

تأثیر پدیده انسو بر ناهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران

Hassanali Ghayoor, Ph.D Mahmood Khosravi

Isfahan University

Ghayoorhassan@yahoo.com

Khosravi-mh@yahoo.com

Impacts of El Nino/Southern Oscillation (ENSO) on the Summer and Autumnal Precipitation Anomalies in South East of Iran

The El Nino-Southern Oscillation (ENSO) exerts a profound influence on global weather and climate patterns. A great deal of time has been spent and efforts have been made to investigate the phenomenon with benefits in terms of economy, public safety and the environment.

In this paper the authors studied ENSO signals and impacts on precipitation and other related elements during summer and autumn. In order to study the relationships between precipitation over the region, Enso and other circulation patterns specially NAO and AO, several long term climate data set were obtained.

These included the data of 23 precipitatin stations and Climate Diagnostic Center (CDC) reanalysed data and plots. This data covers both surface and multiple-level of atmosphere over the region. Additionally simultaneous correlation and principal statistical and component analysis were used with the reanalysis data to study the teleconnectivity between ENSO,AO,AO, and other teleconnection patterns. The results suggested that precipitation significantly correlated with ENSO in autumn and its amount in ENSO warm phases (E1 Nino) was greater than cold and natural phases.

Summer precipitation and moisture increases in cold phases (La Nina) and we find a meaningful Correlation between All Indian Summer Monsoon Rainfall (AISMR), summer precipitation in Region and NINO3-4 Index. The summer rainfall increased in La Nina years (inverse autumn). This results were confirmed by statistical analysis and tests.

Culmnar precipitable water, Outgoing Long Radiation (OLR), Jet streams intensity and tracks and some of the synoptic aspects were studied in this paper and results showed some anomalies between cold and warm phases. We found also some spatial variation in response to the ENSO signals between southern coastal regions (south and south east of Bluchestan) and other parts of the region. In strong E1 Nino events (for example 1997-98 and 1982-83) great positive anomaly occurred with southward changes in Jet streams and stormtracks. Some stations like Chahbehar and Bandarabbas received more han 200% of their normal autumn precipitation. Enso cold phases usually to terd result in drier than usual autumn and sever droughts occurred over the region in these phases. The ENSO cycle is highly nonstationary. Each E1 ino has its own characteristics. It is more meaningful to investigate the evolution of ENSO event by event. Case studies are also desirable for revealing the differences from case to case, which are valuable for understanding the nature and cause of the deviations from a composite scenario.

خلاصه

مطالعه حاضر جهت ارزیابی اثرات و نشانه‌های پدیده ال نینو - نوسان جنوبی (Enso) بر میزان بارش و عوامل مرتبط با آن در منطقه جنوب شرق ایران طی فصول پاییز و تابستان صورت گرفته است.

جهت دستیابی به یک نگرش صحیح راجع به سازوکارهای تأثیر یا عدم تأثیر پدیده انسو در این مطالعه نابهنجاری‌های مربوط به بارش‌ها و عوامل مؤثر بر آن طی فازهای سرد و گرم مورد ارزیابی قرار گرفته است.

با استفاده از اسناد و داده‌های متعدد و تجزیه و تحلیل و پردازش آن‌ها به کارگیری استدلالات آزمون‌های مختلف آماری، وجود نابهنجاری‌های مشخص در فازهای مختلف انسو طی فصول تابستان و پاییز مورد تأیید قرار گرفت و علاوه بر آن ضرایب همبستگی سری‌های زمانی بارش، آب ستونی قابل بارش، بازتاب امواج بلند زمین (OLR) محاسبه و ارتباط بین آنها و

شاخص‌های مرتبط با انسو و الگوهای ارتباط از دور روشن گردید.

بررسی حاضر ثابت می‌کند میزان بارش در فازهای گرم طی فصل پاییز به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط عادی و فازهای سرد انسو می‌باشد. هر چند تفاوت‌های منطقه‌ای در پاسخ‌ها به انسو وجود دارد. در فصول تابستان طی فازهای گرم عموماً شرایط خشکی تابستانی استمرار می‌یابد و بارش‌های تابستانه به حداقل خود می‌رسد و در فازهای سرد بر خلاف فصل پاییز شرایط پرباران‌تر و مرطوب‌تر از معمول در بخش‌هایی از منطقه که این بارش‌ها را دریافت می‌دارند، به وجود می‌آید.

یافته‌های بالا با استفاده از روش‌های آماری و بر اساس فرضیات طرح شده مورد آزمون قرار گرفت و نتایج تفصیلی در اکثر موارد فرضیات فوق تأیید می‌کند.

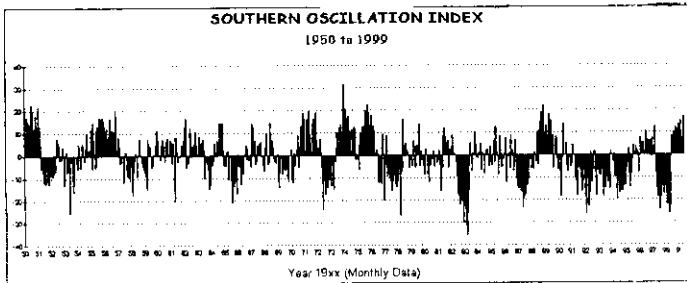
به دلیل طولانی شدن بحث امکان پرداختن به کلیه جوانب سینوپتیک وجود ندارد. لذا در این مقاله تغییر مسیرهای رودبادهای جنب حاره‌ای STJ و جبهه قطبی PEJ در فازهای گرم و سرد انسو، تأثیر آنها در انتقال رطوبت و ایجاد بارش و یا عدم وقوع بارش‌ها بررسی گردید. شواهد و تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که فازهای گرم انسو طی فصل پاییز معمولاً به دلیل تغییر مسیر رودبادهای جنوبی‌تر و حرکات مداری‌تر آن با ترسالی‌ها و ریزش‌های جوئی بالاتر از میانگین همراه بوده است.

حداکثر بارش‌های پاییزه در اکثر ایستگاه‌های منطقه با قوی‌ترین ال نینوها (۱۹۸۲ و ۱۹۹۷) همراه بوده است. با توجه به ماهیت تغییرپذیر پدیده انسو و این فرض که هیچ دو حادثه ال نینو کاملاً شبیه هم نیستند، بدیهی است شدت و وسعت تأثیرات آنها نیز متفاوت است.

مقدمه

واژه انسو از ترکیب دو واژه نوسان جنوبی Southern Oscillation و ال نینو EL nino گرفته شده که ال نینو مؤلفه اقیانوسی و نوسان جنوبی مؤلفه اتمسفری این پدیده می‌باشد. معمولاً اختلاف فشار سطحی بین تاهیتی در شرق و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام، به عنوان مبنای اندازه‌گیری شاخص نوسان جنوبی (SOI) مورد استفاده قرار می‌گیرد و مقادیر مثبت یا منفی این اختلاف بیانگر فازهای مختلف انسو می‌باشد (نمودار ۱). یکی از معتبرترین

روش‌های مورد استفاده، روش تروپ است که در این مطالعه مقادیر ماهانه آن از سال ۱۸۷۶ تاکنون از طریق پایگاه اینترنتی اداره هواشناسی استرالیا دریافت شده و مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین شاخص‌های درجه حرارت سطحی اقیانوس آرام در مناطق پنج‌گانه NINO به خصوص NINO3-4 نیز به وسیله محققان متعدد پیشنهاد شده است (Trenberth - 1997). شاخص INI که به تازگی به وسیله ترنبرت (Trenberth) پیشنهاد گردیده نیز از روش‌های کاملاً جدید جهت محاسبه شرایط ال نینو و لانینا است (Trenberth-2000). شاخص چند متغیره انسو (NEI) نیز یکی از روش‌های معتبر در این زمینه به شمار می‌رود (نمودار ۲) (Wolter-2001).



نمودار ۱. نوسانات شاخص نوسان جنوبی (SOI)

فازهای گرم انسو به ال نینو و فازهای سرد به لانینا یا ال و جو (La nina - El vejo) معروف هستند. واژه ال نینو اساساً به جریان اقیانوس گرم و ضعیف سالانه‌ای اطلاق می‌شود که به سمت جنوب در امتداد سواحل پرو و اکوادور در ایام کریسمس جریان می‌یابد و با گرمایش وسیع و غیر معقول که هر چند سال اتفاق می‌افتد، اکولوژی منطقه‌ای و محلی را تغییر می‌دهد (Trenberth - 1996). در فازهای سرد که شرایط متضاد ال نینو حاکم می‌گردد بادهای تجاری و گردش واکر تقویت می‌گردند.

معمولاً حوادث ال نینو هر ۴ تا ۷ سال یک بار بروز می‌کند و طول دوره آنها نیز معمولاً ۱۲ تا ۱۸ ماه طول می‌کشد (Tomito). بر اساس طول مدت حوادث ال نینو را به دو گروه طولانی

مدت و کوتاه مدت تقسیم و اثرات هر یک بر اقلیم سیاره‌ای را بررسی نموده است (Tomito-1993).

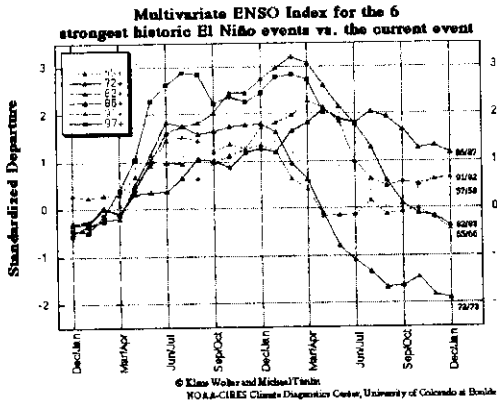
پدیده انسو دارای یک الگوی ارتباط از دور مقیاس جهانی است که به‌دو نیمکره جنوبی و بخش عظیمی از نیمکره شمالی گسترده شده است. این الگو در نوسانات سالانه فشار سطح دریا، دمای سطح دریا، و بارش مشخص می‌شود. ارتباط از دور Teleconnection در واقع همبستگی‌های همزمان معنی‌دار بین نوسانات زمانی پارامترهای هواشناسی است که در نقاط وسیع و جدا از هم در سطح زمین اتفاق می‌افتد (Wallace-1981).

این الگوها در واقع منعکس‌کننده تأثیرات پدیده انسو در شدت و موقعیت چرخه‌های سیاره‌ای و الگوهای وزش رودبادها در مناطق ورای حاره‌ای می‌باشند. تاکنون بیش از ۱۳ الگوی ارتباط از دور در نیمکره شمالی شناسایی شده است که داده‌های مربوط به این الگوها تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعات متعددی در زمینه وجود ارتباط بین این الگوها صورت گرفته است و با تکنیک‌های موسوم به آنالیز طیفی رابطه زمانی بین الگوی نوسان اطلس شمالی (NAO) و انسو، و همچنین ارتباط الگوهایی نظیر آرام آمریکای شمالی (PNA) با انسو، به‌طور کامل شناسایی شده است - (Huang - 1998).

