

## ارزیابی نشان پدیده نوسان‌های مادن-جولیان بر رخداد بارش‌های روزانه استان‌های سیستان و بلوچستان و فارس

حبیب‌اله قائدامینی اسدآبادی<sup>۱\*</sup> - سید محمدجعفر ناظم‌السادات<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۷/۳۰

### چکیده

نوسان‌های مادن جولیان یکی از پدیده‌های جوی حاره‌ای می‌باشد که با دوره‌های فعال همرفتی در پهنه‌های گرمسیری نیمکره شرقی در پیوند می‌باشد. همزمان با فاز فعال این پدیده کارکردهای همرفتی در سراسر پهنه‌های گرمسیری شرق اقیانوس هند و غرب اقیانوس آرام افزایش می‌یابد. فازهایی از این پدیده که بارش‌های همرفتی آن در پهنه‌هایی رخ می‌دهد که با فازهای ۳، ۴، ۵ و ۶ مشخص می‌گردد، فاز مثبت و فازهایی که بارش‌های آن در پهنه‌های چیرگی فاز ۱، ۲، ۷ و ۸ رخ می‌دهد، فاز منفی نامیده شد. پیوند میان نمایه MJO و بارش‌های نوامبر تا آوریل در ۷ ایستگاه که در استان‌های سیستان بلوچستان و فارس جای گرفته‌اند، در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۹ برای آگاهی از نشان فازهای این پدیده بر اندازه بارش و تواتر رخداد دوره‌های خشک و تر در مقیاس زمانی روزانه ارزیابی گردید. یافته‌های آماری نشان داد که اندازه بارش همزمان با چیرگی فاز منفی به گونه‌ی معنی‌داری از مقادیر بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت بیشتر می‌باشد. در بیشتر ایستگاه‌ها، همزمان با چیرگی فازهای منفی MJO احتمال رخداد دوره‌های تر در فاز ۲ کمتر از فازهای ۱، ۷ و ۸ می‌باشد. همچنین همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO احتمال رخداد دوره‌های خشک در فاز ۴ و ۵ به ترتیب در استان‌های فارس و سیستان بلوچستان، بیشتر از فازهای ۳ و ۶ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: MJO، بارش روزانه، فاز مثبت و منفی، سیستان بلوچستان و فارس

### مقدمه

سیلاب‌های ویرانگر و خشکسالی‌های پیاپی و طولانی در این استان‌ها، بر همه کارکردهای عمرانی و کشاورزی در شهرها و روستاها سایه افکنده است. تغییرات بارش این پهنه‌های جغرافیایی در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه زیاد و اندازه آن از سالی به سال دیگر نوسان‌های زیادی را نشان می‌دهد. در راستای کاهش نشانه‌های زیانبار خشکسالی و سیل، اخیراً حجم زیادی از پژوهش‌های انجام شده در دو دهه گذشته بر شناخت برهمکنش نمایه‌های اقلیم ساز در خشکی، اقیانوس و جو یا فشاری داشته‌اند.

برای نمونه، ناظم‌السادات و قاسمی (۱۲) نشان داده اند که بخش بزرگی از نوسان‌های سالانه و فصلی بارش در ایران با پدیده النینو-نوسانات جنوبی (El Niño Southern Oscillation, ENSO) در پیوند می‌باشد. آنها با ارزیابی پیوستگی میان بارش‌های پاییزه و زمستانه ایران و این پدیده، نشان دادند که بارش‌های بیشتر از میانگین در پیوند با فاز گرم این پدیده (النینو) بوده و بارش‌های کمتر از میانگین در فاز سرد (لانینیا) رخ می‌دهد.

مادن و جولیان (۷) نشان دادند که، افزون بر تأثیر پدیده النینو-

بخش بسیار بزرگی از بارش سالانه استان‌های سیستان و بلوچستان و فارس در ماه‌های سرد سال (نوامبر تا آوریل) رخ می‌دهد. از بارزترین ویژگی‌های این پهنه‌ها کمبود بارش و نوسان‌های مکانی و زمانی فراوان آن می‌باشد. میانگین بارش سالانه استان سیستان و بلوچستان در پهنه شمالی آن مانند زابل به کمتر از ۶۵ میلی‌متر و در گستره‌های جنوبی از جمله خاش و زاهدان، به ۱۴۰ میلی‌متر می‌رسد. همچنین میانگین بارش سالانه در استان فارس بین ۱۰۰ میلی‌متر در شرق و جنوب تا ۶۰۰ میلی‌متر در پهنه‌های غربی آن در نوسان می‌باشد.

نوسان‌های بارش پایه بسیاری از رفتارهای اجتماعی و اقتصادی مردم و دولت در بخش‌های گوناگون این پهنه‌ها می‌باشند. رخداد

۱- کارشناسی ارشد مرکز پژوهش‌های علوم جوی-اقیانوسی دانشگاه شیراز  
(\*) نویسنده مسئول: (Email: habibamini@gmail.com)

۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

رکود شده، بارش این پهنه‌ها کاهش می‌یابد. در این هنگام میزان بارش در ایالت‌های واشنگتن و اورگون آمریکای شمالی بیشتر از معمول می‌گردد. آنها نشان دادند که بارش این پهنه‌ها هنگامی کاسته می‌شود که بادهای غرب‌وزان در پیوند با MJO به سوی غرب روانه شوند و بین شرق اقیانوس هند و مرکز اقیانوس آرام تمرکز داشته باشد. بارلو و همکاران (۴) مقادیر روزانه بارش جنوب غربی آسیا را در فصل زمستان همزمان با چیرگی فازهای MJO مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های آنها نشان داد که همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO که سامانه همرفتی در شرق اقیانوس هند قدرتمند می‌گردد، اندازه بارش در جنوب غربی آسیا و به ویژه در افغانستان از میانگین روزانه کمتر می‌شود. در مقابل با کاهش فعالیت‌های همرفتی در نواحی شرقی اقیانوس هند، بارش‌های جنوب غربی آسیا از میانگین دوره مورد نظر بیشتر می‌باشد.

قائدامینی و ناظم‌السادات (۱) نشان دادند که چیرگی فازهای مثبت و منفی نمایه MJO تأثیر معنی‌داری بر نوسان‌های بارش استان فارس دارد. به گونه‌ای که در بیشتر پهنه این استان، همزمان با چیرگی فاز منفی MJO، بارش ماه فوریه و آوریل با احتمال زیادی افزایش و همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در همه گستره فارس، با احتمال نسبتاً زیادی، میزان بارش ماه فوریه و آوریل کاهش چشمگیری خواهد یافت. یافته‌های ناظم‌السادات و قائدامینی (۲) نشان داد که جابجایی فازهای MJO تأثیر معنی‌داری بر مقادیر بیشینه و کمینه بارش استان فارس داشته، به گونه‌ای که بیشینه و کمینه بارش استان فارس به ترتیب همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت این پدیده در پهنه اقیانوس هند رخ داده است. آورده‌های این پژوهش بیانگر آن بود که شدت‌های بیشینه و کمینه بارش در این استان تا اندازه زیادی در پیوند با پدیده MJO می‌باشد. ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳) بارش ماهانه و فصلی پهنه‌های جنوبی ایران و شبه جزیره عربستان را ارزیابی نمودند. یافته‌های آنها نشان داد که رخداد بارش در این پهنه-ها در مقیاس ماهانه و بویژه فصلی (نوامبر تا آوریل) در پیوند با فازهای MJO می‌باشد. همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت MJO میزان بارش گستره‌های جنوبی ایران، به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد. بسامد دوره‌های تر و خشک نیز به ترتیب همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت به گونه معنی‌داری افزایش می‌یابد.

