

## نشان جداگانه و هم‌زمان پدیده‌های ENSO و PDO بر رخداد خشک‌سالی و ترسالی پاییزه جنوب ایران

حبیب‌اله قائدامینی<sup>۱\*</sup>، سید محمد جعفر ناظم‌السادات<sup>۱</sup>، مرجان کوهی زاده<sup>۱</sup> و علی اکبر سبزی پرور<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده کشاورزی، مرکز پژوهش‌های علوم جوی اقیانوسی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران  
<sup>۲</sup>دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، همدان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۶)

### چکیده

پدیده النینو نوسان‌های جنوبی (ENSO) در پیوند بنیادین با افزایش یا کاهش دمای سطح آب در پهنه استوایی اقیانوس آرام است. در برابر، نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO) نشان‌دهنده نوسان دمایی سطح آب در گستره شمال شرقی این اقیانوس (آرام) است. نشان این پدیده‌ها بر آب‌وهوای جهانی هنگامی به‌خوبی آشکار می‌شود که این رخدادها در یکی از فازهای حادی خود یعنی فاز بسیار گرم (مثبت) و یا بسیار سرد (منفی) باشند. در این پژوهش، نشان جداگانه و جفت شده این دو پدیده جوی-اقیانوسی بر بارش پاییزه ۳۰ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی جنوب ایران در دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵ ارزیابی شد. یافته‌ها نشان‌دهنده آن است که در هنگام رخداد پدیده El Niño یا La Niña بارش پاییزه جنوب غرب ایران به گونه‌ای معنی‌دار، به‌ترتیب افزایش یا کاهش می‌یابد. نشان این دو پدیده بر نوسان‌های بارش در جنوب شرق کشور معنی‌دار نبود تا اندازه‌ای ناهمساز با ENSO، رخداد فازهای مثبت یا منفی پدیده PDO به‌ترتیب، افزایش یا کاهش بارش پاییزه بخش‌های جنوب شرقی کشور را در پی دارد. در پهنه جنوبی ایران بیشترین افزایش بارش در هنگامی رخ داده است که پدیده El Niño با فاز مثبت PDO هم‌زمان شده است. در چنین دورانی افزایش بارش نسبت به میانگین درازمدت در بیشتر گستره‌های جنوب غربی بین ۵۰ تا ۹۰ درصد و در گستره‌های جنوب شرقی کشور میان ۳۰ تا ۵۰ درصد برآورد شد. خشک‌سالی‌های پاییزه بیشتر در دورانی رخ داده که پدیده La Niña با فاز منفی PDO هم‌زمان شده است. در چنین دورانی کاهش بارش پاییزه در پهنه جنوب غربی بین ۶۸ تا ۱۰۰ درصد و در بیشتر گستره‌های جنوب شرقی کشور بین ۳۷ تا ۶۷ درصد برآورد شد. اگرچه بارش پاییزه جنوب ایران هم‌زمان با رخداد پدیده ENSO و PDO نوسان پیدا می‌کند، ولی نشان این پدیده‌ها بر رخداد دوران‌های خشک و تر هنگامی ریزبینانه‌تر است که هر دو پدیده با هم ارزیابی شوند.

واژه‌های کلیدی: ENSO، PDO، بارش پاییزه، برهم‌کنش، جنوب ایران

### Individual and coupled effects of the ENSO and PDO on autumnal dry and wet periods in the southern parts of Iran

Habib Alah Ghaedamini<sup>1\*</sup>, Mohammad Jafar Nazemosadat<sup>1</sup>, Marjan Koohezadeh,<sup>1</sup> and Ali Akbar Sabziparvar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Atmospheric-Oceanic Sciences Researches Center, Shiraz University, Shiraz, Iran

<sup>2</sup>Department of Irrigation, Bu-Ali Sina University, Hamedan

(Received: 12 May 2013, accepted: 15 February 2014)

## Summary

The El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is strongly connected to the inter-annual to inter-seasonal variations of Sea Surface Temperature (SST) over the Pacific Ocean equators. On the other hand, the Decadal Pacific Oscillation (PDO) is related to near decadal fluctuations of the Pacific SSTs in the northeastern parts of the ocean. The influence of these oscillations on the global climate is generally more obvious when the ENSO or PDO is in its extreme condition. For such circumstances, the SST anomalies over a per-defined Ocean waters are highly positive or negative (positive or negative phase, respectively).

The present study has made an effort to analyze the individual and the coupled effects of the ENSO or PDO on the occurrence of the autumnal dry or wet periods in southern parts of Iran for the period 1951-2005. Regional maps of precipitation and vector wind were also produced to extend the outcome of the present study for the Middle East region. Total precipitation during the October-December period was collected for 30 rain-gauge stations spread in various parts of southern Iran. In addition to precipitation, monthly values of the October-December SST anomalies over the Niño 3.4 region were also extracted from the webpage of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). These monthly data were then averaged to three monthly (seasonal) records that were used as the ENSO indicator. Years related to the rank 1 to 18 and 37 to 55 (18 years each) were registered as the ENSO negative (El Niño) and positive (La Niña) phases, respectively. A similar procedure was also used to detect 18 years of the negative or positive phase of the PDO. The events that El Niño or La Niña years were coincided with the positive or negative phase of the PDO were then investigated. It was found that out of 18 years of La Niña, for 10 or 7 years, the PDO was in its negative (La-LPDO) or positive phase (La-HPDO), respectively. Similarly, out of 18 years of El Niño, the PDO was in its positive (El-HPDO) or negative (El-LPDO) phase for 8 and 5 years. For each individual station, mean precipitation for the El Niño, La Niña events as well as for the opposite phases of the PDO were examined. Furthermore, the autumnal precipitation was also investigated and compared for the La-LPDO, La-HPDO, El-LPDO, El-HPDO events.

In addition to the rain-gauge data, the regional maps of precipitation and 850 hPa vector wind anomalies were also produced using the <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl> webpage. These maps were generated for the opposite phases of ENSO, PDO and for the La-LPDO and El-LPDO periods. The GrADS software was then used to overlay the produced maps of precipitation and the 850-hPa vector wind. The interpretation of these overlaid maps was found to be an efficient approach for understanding the impact of the considered tele-connections on the atmospheric circulation and rain-bearing airflows.

The results indicated that, for the southwestern parts of the country, precipitation has been significantly suppressed or enhanced during the La Niña or El Niño event, respectively. This suppression or enhancement, however, was not significant for the southeastern districts. Although the above or below normal precipitation in the southern parts of Iran was generally coincided with the PDO positive or negative phase, the effects of this oscillation on the precipitation variability were found to be significant for southeastern rather than southwestern parts of the country. In other words, while the precipitation variability in the southwestern parts of the country is more sensitive to the ENSO status, the PDO is more influential on the precipitation characteristics in southeastern districts. The more dry or wet event was recognized as the periods that La Niña or El Niño is, respectively, coincided with the negative or positive phase of the PDO

(La-LPDO and El-HiPDO, respectively). For the La-LPDO events, the precipitation deficiency was estimated as 68% to 100% for the southwestern and 37% to 67% for the southeastern districts. On the other hand, the occurrence of the El-HiPDO has enhanced the autumnal precipitation by about 50% to 90% in the southwest and 30% to 50% in the southeast parts of Iran.

According to the given results, occurrence of the El Niño event intensifies the westerly or southwesterly airflows which carry the Red Sea, Mediterranean Sea and Persian Gulf's moistures to most parts of the Middle Eastern regions including most parts of Iran, Iraq, eastern coasts of the Mediterranean Sea, the Arabian Peninsula and Afghanistan. Furthermore, intensification of the near-surface easterly, southeasterly or southwesterly circulation over northwestern parts of the Indian Ocean also pushes substantial amounts of water vapor to the Arabian Peninsula and southern parts of Iran for such spells. The characteristics of atmospheric circulation during the PDO positive phase are mostly similar to that of the El Niño, though the latter is more vigorous than the former. The most/least strengths of these moisture-laden circulations are associated with the El-HiPDO/La-LPDO epochs.

**Keywords:** ENSO, PDO, precipitation, interaction, southern Iran

#### ۱ مقدمه

خشک‌سالی و سرمازدگی در این پهنه‌ها نسبت به پهنه‌های شمالی کشور بیشتر است. رخداد این آسیب‌ها به همه کارکردهای شهری و روستایی زیان می‌رساند و با رکود اقتصادی، بیکاری و غیر اقتصادی شدن بخش‌های مهم تولیدی همراه است.

بارش گستره‌های جنوبی کشور در هریک از بازه‌های زمانی روزانه، ماهانه، فصلی، سالانه و دهه‌ای نوسان‌های فراوانی دارد. ارزیابی‌ها نشان‌دهنده آن است که این نوسان‌ها در پیوند با پدیده‌های بزرگ‌مقیاس اقلیمی و همچنین ویژگی‌های محلی هستند. برای نمونه، بخش بزرگی از تغییرات سالانه و فصلی بارش در ایران با نوسان‌های پدیده ال‌نینو-نوسان‌های جنوبی (ENSO Niño Southern Oscillation, ENSO) توجیه می‌شود. یافته‌های ناظم‌السادات و قاسمی (۲۰۰۴) و ناظم‌السادات و کوردری (۲۰۰۰) برای ارزیابی پیوند بین بارش‌های پاییزه و زمستانه ایران با نمایه SOI (Southern Oscillation Index, SOI) روشن ساخت که بیشترین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی فاز گرم آن (El Niño) و بارش‌های پاییزه کمتر از میانگین هم‌زمان با چیرگی فاز

بخش بزرگی از کشور ایران در دامنه نوسانات کمربند پرفشار جنب‌حاره‌ای بین عرض‌های ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و طول‌های ۴۴ و ۶۴ درجه شرقی جای گرفته است. میانگین درازمدت سالانه بارش کشور نزدیک به ۲۵۰ میلی‌متر، و اندکی کمتر از یک سوم میانگین بارش جهانی است (حضرتی و همکاران، ۱۳۸۳). بارش‌های نوامبر تا آوریل (آبان تا اردیبهشت) بیش از ۸۰ درصد بارش سالانه بیشتر بخش‌های ایران به جز گستره‌های جنوبی دریای خزر را در بر می‌گیرند.

