

## چگونگی پدیداری سامانه‌های بارش‌زای سنگین در جنوب غربی ایران و پیوند

### آن با پدیده MJO

سید محمدجعفر ناظم‌السادات<sup>۱</sup> - کوکب شاهقلیان<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۷

### چکیده

انگیزه انجام این پژوهش بررسی‌ریخی از ویژگی‌های همدیدی بارش‌های سنگین در جنوب غربی ایران و پیوند آن با پدیده نوسان‌های ماندن-جولیان می‌باشد. چگونگی پراکنش ماهانه بارش و شناسایی سرچشمه‌های تولید بخار آب برای این بارش‌ها از دیگر اهداف پژوهش است. در این راستا، بارش روزانه ایستگاه‌های آبادان، اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز برای دوره ۳۶ ساله ۲۰۱۱-۱۹۷۵ و ایستگاه یاسوج برای دوره ۲۱ ساله ۲۰۱۱-۱۹۹۰، در بازه ماه‌های نوامبر هر سال تا آپریل سال پس از آن گردآوری شد. داده‌های بارش از بزرگ به کوچک آراسته گردیدند و دو آستانه ۵ و ۱۰ درصد بالایی به عنوان بارش‌های سنگین برگزیده شدند. بیشترین فراوانی بارش‌های سنگین در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر دیده شد. در ایستگاه‌های اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز بیشترین بارش‌های سنگین در فاز ۸، در ایستگاه آبادان در فازهای ۷ و ۸ و در ایستگاه یاسوج در فاز ۲ رخ داده است. نقشه‌های همدیدی نشانگر آن است که هم‌راستا با حرکت خاور سوی پدیده MJO در پهنه استوایی اقیانوس هند، سامانه بارش‌های سنگین هم از گستره باختری و جنوب باختری ایران آغاز شده و پس از گذراندن پهنه‌های جنوب مرکزی، به بخش‌های خاوری ایران و سپس به افغانستان می‌رسند. گردش تند چرخندی هوا که بر پهنه دریای مدیترانه، دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عرب چیره می‌شود بخش بنیادین بخار آب برای این بارش‌ها را فراهم می‌سازد. نقشه‌های همدیدی نشانگر آن است که بیشترین اندازه بخار آب این بارش‌ها از دریای عرب و پهنه باختری اقیانوس هند فراهم می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: ایران، بادهای برداری، بارش، خلیج فارس، MJO

### مقدمه

توانایی انسان برای پیش‌بینی چه در قالب مدل‌های پیشرفته گردش عمومی جو و چه مدل‌های ساده تر، از دقت بالایی برخوردار نیست و منابع خطا فراوان است. افزایش دقت پیش‌گویی‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی از راه روشن کردن فیزیک جو-اقیانوس و خشکی، یکی از چالش‌های بزرگ در کانون‌های علمی جهان است. راه دراز و پر پیچ و خم بسیاری از دانشمندان دانش هوا و اقلیم‌شناسی، پیش‌بینی دوره‌های تر و خشک با دقت بالا می‌باشد. هرچه بارش از پراکنش یکنواخت‌تری برخوردار باشد، پیش‌بینی آن آسان‌تر خواهد بود. در برابر، در پهنه‌های خشکی مانند ایران و بویژه در نیمه جنوبی آن که بارش دارای ضریب تغییرات بزرگی است، پیش‌بینی دوره‌های پر و کم بارش کار بسیار دشواری است.

از آن‌جا که بارش‌های ایران در بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه دارای نوسان‌های بزرگی است، پیش‌بینی آن‌ها کاری بسیار دشوار و همراه با خطای بزرگی است (۷). در راستای کاهش

با افزایش روزافزون جمعیت جهان، درخواست آب از روند فزاینده‌ای برخوردار گردیده است. پژوهش برای شناخت علل نوسان‌های بارش و پیش‌بینی آن یکی از روش‌های برجسته برای بهینه کردن مصرف آب است. هنگامی که شناخت علت خشکسالی و ترسالی بر پایه‌های فیزیکی استوار شود، پیش‌بینی آن‌ها آسان‌تر خواهد گردید. پیش‌بینی‌های بارش برای بازه‌های گوناگون زمانی از چند ساعت تا چند دهه از روش‌های کارآمد برای بهینه سازی مصرف آب می‌باشد.

گرچه پیش‌بینی بارش جایگاه ارزنده‌ای در مدیریت منابع آب دارد،

۱ و ۲- استاد و دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، مرکز پژوهش‌های علوم جوی و اقیانوسی  
(\* نویسنده مسئول: Email: nadiashahgholian@gmail.com)

$RMM2^4$  نشان داده می‌شود. فازهای مثبت و منفی بر پایه علامت  $RMM1$  شناخته می‌شوند. فازهای ۱، ۲، ۷ و ۸ فازهای منفی و فازهای ۳، ۴، ۵ و ۶ فازهای مثبت نام گرفته‌اند. اطلاعات بیشتر درباره  $MJO$  و فازهای آن را می‌توان در پایگاه اطلاعاتی مرکز پیش‌بینی اقلیمی استرالیا<sup>۵</sup> پیدا نمود.

پژوهش‌های گسترده‌ای پیوند معنی‌دار پدیده  $MJO$  با نوسان‌های بارش در پهنه‌های گوناگون جهان و از جمله کشور ایران را نشان داده‌اند. بر پایه این پژوهش‌ها،  $MJO$  یکی از سازه‌های نوسان ویژگی‌های بارش در پهنه‌های مونسونی قاره آسیا (۱۷، ۱۸ و ۲۵)، استرالیا (۱۵)، آمریکای جنوبی (۲۴ و ۱۹) و آفریقا (۲۲) به شمار می‌رود. افزون بر آب و هوای پهنه‌های استوایی،  $MJO$  بر آب و هوای گستره‌های فراگرمسیری نیز سایه افکنده است (۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۶).

نشان داده شده است که در فاز مثبت  $MJO$  و هم‌زمان با افزایش سامانه همرفتی در شرق اقیانوس هند، اندازه بارش در جنوب باختری آسیا کمتر از میانگین می‌شود. در برابر، با کاهش فعالیت‌های همرفتی در نواحی خاوری اقیانوس هند، بارش‌های جنوب باختری آسیا بیشتر از میانگین می‌گردد (۹). ناظم السادات و قائدامینی (۲۳) نشان دادند که در دوره نوامبر-آوریل، ویژگی‌های  $MJO$  بر اندازه بارش پهنه‌های جنوبی ایران و نیز شبه جزیره عربستان سایه افکنده است. اندازه بارش و فراوانی روزهای بارانی در فازهای منفی  $MJO$  به گونه‌ای معنی‌دار بیشتر از مقادیر همانند در فاز مثبت است. قائدامینی و ناظم السادات (۳) نشان دادند که رخدادهای سیلاب و کم بارشی شدید در استان‌های فارس، اصفهان و چهارمحال و بختیاری یکی پس از دیگری با چیرگی فاز منفی و فاز مثبت  $MJO$  در پیوند است. آزمون‌های آماری نشان داد که با چیره شدن فاز مثبت، احتمال رخداد خشکسالی در استان‌های فارس و خوزستان میان ۵۰ تا ۹۰ درصد در نوسان می‌باشد. در برابر، در فاز منفی  $MJO$  احتمال رخداد دوره تر بین ۵۵ تا ۸۰ درصد در نوسان است (۱ و ۲).

مسعودیان و محمدی (۶) نشان دادند که هنگام رخداد بارش‌های سنگین ایران بیشترین جبهه زایی در سه تراز نزدیک به زمین ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به انجام می‌رسد. هم چنین نشان داده شده است که ترازهای ۱۰۰۰، ۹۲۵، ۸۵۰ هکتوپاسکال به ترتیب با شار نمناکی بیش از ۶۰، ۵۰ و ۴۰ درصد، بیشترین نقش را در فراهم سازی نم برای بارش‌های ابرسنگین و فراگیر ایران داشته‌اند. در بررسی بارش‌های ابر سنگین که شدت آنها بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در روز بود، منبع رطوبتی آن‌ها دریای خزر، خلیج فارس و دریای عرب

منابع خطا و افزایش ریزبینی مدل‌های پیش‌بینی، ارزیابی برهمکنش‌های پدیده‌های آب و هوایی در خشکی، اقیانوس و جو از جایگاه بالایی برخوردار است. تاکنون چندین نمایه جوی-اقیانوسی که کاربرد فراوانی در پیش‌بینی بارش‌های چند روزه تا چند دهه‌ای دارند از سوی پژوهشگران ارائه شده‌اند. به کمک این نمایه‌ها می‌توان بر پایه شرایط اقلیمی در گستره‌های بزرگ آبی، چگونگی بارش در خشکی‌ها را پیشگویی نمود.