ارزیابی‌های گذشته نشان دهنده آن است که سامانه‌های باران زای وابسته به پدیده MJO در جنوب ایران، دارای یک حرکت شرق سو می باشند. بنابراین بارش استان سیستان و بلوچستان می تواند با یک تأخیر زمانی نسبت به استان فارس رخ دهد. افزون بر این، با توجه به جایگاه جغرافیایی این دو استان و اینکه بخش بزرگی از استان سیستان و بلوچستان در عرض جغرافیایی کمتری نسبت به استان فارس جای دارد شاید برخی از سامانه‌های بارش زای استان فارس نتوانند بر روی بخش‌هایی از استان سیستان و بلوچستان

نوسانات جنوبی در ایجاد نوسان‌های درون سالی، دیگر پدیده‌های جوی-اقیانوسی که در پهنه گرمسیری اقیانوس‌ها رخ می‌دهند نیز بخش بزرگی از تغییرات اقلیمی در گستره‌های دور و نزدیک را توجیه می‌نمایند. در همین راستا آنها نشان دادند که توفان‌های همرفتی با بسامد ۳۰ الی ۶۰ روزه که از شرق اقیانوس هند آغاز شده و در گذر رو به شرق خود از پهنه‌های مرکزی اقیانوس آرام گذشته و سپس به شرق آفریقا و غرب اقیانوس هند می‌رسد، با نوسان‌های بارش و دیگر پدیده‌های اقلیمی در پهنه‌های گرمسیری اقیانوس هند و آرام در پیوند است. کارکرد این توفان‌های همرفتی که بیشتر با یک دوره رکود بارش و سپس ابرناکی هوا و بارش شدید در شرق اقیانوس هند شناخته می‌شود را نوسان‌های مادن جولیان (Madden Julian Oscillation, MJO) می‌نامند. با توجه به آنکه بازه زمانی بین یک رکود و بارش شدید کمتر از یک فصل می‌باشد، MJO به عنوان پدیده‌ای درون فصلی ارزیابی می‌شود.

یافته‌های مادن و جولیان (۸) نشان داد که این پدیده چهره برتر چگونگی نوسان‌های درون فصلی آب و هوای پهنه‌های گرمسیری می‌باشد که نشانه‌های آن بیشتر در ماه‌های سرد سال نمایان می‌گردد. فرانتی و همکاران (۶) نمودند که MJO افزون بر آب و هوای گستره‌های گرمسیری، جابجایی ارزنده‌ای بر نوسان‌های آب و هوایی پهنه‌های فرا گرمسیری (Extratropical) دارد. والیزر و همکاران (۱۴) مقادیر انحراف از میانگین تابش موج بلند خروجی از زمین (Outgoing Longwave Radiation, OLR) را به عنوان نمایه فعالیت‌های همرفتی نواحی شرقی اقیانوس هند و نمایه MJO معرفی کردند. مقادیر کمتر از میانگین درازمدت OLR بیانگر افزایش فعالیت‌های همرفتی (فاز مثبت MJO) و بارش بیشتر از معمول در پهنه گرمسیری از اقیانوس هند تا اقیانوس آرام غربی می‌باشد. هنگامی که OLR بیشتر از میانگین درازمدت است، توقف همرفت (فاز منفی MJO) و کاهش بارش در این پهنه‌ها گزارش شده است.

پژوهش‌های گسترده‌ای تأثیر چیرگی این پدیده بر چگونگی نوسان‌های بارش و رخداد‌های مرزی آن در پهنه‌های گوناگون جهان را نشان می‌دهد. به عنوان نمونه مو و هیگینز (۱۱) پیوند کارکردهای همرفتی پهنه‌های گرمسیری اقیانوس هند و بارش گستره غربی ایالات متحده آمریکا را ارزیابی نموده و نشان دادند که MJO بارش‌های کالیفرنیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دوران‌های مرطوب کالیفرنیا معمولاً با افزایش همرفت (مرتبط با MJO) در غرب اقیانوس آرام گرمسیری (۱۵۰E) همزمان است. رخداد‌های خشک کالیفرنیا نیز با افزایش جریان‌های همرفتی وابسته به MJO در شرق اقیانوس هند (۱۲۰E) مرتبط می‌باشد. یافته‌های بوند و ویچی (۵) بیانگر آن است که در ماه‌های اکتبر-دسامبر، هنگامی که باد غرب وزان مرتبط با MJO در نزدیکی خط زمان (Date line) متمرکز می‌شود، کارکردهای همرفتی در شرق اقیانوس هند و نزدیک اندونزی دچار

کار هر دوره از پدیده MJO با فاز ۱ آغاز می‌گردد. جایگاه فاز ۱ و ۲ در نیمه غربی اقیانوس هند، در جایی است که هر دو نمایه منفی باشند. در فاز ۳ و ۴ که به ترتیب در مرکز و شرق اقیانوس هند جای دارد، نمایه اول ( $RMM_1$ ) مثبت و نمایه دوم ( $RMM_2$ ) منفی می‌باشد. در فازهای ۵ و ۶ که در پهنه‌های غربی اقیانوس آرام جای دارند، هر دو نمایه مثبت می‌باشد. در فاز ۷ و ۸ که به ترتیب در مرکز و شرق اقیانوس آرام جای دارد، نمایه اول منفی و نمایه دوم مثبت می‌باشد. یافته‌های ناظم السادات و قائدامینی (۱۳) نشان داد که نمایه‌های  $RMM_1$  با  $RMM_2$  در یک دوره زمانی تأخیری ۲۵ روزه با یکدیگر همبستگی معنی داری دارند و نمایه  $RMM_1$  می‌تواند تا اندازه خوبی نوسان‌های نمایه  $RMM_2$  را توجیه کند. به دیگر سخن کاربرد هر یک از این دو نمایه می‌تواند نوسان‌های بارش در پیوند با پدیده MJO را تا اندازه‌ای یکسان توجیه کند. در این پژوهش، نمایه اول ( $RMM_1$ ) بکار برده شد. از این روی یک چرخه کامل این پدیده در برگیرنده ۴ فاز مثبت (فازهای ۳، ۴، ۵ و ۶) و ۴ فاز منفی (فازهای ۱، ۲، ۷ و ۸) می‌باشد.

### داده‌های روزانه بارش

سری زمانی روزانه بارش ۷ ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی پراکنده در پهنه استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۹ فراهم گردید. گزینش این ایستگاه‌ها بر پایه پیوسته بودن داده‌ها و کمترین شمار کمبود داده در این دوره ۲۷ ساله استوار بود. این داده‌ها از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان بدست آمد. جایگاه این دو ایستگاه در کشور و ایستگاه‌های ارزیابی شده آنها در شکل ۲ و همچنین برخی از ویژگی‌های جغرافیایی و میانگین بارش سالانه این ایستگاه‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

بهبتر دیده شد که داده‌های گم شده بازسازی نگردند. از این روی در سری زمانی نمایه MJO داده‌های متناظر با داده‌های گم شده بارش حذف گردید و سری زمانی جدیدی فراهم گردید. یافته‌های این پژوهش بر پایه سری زمانی جدید (بدون داده گم شده) استوار می‌باشد. روشن است که هر چه داده‌های گم شده کمتری در هر سری زمانی باشد بیانگر آن است که ویژگی‌های آماری سری زمانی جدید به سری زمانی پیشین نزدیک تر است.

### ارزیابی روزانه نوسان‌های بارش

در راستای شناخت تأثیر پدیده MJO بر نوسان‌های بارش، سری زمانی روزانه ۶ ماهه (نوامبر تا آوریل) بارش هر ایستگاه متناظر با نمایه  $RMM_1$  فراهم گردید. این سری زمانی برای هر ایستگاه، در برگیرنده شماره سال، ماه و روز و همچنین اندازه نمایه  $RMM_1$

بارش زایی بنمایند. در این پژوهش کوشش خواهد شد تا پیوند و یا گسستگی میان بارش‌های وابسته به MJO در این دو استان ارزیابی شود.