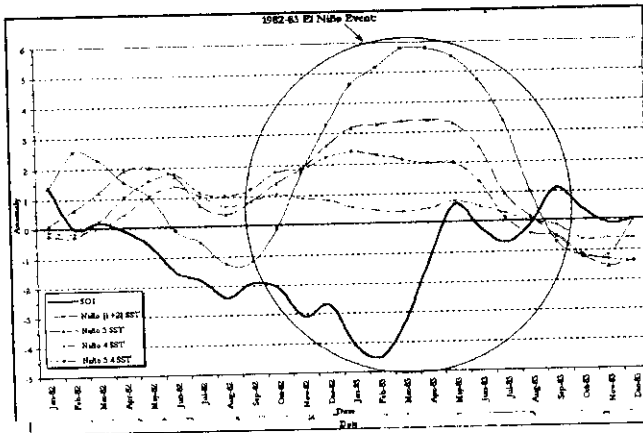
پدیده انسو بر مناطق مختلف کره زمین تأثیرهایی متفاوت می‌گذارد که بیشتر تأثیرات فاز گرم (ال نینو) مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این تأثیرها شامل خشکسالی شدید، بارش‌ها و سیلاب‌های غیر معمول، آتش‌سوزی جنگل‌ها، وقوع هاریکن‌ها، افزایش بیماری‌های گرمسیری همچون مالاریا و دیگر اثرهای اقتصادی و اجتماعی است. خسارات رویداد ال نینو تنها در سال ۱۹۸۲-۱۹۸۳ بین ۸ تا ۱۳ میلیارد دلار برآورد می‌شود (WMO-1998).

مطالعات زیادی راجع به تأثیرات پدیده انسو بر مناطق مختلف جهان صورت گرفته است. تأثیرات این پدیده در استرالیا، اندونزی، ژاپن، آمریکای شمالی و جنوبی، آفریقا و ساحل، آفریقای جنوبی، روسیه، هند و به صورت محدودتری خاورمیانه مورد مطالعه قرار گرفته است. تأثیرات متقابل پدیده انسو و موسمی‌های شبه قاره هند و نقش فازهای سرد و گرم انسو در شدت و تاریخ شروع موسمی‌ها را محققان متعدد بررسی کرده‌اند (webster-1992).

Archive of SID



نمودار ۲ تغییرات شاخص چند متغیره انسو (MEI) طی ۶ حادثه ال نینوی قوی گذشته



نمودار ۳ تغییرات شاخص نوسان جنوبی (SOI) و شاخص های دمای سطحی آب در مناطق چهارگانه NINO طی قوی ترین حادثه ال نینوی قرن گذشته

در روسیه و سبیری رابطه بین فازهای مختلف انسو با فراوانی وقوع و عبور فروبارهای اطلس شمالی و یا مدیترانه و نقش آنها در پوشش برف روسیه و سبیری، مطالعه و تأیید شده است (Krenke-1998). مطالعات محدودی نیز در خاورمیانه شده است. مطالعات پالئوکلیماتولوژی بررسی ایزوتوپ‌های اکسیژن مرجان‌های ۲۴۵ ساله شمال دریای سرخ، وجود همبستگی معنی‌دار بین تغییرات دمای این منطقه با شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO) و انسو را روشن ساخته است (Felis - 2000).

در خاورمیانه بیشترین مطالعات منطقه‌ای راجع به اسرائیل صورت گرفته است. در مطالعه‌ای با ارزش، همبستگی معنی‌دار و مثبت بین سال‌های ال نینو بارش‌های بالاتر از میانگین، جریان آبراهه‌ها و سطح دریاچه‌ها در این کشور گزارش شده است. همچنین در مطالعه دیگری تغییرات در چرخه اتمسفری بر روی بخش‌هایی از افریقا که اجازه عبور ابرهای مرتفع از روی صحرا و رسیدن به خاورمیانه و اسرائیل طی فازهای گرم را می‌دهد مورد تأیید قرار گرفته است. (Wizmann - 1999).

مطالعه انجام شده در مورد ایران بر اساس همبستگی بارش و خشکسالی‌ها با شاخص SOI، همبستگی منفی و معنی‌داری را طی فصل پاییز در بسیاری نقاط کشور نشان می‌دهد. در این مطالعه خشکسالی‌های پاییزه در فازهای مثبت انسو (لاینا) و بارش‌های سنگین طی فازهای منفی (ال نینو) گزارش گردیده است (Nazemosadat - 1999).

هرچند در مطالعه بالا به سازوکارهای احتمالی تأثیر انسو اشاره نشده است، بررسی دیگر به تأثیر پدیده ال نینو به صورت غیر مستقیم و از طریق دگرگون‌سازی الگوهای گردش عمومی جو و مراکز مربوط و تأثیر ارتباط از دور اشاره دارد. (خوش اخلاق - ۱۳۷۷).

با توجه به موارد بالا، هدف ما در این مطالعه ارزیابی اثرها و پیدا کردن نشانه‌های تأثیر پدیده انسو بر شرایط اقلیمی مؤثر در بارش و تغییرپذیری‌های میزان بارش این منطقه خشک کشور می‌باشد.

تغییرپذیری بالای بارش فصل‌های پاییز و تابستان و وقوع خشکسالی‌های مخرب، معمولاً با توجه به اقتصاد ناپایدار و وضعیت خاص ژئوپولیتیکی منطقه، اثرهای جبران‌ناپذیری بر بخشهای اقتصادی و اجتماعی آن وارد می‌آورد.

انتخاب فصل‌های پاییز و تابستان از آن جهت صورت گرفت که در فصل پاییز قوی‌ترین اثرات پدیدهٔ انسو ظاهر می‌شود و بیشترین ارتباط احتمالی را با عوامل جوئی منطقه دارد و در فصل تابستان در بخش‌های وسیعی از منطقه بارش‌های تابستانی وجود دارند که احتمالاً با سیستم موسمی ارتباط دارند.

در این مطالعه جهت دستیابی به یک نتیجهٔ صحیح، عناصر اساسی مرتبط با بارش از جمله تغییرات مسیر رودباده‌ها، آب قابل بارش و بازتاب تشعشع طول موج بلند (OLR) بررسی شده است.

مواد و روشها

در این مطالعه جهت دستیابی به اهداف مورد نظر، داده‌ها و اسناد گوناگون استفاده شده است:

- داده‌های سطحی بارش ایستگاه‌های هواشناسی و سینوپتیک منطقه طی دورهٔ آماری ۱۹۷۵-۱۹۹۸.

- شاخص‌های مرتبط با انسو و الگوهای ارتباط از دور که از طریق مراکز تحقیقاتی مختلف در کشورهای استرالیا، آمریکا و برخی مراکز اروپایی تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است.

داده‌های مربوط به آب قابل بارش، باد، OLR و دیگر اطلاعات سینوپتیک سطوح مختلف جوئی محدودهٔ مورد مطالعه، که از طریق مرکز تشخیص اقلیمی CDC وابسته به سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی آمریکا (NOAA) دریافت شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

- نقشه‌های موسوم به ترکیب میانگین ماهانه (Monthly Mean Composite) و همبستگی خطی میانگین‌های ماهانه و فصلی جو مربوط به فصل پاییز و تابستان محدودهٔ مورد استفاده، عناصر جوئی منطقه و همچنین نقشه‌های جهت و سرعت باد در سطوح بالایی جو در محدودهٔ مورد مطالعه، عناصر جوئی منطقه و همچنین نقشه‌های جهت و سرعت باد در سطوح بالایی جو در محدودهٔ نیمکرهٔ شمالی در فازهای گرم، سرد، شرایط عادی، و همچنین رویدادهای عمدهٔ ال نینو و لانینا از طریق آرشیو الکتریکی مؤسسهٔ CDC اخذ گردید. تفسیر و تحلیل اطلاعات این نقشه‌ها که حاصل همکاری مؤسسات NCEP و NCAR وابسته به نوا (NOAA) است یکی از

روش‌های اساسی ما در مقایسه اختلافات و تحلیل نابهنجاری‌های عناصر اقلیمی بوده است. مجموعه عظیمی از مطالعات انجام شده در نواحی مختلف دنیا، در یک آرشیو مطالعاتی جمع‌آوری و از تجربیات ارزنده برخی محققان بین‌المللی در این زمینه استفاده شده است. - امکانات نرم‌افزاری متعددی به منظور برخی محققان بین‌المللی در این زمینه استفاده شده است.

- امکانات نرم‌افزاری متعددی به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. نقشه‌های توزیع بارش فصلی در سطح منطقه طی فصل‌های تابستان و پاییز در فازهای مختلف انسو به صورت نقشه‌های ایزوترسیم گشته و مجموعه این نقشه‌ها به همراه سایر مدارک در تفسیرها و نتیجه‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است. اساس تقسیم‌بندی فصل‌های پاییز و تابستان به فازهای مختلف انسو، علاوه بر استفاده از شاخص SOI، MEI و NINO3-4، استفاده از جدول پیشنهادی مؤسسه CPC (مرکز پیش‌بینی اقلیمی) می‌باشد.

محدوده مورد مطالعه منطقه‌ای، در جنوب شرق کشور است که از سمت شمال به مدار ۳۴ درجه عرض شمالی، از غرب به نصف‌النهار ۵۶ درجه طول شرقی و از سمت شرق و جنوب به مرزهای شرقی و جنوبی کشور محدود است و بخش‌های عمده‌ای از استانهای کرمان، هرمزگان، جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان را دربر می‌گیرد. فرضیه اساسی ما در این تحقیق آن است که به دلیل تغییر در الگوهای چرخش عمومی جو طی فازهای انسو، اقلیم فصل‌های تابستان و پاییز منطقه با دو سازوکار مختلف، زیر تأثیر قرار گرفته و نتیجه آن در نابهنجاری‌های الگوهای ریزش جوی در منطقه نمود می‌یابد. بر اساس این فرض اصلی، فرضیه‌های متعدد مورد آزمون قرار گرفته است.

بحث

الف: بازتاب طول موج بلند (OLR)

بازتاب تشعشع طول موج بلند (OLR) یکی از شاخص‌های مورد استفاده در تحقیقات مرزبندی انسو به عنوان معیار تکوین شرایط بارش است. این میزان تعیین‌کننده تغییرات توزیع

همرفت عمیق اتمسفری است. کاهش در میزان متوسط ابرهای کانوکتیو (Convective) به معنی آن است که ماهواره مقدار بیشتری شدت اشعه را از نزدیکی سطح گرم دریافت می‌کند (ناهنجاری مثبت). در حالت ناهنجاری منفی ماهواره در واقع مقدار کمتری شدت تشعشع را از یک سطح سردتر نزدیک پایه ابر اندازه‌گیری می‌کند. در بسیاری از تحقیقات به خصوص در مناطق حاره‌ای از این معیار به عنوان روشی معتبر جهت ارزیابی تأثیرات پدیده انسو استفاده نموده‌اند (WMO-1998).

ضریب همبستگی OLR در دوره آماری ۱۹۵۸-۲۰۰۰ با شاخص‌های اساسی انسو و ارتباط از دور محاسبه گردید. در فصل پاییز همبستگی معنی‌داری با شاخص‌های SOI و به خصوص NINO3-4 وجود دارد (در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است). مقادیر منفی همبستگی با شاخص NINO3-4 دلالت بر آن دارد که در فازهای گرم انسو که توأم با افزایش دما در آب‌های اقیانوس این منطقه (NINO3-4) است، به دلیل افزایش فعالیت‌های همرفتی و تکامل ابرها در سطح منطقه، بازتاب ضعیف‌تری از تشعشع طول موج بلند وجود دارد.

بررسی نقشه‌های همبستگی در تابستان ضرایب بالایی روی جنوب شرق دریای عمان با شاخص SOI و به خصوص NINO3-4 را نشان می‌دهد. با توجه به علامت آن می‌توان استنباط نمود که در فازهای سرد انسو زمینه‌تکوین و توسعه موسمی‌ها بر روی جنوب شرق منطقه و به خصوص دریای عمان شدیدتر است.

