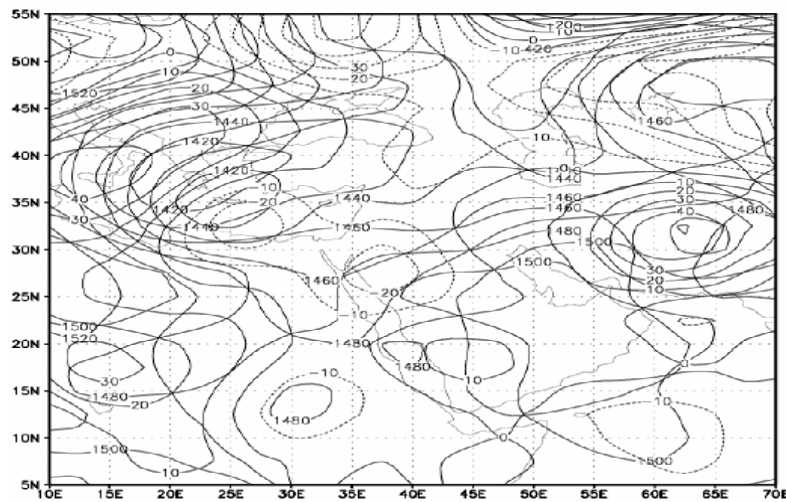
نقشه (۱) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز دریا ۳۰ آوریل



نقشه (۲) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۳۰ آوریل



نقشه (۳) اختلاف فشار ۱ می از ۳۰ آوریل



نقشه (۴) اختلاف ارتفاع ۲ می از ۱ می

همانگونه که (نقشه شماره ۶) نشان می‌دهد، مرکز کم‌فشاری با کمتر از ۹۸۰ هکتوپاسکال در شرق عراق مستقر است. این کم‌فشار گسترده بوده و سراسر خاورمیانه تا

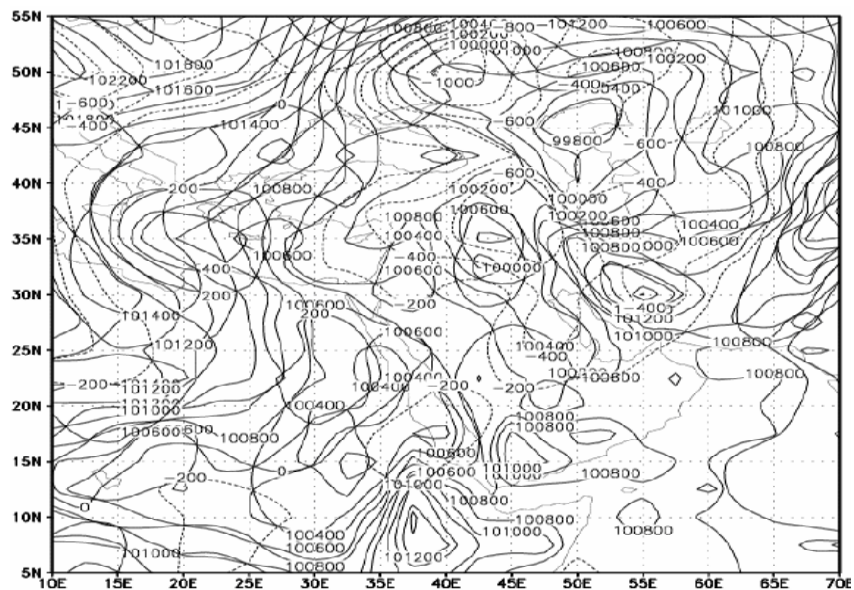
شرق ایران و شمال شرق عربستان را پوشش می‌دهد. مرکز کم فشار سودانی بر روی دریای سرخ مستقر و زبانه‌های آن تا شمال دریای سرخ امتداد دارد. از طرفی مرکز پرفشار نسبی بیش از ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در جنوبشرقی ایران استقرار یافته که زبانه‌های آن چندان گسترده نبوده و از روی دریای عمان عبور می‌کند. با توجه به جریانات شرح داده شده، نواحی شرقی شبه جزیره عربستان تحت تأثیر جریان‌های شرقی - جنوب شرقی قرار می‌گیرد. این جریانات سبب انتقال هوای گرم و مرطوب دریای عمان و عرب به سوی کم‌فشار گسترده مستقر در شرق عراق و غرب ایران می‌شود.

همانطور که منحنی‌های نم ویژه این روز نشان می‌دهد، نم ویژه  $12 \text{ g/kg}$  از دریای عمان به خلیج فارس، شرق و جنوب عربستان امتداد یافته و پس از عبور از دریای سرخ به سمت غرب آفریقا رفته است. تمام اروپا، خاورمیانه، عربستان و نیمه غربی ایران از نم ویژه بیش از  $8 \text{ g/kg}$  برخوردار هستند.

