

نشانه‌های پدیده انسو (Enso) در اقلیم پاییزه جنوب شرق ایران*

محمود خسروی

عضو هیأت علمی جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده

در این مطالعه هدف ما ارزیابی اثرات و نشانه‌های پدیده ال نینو-نوسان جنوبی (انسو) بر روی شرایط اقلیمی جنوب شرق ایران طی فصل پاییز است.

جهت دستیابی به یک نگرش صحیح راجع به مکانیسم‌های تأثیر یا عدم تأثیر پدیده انسو، در این مطالعه نابهنجاریهای مربوط به بارها، رطوبت، فشار، دما و برخی ویژگی‌های سینوپتیکی سطوح مختلف جوی، طی فازهای گرم و سرد انسو مورد ارزیابی قرار گرفته است.

برخلاف برخی از مطالعات، که بدون توجه و ارزیابی مکانیسم‌های تأثیر پدیده انسو بر بارش، تنها نابهنجاریهای بارش یا دما را مورد بررسی قرار داده‌اند، در این مطالعه سعی شده که عوامل و عناصر مؤثر بر

شخص می‌شود

*- این مقاله از بخشی از نتایج پایان‌نامه دوره دکتری اینجانب تحت عنوان "پدیده انسو و تغییرپذیری اقلیمی جنوب شرق ایران" استخراج شده است. بدین‌وسیله از زحمات، راهنمایی و همفکری اساتید محترم راهنمای پایان‌نامه، آقایان دکتر حسنعلی غیور و دکتر محمدرضا کاوبانی تشکر و ندردانی می‌شود.

دما و بارش و ارتباط آنها با پدیده انسودر یک نگرش سیستمی مورد ارزیابی قرار گیرد.

ارتباطات و پاسخهای منطقه‌ای به تغییرات و ناهنجاریهای مرتبط با انسودر سطوح مختلف جوی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

در این راه، علاوه بر داده‌های سطحی بارش و درجه حرارت ایستگاههای منطقه، از داده‌های مربوط به وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری، رطوبت، ارتفاع ژئوپتانسیل و بازتاب طول موج بلند زمینی، در سطوح مختلف جوی استفاده شده است.

تفاوتهای منبهدی طی فازهای مختلف انسودر مواکز فشار، وزش بادهای و الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل و رطوبت منطقه وجود دارد. نتیجه تغییرات عناصر فوق، تغییر در الگوهای درجه حرارت و بارش منطقه است. معمولاً فازهای گرم (ال نینو) به دلیل تغییر مسیر جت استریم به عرضهای جنوبی‌تر و تغییر الگوی چرخش جوی، با ترسالی‌ها و ریزش‌های جوی بالاتر از میانگین و فازهای سرد (لانینا) با خشکسالی همراه است. حداکثر بارش‌های پاییزه با قوی‌ترین ال نینوها (۱۹۹۷، ۱۹۸۲) همراه بوده است.

با توجه به ماهیت متغیر سیکل‌های انسو، هر حادثه ال نینو ویژگیهای مخصوص به خود را دارد. بنابراین بایستی هر حادثه به صورت موردی نیز مورد بررسی قرار گیرد. اما تحلیل‌ها و سناریوهای ترکیبی که در این مطالعه در مقیاس وسیعی استفاده گردیده، امکان آن را فراهم می‌آورد تا بتوان به شناخت بارزش‌تری از پاسخهای منطقه‌ای، به نشانه‌های انسودر دست یافت.

واژه‌های کلیدی: انسو، ارتباط از دور، تغییرپذیری اقلیمی، نوسان اطلس شمالی، رودباد، ال نینو، بادهای مداری و نصف‌النهاری، آب ستونی قابل بارش، بازتاب تابش طول موج بلند.

مقدمه

واژه انسو* از ترکیب دو واژه نوسان جنوبی و ال‌نینو** گرفته شده که ال‌نینو مؤلفه اقیانوس و نوسان جنوبی مؤلفه جوی این پدیده می‌باشد.

