

## بررسی میزان تأثیر فازهای پدیده نوسان ماندن جولیان بر بارش و رواناب سه رودخانه مهم استان فارس

زهرا رزقی جهرمی<sup>۱\*</sup>، محمدعلی نصر اصفهانی<sup>۲</sup>، جهانگرد محمدی<sup>۳</sup> و احمد رضا قاسمی<sup>۴</sup>

### چکیده

در پژوهش حاضر، اثر پدیده MJO بر بارش و رواناب ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری سه رودخانه مهم استان فارس در فصل بارش مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، داده‌های روزانه بارش و رواناب و شاخص MJO استفاده شده‌اند. برای بررسی اثر معنی‌داری پدیده MJO از تحلیل آماری آنووا و در صورت معنی‌داری از آزمون تعقیب LSD برای مقایسه اختلاف بین میانگین فازها استفاده شد. سپس، با استفاده از آماره‌های انحراف از میانگین بلندمدت و درصد انحراف از میانگین، میزان تأثیر فازهای هشت‌گانه MJO بر بارش و رواناب در روزهای بحرانی بررسی شد. نتایج تحلیل آماری آنووا نشان داد که در ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری اختلاف معنی‌داری بین میانگین فازها وجود دارد و فازهای MJO بر بارش و رواناب تأثیرگذار هستند. همچنین تحلیل نتایج ایستگاه‌های هیدرومتری نشان داد که فازهای یک و هشت MJO بیشترین تأثیر مثبت و فاز پنج و چهار بیشترین تأثیر منفی را بر رواناب دارند و در ایستگاه‌های باران‌سنجی فازهای ۷ و ۸ نوسان ماندن جولیان بیشترین تأثیر مثبت و فازهای ۳ و ۵ این نوسان بیشترین تأثیر منفی را بر بارش این مناطق دارند.

**واژه‌های کلیدی:** پیوند از دور، پدیده MJO، تحلیل آنووا، رواناب، روزهای بحرانی.

ارجاع: رزقی جهرمی ز. نصر اصفهانی م. ع. محمدی ج. و قاسمی ا. ر. ۱۳۹۸. بررسی میزان تأثیر فازهای پدیده نوسان ماندن جولیان بر بارش و رواناب سه رودخانه مهم استان فارس. مجله پژوهش آب ایران. ۳۲: ۷۹-۹۰.

۱- کارشناسی ارشد مدیریت منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.  
۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.  
۳- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.  
۴- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

\* نویسنده مسئول: rezghi.z@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۶

## مقدمه

با توجه به رشد جمعیت و نیاز به آب آشامیدنی و کشاورزی و کمبود منابع آب شیرین، همچنین تغییرات اقلیمی و نوسانات هیدرولوژیکی در دهه‌های اخیر، اهمیت بررسی جریان رودخانه‌ها امری بدیهی است (عظیمی و همکاران، ۱۳۸۹). خشکسالی‌های پی‌درپی و طولانی اخیر، در سراسر استان‌های جنوبی کشور، از جمله استان فارس و در کشور، مدیریت بهینه منابع آب را ضروری می‌سازد. تغییرات گسترده عوامل اقلیمی در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و سالانه نشان از ارتباط این عوامل با پدیده‌های اقیانوسی دورپیوند می‌باشد (ناظم‌السادات و قائدامینی، ۱۳۸۹). در تعریفی بیان شده است که الگوهای پیوند از دور، معیارها یا سنججهایی هستند که به وسیله آن‌ها تغییرات زمانی شدت و تغییرات مکانی الگوهای گردش جوی- اقیانوسی (یا بخش‌هایی از آن) اندازه‌گیری می‌شود. هر یک از پدیده‌های اقلیمی جوی- اقیانوسی، مانند انسو، نوسان شمالگان، نوسان جنوبگان، نوسان اطلس شمالی و نوسان مادن جولیان و غیره را یک الگوی پیوند از دور می‌نامند. در این بین، نوسان مادن جولیان، پدیده دورپیوند اقیانوسی و الگویی پایدار از گردش عمومی جو است (مارتین و همکاران، ۲۰۰۱). در این پژوهش، به کنکاش و تحلیل اثرهای پدیده دورپیوند نوسان مادن جولیان (MJO) بر رواناب و بارش استان فارس پرداخته می‌شود. نوسان مادن جولیان، پدیده پیوند از دور یک گردش بزرگ مقیاس جوی در مناطق حاره‌ای است و نخستین بار توسط مادن و جولیان (۱۹۷۱) که داده‌های ایستگاه جزیره کانتون را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دادند، کشف شد. این پدیده اصولاً با انتشار شرق‌سوی یک منطقه همرفت قوی همراه با تشدید بارش بر روی اقیانوس‌های هند و آرام شناسایی می‌شود. بی‌هنجاری‌های مثبت بارش، ابتدا در بخش‌هایی از شرق آفریقا و غرب اقیانوس هند آغاز شده و سپس در راستای شرق منتشر می‌شود. مطالعات زیادی در زمینه تأثیرات این پدیده در داخل و خارج از کشور انجام شده است.

در پژوهشی، ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳۸۷) به بررسی تأثیر نوسان مادن جولیان بر وقوع کرانه بالایی و پایینی بارش ماه‌های بهمن تا فروردین ماه استان فارس پرداختند. نتایج نشان دادند افزایش بارش و وقوع سیلاب در بهمن ماه با وقوع فاز منفی MJO ارتباط دارد. در ادامه

ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر پدیده MJO بر دوره‌های خشک و تر در استان فارس پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با غالب شدن فاز مثبت، احتمال خشک‌سالی در استان بین ۶۰-۸۰ درصد در نوسان است و در مقابل، در فاز منفی احتمال وقوع ترسالی ۵۰-۶۵ درصد در تغییر می‌باشد. در پژوهشی دیگر، قائدامینی و گلکار (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر پدیده مادن جولیان بر رخداد‌های دوران خشک و تر استان خوزستان واقع در جنوب غرب ایران پرداختند و در فاز مثبت احتمال رخ‌دادن خشک‌سالی ۵۰-۹۰ درصد و در فاز منفی احتمال رخ‌دادن دوره تر ۵۵-۸۵ درصد از نتایج این پژوهش بود.