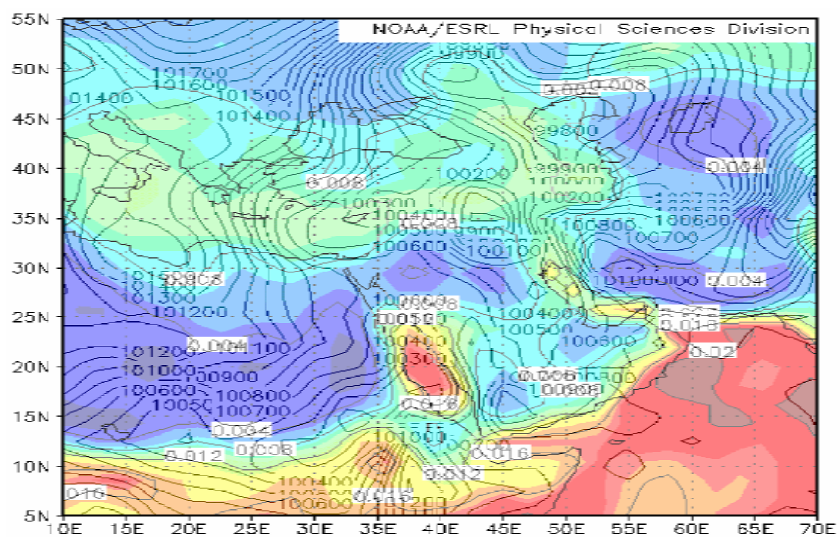
در (نقشه شماره ۷) دیده می‌شود مرکز کاهش ارتفاعی با کمتر از ۶۰ ژئوپتانسیل متر در شمال غرب ایران قرار گرفته که این کاهش ارتفاع بسیار گسترده بوده، به گونه‌ای که خط کاهش ارتفاع ۲۰ ژئوپتانسیلی آن شرق دریای مدیترانه، شرق ترکیه و شرق دریای سیاه را دربر گرفته است. از سمت جنوب نیز نیمه شمالی شبه جزیره عربستان را پوشش می‌دهد و تا اریتره کشیده شده است. از سمت شرق نیز به استثنای جنوب شرقی، تمام ایران، افغانستان، ترکمنستان، ازبکستان و قسمت‌هایی از قزاقستان را پوشش می‌دهد. این مرکز کاهش ارتفاع با مرکز کاهش ارتفاع مستقر در روسیه در عرض ۵۰ درجه شمالی که کمتر از ۱۰۰ ژئوپتانسیل متر کاهش ارتفاع دارد در ارتباط است.

همانگونه که در نقشه اختلاف ارتفاع دیده شد، در (نقشه شماره ۸) نیز مرکز کم ارتفاع بسیار گسترده‌ای در شمال غرب ایران با ۱۳۸۰ ژئوپتانسیل متر مستقر شده است. که دامنه این کم ارتفاع سراسر شرق اروپا تا نیمه شرقی افغانستان، نیمه شمال شرقی آفریقا و نیمه شمالی عربستان را فرا گرفته است. خط محور این ناوه شمالی-جنوبی است. مرکز کم ارتفاع دیگری با ۱۳۴۰ ژئوپتانسیل متر بر روی کشور اکراین استقرار یافته که زبانه‌های آن با کم