پهنه‌های جنوبی ایران که بیشتر در عرض‌های جنب‌حاره‌ای جای گرفته‌اند، با اندازه ناچیز بارش و نوسان‌های فراوان آن مشخص می‌شوند (صادقی و همکاران، ۲۰۰۲). این پهنه‌ها به علت داشتن پستی و بلندی‌های بسیار و همسایگی با خلیج فارس و دریای عمان دارای گوناگونی اقلیمی هستند. میانگین بارش سالانه در گستره‌های غربی تا میانی جنوب ایران به بیش از ۶۰۰ میلی‌متر می‌رسد و در گستره‌های شرقی به کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد (ناظم‌السادات و قائدامینی، ۲۰۱۰). بزرگی و تناوب رخداد آسیب‌های طبیعی همانند سیلاب،

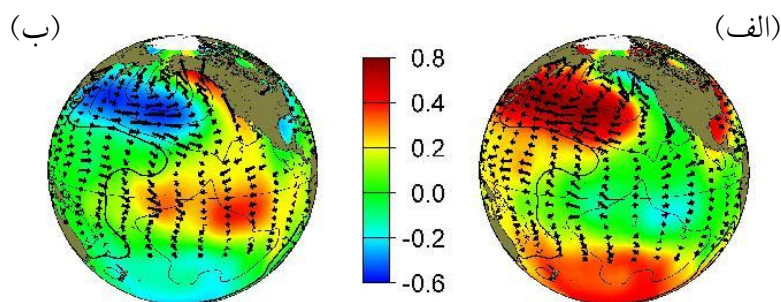
با چیرگی فازهای سرد و گرم PDO نشان می‌دهد. هنگام چیرگی فاز گرم، آب‌های پهنه غربی و شرقی اقیانوس آرام نسبت به میانگین درازمدت، به ترتیب سردتر و گرم‌تر از میانگین درازمدت می‌شوند (شکل ۱-الف). هم‌زمان با چیرگی فاز سرد، گستره شرقی و غربی این اقیانوس به ترتیب سردتر و گرم‌تر از میانگین درازمدت می‌شوند (شکل ۱-ب).

یافته‌های هملت و لتن‌مایر (۱۹۹۹) نشان داد که PDO یک پدیده بزرگ‌مقیاس اقلیمی است که یک دوره کامل آن ممکن است نزدیک به ۵۰ سال به درازا بکشد. بنابراین یک فاز مشخص PDO تا نزدیک به ۲۵ سال پایدار می‌ماند. بونسال و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که ENSO و PDO بخش گسترده‌ای از نوسان‌های اقلیمی پهنه غربی کانادا را توجیه می‌کنند. این دو پدیده نشان پُررنگی بر اندازه‌های حدی بارش و رخداد بارش‌های سنگین و خشکسالی‌های شکننده این پهنه‌ها دارند. موت و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که هم‌زمانی فازهای ENSO و PDO نشان آنها بر نوسان بارش و اقلیم را بسیار بیشتر از هنگامی می‌سازد که این نشان‌ها جداگانه ارزیابی شوند. برای نمونه، در سال‌هایی که النینو و فاز گرم PDO چیره بوده است، بخش‌هایی از شمال غربی ایالات متحده آمریکا مانند شهر سیاتل با زمستان‌های خنک‌تر از میانگین و سال‌هایی که لائینا و دوران سرد PDO چیره بوده است، با زمستان‌های پُربارش همراه است.

سرد (La Niña) رخ می‌دهد.

ناظم‌السادات و قاندامینی (۲۰۱۰) پیوند میان پدیده مادن جولیان (Madden Julian Oscillation, MJO) و بارش ماهانه و فصلی گستره جنوب ایران و شبه‌جزیره عربستان را ارزیابی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که ویژگی‌های این پدیده اقیانوسی به گونه‌ای معنی‌دار بر نوسان‌های بارش در این گستره بزرگ جغرافیایی سایه افکنده است. در دوره‌های هم‌زمان با چیرگی فاز منفی و مثبت MJO، به ترتیب اندازه بارش و بسامد دوره‌های خشک و تر افزایش و کاهش می‌یابد.

یافته‌های فاتحی و مهدیان (۱۳۸۸) نشان داد که با به‌کارگیری مدل شبکه عصبی و نمایه ENSO می‌توان بارش پاییزه حوضه دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران را یک فصل زودتر پیش‌بینی کرد. هیر و فرانسیس (۱۹۹۵) که چگونگی پیوند میان نوسان‌های دمای سطح آب اقیانوس آرام شمالی و تولید ماهی سالمون را بررسی می‌کردند، به وجود نوسان‌های دهه‌ای (Pacific Decadal Oscillation, PDO) پی بردند. این نوسان‌ها بخشی از ویژگی‌های اقلیمی اقیانوس آرام است که فازهای آن در بازه فراده‌ای و نزدیک ۲۰ تا ۳۰ سال نوسان می‌کند. این پدیده با اندازه انحراف از میانگین دمای سطح آب اقیانوس آرام در عرض ۲۰ تا ۶۵ درجه شمالی سنجیده و با فازهای سرد و گرم شناسایی می‌شود. شکل ۱ الگوی انحراف از میانگین دمای سطح آب اقیانوس آرام هم‌زمان



شکل ۱. انحراف از میانگین دمای سطح آب دریا هم‌زمان با چیرگی فاز سرد (الف) و فاز گرم (ب) PDO در پهنه اقیانوس آرام (پایگاه اینترنتی JISAO).

پاویا و همکاران (۲۰۰۶) اقلیم مکزیک را هم‌زمان با برهم‌کنش دو پدیده ENSO و PDO ارزیابی کردند. آنها دریافتند که نشان فاز گرم (سرد) PDO بر سازندهای آب‌وهوایی مانند بارش، دما و الگوهای باد با فاز گرم (سرد) ENSO همسو است. از این رو، چیرگی هم‌زمان دوران النینو با فاز سرد PDO در تابستان و چیرگی هم‌زمان لائینا و فاز گرم PDO در زمستان افزایش بارش مکزیک را در پی دارد.

عاشوری و همکاران (۱۳۸۷) روشن ساختند که میانگین ورودی سد زاینده‌رود در ۶ ماهه اول سال هم‌زمان با چیرگی النینو در فاز مثبت PDO افزایش می‌یابد. در برابر، هم‌زمان با چیرگی لائینا در دوران سرد PDO کمترین ورودی آب به سد زاینده‌رود دیده شده است. ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۹۰) نوسان‌های بارش زمستانه خوزستان را هم‌زمان با چیرگی فازهای گوناگون PDO و ENSO ارزیابی کردند. یافته‌های آنان نشان داد که اگر پدیده لائینا با دوران گرم PDO هم‌زمان شود، بارش زمستانه این پهنه جغرافیایی به گونه‌ای معنی‌دار افزایش می‌یابد. این در حالی است که چیرگی النینو هم‌زمان با دوران بسیار گرم PDO با کاهش منابع آبی زمستانه خوزستان پیوند دارد.

از آنجا که پهنه جنوبی کشور در کناره شمال غربی اقیانوس هند جای گرفته است، نوسان‌های بارش آن می‌تواند از پدیده‌های گوناگون بزرگ‌مقیاس جوئی- اقیانوسی الگو بپذیرد. اقیانوس هند سومین گستره آبی جهان است و پیوند تنگاتنگی با اقیانوس آرام دارد. هر ساله حجم بسیار بزرگی از آب این دو اقیانوس که دربرگیرنده ماده و انرژی است، به دیگری ریزش می‌کند و یا از آن بیرون می‌رود. از این رو، ویژگی‌های اقلیمی این دو گستره آبی تا اندازه فراوانی در پیوند با یکدیگر است. هر دو پدیده ENSO و PDO که زادگاه آنها در پهنه اقیانوس آرام است در کنش و واکنش با ویژگی‌های

دمایی و آب‌وهوایی اقیانوس هند و خشکی‌های پیرامون آن هستند.

ارزیابی نشان جداگانه و روی هم دو پدیده ENSO و PDO بر بارش پهنه جنوبی ایران پشتوانه علمی و خردمندان‌های دارد. این گونه ارزیابی‌ها می‌تواند گوشه‌ای از نادانسته‌های وابسته به چگونگی نوسان‌های بارش ایران را روشن سازد. برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب یکی از بنیادی‌ترین نیازهای پیشرفت در بخش‌های گوناگون یک کشور است. هر چند که نشان پدیده ENSO بر نوسان‌های آب‌وهوایی پهنه‌های گوناگون جغرافیایی جهان از سوی شمار فراوانی از پژوهشگران بررسی شده است، چگونگی سازوکار پدیده PDO و برهم‌کنش این دو پدیده بر ویژگی‌های آب‌وهوایی و به‌ویژه در ایران به خوبی شناخته نشده است. در این پژوهش تلاش می‌شود تا الگویی مناسب برای نوسان‌های زیرسالانه و فصلی بارش پاییزه کشور، در پیوند با این دو پدیده و برهم‌کنش آنها فراهم شود. برای این کار اهداف زیر پیگیری می‌شود.