جدول شماره، تغییرات میزان OLR طی فازهای انسو در منطقه طی فصل پاییز و تابستان را نشان می‌دهد. حداکثر تفاوت بین فازهای گرم و سرد در فصل پاییز مشاهده می‌شود (۴/۳۹- وات بر متر مربع).

در فازهای گرم (ال نینو) افزایش فعالیت کانوکتیو موجب بارش در سطح منطقه با کاهش میزان OLR توأم است. تفسیر نقشه‌های ناهنجاری مقادیر OLR مؤسسه CDC نیز تفاوت‌های شدیدی را طی فصل پاییز به خصوص در جنوب شرقی منطقه نشان می‌دهد.

در فازهای سرد قوی طی فصل تابستان حداقل مقادیر OLR نشان‌دهنده وجود ناپایداری و تکامل ابر به خصوص در جنوب شرق منطقه می‌باشد.

جدول ۱ میزان بازتاب طول موج بلند سطح زمین (OLR) منطقه جنوب شرق ایران به وات بر متر مربع

| فصل | ال نینو | لانینا | ال نینوی قوی | لانینای قوی | عادی (غیرانسو) | میانگین | ال نینو - لانینا |
|---------|---------|--------|--------------|-------------|----------------|---------|------------------|
| تابستان | ۳۲۱/۱۳ | ۳۲۲/۰۸ | ۳۲۴/۲۳ | ۳۲۰/۸۶ | ۳۲۲/۳۸ | ۳۲۱/۸۹ | -۰/۹۵ |
| پاییز | ۲۶۹/۱۸ | ۲۷۳/۵۷ | ۲۷۱/۶۱ | ۲۷۱/۳۷ | ۲۶۸/۳۵ | ۲۷۶/۲۳ | -۴/۳۹ |

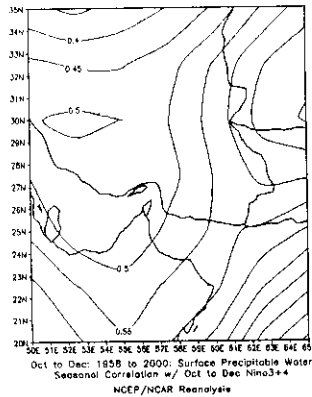
ب: آب ستونی قابل بارش CPW

CPW مجموع اتمسفری بخار آب است که در یک ستون عمومی در منطقه از سطح زمین تا سطوح فوقانی اتمسفر وجود دارد. در واقع آب قابل بارش معادل ارتفاع آبی است که در صورت تراکم در یک ظرف با مقطع مشخص جمع آوری می‌گردد. این پارامتر مهم امروزه به وسیله ماهواره‌ها و رادیوسوندها اندازه‌گیری می‌شود. داده‌های اقلیم‌شناسی آب قابل بارش به وسیله ماهواره‌های هواشناسی وزارت دفاع آمریکا و مرکز هواشناسی و اقیانوس‌شناسی ملی (NOAA) و شبکه رادیوسوند جمع آوری می‌گردد. امروزه از این داده‌ها جهت استفاده در مدل‌های اقلیمی استفاده می‌شود و می‌تواند اطلاعاتی با ارزش از تأثیرات گرمایش جهانی را ارزیابی کند (Ir Group - 1999).

در این مطالعه همبستگی میزان آب قابل بارش و همچنین تغییرات مکانی آن در سطح شاخص‌های اساس انسو بررسی شد. در فصل تابستان همبستگی معنی‌دار و مشخصی با هیچ کدام از شاخص‌های مرتبط با انسو و ارتباط از دور ملاحظه نشد اما در فصل پاییز، همبستگی کاملاً معنی‌دار و قوی با پدیده انسو وجود دارد.

میزان بالای همبستگی با شاخص NINO3-4 (۰/۶۱۳) حاکی از افزایش قابل ملاحظه پتانسیل آب قابل بارش در فصل پاییز طی فازهای گرم انسو (ال نینو) می‌باشد. (نقشه ۱) تفسیر نقشه‌های همبستگی CPW در فصل پاییز در اکثر نقاط، همبستگی بالایی را با شاخص‌های اصلی انسو نشان می‌دهند. میزان ضریب در هیچ نقطه‌ای از ۰/۵ کمتر نیست. در بخش‌های شرقی بلوچستان و دشت سیستان رقم ۰/۷ ملاحظه می‌شود. این بدان معنی است که فازهای گرم (ال نینو) عموماً همراه با افزایش آب قابل بارش به خصوص در بخش‌های

Archive of SID



نقشه ۱ ضریب همبستگی میزان آب ستونی قابل بارش منطقه جنوب شرق ایران با شاخص (NINO3-4) طی فصل پاییز (مأخذ: مؤسسه CDC)

خشک بیابانی شرقی منطقه می‌باشد.

در جدول ۲ میزان متوسط CPW طی فازهای مختلف انسو در فصل‌های تابستان و پاییز با هم مقایسه گردیده است. در فصل پاییز اختلاف میزان آن در فازهای گرم و سرد به بیش از ۱/۷ کیلوگرم در متر مربع می‌رسد و معمولاً در شرایط ال نینو به طور مطلق مقدار آن از فازهای سرد و شرایط عادی بیشتر است. (نقشه ۲). در فصل تابستان که با توجه به خصوصیات دمایی منطقه بیشترین موجودی آب قابل بارش در منطقه وجود دارد، تفاوت ناهنجاری‌ها اصولاً زیاد نیست ولی در فازهای گرم قوی، مقدار CPW به حداقل می‌رسد و در فازهای سرد قوی (لانینا) که عموماً با تقویت موسمی‌ها همراه هستند به حداکثر می‌رسد.

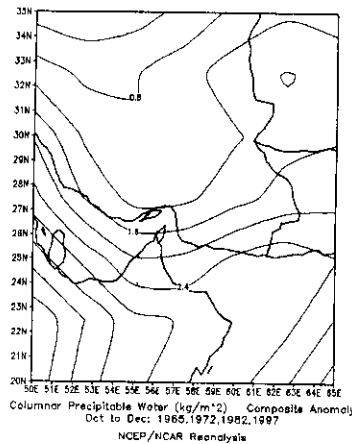
تفاوت‌های منطقه‌ای و فضایی میزان CPW در سطح منطقه با توجه به تفسیرهای نقشه‌های ترکیبی Composite نشان‌دهنده ناهنجاری‌های مثبت تا حداکثر ۲/۴ کیلوگرم در متر مربع در حاشیه جنوب شرقی بلوچستان طی فازهای گرم قوی پاییز می‌باشد. در فازهای سرد عموماً ناهنجاری‌های منفی که حداکثر شدت آن در سواحل دریای عمان است (۱ - کیلوگرم در متر مربع) مشاهده می‌گردد. در فصل تابستان و فازهای گرم قوی در حالی که شمال شرق هرمزگان

الگوی ناهنجاری مثبت را نشان می‌دهد، عموماً ناهنجاری‌های منفی قابل ملاحظه‌ای به خصوص در بخش‌های شرقی منطقه مشاهده می‌گردد.

Archive of SID

جدول ۲ تفاوت میزان آب ستونی قابل بارش CPW در فصل‌های پاییز و تابستان منطقه جنوب شرق ایران طی فازهای انسو و غیر انسو

| فصل | میانگین | ال نینو | لانینا | ال نینو قوی | لانینای قوی | عادی (خنثی) |
|---------|---------|---------|--------|-------------|-------------|-------------|
| تابستان | ۱۵/۷۲ | ۱۵/۹۸ | ۱۵/۷۱ | ۱۵/۹۳ | ۱۵/۵۴ | |
| پاییز | ۱۱/۳۸ | ۱۲/۲۲ | ۱۰/۵۲ | ۱۲/۲۵ | ۱۰/۴۹ | ۱۱/۱۳ |



نقشه ۲ ناهنجاری‌های آب قابل بارش (کیلوگرم در متر مربع) منطقه جنوب شرق ایران طی ۴ حادثه ال نینو قوی پاییز

ج: جت استریم (رودباد)

رودبادها نقش مهمی در حرکات اتمسفری بازی می‌کنند. معمولاً با افزایش فعالیت‌های همرفتی در مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام طی حوادث ال نینو، این انرژی به وسیله حمل گرما و رطوبت به اتمسفر فوقانی منتقل می‌شود. طی مجموعه‌ای از واکنش‌های جوّی پیچیده شامل

سازوکارهای پسخوراند، این انرژی به سمت قطبین منتقل می‌گردد. نتیجه این تغییرات در رودباد جنب حاره‌ای (STJ) و رودباد جنبه قطبی (PFJ) منعکس می‌شود. این تغییرات در رودبادها به طور فزاینده‌ای الگوهای هوایی در نیمکره شمالی را تغییر می‌دهد. *Archive of SID*

افزایش فعالیت‌های رعدوبرقی در طی حوادث ال نینو که باعث نفوذ رطوبت و گرما تا ۵۰۰۰ فوت به داخل جو فوقانی می‌شود عامل مهمی در افزایش سرعت و تغییر موقعیت امواج رودباد می‌باشد. این تغییرات در طی فازهای مختلف انسو نه تنها بر روی الگوهای هوا در آمریکای شمالی و جنوبی بلکه در نقاط دورتری چون آفریقا و خاورمیانه تأثیر می‌گذارد (USA Today-2000).

اسمیت و همکاران به دو شاخه شدن رودباد بر روی بخش اقیانوس آرام جنوبی اشاره می‌کنند و بر تقویت رودباد جنب حاره‌ای و تضعیف رودباد جنبه قطبی طی فازهای گرم و شرایط متضاد آن طی فازهای سرد تأکید می‌کنند (Smith and Others-1996) در سال ۹۳-۱۹۹۲ مسیرهای رودبادی و سیکلونی غیر معمول بر روی آمریکای شمالی گزارش شده است. (Murphre-1998). در رویداد ال نینو بسیار قوی سال ۸۳-۱۹۸۲ تغییرات مهمی در الگوی رودباد در نیمکره شمالی به وقوع پیوست. تغییر مسیر این رودباد عامل اصلی نابهنجاری‌های بارش (تا بیش از ۲۰۰ درصد) در بسیاری از نقاط بوده است (Strahler-1987).

جهت آزمون این فرضیه که مسیر رودباد در شرایط انسو تغییر می‌نماید نقشه‌های جهت و سرعت بادها در سطوح ۵۰۰، ۳۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال نیمکره شمالی طی فازهای گرم، سرد و شرایط عادی و همچنین رویدادهای شاخص ال نینو تهیه گردید. بر اساس آن که مسیر رودبادها معمولاً حداکثر هسته سرعت باد را تعقیب می‌کند (Cunningham 2001). در سطوح ۲۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال مسیرهای اصلی رودباد جنب حاره‌ای و بر روی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی مسیر رودباد جنبه قطبی ترسیم و نقشه‌های مربوطه تهیه گردید. علاوه بر آن منطقه جنبه‌ای رودباد جنبه قطبی بر اساس تجربیات وجود (FAS-1996) روی نقشه ایزوترم ۵۰۰ هکتوپاسکال ترسیم گردید. با توجه به تفسیر نقشه‌های تهیه شده نتایج مقایسه مسیرهای رودباد به شرح زیر می‌باشد.

ذکر فصل تابستان با توجه به حاکمیت رودباد جنب حاره‌ای (STJ) تفاوت‌های مشهودی در

مسیر متوسط این رودباد طی فازهای گرم و سرد مشاهده می‌شود. مسیر رودباد طی فازهای گرم حدود ۱۰ درجه در شرق اقیانوس اطلس به سمت جنوب نسبت به شرایط غیر انسو و فازهای سرد تغییر نشان می‌دهد. مسیر متوسط آن از روی خاورمیانه و ایران، منطقه مرکزی و جنوبی هیمالیا می‌باشد در حالی که طی فازهای سرد این رودباد با تعقیب مسیری شمالی تر از جنوب دریای خزر و شمال هیمالیا عبور می‌کند.

