

## بررسی منابع تأمین رطوبت رویدادهای بارشی تابستانه جنوب شرقی ایران

محمود خسروی<sup>۱\*</sup>، فائزه شجاع<sup>۲</sup>، هاجر پاکباز<sup>۳</sup>

### چکیده

بارش‌های شدید و رگباری در دوره‌ی گرم و کم بارش تابستان در مرزهای جنوب شرقی ایران از چالش‌های پایه‌ای در حوزه‌ی پژوهش‌های اقلیمی محسوب می‌شوند. هدف این مطالعه بررسی شرایط همدیدی و یوپیائی الگوهای گردشی، جهت تحلیل و شناسایی منابع رطوبتی، نیز نحوه‌ی انتقال رطوبت از نواحی اطراف به این منطقه است. بدین منظور ابتدا بخشی از جنوب شرقی کشور به مختصات جغرافیایی ۵۹ تا ۶۱ درجه‌ی طول شرقی و ۲۳ تا ۲۸ درجه‌ی عرض شمالی به‌عنوان محدوده‌ی مطالعه انتخاب شد، سپس داده‌های لازم شامل دو گروه داده‌های محیطی و داده‌های جوی از پایگاه‌های مرتبط برای بازه‌ی زمانی ۱۳ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰) استخراج گردیدند. جهت بررسی‌های سینوپتیکی نیز نقشه‌های فشار سطح زمین و ارتفاع زمین توان سطح ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، امگا، نم ویژه، نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و بارش و نقشه‌های وزش رطوبتی تهیه گردیدند. نتایج نشان دادند که در بیشتر روزهای مطالعه شده، بارش در خشکی زودتر از دریا رخ داده است. همچنین، وقوع بارش‌های سنگین در بیشتر مواقع به علت اختلاف فشار حاصل شده بین کم‌فشار پاکستان و پرفشار تبت بوده است. به‌علاوه، در زمان‌هایی که کم‌فشار پاکستان شدت و گسترش فراوانی داشته، مسیر حرکت رطوبت از طریق دریاهای گرم عرب و عمان به سمت شبه قاره‌ی هند بوده و از آنجا با حرکت غرب سو، جنوب شرقی ایران را نیز در بر گرفته است، اما در شرایطی که از وسعت و گستره‌ی فروبار پاکستان کاسته شده و پرفشار آזור در جهت غربی-شرقی گسترش پیدا کرده، مسیر جریان رطوبت از دریای عمان به نواحی داخلی ایران تغییر کرده است.

**کلمات کلیدی:** بارش تابستانه، جنوب شرق ایران، انتقال رطوبت، الگوهای همدید، دریای عمان

<sup>۱</sup> استاد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

Email:Khosravi@Gep.usb.ac.ir تلفن: ۰۹۱۵۱۴۱۲۲۸۱، شماره: ۰۵۴۳۳۴۱۶۱۴۱

<sup>۲</sup> دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

## مقدمه

از آنجاکه بسیاری از فرایندهای محیطی نتیجه‌ی تأثیر گردش‌های جوی هستند، برای تبیین اندرکنش‌های کلیدی میان جو و محیط سطحی توجه به نقش الگوهای گردش جوی و سامانه‌های فشار در مقیاس همدید لازم و ضروری است، با این توجیه که شدت و ضعف سامانه‌های فشار و الگوهای گردش جوی بر چگونگی و تبیین شرایط و عناصر اقلیمی یک قلمرو جغرافیایی نقشی اساسی را ایفا می‌کنند (حلبیان و شبانکاری، ۲۰۱۴). بارش به مثابه یکی از پر نمودترین پدیده‌های جوی، تنوع زمانی و مکانی قابل ملاحظه‌ای را در ایران دارد. برهم‌کنش مداوم سامانه‌های گردش برون حاره و حاره‌ای، به‌گونه‌ای برجسته و گسترده چنین تنوعی را در طول سال موجب شده است (علیجانی و همکاران، ۲۰۱۲).

وقوع بارش‌های شدید و رگباری در دوره‌ی گرم و کم بارش تابستانه در مرزهای جنوب شرقی کشور از نمودهای برجسته تنوع بارش، درعین حال از چالش‌های پایه‌ای در حوزه‌ی پژوهش‌های اقلیمی ایران محسوب می‌شود (علیجانی و همکاران، ۲۰۱۲). بارش‌های جنوب شرقی متأثر از سه سامانه هستند: اولین سامانه چرخندهایی هستند که به همراه بادهای غربی منطقه‌ی معتدله از سمت غرب به منطقه نفوذ می‌کنند؛ دومین سامانه فرودهای عمیق موج‌های کوتاه بادهایی هستند که رطوبت را از طریق منابع آبی خلیج فارس، دریای عمان و دریای احمر به منطقه هدایت می‌کنند؛ سومین سامانه زبانه‌ی کم‌فشار موسمی هندوستان است که در یک چرخش وسیع، رطوبت اقیانوس هند را به منطقه می‌رساند (سلیقه، ۲۰۰۶). بررسی‌ها بیانگر این مهم هستند که عامل اصلی وقوع بارش‌های تابستانه در نیمه‌ی شرقی دریای عرب و بارش‌های تابستانه‌ی پاکستان، نتیجه‌ی جابه‌جایی غرب سوی کم‌فشارهای موسمی خلیج بنگال و تقویت مجدد آن‌ها در شمال شرقی دریای عرب، یا تشکیل و تکوین کم‌فشارهای تراز میانی بر روی دریای عرب است. نتایج اغلب پژوهش‌ها نشان‌دهنده‌ی آنند که کم‌فشارهای موسمی هند به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم اقلیم تابستانه، نقش برجسته را در ورودش مکانی و زمانی بارش در بخش‌های غربی شبه قاره هند دارند (علیجانی و همکاران، ۲۰۰۷). با یکی شدن فشارهای محلی جنوب شرقی و سیستم کم‌فشار پاکستان، یک کم‌فشار منطقه‌ای وسیع

شکل می‌گیرد که به‌وسیله آن انتقال رطوبت میسر می‌گردد. در این زمان پرفشار جنب‌حاره‌ای به سطوح بالای وردسپهر محدود شده و رطوبت در سطوح پائینی و میانی وردسپهر قادر به نفوذ به سمت غرب و نهایتاً ایران می‌شود. در این حالت رطوبت اقیانوس هند و دریای عرب در درون یک چرخش چرخندی کم‌فشار پاکستان، از طریق دامنه‌های جنوبی کوه‌های هیمالیا، به‌موازات این کوه‌ها حرکت کرده و با جهت شرقی - غربی از طریق پاکستان به منطقه‌ی جنوب شرقی کشور می‌رسد. بعد از نفوذ رطوبت به منطقه، شرایط صعود هوا، تراکم و بارش هنگامی فراهم می‌شود که کم‌فشارهای سطح زمینی به‌اندازه‌ای قدرت یافته باشند که بتوانند سطح زیرین پرفشار جنب‌حاره‌ای مستقر در سطوح میانی جو را به سطوح بالاتر منتقل کنند تا جریان‌های مرطوب زیر این پرفشار به سمت غرب حرکت نمایند (سلیقه و بریمانی، ۲۰۰۸).

محققان پژوهش‌های زیادی را پیرامون شناسایی منابع و مسیر انتقال رطوبت انجام داده‌اند. روبرت و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی رابطه‌ی شرایط جوی بالا با رخداد بارش‌های سنگین تابستان در یوتا به این نتیجه رسیدند که انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس در ایجاد بارش‌های سنگین اهمیت فوق‌العاده‌ای را دارد. در بررسی‌های انجام شده به‌وسیله ژانگ درباره‌ی بارش‌های موسمی تابستانه جنوب شرقی آسیا مشخص شد که ناهنجاری حرارت همرفتی بر فراز اقیانوس هند ممکن است تأثیر قابل توجهی نه‌تنها در بادهای موسمی هند، بلکه در موسمی شرق آسیا داشته باشد (ژانگ، ۲۰۰۱). کیم و همکاران (۲۰۰۲) در مقاله‌ای با عنوان الگوهای بارشی موسمی تابستانه و ویژگی‌های گردشی مربوط به آن در کره‌ی جنوبی، پس از استخراج نوع‌های چهارگانه از طریق روش خوشه‌بندی، با بهره‌گیری از داده‌های بی‌هنجاری ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به تحلیل و ارتباط سنجی نوع‌های چهارگانه آماری و شکل‌های گردشی ترازهای بالا پرداختند. همچنین بورا و همکاران (۲۰۰۶) پس از مطالعه‌ی بارش سنگین ۲۶ ژوئیه‌ی ۲۰۰۵ در بمبئی به این نتیجه رسیدند که در زمان این بارش، بخش گسترده‌ای از کشور هند، به‌خصوص در سواحل غربی زیر نفوذ باران‌های موسمی بوده است. در این زمان کم‌فشاری در غرب رود بنگال و سواحل اوراسیا شکل گرفته و شرایط را برای ورود باران‌های موسمی و جریان‌های قوی استوایی

سواحل جنوب شرقی ایران را مطالعه کردند و نشان دادند که تأثیر دمای سطح آب دریا بر الگوهای رطوبت نسبی و خطوط جریان در سطح دریا به عنوان سازوکار اصلی تغییر میزان بارندگی محسوب می‌شود. لشگری و خزایی (۲۰۱۴) دو الگو را در ایجاد بارش‌های استان سیستان و بلوچستان مهم برشمردند، خدام و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر موسمی هند را بر اقلیم تابستانی ایران مطالعه کردند. از آنجا که بارش‌های سنگین و فوق سنگین از ویژگی‌های بارز محدوده‌ی مطالعه شده است، همچنین تأثیرات عمده‌ای بر خصوصیات محیطی و بوم‌شناسی دریای عمان دارد، در این مقاله سعی بر آن است تا با تحلیل و بررسی نقشه‌های انطباقی وزش رطوبت و جریان هوا، منبع رطوبت حاصل برای این‌گونه بارش‌ها در منطقه‌ی مطالعه شده مشخص گردد.

