

Evaluation of the Simultaneous Interactions of ENSO and MJO on the Occurrence of Dry and Wet Spells in Iran

M. j. Nazemosadat^{1*}, S. Mehravar²
and H. GhaedAmini³

Abstract

This study aimed the analyses of the simultaneous effects of two phenomena MJO and ENSO on the occurrence of dry and wet spells in Iran. The study showed that the concurrence of El Niño with the MJO negative phase (El-N) and La Niña with the positive phase of the MJO (La-P) have the highest frequencies. Precipitation amounts and the incidence of dry and wet spells were, therefore, compared for these two distinct alternatives. The results indicated that, in February, November, and December, a nationwide dry condition is expected when La Niña is coincided with the MJO positive phase. On the other hand, the pervasive wet spell is anticipated if the El Niño events have concurred with the MJO negative phase. Although rainfall amount in dry zones of the southern Iran is less than corresponding values in the northern half of the country, the simultaneous impact of the considered Oscillations on the occurrence of dry or wet episodes are more significant for the southern half. For instance, Iranshahr station, in southeastern part of the country, has experienced 96 percent reduction or 90 percent increase in precipitation compared to the longterm mean values as the (La-P) or (El-N) was prevailed. Furthermore, for some stations located in very dry zone of the country including (Birjand, Torbatheidarieh, Tabas, and Yazd) the occurrence of dry or wet periods in April was significantly associated to the (La-P) or (El-N) episodes. For these stations about 105 percent increase or 51 percent decrease compared to the longterm mean precipitation values is anticipated as (El-N) or (La-P) events was prevailed, respectively.

Keywords: MJO, ENSO, La Niña, Positive phase, El Niño, Negative phase.

Received: April 7, 2012

Accepted: October 29, 2012

ارزیابی برهمکنش همزمان پدیده‌های ENSO و MJO بر رخداد دوران‌های تر و خشک در ایران

سید محمد جعفر ناظم السادات^۱، صدیقه مهرآور^{۲*}
و حبیب اله قائد امینی^۳

چکیده

انگیزه بنیادین این پژوهش آن است تا روشن سازد همزمانی و هماهنگ شدن فازهای گوناگون پدیده‌های نوسان‌های ماندن جولیان^۱ (MJO) و نوسان‌های جنوبی^۲ (ENSO) تا چه اندازه در رویداد دوره‌های پر آب و خشک کشور سایه می‌افکند. ارزیابی‌ها نشان داد که رخداد همزمان لانیئا با فاز مثبت MJO (La-P) و نیز النینو با فاز منفی MJO (El-N) دارای بیشترین بسامد می‌باشند. بنابراین اندازه بارش و بسامد دوران‌های خشک و تر برای دوران‌های (La-P) و (El-N) با یکدیگر سنجیده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که در ماه‌های فوریه، نوامبر و دسامبر، هنگامی که فاز مثبت پدیده MJO بارخداد لانیئا همزمان گردد، خشکی فراگیری بر کشور چیره می‌گردد. در برابر، همزمانی فاز منفی MJO با پدیده النینو، افزایش بارش و دوران پر آبی را در سراسر کشور به دنبال دارد. این نشان در ایستگاه‌هایی که در پهنه کویری کشور جای دارند چشمگیرتر است. برای نمونه، در ماه فوریه، با چیرگی پدیده النینو و فاز منفی MJO، میانگین بارش ایستگاه ایرانشهر ۹۰٪ بیشتر از میانگین پایای (دراز مدت) این ایستگاه بوده است. در برابر، همزمانی رخداد پدیده لانیئا و فاز مثبت MJO، کاهش ۹۶ درصدی بارش این ایستگاه را در پی داشته است. افزون بر این، برای ایستگاه‌های پهنه‌های بیابانی مانند بیرجند، تربت حیدریه، طبس و یزد، هنگامی که فاز مثبت MJO با رخداد لانیئا هم زمان می‌شود، اندازه بارش ماه آوریل به گونه‌ای معنی‌دار کمتر از زمانی است که فاز منفی MJO با پدیده النینو هم‌زمان می‌گردد. در بسیاری از این ایستگاه‌ها هم‌زمان شدن پدیده النینو و فاز منفی MJO افزایش تا ۱۰۵ درصدی بارش و چیرگی هم‌زمان پدیده لانیئا و فاز مثبت MJO کاهش تا ۵۱ درصدی بارش را به دنبال داشته است.

کلمات کلیدی: نوسان‌های ماندن جولیان، نوسان‌های جنوبی، لانیئا، فاز مثبت، النینو، فاز منفی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۹ فروردین ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۸ آبان ۱۳۹۱

1- Professor, Water Engineering Department, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

2-MSc., Member of the Atmospheric-Oceanic Researches Center, Shiraz University, Shiraz, Iran. Email: sedighe_mehravar00@yahoo.com

3- MSc., Member of the Atmospheric-Oceanic Researches Center, Shiraz University, Shiraz, Iran.

*- Corresponding Author

۱- استاد بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۲- کارشناس ارشد هواشناسی، مرکز پژوهش‌های علوم جوی - اقیانوسی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

۳- کارشناس ارشد هواشناسی، مرکز پژوهش‌های علوم جوی - اقیانوسی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

*- نویسنده مسئول

افزون بر نشان پر رنگ پدیده النینو- نوسانات جنوبی در نوسان‌های درون سالی بارش، دیگر رخداد‌های جوی- اقیانوسی مانند پدیده مدن جولیان بخش بزرگی از پراش (واریانس) نوسان‌های اقلیمی در گستره‌های دور و نزدیک را دربرمی‌گیرد. برای نمونه (Jones 2000)، نشان داد در دورانی که کارکردهای همرفتی وابسته به MJO زیاد است، فراوانی رخداد‌های مرزی بارش در کالیفرنیا بیشتر از میانگین می‌گردد. این در حالی است که در دوران کاهش کارکردهای همرفتی، بارش‌های این ایالت کمتر از میانگین درازمدت بوده است. یافته‌های (Nazemosadat and Ghaedamini 2010) نشان داد که نوسان‌های بارش فصلی در ایران وابستگی فراوانی به جابجایی فازهای MJO دارد. بر پایه این یافته‌ها، همزمان با چیرگی فازهای مثبت و منفی MJO، به ترتیب دوره‌های خشک و نمناک در نواحی جنوبی کشور چیره خواهد شد.

گرچه پژوهش‌های انجام شده روی پدیده‌های ENSO و MJO بخشی از چرایی نوسان‌های بارش کشور را روشن کرده است، لیکن بسیاری از تنگناهای وابسته به پیش‌بینی‌های فصلی و زیر فصلی بارش هنوز گره‌گشایی نگردیده است. برای نمونه، گرچه در هنگام رخداد النینو تابستانه، میانگین درازمدت بارش پاییزه در بیشتر جاهای کشور به‌گونه‌ی معنی‌داری افزایش می‌یابد، افزایش بارش در برخی از سال‌ها دیده نشده است و یا کمتر از انتظار بوده است. این پژوهش بر آن است تا برای گوشه‌ای از این نا دانسته‌ها پاسخی دانشورانه پیدا نماید.

یادآور می‌شود که پدیده ENSO، بارش و دیگر پدیده‌های آب و هوایی را در بازه فصلی تا سالانه دچار نوسان می‌کند. این در حالی است که پدیده MJO در بازه زمانی زیر فصلی (هفتگی تا ماهانه) الگوهای آب و هوایی را دچار ناهنجاری می‌سازد. از این روی، ENSO برای پیش‌بینی‌های فصلی (Nazemosadat and ghasemi, 2004) و پیش‌بینی‌های حاصل از MJO بیشتر برای یک دوره یک ماهه یا کمتر پاسخگو است (Maharaj and Wheeler, 2005). از آنجا که پاسخ بارش گستره‌های گوناگون جغرافیایی ایران به هر یک از دو پدیده ENSO و MJO یکسان نیست، نیاز است تا چگونگی کارکرد این دو پدیده استوایی بر نوسان بارش در ایران واکاوی بیشتری گردد.

پژوهش‌های فراوانی نشان می‌دهند که MJO می‌تواند برآیندی از برهمکنش‌های سازه‌های اقلیم استوایی جو و اقیانوس باشد که نشان پرننگی بر تکامل چرخه ENSO داشته باشد (Lau et al., 1989; Nitta and Motoki, 1987; Zhang, 2005; McPhaden, 1999). برای نمونه

کشور ایران به دلیل جای گرفتن در دامنه نوسان‌های کمربند پرفشار فراگرمسیری^۳، پستی و بلندی‌های فراوان و نزدیکی به گستره‌های آبی بزرگی چون خلیج فارس، دریای عمان، اقیانوس هند و دریای خزر دچار نوسان‌های زمانی و مکانی بارش می‌شود. این نوسان‌ها منجر به رخداد‌های فراگیری همچون سیلاب‌های ویرانگر و خشکسالی‌های پی‌درپی و پایا می‌گردد. میانگین درازمدت سالانه بارش کشور نزدیک ۲۵۰ میلی‌متر برآورد می‌شود که نزدیک یک سوم میانگین بارش جهانی (نزدیک به ۸۵۰ میلی‌متر) است.