این پدیده که با ایجاد ناهنجاریهای دمایی و فشار مناطق حاره‌ای اقیانوس آرام شر می‌شود، می‌تواند با ایجاد ناهنجاری در چرخش موسوم به واگر*** از طریق فرایندهای ارتب از دور، بر سیستم‌های جریان هوا در نقاد حاره‌ای و ورای حاره‌ای تأثیر بگذارد.

معمولاً اختلاف فشار سطحی بین تاهیتی در شرق و ایستگاه داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام، به عنوان مبنای اندازه‌گیری شاخص نوسان جنوبی**** مورد استفاده قرار می‌گیرد مقادیر مثبت یا منفی این اختلاف بیانگر فازهای مختلف انسو می‌باشد.^(۱) شاخص‌های دیگر نیز برای محاسبه شدت حوادث انسو مورد استفاده قرار می‌گیرد که می‌توان به شاخص دما سطحی اقیانوس آرام در نواحی موسوم به نینو (از ۱ تا ۵)^(۲) شاخص چند متغیره انسو****^(۳) شاخص جدید (TNI)^(۴) اشاره نمود (نمودارهای شماره ۱ و ۲).

فازهای گرم انسو به نام ال‌نینو و فازهای سرد به نام لانینا معروف است و معمولاً اثرات متفاوتی را بر شرایط اقلیمی و اقیانوسی نواحی مختلف کره زمین باقی می‌گذارد. معمولاً حوادث ال‌نینو هر ۴ تا ۷ سال یک بار اتفاق می‌افتد و بین ۱۲ تا ۱۸ ماه طول می‌کشد. پدیده انسو دار یک الگوی ارتباط زودر***** در مقیاس جهانی است که بر روی نیمکره جنوبی و بخش وسیع از نیمکره شمالی گسترده شده است؛ این الگو در نوسانات سالیانه فشار سطح دریا، دما و بارش مشخص می‌شود.

-
- Enso
 - *** ELNINO
 - Walker
 - **** MEI
 - SOI
 - ***** Teleconnection

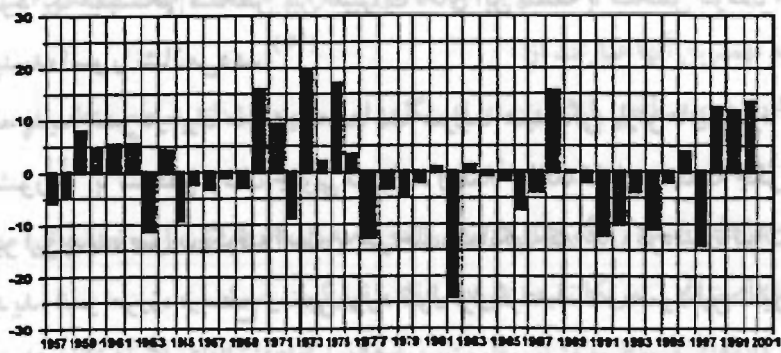
ارتباط از دور در واقع همبستگی‌های همزمان معنی‌دار بین نوسانات زمستانی پارامترهای هواشناسی است که در نقاط وسیع و جدا از هم در سطح کره زمین اتفاق می‌افتد. (۵)

مطالعات متعددی راجع به تأثیرات انسو بر تغییرپذیری اقلیمی نواحی مختلف کره زمین صورت گرفته است که از نظر کمی و کیفی، کمترین مطالعات مربوط به منطقه جنوب غرب آسیا و خاور میانه است. تأثیرات متقابل پدیده انسو و سیستم موسمی هند در مطالعات متعددی اثبات شده است. اکثر بارشهای بیش از حد معمول تابستانی موسمی، با پدیده لانینا و خشکسالی‌های تابستانی شبه قاره هند، با پدیده ال نینو توأم بوده است. (۶) هر چند برخی از حوادث قوی ال نینو با وقوع بارشهای کمتر از معمول همراه نبوده است. (۷) مکانیسم این تأثیرات در مقیاس سایانه و دهه‌ای به وسیله برخی محققین گزارش گردیده است. (۸)