پوراصغر و همکاران (۲۰۱۵) در گزارشی تنوع بارش درون‌فصلی جنوب ایران را با استفاده از داده‌های بارش روزانه از ۱۸۳ ایستگاه جنوب ایران مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، مشاهده شد که شرایط مرطوب در فازهای ۱، ۲، ۷ و ۸ قرار داشته و شرایط خشک در فاز ۳ تا ۶ قرار دارد. پژوهشگران زیاد دیگری، از جمله برفورد و همکاران (۲۰۱۱)، یو و همکاران (۲۰۱۱)، رحمت و شوچی (۲۰۱۰)، دیوید و همکاران (۲۰۰۵)، کارولو و همکاران (۲۰۰۴) تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تأثیرهای نوسان مادن جولیان انجام دادند. در بیشتر مطالعات ذکرشده، تمرکز اصلی بر ارتباط توزیع زمانی و مکانی بارش با وضعیت رخداد MJO بوده است و تاکنون در زمینه تأثیرپذیری رواناب از MJO مطالعه‌ای انجام نگرفته است؛ در حالیکه مقدار رواناب به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژیکی در مدیریت منابع و مصرف آب، برنامه‌ریزی کشاورزی، بهره‌برداری بهینه از سدها و ... نقش اساسی دارد. از این‌رو، هدف اصلی در پژوهش حاضر، بررسی معنی دار بودن تأثیرپذیری بارش و رواناب رودخانه‌های استان فارس از نوسان مادن جولیان بر روی اقیانوس هند است.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه، تأثیرپذیری بارش و رواناب ایستگاه‌های مربوط به سه رودخانه کر، دالکی و شاپور واقع در استان فارس از رطوبت اقیانوس هند در فازهای مختلف MJO بررسی شده است. برای انجام پژوهش حاضر، داده‌های روزانه مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی

ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی مورد بررسی سه رودخانه که دارای حداقل ۲۰ سال داده آماری روزانه هستند، در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

این رودخانه‌ها از اداره آب منطقه‌ای استان فارس گرفته شد. ایستگاه‌هایی که دارای حداقل ۲۰ سال آمار و تعداد حداقل داده گمشده و پرت بودند، از میان سایر ایستگاه‌ها تفکیک شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

جدول ۱- ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی منتخب سه رودخانه استان فارس

نام رودخانه	ایستگاه‌های هیدرومتری	ایستگاه باران‌سنجی
رودخانه کر	دروذن، پل خان، چم ریز	چم ریز
رودخانه شاپور	بوشیگان، چیتی	بوشیگان، چیتی، جره بالا، سعدآباد
رودخانه دالکی	چم‌چیت	فراش‌بند

همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، فاز یک دارای کمترین تعداد روزهای بحرانی و فاز هفت و سه به ترتیب دارای بیشترین تعداد روز هستند. فازهای بحرانی جدا شده با بارش و رواناب نظیر آن‌ها در همان تاریخ از سایر داده‌ها جدا شدند. در پژوهش حاضر، اثر نوسان ماندن جولین با استفاده از نرم‌افزار Spss به روش آماری آنووا یک‌طرفه<sup>۲</sup> مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. آنووا، تحلیل واریانس یک طرفه با آماره<sup>۳</sup> F است. هدف اصلی این آزمون، مقایسه میانگین بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی و میانگین رواناب در ایستگاه‌های هیدرومتری در چند گروه (فازهای هشت‌گانه MJO) در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. به همین جهت، فرض صفر در این آزمون برابری میانگین تمام گروه‌هاست و رد شدن آن ( $p > 0.05$ ) به معنای مؤثر نبودن اثر متغیر گروهی (فازها) است و رد فرض صفر ( $p < 0.05$ ) بیانگر معنی‌داری مدل است و نشان می‌دهد میانگین حداقل یکی از گروه‌ها متفاوت از دیگری است. در صورت معنی‌دار بودن این آزمون، اختلاف میانگین‌ها با آزمون تعقیب LSD<sup>۴</sup> (حداقل اختلاف مربعات) مورد مقایسه قرار گرفت. آزمون LSD مشخص می‌کند که بین کدام گروه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشته که سبب معنی‌داری در تحلیل آنووا شده است. در گام بعدی، میانگین فصلی کل ( $M_T$ ) روزهای بارش محاسبه شده و در آخر، با استفاده از آماره‌های انحراف از میانگین، یعنی اختلاف میانگین روزهای بحرانی در هر فاز ( $M_{PH}$ ) از میانگین فصلی کل (DMT) و درصد انحراف از میانگین فصلی کل (PDMT) به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته

در این مطالعه، برای شناسایی وضعیت MJO از شاخص روزانه آن، که از سایت اداره هواشناسی استرالیا<sup>۱</sup> به دست آمده، استفاده شده است. معمولاً برای ردیابی MJO و اینکه در کدام یک از مراحل تشکیل، تقویت و یا تضعیف است، از شاخص RMMI استفاده می‌شود. با توجه به موقعیت جغرافیایی هسته همرفت ناشی از MJO، این پدیده به هشت فاز تقسیم می‌شود که طول عمر متوسط هر فاز ۴ تا ۱۰ روز است. در فاز یک و هشت، هسته همرفت بر روی بخش‌هایی از قاره آفریقا و غرب اقیانوس هند، فاز دو و سه بر روی اقیانوس هند، فاز چهار و پنج بر روی اندونزی و قاره دریایی و فاز شش و هفت بر روی نیمه غربی اقیانوس آرام قرار می‌گیرد. از آنجا که MJO یک رخداد دوره‌ای می‌باشد؛ این فازها تکرارهای متناوب خواهند داشت و هر کدام از فازها دارای آثار اقلیمی متفاوت است. بنابراین، لازم است در بررسی اثر هر کدام از این فازها، ابتدا روزهای مربوط به هر فاز از یکدیگر تفکیک شوند. در پژوهش حاضر، دوره‌های منتخب یا بحرانی نوسان ماندن جولیان مورد نظر بوده است، که در اینجا به دوره‌هایی گفته می‌شود که پنج روز متوالی یا بیشتر مقدار شاخص در یک فاز باشد و اندازه شاخص MJO بیشتر از یک باشد. تمرکز بر این روزهای منتخب، به این دلیل است که انتظار می‌رود آثار پدیده MJO در این دوره‌ها بهتر قابل شناسایی باشد. بنابراین، با استفاده از شاخص MJO فازهای مختلف آن شناسایی می‌شود و دوره‌ی رخدادهای منتخب نوسان ماندن جولین در فصل بارش (آبان تا فروردین) از سال ۱۹۷۵-۲۰۱۵ میلادی از یکدیگر تفکیک شده‌اند. تعداد روزهای بحرانی جدا شده برای دوره‌های منتخب در هر فاز به شرح جدول ۲ می‌باشد.