از آنجا که نزدیک ۹۰ درصد از آب‌های موجود در کشور در بخش کشاورزی به کار گرفته می‌شود، رخداد خشکسالی بیشترین آسیب را به این بخش وارد می‌کند. پیش‌بینی دراز مدت بارش این امکان را فراهم می‌سازد که پیش از رخداد بحران بتوان راهکاری مناسب برای کاهش زیان‌ها پیدا نمود. بنابراین شناخت سازه‌های هواشناختی کارساز بر نوسان‌های بارش، جایگاه ارزنده‌ای در پیش‌بینی رخداد‌های ناگوار طبیعی مانند خشکسالی و سیل دارند.

پدیده النینو - نوسانات جنوبی یکی از ریشه‌ای‌ترین رویدادهایی است که برای آشکارسازی چرایی نوسان‌های سالانه و فصلی بارش و دیگر سازه‌های بنیادی اقلیمی ایران به کار گرفته شده است. برای نمونه (Nazemosadat and Cordery 2000) نشان دادند که رخداد النینو (یا لانینیا) افزایش (یا کاهش) بارندگی پاییزه را در بسیاری از جاهای کشور در پی دارد. پژوهش‌های خورشید دوست و قویدل (۱۳۸۵) در ارزیابی نقش پدیده ENSO در تغییر پذیری بارش‌های فصلی استان آذربایجان شرقی بیانگر آن بود که همبستگی میان بارش و پدیده ENSO تنها در فصل پاییز معنی‌دار بوده و در دیگر فصل‌ها همبستگی معنی‌داری دیده نشد. یافته‌های (Nazemosadat and ghasemi 2004) نشان داد که افزون بر بارش پاییز، پدیده ENSO بر بارش‌های زمستانه و همه بارش‌های شش ماهه سرد سال ایران نیز تأثیر دارد.

(Sabziparvar et al. 2011) نشان دادند که تبخیر و تعرق ایران در دوران‌های النینو و لانینیا به ترتیب کمتر و بیشتر از میانگین درازمدت این سازوکار اقلیمی است. یافته‌های احمدی گیوی و همکاران (۱۳۸۸) نشانگر آن است که تنها با شناسایی فازهای انسو نمی‌توان نوسان‌های بارش کشور را پیش‌بینی کرد و چرایی آن را در برهمکنش پیچیده و غیر خطی پدیده انسو با دیگر پدیده‌های بزرگ مقیاس جوی و اقیانوسی دانسته‌اند.

Kessler and Kleeman (2000) دریافتند که MJO می‌تواند دگرگونی در ساختار دمایی لایه مختلط اقیانوسی را در پی داشته باشد که این دگرگونی در ویژگی‌های پدیده ENSO تأثیر دارد. Zhang and Gottschalck (2002) نشان دادند که در دوران گرم پدیده ENSO (النینو) اندازه انحراف از میانگین SST وابستگی زیادی به پدیده MJO دارد. همچنین رخداد النینو در ویژگی‌های پدیده MJO که در فاصله زمانی ۱۰-۶ ماه پس از این پدیده رخ می‌دهد نقش دارد.

Kessler (2001) نشان داد که به احتمال فراوان گسترش نیرومندانده رو به شرق MJO، نیرومندی هر چه بیشتر پدیده النینو را در پی دارد. Hendon et al. (2007) دریافتند که رابطه MJO-ENSO با تغییر فصل تغییر می‌کند و یک رابطه خطی خوب را با بکارگیری نمایه MJO در اواخر بهار و نمایه SSTA NINO_{3,4} در پاییز/ زمستان شناسایی کردند.

بیشتر پژوهش‌های انجام شده سازوکار (مکانیزم) رخداد و واکنش این دو پدیده بر یکدیگر را در پهنه اقیانوس‌های آرام و هند بررسی می‌کنند. گرچه این پژوهش‌ها نشان این دو پدیده بر رفتار یکدیگر را تا اندازه زیادی روشن می‌سازند، لیکن کارکرد هم‌زمان این دو پدیده بر دگرگونی بارش در پهنه‌های گوناگون جهان کمتر ارزیابی شده است. از آنجا که یکی از چالش‌های امروز کشور خشکسالی و پیش‌بینی آن است، پژوهش برای ارزیابی نشان هم‌زمان این دو پدیده بر رخداد دوران‌های خشک و پر آبی کشور از جایگاه والایی برخوردار است. از این روی انگیزه انجام این پژوهش به شرح زیر خلاصه می‌گردد:

الف- ارائه یک تعریف از فازهای مثبت و منفی MJO و ارزیابی فراوانی آنها در دوران‌های النینو و لانییا
ب- بررسی نشان هم‌زمانی و هماهنگ شدن فازهای گوناگون پدیده‌های ENSO و MJO بر رویداد دوره‌های پر آبی و خشک کشور در ماه‌های سرد سال.

۲- داده‌ها و روش‌ها

۱-۲- نمایه MJO و شناسایی فازهای آن

از آنجا که نمایه (Wheeler and Hendon, 2004) بیش از دیگر نمایه MJO از سوی پژوهشگران بکار گرفته می‌شود، در این پژوهش سری‌زمانی روزانه آن به عنوان نمایه MJO بکار گرفته شد. داده‌های روزانه این نمایه در بازه زمانی (۱۹۷۴-۲۰۰۷)، از پایگاه اطلاعاتی (<http://cawcr.gov.au/staff/mwheeler/maproom/RMM>) گرفته شد. داده‌های MJO برای دوران پیش از ۱۹۷۴

در دسترس نبود. از آنجا که داده‌های نمایه MJO روزانه می‌باشد، فازهای مثبت و منفی ماهانه این پدیده با به کارگیری روش ارائه شده توسط ناظم‌السادات و قائدامینی (۱۳۸۶) و Nazemosadat and Ghaedamini (2010) به دست آمد. برای این کار، در هر ماه روزهایی که نمایه MJO مثبت یا منفی بود، شمارش گردید. سپس ماه‌هایی که در بیش از ۶۰ درصد روزهای آن نمایه MJO مثبت بود، فاز مثبت MJO و ماه‌هایی که بیش از ۶۰ درصد روزهایش منفی بود به عنوان فاز منفی در نظر گرفته شد. برای نمونه، در آوریل ۱۹۷۵، شمار روزهایی که فاز مثبت و منفی MJO رخ داده است به ترتیب برابر با ۱۲ و ۱۸ روز می‌باشد که ۴۰ و ۶۰ درصد کل روزهای این ماه را در بر گرفته است. از این روی چیرگی فاز منفی در این ماه در نظر گرفته شد.

۲-۲- شناسایی فازهای ENSO به کمک نمایه SOI

داده‌های ماهانه نمایه نوسانات جنوبی^۴ (SOI) در بازه زمانی ۱۹۷۴-۲۰۰۷ (۳۹۶ ماه) از پایگاه اطلاعاتی ([Http://www.bom.gov.au/index.shtml](http://www.bom.gov.au/index.shtml)) گرفته و به عنوان نمایه ENSO به کار برده شد.

برای شناسایی دوره سرد و گرم پدیده ENSO آن ماه‌هایی که اندازه SOI کوچکتر از (-۵) و بزرگتر از (+۵) یا بین این دو بودند، به ترتیب به عنوان فازهای النینو، لانییا و فاز خنثی پدیده ENSO شناخته شدند (جدول ۱). برای نمونه، اندازه نمایه SOI در ماه آوریل سال‌های ۱۹۷۶، ۱۹۷۷ و ۱۹۷۵ به ترتیب برابر با ۱/۴، ۱/۲ و ۹/۶- بوده است. بنابراین پدیده ENSO در این سه دوره در فاز لانییا، خنثی و النینو در نظر گرفته شد. سال‌هایی که در این پژوهش به عنوان فازهای النینو و لانییا در نظر گرفته شد با یافته‌های Trenberth (1997) و Rapelewski and Halpert (1996) هم‌خوانی زیادی دارد.

۲-۳- داده‌های بارش

داده‌های ماهانه بارش ماه‌های نوامبر تا آوریل (معادل ۱۱ آبان یک سال تا ۱۲ اردیبهشت ماه سال پس از آن) در ۴۰ ایستگاه گوناگون همدیدی و اقلیم‌شناسی کشور برای بازه ۱۹۷۵-۲۰۰۷ از پایگاه اطلاعاتی (www.irimet.net) گرفته شد. گزینش ایستگاه‌ها بر پایه کمترین شمار داده‌های گم شده در دوره ۳۳ ساله به انجام رسید. یادآور می‌شود بیشینه داده‌های گم‌شده در طول ۳۳ سال ۳ درصد برای ایستگاه بوده است. در این پژوهش، داده‌های گم شده بازسازی نگردید و تنها داده‌های دیده‌بانی شده به کار گرفته شد. شکل ۱ و جدول ۱ پراکنش جغرافیایی، نوسان‌های ارتفاعی ایستگاه‌های ارزیابی

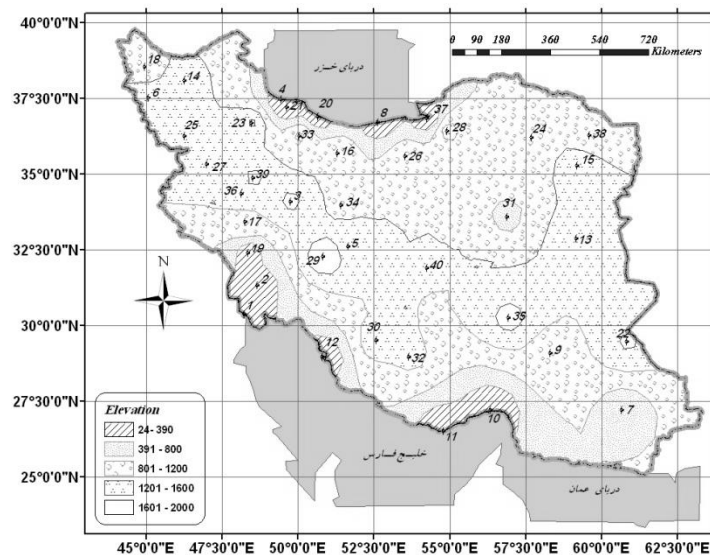
شده و نام آن‌ها را در پهنه ایران نشان می‌دهد.