در فصل پاییز تفاوت در مسیر رودباد طی فازهای مختلف انسو به حداکثر خود می‌رسد. در نقشه‌های سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال در فازهای گرم هسته سرعت خاورمیانه این رودباد به روی جنوب شرق ایران تا دریای سرخ کشیده شده و مسیر اصلی آن از روی شمال خلیج فارس، تنگه هرمز و جنوب منطقه است. در فازهای سرد هسته سرعت مرکزی به سمت مرزهای شمالی منطقه هدایت شده و از آنجا به سمت شرق آسیا می‌وزد. در شرایط غیر انسو مسیر رودباد در شرایط بینابین فازهای سرد و گرم بوده و از سرعت هسته سرعت مرکزی کاسته می‌شود. (نقشه‌های ۳ و ۴) در حوادث گرم قوی رودباد ضمن افزایش سرعت به جنوبی‌ترین موقعیت خود نسبت به سایر فازها هدایت می‌شود. برای مثال در حادثه پاییزی ۱۹۹۷ سرعت هسته مرکزی به ۳۲ متر در ثانیه بالغ گردید.

رودباد جبهه قطبی (PFJ) طی فازهای گرم به طور متوسط از مدار ۴۵ درجه شمالی اقیانوس اطلس، جنوب انگلیس، شمال فرانسه به سمت شمال سیبری و جنوب آسیا جریان دارد. در حالی که طی فازهای سرد از عرض ۵۰ درجه شمالی به سمت شمال انگلستان، جنوب اسکاندیناوی و سپس مستقیماً به سمت شرق می‌وزد. موقعیت متوسط این رودباد در حدود ۱۰ درجه شمالی تر از موقعیت فاز گرم آن است و علاوه بر آن حرکات نصف النهاری آن به نحو قابل ملاحظه‌ای کمتر و بیشتر به صورت مداری می‌وزد. مسیر این رودباد در شرایط عادی از ۴۷/۵ درجه عرض شمالی آغاز گشته و از مرکز انگلیس و جنوب اسکاندیناوی در مسیر بین فازهای گرم و سرد جریان می‌یابد.

بررسی منطقه جبهه‌ای این رودباد نقشه‌های حرارتی سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال بیانگر آن است که طی رویدادهای ال نینو این منطقه به طور متوسط از روی مدیترانه شمالی به سمت شمال کشور و مستقیماً به سمت شرق جریان دارد. در حالی که طی فازهای سرد موقعیت آن به

سمت عرض‌های شمالی تر منتقل می‌گردد و تقریباً مشابه شرایط عادی می‌باشد. در دو حادثه لاینیای بسیار قوی (۱۹۹۷، ۱۹۹۹) همراه خشکسالی، موقعیت متوسط منطقه جبهه‌ای به شمالی‌ترین حد خود منتقل گردیده است.

مطالعه ارزشمندی که به وسیله ولادیمیر و النایزین (Aizen) در عرض‌های میانی آسیا صورت گرفته به وجود الگوهای چرخش اتمسفری نصف‌النهاری معمولی و قوی اشاره می‌کند. براساس این مطالعه - ۲۰۰۱ (Zizen) از نظر الگوهای چرخش جوی و بارش الگوی چرخش نصف‌النهاری ملایم بر روی نیمکره شمالی و آسیای میانه با استقرار کم‌عمق مراکز فشار کم‌جنب قطبی بر روی اروپا، موقعیت شرقی‌تر پرفشار سیبری و تضعیف آن همراه است. در حالی که طی استقرار الگوی چرخش اتمسفری نصف‌النهار قوی که موقعیت‌های فرودهای اصلی آن با حالت معمول متفاوت است، استقرار پرفشار روی اروپای شرقی و موقعیت غربی‌تر پرفشار سیبری و تقویت آن را به همراه دارد.

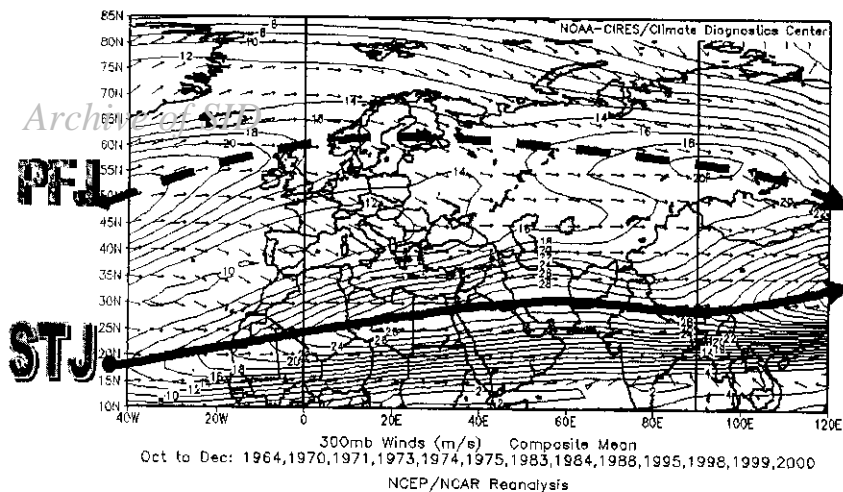
نقشه مسیر متوسط رودبادهای جنب حاره‌ای (STJ) و جبهه قطبی (PEJ) طی رویدادهای ال نینوی قوی فصل پاییز.

آیزین همچنین به دو شاخه شدن پرفشار جنب حاره‌ای و تغییر مکان آنها به سمت شمال طی چرخش اتمسفری نصف‌النهاری معمولی اشاره دارد. نتایج این مطالعه همچنین بر اهمیت تغییر موقعیت پرفشار آזור به سمت غرب و یا شرق و گرادیان فشار آن با ایسلند به عنوان عامل اساسی تقویت بادهای غربی تأکید می‌نماید. الگوهای ارتباط از راه دور WP، PNA، و NA (شمال آسیایی) در استقرار موقعیت این دو فاز با اهمیت تشخیص داده شده است (Aizen-2001).

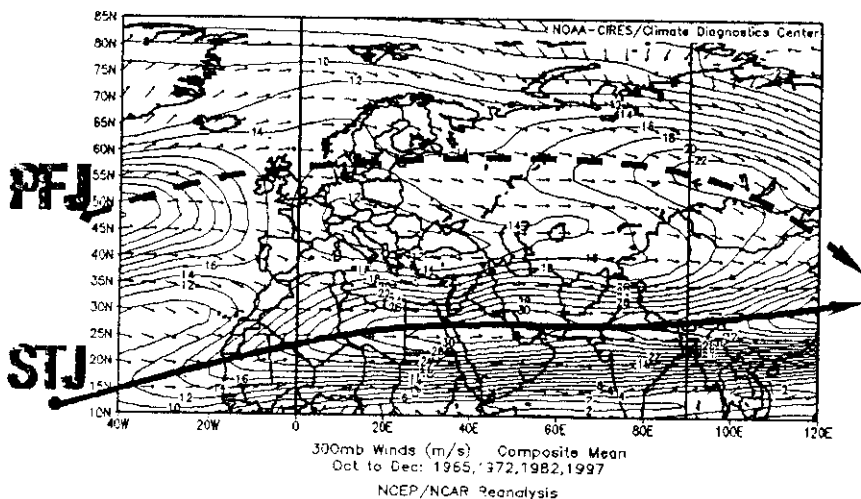
این نتایج فرضیه‌های ما را در مورد تغییر موقعیت این مراکز اساسی فشار به خصوص پرفشار سیبری طی فازهای انسو و نقش آن در نابهنجاریهای دما و بارش منطقه اثبات می‌کند.

د - بارش

پاسخ‌های بارش منطقه به پدیده انسو در فصول تابستان و پاییز معنی‌دار ولی متضاد است. در این مطالعه با استناد به مدارک و شواهد متعددی سعی گردیده این روابط و پاسخ‌ها به نشانه انسو و اثرات ارتباط از دور آن تحلیل گردد.



نقشه ۳ مسیر متوسط رویدادهای جنب حاره‌ای (STJ) و جهت قطبی (PFJ) طی رویدادهای لائینا - فصل پاییز



نقشه ۴ مسیر متوسط رویدادهای جنب حاره‌ای (STJ) و جهت قطبی (PFJ) طی رویدادهای ال نینوی فوی فصل پاییز

بارش‌های تابستانه منطقه با وجود پایین بودن مقدار به جهت ارتباط احتمالی با سیستم موسمی حائز اهمیت هستند. با وجود تفاوت منشأ، بارش‌های تابستانی از نظر مکانی و زمانی، همبستگی معنی‌دار و منفی آن با شاخص NINO3-4 نشان‌دهنده آن است که این بارش‌ها در فازهای گرم (انسو) به حداقل می‌رسند و معمولاً شرایط لائینا با بارش‌های تابستانه بالا همراه است. از سوی دیگر این امر اهمیت شاخص درجه حرارت سطحی اقیانوس را در تعیین فازهای انسو مشخص می‌کند (جدول ۳).

نکته مهم دیگر همبستگی قوی و معنی‌دار بارش‌های تابستانه با نوسان قطب شمال AO می‌باشد. علاوه بر شاخص بارش متوسط تابستانی منطقه تقریباً تمامی ایستگاه‌هایی که بارش‌های تابستانی قابل‌سنجشی دریافت می‌دارند، همبستگی بالایی با این شاخص را نشان می‌دهند (جدول ۴).

جدول ۳ ضریب همبستگی (r) بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران با شاخص‌های اصلی انسو و ارتباط از دور

| INDEX | SOI | MEI | AO | TNI | NINO3-4 | EP | AEJET |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| r | ۰/۱۳۸ * | ۰/۳۱۶ * | ۰/۴۹۵ * | ۰/۳۱۸ * | ۰/۳۶۰ * | ۰/۳۲۰ * | -۰/۳۶۳ * |

جدول ۴ ضرایب همبستگی بارش‌های تابستانه ایستگاه‌های جنوبی منطقه و شاخص نوسان قطب شمال AO

| کارواندر | سرباز | باهوکلات | بندرعباس | ایران‌شهر |
|----------|----------|----------|----------|-----------|
| ۰/۴۳۳ * | ۰/۴۸۹ ** | ۰/۴۹۳ ** | ۰/۳۲۶ * | ۰/۵۳۷ ** |

(*: سطح معنی‌دار آزمون ۰/۰۵ ** سطح معنی‌دار آزمون ۰/۰۱)

با توجه به ارتباط قوی بین پوشش برف قاره اورآسیا و شاخص AO و مطالعات متعدد انجام شده در موضوع پوشش برف اورآسیا و موسمی‌های تابستانه هند و آسیا، بارنت و همکاران Barner et al اعتماد دارند که نابهنجاری‌های پوشش برف بر روی اورآسیا همانند انسو شرایط بازدارنده‌ای را در منطقه حاره‌ای اقیانوس از راه تضعیف موسمی‌های تابستانی و تشدید جریان‌های غربی حاره‌ای به وجود می‌آورد (Webster-1998).

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شاخص‌های مثبت AO که معمولاً بادهای غربی در شمال اقیانوس اطلس تقویت می‌شود و شرایط مرطوب و گرم‌تر را در روی اروپای شمالی به دنبال دارد (Hodge-2000) بارش‌های موسمی تابستانه افزایش می‌یابند در مدلی که ویستر و همکارانش ارائه داده‌اند افزایش پوشش برف در اوراسیا با کاهش شدت موسمی تابستانی و کاهش پوشش برف با موسمی‌های تابستانی قوی‌تر همراه بوده است.