### داده‌ها و روش‌شناسی

به منظور شناسایی و مسیریابی بارش‌های تابستانه جنوب شرقی ایران، ابتدا داده‌های لازم از دو پایگاه داده‌های محیطی و داده‌های جوی برای بازه‌ی زمانی ۱۳ ساله (۲۰۱۳-۲۰۰۰) استخراج گردیدند. پایگاه نخست شامل داده‌های بارش روزانه‌ی ایستگاه چابهار است که در مختصات جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع گردیده و منطبق بر محدوده‌ی مطالعه شده است. پایگاه دوم داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای پرشین<sup>۱</sup> است که با قدرت تفکیک ۰/۲۵ درجه و با شکل دودویی، مختصات عرض جغرافیایی ۶۰ درجه شمال تا ۶۰ درجه جنوب را پوشش می‌دهند (بارانی زاده و همکاران، ۲۰۱۱). محدوده‌ی مطالعه شده نیز بخشی از جنوب شرقی کشور به مختصات جغرافیایی ۵۹ تا ۶۱ درجه طول شرقی و ۲۳ تا ۲۸ درجه عرض شمالی است که در این پژوهش به دو سطح دریا (طول جغرافیایی ۶۱-۵۹ و عرض جغرافیایی ۲۳-۲۵) و خشکی (طول جغرافیایی ۶۱-۵۹ و عرض جغرافیایی ۲۸-۲۵) تفکیک شده است. همچنین، به منظور تحلیل سینوپتیکی مسیر بارش‌ها از نقشه‌های فشار سطح زمین و ارتفاع زمین توان ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، امگا، نم ویژه، نقشه‌های وزش رطوبتی و همچنین نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و

از جنوب فراهم کرده است. لانا و همکاران (۲۰۰۷) الگوهای جوی به وجود آورنده‌ی بارش‌های سنگین جزایر بالریک را مطالعه کردند. ماتلیک و پست (۲۰۰۸) نیز با تحلیل بارش‌های سنگین و رابطه‌ی این بارش‌ها با انواع الگوهای آب و هوایی در استونیا در دوره‌ی زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ به این نتیجه دست یافتند که در اغلب رخدادها، بارش‌های سنگین به وسیله عبور کم‌فشارهای مختلف و سامانه‌های جبهه‌ای به وقوع پیوسته‌اند.

در ایران نیز پژوهش پیرامون بارش‌های سنگین و سیلابی مخصوصاً در جنوب شرقی از جنبه‌های مختلف بررسی شده است. سلیقه (۲۰۰۶) در بررسی بارش‌های تابستانه جنوب شرقی ایران به این نتیجه رسید که نفوذ زبانه‌ی کم‌فشار موسمی از سمت شرق در سطوح زیرین و ردسپهر که سبب انتقال رطوبت اقیانوس هند و خلیج بنگال می‌گردد، در شرایط مناسب می‌تواند باعث ایجاد بارش‌های رگباری شود. همچنین، در پژوهشی دیگر، بررسی مراکز فشار جنب‌حاره‌ای در بارش‌های سیل‌آسای منطقه‌ی جنوب و جنوب شرق ایران حاکی از این بود که هماهنگی بین سامانه‌های فشار باعث تقویت و شدت یافتن نفوذ رطوبت از سمت شرق به منطقه می‌شود (سلیقه، ۲۰۰۴). نتایج مطالعه‌ی علیجانی و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که ورودش‌های ماهانه و سال‌به‌سال بارش تابستانه جنوب شرقی ایران با تغییرات شدت موسمی تابستانه جنوب آسیا، به‌ویژه با فراوانی وقوع کم‌فشارهای موسمی در منطقه‌ی دریای عرب ارتباطی بسیار نزدیک دارند. خوشحال و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی منابع تأمین رطوبت بارش‌های سنگین استان بوشهر به این نتیجه رسیدند که منبع رطوبت این بارش‌ها مناطق حاره‌ای شرق آفریقا، اقیانوس هند، دریای عرب و خلیج عدن، دریای سرخ، دریای عمان و خلیج فارس است. رخداد بارش سنگین در جنوب شرقی با مهیائی شرایطی نظیر رطوبت زیاد در تراز پایین جو، به‌خصوص تخلیه‌ی رطوبتی شدید از خلیج فارس، ناهنجاری‌های منفی شدید در ترازهای میانی جو، استقرار رودباد جنب‌حاره‌ای در غرب منطقه مرتبط است (علیجانی و همکاران، ۲۰۱۰). خسروی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تأثیر بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پائیز و زمستان

مناطق با تعداد ایستگاه باران‌سنجی کم، به‌ویژه در جنوب شرقی کشور است (بارانی زاده و همکاران، ۲۰۱۱).

۴- ورود داده‌های بارشی پایگاه پرشین به محیط GRADS به‌منظور تعیین میانگین بارش هرروز برای دو سطح دریا و خشکی: چون داده‌های ماهواره‌ای به‌صورت شبکه‌ای هستند، ابتدا برای هرروز، شبکه‌ای منظم با تقسیم‌بندی به مربع‌های  $0.25 \times 0.25$  درجه طول و عرض جغرافیایی ایجاد شدند، سپس مجموع بارش هرکدام از این روزها محاسبه گردید و میانگین بارش آن روز از طریق تقسیم مجموع بارش به تعداد پیکسل‌ها به‌دست آمد.

۵- بررسی میزان همبستگی بین میانگین بارش دریا و خشکی: تحلیل همبستگی به‌صورت مستقیم و با تأخیر یک‌روزه و دوروزه انجام گرفت.

۶- خوشه‌بندی داده‌ها: درنهایت داده‌های بارشی به‌منظور خوشه‌بندی وارد محیط SPSS شدند. هدف از این کار انتخاب روزهای نماینده جهت ترسیم نقشه‌های مطلوب بود.

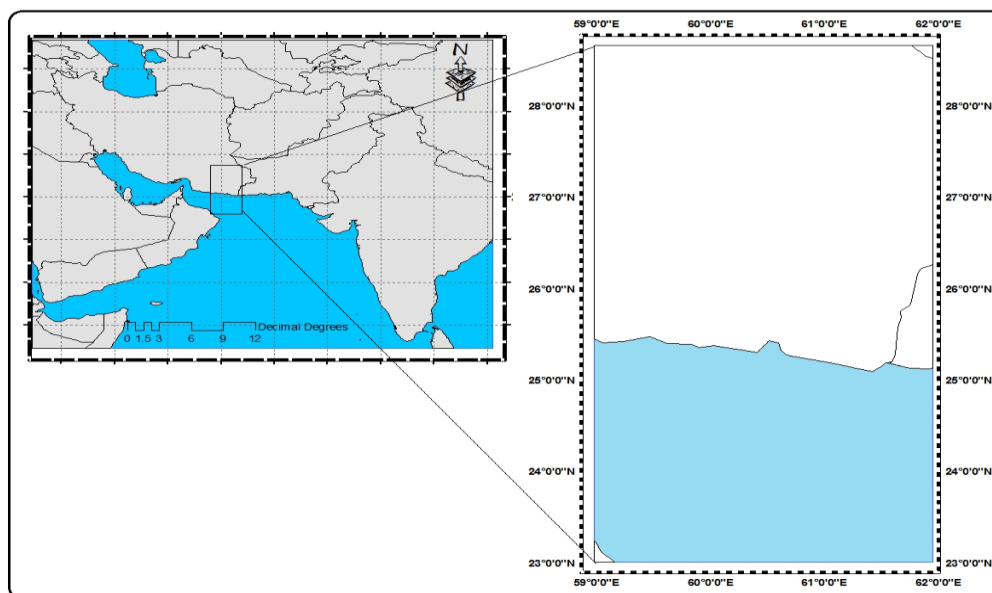
۷- ترسیم و تحلیل نقشه‌ها

بارش استفاده شده که نقشه‌های فشار سطح زمین، ارتفاع زمین توان و امگا از پایگاه داده‌های NCEP/NCAR (۲۰۱۵) وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده استخراج گردیدند و سایر نقشه‌ها در محیط گرس ترسیم شدند.

پس از تعیین داده‌های لازم، در مرحله‌ی بعد جهت دستیابی به هدف مطالعه مراحل زیر به ترتیب صورت گرفتند:

۱- استخراج بارش‌های بالای  $0.5$  میلی‌متر از ایستگاه چابهار: بدین ترتیب ابتدا ماه‌های ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر به‌عنوان ماه‌های مطلوب تعیین، سپس از طریق مرتب کردن داده‌ها در محیط اکسل بارش‌های بالای  $0.5$  میلی‌متر استخراج گردیدند.

۲- انتخاب یک روز قبل و یک روز بعد از روز رویداد بارشی.  
۳- استخراج روزهای بارشی مذکور از پایگاه داده‌های ماهواره‌ای پرشین: هدف از انتخاب الگوریتم پرشین، بررسی میزان انطباق بارش‌های ایستگاه زمینی با داده‌های ماهواره‌ای بود. در حال حاضر این الگوریتم برای پیش بارش‌های ملایم در ایران مناسب بوده و مکمل خوبی در



شکل ۱- محدوده‌ی مطالعه شده (منبع: نگارندگان).

تغییراتی در آب و هوای منطقه می‌شود (پوراصغر و همکاران، ۲۰۱۳). به‌منظور بررسی وضعیت بارش خشکی و دریا در محدوده‌ی مطالعه شده بارش‌های بالای  $0.5$  میلی‌متر ایستگاه چابهار طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۳ استخراج گردیدند، با تطبیق این داده‌ها با داده‌های

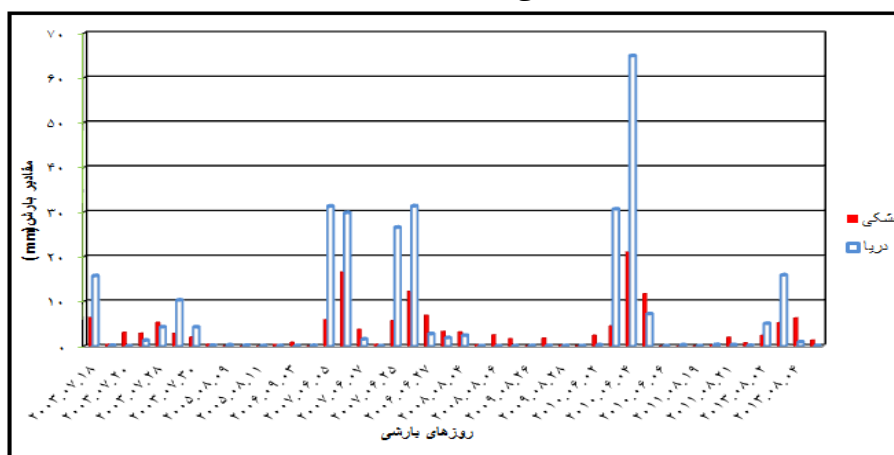
## نتایج و بحث

### بررسی وضعیت تقدم و تأخر بارش در دریا و خشکی

یکی از عوامل مهم که در آب و هوای یک منطقه اثر می‌گذارد توزیع خشکی‌ها و دریاهاست. هر نوع تغییری در موقعیت خشکی‌ها و دریاها نسبت به یکدیگر سبب

از این است که بارش در خشکی زودتر از دریا اتفاق افتاده است. بررسی روابط همبستگی نیز که بین مقادیر بارش خشکی و دریا به صورت مستقیم و با تأخیر یک‌روزه و دوروزه انجام گرفت نشان می‌دهد که همبستگی مستقیم و با تأخیر یک‌روزه بین این دو سطح وجود دارد، ضریب همبستگی به ترتیب معادل  $0/831$  و  $0/713$  است و هر دو این ضرایب در سطح خطای یک درصد معنی‌دار هستند (جدول ۱). مطالعات قبلی نیز نشان می‌دهند، کلیه جریان‌های بر روی ایران از شرق به سوی غرب بوده که بیشتر این جریان‌ها از روی دریا به خشکی نیستند بلکه از نواحی غربی پاکستان بر روی ایران جریان دارند، چنانچه رطوبتی هم از این طریق وارد شود بیشتر نواحی جنوب شرقی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لشگری و همکاران، ۲۰۱۳).