از آنجا که در پژوهش‌های پیشین پیوند پدیده MJO و بارش بیشتر با کاربرد داده‌های ماهانه ارزیابی شده است، در این مطالعه با کاربرد داده‌های روزانه، تأثیر چیرگی هر یک از فازهای ۸ گانه این پدیده بر مقادیر بارش به گونه‌ای جداگانه مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. تلاش می‌گردد تا با جمع آوری داده‌های روزانه MJO و بارش در پهنه‌های گوناگون استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان، نوسان‌های بارش همزمان با چیرگی فازهای گوناگون این پدیده و احتمال پیدایش دوره‌های خشک و تر در هر فاز به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### داده‌های نمایه MJO

اندازه روزانه نمایه MJO با کاربرد روش ویلر و هندون (۱۵) در دوره زمانی ۲۷ ساله (۱۹۷۹ تا ۲۰۰۵) از پایگاه داده‌های سازمان ملی جوی-اقیانوسی<sup>۱</sup> بیرون آورده شد. این نمایه بر پایه تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis, PCA) متغیرهای تابش خروجی موج بلند (Outgoing longwave Radiation, OLR) از سطح زمین و بادهای منطقه‌ای (Zonal wind) در ترازهای ۸۵۰ و ۲۰۰ میلی بار نزدیک استوایی محاسبه شده است (۱۵). سری زمانی این نمایه چند متغیره بوده و دارای دو سری زمانی به نام‌های  $RMM_1$  و  $RMM_2$ <sup>۲</sup> می‌باشد.

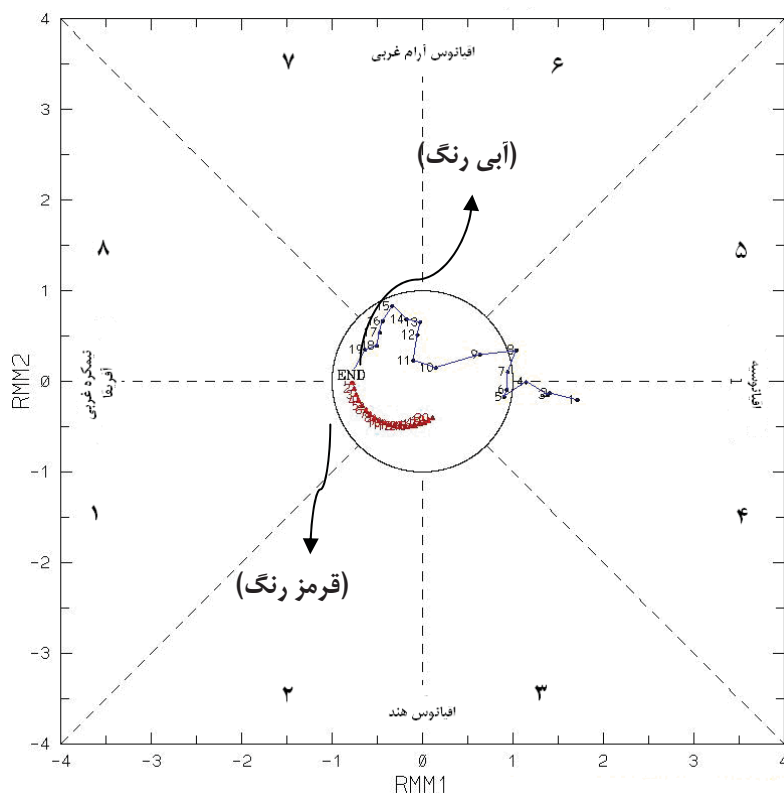
شکل ۱ چگونگی نوسان دو نمایه MJO را در یک دوره ۲۱ روزه از ماه اکتبر ۲۰۰۹ (۱ تا ۲۰ اکتبر) در سراسر گستره گرمسیری اقیانوس‌های هند و آرام نشان می‌دهد. جایگاه جغرافیایی این دو نمایه نشانگر آن است که پدیده MJO در کدامیک از فازهای هشت‌گانه قرار دارد. خط نازک (آبی رنگ) نشانگر آن است که در روز اول اکتبر (شروع دوره مورد نظر) پدیده MJO در فاز ۴ و در روز ۲۰ اکتبر این پدیده در فاز ۸ جای گرفته است. هر چه خط آبی رنگ از دایره میانی بیرون تر باشد، پدیده از نیرومندی بیشتری برخوردار است. بنابراین در دو روز اشاره شده پدیده MJO به ترتیب در فاز مثبت و منفی نمایه  $RMM_1$  جای گرفته است. خط پر (قرمز رنگ) بیانگر پیش بینی جایگاه این پدیده در یک دوره ۳ هفته‌ای بر پایه پژوهش ماهاراج و ویلر (۱۰) می‌باشد.

1- National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA

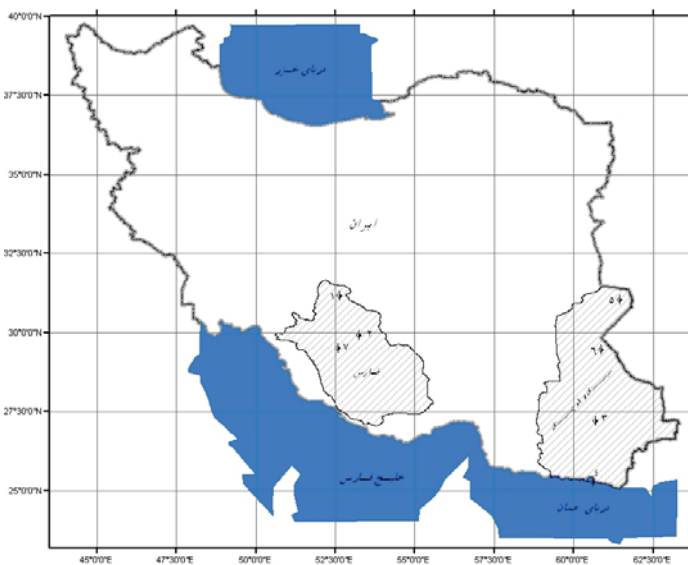
2- Real-time Multivariate MJO series 1 and 2,  $RMM_1$  and  $RMM_2$

شماره فاز مربوط به نمایه و اندازه بارش می‌باشد. برای نمونه در روز چهارم فوریه ۱۹۸۸ نمایه‌های  $RMM_1$  برابر  $0/536$  و پدیده MJO در فاز ۵ (فاز مثبت) بوده است. اندازه بارش آباده در این روز برابر با ۳۵ میلی‌متر می‌باشد.

شماره فاز مربوط به نمایه و اندازه بارش می‌باشد. برای نمونه در روز چهارم فوریه ۱۹۸۸ نمایه‌های  $RMM_1$  برابر  $0/536$  و پدیده MJO در



شکل ۱- چگونگی جای گرفتن نمایه‌های ویلر و هندون در دو محور افقی ( $RMM_1$ ) و محور عمودی ( $RMM_2$ ) در سراسر اقیانوس هند تا اقیانوس آرام و تقسیم بندی آن به هشت فاز گوناگون. خط نازک (آبی رنگ) نشان دهنده مقادیر محاسبه شده نمایه ویلر و هندون (۱۵) می‌باشد. خط پهن (قرمز رنگ) مقادیر بیش بینی شده برای یک دوره ۲۱ روزه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- جایگاه ایستگاه‌های ارزیابی شده در گستره استان‌های سیستان و بلوچستان و فارس

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی و میانگین بارش سالانه ۷ ایستگاه سینوپتیک و بارانسنجی در جنوب کشور