لذا با عنایت به این اصل که نوسان قطبی شمال AO رقیب اصلی انسو در روند تغییرپذیری اقلیمی سیاره زمین به‌شمار می‌رود. می‌توان رابطه قوی بین شاخص AO و بارش‌های تابستانه منطقه را توجیه نمود. شدیدترین بارش‌های تابستانه معمولاً در شرایطی که فازهای سرد انسو (لانیئا) با فازهای مثبت قوی AO توأم باشد، بروز می‌نماید و معمولاً تابستانهای خشک در فازهای ال نینو توأم با فازهای منفی AO مشاهده می‌گردد.

در فصل پاییز که منشأ بارش‌ها با تابستان متفاوت است و در واقع فصل شروع بارش‌های اساسی منطقه از طریق کم فشارهای همراه بادهای غربی می‌باشد، بیشترین ارتباط بین سری‌های زمانی بارش و شاخص‌های اساسی انسو وجود دارد.

همبستگی با دو شاخص SOI (نوسان جنوبی) و MEI (چند متغیره انسو) به ترتیب ۰/۴۵۹ و ۰/۳۸۲ می‌باشد. با توجه به آزمون همبستگی‌ها و مقادیر P-Value این همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد.

میزان همبستگی با سایر شاخص‌های ارتباط از دو نظیر NAO و NINO3-4 نیز قابل ملاحظه بوده و همبستگی‌های معنی‌داری بین بارش پاییز و شاخص‌های ماهیانه الگوهای آمریکای شمالی، آرام (PNA) جت اطلس شرقی (EA JET) و نوسان قطبی - اوراسیا (POL/Eur) وجود دارد.

با توجه به جدول ۵ و بررسی آمار ایستگاه‌ها، بیش از ۴۲ درصد ایستگاه‌ها همبستگی معنی‌داری با شاخص SOI نشان می‌دهند که بیشترین آن (۰/۵۱۱-) مربوط به ایستگاه بیرجند است. منفی بودن ضریب همبستگی نشان‌دهنده آن است که میزان بارش طی فازهای گرم از شدت بیشتری برخوردار هستند و فازهای سرد عموماً با فصول پاییزی خشک‌تر همراه می‌باشد.

جدول ۵ ضرایب همبستگی بارش‌های پاییزه ایستگاه اصلی جنوب شرق کشور و شاخص نوسان جنوبی (SOI)

| خاش | چابهار | زاهدان | کرمان | کارواندر | ایران‌شهر | بیرجند | بندرعباس | بم |
|-------|--------|--------|------------|------------|------------|--------------|----------|-------|
| -۰/۳۴ | -۰/۲۵۶ | ۰/۲۴۳ | * ۰/۳۱۰ | * ۰/۴۳۴ | * ۰/۳۹۶ | ** -۰/۵۱۱ | -۰/۱۸۹ | ۰/۳۷۷ |

میزان بارش تابستانه منطقه به‌طور متوسط ۵/۸ میلی‌متر است که در شرایط ال نینو تا ۰/۵۵ کاهش می‌یابد.

هر چند فازهای گرم قوی لزوماً با تابستان خشک در منطقه و حتی مناطق موسمی شبیه قاره هند همراه نیستند، اما طی فازهای سرد میزان بارش تابستانه منطقه به‌طور متوسط ۵/۸ میلی‌متر است که در شرایط ال نینو تا ۰/۵۵ کاهش می‌یابد.

هر چند فازهای گرم قوی لزوماً با تابستانهای خشک در منطقه و حتی مناطق موسمی شبیه قاره هند همراه نیستند، اما طی فازهای سرد میزان بارش در تمامی ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد (نقشه ۵).

مطابق مطالعه کریپالانی (Kripalani) میزان شاخص بارش موسمی در ساله‌های ال نینو قوی ۹۱۵ میلی‌متر است. در حالی که در سال‌های ال نینو معادل ۷۴۰ میلی‌متر می‌باشد و بر این اساس هیچ خشکسالی در شبه قاره هند حوادث ال نینوی قوی را تعقیب نمی‌کند - (Kripalani-1998).

جهت بررسی ارتباط بین بارش‌های موسمی شبه قاره هند و بارش‌های تابستانه جنوب شرقی ایران شاخص بارش کل موسمی هند (AMIR) و شاخص بارش شمال غرب هند (NWMIR) از طریق سایت اینترنتی مؤسسه هواشناسی حاره‌ای هند (Indian Institut Tropical Meteorology) تهیه و با بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران (SE IRAN) مقایسه گردید. ضریب همبستگی مثبت قوی معنی‌دار بین هر دو شاخص و بارش منطقه وجود دارد. همچنین بارش تابستانه ایستگاه‌های ایران‌شهر، سرباز، باهوکلات، خاش، چابهار و بندرعباس، نیز با این شاخص‌ها همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهند (جدول ۶). ارتباط قوی و معنی‌داری بین این شاخص‌ها و شاخص‌ها و شاخص NINO3-4 وجود دارد.

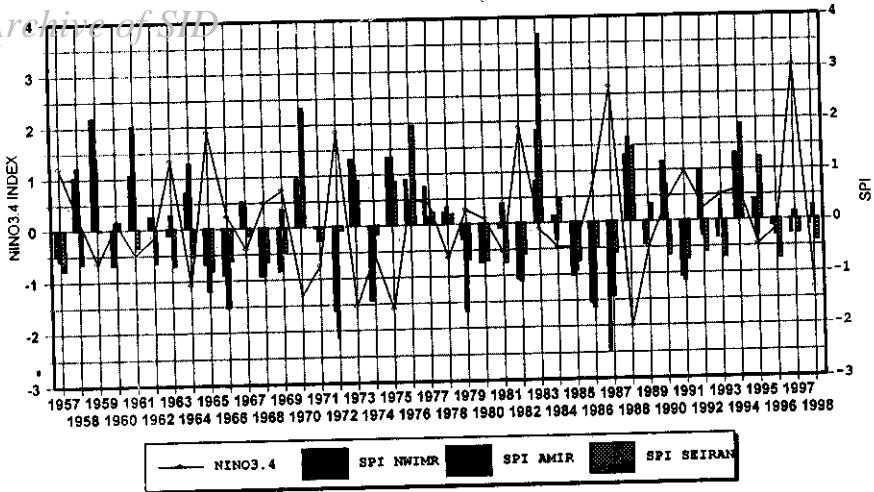
نمودار ۱۳ ارتباط بین نوسانات شاخص NINO3-4 و بارش‌های منطقه و موسمی هند را نشان می‌دهد. همسویی نوسانات بارش‌ها در هر دو منطقه و شاخص NINO3-4 می‌تواند کلید اساسی ارتباط از دور تأثیرات پدیده انسو بر بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران تلقی گردد. با وجود پیشرفت‌های عمده‌ای که در پیش‌بینی موسمی‌ها با استفاده از پدیده انسو صورت گرفته است، به نظر می‌رسد پایش خشکسالی تابستانه منطقه با این شاخص از آنچه تصور می‌رود بسیار ساده‌تر باشد.

جدول ۶ ضریب همبستگی (r) بین شاخص بارش کلی موسمی (AMIR) و شمال غرب هند (NWMIR) با بارش‌های تابستانه ایستگاه‌های برگزیده منطقه (ضرایب معنی‌دار می‌باشد).

| منطقه | ایران‌شهر | سرباز | خاش | باهوکلات | بندرعباس |
|------------------------------|-----------|-------|------|----------|----------|
| شاخص بارش کل موسمی هند | ٪۵۵۰ | ٪۲۹۰ | ٪۳۳۲ | ٪۴۸۴ | ٪۳۱۴ |
| شاخص بارش موسمی شمال غرب هند | ٪۵۳۲ | ٪۴۴۷ | ٪۲۸۲ | ٪۵۹۲ | ٪۳۳۰ |

محدوده بارش‌های تابستانی که در حالت عادی نیمی از منطقه را در بر می‌گیرد، در حوادث سرد قوی عملاً بخش‌های عظیمی از منطقه را می‌پوشاند و در فازهای گرم قوی به محدوده کوچکی در جنوب شرقی منطقه (قطب بارش‌ها دره سرباز می‌باشد) محدود می‌گردد. جدول ۷ توزیع بارش تابستانه ایستگاه‌های دارای بارش طی این فصل را در فازهای مختلف انسو نشان می‌دهد. در اکثر ایستگاه‌های میزان بارش طی فازهای سرد چند برابر فازهای گرم می‌باشد. جهت بررسی نابهنجاری‌های بارش فصل پاییز اسناد و مدارک متعددی بررسی شده است. تفسیر نقشه‌های مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برای پیش‌بینی اقلیمی (IRI) طی فازهای ال نینو، احتمال ۴۰ تا ۵۰ درصد وقوع بارش‌های بالای نرمال در منطقه را نشان می‌دهد. احتمال وقوع بارش‌های کمتر از نرمال در بخش اعظم منطقه ضعیف است و به‌خصوص در جنوب شرق بلوچستان و سواحل دریای عمان این احتمال به کمتر از ۲۰ درصد می‌رسد. اما در فازهای سرد منطقه بلوچستان جنوبی، سواحل عمان دره سرباز با احتمال زیاد با خشکسالی پاییزی مواجه است (۶۰ تا ۷۰٪). در سایر مناطق با شدت کمتری همین روال وجود دارد (IRI-2000).

Archive of SID



نمودار ۴ تغییرات شاخص استاندارد بارش موسمی شمال غرب شبه قاره هند (SPI-NWIMR) موسمی کل شبه قاره هند (SPI-AMIR) تابستانه جنوب شرق ایران (SPI-SE IRAN) و شاخص NINO3-4

جدول ۷ میانگین بارش تابستانه منطقه و ایستگاه‌های دارای بارش تابستانه طی فازهای انسو و غیر انسو (میلی متر)

| منطقه | ایران شهر | چابهار | بندرعباس | خاش | زاهدان | سرباز | |
|-----------------|-----------|--------|----------|------|--------|-------|--|
| میانگین | ۱۸/۸۱ | ۹/۵۳ | ۳/۴۴ | ۶/۰۸ | ۲/۰۵ | ۳۵/۳۵ | |
| ال نینو | ۶/۶۸ | ۴/۷ | ۰/۴۱۳ | ۲/۰۲ | ۰/۱۳۳ | ۱۸/۶۳ | |
| لاتینا | ۲۵/۴۷ | ۸/۳۱ | ۵/۵۷ | ۴/۶۲ | ۲ | ۶۲/۷۶ | |
| ال نینوی قوی | ۳۴/۸۵ | ۵/۰۵ | ۰/۵ | ۶/۶۳ | ۰ | ۳۵ | |
| عادی (غیر انسو) | ۲۰/۱۴ | ۱۷/۱۶ | ۵/۳۱ | ۹/۲۴ | ۲/۷۰ | ۳۲/۸۵ | |

همچنین وجود ناهنجاری‌های مثبت کمابیش در نقشه‌های مؤسسه CDC طی فازهای گرم

مشاهده می‌گردد و در فازهای سرد نابهنجاری‌های منفی مشاهده می‌گردد که حداکثر شدت آن در سواحل دریای عمان است.

جدول ۸ تغییرات میزان بارش‌های پاییزی در فازهای مختلف انسو را نشان می‌دهد. میزان بارش منطقه طی فازهای گرم حدود ۴۴٪ بیشتر از میانگین و در فازهای سرد قوی ۴۶٪ کمتر از میانگین است. این روند در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز وجود دارد (نمودار ۵).