در سال ۱۹۷۱ میلادی، رولاند مادن و پائول جولیان با کاربرد روش پردازش طیفی<sup>۱</sup> و وابستگی باد و فشار هوای رویه دریا در پهنه اقیانوس آرام را با رخدادهای همرفتی اقیانوس هند ارزیابی کردند. ارزیابی‌های این محققان و پژوهشگران پس از آن‌ها نشان داد که پس از آن که یک سامانه بارش‌زای همرفتی در گستره باختری و استوایی اقیانوس هند پدید آمد، پیشروی خاورسوی خود را آغاز می‌نماید تا پس از گذر از پهنه اقیانوس هند، به بخش‌های باختری و مرکزی اقیانوس آرام برسد. امروزه این رخدادهای جوی-اقیانوسی در نواحی گرمسیری اقیانوس‌های هند و آرام و پیشروی خاورسوی آن را پدیده مادن-جولیان<sup>۲</sup> می‌نامند.

دیدهبانی‌های انجام شده چنین نشان داد که اگرچه دوام یک دوره  $MJO$  بین کمتر از ۳۰ تا بیشتر از ۶۰ روز به درازا می‌کشد، ولی دوران‌های ۴۱ تا ۵۳ روزه بیشترین فراوانی را دارند (۲۰). با نزدیک شدن سامانه همرفتی به گستره‌های میان‌اقیانوسی اقیانوس آرام و بویژه آرام جنوبی، فروپاشی آن کم کم فرا می‌رسد. هماهنگ با این فروپاشی، یک سامانه همرفتی دیگر در بخش باختری اقیانوس هند (در نزدیکی آفریقا) پدیدار می‌گردد تا پیشروی خاور سوی خود را آغاز کند. در برخی از زمان‌ها فروپاشی هر سامانه با پدیداری سامانه نوین چند روزی همپوشانی دارد. هنگامی که سامانه باران‌زا از یک ناحیه گذر نمود، خشکی بر بخش‌های باختری آن چیره می‌گردد.

گذر چند هزار کیلومتری سامانه بارش‌های همرفتی در گستره اقیانوس‌های هند و آرام به هشت بازه یا فاز بخش شده است. هنگامی که سامانه باران‌زا در باختری‌ترین بخش استوایی اقیانوس هند (نزدیک به مرزهای شمالی و موزامبیک) قرار دارد  $MJO$  در فاز یک است. در فاز دو تا پنج سامانه به بخش‌های مرکزی اقیانوس هند می‌رسد. در فاز شش، سامانه در بخش مرکزی اقیانوس‌های هند و آرام (Maritime Continent) است. در فازهای هفت و هشت سامانه بر روی بخش‌های باختری و میانی اقیانوس آرام استوایی باران‌زایی می‌نماید (۲۶).

نمایه  $MJO$  در پیکر دو سری زمانی در بر گیرنده  $RMM1^3$  و

4- Real-time Multivariate MJO principal component (PC) time series 2

5-<http://www.bom.gov.au/climate/about/?bookmark=mjo>

6- Extra Tropical

1- Spectral Analysis

2- Madden-Julian

3- Real-time Multivariate MJO principal component (PC) time series 1

شناسایی شد (۴).

نگارندگان این نوشتار ارزیابی پیوند میان پدیده MJO و بارش‌های سنگین ایران را در پژوهش‌های پیشین ندیدند. همچنین ارزیابی پراکنش ماهانه بارش‌های سنگین و فراوانی این بارش‌ها در هر یک از فازهای MJO مورد توجه پژوهش‌های پیشین نبوده است. انگیزه انجام این پژوهش آن بود تا پاسخ مناسبی برای این نادانسته‌ها و کارهای انجام نشده بیابند. افزون بر این، چگونگی شکل‌گیری و پیشروی سامانه‌های بارش‌زای سنگین در جنوب ایران از دیدگاه همدیدی از یک روز پیش از رخداد بارش سنگین تا یک روز پس از آن نیز بررسی خواهد شد. یادآور می‌شود که تعریف بارش‌های سنگین در کارهای پیشین و این پژوهش یکسان نمی‌باشد.

## مواد و روش‌ها

داده‌های روزانه نمایه MJO، که بر پایه روش ویلر و هندون (۲۰۰۴) فراهم شده است، برای دوره زمانی ۳۶ ساله (۱۹۷۵ تا ۲۰۱۱) از پایگاه اطلاعاتی مرکز پیش‌بینی اقلیمی استرالیا بیرون آورده شد. داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های آبادان، اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد، شیراز و یاسوج از تارنمای سازمان هواشناسی کشور برداشت گردید که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

افزون بر داده‌های ایستگاهی، از داده‌های شبکه‌بندی شده بادهای برداری لایه‌های پایینی جو ۸۵۰ میلی‌بار<sup>۴</sup>، امگا ۵۰۰ میلی‌بار<sup>۵</sup>، شدت بارش در سطح زمین<sup>۶</sup> و نم و یخ<sup>۷</sup> در گستره خاورمیانه بهره‌برداری شد. این داده‌ها هم در پیکر عددی و هم در قالب نقشه‌های جغرافیایی از سوی پایگاه اینترنتی سازمان ملی اقیانوسی و جویایالات متحده آمریکا<sup>۸</sup>، NOAA<sup>۹</sup>، در دسترس است. نقشه‌های جغرافیایی این سازه‌های هواشناسی برای روزهای همراه با بارش سنگین تولید گردید. این نقشه‌ها برای درک ویژگی سامانه‌های باران‌زا در بازه جغرافیایی میان مقیاس<sup>۱۰</sup> از ارزش والایی برخوردارند.

### برای پردازش داده‌ها گام‌های زیر برداشته شد:

داده‌های بارش روزانه ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، نوامبر و دسامبر برای دوره ۳۶ ساله (۱۹۷۵ تا ۲۰۱۱) در ایستگاه‌های آبادان،

اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز و برای دوره ۲۱ ساله (۱۹۹۰ تا ۲۰۱۱) در ایستگاه یاسوج گردآوری شد.

شمار کم داده‌های گم شده، که برای همه ایستگاه‌ها به طور میانگین برابر با ۱/۹ درصد از همه داده‌ها بود، از سری داده‌ها بیرون انداخته شدند. داده‌های بارش روزانه هر ایستگاه از بزرگ به کوچک آراسته شدند.

بر پایه تعریف واژه‌نامه انجمن هواشناسی آمریکا<sup>۱۱</sup>، AMS، بارش سنگین بارشی است با نرخ انباشت بیش از یک آستانه ویژه که این آستانه به مکان جغرافیایی وابسته است. در این پژوهش یک رویداد بارش روزانه هنگامی بارش سنگین انگاشته می‌شود که بارش آن روز در ۵ یا ۱۰ درصد بالای داده‌های آراسته شده جای بگیرد (۱۴). آزمون‌ها بیشتر بر آستانه ۵ درصد انجام شد و ناسازگاری معنی داری در تغییر آستانه یافت نگردید. با این همه، برخی از یافته‌های وابسته به آستانه ۱۰ درصد نیز در متن آورده شد.

### تهیه نقشه‌های سازه‌های جوی مربوط به MJO

نقشه‌های پدیده‌های همدیدی هواشناسی در گستره خاورمیانه در بازه ۱۲° تا ۴۵° شمالی و ۲۵° تا ۹۰° خاوری با بهره‌گیری از پایگاه اطلاعاتی سازمان ملی اقیانوسی و جوی آمریکا، NOAA، فراهم شد.