سال نیز همسانی یا ناهمسانی فازهای این دو پدیده نشان داده شده است.

بر پایه جدول ۳، شمار سال‌هایی که پدیده النینو و فاز منفی MJO همزمان است (EL-N) و همچنین شمار سال‌هایی که چیرگی پدیده لائینیا و فاز مثبت MJO همراه هستند (La-P) بیشتر از حالت‌های دیگر همزمانی است. ارزیابی جدول‌های ۲ و ۳ روشن می‌سازد که از ۳۹۶ ماه مورد بررسی، در ۸۹ ماه یک همزمانی میان فازهای این دو پدیده رخ داده است (همه سال‌های نوشته شده در جدول ۳). از این ۸۹ ماه، در ۳۷ ماه، رخداد النینو با فاز منفی MJO و در ۲۸ ماه پدیده لائینیا با فاز مثبت MJO همزمان بوده است (روی هم ۶۵ ماه یا ۷۲٪ از ۸۹ ماه). از آنجا که همزمانی النینو و فاز مثبت MJO (EL-P) و لائینیا و فاز منفی MJO (La-N) بسیار کمتر بود (هر کدام ۱۲ ماه)، این پژوهش بر ارزیابی ناهمسازی بارش این ۳۷ ماه برابر ۲۸ ماه یا فشاری دارد.

۴-۲- شناسایی ماه‌هایی که پدیده‌های النینو یا لائینیا با فازهای مثبت یا منفی MJO همزمان هستند

در راستای بررسی برهم‌کنش همزمان پدیده‌های ENSO و MJO بر بارش، برای هریک از ماه‌های نوامبر تا آوریل، آن سال‌هایی که پدیده‌های النینو و لائینیا، به ترتیب، با فاز مثبت یا منفی MJO همزمان بوده‌اند شناسایی گردید که یافته‌های آن در جدول ۳ نشان داده شده است. برای نمونه، همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود، در ژانویه سال‌های ۱۹۹۲، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۴ فاز منفی MJO با پدیده النینو و در ژانویه سال‌های ۱۹۸۶ و ۲۰۰۶ پدیده لائینیا با فاز مثبت MJO همزمان بوده است. در همین ماه، در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۷ فاز مثبت MJO با النینو و در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ فاز منفی MJO با لائینیا همزمان است. برای دیگر ماه‌های



شکل ۱- پراکنش جغرافیایی نوسان‌های ارتفاعی (متر) ایستگاه‌های ارزیابی شده

جدول ۱- نام ایستگاه‌هایی که در شکل ۱ با شماره نشان داده شده است

شماره	ایستگاه	شماره	ایستگاه	شماره	ایستگاه	شماره	ایستگاه
۱	آبادان	۱۱	بندرلنگه	۲۱	رشت	۳۱	طیس
۲	اهواز	۱۲	بوشهر	۲۲	زاهدان	۳۲	فسا
۳	اراک	۱۳	بیرجند	۲۳	زنجان	۳۳	قزوین
۴	انزلی	۱۴	تبریز	۲۴	سبزوار	۳۴	کاشان
۵	اصفهان	۱۵	تربت حیدریه	۲۵	سقز	۳۵	کرمان
۶	ارومیه	۱۶	تهران	۲۶	سمنان	۳۶	کرمانشاه
۷	ایرانشهر	۱۷	خرم‌آباد	۲۷	سنندج	۳۷	گرگان
۸	بابلسر	۱۸	خوی	۲۸	شاهرود	۳۸	مشهد
۹	بیم	۱۹	دزفول	۲۹	شهرکرد	۳۹	همدان
۱۰	بندرعباس	۲۰	رامسر	۳۰	شیراز	۴۰	یزد

جدول ۲- فازهای وابسته به پدیده‌های ENSO و MJO. نشان‌های + و - نشانگر فاز مثبت و منفی MJO است.

سال	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	نوامبر	دسامبر	
۱۹۷۵		La ⁻	La ⁺	La ⁻	La ⁻	La	
۱۹۷۶	La	La ⁻	La ⁺		La ⁺	-	
۱۹۷۷	-	La ⁺	El ⁻	El ⁻	El ⁻	El ⁻	
۱۹۷۸	+	El ⁻	El	El	El		
۱۹۷۹	-	La ⁺	+	El	+	El	
۱۹۸۰	+		El ⁺	El	-		
۱۹۸۱	-	-	El ⁻	El	+		
۱۹۸۲	La	-			El ⁻	El	
۱۹۸۳	El	El	El ⁻	El ⁻	El ⁻	-	
۱۹۸۴		La ⁻	El ⁻	El ⁻	-	+	
۱۹۸۵	-	La ⁺		La			
۱۹۸۶	La ⁺	El ⁻			El	El ⁻	
۱۹۸۷	El ⁺	El ⁻	El	El ⁻	+	+	
۱۹۸۸	-	El			La ⁺	La ⁻	
۱۹۸۹	La	La ⁻	La ⁻	La ⁺	-	El ⁻	
۱۹۹۰		El ⁻	El	El	El	-	
۱۹۹۱	La		El ⁻	El ⁺	El ⁻	El ⁻	
۱۹۹۲	El ⁻	El ⁺	El ⁻	El ⁺	El ⁻	El ⁻	
۱۹۹۳	El	El	El ⁺	El		+	
۱۹۹۴		+	El	El ⁻	El ⁻	El ⁺	
۱۹۹۵	+		El ⁻	+		El ⁻	
۱۹۹۶	La ⁻	La ⁻	La ⁻	La ⁺		La ⁺	
۱۹۹۷		La ⁺	El ⁻	El ⁻	El ⁻	El	
۱۹۹۸	El ⁻	El ⁻	El	El ⁺	La ⁺	La ⁺	
۱۹۹۹	La ⁻	La ⁻	La ⁺	La ⁺	La	La ⁺	
۲۰۰۰	La	La ⁺	La	La ⁺	La	La ⁺	
۲۰۰۱	La ⁻	La ⁻	La	La	La ⁺	El ⁻	
۲۰۰۲		La ⁺	El	El ⁺	El ⁺	El ⁻	
۲۰۰۳		El	El	El	-	La ⁺	
۲۰۰۴	El ⁻	El ⁻	+	La ⁺	El ⁺	El ⁺	
۲۰۰۵	+	El ⁻	-	El ⁻	El	-	
۲۰۰۶	La ⁺	La ⁺	La ⁺	-	-	+	
۲۰۰۷	El ⁺	+	+	+	La ⁺	La	
	۱۰	۱۳	۸	۷	۸	۸	ENSO
	۷	۱۱	۱۶	۱۷	۱۰	۱۳	
	۹	۱۰	۹	۹	۱۱	۱۱	MJO
	۱۱	۱۳	۱۰	۱۱	۱۲	۱۲	
	۲	۷	۴	۵	۵	۵	Both
	۳	۵	۷	۸	۵	۸	

۲-۵- ارزیابی برهمکنش پدیده‌های ENSO و MJO بر نوسان‌های اندازه بارش
برای انجام این ارزیابی میانگین دراز مدت ماهانه بارش در هر ایستگاه برآورد گردید. پس از آن میانگین بارش ماهانه در دوره‌های

چیرگی فاز منفی MJO همزمان با رخداد النینو ($\bar{R}_{i(EL-N)}$) و دوره‌های چیرگی فاز مثبت MJO همزمان با رخداد لانینیا ($\bar{R}_{i(La-p)}$) محاسبه شد. برای نمونه، میانگین درازمدت بارش شیراز در ماه نوامبر برابر ۲۲ میلی‌متر است. میانگین بارش این ایستگاه در