جدول ۸ میانگین بارش پاییزه منطقه و ایستگاه‌های جنوب شرق ایران طی فازهای انسو و غیر انسو (میلی‌متر)

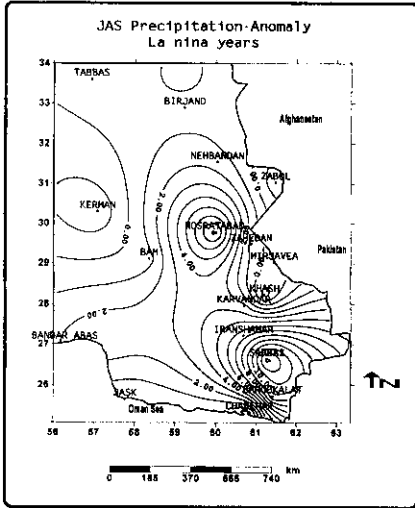
| چابهار | بم | زابل | بندرعباس | بیرجند | زاهدان | کرمان | منطقه | |
|--------|-------|-------|----------|--------|--------|-------|-------|--------------|
| ۳۰/۸۹ | ۸/۲۳ | ۱۲/۹۹ | ۴۲/۱ | ۳۰/۹۵ | ۱۹/۰۲ | ۲۷/۵۱ | ۲۷/۸۸ | میانگین کل |
| ۴۳/۳۰ | ۱۲/۳۱ | ۱۴/۱۵ | ۵۶/۲ | ۴۲/۷۵ | ۲۷/۳۴ | ۳۴/۴۳ | ۳۳/۳۳ | ال نینو |
| ۲۱ | ۳/۳۷ | ۱۱/۳۶ | ۳۱/۸۹ | ۲۴/۳۷ | ۱۵/۵۷ | ۲۸/۲۱ | ۲۰/۲۶ | لانینا |
| ۷۵/۴۷ | ۱۱/۷۷ | ۱۴/۰۷ | ۴۳/۲۲ | ۵۰/۹۲ | ۲۴/۲۰ | ۳۷/۲۵ | ۳۳/۱۳ | ال نینوی قوی |
| ۶/۵۳ | ۲/۷۵ | ۱/۸۸ | ۱۰/۸ | ۲۳/۵۸ | ۶/۷۸ | ۱۶/۰۳ | ۱۲/۷۳ | لانینای قوی |
| ۲۱/۴۴ | ۷/۱۰ | ۱۲/۹۴ | ۳۳/۱ | ۲۱/۸۱ | ۱۱/۶۳ | ۱۸/۵۴ | ۱۶/۹۰ | عادی (خنثی) |

نقشه‌های ترکیبی تهیه شده تفاوت بارش فازهای گرم و سرد، ارقام مثبتی در سراسر منطقه را نشان می‌دهد که حداکثر اختلاف در شمال تنگه هرمز (بیش از ۲۵ میلی‌متر) و سواحل جنوبی و حداقل آن در مرزهای شرقی و کرمان مشاهده می‌گردد (نقشه ۶). بررسی نقشه‌های توزیع بارش فصل پاییز طی دو رویداد ال نینوی قوی قرن (۱۹۹۷، ۱۹۸۲) نشان‌دهنده یک الگوی کامل ترسالی در سراسر منطقه است. به خصوص در رویداد ۱۹۹۷ که بارش پاییزه مناطق جنوبی و سواحل به بیش از ۲۰۰ میلی‌متر بالغ می‌گردد. در دو رویداد قوی سرد (۱۹۸۸ و ۱۹۷۳) بارش اکثر نقاط به حداقل رسیده و خشکسالی پاییزی حاکم گردیده است. در رویداد ۱۹۷۳ میزان بارش بخش اعظم منطقه به کمتر از یک میلی‌متر تنزل یافته و نشانه‌های یک خشکسالی شدید در منطقه به چشم می‌خورد.

مطابق جدول ۹ در ۸ حادثه مهم ال نینو طی دوره مطالعه، در تمامی موارد، میانگین‌های

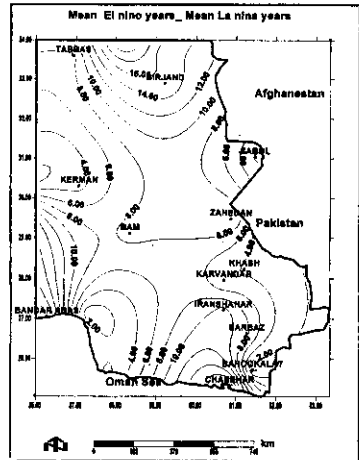
بارش بالای نرمال در منطقه حاکم بوده است که رتبه اول تا ششم بارش‌های پاییزی مربوط به فازهای گرم می‌باشد. در دو رویداد ۱۹۵۷ و ۱۹۹۷ تا بیش از دو برابر بارش‌های نرمال در منطقه ریزش نموده است.

Archive of SID



نقشه ۶

ناهنجاری‌های بارش تابستانه منطقه جنوب شرق ایران طی رویدادهای لانینا (میانگین) به میلی‌متر



نقشه ۵

تفاضل میانگین بارش رویدادهای گرم و سرد آنسو (به میلی‌متر) طی فصل پاییز - منطقه جنوب شرق ایران

جدول ۹ میزان انحراف از میانگین (به درصد) بارش پاییزه منطقه و ایستگاه بیرجند طی ۸ حادثه عمده ال نینو بر اساس رتبه در دوره مورد مطالعه (۱۹۵۷-۱۹۹۸)

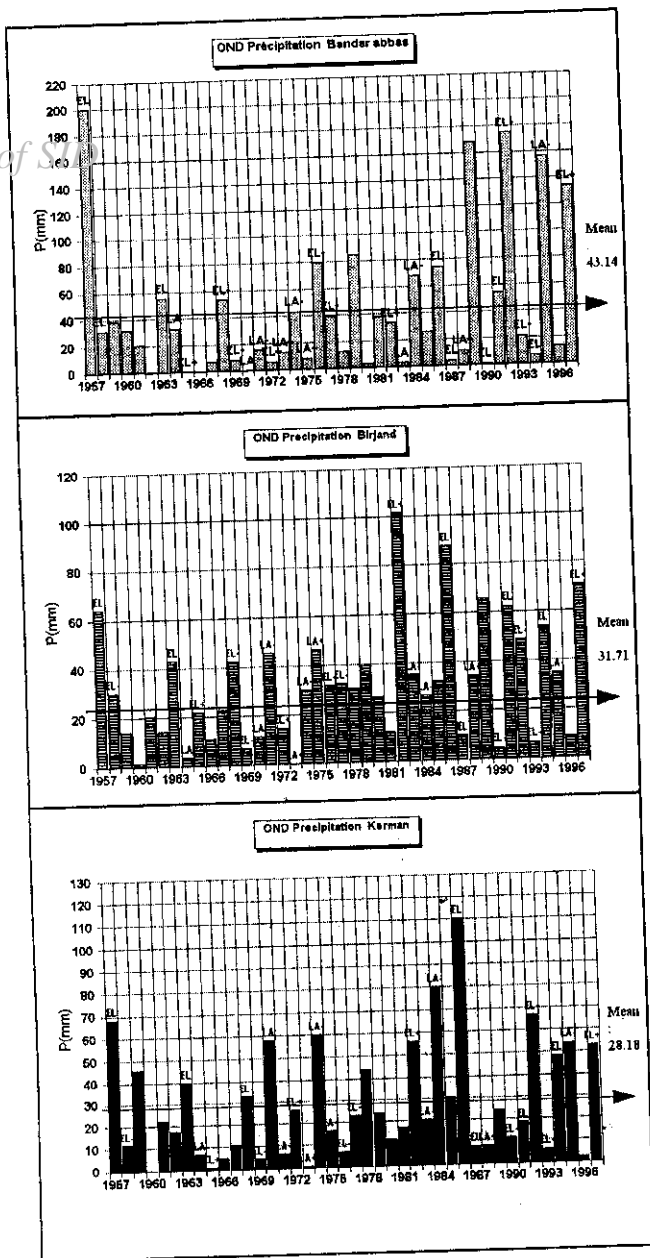
| سال | ۱۹۹۷ | ۱۹۵۷ | ۱۹۹۲ | ۱۹۸۲ | ۱۹۸۶ | ۲۹۶۸ | ۱۹۹۱ | ۱۹۷۷ | کل منطقه |
|------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|----------|
| درصد انحراف از میانگین | +۲۸۰٪ | +۲۲۶ | +۱۸۹٪ | +۱۰۵٪ | +۷۸٪ | +۶۹٪ | +۳۴٪ | +۱۸٪ | |
| رتبه | ۱ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۹ | ۱۲ | ۱۵ | |
| سال | ۱۹۸۲ | ۱۹۸ | ۱۹۹۷ | ۱۹۵۷ | ۱۹۹۱ | ۱۹۹۴ | ۱۹۹۲ | ۱۹۶۳ | بیرجند |
| درصد انحراف از میانگین | +۲۲۸٪ | +۱۸۳ | +۱۲۶٪ | +۱۰۸٪ | +۱۰۱٪ | +۷۴٪ | +۵۷٪ | +۳۹٪ | |
| رتبه | ۱ | ۲ | ۳ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۱۴ | |

با توجه به تفاوت میزان بارش طی فازهای انسو و شرایط غیر انسو جهت آزمون معنی دار بودن این تفاوت‌ها فرضیات متفاوتی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این که تعداد نمونه‌ها کمتر از ۳۰ می‌باشد آزمون تی - استیودنت و آزمون ناپارامتری (من - ویتنی Mann-Whitney) مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این به علت بالا بودن دامنه تغییرات بارش‌های تابستانه آزمون علامت دار رتبه‌ای ویلکاکسون (Wilcoxon) جهت برابری میانه‌ها نیز انجام گردید. حدود اطمینان ۹۵٪ و مقادیر P-Value محاسبه و سطح معنی داری آزمون‌ها $\alpha = 0/05$ تعیین گردید.

در فصل تابستان بر اساس این فرضیه که بارش در فازهای سرد به مراتب بیشتر از فازهای گرم و شرایط عادی می‌باشد آزمون فرض برابر میانگین نمونه‌ها با میانگین جامعه در برابر عدم تساوی آن‌ها صورت گرفته و نتایج در جدول ۱۰ درج گردیده است. در دو ایستگاه ایرانشهر و چابهار در صورتی که بارش تابستانی استثنایی سال ۱۹۹۴ در نظر گرفته نشود با اطمینان می‌توان ادعای برابری میانگین بارش در فازهای گرم با میانگین جامعه را رد نمود. بنابراین میزان بارش طی فازهای گرم کمتر از میانگین می‌باشد اما با وجود بالاتر بودن بارش طی فازهای سرد، گواه محکمی برای رد تفاوت میانگین آن‌ها از میانگین جامعه وجود ندارد.

