ارزیابی تأثیر پدیده مادن جولیان (MJO) بر رخداد دوره‌های خشک و تر در استان فارس

سید محمد جعفر ناظم‌السادات[۱*] و حبیب‌اله قائدامینی اسدآبادی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۹/۸)

چکیده

نوسان‌های مادن جولیان (MJO) الگوی غالب تغییرات بزرگ مقیاس اقلیمی در مناطق گرمسیری دریایی است که پدیده MJO دوره‌های زمانی زیرفصلی آب و هوای مناطق حاره و جنب حاره را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تأثیر پدیده MJO بر وقوع دوران‌های خشک و تر استان فارس در جنوب ایران برای ماه‌های نوامبر تا آوریل ارزیابی شد. برای این منظور داده‌های بارش ماهانه ۹ ایستگاه که در مناطق مختلف این استان قرار گرفته است، در دوره زمانی ۲۰۰۵-۱۹۷۹ تحلیل شد. با استفاده از دو نمایه MK و WH فازهای فعال و ضعیف MJO (به ترتیب افزایش و کاهش فعالیت‌های همرفتی در ناحیه گرمسیری اندونزی) در مقیاس زمانی ماهانه و فصلی شناخته گردید. پس از آن ترکیب‌های MJO- بارش برای فازهای مثبت و منفی تشکیل شد. نشان داده شد که مقدار بارش فصلی در فاز منفی MJO به طور معنی‌داری بیشتر از فاز مثبت این پدیده است (حدود ۲/۵ تا ۶/۰ برابر). افزون بر این، آزمون‌های آماری نشان داد که بسامد دوره‌های خشک و تر به ترتیب با رخدادهای فاز منفی و مثبت MJO در ارتباط است. با چیره شدن فاز مثبت، احتمال خشک‌سالی در استان بین ۶۰ تا ۸۴ درصد در نوسان بوده و در مقابل در فاز منفی MJO احتمال وقوع ترسالی بین ۵۰ تا ۷۶ درصد در تغییر است.

واژه‌های کلیدی: نوسان‌های مادن- جولیان (MJO)، باران، دوره خشک، دوره تر، ایران، فارس

۱. دانشیار مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۲. کارشناس ارشد مرکز پژوهش‌های علوم جوی اقیانوس، دانشگاه شیراز
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mjnazemosadat@yahoo.com

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

مقدمه

استان فارس در نیمه جنوبی ایران بین عرض ۲۷ تا ۳۱/۶ شمالی و طول ۵۰/۵ تا ۵۵/۶ شرقی واقع بوده و حدود ۷/۳ درصد از کل مساحت ایران را تشکیل می‌دهد. میانگین بارش ماهانه استان، ۴۸ میلی‌متر بوده که بیشتر در محدوده آبان ماه هر سال تا اردیبهشت ماه سال بعد رخ می‌دهد. بیشترین و کمترین مقدار بارش برابر با ۱۸۴ و صفر میلی‌متر به ترتیب مربوط به آذر ماه و تیر ماه است. وقوع بارش‌های استان فارس عموماً به حرکت شرق سوی جریان‌های باران زا در ماه‌های سرد سال بستگی دارد. بر اساس تقسیم‌بندی جهانی کوپن-گیگر بیشتر نواحی ایران از جمله استان فارس دارای اقلیم نیمه خشک است و تنها در نواحی دامنه‌های زاگرس پوشش گیاهی مناسب وجود دارد (۱۰). رشته کوه‌های زاگرس و جهت شیب‌های رو به باد و پشت به باد آنها نقش حیاتی را در توزیع بارش استان ایفا نموده و عدم همسانی بارش در نواحی مختلف را توجیه می‌نمایند. وقوع سیلاب‌های ویرانگر و خشکسالی‌های متناوب و طولانی در استان فارس، کلیه فعالیت‌ها در مناطق شهری و روستایی آسیب رساننده زمینه رکود اقتصادی، بیکاری و غیراقتصادی شدن بخش‌های مهم تولیدی را فراهم می‌آورد. به منظور کاهش آثار زیانبار مرتبط با خشکسالی و سیل، اخیراً حجم زیادی از دامنه مطالعات اقلیمی معطوف به شناخت برهم‌کنش عوامل آب و هوایی در خشکی، اقیانوس و جو گردیده است (۱).

بارش استان در مقیاس‌های متفاوت زمانی از جمله ماهانه، فصلی، سالانه و دهه تغییرات زیادی داشته و از یک دوره زمانی به دوره دیگر تفاوت زیادی را نشان می‌دهد. ارزیابی علل تغییرات بارش در هر یک از مقیاس‌های مختلف زمانی (ماهانه، فصلی، سالانه و دهه‌ای) دارای ارزش ویژه‌ای است. به طور نمونه بخش قابل توجهی از تغییرات سالانه و فصلی بارش در ایران به گونه‌ای معنی‌دار در پیوند با پدیده النینیو- نوسانات جنوبی (El Niño Southern Oscillation, ENSO) است. ناظم‌السادات و قاسمی (۱۲) در بررسی رابطه بارش‌های پائیزه ایران با SOI نشان دادند که بیشترین بارش در فاز گرم آن (El Niño) و بارش‌های کمتر از معمول در فاز سرد (La Niña) رخ می‌دهد.

مادن و جولیان (۷) نشان دادند افزون بر تأثیر پدیده النینو- نوسانات جنوبی در ایجاد تغییرات درون سالی، دیگر پدیده‌های جوی- اقیانوسی که در نواحی گرمسیری اقیانوس‌ها رخ می‌دهد نیز بخش قابل توجهی از واریانس تغییرات اقلیمی در نواحی دور و نزدیک را توجیه می‌نمایند. به طور نمونه آنها نشان دادند که فعالیت‌های همرفتی ۳۰ الی ۶۰ روزه که به طور دوره‌ای از غرب اقیانوس هند شروع شده و با حرکت شرق سوی خود تا نواحی مرکزی اقیانوس آرام ادامه می‌یابد، با نوسان‌های بارش و دیگر پدیده‌های اقلیمی در نواحی گرمسیری اقیانوس هند و آرام مرتبط است. این فعالیت‌های همرفتی که به طور دوره‌ای با یک دوره رکود بارش و سپس ابرناکی هوا در شرق اقیانوس هند در تناوب است را نوسان‌های مادن جولیان (Madden Julian Oscillation, MJO) می‌نامند. فاصله زمانی بین دو رخداد نسبتاً مشابه MJO کمتر از رخدادهای ENSO است. به عبارت دیگر اگرچه فاصله زمانی بین دو رخداد النینو ممکن است چند سال باشد، رویداد فعال MJO در پهنه اقیانوس هند ممکن است در یک فاصله زمانی ۳۰ تا ۶۰ روزه تکرار گردد. با توجه به آنکه این دوره زمانی کمتر از یک فصل می‌باشد، MJO به عنوان پدیده‌ای درون فصلی (Intrasesonal oscillation) در نظر گرفته می‌شود.