و امروزه مدلهای متعددی در رابطه با چگونگی پیش‌بینی تغییرپذیر بارشهای موسمی، از طریق شناخت ساز و کارهای پدیده انسو ارائه شده است. (۹)

همچنین رابطه بین پوشش برف روسیه و تأثیرات فازهای سرد و گرم انسو بر آن، به وسیله برخی مطالعات اثبات گردیده است. کاملترین مطالعات در خاورمیانه، راجع به تأثیر پدیده انسو بر کشور اسرائیل صورت گرفته است؛ این مطالعات همبستگی خطی بین ناهنجاریهای برف و شدت حوادث انسو را روشن ساخته است. (۱۰) و همچنین عوامل تغییرات چرخه اتمسفری مرتبط با این پدیده بر روی اسرائیل را مورد تأکید قرار داده است. (۱۱)

شاخص نوسان جنوبی (SOI) فصل پاییز

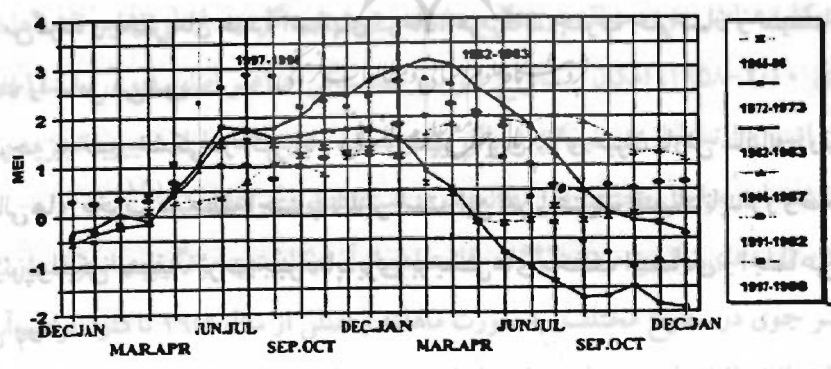


نمودار شماره ۱: مقادیر شاخص نوسان جنوبی (SOI) فصل پاییز از سال ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۰ بر اساس

داده‌های اداره هواشناسی استرالیا (BOM)

شاخص چندمتغیره انسو

طی شش رویداد عمده ال نینوز سال ۱۹۵۰



نمودار شماره ۲- شاخص چند متغیره انسو (MEI) طی شش رویداد عمده ال نینوز سال ۱۹۵۰

(مأخذ داده‌ها منبع شماره ۳)

بررسی‌های پالئوکلیماتولوژی بر روی ایزوتوپ اکسیژن مرجانهای ۲۴۵ ساله شمال دریای سرخ، وجود یک همبستگی مشخص بین تغییرات دمای این منطقه با شاخص نوسان اطلس شمالی و پدیده انسو را نشان می‌دهد. (۱۲)

مطالعه پدیده انسو در ایران محدود به محاسبه ضرایب همبستگی بارش‌های پاییزه (۱۳) و زمستانه کشور (۱۴) با شاخص نوسان جنوبی می‌باشد و عملاً مطالعه کاملی راجع به چگونگی و شدت تأثیر این پدیده صورت نگرفته است. به هر حال، همانگونه که اشاره گردید، تأثیرات و راه‌های پدیده انسو امروزه در سطح وسیعی مورد نبول قرار گرفته است؛ معمولاً این تأثیرات در فصل پاییز و زمستان نیمکره شمالی شدید می‌باشد.

مطالعه حاضر سعی در ارزیابی اثرات و پیدا کردن نشانه‌های تأثیر این پدیده بر شرایط اقلیمی منطقه جنوب شرق ایران دارد.