2- One way anova

3- Fisher

4- Least Significant Difference

1- <http://www.bom.gov.au/>

شده است. در جدول ۳، روابط آماره‌های استفاده‌شده ارائه شده است.

جدول ۲- تعداد روزهای بحرانی در هر فاز

فازها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
تعداد روز	۱۹۱	۲۴۹	۳۳۷	۲۳۸	۲۵۷	۳۰۸	۳۶۸	۲۹۵

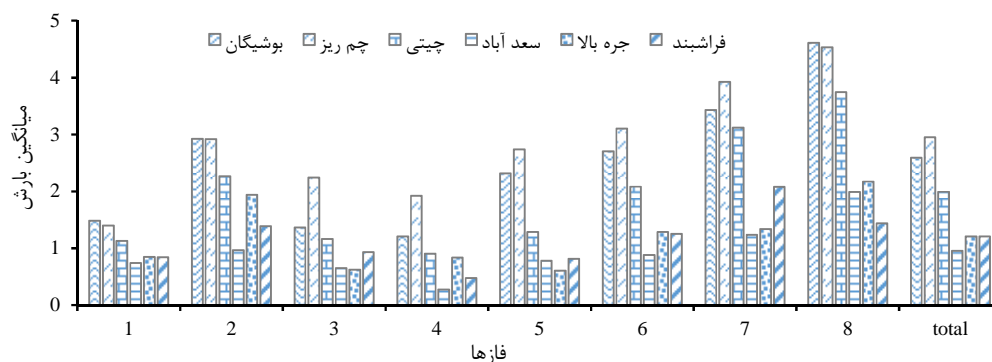
جدول ۳- معرفی روابط آماره‌های آماری

شماره رابطه	نام رابطه	رابطه ریاضی
(۱)	انحراف میانگین رواناب در هر فاز از میانگین فصلی کل	$DMT = M_{PH} - M_T$
(۲)	درصد انحراف از میانگین فصلی کل	$PDMT = DMT/M_T \times 100$

### نتایج و بحث

۲/۵۹، ۲/۹۵، ۱/۹۹، ۰/۹۶، ۱/۲۱ و ۱/۲۲ میلی‌متر است. در همه ایستگاه‌های باران‌سنجی (جز ایستگاه فراشبند) مقدار میانگین بارش در فاز هشت MJO بیشینه و در ایستگاه‌های فراشبند، جره‌بالا، سعدآباد، چیتی، چمریز و بوشیگان به ترتیب در فازهای ۴، ۵، ۴، ۱ و ۳ کمینه می‌باشد. نکته قابل توجه در این شکل، کم شدن بارش در فاز ۱ و افزایش جزئی آن در فاز دو است که این رفتار در همه ایستگاه‌ها دیده می‌شود.

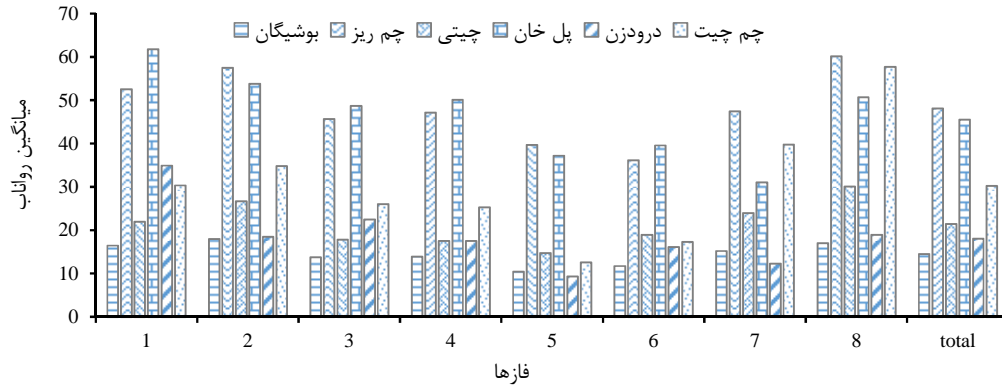
نتایج مربوط به میانگین‌های بارش و رواناب در هر فاز و در هر ایستگاه برای روزهای بحرانی در شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود. شکل ۱، مقادیر میانگین بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی بوشیگان، چمریز، چیتی، سعدآباد، جره‌بالا و فراشبند را در هشت فاز MJO به همراه میانگین کل نشان می‌دهد. مقدار میانگین کل در ایستگاه‌های بوشیگان، چمریز، چیتی، سعدآباد، جره‌بالا و فراشبند به ترتیب برابر با



شکل ۱- میانگین روزانه بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی در فازهای هشت‌گانه MJO و میانگین کل

می‌شود؛ این در حالی است که رواناب میانگین در این ایستگاه در فازهای ۸ و یک نیز چندان کمتر از مقدار آن در فاز ۲ نیست. در این شکل دیده می‌شود که بیشینه مقدار رواناب برای ایستگاه‌های چمریز، چیتی، چم‌چیت در فاز هشت و برای ایستگاه‌های پل‌خان و درودزن در فاز یک رخ داده است. همچنین، در همه ایستگاه‌ها کمترین مقدار میانگین رواناب در فاز پنج MJO دیده می‌شود.