مو و هیگینز (۱۱) ارتباط فعالیت‌های همرفتی در مناطق گرمسیری اقیانوس هند و بارش نواحی غربی ایالات متحده آمریکا را بررسی کرده و نشان دادند که MJO بارش‌های کالیفرنیا را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دوره‌های ترسالی 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

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

که چیره باد غرب سو مرتبط با MJO در نزدیکی خط زمان (Date line) متمرکز می‌شود، فعالیت‌های همرفتی در شرق اقیانوس هند و نزدیکی اندونزی دچار رکود شده و بارش این نواحی کاهش می‌یابد. در این هنگام میزان بارش در ایالت‌های واشنگتن و اورگان آمریکا بیشتر از معمول می‌گردد. نتایج تحقیق بارلو و همکاران (۴) نشان داد که در فاز مثبت MJO و هم‌زمان با افزایش فعالیت سامانه همرفتی در شرق اقیانوس هند، مقادیر 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 است. ناظم‌السادات و قائدامینی (۱) نشان دادند که جابه‌جایی فازهای MJO تأثیر معنی‌داری بر مقادیر بیشینه و کمینه بارش استان فارس داشته، به طوری که بیشینه و کمینه بارش استان فارس به ترتیب هم‌زمان با چیرگی فاز منفی و مثبت این پدیده در پهنه اقیانوس هند به وقوع می‌پیوندد.

ناظم‌السادات و قائدامینی (۱) با استفاده از نمایه مالونی و کیل (۸) تأثیر پدیده MJO بر تغییرات مقادیر بیشینه و کمینه بارش ماهانه را ارزیابی کردند. توجه آنها متمرکز بر نقش این پدیده در ایجاد سیل و خشک‌سالی شدید استان فارس بوده است. تأثیر این پدیده بر سامانه‌های بزرگ مقیاس باد و بارش جنوب ایران و شبه جزیره عربستان نیز مورد توجه ناظم‌السادات و قائدامینی(۱۳) قرار گرفته است. با این وجود تأثیر MJO بر بارش دوره سرد سال و هم‌چنین بسامد دوران‌های خشک و تر این دوره مورد ارزیابی قرار نگرفته است. در این پژوهش ارتباط معنی‌دار تغییرات بارش استان فارس هم‌زمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO با استفاده از دو نمایه مالونی و کیل و ویلر و هندون مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. هم‌چنین وجود ارتباط معنی‌دار بسامد دوران‌های خشک و تر با فازهای MJO مورد آزمون قرار خواهد گرفت.

مواد و روش‌ها

۱- داده‌های نمایه MJO

۱-۱ نمایه مالونی و کیل

مقادیر روزانه نمایه MJO برای یک دوره زمانی ۲۷ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۹) طی مکاتبات شخصی نگارندگان با آقای مالونی تهیه شد. مالونی و کیل (۸) مقادیر نمایه MJO را بر اساس تحلیل دو مؤلفه اصلی (Principal Component, PC) بادهای منطقه‌ای ۸۵۰ میلی بار در عرض‌های جغرافیایی ۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی محاسبه نمودند. این نمایه به صورت مقادیر مثبت و منفی انحراف از میانگین (آنومالی) موجود است که به ترتیب بیان کننده فعالیت‌های زیاد و کم سامانه‌های همرفتی مرتبط با MJO در اقیانوس هند می‌باشد. در تحقیق حاضر نمایه مالونی و کیل با علامت اختصاری MK نشان داده می‌شود.

۱-۲ نمایه ویلر و هندون

این نمایه برای دوره زمانی ۲۷ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۹) از پایگاه اطلاعاتی سازمان هواشناسی استرالیا استخراج شد. ویلر و هندون (۱۵) این نمایه را بر مبنای تحلیل مؤلفه‌های اصلی متغیرهای تابش خروجی موج بلند از سطح زمین (Outgoing Long-wave Radiation, OLR)، بادهای غرب سو در ۵ درجه شمالی تا ۵ درجه جنوبی در سطوح هم پتانسیل ۸۵۰ و ۲۵۰ میلی بار مناطق استوایی محاسبه نمودند. سری زمانی این نمایه از تحلیل چند متغیره (Multivariate) این عوامل اقلیمی تولید شده و به صورت دو سری زمانی شامل (RMM_1, RMM_2 Real-time Multivariate MJO series 1,2) محاسبه می‌شود. نتایج بررسی‌های تکمیلی نشان داد که ضریب هم‌بستگی سری‌های زمانی RMM_2 با RMM_1 در یک دوره زمانی تأخیری ۱۰ تا ۱۵ روزه به بیشترین مقدار خود می‌رسد ($R = ۰/۶۵$ و $R = ۰/۴۲$ به عبارت دیگر مقادیر RMM_2 حدود ۴۲ درصد از تغییرات RMM_1 را توجیه می‌کند). این بدان معنی است که نمایه RMM_1 می‌تواند تا حد زیادی تغییرات مربوط به نمایه RMM_2 را توجیه کند. ارزیابی‌های اولیه نشان داد که در

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

مقایسه با RMM_2 نمایه RMM_1 می‌تواند به طور واضح‌تری چگونگی فعالیت MJO در پهنه اقیانوس هند و آرام حاره‌ای را مشخص سازد. در این تحقیق این نمایه با علامت اختصاری WH نشان داده می‌شود.

۲- تهیه داده‌های بارش

مقادیر ماهانه بارش ماه‌های نوامبر تا آوریل سال بعد میلادی (معادل ۱۰ آبان ماه هر سال تا ۱۱ اردیبهشت سال بعد) در ۹ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان فارس در یک دوره زمانی ۲۷ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۹) از سالنامه هواشناسی ایران و پایگاه اطلاعاتی www.irimet.net استخراج گردید. انتخاب ایستگاه‌ها بر اساس طول دوره آماری مورد بررسی ۲۷ ساله و کمترین خلاء آماری می‌باشد. لازم به ذکر است که در این تحقیق از داده‌های گم شده به منظور شناخت تأثیر واقعی‌تر پدیده MJO بر بارش، چشم پوشی شد. میزان بارش دوره زمانی فوق ۸۵ درصد (ایستگاه قلات) تا ۹۸ درصد (ایستگاه شیراز) کل بارش سالانه را شامل می‌شود. در شکل ۱ موقعیت استان فارس در کشور ایران و هم‌چنین موقعیت ایستگاه‌ها و ارتفاع آنها از سطح دریا بر حسب متر نشان داده شده است.