برای روشن نمودن چگونگی رسیدن توده‌های باران‌زا، سو و سرعت بادهای برداری لایه‌های پایینی جو (۸۵۰ میلی‌بار) بررسی شد. مسعودیان و محمدی (۶) نشان داده‌اند که این لایه نقش بالایی در جبهه‌زایی پهنه‌های جنوبی و جنوب باختری ایران دارد. اگر این بادهای از دریا به سوی خشکی‌ها بوزند بخار آب را به خشکی‌ها می‌رساند که اندازه آن به دوره وزش، سرعت و سوی باد و نیز درجه نمناکی هوا بستگی دارد. هر چه این بادهای با سرعت و زمان بیشتر به سوی یک مکان ویژه بوزند جو را در آن پهنه جغرافیایی ناپایدارتر کرده و می‌توانند بارش و ابرناکی هوا را در پی داشته باشند.

گرچه سو و سرعت باد چگونگی جابجایی نم هوا در یک گستره افقی را نشان می‌دهد، نمایه امگا نشانگر ارزشمندی برای درک روانش عمودی مولکول‌های بخار آب در یک ستون هوای ناپایدار است. اندازه مثبت و منفی این نمایه یکی پس از دیگری نشان دهنده فرود و فراز هوا است. هر چه سرعت اوج‌گیری توده‌های هوا بیشتر شود اندازه امگا منفی‌تر شده و ناپایداری هوا، شرایط را برای رخداد همرفت و بارش‌های سنگین فراهم می‌سازد. پژوهشگران فراوانی نشان داده‌اند که اندازه نمایه امگا در لایه ۵۰۰ میلی‌باری یکی از بهترین نمایه‌ها برای نشان دادن اندازه ناپایداری هوا است (۲۳). از همین روی، نقشه‌های انحراف میانگین مثبت امگا در ۵۰۰ میلی‌بار نشان دهنده آسمان صاف و بدون ابر و اندازه منفی آن، نشانگر آسمان ابری و

1- <http://cawcr.gov.au/staff/mwheeler/maproom/RMM/>

2- [www.weather.ir](http://www.weather.ir)

3- Gridded data

4- Vector wind, 850mbar level

5- Omega, 500mbar level

6- Precipitation rate, Surface level

7- Specific humidity, 1000mbar level)

8- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>

9- National Oceanic and Atmospheric Administration

10- Meso-scale

مناسب برای رخداد بارش است.

نم ویژه نشانگر شمار مولکول‌های بخار آب موجود در هوا می‌باشد. اگرچه اندازه این نمایه به تنهایی نمی‌تواند نشانگر هوای بارانی یا بدون ابر باشد اما پایش آن چگونگی گذر بخار آب از اقیانوس‌ها به خشکی را به خوبی نشان می‌دهد. روشن است که در یک دمای ثابت، هرچه نم ویژه بالاتر رود، هوا به سوی ابری شدن و ناپایداری می‌رود. هر چه میزان نم ویژه افزایش یابد، توده هوا در دمای کمتری اشباع می‌شود و ابرناکی هوا و بارش زودتر رخ می‌دهد.

## نتایج و بحث

در جدول‌های ۱ و ۲ یکی پس از دیگری؛ کمترین، بیشترین، مجموع و میانگین شدت روزانه بارش‌های سنگین ۵ و ۱۰ درصد هر ایستگاه آورده شده است. همانگونه که دیده می‌شود، سنگین‌ترین بارش روزانه در ایستگاه‌های اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز در فاز ۱ MJO رخ داده است. در سنجش با دیگر ایستگاه‌ها، بیشترین شدت روزانه بارش‌های سنگین با اندازه ۲۱۱ میلی‌متر در تاریخ ۲۴ ژانویه سال ۱۹۷۹ در ایستگاه بندرعباس رخ داده است. پس از آن، ایستگاه بوشهر با ۱۴۴ میلی‌متر در رتبه دوم جای دارد. اختلاف

بیشترین شدت روزانه بارش‌های سنگین در این دو ایستگاه به ۶۷ میلی‌متر می‌رسد که رقم قابل توجهی است. بنابراین می‌توان بارش ۲۱۱ میلی‌متر در بندرعباس را در رده بارش‌های بسیار سنگین و خطرناک در نظر گرفت به گونه‌ای که پیامد چنین بارش‌هایی راه افتادن سیل و زیان‌های فراوان است. در سنجش با دیگر ایستگاه‌ها، کمترین شدت بارش سنگین به میزان ۸۶ میلی‌متر در آبادان دیده شده است. گرچه در سنجش با آبادان اهواز در دوری بیشتری از دریا می‌باشد، اندازه بارش و نیز بیشترین بارش سنگین آن کمتر از اهواز است. ارقام ارایه شده در جدول ۲ با آنچه در جدول ۱ آمده هماهنگ می‌باشد.

جدول‌های ۳ و ۴ یکی پس از دیگری شمار روزهای همراه با بارش‌های سنگین و پراکنش زمانی آن‌ها برای دو سنجه ۵ و ۱۰ درصد بالایی را نشان می‌دهد. برای نمونه، در گذر دوره مطالعه، بندرعباس ۷۰۰ روز بارانی را به خود دیده است که ۳۵ (۵درصد) روز آن دارای بارش‌های سنگین با میانگین ۵۷/۸ میلی‌متر در روز (جدول ۱) بوده است. در ۱۳ روز (۳۷/۱۴ درصد) از این ۳۵ روز بارش سنگین در ماه فوریه روی داده است.

جدول ۱- کمترین، بیشترین، مجموع و میانگین شدت روزانه بارش‌های سنگین ۵ درصد بالا بر پایه میلی‌متر در روز

| نام ایستگاه | کمترین (mm)  | بیشترین (mm) | مجموع          | میانگین |
|-------------|--------------|--------------|----------------|---------|
| آبادان      | ۲۱/۲ (۱,۳)*  | ۸۶ (۶,۴)*    | ۱۷۹۰/۸(۳۱/۳)** | ۳۴      |
| اهواز       | ۲۴/۳ (۱,۱۱)* | ۱۰۷ (۱,۱۱)*  | ۲۴۲۸/۱(۲۹/۹)** | ۳۷/۱    |
| بندرعباس    | ۳۹ (۸,۱)*    | ۲۱۱ (۱,۱)*   | ۲۱۷۷(۳۳/۳)**   | ۵۷/۸    |
| بوشهر       | ۳۳/۲ (۵,۱)*  | ۱۴۴ (۱,۱)*   | ۳۰۶۰/۷(۳۴/۱)** | ۴۸/۶    |
| شهرکرد      | ۲۴ (۳,۱)*    | ۸۸/۸ (۱,۱۱)* | ۲۹۵۴/۹(۲۵/۷)** | ۳۴/۴    |
| شیراز       | ۲۹ (۱,۱)*    | ۹۹ (۱,۱۲)*   | ۳۱۱۷/۹(۲۷)**   | ۴۲      |
| یاسوج       | ۵۷ (۲,۱۱)*   | ۱۳۵ (۸,۱)*   | ۴۷۶۱/۴(۲۶/۲)** | ۷۶/۷    |

\*- اعداد در پرانتز به ترتیب از چپ به راست شماره فاز و ماه‌های میلادی هستند که کمترین یا بیشترین شدت روزانه بارش در آن‌ها رخ داده است. \*\*- اعداد در پرانتز نشان می‌دهد که بارش‌های سنگین ۵ درصد بالا در هر ایستگاه چند درصد کل بارش در آن ایستگاه را شامل می‌شود.