شکل ۲، مقادیر میانگین رواناب را برای ایستگاه‌های هیدرومتری بوشیگان، چمریز، چیتی، پل‌خان، درودزن و چم‌چیت در فازهای هشت‌گانه MJO و در بلندمدت نشان می‌دهد. مقدار کل میانگین در ایستگاه‌های هیدرومتری بوشیگان، چمریز، چیتی، پل‌خان، درودزن و چم‌چیت به ترتیب برابر است ۱۴/۵۵، ۴۸/۱۸، ۲۱/۴۷، ۴۵/۶۱، ۱۸/۰۷ و ۳۰/۲۶ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. بیشینه مقدار میانگین رواناب برای ایستگاه بوشیگان در فاز ۲ دیده



شکل ۲- میانگین رواناب در ایستگاه‌های هیدرومتری در فازهای هشت‌گانه MJO و میانگین کل

می‌باشد. از آنجا که همه این مقادیر از  $0.05$  کمتر می‌باشد؛ بنابراین، اثر فازها بر بارش سه رودخانه کر، دالکی و شاپور معنی‌دار است که نشان می‌دهد اختلاف میانگین بارندگی در فازهای مختلف معنی‌دار است. نتایج آزمون آنووا برای ایستگاه‌های هیدرومتری در جدول ۴ مشاهده می‌شود که مقادیر  $P$  در ایستگاه‌های هیدرومتری پل خان، درودزن، چم‌چیت، چیتی، چم‌ریز و بوشیگان صفر شده است؛ بنابراین، اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های فازهای هشت‌گانه MJO مورد بررسی وجود دارد و فازهای هشت‌گانه نوسان ماندن جولین روی مقدار رواناب اثر معنی‌داری دارند.

جدول ۳، نتایج آزمون آنووا را برای ایستگاه‌های باران‌سنجی نشان می‌دهد. در این آزمون ستونی که باید به آن توجه نمود ستون  $P$  است که اگر مقدار آن از  $0.05$  کمتر باشد، موجب رد شدن فرض صفر می‌شود و به همین جهت، نمی‌توان فرض برابری میانگین‌های فازها را پذیرفت؛ بنابراین، اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها دیده می‌شود. اگر مقدار  $P$  بیشتر از  $0.05$  باشد، فرض برابری میانگین‌ها پذیرفته می‌شود و از این‌رو، اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌ها دیده نمی‌شود. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود، مقدار  $P$  در ایستگاه‌های سعدآباد، جره‌بالا، فراشبند، بوشیگان، چیتی و چم‌ریز به ترتیب برابر  $0.002$ ،  $0.000$ ،  $0.006$ ،  $0.000$ ،  $0.000$  و  $0.001$  است.

جدول ۳- تحلیل آنووا برای مقادیر بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی

P	F	میانگین مربعات	منبع تغییرات	نام ایستگاه
0.002	3/26	71/39	بین گروهی	سعدآباد
		31/85	درون گروهی	
0.000	3/87	96/32	بین گروهی	جره‌بالا
		24/85	درون گروهی	
0.006	2/18	72/81	بین گروهی	فراشبند
		25/76	درون گروهی	
0.000	3/34	233/59	بین گروهی	چیتی
		53/80	درون گروهی	
0.001	3/69	278/3	بین گروهی	چم‌ریز
		75/39	درون گروهی	
0.000	5/94	400/29	بین گروهی	بوشیگان
		47/30	درون گروهی	

جدول ۴- تحلیل آنووا برای داده‌های رواناب ایستگاه‌های هیدرومتری

نام ایستگاه	منبع تغییرات	میانگین مربعات	F	P
پل‌خان	بین گروهی	۲۶۳۵/۱۱	۷/۵۸	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۳۴۷۴/۸۶		
دروذن	بین گروهی	۱۰۷۰۱/۲۶	۷/۵۸	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۱۴۱۰/۷۸		
چم‌چیت	بین گروهی	۳۷۱۴۳/۵۲	۷/۱۸	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۵۱۶۷/۲۴		
چم‌ریز	بین گروهی	۱۸۷۴۲/۹۳	۶/۲۳	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۳۰۰۵/۹۸		
چیتی	بین گروهی	۶۷۷۵/۱۵	۶/۴۸	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۱۰۴۴/۳۵		
بوشیگان	بین گروهی	۱۷۱۴/۱۴	۲/۳۲	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۱۸۳/۷۳		

شده روی قطر اصلی میانگین رواناب در هر فاز در دوره بحرانی را نشان می‌دهند. اختلاف معنی‌دار بین میانگین فازها در ایستگاه‌های هیدرومتری با علامت ستاره (\*) در جدول نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود به‌عنوان مثال در ایستگاه بوشیگان اختلاف میانگین بین فاز یک با فازهای سه و پنج و شش معنی‌دار می‌باشد، اختلاف میانگین بین فاز دو با فازهای سه، چهار، پنج و شش هفت و هشت و اختلاف میانگین بین فاز سه با میانگین فازهای یک، دو، پنج و هشت معنی‌دار است، اختلاف میانگین بین فاز چهار با فازهای دو، پنج و هشت و اختلاف میانگین بین فاز پنج با فاز یک، دو، سه، چهار، هفت و هشت به‌صورت معنی‌دار بوده و اختلاف میانگین بین فاز شش با فازهای یک، دو، هفت و هشت، اختلاف میانگین بین فاز هفت با فازهای دو، پنج و شش و در آخر اختلاف میانگین بین فاز هشت با فازهای سه، چهار، پنج و شش دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. به‌طور کلی اختلاف میانگین فاز هشت در اکثر ایستگاه‌های آب‌سنجی نام برده شده با سایر فازها دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. به همین ترتیب در سایر ایستگاه‌های هیدرومتری اختلاف‌های معنی‌دار با ستاره (\*) نشان داده شده است.