۳- تعیین فازهای MJO

۳-۱ تعیین فاز شاخص مالونی و کیل

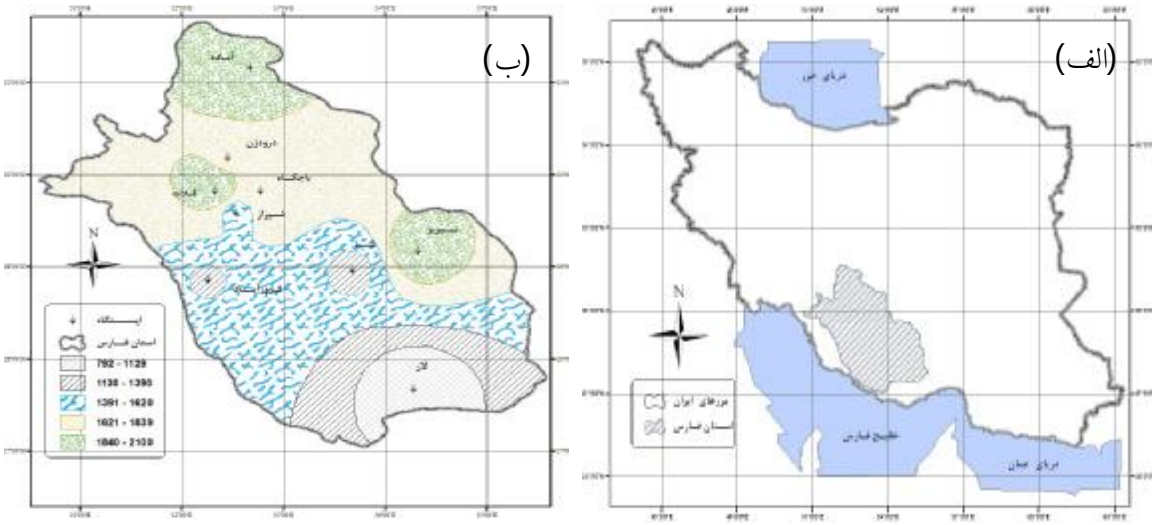
با توجه به ماهانه بودن سری زمانی داده‌های بارش، فازهای مثبت و منفی MJO در همین مقیاس زمانی دسته‌بندی شدند. فازهای MJO بر اساس روش ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳) مشخص گردید. در این روش برای هر یک از سال‌های مورد مطالعه سری زمانی ماهانه داده‌های روزانه MJO که به صورت اعداد مثبت و منفی است، تهیه گردید. سپس تعداد و درصد روزهایی که در هر ماه نمایه MJO مثبت و یا منفی بود، تعیین شد. ماه‌هایی که شاخص مالونی و کیل (MK) در بیشتر از ۶۰% روزها مثبت یا منفی بود به ترتیب به عنوان فاز مثبت یا منفی MJO در نظر گرفته شد (جدول۱). به عنوان مثال، چون در ژانویه سال ۱۹۸۲ این نمایه در ۸۱ درصد روزها مثبت و در ۱۹ درصد روزها منفی بود، در جدول ۱ این ماه به عنوان فاز مثبت MJO در نظر گرفته شده و با علامت MK مشخص شده است. هم‌چنین چون در ژانویه سال ۱۹۹۱ در ۱۶ درصد روزها این نمایه مثبت و در ۸۴ درصد روزها منفی بوده، این ماه به عنوان فاز منفی MJO قلمداد گردید. در جدول ۱ فازهای مثبت و منفی MK برای دوران مورد مطالعه نشان داده شده است. فاز مثبت MJO به مفهوم آن است که فعالیت‌های همرفتی در نواحی شرقی اقیانوس هند شدید بوده، در مقابل فاز منفی MJO نمایانگر آسمان صاف در این قسمت از اقیانوس و تمرکز فعالیت‌های همرفتی در غرب اقیانوس هند و نواحی مرکزی اقیانوس آرام است.

۳-۲- تعیین فاز شاخص ویلر و هندون:

محاسبات مربوط به نمایه ویلر و هندون نیز همانند نمایه MK بود. صرفاً به جای سری زمانی مالونی و کیل، سری زمانی نمایه RMM1 در نظر گرفته شده در جدول ۱ به جای MK از حروف WH استفاده شد. ماه‌هایی که مقدار هر دو نمایه MK و WH نشانگر رخداد فاز مثبت و یا فاز منفی باشند، با حرف B مشخص شده است. به عنوان نمونه، چون هر دو نمایه نشان داده‌اند که در ژانویه سال ۱۹۹۲ فاز منفی MJO چیره بوده این ماه در جدول ۱ با حرف B نشان داده شده است. جدول ۱ بیانگر آن است که در طول دوره مورد مطالعه برای ۳۴ ماه هر دو شاخص MK و WH مثبت و برای همین تعداد ماه هم منفی بوده است. در ۱۸ ماه و۲۴ ماه فقط شاخص WH به ترتیب مثبت یا منفی بوده و شاخص MK حالت خنثی را نشان داده‌اند. در مقابل برای ۴۲ ماه (۲۱ ماه برای هر یک از فازها) شاخص MK وقوع یکی از فازها را نشان داده در حالی‌که شاخص WH حاکی از شرایط خنثی در این ماه‌ها بوده است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان فارس در ایران (الف) و توزیع جغرافیایی ارتفاع ۹ ایستگاه مورد بررسی در استان (ب).

۴- پدیده MJO و نوسان‌های مقدار بارش

به منظور بررسی تأثیر پدیده MJO بر تغییرات بارش فصلی(نوامبر-آوریل)، سری زمانی ماهانه این دوره شش ماهه برای هر ایستگاه تهیه شد و میانه آن به عنوان میانه بارش دراز مدت آن ایستگاه تعیین گردید ($MR_{seasonal}$). در مرحله بعد برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه سری زمانی بارش برای ۳۴ ماهی که هر دو شاخص MK و WH مثبت بوده است، تهیه شده، میانه آنها ($MR_{seasonal(Pos)}$) تعیین شد. سری زمانی مشابه برای ۳۴ ماهی که هر دو شاخص نشانگر فاز منفی MJO بودند تشکیل شده و میانه آنها ($MR_{seasonal(Neg)}$) به عنوان میانه ۶ ماه بارش در دوران فاز منفی این پدیده قلمداد گردید. استفاده از میانه بارش باعث می‌شود که توزیع داده‌ها در سال‌های مختلف در هر فاز به خوبی مشخص شده و محاسبات از دقت بالاتری نسبت به استفاده از میانگین برخوردار شود. در مرحله بعدی نسبت میانه بارش در فاز مثبت ۳۴ ماه به میانه درازمدت آن دوره ($MR_{seasonal(Pos)} / MR_{seasonal}$) و نسبت میانه بارش در فاز منفی دوره ۶ ماهه به میانه درازمدت آن دوره محاسبه شد. بالاتر بودن مقادیر محاسبه شده نسبت به عدد ۱ بیانگر افزایش بارش و وقوع دوره تر در فاز مثبت یا منفی است. به همین ترتیب مقادیر کمتر از یک این نسبت‌ها، کاهش بارش و وقوع دوره خشک، همزمان با وقوع فازهای MJO را نشان می‌دهد.