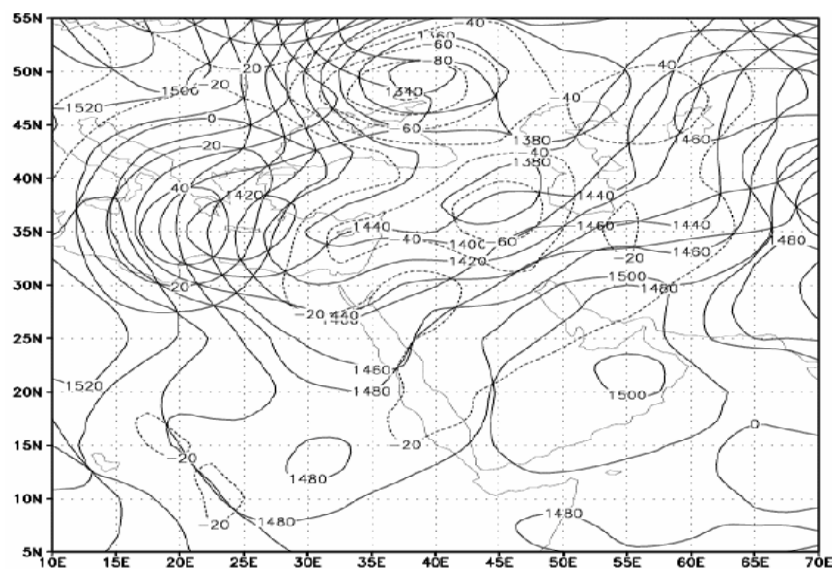
ارتفاع مستقر در شمالغرب ایران ادغام شده است. مرکز پراارتفاعی بیش از ۱۵۰ ژئوپتانسیل دکامتر در گوشه شرقی شبه جزیره عربستان قرار گرفته است که زبانه‌های این پراارتفاع بر روی خلیج فارس، دریای عمان، عرب و خلیج عدن گسترده است. ضلع جنوبی این پراارتفاع دارای جریانات شرقی - جنوب شرقی است و هوای گرم و مرطوب دریاهای مذکور را به جلو کم ارتفاع مستقر در غرب خود انتقال می‌دهد و رطوبت و گرمای مورد نیاز آن را تأمین می‌کند. در این نقشه منحنی بسته نم ویژه  $8g/kg$  از اصفهان تا ارمنستان کشیده شده و شمال غربی ایران درون این منحنی قرار دارد. منحنی نم ویژه  $6g/kg$  که غرب ایران، ترکیه و شرق عراق را در بر گرفته، جدا شده از منحنی  $6g/kg$  است که تا جنوب خلیج فارس کشیده شده است.



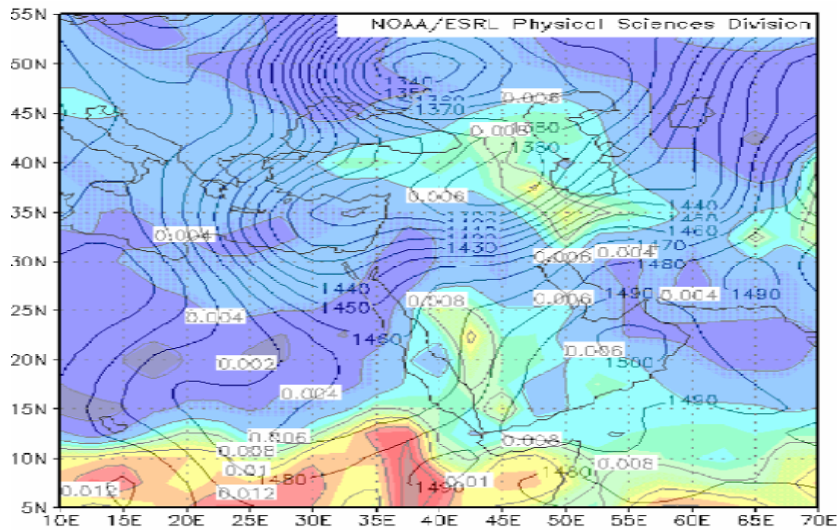
نقشه (۵) اختلاف فشار ۳ می از ۲ می



نقشه (۶) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز دریا ۳ می



نقشه (۷) اختلاف ارتفاع ۳ می از ۲ می



نقشه (۸) شرایط سینوپتیکی حاکم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۳ می

### بحث

همانگونه که بررسی داده‌های بارش نمونه‌های انتخابی به صورت منحنی‌های (ارتفاع-مساحت-حجم) نشان داده شده است، نمونه انتخابی سال ۱۳۶۵ قوی‌تر از دو تای دیگر عمل کرده است در حالی که بررسی نقشه‌ها نشان داد سامانه ایجاد هر سه توفان یکی بوده است. توفان ۱۳۶۵ در فصل بهار (اردیبهشت) اتفاق افتاده است اما دو نمونه انتخابی دیگر در فصل زمستان (بهمن) و پاییز (آذر) رخ داده‌اند. به نظر می‌رسد با توجه به ماه وقوع توفان سال ۱۳۶۵ (اردیبهشت)، از طرفی به خاطر کوهستانی بودن منطقه و گرمایش سطحی و همرفت محلی به تشدید ناپایداری سامانه‌ها کمک کرده است و از طرف دیگر آب‌های جنوب (منبع تأمین رطوبت بارندگی‌های منطقه) در فصل بهار نسبت به زمستان، گرما و رطوبت بیشتری به سامانه‌ها تزریق نموده‌اند و به سنگین‌تر بودن بارش‌های نمونه انتخابی سال ۱۳۶۵ کمک کرده‌اند.