الف- ارزیابی نشان پدیده ENSO بر رخداد دوران‌های خشک و تر پاییزه ایران.

ب- ارزیابی چیرگی پدیده PDO بر نوسان‌های بارش پاییزه پهنه‌های گوناگون کشور.

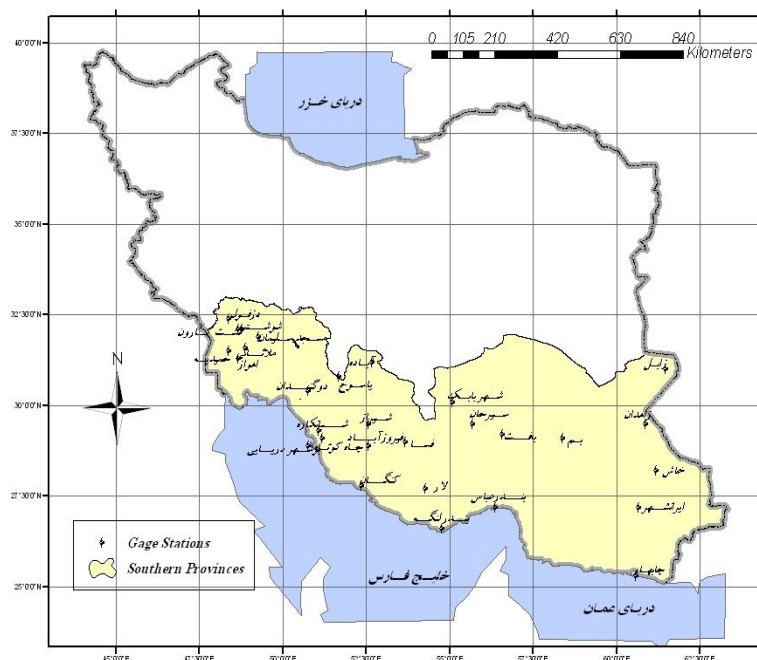
ج- ارزیابی نشان هم‌زمان این دو پدیده بر رخداد دوران‌های خشک و تر پاییزه کشور.

د- ارزیابی پیوند بارش با بادهای لایه‌های پایینی جو هم‌زمان با چیرگی فازهای گوناگون این دو پدیده.

## ۲ داده‌ها و روش‌ها

### ۱-۲ داده‌های بارش

داده‌های ماهانه بارش سه ماهه اکتبر، نوامبر و دسامبر (از ده مهر ماه تا ده دی ماه) در ۳۰ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی جنوب کشور در بازه زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵، (۵۵ سال) از پایگاه اطلاعاتی [www.irimet.net](http://www.irimet.net) بیرون



شکل ۲. جایگاه جغرافیایی پهنه جنوبی ایران و ۳۰ ایستگاه ارزیابی شده آن.

به دست آمد. بر پایه تعریف، میانگین دما در گستره ۵- درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۲۰ تا ۱۷۰ درجه غربی در حکم  $Ni\tilde{n}o3.4$  شناخته می شود که یکی از نمایه های بنیادین ENSO به شمار می رود (ترنبرس، ۱۹۹۷). ناظم السادات و شیروانی (۱۳۸۳) نشان داده اند که نوسان های این نمایه به گونه ای معنی دار بخشی از واریانس بارش ایران را توجیه می کند.

میانگین استاندارد شده SST در عرض های ۲۰ تا ۶۵ درجه شمالی و طول نزدیک به ۱۳۰ درجه شرقی تا ۱۰۰ درجه غربی اقیانوس آرام نمایه سنجش PDO است. این داده ها نیز برای دوره زمانی همانند با  $Ni\tilde{n}o3.4$  از پایگاه اینترنتی وابسته به سازمان مدیریت جو و اقیانوس ایالات متحده آمریکا (Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, JISAO) فراهم شد.

برای تعیین فاز مثبت (گرم) و فاز منفی (سرد) هر یک از دو پدیده در فصل پاییز، در آغاز داده های ماهانه به فصلی تبدیل شدند.

آورده شد. میانگین بارش این سه ماه در هر سال در حکم بارش پاییزه آن سال برگزیده شد. شکل ۲ جایگاه پهنه جنوبی، در کشور ایران و پراکنش جغرافیایی ایستگاه های ارزیابی شده را نشان می دهد.

یادآور می شود که پایه گزینش ایستگاه ها، بیشترین دسترسی به داده ها در بازه های زمانی ۲۱ تا ۵۵ ساله با کمترین داده گمشده است. همان گونه که دیده می شود، ایستگاه های برگزیده بیشتر در بخش های جنوب غربی و جنوب مرکزی ایران جای دارند و در گستره جنوب شرقی از انبوهی آنها کاسته شده است. جدول ۱ طول دوره آماری داده های بارش را نشان می دهد.

## ۲-۲ داده ها و فازبندی نمایه های ENSO و PDO

میانگین بی هنجاری های (انحراف از میانگین) ماهانه دمای سطح دریا (Sea Surface Temperature, SST) در گستره استوایی اقیانوس آرام (Niño3.4) برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۰۵ از پایگاه اینترنتی (<http://climexp.knmi.nl/data/inino5.dat>)

جدول ۱. ویژگی‌های جغرافیایی و طول دوره آماری در ۳۰ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی جنوب کشور در بازه زمانی (۱۹۵۱-۲۰۰۵).

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	میانگین سالانه	بازه آماری	شماره ایستگاه	نام ایستگاه	میانگین سالانه	بازه آماری
۱	ایرانشهر	۱۰۱/۷۲	۲۰۰۵-۱۹۷۹	۱۶	زاهدان	۹۰/۵	۲۰۰۵-۱۹۵۱
۲	اهواز	۲۰۲/۹۵	۲۰۰۵-۱۹۵۱	۱۷	سیرجان	۱۴۱/۴۵	۲۰۰۵-۱۹۸۵
۳	آباده	۱۴۲/۳۶	۲۰۰۵-۱۹۷۷	۱۸	شپانکاره	۲۵۵/۳۸	۲۰۰۰-۱۹۶۱
۴	یافت	۲۶۱/۵۲	۲۰۰۵-۱۹۸۹	۱۹	شوشتر	۲۹۶	۲۰۰۵-۱۹۶۱
۵	بم	۶۳/۶۱	۲۰۰۵-۱۹۵۶	۲۰	شهریابک	۱۶۳/۹۶	۲۰۰۵-۱۹۸۷
۶	بندر لنگه	۱۴۳/۱۳	۲۰۰۵-۱۹۶۶	۲۱	شیراز	۳۴۴/۸۴	۲۰۰۵-۱۹۵۱
۷	بندر عباس	۱۸۲/۵۱	۲۰۰۵-۱۹۵۷	۲۲	فسا	۳۰۳/۶۴	۲۰۰۵-۱۹۶۶
۸	بوشهر دریایی	۲۹۷/۹۱	۲۰۰۵-۱۹۸۶	۲۳	فیروزآباد	۳۰۸	۲۰۰۳-۱۹۶۴
۹	چابهار	۱۰۱/۱۲	۲۰۰۵-۱۹۶۳	۲۴	کشت‌وصنعت کارون	۲۶۷	۲۰۰۳-۱۹۷۶
۱۰	چاه کوتاه	۲۲۸	۲۰۰۳-۱۹۷۶	۲۵	کنگان	۳۸۳/۲۴	۲۰۰۵-۱۹۸۹
۱۱	حمیدیه	۱۹۵	۲۰۰۳-۱۹۶۴	۲۶	لار	۱۷۷	۲۰۰۰-۱۹۶۱
۱۲	خاش	۱۵۹/۸۱	۲۰۰۵-۱۹۷۹	۲۷	مسجدسلیمان	۴۵۵/۷۵	۲۰۰۵-۱۹۸۵
۱۳	دزفول	۳۸۴/۲۸	۲۰۰۵-۱۹۶۴	۲۸	ملاتانی	۲۳۲	۲۰۰۳-۱۹۶۴
۱۴	دوگنبدان	۴۵۶/۴۰	۲۰۰۵-۱۹۸۵	۲۹	هفت تپه	۲۳۸	۲۰۰۰-۱۹۶۴
۱۵	زابل	۶۱/۲۸	۲۰۰۵-۱۹۶۲	۳۰	یاسوج	۸۶۴	۲۰۰۵-۱۹۸۷

پاییزه PDO با چیرگی دوران پاییزه النینو و لانینا هم‌زمان بوده‌اند نیز به ترتیب با EI-LPDO و La-LPDO نام‌گذاری شده است. برای نمونه، در پاییز ۲۰۰۲ فاز گرم دو پدیده ENSO و PDO چیره بوده است، از این رو پاییز این سال به نام فاز گرم مشترک (EI-HPDO) مشخص شد. نمونه دیگر پاییز ۱۹۹۹ است که هر دو پدیده در فاز سرد خود بوده است و درحکم فاز سرد مشترک (La-LPDO) تعیین شد.

### ۳-۲ ساخت داده‌های به هم آمیخته بارش و پدیده‌های ENSO و PDO

برای ساخت داده‌های به هم آمیخته بارش و دو پدیده ENSO و PDO گام‌های زیر برداشته شد.