۵- پدیده MJO و تغییر در مقدار و بسامد بارش

به منظور سنجش تفاوت معنی‌دار میانه و میانگین سری زمانی بارش هر ایستگاه در دوران فاز مثبت و منفی با یکدیگر آزمون ناپارامتری من ویتنی (Mann-Whitney U test) به کار گرفته شد (۹). اگر چه مقادیر نسبت‌های یاد شده در بخش قبلی بیانگر افزایش یا کاهش بارش است، اما این ارقام نمی‌توانند نشانگر آن باشند که میانه بارش در فاز مثبت و منفی با یکدیگر تفاوت معنی‌داری دارند. آزمون من ویتنی این مطلب را روشن می‌سازد که در چه ایستگاه‌هایی میانه بارش در ۳۴ ماه فاز مثبت یا ۳۴ ماه فاز منفی دارای تفاوت معنی‌دار است. بدین منظور، اختلاف بین میانگین سری زمانی بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت و مقادیر متناظر همزمان با چیرگی فاز منفی مورد آزمون قرار گرفت. وجود اختلاف معنی‌دار (در سطح اعتماد ۹۵%)، تأثیر پدیده MJO بر تغییرات بارش دوره مورد بررسی را تأیید می‌کند. رتبه مقادیر بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO نیز مورد آزمون قرار گرفت. این رتبه بر اساس محاسبه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

جدول ۱. رخدادهای فاز مثبت یا منفی پدیده MJO بر اساس نمایه‌های مالونی و کیل و ویلر و هندون. حروف MK, WH و B به ترتیب نشانگر زمان‌هایی است که نمایه مالونی و کیل، ویلر و هندون و یا هر دو نمایه حاکی از رخداد فاز مثبت یا منفی باشند.

سال	ژانویه		فوریه		مارس		آوریل		نوامبر		دسامبر	
	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت	منفی	مثبت	منفی
1979		*B*	**WH**		**WH**			*MK*	**B**		**WH**	*MK*
1980	**B**			*MK*	**WH**		**MK**			*WH*		
1981	**MK**	*WH*	**MK**	*WH*		*B*			**B**			*MK*
1982	**MK**			*B*	**MK**					*B*	**WH**	
1983		*WH*	**MK**			*B*		*WH*	**MK**			*B*
1984				*WH*		*B*	**MK**			*WH*	**B**	
1985		*B*	**B**			*B*	**MK**		**MK**			*MK*
1986	**B**			*B*	**B**			*MK*				*B*
1987	**B**			*WH*	**MK**	*WH*		*WH*	**WH**		**B**	
1988		*WH*		*MK*	**B**			*B*	**B**			*WH*
1989	**MK**			*WH*		*B*	**B**		**MK**	*WH*		*B*
1990	**B**			*B*			**WH**					*WH*
1991	**WH**	*MK*	**MK**			*B*	**B**			*B*		*WH*
1992		*B*	**B**			*B*	**WH**			*B*	**MK**	
1993	**MK**			*MK*	**B**						**B**	
1994		*MK*	**B**		**MK**			*WH*		*B*	**WH**	
1995	**WH**							*B*	**B**			*B*
1996		*WH*	**MK**			*B*	**WH**			*MK*	**B**	
1997		*MK*	**B**			*B*		*B*		*WH*	**MK**	
1998		*WH*	**MK**				**WH**	*MK*	**B**		**WH**	
1999		*WH*		*B*	**B**		**B**				**WH**	
2000			**B**			*MK*	**B**				**WH**	*MK*
2001		*MK*	**B**			*MK*			**B**			*B*
2002		*WH*	**B**					*MK*	**B**			*B*
2003								*B*		*B*	**B**	
2004		*B*	**WH**		**B**			*B*	**B**		**WH**	*MK*
2005	**B**			*WH*		*B*		*MK*		*MK*	**MK**	*WH*
فقط MK	۴	۴	۵	۳	۳	۲	۳	۵	۳	۲	۳	۵
فقط WH	۲	۷	۲	۵	۲	۱	۴	۳	۱	۴	۷	۴
هر دو B	۵	۴	۷	۴	۵	۱۰	۴	۵	۸	۵	۵	۶

دوره ۱۶۲ ماهه نوامبر تا آوریل

کل	مثبت B	منفی B	مثبت فقط WH	منفی فقط WH	مثبت فقط MK	منفی فقط MK
	۳۴	۳۴	۱۸	۲۴	۲۱	۲۱

قدر مطلق اختلاف به دست می‌آید. بدین صورت که کمترین مقدار قدر مطلق، پایین‌ترین رتبه و بیشترین مقدار آن، بالاترین رتبه را به دست می‌آورد.

به منظور ارزیابی ارتباط معنی‌دار رخداد دوره‌های خشک و تر استان فارس به ترتیب هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO از آزمون ناپارامتری دقیق فیشر (Fisher Exact Test) استفاده شد (۳). در این آزمون هم‌زمانی دوره‌های خشک یا دوره تر به ترتیب با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO ارزیابی گردید (۲). بدین منظور برای هر ایستگاه یک جدول توافقی با دو سطر و دو ستون (۲ *۲) تهیه شد. ستون‌ها شامل فاز مثبت و منفی و سطرها، بیانگر بسامد دوره‌های خشک و تر هستند. به عنوان نمونه در ایستگاه شیراز هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

(۳۳ رخداد همراه با داده) بسامد خشک‌سالی و ترسالی به ترتیب برابر ۲۴ و ۹ سال می‌باشد. به همین ترتیب تعداد دوره تر و خشک هم‌زمان با چیرگی فاز منفی (با ۳۴ سال همراه با داده) به ترتیب برابر ۱۰ و ۲۴ است. 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.

بدین ترتیب روشن می‌شود که آزمون‌های من ویتنی و دقیق فیشر برای دو منظور متفاوت استفاده شدند. در حالی که در آزمون من ویتنی تأثیر فازهای MJO بر مقدار بارش سنجش می‌گردد، اثر این فازها بر بسامد دوران‌های تر و خشک با استفاده از آزمون دقیق فیشر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. آزمون دقیق فیشر مشخص می‌سازد که در کدامین مناطق مورد مطالعه وقوع دوران‌های خشک و تر را می‌توان با اطمینان بیشتری هم‌زمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO پیش‌بینی نمود.

۶- کاربرد GIS در تحلیل و نمایش نتایج

به منظور تحلیل و نمایش توزیع جغرافیایی، تأثیر فازهای مثبت و منفی MJO در وقوع دوره‌های خشک و تر استان فارس، از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده شد. برای این منظور با استفاده از یکی از روش‌های درون‌یابی لایه رستری مربوط به نسبت‌های حاصله در ایستگاه‌های استان تهیه شد و در نهایت با لایه مرز استان فارس به صورت یک نقشه نمایش داده شد. لازم به ذکر است که استفاده از روش معکوس فاصله وزنی (Inverse Distance Weighted, IDW) که توسط تابلر (۱۴) ارائه شده از معتبرترین روش‌ها برای پیش‌بینی مقادیر بارش در نواحی بدون ایستگاه است (۶).