جدول ۳- هم زمانی پدیده‌های ENSO و MJO با یکدیگر

ماه	الانینو		لانینیا	
	MJO ⁺ (EL-P)	MJO ⁻ (EL-N)	MJO ⁺ (La-P)	MJO ⁻ (La-N)
زانویه	۲۰۰۷، ۱۹۷۸	۲۰۰۴، ۱۹۹۸، ۱۹۹۲	۲۰۰۶، ۱۹۸۶	۲۰۰۱، ۱۹۹۹، ۱۹۹۶
فوریه	۱۹۹۲	۲۰۰۵، ۱۹۹۰، ۱۹۸۷، ۱۹۸۶، ۱۹۷۸	۱۹۹۷، ۱۹۸۵، ۱۹۷۹، ۱۹۷۷، ۲۰۰۴، ۲۰۰۲، ۲۰۰۰	۱۹۹۹، ۱۹۸۹، ۱۹۸۴، ۱۹۷۶
مارس	۱۹۹۳، ۱۹۸۰	۱۹۷۷، ۱۹۸۳، ۱۹۸۱، ۱۹۸۴، ۱۹۹۱، ۱۹۹۷، ۱۹۹۲	۲۰۰۶، ۱۹۹۹، ۱۹۷۶، ۱۹۷۵	۱۹۹۶، ۱۹۸۹
آوریل	۱۹۹۸، ۱۹۹۲، ۱۹۹۱	۱۹۷۷، ۱۹۸۳، ۱۹۸۷، ۱۹۹۴، ۱۹۹۵، ۲۰۰۴، ۲۰۰۳، ۱۹۹۷	۲۰۰۶، ۲۰۰۲، ۱۹۹۹، ۱۹۹۶، ۱۹۸۹	۱۹۷۵
نوامبر	۲۰۰۴، ۲۰۰۲	۱۹۷۷، ۱۹۸۲، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲، ۱۹۹۴، ۱۹۹۷	۲۰۰۷، ۲۰۰۱، ۱۹۹۸، ۱۹۸۸، ۱۹۷۶	۱۹۷۵
دسامبر	۲۰۰۴، ۱۹۹۴	۱۹۷۷، ۱۹۸۶، ۱۹۸۹، ۱۹۹۱، ۱۹۹۲، ۲۰۰۲، ۲۰۰۱، ۱۹۹۵	۲۰۰۳، ۲۰۰۲، ۱۹۹۹، ۱۹۹۸، ۱۹۹۶	۱۹۸۸
مجموع	۱۲	۳۷	۲۸	۱۲

۲-۶- آزمون معنی‌داری یافته‌ها

برای بررسی ناهمسازی معنی‌دار میان اندازه‌های بارش در دوران همزمانی فاز منفی MJO و پدیده لانینو (EL-N) و دوران همزمانی فاز مثبت MJO و پدیده لانینیا (La-P) از آزمون ناپارامتری Mann Whitney استفاده شد (Mann and Whitney, 1947). یافته‌های این آزمون نشان خواهد داد که آیا این همزمانی پدیده‌ها به گونه‌ای معنی‌دار اندازه بارش را افزایش یا کاهش می‌دهد؟ آیا میانگین بارش کشور در دوران (EL-N) با دوران (La-P) به گونه‌ای معنی‌دار نابرابرند؟

افزون بر اندازه میانگین، نیاز بود تا روشن شود که آیا فراوانی ماه‌های تر و خشک نیز با دوران‌های EL-N و La-P در پیوند است؟ آیا اینگونه نیست که رخداد این دوران‌ها تنها اندازه بارش و نه شمار دوران‌های تر و خشک را دچار نوسان کند؟ آیا اینگونه نیست که بارش فراوان در دو سه نوبت میانگین را افزایش داده باشد و در دیگر رخدادها بارش کمتر از میانگین بوده است؟ نیاز بود تا برای پاسخگویی درست به این پرسش‌ها آزمون ناپارامتری دقیق فیشر^۵ به کار گرفته شود (Agresti, 1992). در این آزمون همزمانی دوره‌های خشک و تر، یکی پس از دیگری، با چیرگی دوره‌های (La-P) و (EL-N) ارزیابی گردید (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۶).

برای انجام آزمون فیشر، برای هر ایستگاه یک جدول توافقی با دو سطر و دو ستون (۲×۲) فراهم شد. سطرها در بر گیرنده دوره‌های مشترک (EL-N) و (La-P) و ستون‌ها، نشانگر بسامد دوره‌های

سال‌هایی که در ماه نوامبر فاز منفی MJO با رخداد لانینو و یا فاز مثبت MJO با رخداد لانینیا همزمان شده است، یکی پس از دیگری، برابر ۳۵/۲ و یا ۶/۳ میلی متر می باشد.

پس از روشن ساختن این میانگین‌ها، نسبت میانگین بارش در دوره‌های (EL-N) به میانگین دراز مدت ماهانه $(\bar{R}_{i(EL-N)}/\bar{R}_i)$ و نسبت میانگین بارش در دوره‌های (La-P) به میانگین دراز مدت ماهانه $(\bar{R}_{i(La-P)}/\bar{R}_i)$ و همچنین نسبت میانگین بارش در دوره‌های (EL-N) به میانگین بارش در دوره‌های (La-P) $(\bar{R}_{i(EL-N)}/\bar{R}_{i(La-P)})$ محاسبه گردید که i نشانگر ماه می باشد. در مثال بالا اندازه $(\bar{R}_{i(EL-N)}/\bar{R}_i)$ و $(\bar{R}_{i(La-P)}/\bar{R}_i)$ برای ماه نوامبر ایستگاه شیراز برابر ۱/۶ و ۰/۲۹ می‌باشد.

اگر برای یک ماه نسبت $(\bar{R}_{i(EL-N)}/\bar{R}_i)$ بزرگتر یا کوچکتر از یک باشد، همزمانی لانینو با فاز منفی MJO یکی پس از دیگری، پر بارانی یا خشکی در آن ماه را در پی داشته است. هرچه اندازه این نسبت کمتر یا بیشتر از یک باشد، نشان این همزمانی بر کاهش یا افزایش بارش بیشتر است. همین داوری را می توان برای نسبت $(\bar{R}_{i(La-P)}/\bar{R}_i)$ داشت. در این پژوهش اندازه این نسبت‌ها برای هر یک از ایستگاه‌ها و در هر یک از شش ماه نوامبر تا آوریل بررسی شد. اندازه نسبت‌های یاد شده برای شیراز نشانگر آن است که همزمانی لانینو با فاز منفی MJO افزایش ۶۰ درصدی بارش را به دنبال دارد. در برابر، همزمانی پدیده لانینیا با فاز مثبت MJO کاهش ۷۱ درصدی بارش این ایستگاه را در پی دارد.

ارائه بهتر نقشه‌ها، نرم افزار GRADS به کار گرفته شد و در پایان نقشه‌های ترکیبی ارائه گردید.

۳- یافته‌ها و بحث

در ماه‌های ژانویه و مارس در بسیاری از ایستگاه‌ها نسبت $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i(La-P))$ بزرگتر از یک می‌باشد. با این همه، در هیچ یک از ایستگاه‌ها آزمون من ویتنی نشانگر فزونی معنی دار $(\bar{R}_i(EL-N))$ بر $(\bar{R}_i(La-P))$ نبود ($P > 0.05$). به دیگر سخن در همه ایستگاه‌های ارزیابی شده، رخداد فاز مثبت MJO و لائینیا و یا همزمانی فاز منفی MJO و النینو نشان معنی‌داری بر نوسان‌های بارش ژانویه و مارس نداشته است.

۳-۱- ماه فوریه

شکل ۲ الف پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو به میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i(La-P))$ را برای ماه فوریه نشان می‌دهد. پهنه‌های سایه‌دار نشانگر معنی دار بودن آزمون Mann Whitney در سطح معنی‌داری ۹۵٪ می‌باشد ($p < 0.05$). همان گونه که دیده می‌شود، بجز ایستگاه مشهد، در دیگر پهنه‌های ارزیابی شده میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوران النینو بیشتر از میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوران لائینیا می‌باشد. بیشترین افزایش بارش در پهنه‌های جنوب شرقی کشور (بیش از ۵۰۰ درصد) و کمترین افزایش بارش در پهنه‌های شمال و شمال غربی کشور (۱۰۰-۱ درصد) رخ می‌دهد.

بر پایه این شکل، در پهنه‌های سایه‌دار، اندازه بارش در دوران (EL, N) به گونه‌ای معنی‌دار بیشتر از بارش در دوره (La-P) است. در ایستگاه‌هایی که با ستاره نشان داده شده‌اند، آزمون دقیق فیشر در سطح معنی‌داری ۹۵٪ معنی‌دار است ($p < 0.05$). بنابراین، با جانشین شدن همزمان پدیده النینو و فاز منفی MJO، به جای پدیده لائینیا و فاز مثبت MJO، نه تنها اندازه بارش این پهنه‌ها افزایش می‌یابد بلکه شمار ماه‌ها و روزهایی که دارای بارش بیشتر هستند نیز فزونی می‌گیرد.