شماره ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی ( $E^0$ )	عرض جغرافیایی ( $N^0$ )	ارتفاع از سطح دریا (m)	میانگین بارش سالانه (mm)
۱	آباده	۵۲/۶۷	۳۱/۱۸	۲۰۳۰/۰	۱۳۸/۲
۲	ارسنجان	۵۳/۲۷	۲۹/۹۳	۱۵۴۰/۰	۳۰۰/۰
۳	ایران شهر	۶۰/۷۰	۲۷/۲۰	۵۹۱/۱	۱۱۱/۷
۴	چابهار	۶۰/۶۲	۲۵/۲۸	۸/۰	۱۱۴/۳
۵	زابل	۶۱/۴۸	۳۱/۰۵	۴۸۹/۲	۵۹/۹
۶	زاهدان	۶۰/۸۸	۲۹/۴۷	۱۳۷۰/۰	۹۷/۸
۷	شیراز	۵۲/۵۳	۲۹/۶۰	۱۴۸۸/۰	۳۴۱/۶

جدول ۲- درصد روزها با داده‌های گم شده بارش در هر فاز MJO برای ۷ ایستگاه ارزیابی شده

نام ایستگاه	درصد روزهای گم شده آماری در هر فاز MJO							
	فاز ۱	فاز ۲	فاز ۳	فاز ۴	فاز ۵	فاز ۶	فاز ۷	فاز ۸
آباده	۲/۲	۱/۳	۲/۵	۲/۵	۶/۰	۲/۳	۱/۰	۳/۰
ارسنجان	۲/۲	۱/۳	۲/۵	۲/۵	۶/۰	۲/۳	۱/۰	۳/۲
ایران شهر	۰/۴	۱/۱	۰/۷	۰/۹	۴/۶	۰/۰	۰/۴	۴/۵
چابهار	۲۱/۵	۲۴/۲	۲۴/۴	۲۴/۰	۲۳/۳	۱۹/۶	۲۹/۴	۲۶/۶
زابل	۱۴/۲	۱۵/۳	۱۷/۵	۲۰/۰	۱۹/۶	۱۶/۱	۲۱/۶	۱۶/۹
زاهدان	۷/۹	۱۰/۶	۱۱/۳	۱۱/۶	۱۳/۷	۱۱/۳	۱۳/۱	۹/۷
شیراز	۰/۴	۱/۱	۰/۷	۰/۹	۴/۶	۰/۰	۰/۴	۱/۰

نشانهگر آن است که چیرگی این فاز با رخداد دوره خشک و کمبود منابع آبی همراه می‌باشد. در برابر چنانچه این نسبت بزرگتر یا برابر با یک باشد، چیرگی فاز مثبت جابجایی پرننگی در کاهش بارش و رخداد خشکسالی نخواهد داشت. به همین گونه اگر نسبت  $(\bar{R}_{neg}/\bar{R})$  در هر ایستگاه بیشتر از یک باشد، نشانه آن است که همزمان با چیرگی فاز منفی، دوره تر در ایستگاه مورد نظر رخ خواهد داد. چنانچه این نسبت کمتر یا برابر با یک باشد، چیرگی فاز منفی MJO تأثیری در رخداد دوره تر نخواهد داشت (۱۳).

به منظور بررسی احتمال رخداد بارش در هر ایستگاه همزمان با چیرگی هر یک از فازهای MJO در نواحی اقیانوس هند و آرام تعداد رخداد بارش هر ایستگاه همزمان با چیرگی هر یک از ۸ فاز MJO شمارش شد و در نهایت درصد رخداد بارش (احتمال رخداد بارش) همزمان با چیرگی هر فاز به طور جداگانه محاسبه شد.

#### آزمون معنی‌داری یافته‌ها

به منظور بررسی وجود تأثیر معنی‌دار چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO بر نوسان‌های بارش هر ایستگاه، وجود اختلاف معنی‌دار بین مقادیر بارش همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت این پدیده مورد آزمون قرار گرفت. بدین منظور، روش تحلیلی آزمون ناپارامتریک من ویتنی بکار گرفته شد (۷). در این آزمون معنی‌دار بودن اختلاف میانگین دو گروه متغیر غیر وابسته در سطح ۹۵٪ مورد ارزیابی قرار

پس از این، میانگین بارش روزانه در فاز منفی ( $R_{Sum(neg)}$ ) و همچنین انباشت بارش روزانه در فاز مثبت ( $R_{Sum(pos)}$ ) به طور جداگانه برای هر ایستگاه محاسبه شد. نسبت انباشت بارش در فاز منفی به انباشت بارش فاز مثبت ( $R_{Sum(neg)}/R_{Sum(pos)}$ ) پایه ارزیابی تأثیر جابجایی فازهای مثبت و منفی MJO بر نوسان‌های بارش در فصول بارش پهنه‌های مورد بررسی می‌باشد. چنانچه این نسبت به گونه‌ای معنی‌دار بزرگتر یا کوچکتر از یک باشد، اندازه بارش در دوران چیرگی فاز منفی با اندازه بارش در دوران فاز مثبت یکسان نیست. به دیگر سخن جابجایی فازهای MJO در هر ایستگاه می‌تواند نشان‌دهنده‌ای بر نوسان‌های بارش دوره مورد بررسی داشته باشد و پیدایش دوره‌های خشک و یا تر را توجیه نماید.

در راستای روشن نمودن جایگاه هر یک از فازهای مثبت و منفی MJO در پدیدار شدن دوره‌های خشک و تر هر ایستگاه، میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت و فاز منفی با میانگین بارش روزانه دوره ۶ ماهه مورد ارزیابی قرار گرفت. در دوره زمانی مورد بررسی، میانگین درازمدت بارش روزانه ۲۷ سال در هر ایستگاه ( $\bar{R}$ ) بدست آمد. سپس میانگین کل بارش روزانه فاز مثبت ( $\bar{R}_{pos}$ ) و میانگین کل بارش روزانه فاز منفی ( $\bar{R}_{neg}$ ) محاسبه گردید. محاسبه نسبت‌های  $(\bar{R}_{pos}/\bar{R})$  و  $(\bar{R}_{neg}/\bar{R})$  ملاک ارزیابی تأثیر هر فاز MJO در پیدایش دوره خشک یا تر برای هر ایستگاه می‌باشد. در صورتی که نسبت  $(\bar{R}_{pos}/\bar{R})$  در دوره مورد بررسی کمتر از یک باشد،



می‌افکند. بیشترین و کمترین فراوانی چیرگی فازها به ترتیب در فاز ۷ (۷۰۸ روز) فاز ۱ (۵۰۷ روز) رخ داده است.

### بررسی ارزیابی نشانه‌های فازهای MJO بر اندازه بارش

آزمون من ویتنی به کار گرفته شد تا روشن شود که آیا میانگین اندازه بارش در دوران ۲۴۸۵ روزه فاز مثبت ناسازگاری معنی‌داری با بارش ۲۴۳۳ روزه دوران منفی دارد یا نه؟ آورده‌های این آزمون در جدول ۴ نشان داده شده است. برای هر ایستگاه به ترتیب میانگین رتبه بارش همزمان با چیرگی فاز منفی و فاز مثبت، میزان آزمون (U)، معنی‌داری (P-value)، نسبت مجموع بارش فاز منفی به مجموع بارش فاز مثبت  $(R_{Sum(neg)}/R_{Sum(pos)})$ ، نسبت  $(\bar{R}_{neg}/\bar{R})$  و نسبت  $(\bar{R}_{pos}/\bar{R})$  نشان داده شده است. در همه ایستگاه‌ها بین اندازه بارش در فاز منفی و مثبت در سطح معنی‌داری ۹۵٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد ( $P\text{-value} < 0.05$ ). به دیگر سخن، جابجایی فازهای MJO بگونه‌ای آشکار و معنی‌دار اندازه بارش روزانه در ماههای نوامبر تا آوریل را دچار نوسان می‌نماید. در همه ایستگاه‌های بررسی شده نسبت  $(R_{Sum(neg)}/R_{Sum(pos)})$  بزرگتر از یک می‌باشد. بالاترین نسبت در ایستگاه زابل (۲/۱۰) و کمترین آن در ایستگاه آباده (۱/۴۰) دیده می‌شود. بدین ترتیب اگر شمار روزهای فاز مثبت و منفی کم و زیاد شود، به ترتیب بیشترین نوسان در اندازه بارش در ایستگاه زابل و کمترین آن در ایستگاه آباده دیده خواهد شد. در حالیکه افزایش شمار روزهای فاز منفی فزونی بارش را در پی دارد، افزایش رخدادهای فاز مثبت با کمبود بارش همراه است.