نتایج و بحث

۱- فازبندی MJO ارتباط نمایه‌ها

به منظور ایجاد سری زمانی ماهانه نمایه‌های MJO مقادیر روزانه MK و WH در هر ماه به سه قسمت (میانگین‌های تقریباً ۱۰ روزه) تبدیل شد. سری زمانی ماهانه و فصلی این میانگین‌ها به ترتیب از ۸۱ (۲۷*۳) و ۴۸۶ (۸۱ * ۶) داده تشکیل شده است. در شکل ۲ سری زمانی میانگین‌های ۱۰ روزه برای ماه آوریل نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود در بیشتر مواقع تغییرات این دو نمایه در طول دوره آماری ۲۷ ساله از روند یکسانی پیروی می‌کند. ضریب هم‌بستگی بین این دو نمایه برابر با ۰/۸۰ بوده که در سطح اعتماد ۹۹%. معنی‌دار است. میزان این ضریب در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر، دسامبر و دوره ۶ ماهه به ترتیب برابر با ۰/۷۵، ۰/۷۶، ۰/۶۷، ۰/۷۳، ۰/۶۶ و ۰/۷۲ می‌باشد. ضریب هم‌بستگی روزانه برای هر یک از این ۲۷ سال حدود ۰/۷۰ بود که در سطح ۹۹% معنی‌دار است. به عنوان نمونه در سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۲ این ضرایب برابر با ۰/۶۶ و ۰/۷۵ تعیین شد. مقایسه ضرایب هم‌بستگی در دو مقیاس ماهانه و سالانه نشان می‌دهد که واریانس هر یک از این دو سری زمانی در یک دوره زمانی خاص، حدود ۵۰% از واریانس نمایه دیگر را در همان دوره زمانی توجیه می‌کند.

۲- تأثیرپذیری مقادیر بارش از فازهای MJO

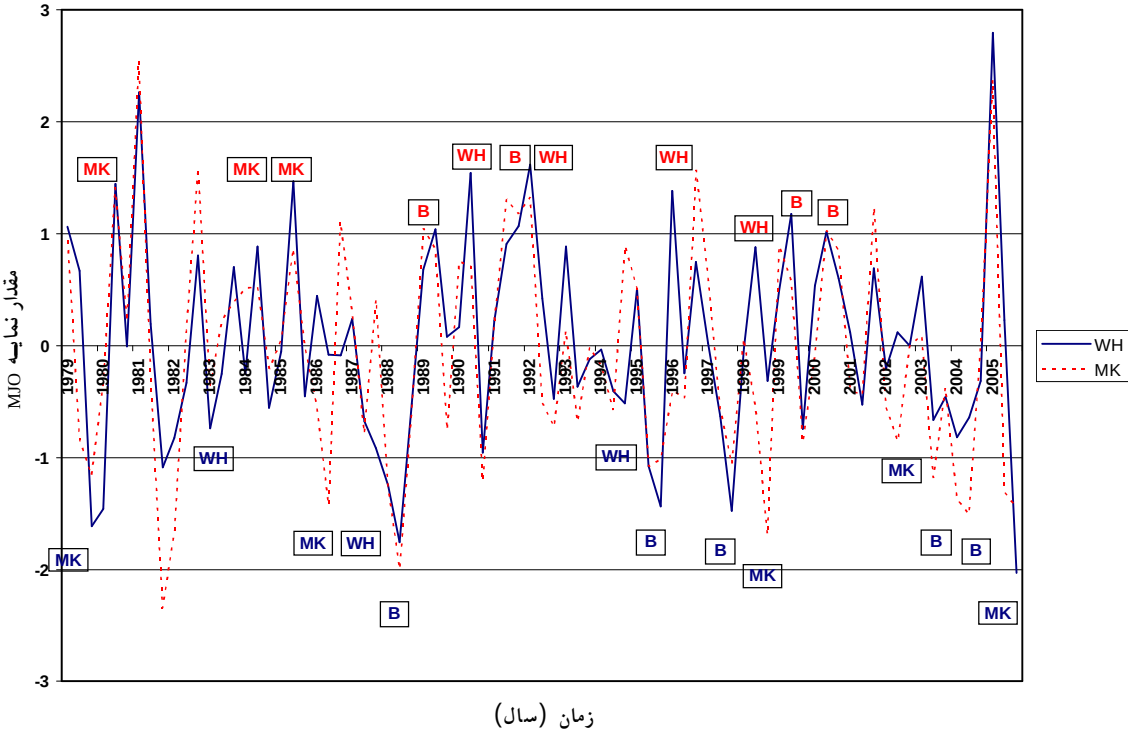
نتایج تجزیه و تحلیل‌های اولیه نشان داد که هر یک از دو نمایه MK و WH می‌توانند تا حد قابل قبولی تغییرات بارش فصلی مناطق مختلف استان فارس را توجیه کنند. با این وجود، هنگامی که هر دو نمایه به طور هم‌زمان در یک فاز واقع شده‌اند (B) وضعیت بارش به خوبی و با دقت بیشتری با شرایط MJO قابل توجیه است. به همین دلیل نتایج ارائه شده مربوط به تأثیر پدیده MJO بر بارش استان فارس برای دوره‌ای است که هر دو نمایه چیرگی فاز مثبت یا منفی را تأیید کرده‌اند (دوره‌هایی که در جدول ۱ با B نمایش داده شده است).

۱-۲ تغییرات بارش استان نسبت به میانه درازمدت در فاز مثبت MJO

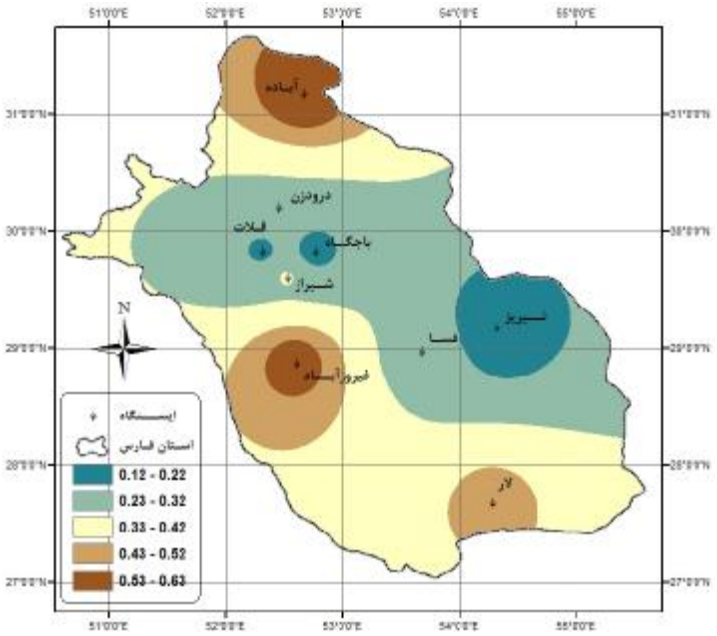
محاسبه مقادیر میانه بارش فاز مثبت فصل بارش به میانه درازمدت فصلی نشان می‌دهد که در بیشتر مناطق این نسبت کمتر از یک می‌باشد. شکل ۳ توزیع جغرافیایی نسبت فوق و یا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]