شکل ۲ ب پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو به میانگین درازمدت بارش $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i)$ را برای ماه فوریه نشان می‌دهد. بر پایه این شکل، در بیش از ۴۲ درصد ایستگاه‌ها، با چیرگی همزمان فاز منفی MJO و پدیده النینو، میانگین بارش افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش بارش

خشک و تر می‌باشند. معنی‌دار بودن این آزمون در سطح ۹۵٪ نشان پررنگ دوره‌های (EL-N) و (La, P) در رخداد ماه‌های تر و خشک را روشن می‌سازد. برای نمونه در ماه فوریه در ایستگاه زاهدان همزمان با چیره شدن دوره (EL-N) بسامد خشکسالی و ترسالی، یکی پس از دیگری، برابر ۱ و ۴ سال می‌باشد. به بیان دیگر، در چهار سال از پنج سال این دوره، بارش این ایستگاه بیشتر از میانگین بوده است (جدول ۴). همچنین در دوران (La-P) شمار سال‌های خشک و تر، یکی پس از دیگری، برابر ۷ و صفر می‌باشد. از آنجا که اندازه Pvalue کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد ($Pvalue=0.01$)، این آزمون در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۴- جدول توافقی با انگیزه نشان دادن همزمانی دوران خشک و تر با دوران مشترک (EL-N) و (La-P) در ایستگاه

زاهدان

مشاهده	خشک	تر	مجموع
La-P	۷	۰	۷
EL-N	۱	۴	۵
مجموع	۸	۴	۱۲
Pvalue=0.01			

۲-۷- کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در واکاوی و نمایش یافته‌ها

برای واکاوی و نمایش پراکنش جغرافیایی تأثیر فازهای مشترک دو پدیده ENSO و MJO از سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. با بکارگیری یکی از روش‌های درون‌یابی، لایه رستری وابسته به نسبت‌های بدست آمده در ایستگاه‌های مورد ارزیابی فراهم گردید و سپس با لایه مرز کشور به صورت یک نقشه نمایش داده شد. به کارگیری روش معکوس فاصله وزنی $(IDW)^7$ که توسط Tobler (1970) ارائه شده است از معتبرترین روش‌ها برای پیش‌بینی اندازه‌های بارش در گستره‌های بدون ایستگاه می‌باشد (Cheng et al., 2001).

۲-۸- تهیه نقشه‌های سازندهای جوی

با انگیزه پایش نحوه ورود توده‌های رطوبتی بارانزا، نقشه‌های وابسته به اندازه‌های انحراف از میانگین شدت بارش در سطح زمین (Precipitation, Surface level) و بادهای برداری سطوح ۸۵۰ میلی بار جو (Vector wind, 850 mb) در گستره خاور میانه، در دو دوره همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو و چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا از پایگاه اطلاعاتی سازمان ملی اقیانوسی و جوی آمریکا NOAA^۸ فراهم گردید. سپس برای واکاوی آسانتر و

در پهنه‌های جنوب شرقی و برخی از پهنه‌های مرکزی در ایستگاه‌های ایرانشهر و یزد (۱۰۰-۸۱ درصد) رخ می‌دهد. در دیگر گستره‌های کشور میانگین بارش با چیرگی همزمان فاز منفی MJO و پدیده النینو کاهش ۴۵ تا ۱۰۰ درصدی را در پی داشته است که این کاهش بیشتر در پهنه باختری کشور هویدا می‌باشد.

شکل ۲ ج پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا به میانگین درازمدت بارش $(\bar{R}_{i(La-P)})/\bar{R}_i$ را برای ماه فوریه نشان می‌دهد. بجز ایستگاه‌های مشهد و گرگان در دیگر ایستگاه‌های ارزیابی شده، با چیرگی همزمان فاز مثبت MJO و پدیده لائینیا میانگین بارش ماه فوریه کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش بارش در پهنه‌های جنوبی کشور در ایستگاه‌های ایرانشهر، بندرعباس، بندر لنگه، بوشهر و آبادان (۱۰۰-۷۵ درصد) دیده می‌شود. به دیگر سخن با رخداد همزمان پدیده لائینیا و فاز مثبت MJO در این ایستگاه‌ها انباشت‌های آبی با کاهش زیادی روبرو می‌باشد. این در حالی است که در پهنه‌های شمال غرب و شمال در ایستگاه‌های خوی، تبریز، ارومیه، سقز، زنجان، رامسر و بابلرس این کاهش نزدیک به ۲۵ درصد است. در ایستگاه‌های مشهد و گرگان چیرگی این دوران نوید بخش دوره تر و افزایش ترسالی می‌باشد.

افزون بر بادهایی که از سوی جنوب باختری به درون کشور می‌آیند، بادهای جنوبی از سوی شمال اقیانوس هند و دریای عمان و خلیج فارس نیز به سوی گستره‌های جنوبی کشور روانه می‌گردند. این بادهای توده هواهای گرم و نمناک را به گستره‌های یاد شده آورده و با افزایش نمناکی هوا به ناپایداری جو و رخداد بارش دامن می‌زنند. این بادهای پس از گذر از جنوب ایران با سرعت کمتری به بخش‌های مرکزی می‌رسند تا آنکه پیشروی آنها از سوی بادهای شمال‌وزان جلوگیری شده و بناچار از مرزهای باختری راهی کشور عراق می‌شوند.

در دوران رخداد پدیده لائینیا، چیرگی فاز مثبت MJO نشان‌های ناگوار این پدیده را پر رنگ‌تر کرده و کشور ایران را دچار کاهش شدید انباشت‌های آبی می‌نماید. در این دوران گستره جنوب و جنوب غرب کشور بیشترین شدت خشکسالی را می‌آزمایند (شکل ۳ ب). این شکل نشان می‌دهد در این دوران باد نمناکی را از پهنه‌های آبی دریای خزر راهی بخش‌های درونی کشور می‌کند. از آنجا که بادهای شمالی دارای آب فراوانی نیستند، بارش‌های دامنه‌داری را نیز تولید نمی‌کنند. سپس این سامانه وارد کشورهای عراق و عربستان و از آنجا به گونه‌ای شرقی وزان به اقیانوس هند نفوذ می‌کند.

۳-۲- ماه آوریل

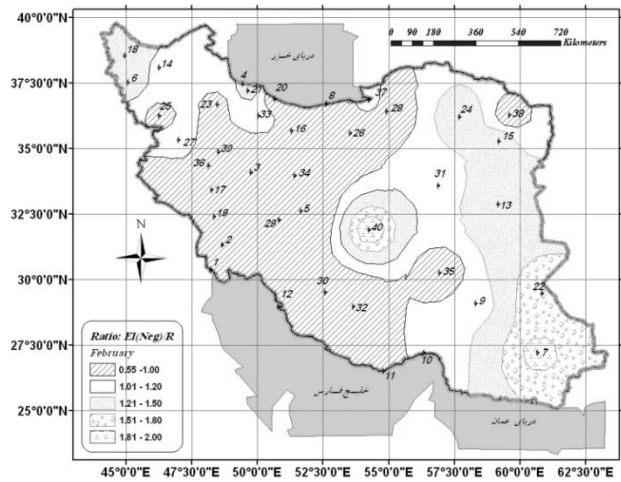
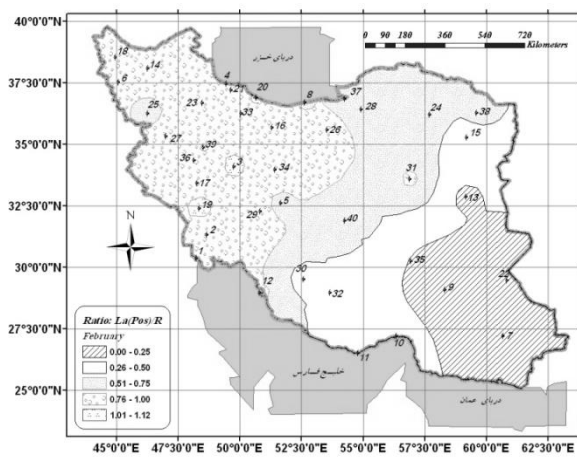
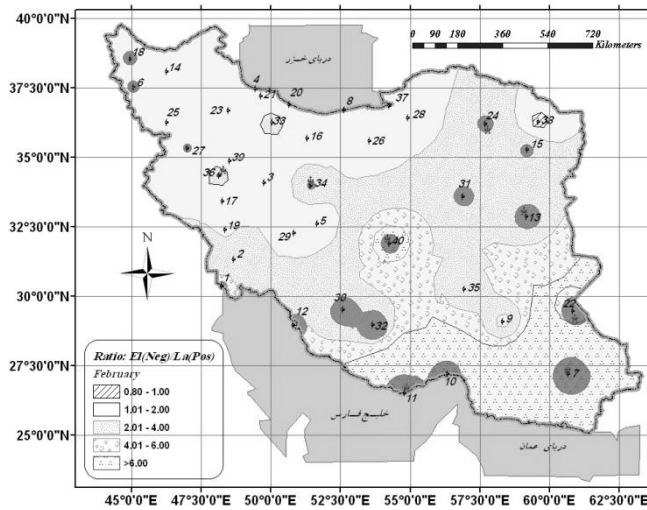
در ماه آوریل تنها در ۴ ایستگاه بیرجند، تربت حیدریه، طبس و یزد چیرگی فازهای مشترک دو پدیده نشان معنی‌داری بر نوسان‌های بارش داشته است ($p < 0.05$). در دیگر ایستگاه‌ها ناهمسازی معنی‌داری میان اندازه بارش یافت نشد. از این روی در این پهنه‌ها انتظار می‌رود که چیرگی همزمان پدیده النینو و فاز منفی MJO، افزایش بارش و چیرگی همزمان پدیده لائینیا و فاز مثبت MJO کاهش بارش و افت در انباشت‌های آبی را به دنبال داشته باشد.