الف- در هر ایستگاه از میان داده‌های پاییزه بارش هر ایستگاه، برای سال‌هایی که در جدول ۲ درحکم فازهای گوناگون هر پدیده و فاز مشترک آنها عرضه شده‌اند،

برای این کار، میانگین حسابی نمایه‌های هریک از این دو پدیده در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر در هر سال محاسبه و به منزله داده‌های پاییزه در نظر گرفته شد.

در گام دوم یک سوم (۱۸ سال) بیشترین و (۱۸ سال) کمترین اندازه‌های نمایه پاییزه در دوره زمانی ۵۵ ساله درحکم فازهای گرم و سرد پدیده‌های ENSO و PDO در نظر گرفته شد (ناظم‌السادات و قاسمی، ۱۳۸۳).

جدول ۲ چگونگی فازبندی و دوره‌هایی که هریک از این دو پدیده در فاز سرد یا گرم بوده‌اند را نشان می‌دهد. سال‌های همراه با چیرگی دوران النینو و لانینا در پاییز به ترتیب با EI و La نشان داده شده‌اند. دوره‌های همراه با چیرگی فاز گرم و سرد PDO در این فصل نیز به ترتیب با HPDO و LPDO آورده شده است. دو واژه EI-HPDO و La-HPDO نشان‌دهنده سال‌هایی است که فاز گرم پاییزه PDO به ترتیب با چیرگی دوران النینو یا لانینا در این فصل هم‌زمان بوده است. همچنین سال‌هایی که فاز سرد

جدول ۲. سال‌هایی که اندازه نمایه پاییزه هریک از دو پدیده ENSO و PDO و یا آمیخته آنها در فاز سرد یا گرم بوده است.

ENSO				نام پدیده
La	EI			نام فاز
۱۹۷۱، ۱۹۷۰، ۱۹۶۷، ۱۹۶۴، ۱۹۶۲، ۱۹۵۶، ۱۹۵۵، ۱۹۵۴، ۱۹۶۹، ۱۹۶۸، ۱۹۶۵، ۱۹۶۳، ۱۹۵۷، ۱۹۵۱	۱۹۸۲، ۱۹۷۷، ۱۹۷۶، ۱۹۷۲			سال
۱۹۹۹، ۱۹۹۸، ۱۹۹۵، ۱۹۸۸، ۱۹۸۴، ۱۹۸۳، ۱۹۷۵، ۱۹۷۳، ۱۹۷۴، ۱۹۸۷، ۱۹۸۶	۲۰۰۴، ۲۰۰۳، ۲۰۰۲، ۱۹۹۷، ۱۹۹۴، ۱۹۹۱			
۲۰۰۰				
۱۸	۱۸			تعداد
PDO				نام پدیده
LPDO	HPDO			نام فاز
۱۹۷۰، ۱۹۶۶، ۱۹۶۴، ۱۹۶۳، ۱۹۶۲، ۱۹۶۱، ۱۹۵۶، ۱۹۵۵، ۱۹۵۱، ۱۹۷۹، ۱۹۷۶، ۱۹۶۹، ۱۹۵۹، ۱۹۵۸، ۱۹۵۴	۱۹۸۱، ۱۹۸۰			سال
۲۰۰۵، ۲۰۰۱، ۱۹۹۹، ۱۹۹۸، ۱۹۹۴، ۱۹۹۰، ۱۹۷۵، ۱۹۷۳، ۱۹۷۱، ۱۹۸۷، ۱۹۸۶، ۱۹۸۴، ۱۹۸۳	۲۰۰۳، ۲۰۰۲، ۱۹۹۷، ۱۹۹۳، ۱۹۹۲، ۱۹۹۱			
۲۰۰۳				
۱۸	۱۸			تعداد
ENSO-PDO				نام پدیده
La-LPDO	La-HPDO	EI-LPDO	EI-HPDO	نام فاز
۱۹۷۱، ۱۹۷۰، ۱۹۶۴، ۱۹۶۲، ۱۹۵۶، ۱۹۵۵	۱۹۵۸، ۱۹۵۴، ۱۹۵۳	۱۹۷۵، ۱۹۶۸	۱۹۸۶، ۱۹۷۶، ۱۹۶۹	سال
۱۹۹۹، ۱۹۹۸، ۱۹۷۵، ۱۹۷۳	۱۹۷۹، ۱۹۶۳	۱۹۸۷، ۱۹۸۲	۱۹۹۷، ۱۹۹۱، ۱۹۸۷	
	۱۹۹۶، ۱۹۹۷	۱۹۹۲	۲۰۰۳، ۲۰۰۲	
۱۰	۷	۵	۸	تعداد

آغاز با دوران سرد همان رخداد و سپس با میانگین بلندمدت بارش سنجش شد. برای نمونه، ابتدا نسبت  $(\bar{R}_{EI-HPDO} / \bar{R}_{La-LPDO})$  در هر ایستگاه به دست آمد. هرگاه این نسبت بزرگ‌تر از یک باشد نشان‌دهنده آن است که میانگین بارش در دوران EI-HPDO بیشتر از دوران La-LPDO است. اگر این نسبت به یک نزدیک باشد، نشان از یکسان بودن بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی این دو فاز دارد. سپس میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی EI-HPDO به میانگین درازمدت بارش پاییزه  $(\bar{R}_{EI-HPDO} / \bar{R})$  نیز سنجش شد. هرگاه این نسبت

سری زمانی بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی هر فاز فراهم شد. برای نمونه سری زمانی ۱۸ ساله بارش پاییزه برای دوران النینو در هر ایستگاه از داده‌های بارش پاییزه آن استخراج شد. ب- میانگین بارش پاییزه برای سال‌هایی که هریک از فازهای EI-HPDO، LPDO، HPDO، La، EI، چیره بوده‌اند، برآورد و به ترتیب با نشانه‌های  $\bar{R}_{EI}$ ،  $\bar{R}_{La}$ ،  $\bar{R}_{HPDO}$ ،  $\bar{R}_{LPDO}$ ،  $\bar{R}_{EI-HPDO}$  و  $\bar{R}_{La-LPDO}$  نشان داده شد. میانگین بلندمدت بارش پاییزه  $(\bar{R})$  در هر ایستگاه نیز محاسبه شد. ج- میانگین بارش پاییزه در دوران گرم هر پدیده، در



۲-۵ تهیه نقشه‌های بارش سطحی و باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال جو

با انگیزه درک نشان ENSO و PDO بر فرایند زایش و رسیدن توده هواهای باران‌زا به جنوب ایران، نقشه‌های بارش و بادهای برداری سطوح پایینی جو (Vector wind, 850 mbar level) با بهره‌گیری از پایگاه اینترنتی ([http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-](http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl)

bin/data/composites/printpage.pl) رسم شد. با کاربرد نرم‌افزار GrADS (Grid Analysis and Display System, GrADS) نقشه این دو سازه هواشناسی روی هم انداخته شد. این نقشه‌ها برای دوران النینو، لائینا، فازهای مثبت و منفی PDO و نیز دوران در هم‌آمیخته این دو پدیده (EL-HPDO - La-LPDO) تولید و پردازش شد.

### ۳ یافته‌ها

۳-۱ ارزیابی نشان پدیده ENSO بر بارش پاییزه

شکل ۳-الف و ۳-ب به ترتیب پراکنش جغرافیایی نسبت‌های  $(\bar{R}_{El} / \bar{R})$  و  $(\bar{R}_{La} / \bar{R})$  را در جنوب ایران نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۳-الف دیده می‌شود، در بیشتر پهنه‌های جنوبی، بارش دوران النینو نسبت به میانگین درازمدت پاییزه افزایش یافته است که این نشان از فزونی منابع آبی در این دوران دارد. در بیشتر بخش‌های جنوب شرقی و مرکزی و کناره‌های دریای عمان و خلیج فارس، این افزایش نزدیک به ۳۰ درصد است. در بخش‌های جنوب غربی افزایش بارش به ۴۰ درصد نزدیک می‌شود. در برخی ایستگاه‌ها همانند آباد، یزد و مسجدسلیمان با چیرگی این فاز، بارش پاییزه نسبت به میانگین درازمدت تا ۷۵ درصد افزایش می‌یابد.