محدوده مورد مطالعه، منطقه‌ای را در بر می‌گیرد که از شمال به عرض جغرافیایی ۳۴ درجه، از غرب به نصف‌النهار ۵۶ درجه و از شرق و جنوب به محدوده مرزهای شرقی و جنوبی کشور محدود می‌گردد و بخش‌های عمده استانهای کرمان، هرمزگان، جنوب خراسان و سیستان و بلوچستان را شامل می‌شود.

با توجه به غلبه خشکی در اکثر ایام سال و تغییرپذیری بالای میزان بارش سالیانه، وقوع خشکسالی‌های مخرب در منطقه اجتناب‌ناپذیر است. این امر با عنایت اقتصاد ناپدار و وضعیت خاص ژئوپولیتیکی منطقه، اثرات جبران‌ناپذیری بر بخش‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی آن وارد می‌آورد.

در این مطالعه جهت دستیابی به یک نتیجه صحیح، عناصر اساسی اقلیمی و هوایی منطقه در سطوح مختلف جوی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سعی گردیده اثرات مستقیم و غیرمستقیم پدیده انسو بر آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

روش و تحقیق و داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه جهت دستیابی به اهداف مورد نظر، از داده‌ها و اسناد مختلفی استفاده شده است که مهمترین آنها عبارتند از:

۱- داده‌های سطحی بارش و دمای ایستگاههای معتبر هواشناسی سطح منطقه، از سال ۵۷ تا ۱۹۹۸.

۲- شاخص انسو و الگوهای ارتباط از درر ماهیانه، از طریق مراکز تحقیقاتی مختلف کشورهای استرالیا و امریکا تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- داده‌های مربوط به فشار، رطوبت، دما، باد، ارتفاع ژئوپتانسیل، آب قابل بارش و غیره سطوح مختلف جوی محدوده مورد مطالعه، از طریق مرکز تشخیص انلیمی* وابسته به سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی ملی** امریکا دریافت و مورد استفاده قرار گرفته است.

۴- نقشه‌های موسوم به "همبستگی خطی بیانگین‌های ماهانه و فصلی جو" مربوط به فصل پاییز محدوده جغرافیایی منطقه جنوب شرق ایران، از طریق آرشیو الکترونیک مؤسسه DC جهت کلیه عناصر جوی منطقه در سطوح مختلف جوی تهیه گردید. از طریق این نقشه‌ها در دو آماری ۲۰۰۰-۱۹۵۸، امکان استخراج ضرایب همبستگی عناصر اصلی جوی با شاخص‌های اصلی انسو و ارتباط از دور نیمکره شمالی میسر گردید. نتایج حاصل از تغییر و تجزیه و تحلیل این نقشه‌ها در مراحل مختلف این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. (۱۵)

۵- نقشه‌های ترکیبی ماهانه*** که با استفاده از آن امکان تهیه میانگین و انحراف از میانگین عناصر جوی در سطوح مختلف، به صورت ماهانه و فصلی از سال ۱۹۵۸ تاکنون فراهم است. استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه، عناصر اساسی جوی طی حوادث ال نینو، لاینو و شرایط عاد به صورت میانگین فصلی پاییز و مقادیر نابهنجاری آنها در غالب نقشه‌هایی تهیه گردید و علا

بر آن طی حوادث شاخص انسو (همانند حوادث ۱۹۹۷ و ۱۹۸۲) نیز به صورت نقشه‌های مستقل تهیه شده است. بالغ بر دهها نقشه مربوط به فصل پاییز در این مطالعه تهیه و تفسیر گردیده و با استفاده از آن، اساس تفاوت‌های فضایی، منطقه‌ای پاسخ‌های منطقه به پدیده انسو بررسی شده است. علاوه بر آن، نقشه‌های عرض جغرافیایی در برابر ارتفاع، امکان مطالعه سه بعدی جو منطقه در دوره‌های زمانی مورد نظر را فراهم آورده است.