۳-۳- ماه نوامبر

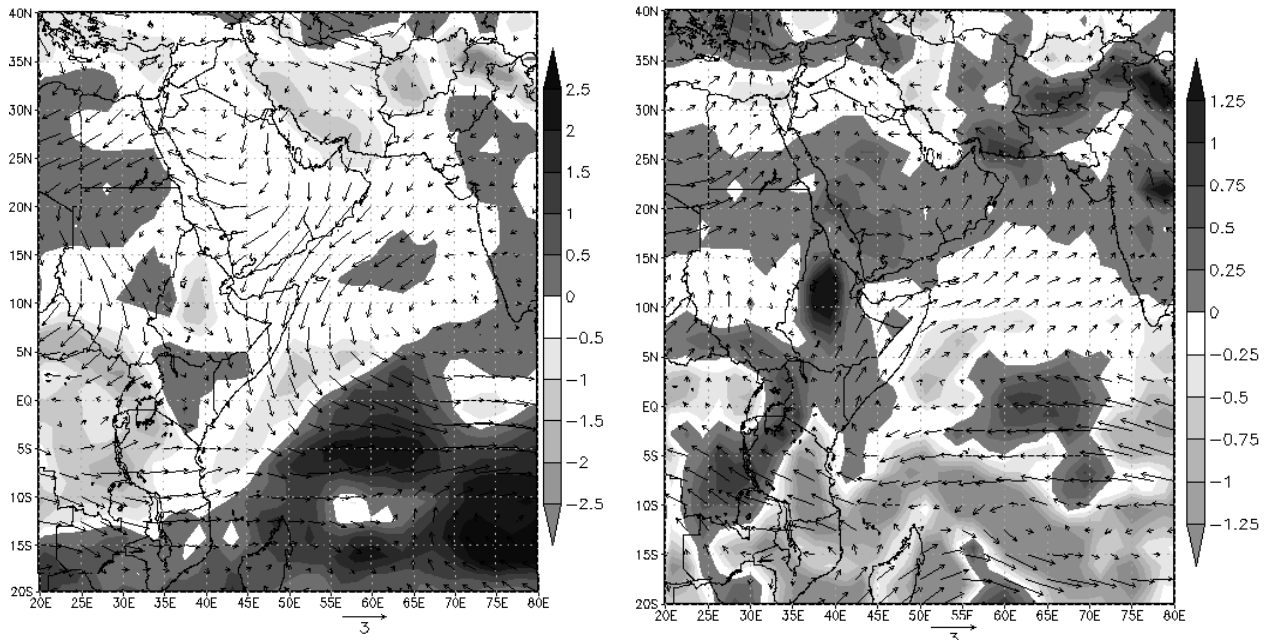
پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو به میانگین دراز مدت بارش $(\bar{R}_{i(La-P)})/\bar{R}_{i(EL-N)}$ برای ماه نوامبر در شکل ۴ الف نشان داده شده است. در همه گستره‌های کشور میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوران النینو بیشتر از میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوران لائینیا می‌باشد. این نشان در نیمه جنوبی کشور چشمگیرتر است به گونه‌ای که میانگین بارش در دوران (EL-N) بیش از شش برابر (۵۰۰ درصد افزایش) میانگین بارش در دوران (La-P) می‌باشد. این در حالی است که در ایستگاه‌های تبریز، زنجان، مشهد و پهنه‌های ساحلی دریای خزر،

در شکل ۳ الف اندازه‌های انحراف از میانگین شدت بارش سطحی (mm/day) و بادهای برداری لایه ۸۵۰ میلی‌بار در گستره خاورمیانه همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو (EL-N) نشان داده شده است. قسمت‌های سایه‌دار نشانگر اندازه‌های انحراف از میانگین شدت بارش و پیکان‌های مشکی سوی باد را نشان می‌دهد. بر پایه این شکل، اندازه انحراف از میانگین بارش در گستره‌های شرقی و بخشی از گستره شمال غرب کشور، مثبت می‌باشد. به دیگر سخن در این گستره‌ها همزمان با چیرگی این فاز اندازه رخداد بارش نسبت به میانگین دراز مدت فزونی (۱-۰/۱ mm/day) گرفته و ترسالی رخ داده است. این در حالی است که در دیگر گستره‌های کشور چیرگی این دوران منجر به کاهش بارش گردیده است.

همانگونه که پیش از این گفته شد، بیشترین افزایش بارش در پهنه جنوب شرقی و کمترین آن در پهنه جنوب غربی دیده می‌شود. در این شکل اندازه‌های انحراف از میانگین بادهای برداری در لایه ۸۵۰ میلی‌بار جو برای این دوران (النینو و فاز منفی MJO) نیز نشان داده شده است. بادهای شرقی وزان از سراسر اقیانوس هند عبور کرده و در بازه عرض جغرافیایی ۴۵ تا ۴۰ درجه شرقی تغییر سوی داده و با گذر از شاخ آفریقا، سودان، دریای سرخ، عربستان و خلیج فارس راهی ایران می‌گردند.



شکل ۲- پراکنش جغرافیایی $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i(La-P))$ (الف)، $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i)$ (ب) و $(\bar{R}_i(La-P)/\bar{R}_i)$ (ج) در ماه فوریه



شکل ۳- انحراف از میانگین شدت بارش (mm/day) و بادهای ۸۵۰ mb دوران (الف) (La-P) و (ب) در فوریه

فزونی میانگین بارش در دوران النینو و فاز منفی MJO در سنجش با دوران لائینیا و فاز منفی MJO به ۱ تا ۱۰۰ درصد می‌رسد.

همان‌گونه که دیده می‌شود، از ۴۰ ایستگاه ارزیابی شده، تنها در ۱۱ ایستگاه (۲۷٪ ایستگاه‌ها) جابجایی فازهای مشترک دو پدیده می‌تواند به گونه‌ای معنی‌دار بارش و رخداد دوران خشک و تر را دچار نوسان کند ($p < 0.05$). بیشتر این ایستگاه‌ها در نیمه غربی کشور جای دارند. یافته‌های آزمون دقیق فیشر نشان می‌دهد که جابجایی فازهای مشترک این دو پدیده می‌تواند به گونه‌ای معنی‌دار شمار روزهای تر و خشک ایستگاه‌های آبادان، اهواز، کرمانشاه و اهواز و بندر لنگه را دچار نوسان کند.

شکل ۴ ب پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو به میانگین درازمدت بارش $(\bar{R}_{i(EL-N)}/\bar{R}_i)$ را برای ماه نوامبر نشان می‌دهد. همانگونه که دیده می‌شود، در بیشتر پهنه‌های کشور چیرگی فاز منفی MJO در دوران النینو، فزونی بارش ماه نوامبر و انباشت‌های آبی را در پی دارد. این فزونی در نیمه جنوبی و بویژه ایستگاه‌های ایرانشهر و زاهدان (۱۳۱ تا ۱۷۰ درصد) بسیار چشمگیرتر است.

پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا به میانگین درازمدت بارش $(\bar{R}_{i(La-P)}/\bar{R}_i)$ برای ماه نوامبر در شکل ۴ ج نشان داده شده است. بر پایه این شکل در همه گستره‌های کشور با چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا، میانگین بارش کمتر از میانگین دراز مدت می‌باشد. کمترین اندازه کاهش در گستره‌های شمالی (۱۰ تا ۳۲ درصد) و بیشترین اندازه کاهش در گستره‌های جنوب باختری و جنوب خاوری (۷۵ تا ۱۰۰ درصد) در ایستگاه‌های آبادان، اهواز، دزفول، اصفهان، بندر لنگه، بندر عباس، کرمان، بم و ایرانشهر می‌باشد.

یافته‌ها نشانگر آن است که در دوران (La-P)، بارش ماه نوامبر ایستگاه‌های کم بارش پهنه جنوب شرقی بسیار کم و شکننده می‌باشد. در ایستگاه‌های مشهد، بم، شیراز، خرم‌آباد، اراک، همدان، زنجان و گرگان گرچه با رخداد دوران النینو و فاز منفی MJO بارش کاهش می‌یابد، ولی این کاهش در سنجش با دوران لائینیا و فاز مثبت MJO ناچیز می‌باشد.

۳-۴- ماه دسامبر

شکل ۵ الف پراکنش جغرافیایی نسبت میانگین بارش همزمان با

چیرگی فاز منفی MJO در دوره النینو به میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوره لائینیا $(\bar{R}_{i(La-P)}/\bar{R}_{i(EL-N)})$ را در ماه دسامبر نشان می‌دهد. بجز ایستگاه اراک در همه پهنه‌های کشور میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز منفی MJO در دوران النینو بیشتر از میانگین بارش همزمان با چیرگی فاز مثبت MJO در دوران لائینیا می‌باشد. این نسبت در گستره‌های غربی کشور کمترین اندازه (۱ تا ۲ برابر) و در گستره‌های شرقی و بویژه جنوب شرقی کشور بیشترین اندازه (بیش از ۴ برابر) را دارد.