جدول ۲- کمترین، بیشترین، مجموع و میانگین شدت روزانه بارش‌های سنگین ۱۰ درصد بالا بر پایه میلی‌متر در روز

| نام ایستگاه | کمترین (mm)  | بیشترین (mm) | مجموع          | میانگین |
|-------------|--------------|--------------|----------------|---------|
| آبادان      | ۱۴/۴ (۵,۱)*  | ۸۶ (۶,۴)*    | ۲۷۰۷/۳(۴۷/۴)** | ۲۵/۸    |
| اهواز       | ۱۷/۳ (۸,۳)*  | ۱۰۷ (۱,۱۱)*  | ۳۷۱۹/۶(۴۵/۸)** | ۲۴/۸    |
| بندرعباس    | ۲۵ (۶,۱)*    | ۲۱۱ (۱,۱)*   | ۳۲۹۷/۱(۵۰/۴)** | ۴۴/۷    |
| بوشهر       | ۲۱ (۸,۱۲)*   | ۱۴۴ (۱,۱)*   | ۴۶۴۲/۲(۵۱/۶)** | ۳۷/۱    |
| شهرکرد      | ۱۷/۶ (۴,۲)*  | ۸۸/۸ (۱,۱۱)* | ۴۶۹۴/۶(۴۰/۹)** | ۲۷/۳    |
| شیراز       | ۲۱/۷ (۱,۲)*  | ۹۹ (۱,۲)*    | ۴۹۱۷/۲(۴۲/۶)** | ۳۳/۶    |
| یاسوج       | ۳۸/۴ (۳,۱۱)* | ۱۳۵ (۸,۱)*   | ۷۵۸۲(۴۱/۸)**   | ۶۱/۴    |

\*- اعداد در پرانتز به ترتیب از چپ به راست شماره فاز و ماه‌هایی هستند که کمترین یا بیشترین شدت روزانه بارش در آن‌ها رخ داده است. \*\*- اعداد در پرانتز نشان می‌دهد که بارش‌های سنگین ۱۰ درصد بالا در هر ایستگاه چند درصد کل بارش در آن ایستگاه را شامل می‌شود.

جدول ۳- شمار روزهای همراه با بارش سنگین (۵ درصد بالا) و پراکنش زمانی آنها بر حسب درصد

| نام ایستگاه | شمار روزها | ژانویه | فوریه  | مارس  | آوریل | نوامبر | دسامبر | مجموع |
|-------------|------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| آبادان      | ۵۳         | ۱۸/۸۷  | ۷/۵۵   | ۹/۴۳  | ۷/۵۵  | ۲۴/۵۳  | ۳۲/۰۸* | ۱۰۰   |
| اهواز       | ۶۵         | ۲۴/۶۲  | ۶/۱۵   | ۱۰/۷۷ | ۳/۰۸  | ۲۱/۵۴  | ۳۳/۸۵* | ۱۰۰   |
| بندرعباس    | ۳۵         | ۱۷/۱۴  | ۳۷/۱۴* | ۲۸/۵۷ | ۲/۸۶  | ۰/۰۰   | ۱۴/۲۹  | ۱۰۰   |
| بوشهر       | ۶۱         | ۳۴/۴۳* | ۶/۵۶   | ۱۱/۴۸ | ۰/۰۰  | ۱۳/۱۱  | ۳۴/۴۳* | ۱۰۰   |
| شهرکرد      | ۸۶         | ۱۹/۷۷  | ۱۳/۹۵  | ۲۲/۰۹ | ۴/۶۵  | ۱۵/۱۲  | ۲۴/۴۳* | ۱۰۰   |
| شیراز       | ۷۴         | ۳۷/۸۴* | ۱۳/۵۱  | ۹/۴۶  | ۱/۳۵  | ۶/۷۶   | ۳۱/۰۸  | ۱۰۰   |
| یاسوج       | ۶۲         | ۲۲/۵۸  | ۱۹/۳۵  | ۲۰/۹۷ | ۴/۸۴  | ۶/۴۵   | ۲۵/۸۱* | ۱۰۰   |

بیشینه هر ردیف با علامت ستاره مشخص شده است.

و بر پایه جدول ۳، بیشترین فراوانی روزهای بارانی در شهرکرد و کمترین آن در بندرعباس رخ داده است. گرچه شهرکرد بیشترین روزهای بارانی را دارد، ارقام آرایه شده نشانگر آن است که در ایستگاه شهرکرد از ۱۳۱۴۰ روز دوره مطالعاتی، تنها ۱۷۲۰ روز بارانی بوده که ۵ درصد آن ۸۶ است. به دیگر سخن از هر ۱۰۰ روز، نزدیک به ۱۳/۳ روز بارانی است. این آماره برای بندرعباس نزدیک به ۵ درصد است که نمونه‌هایی از شدت خشکی در ایران هستند. شمار کم روزهای بارشی در یاسوج ناشی از کمبود دوره آماری این ایستگاه می‌باشد. در ایستگاه‌های شیراز و بندرعباس، بیشترین فراوانی بارش‌های سنگین در ماه‌های ژانویه و فوریه یکی پس از دیگری به اندازه ۳۷/۸۴

در ایستگاه‌های شیراز و بندرعباس، بیشترین فراوانی بارش‌های سنگین در ماه‌های ژانویه و فوریه یکی پس از دیگری به اندازه ۳۷/۸۴

جدول ۴- شمار روزهای همراه با بارش سنگین (۱۰ درصد بالا) و پراکنش زمانی آنها بر حسب درصد

| نام ایستگاه | شمار روزها | ژانویه | فوریه  | مارس  | آوریل | نوامبر | دسامبر | مجموع |
|-------------|------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| آبادان      | ۱۰۵        | ۲۹/۵۲* | ۷/۶۲   | ۱۴/۲۹ | ۷/۶۲  | ۱۵/۲۴  | ۲۵/۷۱  | ۱۰۰   |
| اهواز       | ۱۳۰        | ۲۳/۸۵  | ۱۰/۰۰  | ۱۳/۸۵ | ۲/۳۱  | ۱۶/۱۵  | ۳۳/۸۵* | ۱۰۰   |
| بندرعباس    | ۷۰         | ۲۷/۱۴* | ۲۷/۱۴* | ۲۲/۸۶ | ۲/۸۶  | ۲/۸۶   | ۱۷/۱۴  | ۱۰۰   |
| بوشهر       | ۱۲۲        | ۳۲/۷۹  | ۱۰/۶۶  | ۷/۳۸  | ۰/۰۰  | ۱۴/۷۵  | ۳۴/۴۳* | ۱۰۰   |
| شهرکرد      | ۱۷۲        | ۲۰/۳۵  | ۱۵/۷۰  | ۱۹/۱۹ | ۹/۸۸  | ۱۱/۶۳  | ۲۳/۲۶* | ۱۰۰   |
| شیراز       | ۱۴۶        | ۳۴/۲۵* | ۱۴/۳۸  | ۱۴/۳۸ | ۴/۱۱  | ۸/۲۲   | ۲۴/۶۶  | ۱۰۰   |
| یاسوج       | ۱۲۳        | ۲۱/۹۵  | ۱۸/۷۰  | ۲۱/۱۴ | ۴/۸۸  | ۸/۱۳   | ۲۵/۲۰* | ۱۰۰   |

بیشینه هر ردیف با علامت ستاره مشخص شده است.

جدول ۵- درصدی از بارش‌های سنگین (۵ درصد بالا) که در هر یک از فازهای MJO رخ داده است.

| نام ایستگاه | شمار روزها | ۱     | ۲     | ۳     | ۴    | ۵     | ۶     | ۷     | ۸     | مجموع |
|-------------|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| آبادان      | ۵۳         | ۱۵/۰۹ | ۵/۶۶  | ۱۱/۳۲ | ۹/۴۳ | ۵/۶۶  | ۱۱/۳۲ | ۲۰/۷۵ | ۲۰/۷۵ | ۱۰۰   |
| اهواز       | ۶۵         | ۱۳/۸۵ | ۲۱/۵۴ | ۳/۰۸  | ۶/۱۵ | ۳/۰۸  | ۱۲/۳۱ | ۱۵/۳۸ | ۲۴/۶۲ | ۱۰۰   |
| بندرعباس    | ۳۵         | ۱۴/۲۹ | ۵/۷۱  | ۵/۷۱  | ۵/۷۱ | ۱۷/۱۴ | ۸/۵۷  | ۲۰/۰۰ | ۲۲/۸۶ | ۱۰۰   |
| بوشهر       | ۶۱         | ۱۳/۱۱ | ۲۴/۵۹ | ۴/۹۲  | ۶/۵۶ | ۸/۲۰  | ۴/۹۲  | ۱۴/۷۵ | ۲۲/۹۵ | ۱۰۰   |
| شهرکرد      | ۸۶         | ۱۶/۲۸ | ۱۵/۱۲ | ۱۱/۶۳ | ۶/۹۸ | ۵/۸۱  | ۱۳/۹۵ | ۸/۱۴  | ۲۲/۰۹ | ۱۰۰   |
| شیراز       | ۷۴         | ۱۲/۱۶ | ۱۸/۹۲ | ۲/۷۰  | ۸/۱۱ | ۴/۰۵  | ۲۰/۳۷ | ۱۲/۱۶ | ۲۱/۶۲ | ۱۰۰   |
| یاسوج       | ۶۲         | ۱۲/۹۰ | ۲۵/۸۱ | ۸/۰۶  | ۰/۰۰ | ۶/۴۵  | ۱۷/۷۴ | ۱۲/۹۰ | ۱۶/۱۳ | ۱۰۰   |

مقادیر بیشینه با داشتن خط زیرین نشان داده شده‌اند.