۶- مجموعه مطالعات انجام شده در نواحی مختلف دنیا در یک آرشیو مطالعاتی جمع آوری و از تجربیات ارزنده برخی محققین در این زمینه استفاده شده است.

۷- امکانات نرم‌افزاری متعددی جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. سری‌های زمانی بارش، دما و سایر عناصر جوی با استفاده از امکانات نرم‌افزاری تحلیل شده است.

نقشه‌های بارش و دما در شرایط ال‌نینو، لانینا، غیر انسو، ال‌نینوی قوی و لانینای قوی به صورت نقشه‌های ایزو، ترسیم شده است. مجموعه این نقشه‌ها همراه سایر مدارک در تفسیرها و نتیجه‌گیری مورد استفاده قرار گرفته است.

بررسی ارتباط و نابهنجاریهای شرایط اقلیمی منطقه جنوب شرقی ایران با پدیده انسو با توجه به مطالب عنوان شده و بررسی‌های صورت گرفته، فرض اساسی ما در این مطالعه آن است که پدیده انسو با توجه به ماهیت ذاتاً تغییرپذیر خود، حداقل در بخشی از نابهنجاریهای جوی و اقلیمی منطقه جنوب شرق ایران دخالت دارد.

هر چند هنوز نمی‌توان راجع به مکانیسم دقیق این تأثیرات اظهار نظر قطعی نمود؛ اما به نظر می‌رسد طی فصل پاییز، بیشترین ارتباط بین پدیده انسو و تغییرپذیری شرایط اقلیمی منطقه وجود داشته باشد.

در این مطالعه سعی گردید، عناصر اساسی اقلیمی منطقه در سطوح مختلف جوی، طی

فازهای مختلف انسو و شرایط غیر انسو با هم مقایسه گردد. بدین منظور داده‌های مربوط به جنوب شرق ایران (بر اساس محدوده مطالعاتی که قبلاً ذکر شد) از سال ۱۹۵۸ تاکنون تهیه و پس از آزمون‌های آماری، مقادیر متوسط برای دوره‌های ال نینو، لایننا، ال نینوی قوی، لاینای قوی و شرایط عادی (غیرانسو) محاسبه گردیده است. اساس تقسیم‌بندی فصل پاییز به فازهای گرم و سرد (قوی، متوسط و ضعیف) علاوه بر شاخص‌های انسو، جدول ارائه شده از طرف مؤسسه CDC می‌باشد که در مقدمه به آن اشاره شد.

علاوه بر این، نقشه‌های همبستگی عناصر اقلیمی با پدیده انسو و شاخص‌های "تله کانکشن" (ارتباط از دور) مربوط به فصل پاییز (OND) و نقشه‌های نابهنجاریهای عناصر مختلف اقلیمی، تفسیر و تجزیه و تحلیل گردیده است.

با استناد به مدارک و اسناد فوق، عناصر مختلف جوی از قبیل فشار، بادهای، دما، ارتفاع ژئوپتانسیل و بارش، با استفاده از تکنیک‌های همبستگی و تحلیل نابهنجاریها جهت ارزیابی پاسخ‌های احتمالی منطقه به پدیده انسو مورد بررسی قرار گرفته است.

در این مطالعه علاوه بر سطح زمین سطوح تراز جوی استاندارد ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ هکتوپاسکال (در مورد دما، سطح تروپوپاوز هم مورد بررسی قرار گرفته است) نیز بررسی شده است.

بدیهی است تأکید ما بر روی تغییرات چرخش هوا بر روی جنوب شرق کشور، بدان معنی نیست که این تغییرات مختص این منطقه است؛ بلکه مقیاس فضایی این نابهنجاریها بسیار وسیع تر از سطح منطقه می‌باشد.