ماهواره‌های پرشین، همچنین استخراج یک روز قبل و یک روز بعد از روز رویداد بارشی، در مجموع ۴۴ رویداد بارشی را شامل گردید. شکل ۲ مقادیر بارش را در این ۴۴ روز طی دوره آماری مطالعه شده نشان می‌دهد. مطابق نمودار، از ۴۴ رویداد بارشی، ۲۶ رخداد، بارش در خشکی بیش از دریا است، با توجه به اینکه میزان رطوبت نسبی در دریاها بالاتر است، مقادیر بیشتر بارش در خشکی حاکی از تقدم بارش خشکی نسبت به دریا است. در ۱۸ واقعه‌ی دیگر، مقدار بارش دریا به طور قابل ملاحظه‌ای از خشکی زیادت است. همچنین، در تاریخ‌های ۲۰ ژوئیه ۲۰۰۳، ۸ ژوئن ۲۰۰۷ و همچنین ۱۹ اوت ۲۰۱۱ بارش دریا معادل صفر بوده اما در خشکی مقدار بارش به ترتیب  $3/1$ ،  $0/38$  و  $0/04$  میلی‌متر ثبت گردیده است، هرچند میزان بارش خشکی بسیار کم و قابل اغماض است، اما این رخداد حاکی



شکل ۲- مقادیر بارش در محدوده‌ی مطالعه شده (۲۰۰۰-۲۰۱۳).

جدول ۱- نتایج همبستگی ۴۴ روز داده بارشی (۲۰۰۰-۲۰۱۳).

همبستگی مستقیم		همبستگی با تأخیر یک روزه		همبستگی با تأخیر دو روزه	
خشکی	دریا	خشکی	دریا	خشکی	دریا
$0/831^{**}$		$0/713^{**}$		$0/017$	

ضریب همبستگی پیرسون

\*\* = همبستگی در سطح  $0/01$  معنی دار است.

### تحلیل شرایط همدید روزهای نماینده

وقوع بارش‌های تابستانه جنوب شرقی ایران در ارتباط با سامانه‌ی گردش موسمی جنوب آسیا دانسته شده است. با اینکه حوضه‌ی دریای عمان و سواحل آن، ناحیه‌ای است که در معرض پدیده‌های بارز موسمی نیست، اما در فصل تابستان با یکی شدن کم‌فشارهای محلی جنوب شرقی کشور و کم‌فشار پاکستان، یک کم‌فشار وسیع منطقه‌ای شکل می‌گیرد که با حرکت چرخندی آن، انتقال

رطوبت سامانه موسمی میسر می‌شود (سلیقه، ۲۰۰۶). به منظور بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های تابستانه، ۷ روز باران‌زا مشخص گردید و وضعیت همدید حاکم، همچنین محل شکل‌گیری و مسیر کم‌فشارهای موسمی، بررسی شد. در این پژوهش از رویکرد محیطی به گردشی استفاده شده است. در این رویکرد الگوهای گردشی باید معیارهایی را که براساس متغیرهای محیطی تعیین می‌شوند تأمین کنند. در واقع در رویکرد محیطی به

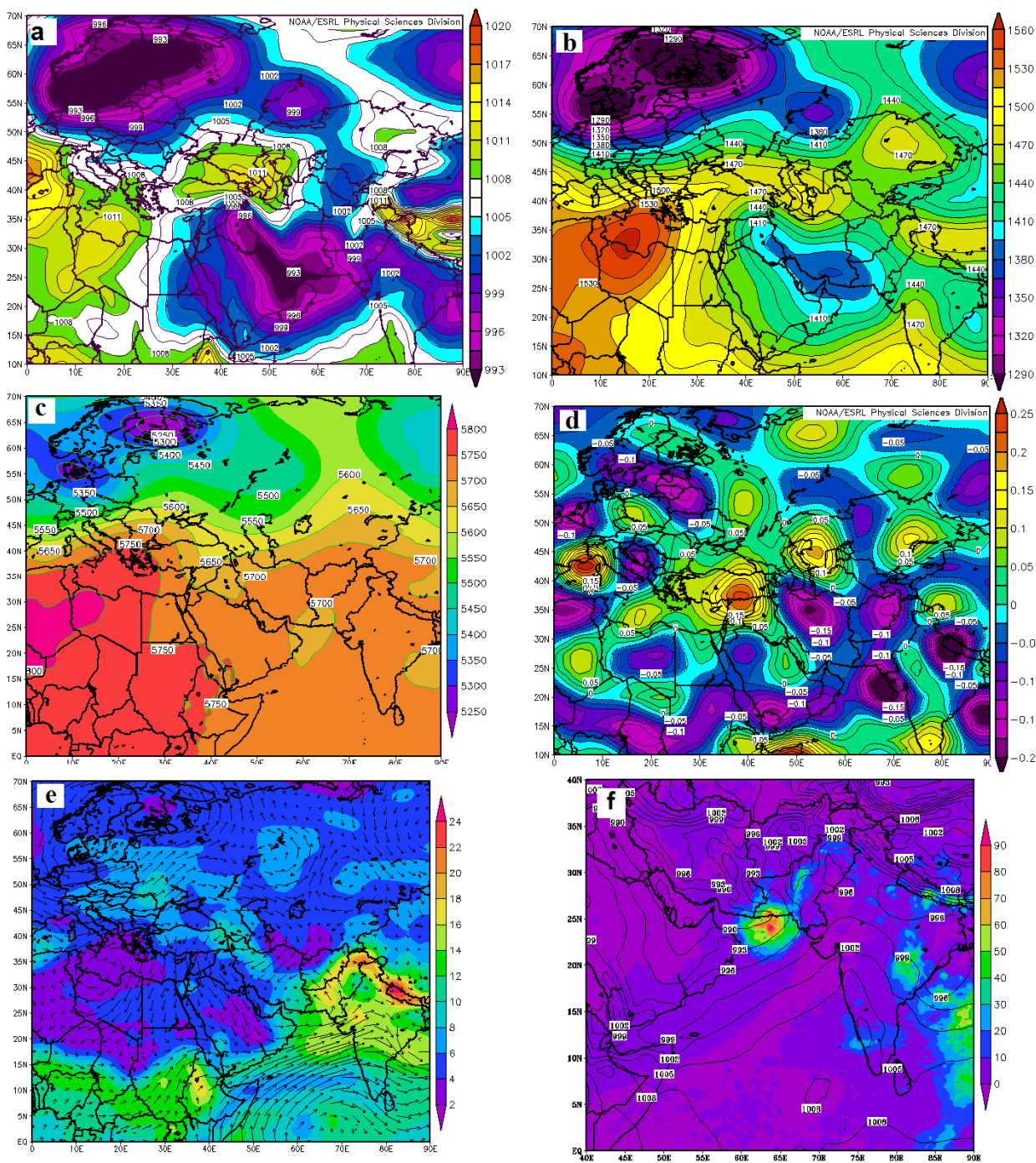
گردشی محیط سطحی است که مشخص می‌کند کدام داده‌های همدید را باید انتخاب کرد (یارنال، ۱۹۹۳).

### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۲۶ ژوئن ۲۰۰۷

۲۶ ژوئن یکی از پربارش‌ترین روزهای آماری در محدوده‌ی مطالعه شده بوده، به طوری که میانگین بارش آن در خشکی معادل ۱۲/۲۵ و در دریا ۳۱/۳۳ میلی‌متر برآورد گردیده است. بر اساس شکل ۳-۲، ویژگی بارزی که در این روز مشاهده می‌شود حاکمیت کم‌فشارهای گسترده بر بیشتر عرض‌های جغرافیایی است. فروبار پاکستان نیز در این روز با کاهش شدید فشار ضمن پیشروی به سمت عرض‌های جغرافیایی بالا با کم‌فشار واقع بر روی دریای بالتیک متصل شده و پرفشار مهاجر اروپا را به طور کامل احاطه کرده‌اند. فشار مرکزی این فروبار در نواحی جنوب شرقی عربستان و خلیج فارس تا ۹۹۳ هکتوپاسکال کاهش یافته و زبانه‌های منحنی هم‌فشار ۹۹۹ هکتوپاسکال تا شمال عراق هم کشیده شده است. نقشه‌ی همدید تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز بیانگر شکل‌گیری یک کم ارتفاع بسته با پربند ۱۳۸۰ زمین توان متر می‌باشد که در محدوده‌ی دریای عمان واقع گردیده و ناوه‌ی آن با محور شمال شرق- جنوب غرب تا نواحی داخلی افغانستان کشیده شده است. گردش چرخندی حاصل از استقرار این فرود همه‌ی مناطق واقع در محدوده‌ی دریای عرب، شبه قاره‌ی هند، پاکستان افغانستان و بخش‌های زیادی از ایران را دربر می‌گیرد. همچنین، کم ارتفاع دیگری با پربند ۱۴۱۰ زمین توان متر در شرق هند مستقر شده و منحنی ۱۴۴۰ زمین توان متر این دو مرکز هم‌گرا را به یکدیگر متصل کرده است (شکل ۳-۲). مطابق شکل ۳-۳ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز این دو مرکز کاملاً مشخص هستند. در این تراز یک بندال امگایی شکل در شمال دریای خزر قرار گرفته و ناوه‌ی آن با عمق کم تا شمال غرب ایران نفوذ

کرده است. در این روز پرفشار جنب حاره‌ی آזור گسترش قابل‌ملاحظه‌ای را ندارد. افزایش تعداد هسته‌های امگا با مقادیر منفی در محدوده‌ی حاکمیت کم‌فشار پاکستان، حاکی از شدت شرایط ناپایداری و صعود هوا در این مناطق است، به طوری که در تمامی ایران هسته‌های منفی امگا حاکمیت دارند (شکل ۳-۲). نقشه‌های ترکیبی وزش رطوبت و نم ویژه به‌منظور تعیین مراکز همگرایی و واگرایی استفاده شده‌اند. این نقشه‌ها دید جامعی را در خصوص موقعیت مراکز پرفشار، کم‌فشار، شدت جریان‌ها، نحوه‌ی انتقال، فرارفت رطوبت و منشأ رطوبت بارش‌ها فراهم می‌کنند. نقشه‌ی وزش رطوبتی روز مطالعه شده بیانگر وجود جریان‌های پادساعتگرد در جنوب شرقی عربستان، شمال دریای عرب و غرب هندوستان است که رطوبت دریاهای گرم این مناطق را از سمت پاکستان به جنوب شرق ایران تزریق می‌کند. هسته‌ی بیشینه‌ی نم ویژه این روز نیز در شمال شبه قاره‌ی هند قرار گرفته و مقدار آن معادل ۲۴ گرم بر کیلوگرم است (شکل ۳-۲).