در بیشتر پهنه‌های جنوبی ایران میانگین بارش دوران لائینا نسبت به میانگین بارش درازمدت پاییزه کاهش می‌یابد (شکل ۳-ب). با این‌همه، شمار اندکی از ایستگاه‌ها و به‌ویژه ایستگاه‌های هم‌جوار با مرزهای شرقی کشور

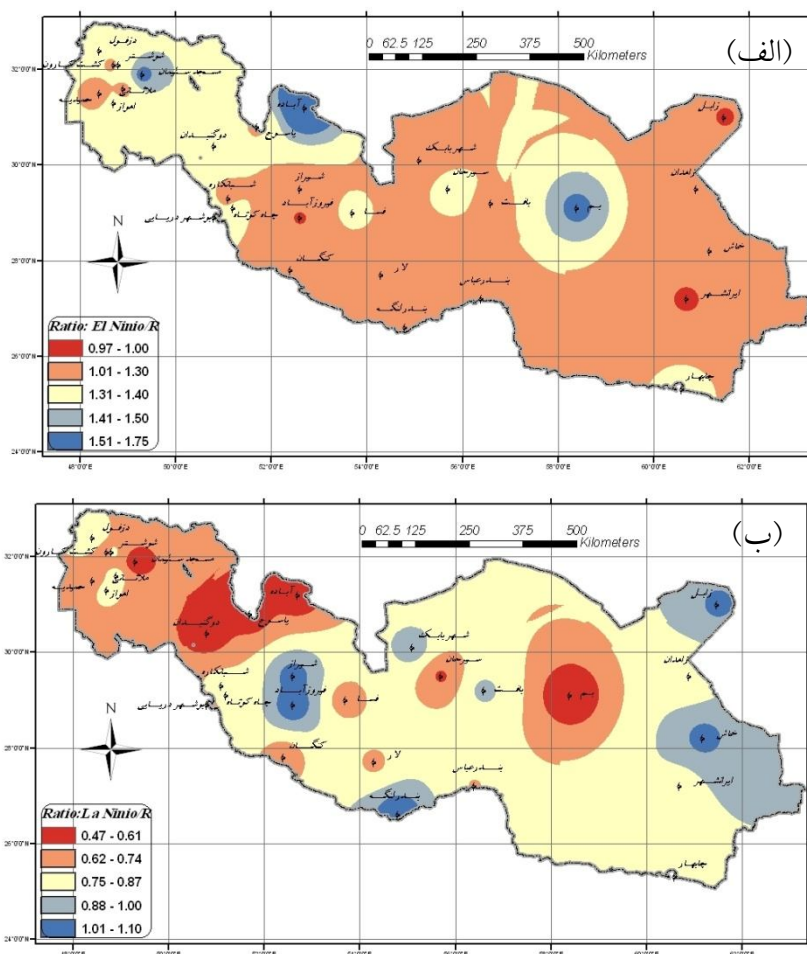
بزرگ‌تر (کوچک‌تر) از یک باشد نشان از رخداد دوره تر (خشک) و افزایش (کاهش) منابع آبی هم‌زمان با چیرگی هریک از این فازها دارد. این نسبت‌ها برای دوره‌های چیرگی فازهای گرم و سرد هر پدیده و همچنین برهم‌کنش آنها محاسبه شد. با این روش بسته به اندازه نسبت‌ها می‌توان رخداد دوران‌های خشک و تر را به چیرگی هریک از پدیده‌های ENSO یا PDO و یا آمیخته آنها وابسته کرد.

د- برای ارزیابی معنی‌دار بودن نشان جداگانه و با هم این پدیده‌ها بر بارش، آزمون ناپارامتری مان-ویتنی (مان و ویتنی، ۱۹۴۷) به کار گرفته شد. یادآور می‌شود که در هنگامی که شمار داده‌ها چندان فراوان نیست و در پیکر سری زمانی نمی‌گنجد، توصیه بر کاربرد آزمون‌های ناپارامتری است. برای نمونه، این آزمون روشن می‌سازد که در چه ایستگاه‌هایی میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی دوران النینو بیشتر از میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی دوران لائینا است. با همین روش نایکسانی بارش برای دوره‌های HPDO با LPDO و EI-HPDO با La-LPDO آزمون شد. هنگامی که ناهمسانی‌ها معنی‌دار باشند، میانگین اندازه بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی فازهای گرم بیشتر از این میانگین هم‌زمان با چیرگی فازهای سرد است.

۲-۴ تهیه نقشه‌ها در محیط ArcGIS

برای نمایش پراکنش جغرافیایی نسبت‌ها و آزمون‌های آماری سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information Systems, GIS) به کار گرفته شد. با کاربرد ArcGIS نقشه‌های نشان‌دهنده پراکنش جغرافیایی اندازه نسبت‌ها تهیه شد. برای درون‌یابی و فراهم ساختن لایه‌های رستری از نسبت‌های ارزیابی شده از روش وارون فاصله وزنی (Inverse Distance Weighted, IDW) بهره‌گیری شد (تابلر، ۱۹۷۰).

افزایشی اندک (در بازه ۰-۱۰ درصد) را در دوران لائینا تجربه می‌کند. بیشترین کاهش بارش در بخش‌های جنوب غربی در بازه ۲۵-۵۰ درصد است. در بیشتر گستره‌ها کاهش ۱۳-۲۵ درصدی دیده می‌شود.



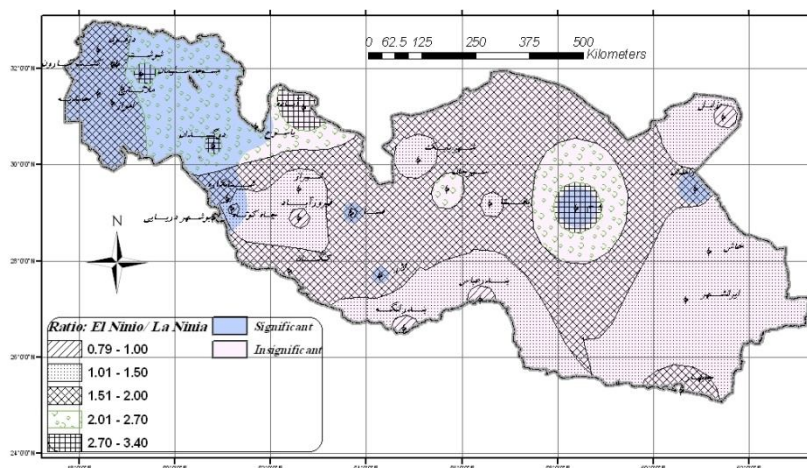
شکل ۳. پراکنش جغرافیایی نسبت‌های  $(\bar{R}_{EI} / \bar{R})$  (الف) و  $(\bar{R}_{La} / \bar{R})$  (ب) در پهنه جنوبی ایران.

معنی‌داری ندارند. بیشترین اندازه نسبت  $(\bar{R}_{EI} / \bar{R}_{La})$  در ایستگاه‌های گستره جنوب غربی مانند مسجد سلیمان، بوشهر و سیرجان دیده می‌شود.

یافته‌ها نشان از افزایش ۲ تا ۳/۴ برابری بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی دوران النینو نسبت به بارش‌های پاییزه در دوران لائینا دارد. در برخی از ایستگاه‌ها همانند بندرعباس، فیروزآباد و بندرلنگه این نسبت اندکی کمتر از یک است که نشان‌دهنده کاهش تا ۳ درصدی بارش دوران النینو نسبت به دوران لائینا است. در بیشتر بخش‌های جنوب مرکزی ایران این نسبت در بازه ۲/۰-

شکل ۴ نسبت میانگین بارش در دوران النینو به مقادیر همانند در دوران لائینا را نشان می‌دهد. یافته‌های آزمون من-ویتنی (۱۹۴۷) برای ارزیابی وجود اختلاف معنی‌دار در میانگین بارش این دو فاز نیز در این شکل آورده شده است. این آزمون در بخش‌های جنوب غربی ایران و نیز شماری از ایستگاه‌های پراکنده همانند زاهدان، یزد، فسا و لار در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است.

به بیان دیگر، جابه‌جایی این دو فاز در جنوب غربی ایران، تا اندازه زیادی نوسان‌های بارش پاییزه این پهنه‌ها را توجیه می‌کند. این در حالی است که در بخش‌های روشن نقشه، میانگین بارش در دوران گرم و سرد ENSO تفاوت



شکل ۴. پراکنش جغرافیایی نسبت  $\bar{R}_{El} / \bar{R}_{La}$  (بخش‌های هاشور خورده) و یافته‌های آزمون من-ویتنی (بخش‌های سایه‌دار) در پهنه جنوبی ایران.

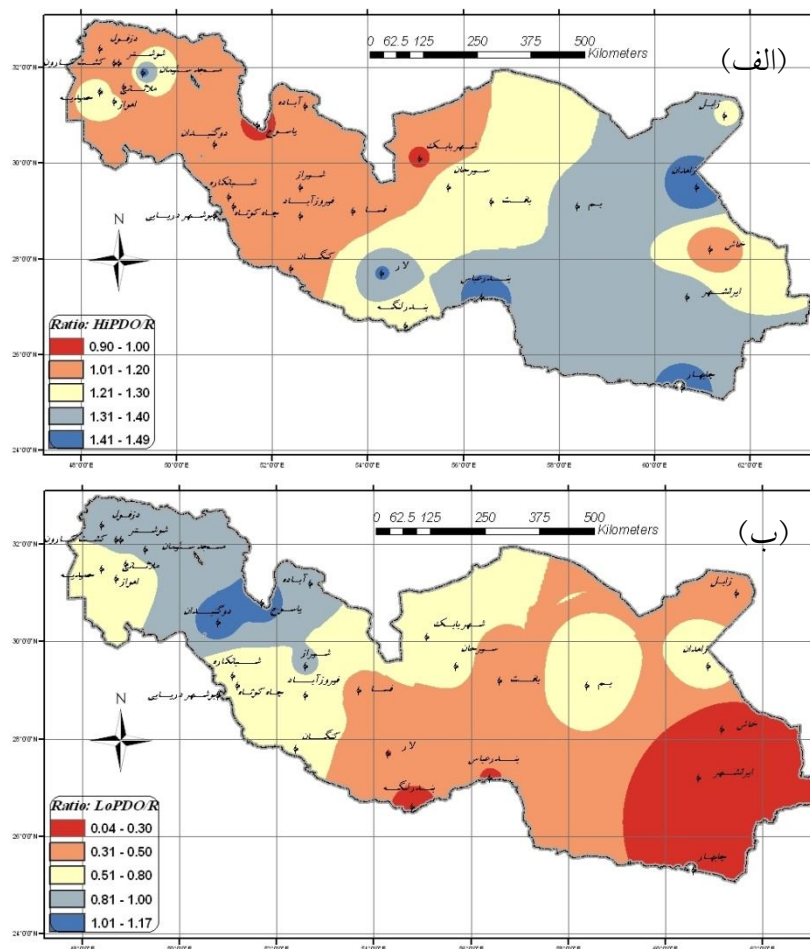
۱/۵ و بیانگر افزایش ۵۰ تا ۱۰۰ درصدی بارش پاییزه دوران النینو نسبت به چیرگی دوران لانینا است.