شکل ۳ اندازه انباشت بارش در روزهایی که فاز مثبت و منفی MJO چیره بوده است را برای هر یک از ۷ ایستگاه ارزیابی شده نشان می‌دهد. در همه ایستگاه‌ها انباشت روزانه بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO بیشتر از این مقادیر همزمان با چیرگی فاز مثبت این پدیده می‌باشد. بیشترین و کمترین انباشت بارش همزمان با چیرگی هر یک از دو فاز MJO به ترتیب در شیراز و زابل رخ داده است.

گرفت. بدین ترتیب که در هر ایستگاه به طور جداگانه، میانگین بارش روزانه همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO رتبه بندی شده و اختلاف رتبه‌های محاسبه شده در هر فاز با یکدیگر ارزیابی شد. معنی‌داری این آزمون (نپذیرفتن فرض صفر) در سطح معنی‌داری ۹۵٪ درصد برای هر ایستگاه، نشان می‌دهد که جابجایی فازهای MJO نقش ارزنده‌ای در نوسان‌های بارش آن ایستگاه دارد. یادآور می‌گردد که اندازه بیشتر بارش در هر فاز، بالاتر بودن رتبه آن را در پی دارد.

پیوند معنی‌دار رخداد و عدم رخداد بارش به ترتیب همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO با بکارگیری آزمون ناپارامتری دقیق فیشر (Fisher Exact test) ارزیابی شد (۳). برای هر ایستگاه یک جدول توافقی با دو سطر و دو ستون (۲×۳) فراهم گردید. ستون‌ها شامل فاز مثبت و منفی و سطرها، بیانگر بسامد روزهای بارش و عدم رخداد آن می‌باشند. برای نمونه در ایستگاه شیراز همزمان با چیرگی فاز مثبت (۲۴۰۴ روز همراه با داده) بسامد رخداد و عدم رخداد بارش به ترتیب برابر ۲۴۳ و ۲۱۶۱ روز می‌باشد. به همین ترتیب فراوانی روزهای بارش و بدون رخداد بارش همزمان با چیرگی فاز منفی (با ۲۳۸۹ روز همراه با داده) به ترتیب برابر ۳۱۱ و ۲۰۸۷ روز می‌باشد. معنی‌دار بودن این آزمون در سطح ۹۵٪ بیانگر تأثیر آماری فاز مثبت و منفی پدیده MJO به ترتیب در ایجاد دوران‌های خشک و تر می‌باشد.

## نتایج و بحث

### بررسی چگونگی چیرگی فازهای MJO در دوره مورد

#### بررسی

بر پایه یافته‌ها در جدول ۳ شمار روزهای دوره ۲۷ ساله برابر با ۴۹۱۸ می‌باشد. شمار روزهایی که نمایه  $RMM_1$  مثبت یا منفی بوده (فازهای ۳، ۴، ۵ و ۶ یا فازهای ۱، ۲، ۷ و ۸) به ترتیب برابر ۲۴۸۵ و ۲۴۳۳ روز می‌باشد. ناسازگاری چندانی در شمار رخداد فاز مثبت و منفی MJO در دوره مورد بررسی وجود ندارد. به دیگر سخن، نوسان-های بارش دوران‌های چیرگی فاز مثبت یا منفی پیوندی با فراوانی رخداد این دو فاز ندارد و جایگاه جغرافیایی این پدیده در پهنه اقیانوس هند و آرام است که بر بارش ایستگاه‌های ارزیابی شده سایه

جدول ۳- فراوانی رخداد هر یک از فازهای هشت‌گانه نمایه ویلر و هندون ( $RMM_1$ ) در دوره مورد بررسی. فاز مثبت بدون رنگ و فاز منفی با رنگ

خاکستری نشان داده شده است

شمار کل روزهای هر فاز MJO							
نام فاز	فاز ۸	فاز ۷	فاز ۶	فاز ۵	فاز ۴	فاز ۳	فاز ۲
تعداد روز	۵۹۷	۷۰۸	۵۷۷	۵۸۳	۶۴۶	۶۷۹	۶۲۱
شمار رخداد فاز مثبت		۲۴۸۵					۲۴۳۳
					شمار رخداد فاز منفی		

جدول ۴- یافته‌های آزمون من ویتنی برای بررسی اختلاف معنی دار بین مقادیر بارش روزانه همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO در دوره

مورد بررسی

نام ایستگاه	رتبه فاز منفی	رتبه فاز مثبت	U	P <sub>value</sub>	$\frac{R_{Sum(neg)}}{R_{Sum(pos)}}$	$\frac{\bar{R}_{neg}}{\bar{R}}$	$\frac{\bar{R}_{pos}}{\bar{R}}$
آباده	۲۴۴۶	۲۳۴۸	۲۷۵۴۲۰۶	۰/۰۰۰	۱/۴۰	۱/۳۵	۰/۷۰
ارسنجان	۲۷۴۰	۲۳۲۳	۲۶۹۴۶۴۹	۰/۰۰۰	۱/۶۰	۱/۴۰	۰/۶۰
ایرانشهر	۲۳۵۲	۲۳۶۸	۲۶۴۵۶۵۴	۰/۰۰۱	۱/۸۰	۱/۳۰	۰/۷۰
چابهار	۱۹۰۰	۱۸۲۵	۱۶۵۹۱۹۰	۰/۰۰۰	۱/۵۰	۱/۲۰	۰/۸۰
زابل	۲۰۶۷	۱۹۷۰	۱۹۳۸۲۸۳	۰/۰۰۰	۲/۱۰	۱/۴۰	۰/۶۵
زاهدان	۲۲۳۶	۲۱۲۳	۲۲۵۱۲۵۲	۰/۰۰۰	۱/۵۵	۱/۲۵	۰/۸۰
شیراز	۲۵۲۵	۲۳۴۰	۲۷۲۹۷۵۱	۰/۰۰۰	۱/۵۰	۱/۲۰	۰/۸۰

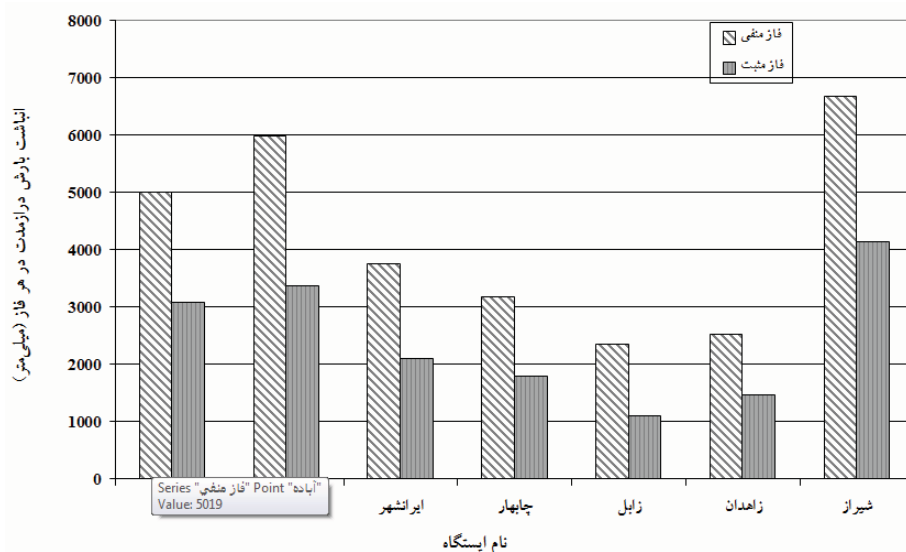
مثبت در ایستگاه ارسنجان (۲۰۰ رتبه) و کمترین آن در ایستگاه چابهار (۸۷ رتبه) وجود دارد. که در این دو ایستگاه به ترتیب، چیرگی فاز منفی بیشترین و کمترین تأثیر در افزایش منابع آبی و چیرگی فاز مثبت نیز بیشترین و کمترین تأثیر در کاهش منابع آبی را دارا می‌باشد.