نتایج حاصل از بررسی نقشه‌های هوا و رطوبت هرسه نمونه توفان منتخب نشان داد که سامانه‌های سودانی و مدیترانه‌ای در شرق عراق با هم ادغام شده و با دریافت رطوبت از دریای عمان، عرب و خلیج فارس بارندگی‌های سنگین را در منطقه مورد مطالعه به وجود آورده‌اند. شرایط این سامانه‌ها بدین شرح بوده است: پرفشار مستقر در شمالغربی اروپا و جریانات شمالی، شمال غربی در نواحی شرقی اروپا تا نواحی شرقی دریای مدیترانه که هوای سرد را به این منطقه انتقال دهد، وجود کم‌فشار مدیترانه‌ای در شرق مدیترانه و کم‌فشار سودانی در سودان. که این کم‌فشارها در پشت خود هوای سرد را از زبانه پرفشار مستقر در شمالغرب اروپا دریافت می‌کنند. به‌علاوه جریانات شرقی که از روی افغانستان بر روی غرب اقیانوس هند، دریای عمان و عرب هوای سرد را ریزش می‌کند سبب انتقال رطوبت و هوای گرم از دریاهای مذکور به روی عربستان می‌شود. از آنجا مجدداً با جریانات جنوبی- شمالی این هوای گرم و مرطوب را به سوی نواحی شرقی عراق و غرب ایران و جلو کم‌فشار مدیترانه که امتداد آن تا عراق کشیده شده انتقال می‌دهد. انتقال هوای سرد در پشت کم‌فشار و هوای گرم و مرطوب در جلو آن سبب می‌شود که کم‌فشار مستقر در شرق مدیترانه و کم‌فشار سودانی تا مرکز عراق، گسترش یافته و تقویت شوند. و بارندگی سنگینی را در غرب ایران، بویژه منطقه مورد مطالعه به وجود می‌آورد.

یافته‌های تحقیق نشان داد که عامل هر سه توفان سامانه‌های ادغامی مدیترانه-سودانی بوده است. این در حالی است که این سامانه تنها سامانه باران‌زا در منطقه نبوده است و سامانه‌های مدیترانه و سودان هرکدام به تنهایی نیز در منطقه بارندگی ایجاد می‌کنند. تحقیقاتی که قبلاً در زمینه بررسی بارندگی‌های سنگین و سیل‌زای غرب و جنوبغرب کشور انجام شده است نیز حاکی از تأثیر گذار بودن سامانه‌های ادغامی مدیترانه-سودانی در این بارندگی‌های سیل‌زا بوده است. از جمله می‌توان به کارهای انجام شده زیر اشاره کرد: سیزی‌پرور، (۱۳۷۰: ۱۲۸-۱۲۸-۸) در بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران نتیجه گرفت که شرایط ایجاد یک طوفان سیل‌زا در جنوبغرب ایران از بلوکه شدن سیستم کم‌فشار در شرق مدیترانه به مدت چهار روز یا بیشتر، با ایجاد کمربند پرفشار در عرض‌های ۴۵ درجه، دینامیکی شدن چرخند سودانی و ادغام آن با سامانه مدیترانه به وجود

می‌آید. عزیزی و همکاران، (۱۳۸۵: ۱۳-۱) در تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور نشان دادند که در سطح زمین دو سیستم مختلف در شمال و جنوب کشور باعث بارش (۷ تا ۱۴ مارس ۲۰۰۵) غرب کشور شده است، سیستم کم‌فشار دریای مدیترانه و زبانه کم‌فشار سودانی. دریای سیاه دریای مدیترانه و دریای سرخ در تقویت این سیستم‌ها در سطح زمین نقش داشته‌اند. در روز بارش در سطح زمین سیستم کم‌فشار مدیترانه‌ای از سمت شمالغرب و زبانه کم‌فشار سودانی از طرف جنوبغرب به کشور نزدیک شده‌اند و در روز اوج بارش ادغام این دو سیستم باعث بارش سنگین در منطقه شده است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه در غرب کشور قرار دارد و همانگونه که نتایج تحقیقاتی که در زمینه بارش‌های سنگین و سیل‌زا در غرب کشور انجام شده است نشان می‌دهد، به نظر می‌رسد این سامانه‌ها (ادغامی مدیترانه-سودانی) مهم‌ترین عامل ایجاد بارندگی‌های سنگین و سیل‌زا در منطقه هستند.