می‌یابد.

در بیشتر گستره‌های جنوبی کشور، به‌جز بخش‌هایی از کهگیلویه و بویراحمد، هم‌زمان با چیرگی فاز سرد PDO میانگین بارش نسبت به میانگین درازمدت پاییزه کاهش یافته است (شکل ۵-ب).

اگرچه ایستگاه‌های دوگنبدان و یاسوج در استان کهگیلویه و بویراحمد هم‌زمان با چیرگی دوران سرد PDO ۱۰ تا ۱۷ درصد افزایش بارش پاییزه را نسبت به میانگین بلندمدت نشان می‌دهند، در بخش‌های شرقی در کناره‌های دریای عمان و خلیج فارس میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی این فاز نسبت به میانگین درازمدت به اندازه ۵۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد. در بیشتر بخش‌های مرکزی و برخی گستره‌های جنوبی استان خوزستان، کاهش بارش در بازه ۲۰-۵۰ درصد نوسان می‌کند. کمترین اندازه کاهش بارش هم‌زمان با دوران سرد PDO در پهنه‌های جنوب غربی ایران دیده می‌شود.

۲-۳ ارزیابی نشان پدیده PDO بر بارش پاییزه پراکنش جغرافیایی نسبت  $(\bar{R}_{LPDO} / \bar{R})$  و  $(\bar{R}_{HPDO} / \bar{R})$  به ترتیب در شکل‌های ۵-الف و ۵-ب نشان داده شده است. در بیشتر گستره ارزیابی شده نسبت  $(\bar{R}_{HPDO} / \bar{R})$  بزرگ‌تر از یک است (شکل ۵-الف). به بیان دیگر، در این گستره‌ها، چیرگی فاز گرم PDO، افزایش بارش پاییزه را در پی دارد. در گستره جنوب شرقی اندازه افزایش بارش پاییزه در بازه ۲۰-۵۰ درصد نوسان می‌کند. این در حالی است که در نیمه غربی افزایش بارش هم‌زمان با چیرگی دوران گرم این پدیده نسبت به میانگین درازمدت کمتر از ۲۰ درصد است. در بیشتر بخش‌های جنوب شرقی، مرکزی و کناره‌های دریای عمان و خلیج فارس هم‌زمان با چیرگی دوران گرم این پدیده، بارش تا ۳۰٪ افزایش



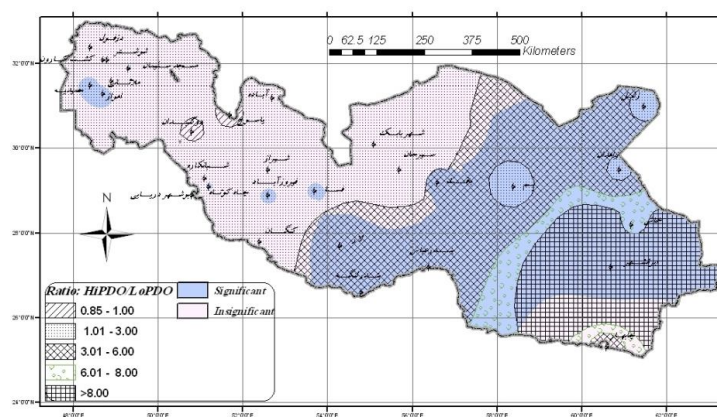
شکل ۵. پراکنش جغرافیایی نسبت‌های  $(\bar{R}_{HPDO} / \bar{R})$  (الف) و  $(\bar{R}_{LPDO} / \bar{R})$  (ب) در پهنه جنوبی ایران.

بزرگ‌تر از یک است.

در بخش‌های جنوب شرقی و کناره‌های شرقی خلیج فارس، ایستگاه‌هایی مانند بندرعباس، بندرلنگه، لار و ایرانشهر هم‌زمان با چیرگی فاز گرم PDO، میانگین بارش بیش از ۲-۵ برابر نسبت به میانگین بارش فاز سرد این پدیده است. در بیشتر گستره‌های شرقی در سیستان و بلوچستان مانند خاش و ایرانشهر این افزایش بیش از ۵ برابر است. به بیان دیگر، چیرگی فاز گرم نشان چشمگیری بر نوسان‌های بارش و رخداد دوران تر پاییزه این پهنه‌ها داشته است. در پهنه‌های جنوب غربی و میانی رخداد فاز گرم نشان کم‌رنج‌تری بر افزایش بارش دارد و اندازه افزایش بارش پاییزه در بازه ۰/۰۵-۰/۲ برابر است.

شکل ۶ گسترش جغرافیایی نسبت  $(\bar{R}_{HPDO} / \bar{R}_{LPDO})$  را در جنوب کشور نشان می‌دهد. یافته‌های آزمون من-ویتی برای ارزیابی اختلاف میانگین بارش دو گروه فاز گرم و سرد نیز در این شکل آورده شده است. در پهنه‌های جنوب شرقی و کناره‌های شرقی خلیج فارس که به صورت سایه‌دار نشان داده شده است، آزمون من-ویتی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. به بیان دیگر، جابه‌جایی فازهای گرم و سرد PDO نشان معنی‌داری بر نوسان‌های بارش پاییزه این گستره‌ها دارد.

برآورد نسبت  $(\bar{R}_{HPDO} / \bar{R}_{LPDO})$ ، نشان می‌دهد که به جز ایستگاه‌های یاسوج و دوگنبدان، در سایر ایستگاه‌های مورد ارزیابی پهنه جنوبی کشور، این نسبت



شکل ۶. پراکنش جغرافیایی نسبت  $\bar{R}_{HPDO} / \bar{R}_{LPDO}$  (بخش‌های هاشور خورده) و یافته‌های آزمون من-ویتنی (بخش‌های سایه‌دار) در پهنه جنوبی ایران.

یک است (شکل ۷-الف). به بیان دیگر هم‌زمان با چیرگی فاز گرم دو پدیده، میانگین بارش پاییزه به جز در این چند ایستگاه، افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش بارش پاییزه در بازه ۳۰-۹۰ درصد و در برخی از بخش‌های جنوب غربی و کناره‌های دریای عمان جای دارد. در بیشتر بخش‌های مرکزی و پهنه‌های شرقی اندازه افزایش بارش در بازه ۵-۳۰ درصد است.

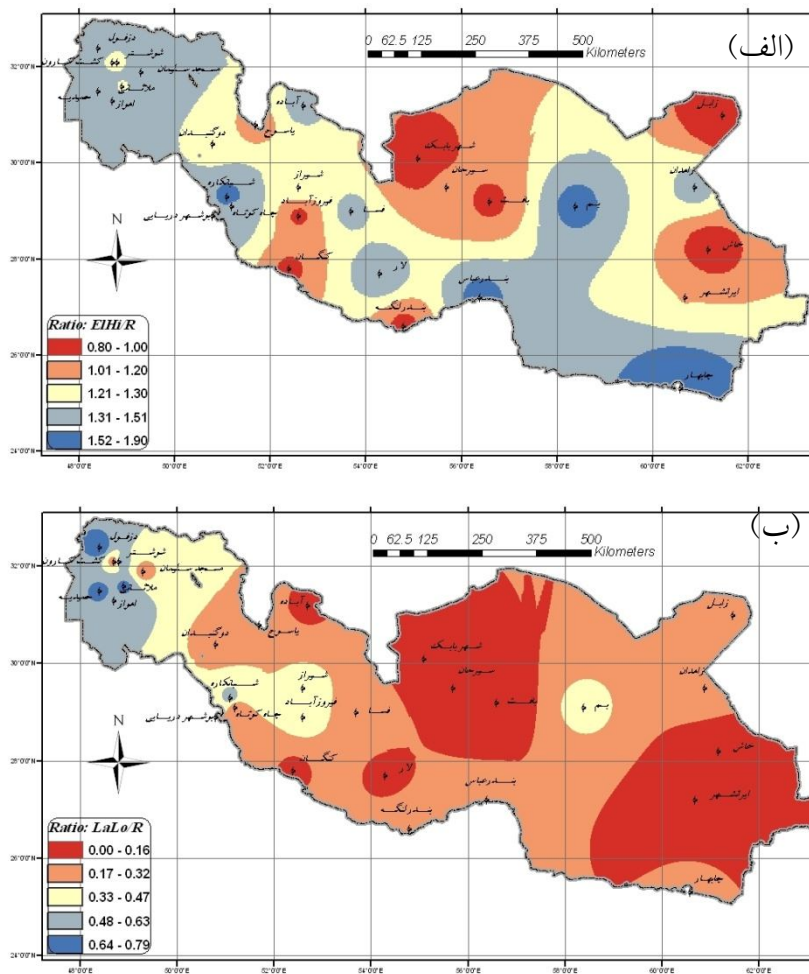
در همه پهنه‌های جنوبی ایران، نسبت  $(\bar{R}_{La-LPDO} / \bar{R})$  کوچک‌تر از یک است که این امر نشان‌دهنده کاهش بارش و رخداد دوره خشک در این فاز است (شکل ۷-ب).