جدول ۱۰ آزمون ادعای برابری میانگین بارش تابستانه طی فازهای انسو ایستگاه‌های دارای بارش تابستانه منطقه جنوب شرق ایران

| عادی (خشکی) | | لانینا | | ال نینو | | |
|-------------|--------|---------|-------|---------|--------|----------|
| P-Value | T | P-Value | T | P-Value | T | |
| ۰/۹۵ | -۰/۰۶۷ | ۰/۱۵ | ۱/۶۷ | ۰/۰۳۴ | -۲/۴۶ | سرباز |
| ۰/۴۱ | ۰/۸۴ | ۰/۶ | ۰/۵ | ۰۰۰ | -۱۴/۸۰ | بندرعباس |
| ۰/۳۶ | ۰/۹۴ | ۰/۴۸ | ۰/۷۷ | ۰/۰۰۳۴ | -۳/۶۴ | خاش |
| ۰/۵۷ | ۰/۵۹ | ۰/۴۹ | ۰/۷۵ | ۰/۰۰۲۷ | ۰/۸۴ | ایرانشهر |
| ۰/۴۰ | ۰/۸۹ | ۰/۶۸ | -۰/۴۴ | ۰/۰۶۵ | -۲/۰۳ | چابهار |
| ۰/۳۷ | ۰/۹۱ | ۰/۳۰۶ | ۱/۱۴ | ۰/۰۱۵ | -۲/۷۶ | منطقه |



نمودار ۵ توزیع بارش فصل پاییز در ۳ ایستگاه کرمان، بیرجند و بندرعباس (حوادث انسو بر اساس شدت مشخص گردیده‌اند) www.SID.ir

فرضیات اساسی ما از نظر بارش‌های تابستانه با توجه به مطالعات متعددی که بر روی بارش‌های موسمی هند صورت گرفته و نیز اختلاف میانگین بارش طی فازهای گرم و سرد، آزمون فرض صفر یعنی برابری میانگین بارش دو فاز در برابر:

Archive of SID

فرضیه اول: کمتر بودن میزان بارش در فازهای گرم نسبت به فازهای سرد

فرضیه دوم: کمتر بودن میزان بارش در فازهای گرم نسبت به فازهای غیر انسو (خشتی)

فرضیه سوم: بیشتر بودن بارش طی فازهای سرد نسبت به فازهای غیر انسو (خشتی)

می‌باشد

جدول ۱۱ نتایج آزمون فرضیات اساسی تفاوت بارش فازهای انسو طی فصل تابستان به روش آزمون دو نمونه T-Students و آزمون ناپارامتری Mann-Whitney

| فرضیه ۳ | | | فرضیه ۲ | | | فرضیه ۱ | | | |
|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|------------|-----------|-------|----------|
| U-P-Value | T-P-Value | T | U-P-Value | T-P-Value | T | UP-P-Value | T-P-Value | T | |
| ۰/۷۵ | ۰/۵۰ | ۱/۷۲ | ۰/۱۹۴ | ۰/۰۸ | -۱/۴۴ | ۰/۰۰۶ | ۰/۰۰۶ | -۲/۸۵ | سرباز |
| ۰/۳۲ | ۰/۴۸ | ۰/۰۶۰ | ۰/۱۷۲ | ۰/۰۲۶ | -۲/۰۱ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۲۶ | -۲/۰۶ | بندرعباس |
| ۰/۳۴ | ۰/۲۵ | ۰/۶۸ | ۰/۱۵۳ | ۰/۰۴۸ | -۱/۷۲ | ۰/۰۶۳ | ۰/۱۲ | -۱/۲۱ | خاش |
| ۰/۳۷ | ۰/۳۵ | ۰/۳۹ | ۰/۱۱۹ | ۰/۰۴۹ | -۱/۷۳ | ۰/۱۷۹ | ۰/۰۳۱ | -۲ | ایرانشهر |
| ۰/۴۸ | ۰/۷۹ | ۰/۸۳ | ۰/۴۳ | ۰/۰۵۶ | -۱/۶۶ | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ | -۱/۰۵ | چابهار |
| ۰/۲۳۲ | ۰/۴۰ | ۰/۲۶ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۲۰ | -۲/۱۶ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۳۰ | -۲/۲۵ | منطقه |

نتایج این آزمون به دو روش آزمون دو نمونه‌ای تی - استیودنت و ناپارامتری من ویتنی در جدول ۱۰ درج گردیده است. فرض صفر در حالت اول در مورد بارش منطقه و اکثر ایستگاه‌ها رد می‌شود لذا بارش طی فازهای گرم (ال نینو) کمتر از فازهای سرد (لانینا) است. کمتر بودن میزان بارش کل منطقه در شرایط ال نینو نسبت به شرایط عادی نیز در سطح ۰/۰۵ قابل تأیید است اما در اکثر ایستگاه‌ها نمی‌توان گواه محکمی در رد فرض صفر ارائه نمود. در مورد فرضیه سوم تنها در ایستگاه سرباز که بیشترین و منظم‌ترین بارش‌های تابستانه را دارد، فرضیه صفر رد

می‌شود و در نتیجه می‌توان ادعا نمود میزان بارش در فازهای سرد (لاینا) از شرایط عادی بیشتر است. در سایر ایستگاه‌ها با توجه به مقادیر p-Value نتایج، معنی‌دار نیست و در نتیجه فرض صفر را نمی‌توان رد کرد. آزمون رتبه‌ای علامت‌دار ویلکاکسون (جدول ۱۱) نیز نتایج بالا را تأیید می‌کند.

با توجه به موارد اشاره شده می‌توان نتیجه گرفت که بارش‌های سنگین و با اهمیت تابستان طی فازهای سرد و شرایط غیر انسو احتمال وقوع بالاتری نسبت به شرایط ال نینو دارند و معمولاً فازهای گرم (ال نینو) در منطقه توأم با ریزش‌های با اهمیت فصل تابستان نیستند.

در فصل پاییز (OND) با توجه به آماره T و مقادیر P-Value (در جدول ۱۳) بارش منطقه طی فازهای گرم (ال نینو) از میانگین جامعه بیشتر است. در ایستگاه بم بارش فازهای سرد و در ایستگاه‌های بیرجند و کرمان بارش‌های شرایط غیر انسو به‌طور معنی‌داری از میانگین جامعه کمتر است (جدول ۱۳). با توجه به همبستگی معنی‌دار مقادیر بارش پاییزه و شاخص SOI و تقویت سازوکارهای بارش و رطوبت سطوح مختلف جوئی منطقه در فازهای گرم انسو، سه فرضیه اساسی مورد آزمون قرار گرفته است. فرضیه صفر برابری مقادیر بارش نمونه‌ها طی دو فاز در برابر فرضیات مقابل:

جدول ۱۲ نتایج آزمون برابری میانه بارش تابستانه فازهای مختلف انسو به روش آزمون رتبه‌های علامت‌دار ویلکاکسون

| عادی (غیر انسو) NE | | لاینا LA | | ال نینو EL | | |
|-------------------------|-----|-------------------------|----|-------------------------|------|----------|
| آماره ویلکاکسون P-Value | | آماره ویلکاکسون P-Value | | آماره ویلکاکسون P-Value | | |
| ۰/۴۲ | ۸۴ | ۰/۰۵۲ | ۲۶ | ۰/۱۲ | ۱۵ | سرباز |
| ۰/۰۲۲ | ۲۸ | ۰/۱۸۱ | ۳ | ۰/۱ | ۱۰ | بندرعباس |
| ۰/۰۷۴ | ۱۲۷ | ۰/۱۷۸ | ۱۳ | ۰/۲۶ | ۲۹ | خاش |
| ۰/۴ | ۵۸ | ۰/۴۰۲ | ۱۵ | ۰/۶۵ | ۳۸/۵ | ایرانشهر |
| ۰/۵۴ | ۳۴ | ۰/۰۷۶ | ۲۵ | ۰/۶ | ۵۳/۵ | چابهار |
| ۰/۰۱۷ | ۱۵۵ | ۱/۰۵۹ | ۲۰ | ۰/۲ | ۳۷ | منطقه |

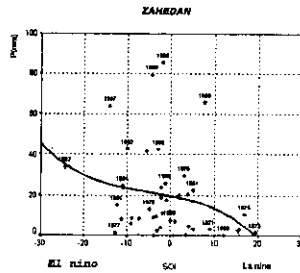
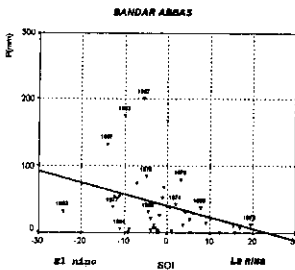
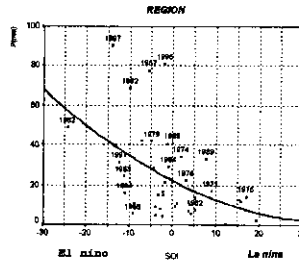
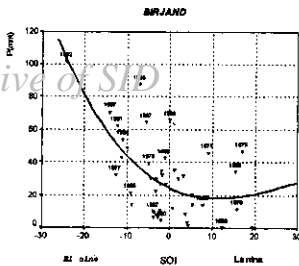
جدول ۱۳ نتایج آزمون فرضیات اساسی تفاوت بارش فازهای آنسو طی فصل پاییز
به روش آزمون T-Student و آزمون ناپارامتری Mann whitney

| فرضیه ۳ | | | فرضیه ۲ | | | فرضیه ۱ | | | ایستگاه |
|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|------|----------|
| U-P-Value | T-P-Value | T | U-P-Value | T-P-Value | T | U-P-Value | T-P-Value | T | |
| ۰/۰۲ | ۰/۰۱۳ | -۲/۳۹ | ۰/۱۴ | ۰/۰۹۹ | ۱/۳۲ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۲۵ | ۲۰/۶ | بم |
| ۰/۶۴ | ۰/۵۸ | ۰/۲۰ | ۰/۰۴۶ | ۰/۲۸ | ۲ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۵۶ | ۱/۷۰ | بیرجند |
| ۰/۴۰ | ۰/۴۷ | ۰/۴۷ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۱/۱۸ | ۰/۱۴۰ | ۰/۱۴ | ۱/۱۲ | بندرعباس |
| ۰/۵ | ۰/۶۴ | ۰/۳۶ | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۴۱ | ۱/۸۲ | ۰/۳۹ | ۰/۱۳ | ۱/۱۷ | زاهدان |
| ۰/۳۲ | ۰/۴۹ | -۰/۰۱ | ۰/۱۵ | ۰/۵۱ | -۰/۰۱ | ۰/۱۲۳ | ۰/۳۸ | ۰/۳۲ | زابل |
| ۰/۶۳ | ۰/۸۶ | ۱/۱۰ | ۰/۰۶۸ | ۰/۰۳۸ | ۱/۳۴ | ۰/۲۵ | ۰/۳۸ | ۰/۵۵ | کرمان |
| ۰/۵۱ | ۰/۳۲ | ۰/۴۷ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۱۸ | ۲/۲۱ | ۰/۰۶۶ | ۰/۰۷۸ | ۱/۴۰ | منطقه |

جدول ۱۴ پراکندگی پراکنش بارش پاییزه در برابر شاخص SOI ایستگاه‌های
زاهدان، بندرعباس، بیرجند و منطقه جنوب شرق ایران

| عادی NEUTRAL | | لانینا LANINA | | ال نینو ELNINO | | ایستگاه |
|--------------|-------|---------------|-------|----------------|------|----------|
| P-Vlaue | T | P-Vlaue | T | P-Vlaue | T | |
| ۰/۳۷ | -۰/۹۳ | ۰۰۰ | -۵/۷۸ | ۰/۲۵ | ۱/۱۹ | بم |
| ۰/۰۴۴ | -۲/۲۳ | ۰/۲۴ | -۱/۲۴ | ۰/۱۷ | ۱/۴۵ | بیرجند |
| ۰/۴۶ | -۰/۷۶ | ۰/۴۸ | -۰/۷۳ | ۰/۳۶ | ۰/۹۵ | بندرعباس |
| ۰/۲۰ | -۱/۳۴ | ۰/۶۵ | -۰/۴۷ | ۰/۲۱ | ۱/۳۱ | زاهدان |
| ۰/۰۳۵ | -۲/۳۵ | ۰/۷۱ | -۰/۳۹ | ۰/۳۵ | ۰/۹۶ | کرمان |
| ۱/۱۷ | -۱/۴۵ | ۰/۸۱ | -۰/۲۴ | ۰/۰۷۹ | ۱/۸۸ | منطقه |