شکل ۶، درصد تغییرات رواناب را نسبت به میانگین بلندمدت کل برای ایستگاه‌های چیتی و بوشیگان از رودخانه شاپور و چم‌چیت از رودخانه دالکی در روزهای منتخب فازهای هشت‌گانه MJO نشان می‌دهد. همان‌طور

با توجه به اینکه آزمون برابری میانگین‌ها اعتبار اختلاف‌ها را نشان داد، برای مقایسه تفاوت میانگین‌ها در هر فاز از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) استفاده شد. نتایج حاصل از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری رواناب و بارش در فازهای هشت‌گانه MJO در جدول‌های ۵ و ۶ دیده می‌شود. مقایسه تفاوت جفتی میانگین بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی در هشت فاز MJO در جدول ۵ مشاهده می‌شود. اعداد روی قطر اصلی میانگین بارش در هر فاز در دوره‌های بحرانی را نشان می‌دهد. اختلاف معنی‌دار (در سطح اطمینان ۹۵ درصد) بین میانگین فازها با علامت ستاره در جدول نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود در ایستگاه بوشیگان اختلاف میانگین بین فاز یک با فازهای هفت و هشت به‌صورت معنی‌دار می‌باشد، اختلاف میانگین بین فاز دو با فازهای سه، چهار و هشت معنی‌دار است، اختلاف میانگین بین فاز سه با فازهای دو، شش، هفت و هشت دارای اختلاف معنی‌دار است، اختلاف میانگین بین فاز چهار با فازهای دو، شش، هفت و هشت معنی‌دار بوده و اختلاف میانگین بین فاز پنج با فاز هشت و اختلاف میانگین بین فاز شش با فازهای دو، سه و هشت معنی‌دار می‌باشد، اختلاف میانگین بین فاز هفت با فازهای یک، سه، چهار و در آخر اختلاف میانگین بین فاز هشت با همه فازها جز فاز هفت دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشد. همچنین مقایسه تفاوت جفتی میانگین رواناب ایستگاه‌های هیدرومتری در جدول ۶ قابل رؤیت است. اعداد مشاهده



ادامه جدول ۵ - آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ایستگاه‌های باران‌سنجی (ه: ایستگاه جره‌بالا، و: ایستگاه فراشبند)

(و) فراشبند								(ه) جریبالا									
فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۰/۸						*		۱	۰/۸	*						*
۲		۱/۳		*					۲		۱/۹	*	*	*			*
۳			۰/۹				*		۳			۰/۶	*				*
۴				۰/۴			*	*	۴				۰/۸	*			*
۵					۰/۸		*	*	۵				۰/۶	*			*
۶						۱/۲	*	*	۶			۱/۲	*				*
۷					*	*	*	۲/۸	۷			۱/۳	*				*
۸				*				۲	۸			*	*	*	*	*	۲/۱

جدول ۶ - آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) ایستگاه‌های هیدرومتری (الف: ایستگاه بوشیگان، ب: ایستگاه چمریز، ج: ایستگاه چیتی، د: ایستگاه پل‌خان، ه: ایستگاه درودزن، و: ایستگاه چم‌چیت)

(ب) چمریز								(الف) بوشیگان									
فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۵۲				*	*			۱	۱۶	*	*	*	*	*	*	*
۲		۵۷		*	*	*	*	*	۲		۱۸	*	*	*	*	*	*
۳			۴۵	*	*	*	*	*	۳		*	۱۳	*	*	*	*	*
۴				۴۷	*	*	*	*	۴		*		۱۳	*	*	*	*
۵					۳۹	*	*	*	۵		*	*	۱۰	*	*	*	*
۶						۳۶	*	*	۶		*	*	۱۱	*	*	*	*
۷							۴۸	*	۷		*	*	۱۵	*	*	*	*
۸								۶۰	۸		*	*	*	*	*	*	۱۷

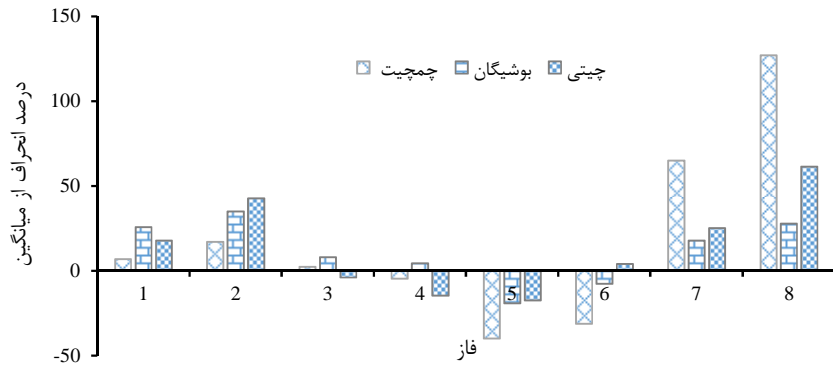
  

(د) پل‌خان								(ج) چیتی									
فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۶۱				*	*	*	*	۱	۲۱	*	*	*	*	*	*	*
۲		۵۳			*	*	*	*	۲		۲۶	*	*	*	*	*	*
۳			۴۸	*	*	*	*	*	۳		*	۱۸	*	*	*	*	*
۴				۵۰	*	*	*	*	۴		*		۱۷	*	*	*	*
۵					۳۷	*	*	*	۵		*	*		۱۴	*	*	*
۶						۳۹	*	*	۶		*	*		۱۹	*	*	*
۷							۳۱	*	۷		*	*		*	*	*	*
۸								۵۰	۸		*	*		*	*	*	۳۰

(و) چم‌چیت								(ه) درودزن									
فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	فاز	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
۱	۳۰				*	*	*	*	۱	۳۴	*	*	*	*	*	*	*
۲		۳۴			*	*	*	*	۲		۱۸	*	*	*	*	*	*
۳			۲۶		*	*	*	*	۳		*		۲۲	*	*	*	*
۴				۲۵	*	*	*	*	۴		*		۱۷	*	*	*	*
۵					۱۲	*	*	*	۵		*		۹	*	*	*	*
۶						۱۷	*	*	۶		*		۱۶	*	*	*	*
۷							۳۹	*	۷		*		*	*	*	*	*
۸								۵۷	۸		*		*	*	*	*	۱۹

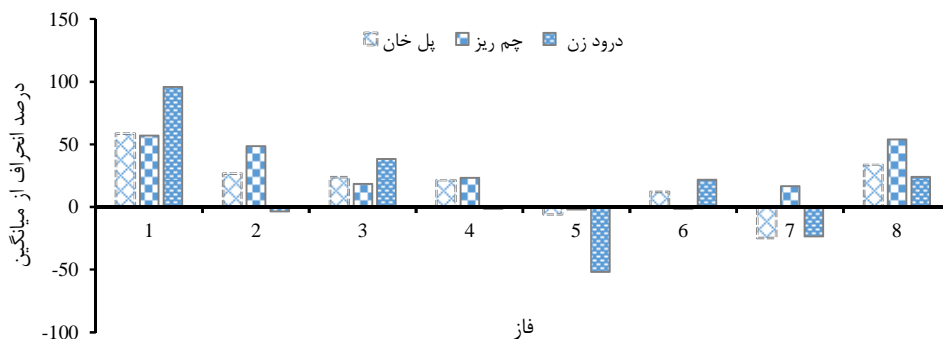




شکل ۶- درصد انحراف از میانگین مقدار رواناب ایستگاه‌های چیتی و بوشیگان از رودخانه شاپور و چمچیت از رودخانه دالکی در فازهای مختلف MJO