ایستگاه‌ها دارد.

در این راستا میانگین بارش، بادهای برداری در سطح ۸۵۰ میلی باری، نم و یخه و امگا در ۷۴ روزی که ایستگاه شیراز دارای بارش سنگین بوده است (با سنج ۵ درصد بالایی) بررسی شد. برای به دست آوردن یک الگوی فراگیر از سازه‌های جوی، نقشه‌ها از یک روز پیش تا یک روز پس از رخداد بارش سنگین واکاوی شد. در این نقشه‌ها به جای اندازه مطلق داده‌های هواشناسی، اندازه انحراف از میانگین آن‌ها نشان داده شده است. برای نمونه نقشه‌های بارش نشانگر اندازه مطلق بارش نیستند بلکه تفاوت اندازه میانگین بارش سنگین و میانگین بارش در روزهای بارانی برای دوره ۱۹۷۵-۲۰۱۱ را نشان می‌دهند. دیگر سازه‌های هواشناسی به کار گرفته شده نیز انحراف از میانگین هستند.

در شکل ۱ اندازه بارش سطحیو بادهای برداری در لایه ۸۵۰ میلی‌بار جو برای یک روز پیش از بارش سنگین نشان داده شده است. در این روز، یک سامانه چرخندی پادساعتگرد سراسر نیمه باختری ایران را در بر گرفته است که زبانه‌های آن بر روی دریای مدیترانه، عربستان سعودی و عراق دیده می‌شود. این سامانه چرخندی نم را از روی دریای مدیترانه، دریای سرخ و خلیج فارس برداشته به این بخش از کشور می‌رساند. در پهنه خلیج فارس و دریای عمان این سامانه چرخندی با سامانه واچرخندی نمناکی که از دریای عرب سرچشمه می‌گیرد، در هم آمیخته می‌گردند تا هوا هرچه ناپایدارتر گردد. یادآور می‌شود که دما و نم توده‌های دریای عرب بیشتر از توده هوایی است که جهت آن چرخندی است. برخورد این دو توده هوا نقش برجسته‌ای در تشکیل جبهه و بارش‌زایی توده هوایی رسیده به کشور دارد. بیشترین انحراف از میانگین سرعت باد در این روز در جنوب خلیج فارس با اندازه ۹m/s رخ داده است. بالاترین اندازه مثبت انحراف از میانگین شدت بارش در غرب کشور با اندازه ۱۰mm/day بوده است (شکل ۱-a).

مقایسه آمارهای نشان داده شده با علامت ستاره در دو جدول ۳ و ۴ نشانگر آن است که با هر دو سنج ۵ و ۱۰ درصد، زمان رخداد بارش های سنگین چندان تفاوتی ندارد. برپایه سنج ۱۰ درصد بارش بالایی، بیشترین بسامد بر پایه این یافته‌ها احتمال رخداد بارش‌های سنگین جنوب کشور در دوره دسامبر تا ژانویه بیشترین است و پس از آن فوریه از احتمال بالاتری برخوردار است. جدول‌های ۵ و ۶ یکی پس از دیگری درصدی از بارش‌های سنگین که در هر یک از فازهای MJO رخ داده است را برای دو سنج ۵ و ۱۰ درصد بالایی نشان می‌دهد.

همانگونه که دیده می‌شود فاز ۸ در ایستگاه‌های اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز بیشترین سهم بارش‌های سنگین را از آن خود کرده است. در ایستگاه آبادان فازهای ۷ و ۸ به طور مشترک این سهم را در اختیار دارند. بیشترین سهم بارش سنگین در ایستگاه یاسوج مربوط به فاز ۲ است. بر پایه آمارهای ارایه شده، در ایستگاه‌های اهواز، یاسوج، شیراز، بوشهر، شهرکرد، آبادان و بندرعباس به ترتیب ۸۷/۶۹، ۸۵/۴۸، ۸۵/۱۴، ۸۰/۳۳، ۷۵/۵۸، ۷۲/۵۸ و ۷۱/۴۳ درصد از بارش‌های سنگین (۵ درصد بالا) درفازهای منفی (۱، ۲، ۷ و ۸) و فاز ۶ از میان فازهای مثبت رخ داده است که بسیار چشمگیر می‌باشد. با این همه، در همه فازهای MJO دست کم یک رخداد بارش سنگین موجود بوده است. کمترین احتمال رخداد بارش سنگین مربوط به فازهای ۳ تا ۵ است. تفاوت چشمگیری میان آمارهای ارایه شده در دو جدول ۵ و ۶ دیده نمی‌شود.

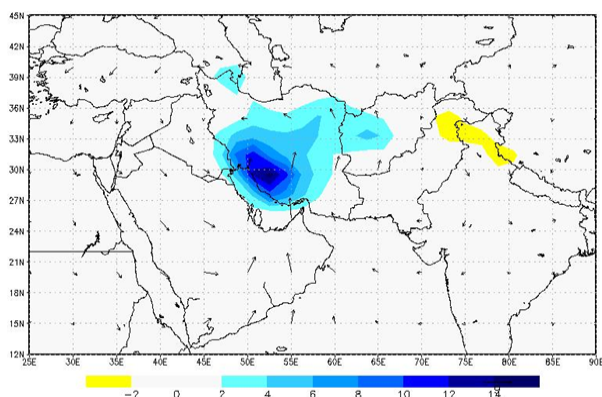
### واکاوی نقشه‌های همدیدی بارش

از آنجا که ارزیابی نقشه‌های همدیدی برای همه روزها و نیز همه ایستگاه‌ها شدنی نیست، ویژگی نقشه‌های همدیدی بارش‌های سنگین در شیراز برای نمونه واکاوی گردید. ارزیابی‌ها نشان داد که این نقشه‌ها همانندی‌های فراوانی با نقشه‌های مشابه برای دیگر

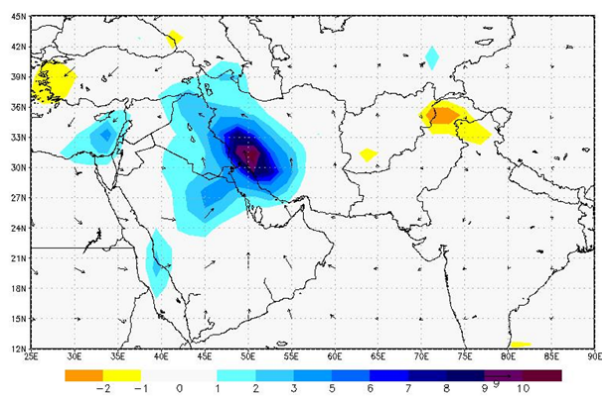
جدول ۶- درصدی از بارش‌های سنگین (۱۰ درصد بالا) که در هر یک از فازهای MJO رخ داده است.