بررسی احتمال رخداد بارش روزانه همزمان با چیرگی

پدیده MJO

آوردهای آزمون دقیق فیشر نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌ها شمار روزهای بارانی همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO در سطح معنی داری ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی دار می‌باشند. به دیگر سخن جابجایی این دو فاز تا اندازه زیادی می‌تواند بر شمار روزهای بارش ایستگاه‌های ارزیابی شده، تأثیر داشته باشد.

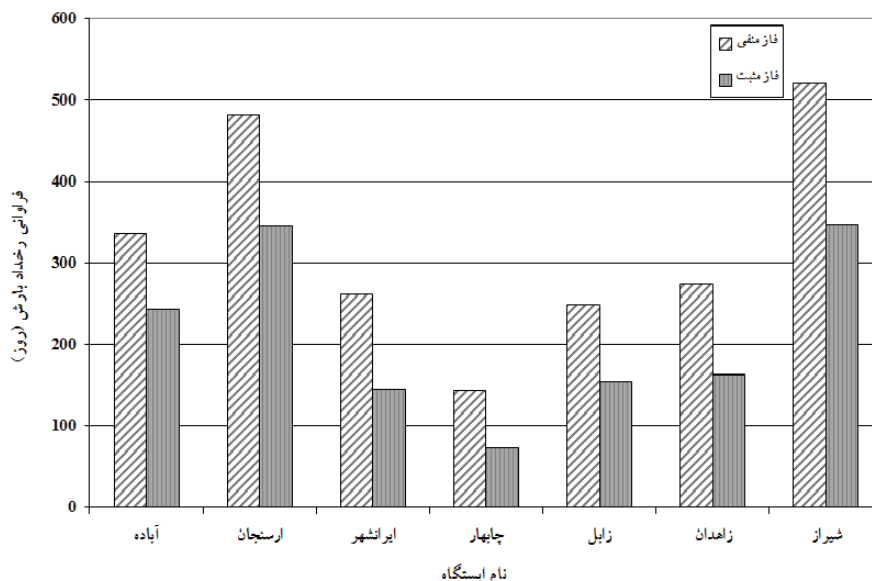
در همه ایستگاه‌ها نسبت  $(\bar{R}_{neg}/\bar{R})$  بزرگتر از یک می‌باشد. به دیگر سخن در همه ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره نوامبر تا آوریل میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی از میانگین درازمدت این دوره بزرگتر می‌باشد و چیرگی فاز منفی نوید بخش دوره تر و افزایش منابع آبی این پهنه‌ها می‌باشد. بیشترین مقدار این نسبت مربوط به ایستگاه‌های ارسنجان و زابل (۱/۴۰) می‌باشد که بیانگر افزایش ۴۰ درصدی منابع آبی در این دو ایستگاه، همزمان با چیرگی فاز منفی MJO است. کمترین میزان افزایش بارش در ایستگاه‌های چابهار و شیراز به میزان ۲۰ درصد می‌باشد. در همه ایستگاه‌های ارزیابی شده، نسبت  $(\bar{R}_{pos}/\bar{R})$  کوچکتر از یک می‌باشد. به گونه‌ای که بیشترین کاهش منابع آبی این دوره در ایستگاه ارسنجان (۴۰ درصد کاهش بارش) و کمترین تأثیر در چابهار، زاهدان و شیراز (۲۰ درصد کاهش بارش) دیده شده است. همانگونه که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌گردد، بیشترین ناسازگاری در رتبه اندازه بارش دوران فاز منفی و



شکل ۳- انباشت مقادیر بارش در فازهای مثبت و منفی MJO (نمایه RMM<sub>1</sub>) در دوره نوامبر تا آوریل در ۷ ایستگاه ارزیابی شده

بیشترین ناسازگاری میان فراوانی رخداد بارش در فاز منفی و مثبت به ترتیب در ایستگاه شیراز (۱۶۰ روز)، ایرانشهر (۱۱۰ روز)، زاهدان (۱۰۵ روز)، زابل (۹۸ روز)، ارسنجان (۹۲ روز)، چابهار (۷۷ روز) و آباده (۵۶ روز) می‌باشد. بدین گونه، چیرگی فاز منفی MJO بیشترین نشان در افزایش فراوانی روزهای بارانی شیراز را دارا می‌باشد. کمترین تأثیر در افزایش شمار روزهای بارانی در ایستگاه آباده دیده می‌شود.

همانگونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، در همه ایستگاه‌ها شمار رخداد بارش همزمان با چیرگی فاز منفی بیشتر از این شمار در فاز مثبت MJO می‌باشد. بیشترین و کمترین فراوانی همزمان با چیرگی فاز منفی به ترتیب وابسته به ایستگاه شیراز (۵۴۸ رخداد بارش) و چابهار (۱۶۱ رخداد بارش) می‌باشد. کمترین و بیشترین فراوانی رخداد بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO به ترتیب در چابهار (۸۴ رخداد بارش) و شیراز (۳۸۹ رخداد بارش) دیده شده است.



شکل ۴- فراوانی روزهای بارش همزمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO در خلال دوره مورد بررسی در ۷ ایستگاه واقع در جنوب کشور

شکل ۵ پراکنش جغرافیایی تفاضل میانگین راستای بادهای ۸۵۰ میلی بار و شدت بارش روزانه همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت MJO و تفاوت این دو فاز را نشان می‌دهد. حرکت شرق وزان این بادهای بر روی اقیانوس هند و انحراف جنوب وزان آنها در کناره‌های غربی این اقیانوس، نشان از آن دارد که چیرگی فاز منفی در این دوره زمانی، نسبت به فاز مثبت، نقش ارزنده‌ی در جابجایی بادهای در پی آن، توده‌های رطوبتی سطحی از کناره‌های شرقی اقیانوس هند به پهنه‌های جنوبی و جنوب غربی ایران دارد. اندازه خطوط همتراز نشانگر تفاضل میانگین سرعت این بادهای سطحی می‌باشد.