فشار سطح دریا (SLP)

تغییرات میزان فشار سطح دریا، بر روی جریان بادهای سطوح تأثیر گذاشته و منجر به تغییرات در انتقال رطوبت به منطقه می‌گردد؛ لذا استقرار الگوهای فشار متفاوت بر روی منطقه و مراکز فشار اطراف آن، در نوسانات مقادیر دما و بارش حائز اهمیت فراوان است.

در این راستا نقشه‌های فشار سطح زمین (MSLP) نیمکره شمالی در فازهای مختلف انسو تهیه و موقعیت مکانی و شدت مراکز اصلی فشارهای تأثیرگذار بر جریانات منطقه، روی آنها بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان‌دهنده آن است که در شرایط ال نینو پرفشار سبیری، در موقعیت ۹۰ درجه شرقی و ۵۰ درجه شمالی با بیش از ۱۰۳۷ هکتوپاسکال فشار هسته مرکزی، در قویترین حالت خود نسبت به شرایط عادی (۱۰۳۳ هکتوپاسکال) و شرایط لانینا (۱۰۳۲ هکتوپاسکال) قرار دارد. پرفشار آزور در سالهای ال نینو، به‌طور میانگین با فشار مرکزی ۱۰۲۲ هکتوپاسکال، همانند فصل زمستان در موقعیت شمالی و شرقی‌ترین نسبت به شرایط عادی استقرار می‌یابد؛ ولی در دوره‌های لانینا موقعیت این مرکز با شرایط عادی تفاوتی ندارد و هسته مرکزی آن نسبت به شرایط ال نینو فشار کمتری (۱۰۲۰ هکتوپاسکال) را نشان می‌دهد.

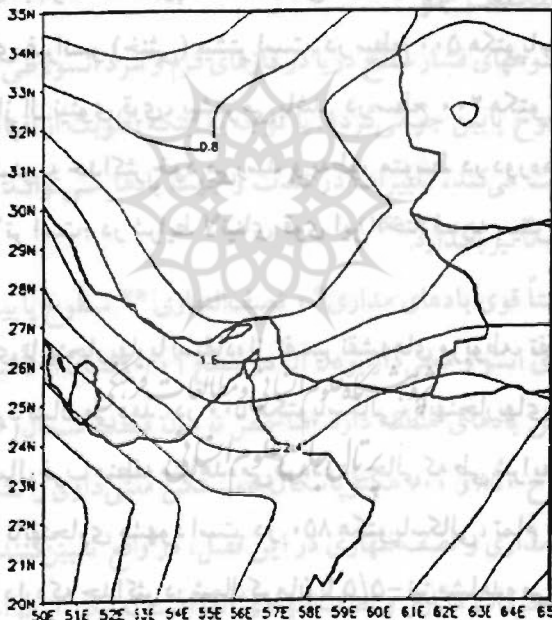
مرکز کم فشار شمال اقیانوس اطلس در دوره‌های ال نینو با فشار مرکزی ۹۹۹ هکتوپاسکال، کاملاً با دوره‌های لانینا متفاوت است. در شرایط لانینا الگوی دوقطبی، یکی در شمال اسکانندیناوی (۱۰۰۳ هکتوپاسکال) و دیگری در جنوب ایسلند (۱۰۰۱ هکتوپاسکال) شکل می‌گیرد؛ این در حالی است که این کم‌فشار در سالهای غیرانسو تغییر موقعیت محسوسی به سمت غرب پیدا می‌کند. در طی سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۹۷ (قوی‌ترین شرایط ال نینو) تا حداکثر ۵- هکتوپاسکال نابهنجاری منفی در این کم‌فشار به وجود آمد.