شکل ۲. نحوه تغییرات دو نمایه مالونی و کیل (خط پر) و ویلر و هندون (خط چین) در ماه آوریل در دوره ۲۷ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷۹)



شکل ۳. توزیع جغرافیایی تغییرات بارش فصلی همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO ($MR_{Seasonal(Pos)}/MR_{Seasonal}$) در استان فارس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

همان تغییرات بارش هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت B در استان فارس را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت MJO، در تمامی مناطق استان میزان میانه بارش در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. به تعبیر دیگر، چیرگی فاز مثبت MJO دوره خشک و کم بارش را در فصل بارش استان به همراه دارد. بیشترین میزان کاهش بارش در نواحی مرکزی استان در حدود ۸۸-۶۸ درصد و کمترین میزان کاهش بارش مربوط به نواحی شمال و جنوب غربی استان در حدود ۴۵-۳۵ درصد می‌باشد.

۲-۲ تغییرات بارش استان نسبت به میانه درازمدت در فاز منفی MJO

شکل ۴ توزیع جغرافیایی تغییرات بارش استان فارس هم‌زمان با چیرگی فاز منفی در نواحی مختلف استان فارس را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود هم‌زمان با چیرگی فاز منفی MJO به جز ایستگاه نیریز واقع در شرق استان که کاهش ۰ تا ۲۵ درصدی در بارش وجود دارد، در تمامی مناطق میزان بارش افزایش می‌یابد. بیشترین و کمترین میزان افزایش بارش به ترتیب مربوط به نواحی نیمه غربی و شرقی استان فارس است. به بیانی دیگر چیرگی فاز منفی MJO در تمام نواحی به جز نیریز نوید رخداد دوره تر را می‌دهد. جدول ۳ احتمال وقوع ترسالی هم‌زمان به چیرگی فاز منفی MJO را نشان می‌دهد. در بیشتر نواحی چیرگی فاز منفی احتمال وقوع ترسالی را بالا می‌برد. تنها در ایستگاه درودزن احتمال وقوع ترسالی پایین بوده و در بقیه نواحی با احتمال بالاتر از ۶۰% چیرگی فاز منفی دوره ترسالی را در پی خواهد داشت.

۲-۳ تغییرات بارش استان هم‌زمان با چیرگی فاز منفی نسبت به چیرگی فاز مثبت MJO

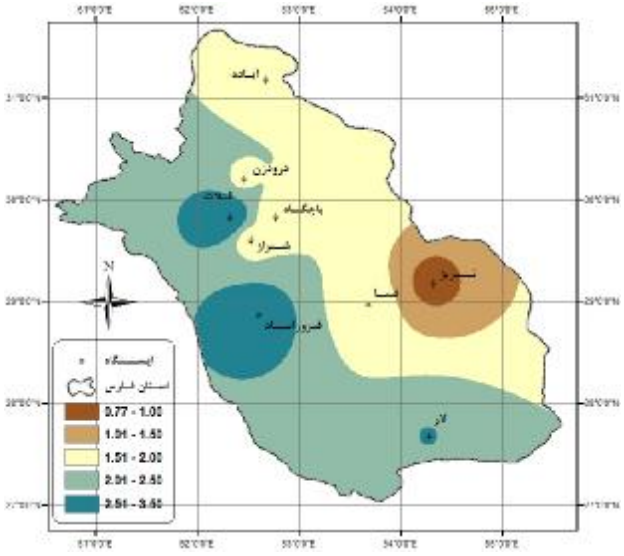
نتایج آزمون ناپارامتری من ویتنی نشان داد که در تمامی ایستگاه‌ها بین رتبه مقادیر متناظر بارش در زمان چیرگی فاز مثبت با مقادیر آن هم‌زمان با چیرگی فاز منفی در سطح معنی‌داری ۹۵% اختلاف وجود دارد ($P<0/05$). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، رتبه مقادیر بارش در فاز منفی به مراتب بیشتر از فاز مثبت است. به عنوان نمونه در ایستگاه فسا رتبه بارش هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO به ترتیب برابر با ۲۷۸ و ۸۷۳ می‌باشد. وجود اختلاف معنی‌دار در رتبه بارش هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت و منفی بدین معنی است که چیرگی فازهای متفاوت پدیده MJO تأثیر معنی‌داری بر مقدار بارش استان داشته است. به بیان دیگر در ۳۴ ماهی که فاز مثبت حاکم بوده، مقدار بارش به طور معنی‌داری کمتر از مقدار مشابه در ۳۴ ماهی است که هر دو شاخص بر وقوع فاز منفی دلالت داشته‌اند.

شکل ۵ توزیع جغرافیایی نسبت مقادیر بارش فصلی در فاز منفی به مقادیر بارش فاز مثبت را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود در تمامی مناطق استان این نسبت بزرگ‌تر از یک می‌باشد. مقادیر بارش در دورانی که فاز منفی MJO چیره بوده حدود سه تا هفت برابر مقدار میانگین بارش است. این نسبت برای آباده در محدوده ۳/۵۰-۲/۷۰ و در مناطق نزدیک سد درودزن، شیراز، فیروزآباد و لار در محدوده ۶/۰۰-۵/۰۰ است. این به مفهوم آن است که بیشترین تغییرات بارش فصلی در دوران فاز منفی MJO مربوط به مناطق جنوبی استان و کمترین آن در شمال استان می‌باشد.