در بیشتر بخش‌های جنوبی کشور این اندازه بالاتر از ۰/۶ متر بر ثانیه می‌باشد که بیانگر سرعت بالاتر این بادهای همزمان با چیرگی فاز منفی نسبت به فاز مثبت می‌باشد. به دیگر سخن با چیرگی فاز منفی این بادهای توده‌های مرطوب را از پهنه‌های شرقی اقیانوس هند به بخش‌های جنوبی کشور وارد می‌نماید و با افزایش شرایط مناسب برای رخداد بارش همراه است. اندازه مثبت تفاضل انحراف از میانگین شدت بارش همزمان با چیرگی این دو فاز، بیانگر بالاتر بودن شدت

جدول ۵ درصد روزهای بارانی همزمان با چیرگی هر فاز را نشان می‌دهد. در بیشتر ایستگاه‌ها همزمان با چیرگی فازهای منفی RMM<sub>1</sub> (فاز ۱، ۲، ۷ و ۸) درصد روزهای بارانی نسبت به فازهای مثبت این نمایه بالاتر می‌باشد. در ایستگاه زاهدان همزمان با چیرگی فاز ۳ احتمال رخداد بارش در این فاز بیشتر از فاز ۷ می‌باشد. دلیل آن را می‌توان به وجود داده‌های گم شده ۱۳ درصدی در این فاز نسبت داد. یافته‌های آزمون دقیق فیشر نشان داد که در همه ایستگاه‌ها همزمان با چیرگی فازهای منفی شمار روزهای بارش با شمار روزهای فازهای مثبت در سطح معنی داری ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی دار بوده است. به دیگر سخن جابجایی فازهای مثبت به منفی نقش ارزنده‌ی در افزایش احتمال پیدایش دوره‌های خشک و تر دارا می‌باشد. در بیشتر ایستگاه‌ها همزمان با چیرگی فاز ۲ درصد رخداد بارش کمتر از فازهای منفی دیگر (فاز ۱، ۷ و ۸) می‌باشد. این در حالی است که کمترین احتمال رخداد بارش در همه ایستگاه‌های فارس، همزمان با چیرگی فاز ۴ و در بیشتر ایستگاه‌های استان سیستان بلوچستان به جز چابهار همزمان با چیرگی فاز ۵ می‌باشد.



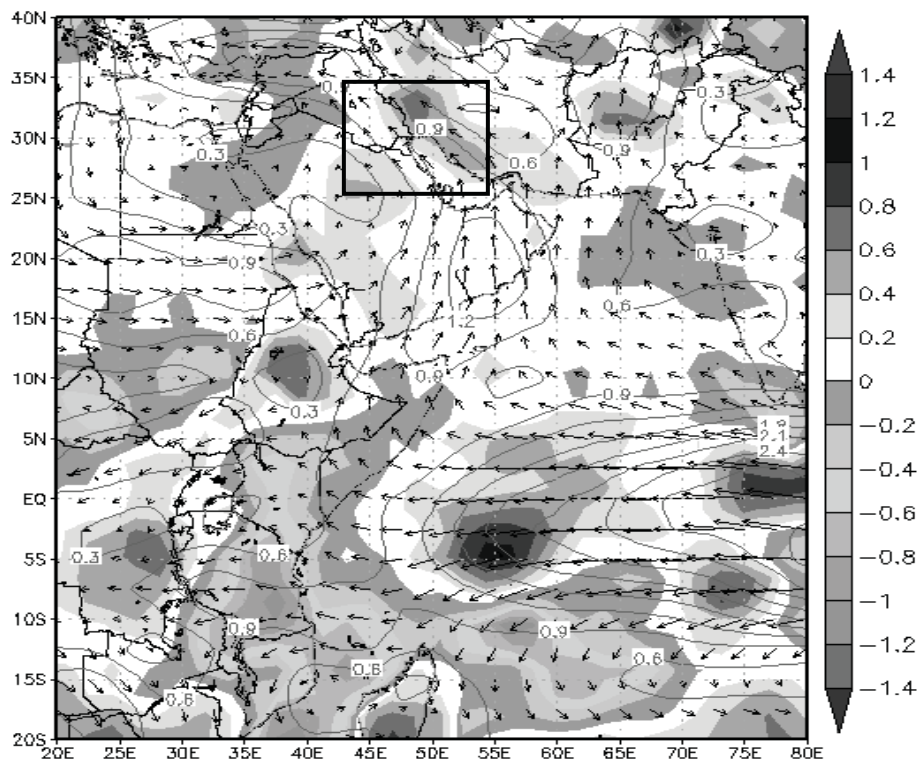
روز ۲۰۰۸/۱/۱۶ رخ داده است. این بارش وابسته به پدیده MJO (فاز ۷) می‌باشد که پیش از این در استان فارس و بخش‌های بزرگی از جنوب باختری ایران بارش زایی کرده است. گرچه دومین بارش سنگین ایرانشهر در تاریخ ۱۹۹۸/۳/۲۱ چندان پیوندی با پدیده MJO نداشت، اما بارش‌های سنگین روزهای ۱۹۹۳/۱/۱۵، ۱۹۷۵/۱/۲۷ و ۱۹۹۰/۳/۱ در ایرانشهر و استان سیستان و بلوچستان همگی در ادامه سامانه‌های بارش زایی می‌باشند که پیش از این در استان فارس بارش زایی داشته‌اند.

بارش همزمان با چیرگی فاز منفی نسبت به فاز مثبت این پدیده در پهنه‌های جنوبی کشور می‌باشد. این یافته‌ها به خوبی با نتایج بدست آمده در بخش‌های پیشین که افزایش احتمال رخداد دوره‌های تر و خشک را به ترتیب همزمان با چیرگی فازهای منفی و مثبت نشان داده است، همخوانی دارد.

ارزیابی روزانه رخداد بارش‌ها در پیوند با فازهای MJO در دو استان نشان داد که سنگین‌ترین بارش ایستگاه ایرانشهر از ۲۰۰۸/۱/۱۶ الی ۲۰۰۸/۱/۱۶ و روی هم رفته نزدیک به ۱۲۵ میلی متر در سه روز می‌باشد. بیشترین بارش برابر با ۵۰/۷ میلی متر در

جدول ۵- درصد رخداد روزهای بارانی در فازهای ۸ گانه MJO با استفاده از نمایه ویلر و هندون (۱۳) RMM<sub>1</sub>

ایستگاه	درصد روزهای بارانی در هر فاز MJO							
	فاز ۱	فاز ۲	فاز ۳	فاز ۴	فاز ۵	فاز ۶	فاز ۷	فاز ۸
آباده	۱۳/۹	۱۲/۱	۱۱/۰	۷/۸	۱۰/۹	۱۰/۸	۱۵/۳	۱۴/۹
ارسنجان	۲۲/۲	۱۸/۶	۱۴/۲	۱۲/۷	۱۵/۱	۱۶/۰	۱۸/۵	۲۲/۳
ایرانشهر	۱۰/۴	۱۲/۳	۶/۹	۶/۱	۴/۸	۶/۴	۱۰/۶	۱۱/۱
چابهار	۸/۸	۶/۸	۵/۸	۲/۴	۳/۶	۳/۰	۷/۰	۹/۴
زابل	۱۴/۹	۱۱/۴	۹/۳	۷/۹	۶/۲	۶/۸	۱۱/۷	۱۱/۹
زاهدان	۱۵/۶	۱۲/۴	۱۰/۶	۷/۵	۵/۸	۵/۳	۹/۳	۱۳/۹
شیراز	۲۳/۶	۲۱/۳	۱۴/۲	۱۲/۸	۱۴/۷	۱۵/۳	۲۰/۹	۲۱/۰



شکل ۵- پراکنش جغرافیایی اختلاف میانگین بادهای ۸۵۰ میلی بار (بردارها) و شدت بارش فصل سرد سال همزمان با چیرگی فازهای منفی و مثبت MJO در پهنه خاورمیانه

مثبت میانگین بارش از میانگین دراز مدت کمتر می‌باشد و همزمان با چیرگی فاز منفی MJO میانگین بارش این فاز به مراتب بیشتر از میانگین درازمدت می‌باشد. به دیگر سخن، همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی پدیده نوسانات مادن-جولیان، در پهنه‌های مورد بررسی به ترتیب دوره‌های خشک و مرطوب چیره خواهد شد. یافته‌های آزمون دقیق فیشر برای ارزیابی فراوانی رخداد بارش نشان داد که همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره مورد بررسی فراوانی رخداد بارش تا اندازه زیادی بیشتر از فراوانی رخداد بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت می‌باشد. بدین معنی که در همه ایستگاه‌ها چیرگی فاز منفی، احتمال رخداد بارش نسبت به چیرگی فاز مثبت این پدیده بیشتر می‌باشد. آورده‌های آزمون فیشر در ارزیابی احتمال رخداد بارش همزمان با چیرگی هر فاز نشان داد که همزمان با چیرگی همه فازهای منفی MJO (فاز ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۸) احتمال رخداد بارش به مراتب بیشتر از فازهای مثبت آن (فاز ۳، ۴، ۵ و ۶) می‌باشد. در بیشتر ایستگاه‌ها همزمان با چیرگی فاز ۸ احتمال رخداد بارش نسبت به سایر فازها بیشتر می‌باشد. همزمان با چیرگی فاز ۴ و ۵ به ترتیب کمترین احتمال رخداد بارش در بیشتر ایستگاه‌های استان‌های فارس و سیستان بلوچستان وجود دارد.