در بیشتر گستره‌های شرقی و مرکزی، چیرگی فاز La-LPDO کاهش ۷۰-۱۰۰ درصدی بارش پاییزه نسبت به میانگین درازمدت را در پی دارد. در پهنه‌های جنوب غربی، این کاهش در بازه ۲۰-۷۰ درصد است. یافته‌ها نشان‌دهنده آن است که در سنجش با هریک از دو پدیده ENSO و PDO نگرش هم‌زمان این دو پدیده دستاوردهای ریزینه‌تری از ویژگی‌های بارش و رخداد دوران‌های خشک و تر را در دسترس خواهد گذاشت. به بیان دیگر، برای پیش‌بینی‌های درست‌تر نوسان‌های بارش در جنوب ایران، بهتر است تا افزون بر درک حالت هریک از این دو پدیده، برهم‌کنش آنها بر بارش نیز ارزیابی شود.

ارزیابی تأثیر دو پدیده ENSO و PDO بر نوسان‌های بارش پاییزه جنوب ایران، بیانگر آن است که جایگاه جغرافیایی تأثیرگذاری این دو پدیده در جنوب ایران رودروی هم است. با جابه‌جایی فازهای ENSO بیشتر بخش‌های جنوب غربی دچار نوسان بارش معنی‌دار شده‌اند و جابه‌جایی فازهای PDO، بیشتر، بارش بخش‌های شرقی را دچار نوسان کرده است. همچنین گستره اثرگذاری پدیده PDO نسبت به ENSO در پهنه بزرگ‌تری از جنوب کشور است. چیرگی فاز گرم هر دو پدیده با افزایش بارش پاییزه و چیرگی فاز سرد آنها کاهش این بارش را در پی خواهد داشت. با این حال بزرگی اندازه نوسان بارش هم‌زمان با چیرگی فاز گرم و سرد پدیده PDO به مراتب بیشتر از پدیده ENSO است.

۳-۳ نشان هم‌زمان پدیده‌های ENSO و PDO بر نوسان‌های بارش پاییزه

پراکنش جغرافیایی نسبت  $(\bar{R}_{El-HPDO} / \bar{R})$  و  $(\bar{R}_{La-LPDO} / \bar{R})$  در شکل‌های ۷-الف و ۷-ب نشان داده شده است. در بیشتر گستره ارزیابی شده نسبت  $(\bar{R}_{El-HPDO} / \bar{R})$  بزرگ‌تر از یک است و فقط در ایستگاه‌های زابل، شهربابک، خاش، بافت، فیروزآباد، بندرلنگه و کنگان این نسبت ۵ تا ۲۰ درصد کوچک‌تر از

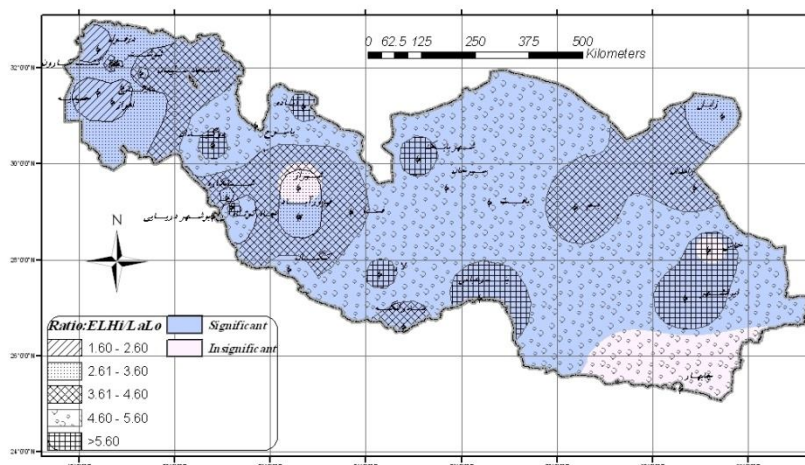


شکل ۷. پراکنش جغرافیایی نسبت‌های  $\bar{R}_{EI-HPDO} / \bar{R}$  (الف) و  $(\bar{R}_{La-LPDO} / \bar{R})$  (ب) در پهنه جنوبی ایران.

شکل ۸ پراکنش جغرافیایی نسبت  $\bar{R}_{EI-HPDO} / \bar{R}_{La-LPDO}$  را جنوب کشور نشان می‌دهد. یافته‌های آزمون من-ویننی نیز در این شکل آورده شده است. در همه پهنه جنوبی به جز کناره‌های شرقی دریای عمان و شیراز در استان فارس میانگین بارش هم‌زمان با چیرگی EI-HPDO بیشتر از اندازه آن در دوران La-LPDO است. به بیان دیگر، جابه‌جایی EI-HPDO با La-LPDO به گونه‌ای معنی‌دار رخداد دوران‌های تر و خشک

را جابه‌جا می‌کند.

در بیشتر گستره‌های شرقی، این نسبت بزرگ‌تر از ۴/۵ است که نشان از افزایش بیش از ۳/۵ برابری میانگین بارش هم‌زمان با چیرگی النینو در دوران گرم PDO به میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی لائینا در دوران سرد PDO دارد. کمترین اندازه این نسبت مربوط به بخش‌هایی از استان خوزستان (۱/۶۰-۲/۶۰) است.



شکل ۸. پراکنش جغرافیایی نسبت  $\bar{R}_{EI-HPDO} / \bar{R}_{La-LPDO}$  (بخش‌های هاشور خورده) و یافته‌های آزمون من-ویتنی (بخش‌های سایه‌دار) در پهنه جنوبی ایران.

### ۳-۳ بررسی نقشه‌های بارش و باد ۸۵۰ هکتوپاسکال

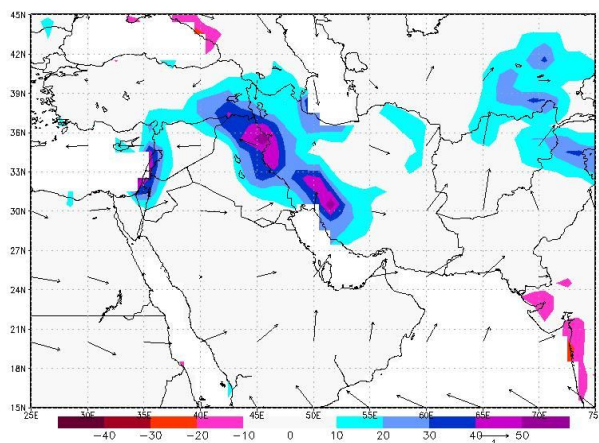
#### ۱-۳-۳ دوران ENSO

شکل ۹ از تفاوت اندازه میانگین بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی دوران النینو و اندازه همانند آن در دوران لائینا به دست آمده است. افزون بر اندازه بارش، این نقشه همین تفاوت را برای میدان برداری باد در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز نشان می‌دهد. هم‌زمان با چیرگی دوران النینو، اندازه بارش در گستره‌های جنوب‌غربی، غرب و بخش‌هایی از شمال و شمال غربی کشور بیشتر از دوران لائینا است. با این‌همه، در گستره شمال شرقی کشور چیرگی این دوران در سنجش با فاز لائینا افزایش چشمگیر بارش را در پی نداشته است. تفاوت میدان باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در دوران النینو و لائینا نشان از آن دارد که هم‌زمان با چیرگی دوران النینو بادهای غربی، توده‌های گرم و نمناک شمال آفریقا را پس از گذر از دریای سرخ، عربستان سعودی و خلیج فارس به گستره‌های جنوب غربی و غربی کشور می‌رسانند. افزون بر این، بادهای شرقی در پهنه گرمسیری شمال دریای عرب نیز پس از گذر از گستره‌های شمال شرقی شبه‌جزیره عربستان به گستره جنوبی کشور می‌رسند که ناپایداری هوا و ریزش باران را در پی دارند.

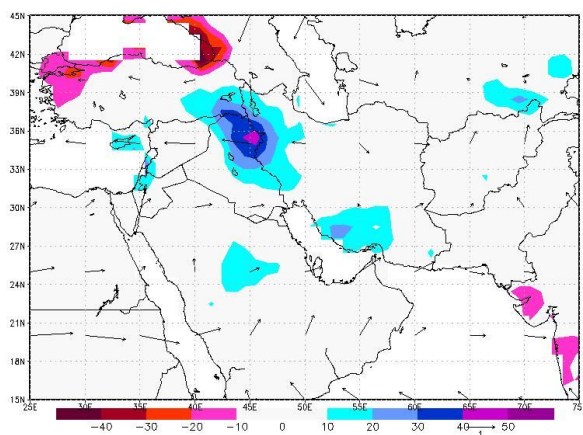
#### ۲-۳-۳ دوران PDO

شکل ۱۰ پراکنش جغرافیایی تفاوت اندازه میانگین بارش و میدان برداری باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال، هم‌زمان با چیرگی فاز گرم و سرد PDO را در خاورمیانه نشان می‌دهد. چیرگی فاز گرم PDO نسبت به فاز سرد این پدیده در پهنه‌های شمال غربی، غرب و جنوب غربی کشور بارش پاییزه بیشتری را به همراه داشته است. با این‌همه، در سنجش با جابه‌جایی فازهای ENSO نشان فازهای PDO در نوسان بارش چشمگیر نیست. توان بادهای سطحی برای رانش بخار آب از اقیانوس هند و خلیج فارس به بخش‌های جنوبی کشور هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای ENSO بسیار کمتر از جابه‌جایی فازهای PDO است.