| نام ایستگاه | شمار روزها | ۱     | ۲     | ۳     | ۴    | ۵     | ۶     | ۷     | ۸     | مجموع |
|-------------|------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| آبادان      | ۱۰۵        | ۱۰/۴۸ | ۱۳/۳۳ | ۸/۵۷  | ۶/۶۷ | ۷/۶۲  | ۱۶/۱۹ | ۱۷/۱۴ | ۲۰/۰۰ | ۱۰۰   |
| اهواز       | ۱۳۰        | ۱۴/۶۲ | ۱۳/۰۸ | ۶/۹۲  | ۳/۰۸ | ۱۰/۰۰ | ۱۵/۳۸ | ۱۱/۵۴ | ۲۵/۳۸ | ۱۰۰   |
| بندرعباس    | ۷۰         | ۱۲/۸۶ | ۴/۳۹  | ۱۰/۰۰ | ۷/۱۴ | ۱۴/۲۹ | ۱۲/۸۶ | ۱۴/۲۹ | ۲۴/۲۹ | ۱۰۰   |
| بوشهر       | ۱۲۲        | ۹/۰۲  | ۲۶/۲۳ | ۷/۳۸  | ۴/۹۲ | ۸/۲۰  | ۱۲/۳۰ | ۱۳/۱۱ | ۱۸/۸۵ | ۱۰۰   |
| شهرکرد      | ۱۷۲        | ۱۵/۱۲ | ۱۴/۵۳ | ۱۲/۲۱ | ۵/۸۱ | ۶/۹۸  | ۱۲/۲۱ | ۱۳/۹۵ | ۱۹/۱۹ | ۱۰۰   |
| شیراز       | ۱۴۶        | ۱۳/۷۰ | ۱۵/۷۵ | ۸/۲۲  | ۶/۱۶ | ۸/۲۲  | ۱۵/۰۷ | ۱۵/۷۵ | ۱۷/۱۲ | ۱۰۰   |
| یاسوج       | ۱۲۳        | ۱۲/۲۰ | ۲۳/۵۸ | ۸/۱۳  | ۵/۶۹ | ۷/۳۳  | ۱۲/۲۰ | ۱۳/۸۲ | ۱۷/۰۷ | ۱۰۰   |

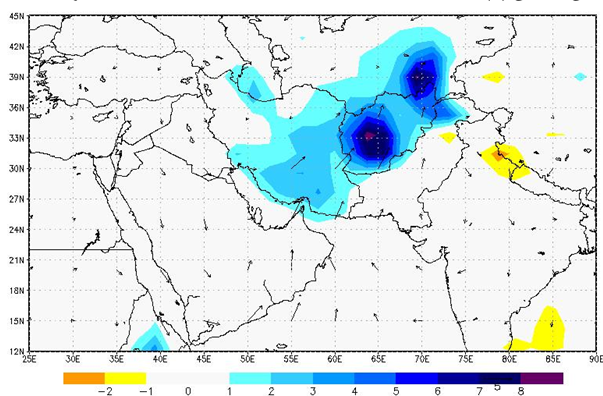
مقادیر بیشینه با داشتن خط زیرین نشان داده شده اند.



روز رخداد بارش سنگین (b)



۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین (a)



۱ روز پس از رخداد بارش سنگین (c)

شکل ۱- پراکنش جغرافیایی انحراف از میانگین شدت بارش (Precipitation Rate) و بادهای برداری ۸۵۰ میلی بار (Vector Wind 850mb) در ۷۴ روز رخ داد بارش سنگین از ۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین تا ۱ روز پس از آن (mm/day) و (m/s)

بر روی افغانستان و مرکز دیگری بر جنوب تاجیکستان بارش‌زایی می‌نمایند. با زوال روانش چرخندی هوا در بخش‌های باختری عربستان سعودی، سامانه و اچرخندی کار رسانش نماز دریای عمان به جنوب شرق کشور را به انجام می‌رساند. مرکز پرشدت باد در این روز در بخش‌های خاوری و جنوب خاوری ایران جای گرفته است. سرعت باد در این مرکز به ۵m/s می‌رسد (شکل ۱- c). همانگونه که در این شکل دیده می‌شود، با پیشروی خاور سوی بارش، وزش بادهای شرقی بر روی دریای خزر نیز افزایش می‌یابد که به افزایش بارش در بخش‌های باختری این دریا و به‌ویژه استان گیلان می‌انجامد. همانگونه که در شکل ۱- c دیده می‌شود شدت بارش و وزش بادهای شرقی در استان گیلان یک روز پس از رخداد بارش سنگین در جنوب کشور از شدت بیشتری برخوردار می‌گردد. بنابراین، رخداد MJO نه تنها بر جنوب که بر ویژگی‌های اقلیمی شمال کشور نیز سایه افکننده است که نیاز به ارزیابی‌های بیشتری دارد.

### جریان عمودی هوا

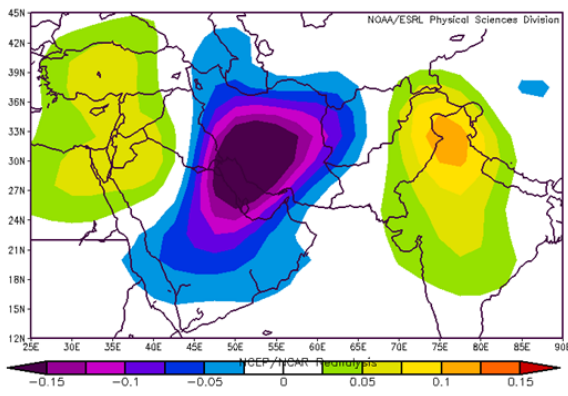
مقادیر انحراف میانگین امگا در سطح ۵۰۰ میلی بار برای ۷۴ روز

در روز رخداد بارش سنگین، سامانه بارش‌زا با یک پیشروی خاورسو، به پهنه‌های مرکزی ایران رسیده است و انحراف از میانگین شدت آن به ۱۴mm/day افزایش یافته است. همانند روز پیش، نم از دریای مدیترانه، دریای سرخ، خلیج فارس و شمال دریای عرب به نیمه جنوبی کشور وارد شده است. با نزدیک‌تر شدن سامانه به اقیانوس هند، نقش آب‌های گرم این گستره آبی در بارش‌زایی گستره‌های جنوبی ایران افزایش می‌یابد. در برابر، روانش نم از دریای مدیترانه و سرخ کمتر می‌گردد و بارش در بخش خاوری این دو دریا پایان می‌پذیرد. مقایسه بردارهای باد در روی دریای مدیترانه و آب‌های جنوبی ایران، نشانگر نقش بسیار برجسته‌تر اقیانوس هند و خلیج فارس در نمناک نمودن هر چه بیشتر توده هوای بارش‌زا می‌باشد. مرکز پرشدت سرعت باد نیز با افزایش سطح زیر پوشش، همراه با سامانه چرخندی اندکی به شرق جابه‌جا شده است. سرعت باد در این مرکز به بالاتر از ۱۰m/s می‌رسد (شکل ۱- b).

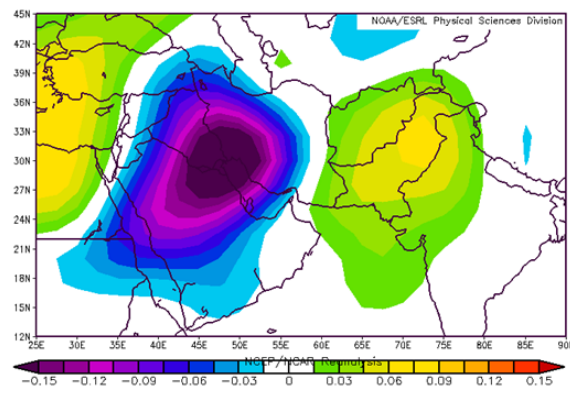
یک روز پس از رخداد بارش سنگین در شیراز، سامانه باران‌زا به پیشروی خاور سوی خود ادامه داده است. در مرکز بارش شدت به بالاتر از ۸mm/day نیز رسیده است. در این روز یک مرکز پر بارش

همانگونه که دیده می‌شود، هم زمان با اوج گیری توده‌های هوا بر روی ایران دو مرکز فرونشینی هوا یکی در روی افغانستان، هندوستان و بخش‌هایی از دریای عرب و دیگری بر روی ترکیه، دریای مدیترانه و شمال آفریقا چیره است. به دیگر سخن، هوای بالا رفته در روی ایران به دو بخش تقسیم گردیده و بر کشورهای خاوری و باختری ایران ریزش می‌نماید. در روز رخداد بارش و یک روز پس از آن فرونشینی هوا بر روی هندوستان از قوت بیشتری برخوردار می‌گردد تا رانش هوا را از روی اقیانوس هند و خلیج فارس به سوی ایران تقویت نماید. در برابر، ریزش هوا بر روی کشورهای باختری ایران در این روزها نمی‌تواند نم فراوانی را از روی دریای مدیترانه روانه بخش‌های جنوبی ایران نماید. همگام با پیشروی خاورسوی MJO سامانه فراز و فرود هوا نیز از ایران به سوی افغانستان و تاجکستان روانه می‌گردد. به نظر می‌رسد که راستای شمالی-جنوبی رشته کوه‌های هیمالیا در شمال هندوستان، پاکستان و افغانستان پیشروی خاورسوی سامانه را به سوی شمال خاوری جهت‌دهی می‌نماید.