با توجه به اینکه بخشی از بارش‌های محدوده‌ی جنوب شرقی ایران به علت وجود وافشارهای موسمی با منشأ شمال هند و بخش دیگر از بارش‌ها در نتیجه‌ی حضور و فعالیت این سامانه‌ها در دریای عمان است (باستانفرد و همکاران، ۲۰۱۴)، با استفاده از نقشه‌های انطباقی فشار سطح دریا و بارش، بر اساس کانون‌های مراکز کم‌فشار، تقدم و تأخر زمانی بارش‌ها مشخص گردید. در ۲۶ ژوئن ۲۰۰۷ بیشینه‌ی مقادیر بارش در جنوب غرب پاکستان به چشم می‌خورد (شکل ۳-۲) عمده کانون‌های کم‌فشار نیز در نواحی جنوبی، شرقی و شمال شرقی شبه قاره‌ی هند، همچنین شرق پاکستان واقع گردیده‌اند. استقرار هسته‌های کم‌فشار، همچنین پراکندگی مکانی بارش‌ها حاکی از این است که بارش این روز ابتدا در خشکی، سپس در دریا رخ داده است.



شکل ۳- به ترتیب حروف (a) نقشه ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه ی ترکیبی SLP<sup>۱</sup> و بارش (۲۶/۶/۲۰۰۷).

فارس و شمال کشور عمان با فشار مرکزی ۱۰۰۰ هکتوپاسکال همچنان به چشم می خورد. مراکز چرخندی ترازهای بالا نیز منطبق بر شرایط حاکم در تراز دریا هستند. بررسی وضعیت ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰

### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۲۸ اوت ۲۰۰۹

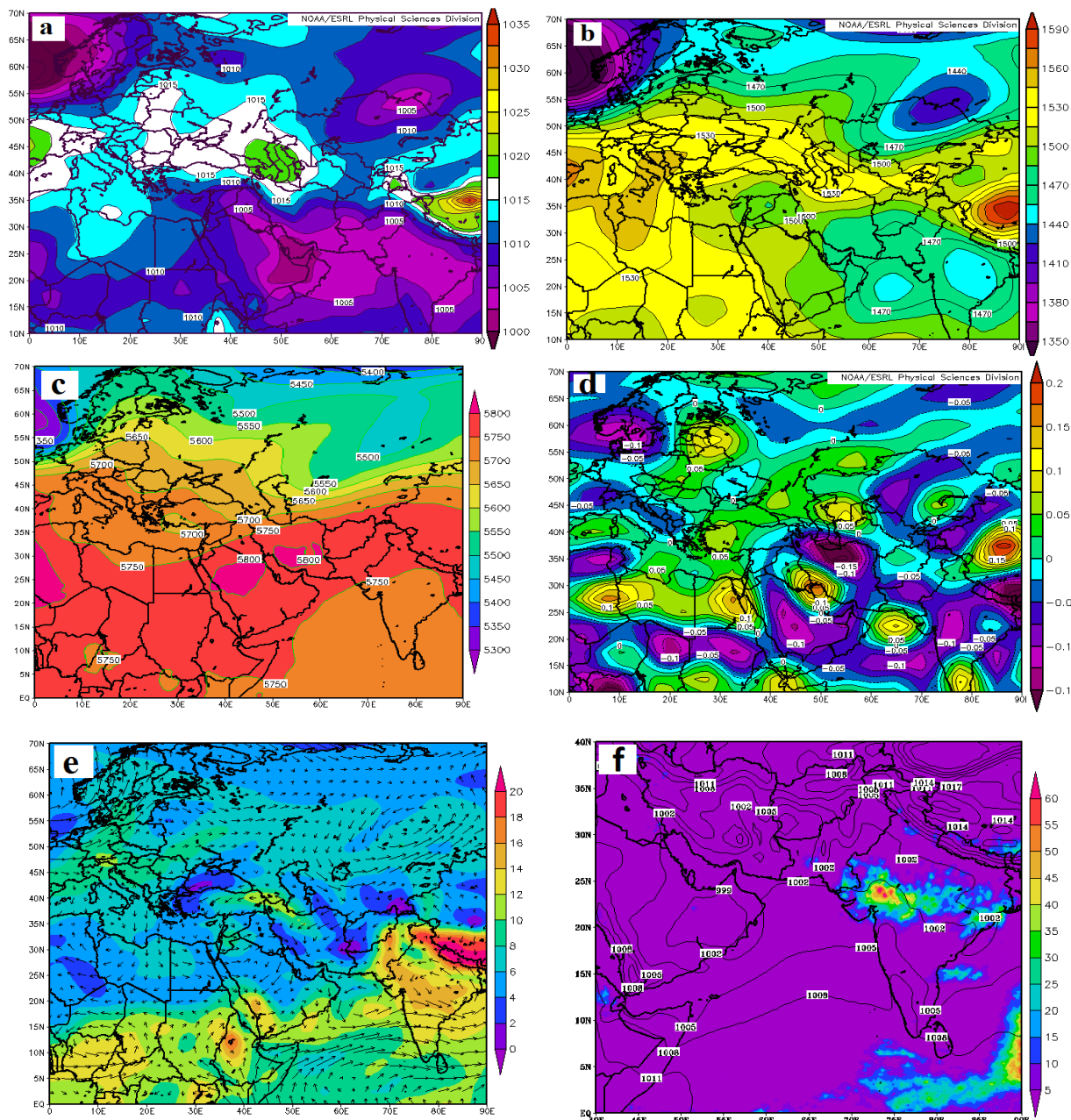
مطابق شکل ۴-ا در این روز از شدت و گستره ی فروبار پاکستان کاسته شده و کانون های واقع بر روی شبه قاره ی هند از بین رفته اند، اما کانون غربی در جنوب خلیج

<sup>۱</sup> Sea-Level Pressure



یکی از کانون‌های آن با هسته‌ی مرکزی ۵۸۰۰ متر در محدوده‌ی مطالعه شده واقع گردیده است (شکل ۴-۲) با توجه به اینکه منطقه‌ی همگرایی بیشتر بر روی دریای عرب و شبه قاره‌ی هند مستقر گردیده، مقادیر منفی سرعت قائم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز از این شرایط تبعیت می‌کنند (شکل ۴-۳). نقشه‌ی جریان رطوبت

هکتوپاسکال کاهش وسعت کم‌ارتفاع واقع بر روی دریای عرب و هندوستان را نشان می‌دهد (شکل ۴-۲). به علت اختلاف فشار بین مرکز کم‌فشار هند با پرفشار مستقر بر روی چین، شیب شدید فشار ایجاد شده و زمینه را برای تقویت سامانه‌ی چرخندی و حرکت بیشتر به سمت شرق فراهم کرده است. در این روز حاکمیت گسترده‌ی پرفشار جنب حاره در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به چشم می‌خورد که



شکل ۴- به ترتیب حروف (a) نقشه‌ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه‌ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f)

نقشه‌ی ترکیبی SLP و بارش (۲۰۰۹/۸/۲۸)



ایران تزریق کرده، که این چرخندگی باعث ایجاد ناهنجاری در این مناطق شده و ادامه ی این ناهنجاری از سمت غرب به شبه قاره ی هند نیز کشیده می شود (شکل ۵-۵). همچنین، نقشه ی نم ویژه نشان دهنده ی این است که هسته های مرطوب با رطوبت ۱۸ گرم بر کیلوگرم در شمال شرقی هندوستان و ۱۴ گرم بر کیلوگرم در شمال شرقی پاکستان قرار دارند. میزان بارش این روز برای دریا و خشکی به ترتیب  $30/65$  و  $4/51$  میلی متر ثبت گردیده است. مطابق شکل (۵-۵) هر چند تعداد و گسترش هسته های کم فشار در محدوده ی پاکستان و هندوستان بیش از کانون های غربی است، اما نفوذ زبانه ی ۱۰۰۵ هکتوپاسکال از جنوب پاکستان به جنوب شرقی ایران باعث شده است که هسته ی بیشینه ی بارش و جریان های پادساعتگرد در جنوب دریای عمان واقع شده و بارش در این روز در دریا زودتر از خشکی رخ دهد.