بادهای نمناکی که از جنوب دریای مدیترانه و دریای سرخ سرچشمه می‌گیرند و گستره غربی و جنوب غربی کشور را بهره‌مند می‌سازند نیز هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای ENSO نیرومندتر از این بادهای هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای PDO هستند. گرچه پهنه شمال شرقی کشور از رخداد النینو یا لائیناهای نیرومند با بارش بیشتر یا کمتر از میانگین روبه‌رو می‌شود، این چنین نشانه‌ای از



شکل ۹. گسترش جغرافیایی اختلاف اندازه میانگین بارش پاییزه و باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای ENSO در خاورمیانه.



شکل ۱۰. گسترش جغرافیایی اختلاف اندازه میانگین بارش پاییزه و باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای PDO در خاورمیانه.

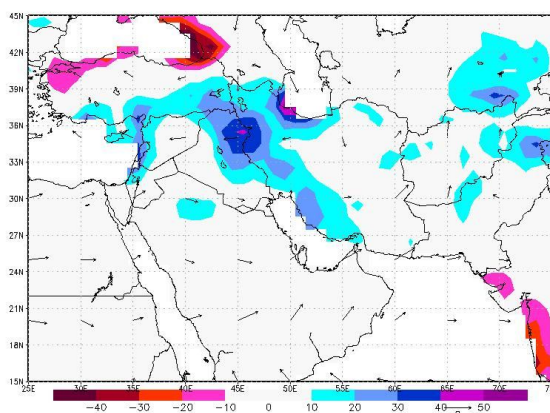
در گستره‌های بیشتری از کشور و با اندازه بیشتری از چیرگی دوران La-LPDO است. تفاوت سرعت بادهای جنوب وزان و غرب وزان نیز نزدیک به دو برابر دوران جابه‌جایی فازهای ENSO یا PDO است. بخش‌های بزرگی از خاورمیانه و به‌ویژه پهنه‌های شرقی و شمالی دریای مدیترانه نیز بارش بیشتر از میانگین درازمدت پاییزه را دریافت می‌کنند.

نوسان‌های بارش برای فازهای مثبت یا منفی PDO در این پهنه دیده نمی‌شود.

### ۳-۳-۳ دوران هم‌زمانی پدیده‌های ENSO و PDO

همان‌گونه که در شکل ۱۱ نشان داده شده است در سنجش با جابه‌جایی فازهای هریک از این دو پدیده به گونه جداگانه، اختلاف اندازه میانگین بارش هم‌زمان با چیرگی دوران La-LPDO و El-HPDO برجسته‌تر است. پراکنش بارش پاییزه هم‌زمان با چیرگی دوران El-HPDO





شکل ۱۱. گسترش جغرافیایی اختلاف اندازه‌های میانگین بارش پاییزه و باد تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال هم‌زمان با جابه‌جایی فازهای مشترک پدیده‌های PDO و ENSO در خاورمیانه.

#### ۴ نتیجه‌گیری

پدیده النینو نوسان‌های جنوبی (ENSO) و نوسان‌های دهه‌ای اقیانوس آرام (PDO)، چرخه‌های نوسان دمایی سطح آب در پهنه اقیانوس آرام هستند که جایگاه کارکرد آنها، به ترتیب در پهنه‌های استوایی و شمالی این اقیانوس است. نشان این دو پدیده بزرگ‌مقیاس اقلیمی و برهم‌کنش آنها بر نوسان‌های بارش پاییزه ۳۰ ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی جنوب ایران در دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۵ ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد که چیرگی پدیده ENSO تا اندازه زیادی نوسان‌های بارش بخش‌های جنوب غربی ایران را توجیه می‌کند و چیرگی پدیده PDO نقش پررنگی در نوسان بارش بخش‌های جنوب شرقی و مرکزی ایران دارد. به بیان دیگر، گستره جغرافیایی تأثیر این دو پدیده در جنوب ایران تا اندازه زیادی ناهمساز است. باین حال در بیشتر پهنه‌ها، چیرگی فاز گرم و سرد این دو پدیده، به ترتیب همراه با رخداد بیشتر و کمتر از میانگین بارش پاییزه است. هم‌زمان با چیرگی دوران النینو، اندازه افزایش بارش پاییزه نسبت به میانگین درازمدت در گستره بزرگی از جنوب ایران بین ۱۰ تا ۷۶

درصد و هم‌زمان با چیرگی فاز گرم PDO بین ۱۰ تا ۴۹ درصد است. این در حالی است که هم‌زمانی پدیده النینو با فاز گرم PDO اندازه بارش را در بازه بزرگ‌تری بین ۱۰ تا ۹۰ درصد افزایش می‌دهد. هم‌زمانی دوران لائینا با فاز سرد PDO با خشک‌سالی‌های کم مانندی همراه است. به بیان دیگر، هنگامی که این دو پدیده هم‌زمان می‌شوند، بارش‌های پاییزه بخش کمتری از جنوب کشور را فرا می‌گیرد و اندازه آن هم اندک است. در دوران El-HPDO کران بالایی نوسان بارش در برخی ایستگاه‌ها تا ۹۰ درصد بیش از میانگین افزایش می‌یابد. در دوران La-LPDO نیز کران پایینی نوسان‌های بارش پاییزه دستخوش دگرگونی شدید می‌شود و در برخی ایستگاه‌ها تا ۷۹ درصد کمتر از میانگین است.

#### ۵ منابع

حضرتی، ش.، ابریشمچی، ا.، و تجریشی، م.، ۱۳۸۳، بررسی تأثیر پدیده‌های نوسانات اطلس شمالی و جنوبی بر دما و بارش حوزه دریاچه ارومیه: اولین

- Resources Planning and Management, **125**(6), 333-341.
- Hare, S. R., and Francis, R. C., 1995, Climate change and salmon production in the Northeast Pacific Ocean: Pages 357-372 in RJ Beamish (ed), Climate Change and Northern Fish Populations. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 121.
- Mann, H. B., and Whitney, D. R., 1947, On a test of whether one of 2 random variables is stochastically larger than the other: Ann. Math. Stat. **18**, 50-60.
- Mote, P. W., Parson, E. A., Hamlet, A. F., Keeton, W. S., Lettenmaier, D., Mantua, N., Miles, E. L., Peterson, D. W., Peterson, D. L., Slaughter, R., and Snover, A. K., 2003, Preparing for climatic change: The water, salmon, and forests of the Pacific Northwest: Climatic Change, **61**, 45-88.
- Nazemosadat, M. J., Cordery, I., and Eslamian, S., 2000, The impact of Persian Gulf sea surface temperature on Iranian rainfall: Proceeding of The Regional Conference on Water Resource Management, Isfahan, Iran.
- 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: J. Climate, **17**, 4005-4018.
- Nazemosadat, M. J., Ghaedamini, H., 2010, On the relationships between the Madden-Julian Oscillation and precipitation variability in southern Iran and the Arabian Peninsula: Atmospheric Circulation Analysis, J. Climate, **23**, 887-904.
- Pavia, E. G., Graef, F. and Reyes, J., 2006, PDO-ENSO effects in the climate of Mexico, J. Climate, **19**, 6433-6438.
- Sadeghi, A. R., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R., Khalili, D., and Zand-Parsa, S., 2002, Regional classification for dryland agriculture in southern Iran: Journal of Arid and Environments, **50**, 333-341.
- Tobler, W., 1970, A computer movie simulating urban growth in the Detroit region: Economic Geography, **46**, 234-240.
- Trenberth, K. E., 1997, The definition of El Niño: Bull. Amer. Met. Soc., **78**, 2771-2777.
- کنگره ملی مهندسی عمران، ۲۳-۲۲ اردیبهشت.
- عاشوری، ح.، ابریشمچی، ا.، مرادی خانی، ح.، و تجریشی، م.، ۱۳۸۷، بررسی تاثیرات پدیده‌های النینو-نوسانات جنوبی و نوسانات ده ساله اقیانوس آرام بر حجم جریان ورودی به سد زاینده‌رود: سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
- فاتحی مرج، ا.، مهدیان، م. ح.، ۱۳۸۸، پیش بینی بارش پاییزه با استفاده از شاخص‌های انسو به روش شبکه عصبی در حوضه دریاچه اورومیه: پژوهش‌های آبخیزداری، شماره ۸۴، ۴۳-۵۲.
- ناظم‌السادات، س. م. ج.، و شیروانی، ا.، ۱۳۸۳، کاربرد CCA به منظور ارزیابی و مقایسه توانایی SST SOI Niño در پیش‌بینی بارش زمستانه سواحل دریای خزر: مجله علوم آب و خاک، **۱۸**(۱)، ۱۱-۲۵.
- ناظم‌السادات، س. م. ج.، قاندامینی، ح.، و کوهی زاده، م.، ۱۳۹۰، ارزیابی جایای پدیده‌های ENSO و PDO و برهم‌کنش آنها بر نوسان‌های بارش خوزستان: چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- ناظم‌السادات، س. م. ج.، و قاسمی، ا.، ۱۳۸۳، تأثیر نوسان‌های دمای سطح آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران: علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، **۴**، ۱-۱۵.
- Bonsal, B. R., Shabbar, A., and Higuichi, K., 2001, Impacts of low frequency variability modes on Canadian winter temperature: International Journal of Climatology, **21**, 95-108.
- Hamlet, A. F., and Lettenmaier, D. P., 1999, Columbia River streamflow forecasting based on ENSO and PDO Climate signals: J. Water