یافته‌های آزمون Mann Whiteny نشان داد تنها در ۳۲٪ از ایستگاه‌های ارزیابی شده که بیشتر در پهنه جنوبی و جنوب شرقی کشور جای دارند، چیرگی فازهای مشترک دو پدیده (فاز مثبت MJO و لائینیا و فاز منفی MJO و النینو) نشان معنی‌داری در سطح ۹۵٪ بر نوسان‌های بارش ماه دسامبر داشته است ($p < 0.05$). یافته‌های آزمون دقیق فیشر نیز نشان داد که تنها در ایستگاه‌های بم زاهدان و تربت حیدریه جابجایی فازهای مشترک این دو پدیده می‌تواند نشان معنی‌داری بر شمار روزهای تر و خشک داشته باشد.

شکل ۵ ب مانند شکل ۴ ب ولی برای ماه دسامبر است. همان‌گونه که دیده می‌شود، بجز ایستگاه‌های کاشان، اراک و گرگان در همه ایستگاه‌های ارزیابی شده، رخداد همزمان فاز منفی MJO و پدیده النینو افزایش بارش و ترسالی را در پی دارد. این افزایش در پهنه‌های جنوب شرقی به بیشترین اندازه خود می‌رسد به گونه‌ای که در ایستگاه بندرعباس با چیرگی این دوران (EL-N) انباشت‌های آبی ۹۰ تا ۱۱۵ درصد فزونی می‌گیرد. در برابر، با چیرگی همزمان فاز مثبت MJO و پدیده لائینیا میانگین بارش ماه نوامبر در بیشتر ایستگاه‌های ارزیابی شده کاهش یافته است (شکل ۵ ج). بیشترین کاهش بارش در پهنه‌های جنوب شرقی (۷۰ تا ۱۰۰ درصد) دیده می‌شود. این در حالی است که در پهنه‌های غربی این نشان کمتر و تا مرز ۱ تا ۳۰ درصد کاهش بارش می‌رسد.

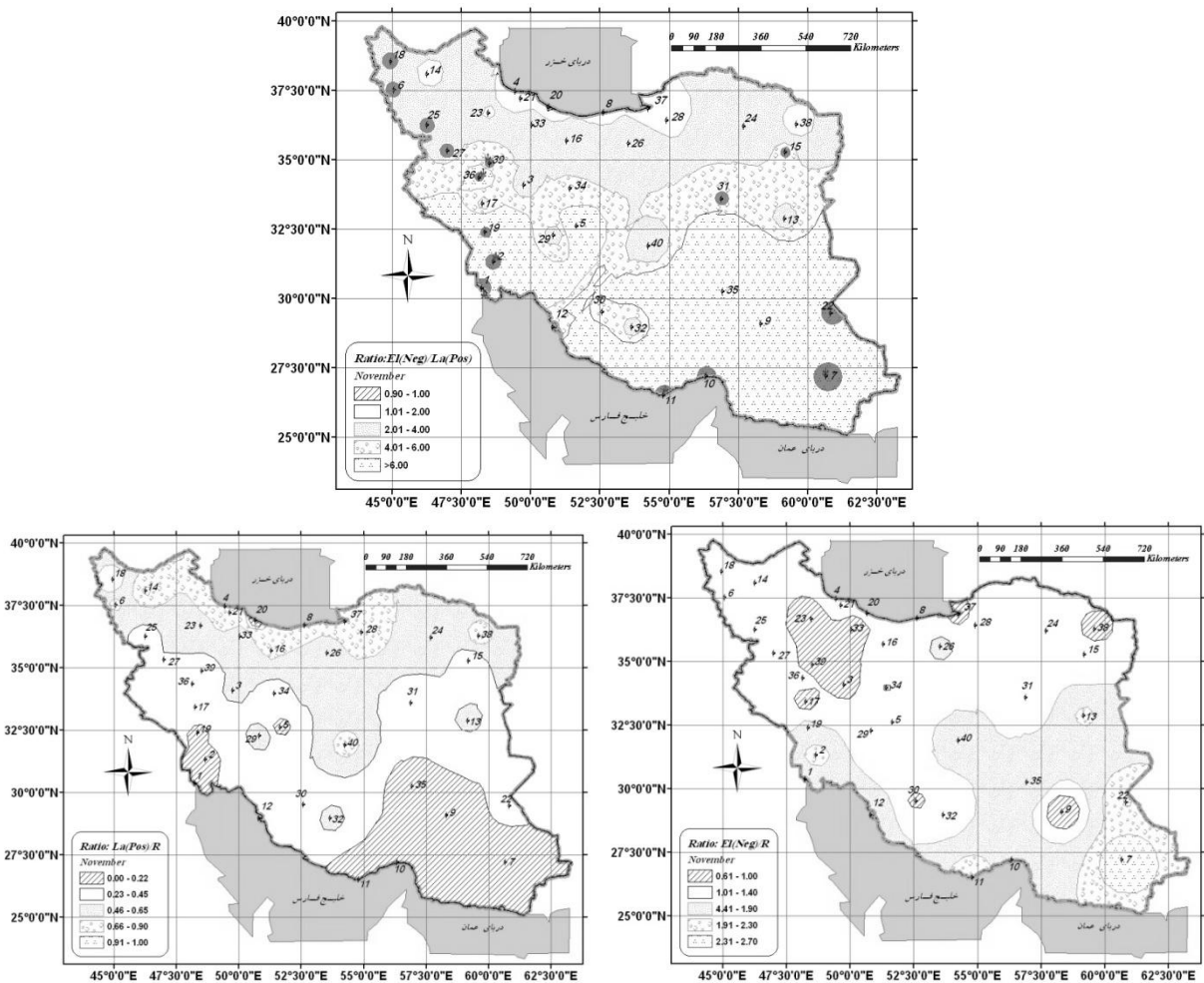
۴- نتیجه‌گیری

در راستای ارزیابی ماهانه برهمکنش دو پدیده ENSO و MJO بر رخداد دوران‌های تر و خشک کشور ایران، داده‌های ماهانه بارش ۴۰ ایستگاه گوناگون همدیدی و اقلیم‌شناسی در بازه زمانی ۳۴ ساله (۲۰۰۷-۱۹۷۴) واکاوی گردید. دستاوردهای این پژوهش نشان داد که در ماه‌های ژانویه و مارس، گرچه میانگین بارش در دوران همزمانی لائینیا با فاز مثبت MJO (La-P) کمتر از دوران همزمانی النینو با فاز منفی MJO (El-N) است، لیکن این نابرابری از دیدگاه آماری معنی‌دار نیست. این نابرابری در ماه آوریل نشان معنی‌داری

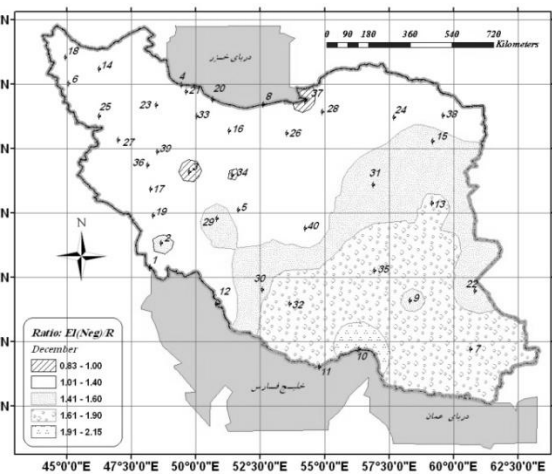
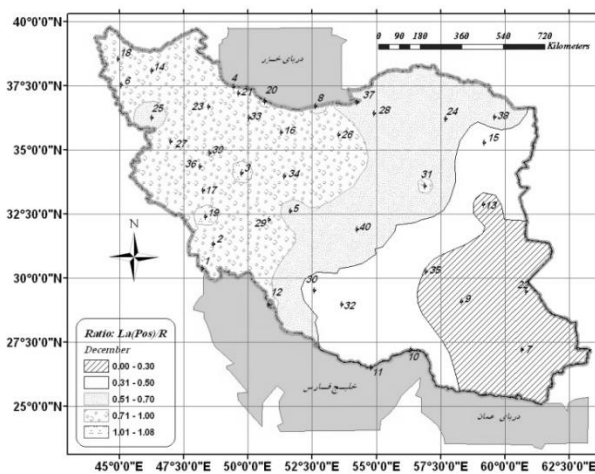
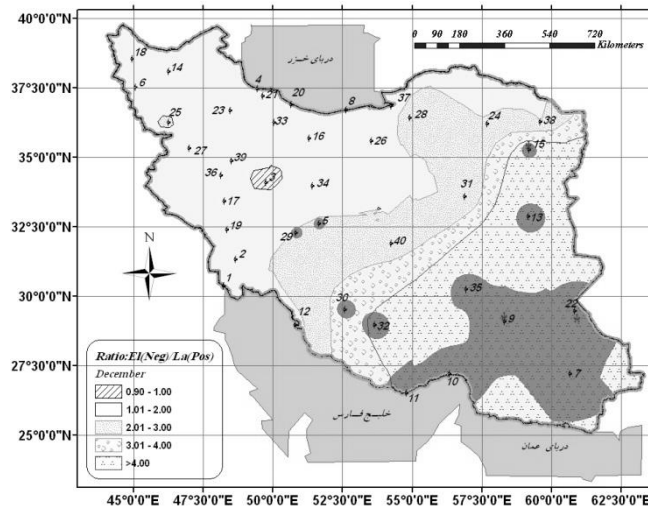
خشکسالی را افزایش داده است. در بیش از ۳۰٪ پهنه‌های کشور اندازه بارش ماه‌های نوامبر و دسامبر در دوران (El-N) به گونه‌ای معنی‌دار بیشتر از همانند آن در دوره (La-P) بود. در این دو ماه نیز ایستگاه‌های کویری همچون بم، ایرانشهر، زاهدان و ایستگاه‌های نیمه جنوبی کشور همچون بندرعباس، بندرلنگه، آبادان و شیراز واکنش خوبی به برهمکنش دو پدیده نشان داده‌اند. برای نمونه، در ماه نوامبر چیرگی پدیده النینو و فاز منفی MJO افزایش ۴۲ درصدی و چیرگی پدیده لانینیا و فاز مثبت کاهش ۱۰۰ درصدی را در انباشت‌های آبی ایرانشهر به همراه داشته است. بررسی نقشه‌های سازندهای جوی نیز گویای این بود که با چیرگی همزمان فاز منفی MJO با پدیده النینو، باد رطوبت را از سوی اقیانوس هند وارد کشور می‌کند. از سوی دیگر با چیرگی همزمان فاز مثبت MJO با پدیده لانینیا سوی باد برعکس شده و بادهای غرب‌وزان اقیانوس هند رطوبت را از کشور خارج می‌سازد.