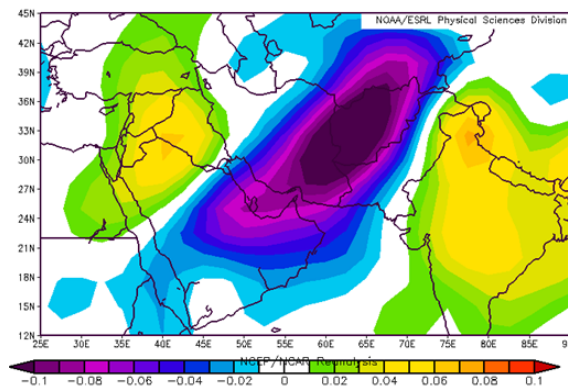
با بارش سنگین از ۱ روز پیش از رخداد تا ۱ روز پس از آن در شکل ۲ نشان داده شده است. اندازه منفی یا مثبت این پراسنج، یکی پس از دیگری، نشان دهنده فراز یا فرود هوا در لایه‌های میانی جو است. بر پایه این شکل در چنین روزهایی اندازه انحراف از میانگین امگا در مرز مشترک ایران، عراق، عربستان سعودی و خلیج فارس، بیشترین اندازه منفی را دارد. اندازه‌های منفی این نمایه جدا از نوار باریکی در شرق، سایر پهناهای کشور را به طور کامل پوشش داده‌اند (شکل ۲-ا). در روز رخداد بارش سنگین، کانون منفی‌ترین اندازه‌های این نمایه در سنجش با روز پیش یک پیشروی خاورسو داشته است به گونه‌ای که گستره‌های جنوب باختری و مرکزی کشور را در بر گرفته است. منفی‌ترین اندازه این نمایه در این روز و روز پیش  $-0.15 \text{ Pa/s}$  می‌باشد (شکل ۲-ب). یک روز پس از رخداد بارش سنگین بیشترین اندازه‌های منفی این نمایه از مرزهای شرقی کشور در حال بیرون رفتن است. جدا از پهناهای شمال باختری، سایر نواحی کشور در این روز زیر پوشش اندازه‌های منفی این نمایه قرار گرفته‌اند (شکل ۲-ج).



روز رخداد بارش سنگین (b)



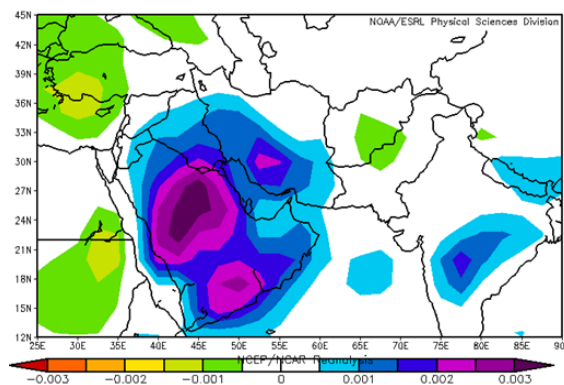
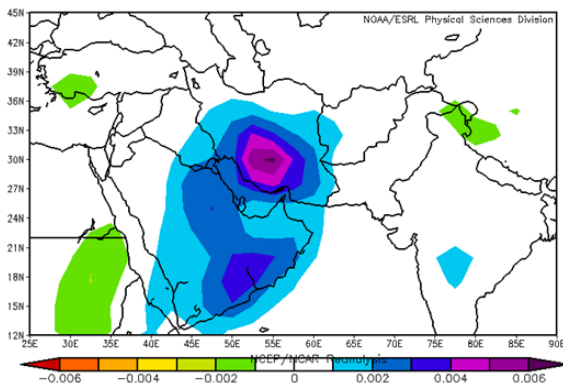
۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین (a)



۱ روز پس از رخداد بارش سنگین (c)

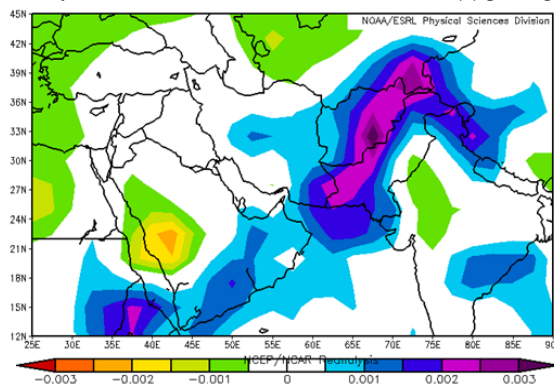
شکل ۲- پراکنش جغرافیایی اندازه انحراف از میانگین امگا  $500 \text{ mb}$  در  $74$  روز رخداد بارش سنگین از ۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین تا ۱ روز پس از آن ( $\text{Pa/s}$ )





روز رخداد بارش سنگین (b)

۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین (a)



۱ روز پس از رخداد بارش سنگین (c)

شکل ۳- پراکنش جغرافیایی بیان اندازه انحراف از میانگین رطوبت ویژه (Specific Humidity) در لایه ۱۰۰۰ میلی بار در ۷۴ روز رخداد بارش سنگین از ۱ روز پیش از رخداد بارش سنگین تا ۱ روز پس از آن (kg/kg)

## نم ویژه

اندازه انحراف از میانگین نم ویژه در شکل ۳ نشان داده شده است. یک روز پیش از رخداد بارش سنگین، بیشترین تراکم نم هوا به میزان  $0.003 \text{ kg/kg}$  بر روی عربستان سعودی جای گرفته است. این نمایه جدا از پهنه‌هایی در شمال باختری و شمال خاوری، در سایر پهنه‌های کشور مقادیر مثبت را شامل شده است (شکل ۳-ا). در روز رخداد بارش سنگین بالاترین اندازه‌های این نمایه به صورت یک مرکز در جنوب کشور قرار گرفته است. بیشترین اندازه این نمایه در این مرکز  $0.006 \text{ kg/kg}$  است. این یکی از بیشترین اندازه نم ویژه است که بیشتر در پهنه‌های استوایی دیده می‌شود.

در سنجش با روز پیش، مرکز پرشدت این نمایه روانشی شرق سو داشته است (شکل ۳-ب). یک روز پس از رخداد بارش سنگین، مثبت‌ترین اندازه‌های انحراف از میانگین رطوبت ویژه با کاهش اندازه به  $0.003 \text{ kg/kg}$  از مرزهای شرقی کشور بیرون رفته و بر روی کشورهای همسایه شرقی قرار گرفته‌اند. اندازه این نمایه در شرق و بخشی از مرکز کشور مثبت است (شکل ۳-ج). نقشه‌های نم ویژه

همگی نشانگر نقش بی‌مانند اقیانوس هند در تامین نم برای بارش‌های سنگین جنوب کشور هستند.

## نتیجه گیری

این پژوهش در راستای ارزیابی نقش پدیده MJO بر رخداد بارش‌های سنگین پهنه جنوبی ایران به انجام رسید. نشان داده شد که در ماه‌های ژانویه، دسامبر و فوریه این بارش‌ها از بیشترین فراوانی برخوردار بوده‌اند. در ایستگاه‌های اهواز، بندرعباس، بوشهر، شهرکرد و شیراز بیشترین رویداد بارش‌های سنگین همزمان با فاز ۸ MJO بوده است. در ایستگاه آبادان فازهای ۷ و ۸ به طور مشترک این سهم را در اختیار دارند. بیشترین سهم بارش سنگین در ایستگاه یاسوج مربوط به فاز ۲ دیده شد. روشن شد که نم مورد نیاز برای این بارش‌ها به وسیله بادهای پرسرعت از دریای عرب، خلیج فارس، دریای سرخ و دریای مدیترانه فراهم می‌شود. رخداد بارش‌های سنگین همراه با فراز هوا بر روی ایران و فرود آن بر کشورهای بخش خاوری و باختری ایران است. سامانه‌های بارش‌زا در بخش‌های باختری ایران شکل می‌گیرند

و پس از بارش‌زایی در جنوب کشور به سوی افغانستان و بخش‌های شمال خاوری کشور پیشروی می‌نمایند. الگوی پیشروی سامانه‌های

بارش‌زا با الگوی حرکت MJO سازگار تشخیص داده شد.