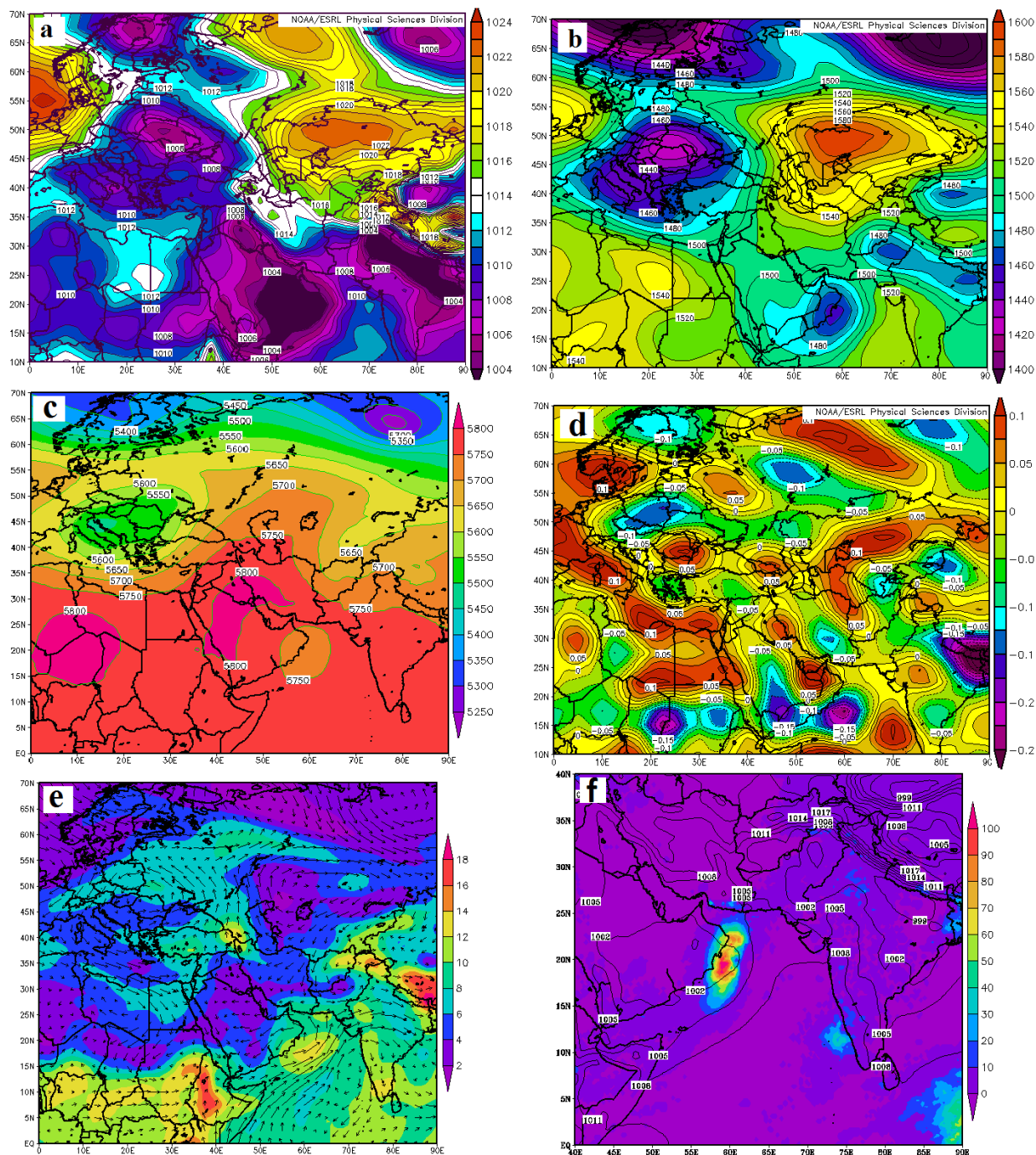
#### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۶ ژوئن ۲۰۱۰

فروبار پاکستان در این روز نسبت به بقیه روزها شدت کمتری دارد. منطقه ی همگرایی با مرکز کم فشار در محدوده ی کوچک با ارتفاع ۱۴۴۰ زمین توان متر شکل گرفته (شکل ۶-۵) و فروبار پاکستان به صورت نوار باریکی از شبه قاره ی هند به سمت جنوب شرقی ایران کشیده شده است، اما به علت ضعیف بودن، پرفشار اروپا از سمت شمال غرب تا نواحی داخلی ایران پیشروی کرده است (شکل ۶-۵). بنابراین این پرفشار باعث شده که جریان های جنوبی نتوانند به خوبی وارد ایران شوند؛ در نتیجه، بیشتر قسمت های کشور شرایط پایداری را تجربه می کنند. وجود سامانه ی بندال در غرب دریای خزر و تشکیل پشته ای گسترده با ارتفاع ۵۷۰۰ زمین توان متر بر فراز ایران حاکی از این وضعیت پایدار است (شکل ۶-۵). مقادیر نم ویژه نیز کاهش یافته و محدود به شمال شرقی هندوستان است. در محدوده ی دریای عمان، هند، پاکستان و افغانستان چرخش چرخندی به چشم می خورد، رطوبت نیز از شمال غرب پاکستان به سمت ایران جریان دارد

(شکل ۴-۵) حاکی از چرخش چرخندی در محدوده ی خلیج بنگال و همچنین شمال دریای عرب است که هوای گرم و مرطوب را از غرب هندوستان و جنوب غرب پاکستان به جنوب شرقی ایران هدایت می کند. با توجه به افزایش فشار تراز دریا، تعداد هسته های کم فشار در این روز کاهش پیدا کرده است، اما موقعیت این کانون ها و قرار گرفتن دو هسته در خشکی های جنوب شرقی ایران، همچنین مقادیر بیشینه ی بارش، با توجه به جریان های رطوبت، حاکی از این است که بارش خشکی مقدم بر دریا است (شکل ۴-۵). حداکثر مقادیر نم ویژه نیز مربوط به نواحی شمال شرقی هندوستان بوده و مقدار بارش در این روز معادل  $0/18$  در خشکی و  $0/03$  در دریا ثبت شده است.

#### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۳ ژوئن ۲۰۱۰

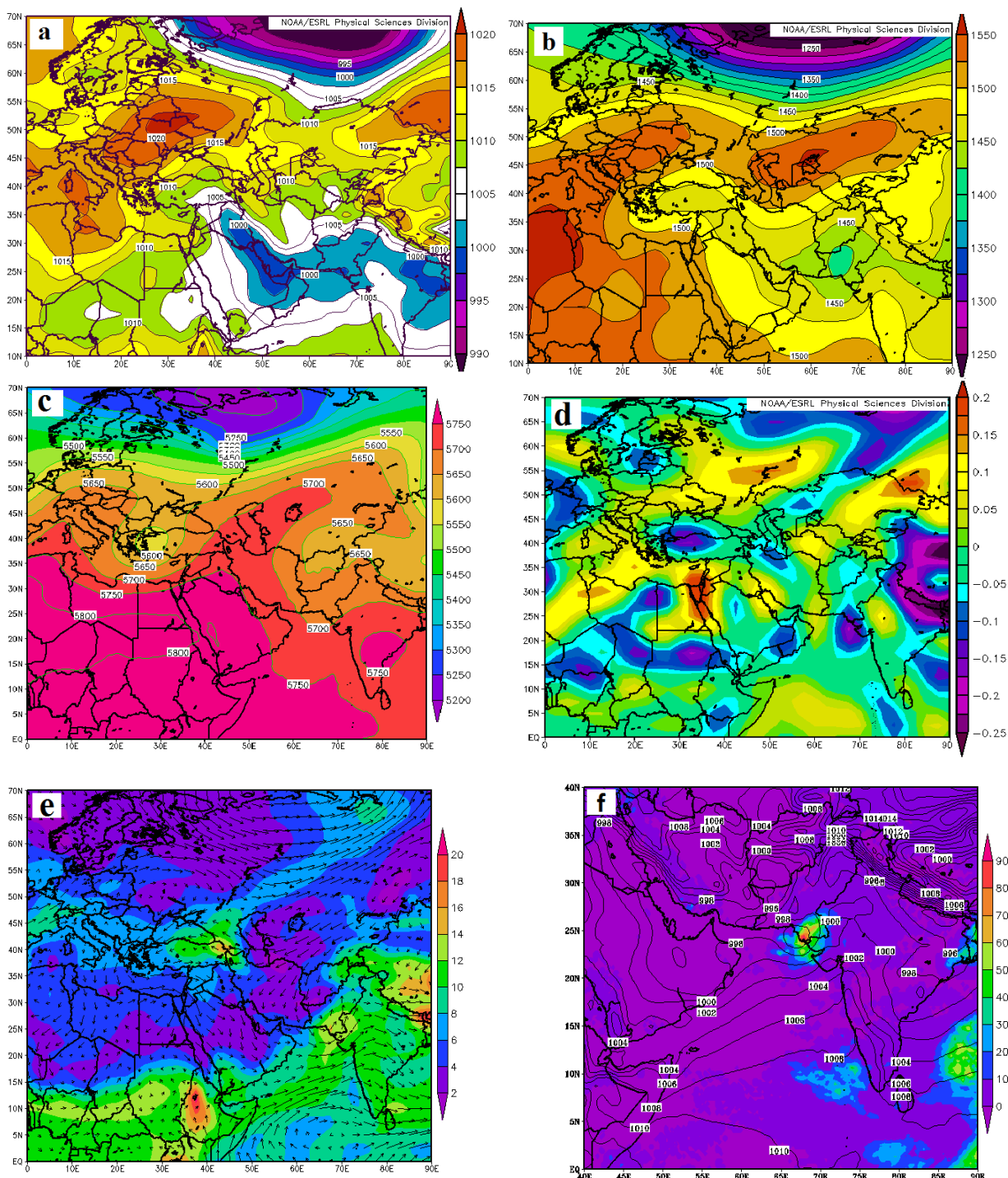
در شکل ۵-۵ پراکنندگی فشار سطح دریا نشان دهنده ی تشکیل کانون های شرقی و غربی کم فشار پاکستان در نواحی تحت سیطره است، به طوری که سه کانون بر روی شبه قاره ی هند و شرق پاکستان، یک کانون در جنوب شرقی عربستان مستقر گردیده است. فشار مرکزی تمام کانون ها ۱۰۰۰ هکتوپاسکال است، هرچند در این روز به علت حاکمیت شدید پرفشار سبیری، کم فشار پاکستان خیلی فرصت گسترش پیدا نکرده است. در نقشه ی ۵-۵ تراف ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز کاهش چشمگیر ارتفاع زمین توان و گردش چرخندی قابل مشاهده است که شرایط مناسبی را برای انتقال رطوبت و وقوع بارش در ترازهای زیرین جو مهیا کرده است. در سطوح بالا پرفشار جنب حاره تمام نواحی ایران را دربر گرفته است (شکل ۵-۵). مقادیر منفی امگا در محدوده ی شرقی شبه قاره ی هند، شرق پاکستان و جنوب شرقی ایران حاکی از صعود شدید هوا در این نواحی است که مقدار آن  $0/05$  پاسکال بر ثانیه است (شکل ۵-۵). جریان های چرخندی واقع در جنوب دریای عمان و خلیج عدن با حرکت پادساعتگرد رطوبت را از جنوب دریای عمان به نواحی جنوب شرقی



شکل ۵- به ترتیب حروف (a) نقشه‌ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه‌ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه‌ی ترکیبی بارش و SLP و بارش (۲۰۱۰/۶/۳).