بر بارش ایستگاه‌های بیرجند، تربت حیدریه، طبس و یزد داشته است، به گونه‌ای که چیرگی همزمان پدیده النینو و فاز منفی MJO افزایش نزدیک ۱۰۰٪ و چیرگی همزمان پدیده لانینیا و فاز مثبت MJO کاهش نزدیک ۵۰٪ انباشت‌های آبی این ایستگاه‌ها را پی داشته است.

در ماه فوریه در ۴۲٪ از ایستگاه‌ها اندازه بارش در دوران (El-N) به گونه‌ای معنی‌دار بیشتر از همانند آن در دوره (La-P) بود. بیشتر این ایستگاه‌ها در پهنه‌های خاوری و جنوبی کشور جای گرفته‌اند. برای نمونه در ایستگاه ایرانشهر چیرگی پدیده النینو و فاز منفی MJO بارش را ۹۰٪ افزایش و چیرگی پدیده لانینیا و فاز مثبت MJO بارش را ۹۶٪ کاهش داده است. این در حالی است که چیرگی پدیده لانینیا و چیرگی فاز مثبت MJO هر کدام به تنهایی، یکی پس از دیگری، کاهش ۵۱ و ۴۵ درصدی بارش را به همراه دارند. از این روی، همراه شدن فاز مثبت MJO و پدیده لانینیا شدت



شکل ۴- پراکنش جغرافیایی $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i(La-P))$ (الف)، $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i)$ (ب) و $(\bar{R}_i(La-P)/\bar{R}_i)$ (ج) در ماه نوامبر



شکل ۵- پراکنش جغرافیایی $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i(La-P))$ (الف)، $(\bar{R}_i(EL-N)/\bar{R}_i)$ (ب) و $(\bar{R}_i(La-P)/\bar{R}_i)$ (ج) در ماه دسامبر

شرقی با استفاده از شاخص چند متغیرهٔ انسو^۱، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۵۷، صص ۲۶-۱۵.

ناظم السادات، س. م. ج.، انصاری بصیر، ا. و پیشوایی، م. ر. (۱۳۸۶)، "ارزیابی سطح معنی داری برای پیش بینی دوران خشکسالی و ترسالی فصل پاییز و شش ماهه سرد ایران بر اساس وضعیت فازهای تابستانه ENSO"، مجله تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۳، شماره ۱، صص ۲۴-۱۲.

ناظم السادات، س. م. ج. و قائد امینی، ح. (۱۳۸۶)، "بررسی تأثیر نوسانات ماندن جولیان بر وقوع کرانه بالایی و پایینی بارش (سیلاب و خشکی) ماههای بهمن تا فروردین در استان فارس"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۲، شماره ۴۶، صص ۸۹-۷۷.

Agresti, A. (1992). "A Survey of Exact Inference for Contingency Tables", *Statistical Science*, Vol. 7, pp. 131-153.

پی نوشتها

- 1- Madden Julian Oscillation, MJO
- 2- El Niño - Southern Oscillation, ENSO
- 3- Subtropical High
- 4- Southern Oscillation Index, SOI
- 5- Fisher exact test
- 6-Inverse Distance Weighted, IDW
- 7- National Oceanic and Atmospheric Administration

۵- مراجع

احمدی گیوی، ف.، پرهیزکار، د. و حجام، س. (۱۳۸۸)، "بررسی اثر انسو بر توزیع بارش فصلی ایران در دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱"، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۵، شماره ۴، صص ۱۱۳-۹۵.

خورشید دوست، ع. م. و قویدل رحیمی، ی. (۱۳۸۵)، "ارزیابی اثر پدیده انسو بر تغییرپذیری بارش های فصلی استان آذربایجان

- Iran”, *Interaction Journal of Climatology*, No. 20, pp. 47-61.
- Nazemosadat, M. J. and Ghasemi, A. R. (2004). “Quantifying the ENSO Related Shifts in the intensity and probability of Drought and Wet periods in Iran”, *Journal of Climate*, Vol. 17, No. 20, pp. 4005-4018.
- 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. Journal of Climate*, Vol. 23, pp. 887-904.
- Nitta, T. and Motoki, T. (1987). “Abrupt enhancement of convective activity and low-level westerly burst during the onset phase of the 1986–87 El Niño”, *Journal of Meteor. Soc. Japan*, Vol. 65, pp. 497-506.
- Ropelewski, C. F. and Halpert, M. S. (1996). “Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships”, *Journal of Climate*, Vol. 9, pp. 1043-1059.
- Sabziparvar, A. A., Mirmasoudi, S. H., Tabari, H. and Nazemosadat, M. J. (2011). “ ENSO teleconnection impacts on reference evapotranspiration variability in some warm climates of Iran”, *Interaction Journal of Climatology*, Vol. 31, No. 11 , pp. 1710-1723.
- Tobler, W. (1970). “A computer movie simulating urban growth in the Detroit region”, *Economic Geography*, Vol. 46, pp. 234-240.
- Trenberth, K. E. (1997). “The definition of El Niño”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* Vol. 78, pp. 2771-2777.
- Wheeler, M. and Hendon, H. (2004). “An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction” *Mon. Wea. Rev.* Vol. 132, pp. 1917-1932.
- Zhang, C. and Gottschalck, J. (2002). “SST Anomalies of ENSO and the Madden-Julian oscillation in the equatorial Pacific”, *Journal of Climate*, Vol. 15, pp. 2429–2445.
- Zhang, C. (2005). “Madden-Julian Oscillation”, *Reviews of Geophysics*, Vol. 43, RG2003, 36 pp.
- Cheng, Q., Bonham-Carter, G. F. and Raines, G. L. (2001). “GeoDAS-A new GIS system for spatial analysis of geochemical data sets for mineral exploration and environmental assessment”, *The 20th International Geochemical Exploration Symposium (IGES)*, 6-10 May, Santiago de Chile, pp. 42-43.
- Hendon, H. H., Wheeler, M. and Zhang, C. (2007). “Seasonal dependence of the MJO-ENSO Relationship”, *Journal of Climate*, Vol. 20, pp. 531–543.
- [Http://www.bom.gov.au/index.shtml](http://www.bom.gov.au/index.shtml)
- [Http://cawcr.gov.au/staff/mwheeler/maproom/RMM](http://cawcr.gov.au/staff/mwheeler/maproom/RMM)
- Jones, C. (2000). “Occurrence of extreme precipitation events in California and relationships with the Madden-Julian oscillation”, *Journal of Climate*, No. 13, pp. 3576-3587.
- Kessler, W. S. and Kleeman, R. (2000). “Rectification of the Madden-Julian Oscillation into the ENSO cycle”, *Journal of Climate*, Vol. 13, pp. 3560–3575.
- Kessler, W. S. (2001). ” EOF representations of the Madden-Julian oscillation and its connection with ENSO”, *Journal of Climate*, Vol. 14, pp. 3055–3061.
- Lau, K. M., Peng, L., Nakazawa, T. and Sui, C. H. (1989). “Dynamics of super cloud clusters, westerly wind bursts, 30–60 day oscillations and ENSO – An unified view”, *Journal of Meteor. Soc. Japan*, Vol. 67, pp. 205–219.
- Maharaj, E.A. and Wheeler, M. C. (2005). “Forecasting an index of the Madden-oscillation”, *Interaction Journal of Climatology*, Vol. 25, pp. 1611-1618.
- Man, H. B. and Whitney, D. R. (1947). “On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other”, *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. 18, pp. 50-60.
- McPhaden, J. M. (1999). “Genesis and evolution of the 1997–98 El Niño”, *Science*, Vol. 283, pp. 950–954.
- Nazemosadat, M. J. and Cordery, I. (2000). “On the relationships between ENSO and autumn rainfall in