شکل ۷، درصد تغییر رواناب را نسبت به میانگین بلندمدت کل برای ایستگاه‌های رودخانه کر در روزهای منتخب (بحرانی) فازهای هشت‌گانه MJO نشان می‌دهد. در روزهای منتخب فازهای یک، سه، شش و هشت MJO، میانگین رواناب در ایستگاه درودزن به ترتیب با ۹۶/۱۱، ۳۸/۶۸، ۲۲/۱۴ و ۲۴/۲۵ درصد بیش از مقدار میانگین بلندمدت رواناب هستند. برعکس در روزهای منتخب فازهای دو، چهار و پنج و هفت MJO به ترتیب این کمیت به اندازه ۳/۴۲، ۱/۲۶، ۵۱/۴۷ و ۲۳/۱۶ درصد کمتر از میانگین بلندمدت این کمیت هستند. همچنین در روزهای منتخب فازهای یک، دو، سه، چهار، شش و هشت در ایستگاه پل‌خان به ترتیب رواناب به اندازه ۵۸/۹۷، ۲۶/۹۸، ۲۴/۰۳، ۲۱/۵۳، ۱۲/۲۴ و ۳۳/۷۸ درصد بیش از میانگین بلندمدت رواناب بوده و برعکس در فازهای پنج و هفت به ترتیب با ۵/۵۷ و ۲۴/۵۵ درصد کمتر از میانگین بلندمدت این کمیت هستند. میانگین رواناب در روزهای منتخب در ایستگاه چمریز در فازهای یک، دو، سه، چهار، هفت و هشت به ترتیب ۵۷/۱۵، ۴۸/۷۱، ۱۸/۸۵، ۲۳/۵۴،

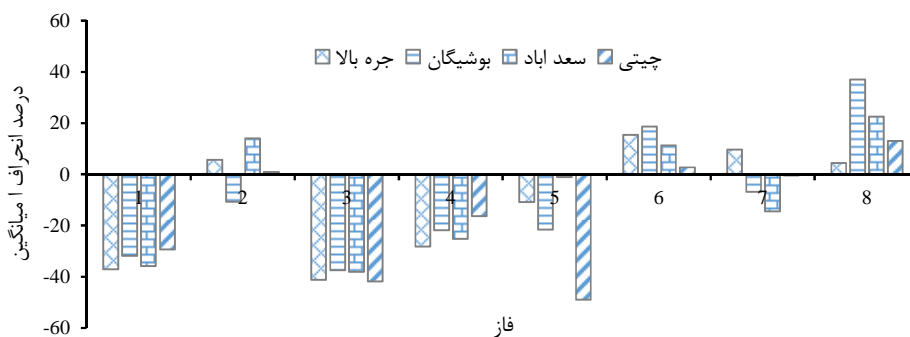
شکل ۷، درصد تغییر رواناب را نسبت به میانگین بلندمدت کل برای ایستگاه‌های رودخانه کر در روزهای منتخب (بحرانی) فازهای هشت‌گانه MJO نشان می‌دهد. در روزهای منتخب فازهای یک، سه، شش و هشت MJO، میانگین رواناب در ایستگاه درودزن به ترتیب با ۹۶/۱۱، ۳۸/۶۸، ۲۲/۱۴ و ۲۴/۲۵ درصد بیش از مقدار میانگین بلندمدت رواناب هستند. برعکس در روزهای منتخب فازهای دو، چهار و پنج و هفت MJO به ترتیب این کمیت به اندازه ۳/۴۲، ۱/۲۶، ۵۱/۴۷ و ۲۳/۱۶ درصد کمتر از میانگین بلندمدت این کمیت هستند. همچنین در روزهای منتخب فازهای یک، دو، سه، چهار، شش و هشت در ایستگاه پل‌خان به ترتیب رواناب به اندازه ۵۸/۹۷، ۲۶/۹۸، ۲۴/۰۳، ۲۱/۵۳، ۱۲/۲۴ و ۳۳/۷۸ درصد بیش از میانگین بلندمدت رواناب بوده و برعکس در فازهای پنج و هفت به ترتیب با ۵/۵۷ و ۲۴/۵۵ درصد کمتر از میانگین بلندمدت این کمیت هستند. میانگین رواناب در روزهای منتخب در ایستگاه چمریز در فازهای یک، دو، سه، چهار، هفت و هشت به ترتیب ۵۷/۱۵، ۴۸/۷۱، ۱۸/۸۵، ۲۳/۵۴،



شکل ۷- درصد انحراف از میانگین مقدار رواناب ایستگاه‌های درودزن و پل خان از رودخانه کر در فازهای مختلف MJO

که از فازهای غیرفعال می‌باشد، مشاهده می‌شود که نکته قابل توجهی است. در ایستگاه جره‌بالا مقدار بارش در فازهای دو، شش، هفت و هشت به ترتیب برابر با ۵/۷۲، ۴/۴۸، ۹/۸۱ و ۱۵/۴۸ درصد بیش از مقدار میانگین بلندمدت بارش هستند و برعکس در سایر فازهای یک، سه، چهار و پنج به ترتیب برابر با ۳۷/۰۴، ۴۱/۰۵، ۲۸/۱۰، ۱۰/۶۹ درصد کمتر از مقدار میانگین بلندمدت بارش هستند. در این ایستگاه بیشترین تأثیر مثبت در فاز هشت نوسان مادن جولیان و بیشترین تأثیر منفی در فاز فعال ۳ دیده می‌شود. در ایستگاه سعدآباد شرایط همانند ایستگاه چیتی می‌باشد به طوری که در فازهای دو، شش، هفت، هشت مقادیر درصد انحراف از میانگین بلندمدت کلی بارش بیشتر از میانگین کل است. در سایر فازها این مقدار کمتر از مقدار میانگین فصلی می‌باشد. در فاز هشت بیشترین تأثیر مثبت (برابر با ۲۸/۷۷ درصد) و در فاز یک بیشترین تأثیر منفی (برابر با ۲۱/۴۱ درصد) بر مقدار بارش در این ایستگاه دیده می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر فازهای مختلف MJO بر بارش ایستگاه‌های چیتی و جره‌بالا و ایستگاه‌های بوشیگان و سعدآباد تا حدودی مشابه است.