ارزیابی‌های انجام شده نشانگر آن است که رخداد بارش‌های سنگین در چابهار بیشتر یک پدیده ناوابسته به سامانه‌های بارش زا در استان فارس و یا جنوب باختری ایران است. چگونگی رخداد این بارش‌ها در چابهار و وابستگی آنها به پدیده MJO نیازمند پژوهش‌های بیشتری می‌باشد. در برابر، بارش‌های سنگین در ایران‌شهر و بخش بزرگی از استان سیستان و بلوچستان، به پدیده MJO وابسته است. به گونه‌ای که سامانه‌های بارش زا بیشتر از پهنه‌های جنوب باختری ایران سرچشمه گرفته و در پیشروی غرب سوی خود، از استان فارس و هرمزگان گذشته و در گستره بزرگی از استان سیستان و بلوچستان بارش زایی می‌کنند.

برخی از سامانه‌های بارش زای نیرومندی که در استان فارس بارش زایی کرده اند پس از چند روز از بخش جنوبی به درون استان سیستان و بلوچستان نفوذ کرده و بارش زایی نموده اند. برای نمونه سامانه بسیار نیرومندی که در روزهای ۱ و ۱۹۸۶/۱۲/۲ نزدیک به ۲۰۰ میلی متر بارش زایی در شیراز داشته است (در فاز ۱)، پس از چند روز در استان سیستان و بلوچستان و ایرانشهر بارش زایی می‌کند گرچه از شدت آن کاسته شده است، چگونگی پیشروی خاور سوی سامانه بارش زا از جنوب باختری به جنوب خاوری ایران و اینکه چرا برخی از آنها در این پیشروی نیرومند تر و برخی دیگر سست تر می‌شوند باید در مقاله ای جداگانه ارزیابی شوند.

## نتیجه گیری

پدیده همرفتی MJO در پهنه استوایی اقیانوس هند و آرام مهمترین شکل نوسانات زیرفصلی جوی-اقیانوسی است که نوسان‌های آب و هوایی و به ویژه بارش مناطق گرمسیری و فرا گرمسیری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این پژوهش با کاربرد نمایه روزانه MJO و مقادیر روزانه بارش در یک دوره ۲۷ ساله (۲۰۰۸-۱۹۷۹) جاپای این پدیده بر نوسان‌های بارش و رخداد دوره‌های خشک و تر فصلی (نوامبر تا آوریل) ۷ ایستگاه واقع در استان‌های فارس و سیستان بلوچستان ارزیابی شد. همچنین ارتباط معنی‌دار آماری فازهای فعال (مثبت) و غیر فعال (منفی) MJO به ترتیب با رخدادهای خشکی و پر بارش مورد آزمون قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که نوسان‌های بارش فصلی ایستگاه‌های هر دو استان وابستگی زیادی به جابجایی فازهای MJO دارد. وجود اختلاف معنی‌دار بین رتبه میزان بارش فصلی همزمان با چیرگی فاز منفی و مثبت MJO در آزمون من‌ویتنی، بیانگر آن می‌باشد که فصل بارش این پهنه‌ها (نوامبر تا آوریل) به خوبی تحت تأثیر پدیده مادن-جولیان قرار می‌گیرد. در همه ایستگاه‌های مورد بررسی همزمان با چیرگی فاز

## منابع

- ۱- 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.
- ۲- ناظم‌السادات م.ج. و قائدامینی ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر نوسانات مادن جولیان بر وقوع کرانه بالایی و پایینی بارش (سیلاب و خشکی) ماه‌های فوریه تا آوریل در استان فارس. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۷۷-۴۸۹: ۱۲(۴۶).
- 3- Agresti A. 1992. A Survey of Exact Inference for Contegency Tables. Statitical Science. 7: 131-153.
- 4- Barlow M., Lyon B., and Cullen H. 2005. Modulation of daily precipitation over Southwest Asia by the Madden-Julian Oscillation. Mon. Wea. Review 133:3579-3594.
- 5- 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.
- 6- 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. Science 47:2177-2199.

- 7- Fay M., Proschan P., and Michael A. 2010. Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. *Statistics Surveys* 4:1–39.
- 8- 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. Science* 28:702-708.
- 9- Madden R.A., and Julian P.R. 1994. Observations of the 40-50 day tropical oscillation. A review. *Mon. Wea. Review* 122:814-837.
- 10- Maharaj E.A., and Wheeler M.C. 2005. Forecasting an index of the Madden-oscillation. *J. Climatology* 25:1611-1618.
- 11- Mo K.C., and Higgins R.W. 1998. Tropical convection and precipitation regimes in the Western United States. *J. Climate* 11:2404-2423.
- 12- Nazemosadat M.J., and Ghasemi A.R. 2004. Quantifying the ENSO-related shifts in intensity and probability of drought and wet periods in Iran. *J. Climate* 17:4005-4018.
- 13- 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.
- 14- Waliser D.E., Graham N.E., and Gautier C. 1993. Comparison of the highly reflective cloud and outgoing long wave data sets for use in estimating tropical deep convection. *J. Climate* 6:331-353.
- 15- Wheeler M., and Hendon H. 2004. An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction. *Mon. Wea. Review* 132:1917-1932.

## Evaluation of the Effects of Madden Julian Oscillation on the Frequency of Daily Precipitation in Sistan Balouchestan and Fars Provinces

H. Ghaedamini<sup>1\*</sup> – S.M.J. Nazemosadat<sup>2</sup>

Received: 8-6-2011

Accepted: 21-10-2012

### Abstract

The Madden-Julian Oscillation (MJO) is a tropical atmospheric phenomenon, associated with periods of active convection in the eastern hemisphere tropics. In its active stage, the MJO is associated with increased convective activity over the equatorial eastern Indian and western Pacific Oceans. The Oscillations cycle includes 8 different phases beginning with Phase 1 off the Indian Ocean coast of Africa, through to Phase 8 in the central Pacific before it fades out. We defined positive phase of the oscillation when the convective precipitation was centered over the areas denoted by phases 3, 4, 5 and 6. Conversely, the negative phase is signified as the period when the precipitation is highlighted over the regions denoted by phases, 1, 2, 7, and 8. The relationships between the MJO indices and November-April precipitation data in seven stations spread over Fars and Sistan Balouchestan provinces were analyzed for the period 1979-2005. The influence of the MJO phases on rainfall amount and the frequency of wet or dry events were studied for daily timescales. Statistical examinations have shown that the precipitation amount during the negative phase was significantly greater than the corresponding values during the positive phase. In most stations, when negative MJO phase was prevalent, the occurrence probability of wet periods during phases 2 was greater than the corresponding probability during phases 1, 7 and 8. Moreover, at some stage in positive phase, the occurrence probability of dry periods in Fars and Sistan Balouchestan provinces, respectively, during phase 4 and 5 was greater than the corresponding probability during phases 3 and 6.

**Keywords:** MJO, Daily precipitation, Positive and negative phase, Sistan Balouchestan and Fars

---

1 -Researcher (MSc) at the Atmospheric and Oceanic Research, Shiraz University, Iran  
(\* - Corresponding Author Email: habibamini@gmail.com)

2- Professor of Water Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University