- ۱- بیشتر بودن مقدار بارش‌های پاییزه طی فازهای گرم نسبت به فازهای سرد آنسو
- ۲- بیشتر بودن مقدار بارش‌های پاییزه طی فاز گرم نسبت به شرایط عادی (غیر آنسو)



نمودار ۶ پراکنندگی پراکنش بارش پاییزه در برابر شاخص SOI ایستگاه‌های زاهدان، بندرعباس، بیرجند و منطقه جنوب شرق ایران

۳- کمتر بودن میزان بارش فازهای سرد (لاینا) نسبت به شرایط عادی (غیر انسو)
 جدول ۱۴ نتایج آزمون‌های تی استیودنت و من ویتنی را جهت فرضیات بالا در ایستگاه‌های اصلی منطقه نشان می‌دهد. در مورد فرضیه ۱ با توجه به مقادیر P-Value دو آزمون در اکثر ایستگاه‌ها به خصوص بم و زاهدان دلایل قوی بر ضد فرضیه صفر وجود دارد و می‌توان بیشتر بودن بارش‌های فاز گرم نسبت به فاز سرد را پذیرفت. فرضیه دوم نیز با توجه به نتایج آزمون تأیید می‌گردد. اما تنها در ایستگاه بم می‌توان فرضیه کمتر بودن بارش‌های فازهای لاینا نسبت به شرایط عادی را پذیرفت و در سایر ایستگاه‌ها شواهد کافی علیه فرضیه صفر وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی گردید با استناد به مدارک و شواهد متعدد برخی نشانه‌ها و اثرات پدیده انسو در بارش‌های تابستانه و پاییزه جنوب شرق ایران مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتایج محاسبات، تفسیر نقشه‌ها و تجزیه و تحلیل آمار سطوح مختلف جوّی عناصر مرتبط با بارش که برخی از مهم‌ترین آن‌ها در این مقاله مورد بحث قرار گرفت، نشان‌دهنده تأثیر مستقیم و غیر مستقیم پدیده انسو و الگوهای ارتباط از دور آن بر روی شرایط اقلیمی فصل پاییز و تابستان منطقه است.

تحلیل‌های همبستگی بین شاخص‌های اساسی انسو و سری‌های زمانی بارش در منطقه و ایستگاه‌های اصلی، ارتباط مشخصی بین بارش‌های تابستانه و پاییزه و فازهای مختلف انسو را نشان می‌دهد؛ هر چند سازوکار تأثیر فازهای گرم در فصل تابستان با کاهش میزان بارش و خشکی تابستانی، و در پاییز با افزایش بارش پاییزه همراه است. اثرات متضادی نیز در فازهای سرد طی دو فصل یاد شده وجود دارد.

استنباط‌ها و آزمون‌های آماری فرضیات ما را در زمینه تفاوت بارش در نمونه‌های سری زمانی فازهای گرم و سرد انسو تأیید می‌کند و اکنون می‌توان با اطمینان ادعا کرد که خشکسالی پاییزه عموماً طی فازهای سرد و به خصوص رویدادهای طولانی سرد به وقوع می‌پیوندد.

بررسی رطوبت نسبی سطوح مختلف جوّی، آب ستونی قابل بارش و میزان OLR، ارتباطات قوی‌تری را با شاخص‌های انسو نشان می‌دهد. با توجه به ماهیت اقلیم خشک منطقه و دوری آن از منابع اساسی رطوبت و در نتیجه دشواری سازوکارهای به‌وجود آورنده بارش، به‌نظر می‌رسد در صورتی که به جای بارش، دیدگاه‌مان را بر روی عوامل مؤثر در ایجاد آن متمرکز کنیم به نتیجه بهتری خواهیم رسید.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد نابهنجاری‌های الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل و وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری سطوح فوقانی جوّ که تعیین‌کننده هسته سرعت رودبادهای فوقانی است طی فازهای انسو دچار تغییرات مشهودی می‌گردد و نتیجه آن تغییر در مسیر رودبادهای اصلی تأثیرگذار بر اقلیم منطقه یعنی STJ و PFJ و تغییرپذیری مسیرهای سیکلونی به خصوص در فصل پاییز می‌باشد. نتیجه این فرایندها در انتقال رطوبت از منابع اصلی تأمین رطوبت و نابهنجاری‌های بارش مشاهده می‌گردد.

در فصل پاییز با تغییر مسیر رودباد جنب حاره‌ای به سمت عرض‌های جنوبی‌تر منطقه طی فازهای گرم و افزایش شدت هسته‌های سرعت رودباد جنبه قطبی و تقویت حرکات

نصف‌النهاری آن، امکان بسترسازی مناسب جهت هدایت سیکلون‌های همراه بادهای غربی و افزایش بارش منطقه را به دنبال دارد. در فازهای سرد (لاینا) تأخیر در حرکت انتقالی STJ به موقعیت زمستانی و موقعیت شمالی‌تر آن خشکسالی در منطقه را به همراه دارد.

سازوکار تأثیر انسو بر شرایط تابستانی به دلیل ارتباط احتمالی موسمی‌ها کاملاً متفاوت است. بیشترین ارتباط بین انسو و بارش‌ها در مناطقی است که در معرض بارش‌های منظم‌تر تابستانه هستند. در طی فازهای گرم با تغییر موقعیت نسبی STJ به جنوب و هسته اصلی سرعت آن بر روی منطقه با استقرار قوی‌تر پر فشارهای جنب حاره‌ای و همچنین تضعیف موسمی‌های هند، تابستان‌های خشک و کم بارانی در بلوچستان جنوبی و شرقی حاکم می‌شود، ولی در فازهای سرد با تغییر مکان جت استریم جنب حاره‌ای به عرض‌های شمالی‌تر و تقویت موسمی، عموماً شرایط مرطوب و پر باران‌تری در منطقه حاکم می‌شود. این بارش‌ها به‌خصوص در شرایط لاینا که عموماً منطقه خشکسالی را تجربه می‌کند در آبیاری هوتک‌ها و جریان رودخانه‌های منطقه نقش بسزایی دارد.

نوسان قطب شمال AO با توجه به نقش دوگانه‌ای که سازوکارهای مرتبط با بارش هر دو فصل دارد، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

هر چند شناخت سازوکارهای ارتباط از دور انسو در منطقه جنوب شرق کشور نیازمند مطالعات بیشتری است و پدیده انسو نمی‌تواند به تمامی سؤالات ما در این زمینه پاسخ دهد، اما کلید بسیاری از معماها خواهد بود.

با توجه به خسارت‌های سنگین ناشی از خشکسالی‌های اخیر که به نظر می‌رسد در نتیجه استمرار یک رویداد لاینای طولانی مدت بروز کرده باشد، ضروری است، سازوکار تأثیر پدیده انسو را با استفاده از مدل‌های ترکیبی مناسب، دقیق‌تر مورد بررسی قرار داد.

منابع و مأخذ

- ۱- خوش اخلاق، فرامرز: «پدیده انسو و تأثیر آن بر رژیم بارش ایران» فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۱، سال سیزدهم، زمستان ۱۳۷۷، ص ۱۳۳.

2 - Aizen, E-Aizen V.B: "Precipitation and Atmospheric Circulation and Atmospheric at Mid Latitudes of Asia" International Journal of Climatology, pp7,8,9 - (in press) - A PDF format paper

- 3 - Cunnigham, P-2001; "Synoptic calculation and four dimensional analysis of weather system" Met 4 Solc, synoptic lecture, spring 2001, pp2-3
- 4 - FAS, spzce policy project, 1996, "Air force weather Agency Doctrine - understanding the Atmosphere", SCIWOIA, vol 1, March 1996,p28
- 5 - Felis, T and other 2000 A coral oxygen Isotope record from the Northern Red sea documenting NAO, Enso an NP teleconnections on Middle East climate variability since the year 1750-No AA paleoclimatology program, NOAA-2000-V.15-pp 679
- 6 - Hodge. G 2000: "the New cold war - stalking Arctic climate change by submarine", National Geographic, March 2000, pp 30-41
- 7 - Huang, J. P and others 1998: "The relationship between the North Atlantic oscillation and Enso-Geophysical Research Letters, vol 25, Aug 1998, No 14, pp 704
- 8 - "ir Gruyp-precipitable water-Infrared Groyph", Geos-precipitable water studies, Nov 1999, pp 2
- 9 - IRI, 2001: Probability MAP Request, Enso Related Impact. International Research Institute for climate predicion - website
- 10 - Krenke, a - Kiaev, I. M 1998: "Impact of Enso on snow cover in the former soviet union", Gewex, WCRP, News - Nov 1998, pp 3-4
- 11 - Kripalani, R, H - Kukarni, A 1998: "No drought over India following viry strong El NINO Episides", D rouht Network news, Vol 10, No 2, June 1998,pp 14
- 12 - Murphre-C,T 1998El nino and lanina-henry holt", Newyork-Aug 1998 - pp 2-3
- 13 - Nazemosadat, M. J 1999: "Enso impact on the Occurrence of Autumnal Drought in Iran" Drought Network News, Vol 11 No 2, May 1999, pp 17-18
- 14 - Price, C-Alipert, p: 1998-El nino effects on Israel weather", Clivar report-Israel, Dea 1998, pp 5-7
- 15 - Smith, R - chen, B - Bromwich, D.h 1996: "Evolution of the troposheric split Jet over the south pacific ocean during the 1986-1989 Enso cycle", Accepted for publication, Monthly, weather Review
- 16 - Strahler, A.N-1987, Modem physical Geography John wiley sons 1987 pp 143
- 17 - Tomito, T - yasanari, J - 1993 "On the two rypes of Enso", Journal of Meteorological society of Japan, Apr 1993, pp 275
- 18 - Trenberth, K.E - Hoar. T 1996: "The, 1990-1995 El nino - Southern oscillation Event - longest on record - Geophysical Research letters - 23 - pp 58
- 19 0 Trenberth, K, E - 1997: "The definition of Elnino", Bulletin of the American Meteorological society 78 - pp 2271
- 20 - Trenherth, KE-pastepaniak, D2000: "Indices of Elnino Evolution", Journal of climate, Nov 2000,pp 38
- 21 - USA Today 2000: What is El NINO?, RSA Today 02/03/2000-Report by Jack Williams, USA Today web site,pp1

- 22 - Wallace, J.M - Gutzler D.S 1981: "Teleconnections in the geopotential height field during the Northern hemisphere winter", Monthly Weather Review, 109, pp 784
- 23 - Wolter, K - 2001, Multivariate Enso Index (MEI)" cires, NOAA, website (Internet)
- 24 - Webster, p.j - Yange,s 1992: "Monsoon and Enso Selectively interactive system" Quaternary Journal Royal Meteorological Society, 118, pp 880
- 25 - Webster p.j-Magana, T.N 1998-Monsoon: processes, predictability", and the prospects for prediction Journal of Geophysical Research, Vol 103, No c7, Jun 1998, pp 14493 - 94",
- 26 - Wizmann 1999; "Link between El nino and Rainfall in Israel Discovered Wizmann Idstiute of Science, Rehovot Isreal, 76100m 1999, web page
- 27 - WMO 1998: "El nino and the clips project", World Climate News, No 13, Jun 1998, WMO, switzerland, pp8
- 28 - WMO - 1998: "the 1997-98 El nino in brief", WMO, 1998 Pdf paper pp3