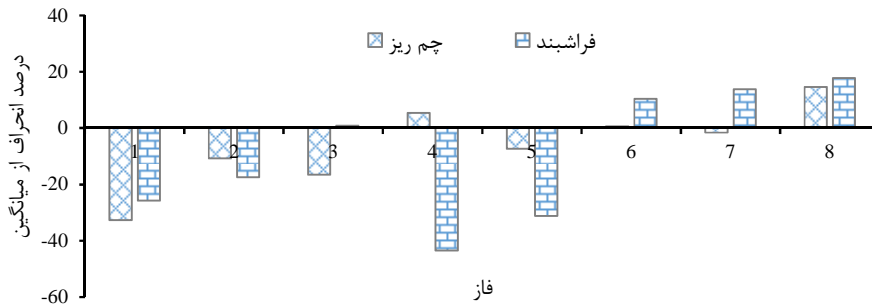
شکل ۸، درصد تغییر بارش روزهای بحرانی را نسبت به میانگین بلندمدت فصلی کل برای ایستگاه‌های رودخانه شاپور نشان می‌دهد. میانگین بارش ایستگاه چیتی در روزهای منتخب فازهای دو، هفت و هشت نوسان مادن جولیان به ترتیب به اندازه ۷/۵۸، ۳/۵۷ و ۱۳/۱۲ درصد بیش از مقدار میانگین بلندمدت بارش هستند و برعکس در روزهای منتخب فازهای یک، سه، چهار، پنج و شش مقدار بارش میانگین به ترتیب به اندازه ۲۸/۴۴، ۴۱/۶۸، ۱۶/۱۵، ۵۱/۰۷ و ۸/۳۱ درصد کمتر از میانگین بلندمدت این کمیت هستند. به طور کلی فاز هشت MJO با ۱۳/۱۲ درصد بیشترین تأثیر مثبت و فاز پنج MJO با ۵۱/۰۷ درصد بیشترین تأثیر منفی را بر بارش داشته است. در ایستگاه بوشیگان میانگین رواناب در روزهای منتخب فازهای شش و هشت به ترتیب برابر با ۱۱/۵ و ۳۶/۴۰ درصد بیش از مقدار میانگین بلندمدت رواناب هستند و برعکس در سایر فازها در این ایستگاه مقادیر درصد انحراف از میانگین کمتر از میانگین بلندمدت بارش می‌باشد. در این ایستگاه نیز همانند ایستگاه قبل، فاز هشت (از فازهای منفی) با ۳۶/۴۰ درصد بیشترین تأثیر مثبت را بر بارش داشته است ولی بیشترین تأثیر منفی در این ایستگاه در فاز یک MJO



شکل ۸- درصد انحراف از میانگین روزهای بارانی ایستگاه‌های بارانسنجی از رودخانه شاپور در فازهای مختلف MJO

می‌باشد. در ایستگاه فراشیند میانگین بارش در روزهای منتخب فازهای سه، شش، هفت و هشت به ترتیب برابر با ۰/۸۷، ۱۰/۴۰، ۱۳/۸۳ و ۱۷/۷۸ درصد بیش از میانگین بلندمدت فصلی بوده و در سایر فازهای یک، دو، چهار و پنج به اندازه ۲۵/۶۶، ۱۷/۴۰، ۴۳/۳۹ و ۳۱/۱۷ درصد کمتر از میانگین بلندمدت بارش روزهای بارانی می‌باشد. در هر دو ایستگاه فاز ۸، سبب افزایش بارش و فازهای ۴ و ۵، سبب کاهش بارش در این نواحی شده است.

شکل ۹، نمودار درصد تغییرات میانگین بارش روزهای بحرانی را نسبت به میانگین بلندمدت کل برای روزهای بارانی در ایستگاه‌های بارانسنجی فراشیند و چمریز نشان می‌دهد. میانگین بارش ایستگاه چمریز در روزهای منتخب فازهای چهار، شش و هشت به ترتیب به اندازه ۵/۳۸، ۰/۷۱ و ۱۴/۷۲ درصد بیشتر از میانگین بلندمدت روزهای بارانی و برعکس در سایر فازهای یک، دو، سه، پنج و هفت به ترتیب به اندازه ۳۲/۶۸، ۱۰/۷۳، ۱۶/۴۶، ۷/۳۷ و ۱/۵۱ درصد کمتر از میانگین بلندمدت بارش در این ایستگاه



شکل ۹- درصد انحراف از میانگین مقدار رواناب ایستگاه‌های فراشیند و چم‌ریز در فازهای مختلف MJO