میزان فشار کل منطقه، هر چند همبستگی بالایی با شاخص‌های انسو و ارتباط از دور نشان نمی‌دهد؛ اما آنالیز نقشه‌ها نشان‌دهنده ارتباط منفی تا حداکثر $-0/4$ روی سواحل دریای عمان با شاخص SOI و حداکثر $+0/4$ با شاخص نوسان قطبی (AO) می‌باشد. میزان همبستگی به سمت شمال منطقه ضعیف می‌شود. (نقشه شماره ۱) میزان متوسط فشار منطقه، هر چند در فاز گرم تفاوت مشخصی با میانگین نشان نمی‌دهد؛ ولی در فازهای گرم قوی سرد و گرم فشار نسبت به میانگین و شرایط غیر انسو (عادی) بالاتر است. بیشترین مقدار فشار متوسط، طی فازهای لانینای قوی در سطح منطقه وجود دارد. نابهنجاریهای فشار، طی شرایط ال نینو در شمال منطقه (جنوب خراسان) شدیدتر می‌باشد.

جدول شماره ۱: مقایسه تغییرات متوسط میزان نشار سطح دریا به هکتوپاسکال، طی فاهای

مختلف انسو و شرایط غیرانسو، در محدوده منطقه جنوب شرق ایران

بیانگین	ال انسو	لانبا	ال انبوی قوی	لانبا قوی	غیرانسو	ال انبو- میانگین	لانبا- میانگین
۱۰۱۶/۹۲۸	۱۰۱۶/۸۸۰	۱۰۱۷/۰۹۵	۱۰۱۷/۰۱۲	۱۰۱۷/۲۲۰	۱۰۱۶/۷۷۸	-۰/۰۶۸	۰/۱۴۷۰



Columnar Precipitable Water (kg/m^2) Composite Anomaly
Oct to Dec: 1965, 1972, 1982, 1997
NCEP/NCAR Reanalysis

NOAA-CIRES/Climate Diagnostics Center

نقشه شماره ۱: مقادیر ضرایب همبستگی نشار سطح دریا با شاخص نوسان جنوبی (SOI) طی دوره

آماري ۱۹۵۸-۲۰۰۰ منطقه جنوب شرق ایران (مرکز تشخیص قليمی CDC وابسته به NOAA)

ارتفاع ژئوپتانسیل

ارتفاع ژئوپتانسیل، ارتباط مشخصی با شاخص هی انسو نشان نمی دهد. به نظر می رسد ارتباط نزدیکتری بین شاخص نوسان قطب شمال (AO) و ارتفاع ژئوپتانسیل، حداقل در دو سطح ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال، وجود داشته باشد. (همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۵)، اما تفسیر نقشه های همبستگی نیز، تنها در روی دریای عمان یک همبستگی منفی تا حداکثر ۰/۴- را با شاخص نوسان جنوبی (SOI) نشان می دهد.

مقایسه مقادیر متوسط ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح مختلف جوی منطقه، حکایت از آن دارد که در کلیه سطوح جوی، بجز ۲۰۰ هکتوپاسکال در طی فازهای گرم و سرد انسو، مقادیر ارتفاع ژئوپتانسیل از حالت های غیر انسو (خشی) بیشتر است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی، مقادیر در دوره های لانینای قوی از ال نینوی قوی، بیشتر می باشد. در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال، اختلاف بین شرایط لانینا و ال نینو به حداکثر خود می رسد و به طور متوسط در دوره های لانینا ارتفاع ژئوپتانسیل ۲۰ متر بالاتر است؛ در شرایط لانینای قوی این اختلاف به بیش از ۳۸ متر بالغ می گردد.

بررسی های منطقه ای نابهنجاریها، با استفاده از تفسیر نقشه های مربوطه، تفاوت های مشخصی را طی فازهای گرم و سرد نشان می دهد. در ۵۰۰ هکتوپاسکالی، نابهنجاریهای منفی طی ال نینو حداکثر تا ۶- متر در شمال غرب منطقه مشاهده می گردد؛ در حالی که طی شرایط لانینا حداکثر تا ۲+ متر در شمال غرب، نابهنجاری مشهود است. در ۸۵۰ هکتوپاسکالی، تمام منطقه طی شرایط ال نینو نابهنجاری منفی دارد که حداکثر در شمال کرمان تا ۵/۵- نیز مشاهده می گردد، ولی مقدار آن به سمت جنوب شرق کاهش می یابد؛ در حالی که طی شرایط لانینا الگوی کاملاً متضادی حاکم می گردد.