شکل ۶ مقادیر انحراف از میانگین بارش دوره مورد بررسی (نوامبر- آوریل) هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO را در پهنه جنوبی ایران با استفاده از پایگاه اینترنتی Composite وابسته به سازمان جهانی جوی- اقیانوسی آمریکا نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل (۶-الف) دیده می‌شود هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت، مقادیر انحراف از میانگین در تمامی نواحی جنوبی کشور، منفی می‌باشد. به تعبیر دیگر در این نواحی هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت MJO دوره خشک حکمفرما می‌باشد. در نواحی جنوب غرب کشور این کاهش زیادتر است. شکل (۶-ب) مقادیر انحراف از میانگین بارش دوره مورد بررسی در نواحی جنوبی ایران، هم‌زمان با چیرگی فاز منفی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]



شکل۴. توزیع جغرافیایی تغییرات بارش فصلی همزمان با چیرگی فاز منفی MJO ($MR_{Seasonal(Neg)}/MR_{Seasonal}$) در استان فارس

جدول۲. نتایج آزمون من ویتنی در بررسی اختلاف مقادیر بارش در فازهای مثبت و منفی MJO در ۹ ایستگاه مورد مطالعه

شماره	نام ایستگاه	رتبه در فاز مثبت	رتبه در فاز منفی	مقدار p
۱	آباده	۳۶۳/۵	۹۵۸/۵	۰/۰۰۸
۲	باجگاه	۱۱۷/۰	۴۶۸/۰	۰/۰۰۰
۳	درودزن	۳۱۳/۵	۴۸۱/۵	۰/۰۰۳
۴	شیراز	۲۶۷/۵	۸۶۲/۵	۰/۰۰۰
۵	فسا	۲۷۸/۰	۸۷۳/۰	۰/۰۰۰
۶	فیروزآباد	۲۰۲/۰	۵۸۰/۰	۰/۰۰۸
۷	قلات	۲۶۳/۵	۷۹۱/۵	۰/۰۰۱
۸	لار	۲۲۶/۰	۶۹۱/۰	۰/۰۰۲
۹	نیریز	۲۰۲/۵	۵۸۰/۰	۰/۰۰۱

MJO را نشان می‌دهد. در برخی نواحی جنوب و جنوب غرب ایران، این مقادیر بزرگ‌تر از صفر است. به عبارت دیگر، همزمان با چیرگی فاز منفی میزان بارش این نواحی افزایش یافته و دوره تر حاکم می‌باشد. لازم به ذکر است که در مناطقی که با رنگ سفید مشخص شده، میزان انحراف از میانگین بارش و تغییرات آن در این دوره زمانی معنی‌دار نمی‌باشد. یافته‌های حاصل از این پایگاه اطلاعاتی، نتایج حاصل از این تحقیق در استان فارس را به خوبی تأیید می‌کند.

۳- بسامد رخدادهای خشک و تر در استان فارس

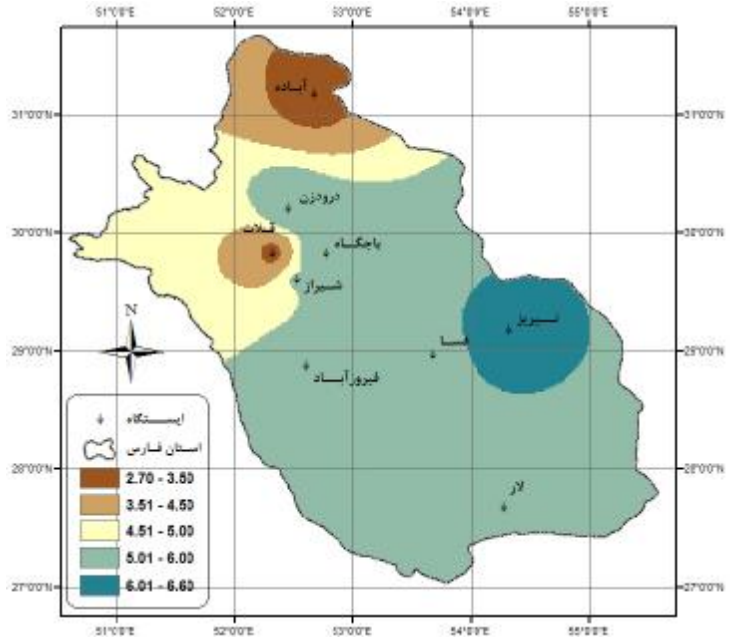
نتایج مربوط به تحلیل تأثیر فازهای مثبت و منفی MJO بر رخدادهای خشک و تر مناطق مختلف استان فارس همزمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO در جدول ۳ نشان داده شده است. به عنوان نمونه در ایستگاه شیراز همزمان با چیرگی ۳۳ واقعه فاز مثبت ۹ واقعه تر و ۲۴ واقعه خشک رخ داده است. همزمان با چیرگی ۳۴ واقعه فاز منفی، ۲۴ واقع تر و ۱۰ واقعه خشک به وقوع پیوسته است. همان‌طور که ملاحظه

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

جدول ۳. بسامد و احتمال وقوع دوره‌های خشک و تر در ۹ ایستگاه مورد بررسی استان فارس

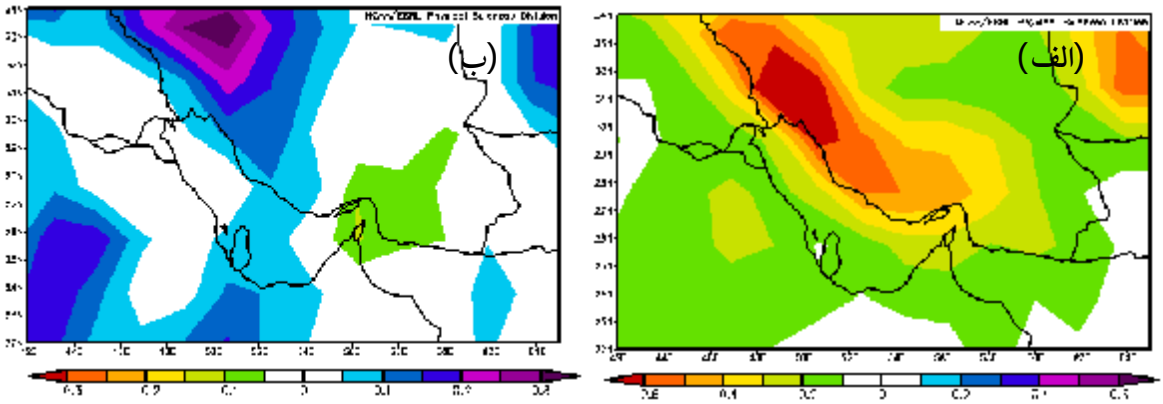
شماره	ایستگاه	فاز مثبت با تعداد۳۳ ماه			فاز منفی با تعداد۳۴ ماه			مقدار p
		دوره خشک	دوره تر	احتمال وقوع خشک‌سالی (%)	دوره خشک	دوره تر	احتمال وقوع تر سالی (%)	
۱	آباده	۲۱	۱۲	۶۴	۱۴	۲۰	۶۰	۰/۰۴۵
۲	باجگاه	۲۰	۶	۷۷	۶	۱۹	۷۶	۰/۰۰۰
۳	درودزن	۲۶	۵	۸۴	۱۷	۱۴	۴۵	۰/۰۲۶
۴	شیراز	۲۴	۹	۷۳	۱۰	۲۴	۷۱	۰/۰۰۰
۵	فسا	۲۴	۹	۷۳	۱۰	۲۴	۷۱	۰/۰۰۰
۶	فیروزآباد	۲۰	۱۱	۶۵	۱۰	۲۴	۷۱	۰/۰۰۶
۷	قلات	۲۴	۸	۷۵	۱۳	۲۰	۶۱	۰/۰۱۰
۸	لار	۲۰	۱۰	۶۷	۸	۲۰	۷۱	۰/۰۰۴
۹	نیریز	۱۵	۱۲	۵۶	۸	۲۴	۷۵	۰/۰۳۱
مجموع بسامدها		۱۹۴	۸۲		۹۶	۱۸۹		