## منابع

- ۱- قائدامینی ح. و گلکار ف. ۱۳۸۹. ارزیابی تأثیر مادن-جولیان (MJO) بر رخداد دوران‌های خشک و تر استان خوزستان. چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، ۲۱-۲۳ اردیبهشت ۸۹، مؤسسه ژئوفیزیک، مقالات شفاهی، فیزیک فضا، صفحه ۲۶-۱۴.
- ۲- قائدامینی ح. و ناظم‌السادات م.ج. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر نوسانات مادن-جولیان بر بارش‌های ماه‌های فوریه تا آوریل در استان فارس، دومین کنفرانس منابع آب ایران، زمستان ۸۵، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- قائدامینی ح. و ناظم‌السادات م.ج. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر نوسانات مادن جولیان بر وقوع کرانه‌بالایی و پایینی بارش (سیلاب و خشکی) ماه‌های فوریه تا آوریل در استان‌های فارس، اصفهان و چهارمحال و بختیاری، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- ۴- مسعودیان س.ا. ۱۳۸۷. شناسایی شرایط همدید همراه با بارش‌های ابرسنگین ایران، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۲۳-۲۵ مهرماه ۱۳۸۷، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.
- ۵- مسعودیان س.ا. و محمدی ب. ۱۳۸۹. تحلیل فراوانی تابع همگرایی شار رطوبت در زمان رخداد بارش‌های ابرسنگین ایران، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام (ICIWG 2010)، ایران، زاهدان، ۲۷-۲۵ فروردین ۱۳۸۹.
- ۶- مسعودیان س.ا. و محمدی ب. ۱۳۹۱. تحلیل فراوانی جبهه زایی در زمان رخداد بارش‌های ابرسنگین ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره اول، بهار ۱۳۹۱، شماره مقاله: ۸۴۴، ۱۷۷۹۱-۱۷۷۶۷:۱۰۴.
- ۷- ناظم‌السادات س.م.ج.، انصاری ا. و پیشوایی م.ر. ۱۳۸۶. ارزیابی سطح معنی‌داری برای پیش‌بینی دوران خشکسالی و ترسالی فصل پائیز و شش ماهه سرد ایران بر اساس وضعیت فازهای تابستانه ENSO. مجله تحقیقات منابع آب ایران. انجمن علوم و مهندسی منابع آب، سال سوم، شماره ۱، بهار ۸۶.
- ۸- ناظم‌السادات س.م.ج. و قائدامینی اسدآبادی ح. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر نوسانات مادن جولیان بر وقوع کرانه بالائی و پائینی بارش (سیلاب و خشکی) ماه‌های بهمن تا فروردین در استان فارس، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره چهل و ششم (ب)، زمستان ۸۷.
- 9- Barlow M., Lyon B. and Cullen H. 2005. Modulation of daily precipitation over Southwest Asia by the Madden-Julian Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 133: 3579-3594.
- 10- Bond N.A., and Vecchi G. 2003. The influence of the Madden-Julian Oscillation on precipitation in Oregon and Washington. *J. Weather and Forecasting*, 18 (4): 600-613.
- 11- Carvalho L.M.V., Jones C., and Liebmann B. 2004. The South Atlantic convergence zone: Intensity, form, persistence and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *J. Climate*, 17: 88-108.
- 12- Donald A., Meinke H., Power B., Maia A.H.N., Wheeler M.C., White N., Stone R.C. and Ribbe J. 2006. Near-global impact of the Madden-Julian oscillation on rainfall. *Geophys Res Lett* 33:L09704.
- 13- Ferranti L., Palmer T.N., Molteni F., and Klinker K. 1990. Tropical-extratropical interaction associated with the 30-60-day oscillation and its impact on medium and extended range prediction. *J. Atmos. Sci.* 47: 2177-2199.
- 14- Groisman P.Y., Knight R.W., Easterling D.R., Karl T.R., Hegerl G.C. and Razuvaev V.N. 2004. Trends in Intense Precipitation in the Climate Record. *J. C.*, 18: 1326-1350.
- 15- Hendon H.H., and Liebmann B. 1990. A composite study of onset of the Australian summer monsoon. *J. Atmos. Sci.* 47: 2227-2240.
- 16- Jones C. 2000. Occurrence of extreme precipitation events in California and relationships with the Madden-Julian oscillation. *J. Clim.*, 13: 3576-3587.
- 17- Lau K.M. and Chan P.H. 1986. Aspects of the 40-50 day oscillation during the northern summer as inferred from outgoing longwave radiation. *Mon. Weather Rev.*, 114: 1354-1367.
- 18- Lawrence D.M. and Webster P.J. 2002. The boreal summer intraseasonal oscillation: Relationship between northward and eastward movement of convection. *J. Atmos. Sci.*, 59: 1593-1606.
- 19- Liebmann B., Kiladis G.N., Vera C.S., Saulo A.C., and Carvalho L.M.V. 2004. Subseasonal variations of rainfall in the vicinity of the South American low-level jet stream and comparison to those in the South Atlantic Convergence Zone. *J. Clim.*, 17: 3829-3842.
- 20- Madden R.A. and Julian P.R. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.* 28:702-708.
- 21- Madden R.A. and Julian P.R. 1994. Observations of the 40-50 day tropical oscillation. a review. *Mon. Wea. Rev.*

- 122:814-837.
- 22- Matthews A.J. 2004. Intraseasonal variability over tropical Africa during northern summer *J. Clim.*, 17:2427–2440.
- 23- Nazemosadat M.J. and Ghaedamini H. 2010. On the Relationships between the Madden–Julian Oscillation and Precipitation Variability in Southern Iran and the Arabian Peninsula: Atmospheric Circulation Analysis. *J. Climate*, 23: 887–904.
- 24- Paegle J.N., Byerle L.A. and Mo K.C. 2000. Intraseasonal modulation of South American summer precipitation. *Mon. Weather Rev.*, 128: 837–850.
- 25- Sui C.H. and Lau K.M. 1992. Multiple phenomena in the tropical atmosphere over the western Pacific. *Mon. Weather Rev.* 120: 407–430.
- 26- Wheeler M.C. and Hendon H.H. 2004. An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, Australia. *Monthly Weather Review*. 132: 1917-1932.

## Formation of Heavy Precipitations in Southwestern Part of Iran and its Association with the Madden-Julian Oscillation

S.M.J. Nazemosadat<sup>1</sup> - K. Shahgholian<sup>2\*</sup>

Received:23-11-2013

Accepted:29-09-2014

### Abstract

The aim of this study is to assess some synoptic characteristics of heavy precipitations in southwestern parts of Iran and evaluate the relationship between them with the Madden-Julian Oscillation (MJO). Research is conducted with regard to distribution of precipitation per month and identifying their steam sources. Daily records of the November-April precipitation data in Abadan, Ahwaz, Bandar-Abbas, Bushehr, Shahr-e-kord and Shiraz stations for the 1975- 2011 period are collected as well as same panel data for Yasuj station from 1990 to 2011. Rainfall data are sorted in descending order and precipitation values that were fallen within the 5% and 10% of highest records are categorized as the heavy precipitation. The most frequent precipitations occurred in January, February and December. The most frequent heavy precipitations in Ahwaz, Bandar-Abbas, Bushehr, Shahr-e-kord and Shiraz stations occurred in phase 8, while in Abadan station occurred in phases 7 and 8. Apparently, due to the short duration precipitations data at Yasuj station, the most frequent heavy precipitation observed in phase 2. Synoptic maps show that harmonized with eastward movement of convective precipitation in Indian or pacific oceans. Heavy precipitation forms in the west region of Iran and moves toward southwest and south Central of Iran and then appears to Afghanistan. Formation of a cyclonic circulation that encompasses the Mediterranean Sea, Red Sea and Persian Gulf plays an important role for moisture supplement of these storm activities. The synoptic maps have indicated that main sources of these heavy rainfalls are moisture produced at the Arab sea and western parts of the Indian Ocean.

**Keywords:** Iran, MJO, Persian Gulf, Precipitation, Vector winds

---

1,2- Professor and MSc Graduate of Agricultural Meteorology, Faculty of Agricultural, Shiraz University, Oceanic Atmospheric Science Research Center

(\*-Corresponding Author Email: nadiashahgholian@gmail.com)