در نواحی خشکی جنوب شرقی نسبت به دریا نیز این مسئله را تأیید می‌کند (شکل ۶-ع). این روز کم‌باران‌ترین روز بارشی در بین روزهای مطالعه شده بوده و مقدار بارش آن در دریا و خشکی به ترتیب معادل ۰/۰۱ و ۰/۰۲ است.

(شکل ۶-ع). نقشه‌ی ترکیبی بارش و فشار تراز دریا مربوط به روز مذکور حاکی از قرار گرفتن دو کانون کم‌فشار پاکستان در جنوب شرقی ایران است. موقعیت این مراکز، همچنین جریان‌های رطوبت نشان‌دهنده‌ی تقدم بارش خشکی است، هر چند واقع شدن مقادیر بیشینه‌ی بارش



شکل ۶- به ترتیب حروف (a) نقشه ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه ی ترکیبی SLP و بارش (۲۰۱۰/۶/۶)

مانع از نفوذ پرفشارهای اروپا به داخل ایران گردیده است. الگوی سینوپتیکی حاکم در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز شرایطی همانند وضعیت سطح زمین را فراهم نموده است، استقرار یک منحنی بسته ی کم ارتفاع بر روی شبه قاره ی

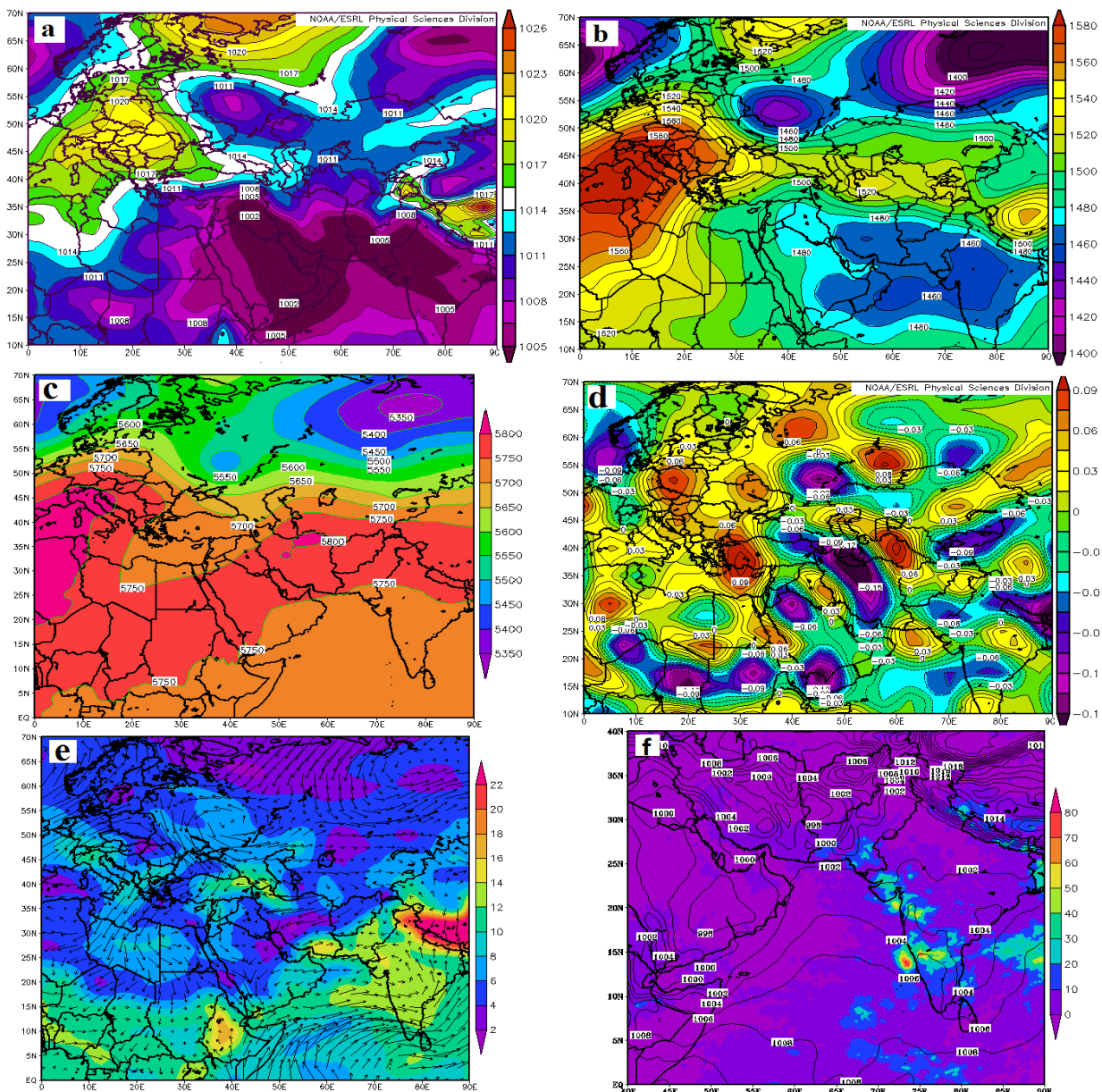
#### تحلیل شرایط همید حاکم در روز ۲۱ اوت ۲۰۱۱

نقشه ی a-۷ نشان می دهد که در این روز یکی از کانون های کم فشار پاکستان با فشار ۱۰۰۴ هکتوپاسکال بر روی جنوب شرقی ایران مستقر شده و شدت و گسترش آن



رطوبت را از خلیج بنگال وارد شبه قاره هند کرده و این جریانها با حرکت به سمت غرب، از جنوب پاکستان و نواحی جنوبی دریای عمان، جنوب شرقی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند (شکل ۷-ع). در این روز تمام نواحی ایران، افغانستان، پاکستان و شمال شبه قاره هند تحت سیطره‌ی پرفشار جنب حاره بوده و یکی از کانونهای آن

هند و دریای عرب باعث ایجاد جریانهای چرخندی شده که با صعود شدید هوا همراه است (شکل ۷-ب). در نقشه‌ی d-۷ نیز نواحی مذکور مقادیر منفی ناپایداری هوا را نشان می‌دهند. نحوه‌ی آرایش منحنیهای وزش رطوبتی بر روی منطقه بیانگر این است که جریانهای چرخندی و اچرخندی محدوده‌ی خلیج بنگال و دریای عرب را احاطه کرده‌اند، چرخشهای چرخندی با حرکت پادساعتگرد



شکل ۷- به ترتیب حروف (a) نقشه‌ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه‌ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه‌ی ترکیبی SLP و بارش (۲۰۱۱/۸/۲۱).

توجه به نقشه ی ۸-۵، وجود جریان های چرخندی در محدوده ی دریای سرخ، خلیج عدن و دریای عرب باعث تزریق رطوبت از این مناطق به شبه قاره ی هند، از آنجا به پاکستان شده، ولی انتقال رطوبت به جنوب شرقی ایران از طریق دریای عمان است، این مسئله می تواند به علت گستردگی و فشار پایین تر کانون مستقر بر روی عربستان باشد که زبانه های آن تا نواحی داخلی ایران نفوذ کرده است (شکل ۸-۴).

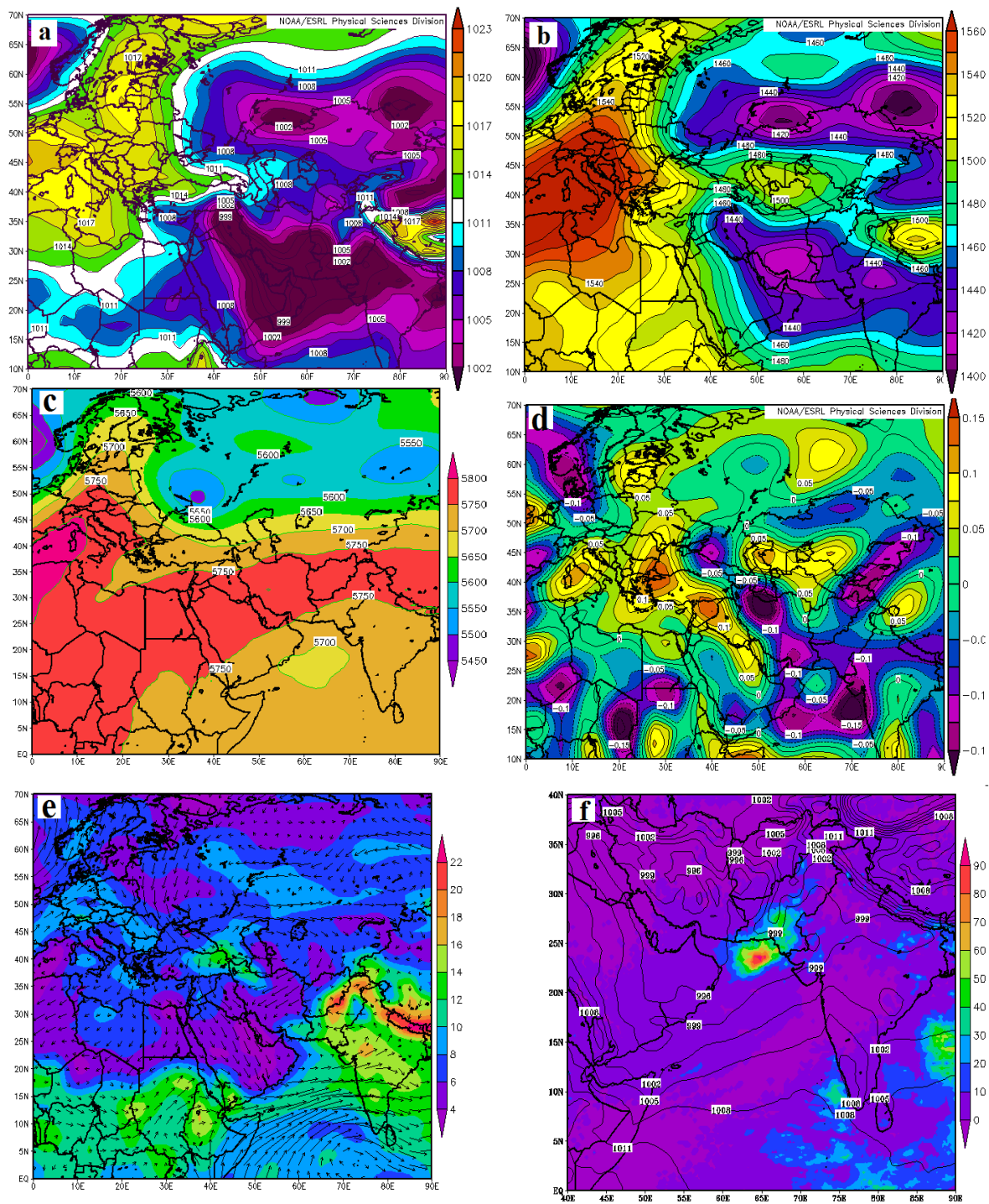
### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۴ اوت ۲۰۱۳