### نتیجه‌گیری

به‌طور کلی بر اساس یافته‌های ناشی از تحقیق حاضر، نقشه‌های هوای نمونه‌های انتخابی چنین شرایطی را نشان دادند: ریزش هوای سرد عرض‌های بالاتر توسط پرفشار مستقر در شمال غرب اروپا به پشت کم‌فشار روی دریای مدیترانه، فعالیت کم‌فشار سودانی بر روی آفریقا و حرکت آن به سمت شمال شرق، حرکت پرفشار مستقر در شمال شرق ایران به سمت آب‌های گرم جنوب، که با واچرخند عربستان هماهنگ شده و گرما و رطوبت اقیانوس هند، دریای عمان و عرب را به شرق کم‌فشار مدیترانه، کم‌فشار سودان و غرب ایران انتقال می‌دهد و شرایط ناپایداری را در منطقه تشدید می‌کند. الگوهای گفته شده به تدریج قوی‌تر شده‌اند، به گونه‌ای که در روز حداکثر بارش سامانه‌های سودانی و مدیترانه‌ای به غرب ایران نزدیک شده، در شرق عراق با هم ادغام شده‌اند و سنگین‌ترین بارندگی‌ها را به وجود آورده‌اند.

## منابع

- ۱- احمدی گیوی، فرهنگ و نصرافهانی، محمدعلی (۱۳۸۲)، «بررسی پدیده چرخزایی روی دریای مدیترانه»، *یازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران*، تهران، دانشگاه تهران.
- ۲- اعرابی، زهرا (۱۳۸۵)، «تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در ایران»، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۶، صص ۱۵-۱.
- ۳- امیدوار، کمال (۱۳۸۰)، «تحلیل سینوپتیکی سیستم‌های باران‌زا و امکان افزایش بارش آنها بوسیله باروری ابرها در منطقه کرمان»، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۴۰، صص ۲۲-۱۹.
- ۴- حجتی، زهرا (۱۳۸۷)، «تعیین الگوی هم‌پدی بارش‌های شدید در استان اصفهان»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی (اقلیم‌شناسی)، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی.
- ۵- خلج، علی (۱۳۸۱)، «تحلیل تأثیر رشته کوه زاگرس روی سیستم‌های سینوپتیکی موثر بر اقلیم ایران مرکزی»، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- سبزی‌پرور، علی‌اکبر (۱۳۷۰)، «بررسی سینوپتیکی سیستم‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صص ۸، ۱۲۵، ۱۲۸.
- ۷- عزیزی، قاسم؛ نیری، معصومه؛ رستمی جلیلیان، شیما (۱۳۸۸)، «تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور (مطالعه موردی: بارش دوره ۷-۱۴ مارس، ۲۰۰۵)، *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*، شماره ۴، صص ۱۳-۱.
- ۸- کیانی پور، منیژه، (۱۳۷۹)، «بررسی سینوپتیکی پدیده النینو و ارتباط آن با بارش‌های جنوب غرب کشور»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۹- لشکری، حسن (۱۳۸۱)، «مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران»، *مجله علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس*، شماره ۲، صص ۱۵۶-۱۳۳.

- ۱۰- لشکری، حسن (۱۳۸۴)، «تحلیل سینوپتیکی یک نمونه از سامانه‌های سیل‌زا در جنوب و جنوب‌غرب ایران»، *نشریه دانشکده علوم زمین دانشگاه شهیدبهشتی*، شماره ۱۱، صص ۷۸-۵۵.
- ۱۱- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۰)، «آب و هوای ایران»، چاپ دوم، اصفهان، دانشگاه اصفهان، صص ۱۳۴.
- ۱۲- مفیدی، ع؛ زرین، آ؛ جانباز قبادی، ع. (۱۳۸۶)، «تعیین الگوی هم‌مدیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر»، *مجله فیزیک زمین و فضا*، شماره ۳، صص ۱۵۴-۱۳۱.
- 13- Kahana, R., Ziv, B., Enzel, Y., Dayan, U., (2002), "Synoptic Climatology of Major floods in the NEGEV desert, ISRAEL", *Int. J. Clintol*, 22, 867-882.
- 14- Lindenschmidt, K.E., Fleisch Bein, K., Petrow, T., Vorogushyn, S., Theobald, S. and Merza, B. (2005), "Model System Development and Uncertainty for the Provisionary Management of Extreme Floods in Lage River Basins", *Advances in Geosciences*, 5, 99-104.
- 15- 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 Curing Winter", *Int. J. Climatol*, 24, 1803-1816.
- 16- M.V.Sioutas and H.A. Flocas, (2003), "Hailstorms in Northern Greece: Synoptic Patterns and Thermodynamic Environment", *Theoretical Climatology*, 75, 189-202.
- 17- Pandora K. Hope. Wasyl Drosdowsky (2006), "Shifts in the Synoptic Systems Influencing Southwest Western Australia", *Climate Dynamics*, 26, 751-764.