شکل۵. توزیع جغرافیایی نسبت مقادیر بارش فصلی هم‌زمان با چیرگی فاز منفی به مقادیر متناظر هم‌زمان با چیرگی فاز مثبت MJO ($MR_{Seasonal(Neg)}/MR_{Seasonal(pos)}$) در استان فارس

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]



شکل ۶. مقادیر انحراف از میانگین بارش دوره مورد بررسی (نوامبر-آوریل) همزمان با چیرگی فاز مثبت (الف) و منفی (ب) MJO در پهنه ایران با استفاده از پایگاه اینترنتی Composite

می‌گردد در هنگام چیرگی فاز مثبت، بسامد دوره‌های خشک برای کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه به طور معنی‌داری بیشتر از بسامد دوران تر است. در منطقه درودزن در نزدیکی بزرگ‌ترین سد فارس (سد درودزن) تأثیر فاز مثبت بر کاهش دوران تر و افزایش دوران خشک بسیار چشم‌گیرتر از سایر ایستگاه‌هاست. این بدین مفهوم است که منطقه پر بارش فارس و آب‌های سطحی آن به شدت تحت تأثیر وضعیت سامانه‌های همرفتی اقیانوس هند می‌باشد. با چیرگی فاز مثبت کمترین احتمال خشک‌سالی در نیریز برابر ۵۶% و بیشینه آن برابر ۸۴% در درودزن است.

با چیره شدن فاز منفی در تمامی ایستگاه‌ها، بسامد دوران تر به طور معنی‌داری بیشتر از مقادیر مشابه برای دوران خشک می‌شود. احتمال وقوع ترسالی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه از ۶۰% در آباده تا ۷۶% در باجگاه در نوسان است.

نتیجه‌گیری

پدیده همرفتی MJO در پهنه استوایی اقیانوس هند و آرام مهم‌ترین شکل نوسانات زیرفصلی جوی- اقیانوسی است که تغییرات آب و هوایی و به ویژه بارش مناطق حاره‌ای و فوق حاره‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از ترکیب دو نمایه مختلف پدیده MJO به نام نمایه‌های مالونی و کیل (MK) و ویلر و هندون (WH) تأثیر این پدیده بر تغییرات دوره بارش (نوامبر- آوریل) نواحی مختلف استان فارس بررسی شد. ارتباط معنی‌دار آماری بین فازهای فعال (مثبت) و غیر فعال (منفی) MJO به ترتیب با رخدادهای خشکی و پر بارش استان مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج نشان داد که تغییرات بارش فصلی در استان فارس وابستگی زیادی به جابه‌جایی فازهای MJO دارد. وجود اختلاف معنی‌دار (سطح معنی‌داری ۹۵%) بین رتبه میزان بارش فصلی در فاز منفی و مثبت در آزمون من ویتنی، بیانگر این مطلب است که فصل بارش استان (نوامبر تا آوریل) تحت تأثیر فراوان پدیده مادن جولیان قرار می‌گیرد. به بیان دیگر همزمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی پدیده نوسانات مادن- جولیان، به ترتیب دوره‌های خشک و مرطوب حاکم خواهد شد. نتایج آزمون دقیق فیشر نشان می‌دهد که در تمامی نواحی مورد مطالعه، تواتر دوره خشک (تر) همزمان با چیرگی فاز مثبت (منفی) MJO به طور معنی‌داری بیشتر از تواتر دوره خشک (تر) همزمان با چیرگی فاز منفی (مثبت) است. به تعبیر دیگر احتمال رخداد دوره‌های خشک و تر به ترتیب همزمان با چیرگی فاز مثبت و منفی MJO بالا است.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]

سپاسگزاری

از مدیریت شرکت منابع آب ایران که امکانات انجام این تحقیـق را
در اختیار نگارندگان قرار داده‌اند، صمیمانه سپاسگزاری می‌نماییم.

منابع مورد استفاده

۱. ناظم السادات، س. م. ج. و ح. قائد امینی. ۱۳۸۷. بررسی 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 ۱۲(۴۶): ۴۷۷-۴۸۹.

۲. ناظم‌السادات، س. م. ج.، ا. انصاری و م. ر. پیشوایی. 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 علـوم و مهندسی منابع آب ۳(۱): ۱۲-۲۴.

3. Agresti, A. 1992. A Survey of Exact Inference for Contegency Tables. Statitical Sci. 7: 131-153.
4. Barlow, M., M. Wheeler, B. Lyon and H. Cullen. 2005. Modulation of daily precipitation over Southwest Asia by the Madden-Julian Oscillation. J. Mon. Wea. Rev. 133: 3579-3594.
5. Bond, N. A. and G. Vecchi. 2003. The influence of the Madden-Julian Oscillation on precipitation in Oregon and Washington. J. Wea. Forecast. 18: 600-613.
6. Cheng, Q., G. F. Bonham-Carter and G. L. Raines. 2001. GeoDAS—A new GIS system for spatial analysis of geochemical data sets for mineral exploration and environmental assessment, The 20th Intern. Geochem. Explor. Symposium (IGES). 6–10 May. Santiago de Chile. pp. 42–43.
7. Madden, R. A. and P. R. Julian. 1971. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. J. Atmos. Sci. 28: 702-708.
8. Maloney, E. D. and J. T. Kiehl. 2002. MJO-related SST variations over the tropical eastern pacific during northern hemisphere summer. J. Climate 15: 675-689.
9. Mann, H. B. and D. R. Whitney. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. Ann. Math. Stat. 18: 50–60.
10. McKnight, T. L. and D. Hess. 2004. Climate Zones and Types: The Köppen System. Physical Geography: A Landscape Appreciation. Upper Saddle River, Prentice Pub., USA.
11. Mo, K. C. and R. W. Higgins. 1998. Tropical convection and precipitation regimes in the Western United States. J. Climate 11: 2404-2423.
12. Nazemosadat, M. J. and A. R. Ghasemi. 2004. Quantifying the ENSO-related shifts in the intensity and probability of drought and wet periods in Iran. J. Climate 17: 4005-4018.
13. Nazemosadat, M. J. and H. Ghaedamini. 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. Tobler, W. 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Econ. Geograph. 46: 234-240.
15. Wheeler, M. and H. Hendon. 2004. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction. Mon. Wea. Rev. 132: 1917-1932.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1390.15.55.2.0]