مقدار بارش ثبت شده در این روز نسبت به روز قبل کاهش چشمگیری، مخصوصاً در دریا داشته و معادل ۰/۹۲ میلی متر است، اما میزان بارش در خشکی کمی بیشتر از روز قبل بوده و به ۶/۲۸ میلی متر رسیده است. نقشه های همدید سطوح مختلف جو نیز این واقعیت را به خوبی نشان می دهند، به طوری که فروبار پاکستان شدت و گستره ی کمتری داشته و چرخش های چرخندی در نقشه ی ۸۵۰ هکتوپاسکال نسبت به روز قبل ضعیف تر شده اند اما تمام مناطق واقع در نیمه جنوبی و مرکزی ایران را تحت سلطه خود قرار داده اند. حاکمیت پرفشار آزر به مانند روز قبل بوده ولی از گسترش آن در جهت مداری کاسته شده است. بررسی نقشه های وزش رطوبت و نم ویژه حاکی از این است که مسیر انتقال رطوبت از روی شبه قاره ی هند به سمت جنوب پاکستان و شمال دریای عمان، از آنجا به جنوب شرقی ایران است. هسته های منفی امگا همچنان بر روی دریای عرب واقع شده اما از شدت ناپایداری هوا کاسته شده است. در این روز مقادیر بیشینه ی نم ویژه در شمال شبه قاره ی هند به چشم می خورد. پراکندگی بارش نیز از تمام روزهای مطالعه شده بیشتر بوده و مقدار بارش در بسیاری از نواحی هند و پاکستان کاهش قابل ملاحظه ای داشته است. با توجه به نحوه ی استقرار مراکز و کانون های کم فشار، همچنین جریان های رطوبت، بارش این روز در دریا مقدم بر خشکی بوده ولی مقدار آن کمتر است (شکل ۹).

با ارتفاع ۵۸۰۰ متر در شمال شرقی ایران قرار گرفته است (شکل ۷-۷). بیشترین مقدار رطوبت ویژه در شمال شبه قاره ی هند واقع گردیده و مقادیر بارش در این روز ۰/۲۶ میلی متر در دریا و ۲ میلی متر در خشکی ثبت شده است. هسته های بارش در این روز گسترش و پراکندگی زیادی دارند و تا عرض های پایین تر نیز کشیده شده اند. تعدادی از این هسته ها نیز در نواحی جنوب شرقی و جنوب غربی پاکستان به چشم می خوردند، اما به علت گستردگی بیشتر کانون های غربی کم فشار پاکستان نسبت به هسته های مستقر بر روی پاکستان و افغانستان، وزش رطوبت از سمت جنوب دریای عمان به داخل ایران صورت گرفته و بارش دریا زودتر رخ داده است (شکل ۷-۴).

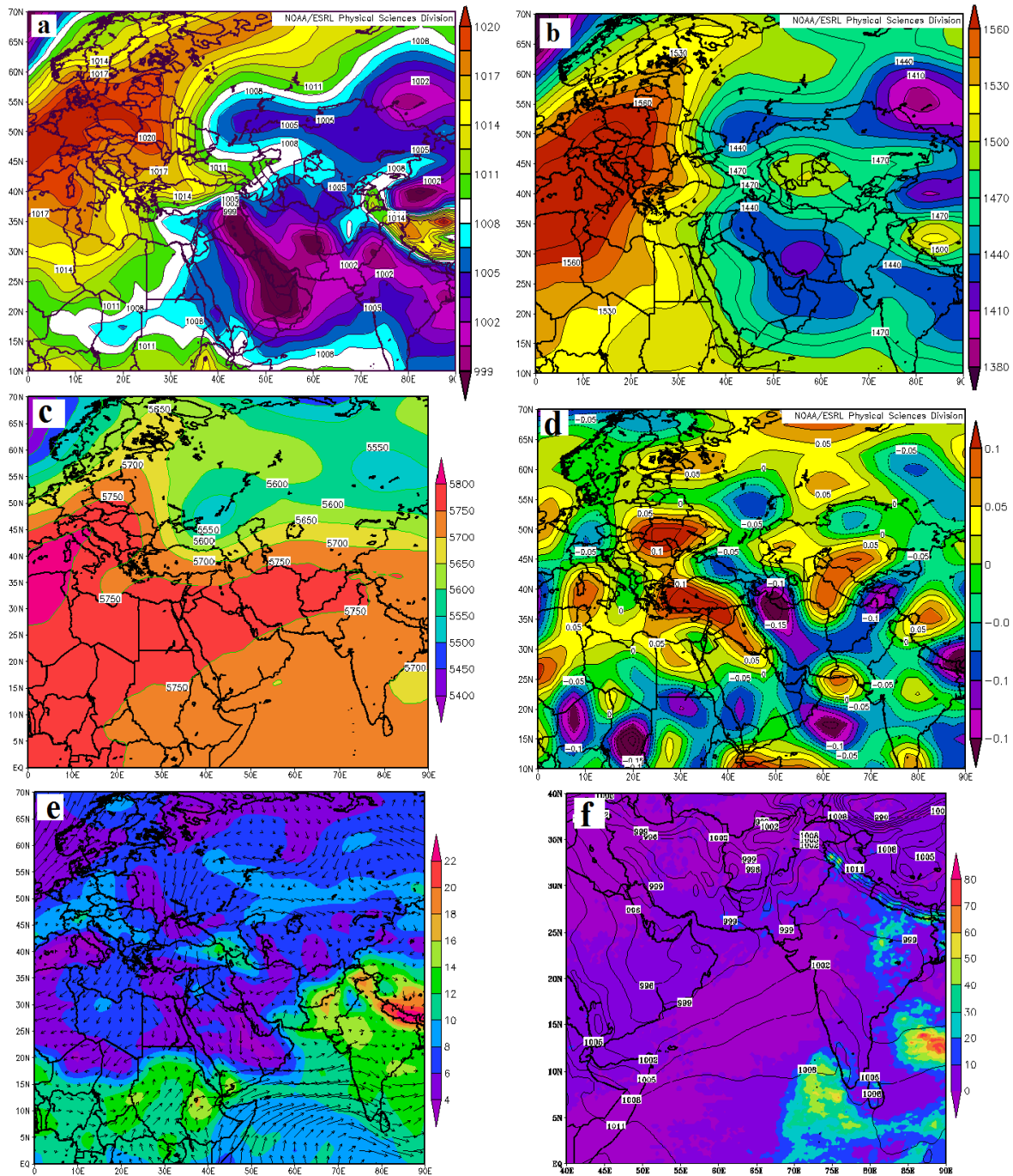
### تحلیل شرایط همدید حاکم در روز ۳ اوت ۲۰۱۳

بارش این روز در دریا سه برابر خشکی و مقدار آن معادل ۱۵/۹۰ میلی متر است. در این روز کم فشار پاکستان گسترش بسیار قابل توجهی داشته است، به طوری که زبانه ی آن در راستای شمال غرب- جنوب شرق تمامی نواحی مرکزی ایران تا محدوده ی شمال دریای خزر را دربر گرفته و از سمت غرب، شرق سوریه و جنوب ترکیه را نیز احاطه کرده است (شکل ۸-۵). در نقشه ی فشار تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز مرکز کم ارتفاعی با منحنی بسته ۱۴۲۰ زمین توان متر در جنوب دریای عمان و خلیج فارس واقع گردیده است. ناوه ی عمیقی در جنوب عربستان دیده می شود که محور این فرود بر روی دریای عرب قرار گرفته است (شکل ۸-۵). در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نیز پرفشار آزر کمی به عرض های بالاتر جابه جا شده است (شکل ۸-۷). در این روز حداکثر شدت امگای منفی (۰/۱۵- پاسکال بر ثانیه) در دریای عرب و شرق شبه قاره ی هند قرار دارد، هسته ی دیگری با میزان ۰/۱- پاسکال بر ثانیه شمال دریای عمان را احاطه کرده که بیانگر ناپایداری شدید هوا در این مناطق است (شکل ۸-۴). بیشینه ی مقادیر رطوبت ویژه نیز منطبق بر مناطق حداکثر ناپایداری هوا است. با



شکل ۸- به ترتیب حروف (a) نقشه‌ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه‌ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه‌ی ترکیبی SLP و بارش (۲۰۱۳/۸/۳).





شکل ۹- به ترتیب حروف (a) نقشه‌ی فشار سطح زمین، (b) ارتفاع زمین توان تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (c) ارتفاع زمین توان تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، (d) نقشه‌ی امگا تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (e) نقشه‌ی نم ویژه و وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، (f) نقشه‌ی ترکیبی SLP و بارش (۲۰۱۳/۸/۴).