استفاده از آزمون تکمیلی LSD به مقایسه جفتی میانگین بارش و رواناب در فازها پرداخته شده و اختلاف معنی‌دار بین جفت میانگین‌ها در فازهای هشت‌گانه MJO اثبات شد. از نتایج روش میانگین‌گیری آماری ایستگاه‌های هیدرومتری استنباط شد که در ایستگاه‌های چیتی و بوشیگان رودخانه شاپور بیشترین تأثیر مثبت در فاز هشت و بیشترین تأثیر منفی در فاز پنج نوسان ماندن جولین دیده می‌شود. فاز یک این نوسان بیشترین تأثیر مثبت را بر روی ایستگاه‌های پل‌خان و چم‌ریز و درودزن از رودخانه کر در رودخانه کر داشته و فاز پنج نیز بیشینه تأثیر منفی را بر رواناب رودخانه کر گذاشته است تأثیر منفی فاز ۷ در ایستگاه پل‌خان نکته قابل ذکری بود که باید به آن توجه داشت. در ایستگاه چم‌چیت نیز فاز پنج و هشت به ترتیب بیشترین تأثیر مثبت و منفی را بر مقدار رواناب داشته‌اند. همچنین از نتایج روش میانگین‌گیری آماری ایستگاه‌های باران‌سنجی استنباط شد که در ایستگاه‌های چیتی و جره‌بالا از رودخانه شاپور فاز هشت بیشترین تأثیر مثبت و به ترتیب فازهای پنج و سه بیشترین تأثیر منفی را بر مقدار بارش این ایستگاه‌ها خواهند داشت. در ایستگاه‌های بوشیگان و سعدآباد (رودخانه شاپور) در فاز هشت افزایش بارش و فاز یک کاهش بارندگی را به دنبال داشتند. در ایستگاه‌های چم‌ریز و فراشیند از رودخانه دالکی و کر فاز هشت و فازهای پنج به ترتیب افزایش و کاهش بارش را سبب شده‌اند. به‌طور کلی فازهای هشت و یک اثر مثبت و فازهای سه و پنج اثر منفی بر مقدار بارش منطقه مورد بررسی را نشان دادند. به‌طور کلی نتایج در این تحقیق بیان‌گر این واقعیت بودند که بارش و رواناب استان فارس وابستگی به نسبت زیادی از نوسان پدیده دورپیوند MJO دارد و در فازهای مثبت MJO و هم‌زمان با افزایش سامانه‌های همرفتی اندازه بارش و رواناب بسیار کم بوده و

به‌طور کلی با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با سایر نتایج پژوهش‌های قبلی نظیر پوراصغر و همکاران (۲۰۱۵) و ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳۸۷) که اثرات نوسان ماندن جولین را بر بارش جنوب کشور بررسی کردند می‌توان گفت که با چیرگی فاز منفی و مثبت پدیده نوسان ماندن جولین به ترتیب دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی در جنوب کشور رخ داده است. که این نتایج تا حدود زیادی با نتایج پژوهش حاضر که نشان داد بارش و رواناب استان فارس وابستگی به نسبت زیادی از نوسان پدیده دورپیوند MJO دارد و در فازهای مثبت MJO و هم‌زمان با افزایش سامانه‌های همرفتی در شرق اقیانوس هند اندازه بارش و رواناب بسیار کم بوده (فاز مثبت) و در برابر آن با کاهش فعالیت‌های همرفتی در نواحی حاره‌ای اقیانوس هند بارش و در نتیجه رواناب افزایش پیدا کرده است (فاز منفی) مطابقت دارد. همچنین نتایج حاصل از پژوهش حاضر تا حدود زیادی با نتایج بارلو و همکاران (۲۰۰۵)، قائدامینی و گلکار (۱۳۹۰) نیز مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق به مطالعه اثرپذیری بارش و رواناب سه رودخانه بزرگ استان فارس از رطوبت اقیانوس هند ناشی از پدیده MJO پرداخته شده است. نتایج آزمون آنووا برای ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری نشان دادند که فرض صفر یعنی برابری میانگین‌ها در همه ایستگاه‌ها در فازهای MJO رد شده است زیرا که نتایج عددی به‌دست آمده نشان دادند که در همه ایستگاه‌ها مقدار  $P < 0.05$  می‌باشد و نتیجه می‌شود که نوسان ماندن جولین بر بارش و رواناب رودخانه‌های کر، دالکی و شاپور تأثیر داشته و اثر فازهای آن بر بارش و رواناب این ایستگاه‌ها معنی‌دار است. به‌دلیل معنی‌داری اثر فازهایی MJO بر بارش و رواناب با

10. Madden R. A. and Julian P. R. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *Journal of Atmospheric Science*. 28(8): 702-708.
11. Pourasghar F. Tozuka T. Ghaemi H. Oettli P. and Oettl P. 2015. Influences of the MJO on intraseasonal rainfall variability over southern Iran. *Geophysical Research Letters*. 16(38): 110-118.
12. Rahmat H. and Shoichi K. 2010. Influence of the Madden-Julian Oscillation on Indonesian rainfall variability in austral summer. *International journal of climatology*. 30: 1816-1825.
13. Yoo Ch. Feldstein S. and Lee S. 2011. The impact of the Madden-Julian Oscillation trend on the Arctic amplification of surface air temperature during the 1979- 2008 boreal winter. *Geophysical Research Letters*. 38: 1-6.

در برابر آن با کاهش فعالیت‌های هم‌رفتی بارش و در نتیجه رواناب افزایش پیدا کرده است.

#### منابع

۱. عظیمی م. تجریشی م. و ابریشمچی ا. ۱۳۸۹. پیش‌بینی آورد فصلی سد دز با استفاده از سیگنال‌های بزرگ مقیاس اقلیمی. نهمین کنفرانس هیدرولیک.
۲. قائدامینی ح. و گلکار ف. ۱۳۹۰. ارزیابی تأثیر مادن جولیان (MJO) بر رخداد دوران‌های خشک و تر استان خوزستان. *مجله فیزیک زمین و فضا*. ۳۷(۳): ۲۴۱-۲۵۱.
۳. ناظم‌السادات س. ج و قائدامینی ح. ۱۳۸۹. ارزیابی تأثیر پدیده مادن جولیان بر رخداد دوره‌های خشک و تر استان فارس. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی و علوم آب و خاک*. ۵۵(۳): ۱۳-۲۷.
۴. 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 بارش‌های استان فارس. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی و علوم آب و خاک*. ۱۲(۴۶): ۴۷۷-۴۸۹.
5. Barlow M. Wheelerb M. and Cullen H. 2005. Modulation of Daily Drecipitation over Southwest Asia by the Madden-Jullian Oscillation Goeophy Sical Resech. 133: 35-3594.
6. Bradford S. Barret T. and Jorge F. 2011. Madden-Julian Oscillation (MJO) Modulation of Atmospheric Circulation and Chilean Winter Precipitation. *Journal of climat*. 25: 1678-1688.
7. Carvalho L. M. V. jones C. and liebmann B. 2004. The Atlantic convergence zone intensity, form persistence and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of climate*. 17(22): 88-108.
8. David J. Lorenz and Dennis L. Hartmann. 2005. The Effect of the MJO on the North American Monsoon. *Journal of climat*. 14(8): 333-343.
9. Maarten. H. B. Ambaum and Stepherson D. 2001. Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? *Journal of Climate*. 14(8): 3495-3507.