رطوبت مهم‌تر از صعود است، شناسایی منابع و منشأ رطوبت این بارش‌ها، ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، در مطالعه‌ی حاضر جهت تبیین سازوکار حاکم بر وقوع بارش‌های شدید تابستانه در محدوده‌ی جنوب شرقی ایران، ساختار گردش و برخی مؤلفه‌های مهم در مقیاس منطقه‌ای بررسی گردید. بدین منظور با تحلیل نقشه‌های

### نتیجه‌گیری

نزول بارش‌های سنگین و سیل‌آسا از مشخصه‌های بارز اقلیمی جنوب شرقی ایران است. در این منطقه، به جهت دسترسی به بخار آب فراوان ناشی از دریا در صورت مهیائی عوامل صعود قوی، بارش‌های سنگین اتفاق می‌افتد، اما از آنجاکه برای ایجاد بارندگی‌های شدید، عامل

(۲۰۱۲) نیز منبع اصلی رطوبت بارش‌های جنوب شرقی کشور در دهه‌ی اول ژوئیه دریای عمان است. پژوهش‌های دیگر بیانگر این هستند که رطوبت اقیانوس هند و دریای عرب درون گردش چرخندی کم‌فشار پاکستان از طریق دامنه‌های جنوبی کوه‌های هیمالیا و به موازات این کوه‌ها حرکت نموده و با جهت شرقی-غربی از طریق پاکستان به جنوب شرق ایران می‌رسد (سلیقه، ۲۰۰۶). مطالعه‌ی حاضر ضمن تأیید نظر محققان قبلی حاکی از این است که در این دوره هماهنگی بین چرخش‌های جوی عرض‌های پایین (چرخند موسمی) و عرض‌های میانی (واچرخند پرفشار جنب‌حاره‌ای) وجود داشته و هماهنگی بین این سامانه‌های فشار باعث تقویت و شدت یافتن نفوذ رطوبت از سمت شرق به منطقه می‌شود. بارندگی‌های شدید و سیل‌آسا علاوه بر تأثیری که بر نواحی ساحلی و زمین‌های اطراف دارند، باعث کاهش صید آبیان، فرسایش خاک و افزایش حشرات و آفات شده، همچنین خسارت‌های زیادی را در تاسیسات بندری این نواحی برجای می‌گذارند. بنابراین شناخت این پدیده می‌تواند به تعیین آستانه‌ی آسیب‌پذیری سازه‌های بندری، برنامه‌ریزی کارهای مربوط به ماهیگیری، زیست‌شناسی دریا، کاهش زیان‌ها و مدیریت بوم‌نظام‌های دریایی کمک کند.

### منابع

- ۱) بارانی زاده، ا، بهیار، م، جوانمرد، س؛ و عابدینی، ی. ۱۳۹۰. صحت سنجی برآوردهای بارندگی الگوریتم ماهواره‌ای PERSIAN با داده‌های بارش زمینی شبکه‌بندی شده (APHRODITE) در ایران، مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران، دانشگاه ارومیه ۲۶۱۵-۲۶۱۸.
- ۲) باستانفرد، ب، احمدی گیوی، ف؛ و ایران‌نژاد، پ. ۱۳۹۳. تأثیر وافشاری‌های موسمی دریای عرب بر بارش جنوب شرق ایران، شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران ۱۸۱-۱۸۵.
- ۳) پوراصغر، ف، قائمی، ه، جهانبخش، س؛ و ساری صراف، ب. ۱۳۹۲. بررسی شار رطوبت از دریاهای مجاور در دوره‌های مرطوب و خشک فصل زمستان نیمه جنوبی کشور، پژوهش‌های اقلیم شناسی ۱۳۹۲(۱۵): ۲-۱۶.
- ۴) حلبیان، ا؛ و شبانکاری، م. ۱۳۹۳. بررسی ارتباط بین نوسان بارش در سواحل جنوبی دریای خزر و تغییرات فشار تراز دریا، تحقیقات جغرافیایی ۲۹(۲): ۱۲۳-۱۳۴.

وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، منشأ و منابع رطوبت بارش‌ها، همچنین مسیر آن‌ها شناسایی شد. در ادامه به‌منظور درک سازوکار تزریق رطوبت به منطقه، همچنین تشخیص میزان ناپایداری و مقدار رطوبت موجود در سطح از الگوهای آرایش هم‌فشار سطح دریا، ارتفاع زمین توان، امگا و نم ویژه برای ترازهای ۸۵۰ هکتوپاسکال استفاده گردید. نتایج تحلیل‌های آماری نشان دادند که در بیشتر روزهای مطالعه شده، بارش در خشکی زودتر از دریا رخ داده است. همچنین، بررسی‌های سینوپتیکی بیانگر آن بودند که در زمان رخداد بارش‌های سنگین، در سطح زمین حاکمیت با الگوی غالب کم‌فشار پاکستان بوده که در اکثر رخدادها به علت شیب فشار حاصل‌شده بین این منطقه‌ی کم‌فشار و پرفشار تبت، هوای منطقه شدیداً تحت تأثیر قرار گرفته و بارش‌های سنگین را به دنبال داشته است. استقرار ناوه در بیشتر روزها و مراکز کم‌ارتفاع در نقشه‌های جو بالا نیز این وضعیت را تأیید می‌کند. همچنین، با توجه به شرایط مشاهده شده در نقشه‌های وزش رطوبت این‌گونه استنباط می‌شود: در زمان‌هایی که کم‌فشار پاکستان شدت و گسترش قابل‌ملاحظه‌ای داشته و حاکمیت پرفشار آזור در جهت غربی- شرقی محدود بوده است، مسیر حرکت رطوبت از طریق دریاهای گرم عرب و عمان به سمت شبه قاره‌ی هند بوده و از آنجا با حرکت غرب سو از غرب پاکستان، جنوب شرقی ایران را نیز متأثر کرده است که این وضعیت در ۲۶ ژوئن ۲۰۰۷ به چشم می‌خورد. در سایر روزهای باران‌زا در محدوده‌ی مطالعه گردیده، از شدت کم‌فشار پاکستان کاسته شده و پرفشار جنب حاره نیز گسترش قابل‌ملاحظه‌ای به سمت شرق داشته است؛ در این روزها مسیر انتقال رطوبت از جنوب دریای عمان به جنوب شرق ایران بوده است. بررسی نقشه‌های ترکیبی فشار تراز دریا و بارش نیز نشان دادند که موقعیت کانون‌های کم‌فشار، میزان گستردگی، همچنین امتداد زبانه‌های آن نقش مهمی را در تقدم بارش دریا و خشکی دارد. در همین راستا شبانکاری و حلبیان (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که ۱۰ تا ۲۰ درصد از نوسان بارش روزانه در کرانه‌های جنوبی ایران در سطح تراز دریا، با کاهش و افزایش میزان فشار، در عرصه‌ی کنش قلمرو استیلای وضعیت موسمی مستقر بر روی جنوب و جنوب شرقی آسیا، همچنین الگوی گردشی فشار سودانی مرتبط و همزمان است. براساس مطالعه‌ی علیجانی و همکاران

۱۶) لشگری، ح؛ و خزایی، م. ۱۳۹۳. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های سنگین استان سیستان و بلوچستان، اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۲۳(۹۰): ۷۹-۷۰.

17) Bohra, A. K., Basu, S., Rajagopal, E. N., Iyengar, G. R., Das Gupta, M., Ashrit, R. and Athiyaman, B. 2006. Heavy rainfall episode over Mumbai on 26 July 2005: Assessment of NWP guidance. *Current Science* 9:1188-1194.

18) Kim, B. J., Kripalani, R. H., Oh, J. and Moon, S. E. 2002. Summer monsoon rainfall patterns over South Korea. *Theoretical and Applied Climatology* 72(1): 65-74.

19) Lana, A., Campins, J., Genov, A. and Jans, A. 2007. Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands, *Advances in Geosciences* 12: 27-32.

20) Matlik, O. and Post, P. 2008. Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961-2005, *Estonian Journal of Engineering* 14(3):195-208.

21) National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA). 2015. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.pressure.html>

22) Robert, P., Donald, T. and Joseph, R. 1998. Investigation of upper- air conditions occurring with heavy summer rain in Utah international, *Journal of Climatology* 18(7): 701-723.

23) Yarnal, B. 1993. *Synoptic climatology in Environmental Analysis: A Primer*, Belhaven Press, London. 195pp.

24) Zhang, R. 2001. Relations of water vapor transport from Indian monsoon with that over East Asia and the summer rainfall in China. *Advances in Atmospheric Science* 18(5):1005-1017.

۵) خدام، ن، ایران‌نژاد، پ؛ و احمدی گیوی، ف. ۱۳۹۴. بررسی اثر موسمی هند بر اقلیم تابستانی ایران، ژئوفیزیک ایران ۹(۲): ۵۲-۶۶.

۶) خسروی، م، سلیقه، م؛ و صبغی، ب. ۱۳۹۰. تاثیر بی‌هنجاری‌های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران، جغرافیا و برنامه ریزی ۱۶(۳۷): ۵۹-۸۱.

۷) خوشحال، ج، خسروی، م؛ و نظری پور، ح. ۱۳۸۸. شناسایی منشأ و مسیر رطوبت بارش‌های فوق سنگین استان بوشهر، جغرافیا و توسعه ۷(۱۶): ۷-۲۸.

۸) سلیقه، م. ۱۳۸۳. هماهنگی مراکز فشار جنب حاره‌های در بارش‌های سیل‌آسای منطقه جنوب و جنوب شرق ایران مطالعه موردی: بارش جولای ۱۹۷۶، جغرافیایی سرزمین ۱۱(۱): ۱۰۲-۱۱۶.

۹) سلیقه، م. ۱۳۸۵. مکانیزم‌های بارش در جنوب شرق کشور، پژوهش‌های جغرافیایی ۳۸(۵۵): ۱-۱۳.

۱۰) سلیقه، م؛ و بریمانی، ف. ۱۳۸۶. اثرات سیستم‌های آب و هوایی موسمی در کشاورزی بلوچستان، جغرافیا و توسعه ۹: ۲۵-۳۸.

۱۱) شبانکاری، م؛ و حلبیان، ا. ۱۳۹۱. تحلیل همدید ارتباط بین نوسان بارش روزانه در کرانه‌های جنوبی ایران و تغییرات فشار تراز دریا، تحقیقات جغرافیایی ۲۷(۱): ۱۶۵-۱۸۴.

۱۲) علیجانی، ب، جعفرپور، ز، علی‌اکبری بیدختی، ع؛ و مفیدی، ع. ۱۳۸۶. تحلیل سینوپتیکی الگوهای گردشی بارش‌های موسمی جولای ۱۹۹۴ در ایران، علوم جغرافیایی ۷(۱۰): ۷-۳۸.

۱۳) علیجانی، ب، خسروی، م؛ و اسماعیل‌نژاد، م. ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی بارش سنگین ششم ژانویه ۲۰۰۸ در جنوب شرق ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی ۱(۳-۴): ۳-۱۴.

۱۴) علیجانی، ب، مفیدی، ع، جعفرپور، ز؛ و علی‌اکبری بیدختی، ع. ۱۳۹۰. الگوهای گردش جو بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران در ماه ژوئیه ۱۹۹۴، فیزیک زمین و فضا ۳۷(۳): ۲۰۵-۲۲۷.

۱۵) لشگری، ح، قائمی، ه؛ و پرک، ف. ۱۳۹۲. تحلیل رژیم بارندگی منطقه جنوب و جنوب غرب کشور، اطلاعات جغرافیایی «سپهر» ۲۲(۸۵): ۵۷-۶۳.