جدول شماره ۲: تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل منطقه جنوب شرق ایران طی شرایط انسو و غیر انسو.

سطح (هکتو پاسکال)	الینو	لانینا	مادی (خنثی)	الینوی قوی	لانینای قوی	میانگین
۸۵۰	۱۵۲۴/۳۴	۱۵۲۴/۱۳۵	۱۵۲۱/۸۲۵	۱۵۲۴/۲۵۴	۱۵۲۷/۳۸۴	۱۵۲۲/۸۶۱
۷۰۰	۳۱۲۹/۳۲۵	۳۱۲۸/۵۵۳	۳۱۲۵/۶۴۴	۳۱۲۷/۸۳۷	۳۱۳۴/۶۵۶	۳۱۲۸/۳۱۸
۵۰۰	۵۷۷۰/۱۶۷	۵۷۷۳/۲۰۸	۵۷۶۷/۱۴۲	۵۷۶۷/۴۹۳	۵۷۸۵/۰۳۸	۵۷۷۰/۵۴۴
۲۰۰	۱۲۱۳۷/۰۹	۱۲۱۴۶/۹۸	۱۲۱۲۸/۱۸	۱۲۱۲۸/۱۸	۱۲۱۶۸/۵۳	۱۲۱۲۴/۰۳

بادهای سطوح مختلف جو

تغییرات در الگوهای فشار سطح دریا در فازهای گرم و سرد انسو، طی پاییز منجر به تغییر در جریان بادهای سطوح پایین جو می‌گردد. با توجه به اینکه رطوبت از اقیانوسها به وسیله بادهای سطوح پایین حرکت می‌کند، تغییرات در شدت و جهت بادهای می‌تواند در میزان و محتوای رطوبت قابل بارش تأثیر بگذارد. (۱۶)

همبستگی نسبتاً قوی بادهای مداری* و نصف‌النهاری** سطوح پایین جری منطقه جنوب شرق با شاخص‌های انسو و معنی دار بودن آن در سطح ۰/۰۱، نشان از تأثیرات الگوهای ارتباط از دور انسو بر وزش بادهای منطقه دارد. شاخص نوسان قطب شمال (AO) نیز با بادهای نصف‌النهاری سطوح ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال همبستگی معنی داری را نشان می‌دهد.

وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری در این فصل، در واقع تعیین‌کننده شدت وزش بادهای غربی و مؤلفه‌های حرکات مداری و نصف‌النهاری آنها است که یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در تغییر شرایط اقلیمی منطقه می‌باشد.

بادهای مداری و نصف‌النهاری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، با شاخص نوسان قطب شمال و بادهای نصف‌النهاری سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال، تنها با شاخص نوسان اطلس شمالی (NAO)

همبستگی معنی‌دار نشان می‌دهد.

رابطه بین بادهای مداری و نصف‌النهاری در سطوح ۷۰۰، ۸۵۰ و سطح زمین با شاخص‌های نوسان جنوبی (SOI) و نینو ۲-۳ (NINO3-4) قوی و معنی‌دار می‌باشد.

با توجه به مثبت بودن همبستگی، با شاخص نینو ۲-۳ و همچنین شاخص مداری* مناطق حاره‌ای مجاور نینو (این شاخص در واقع معرف وزش مداری بادها می‌باشد) افزایش شاخص نینو ۲-۳ و افزایش شدت شاخص مداری هر دو، باعث افزایش سرعت و شدت بادهای منطقه جنوب شرق از طریق مکانیسم‌های ارتباط از دور می‌شود.

تفسیر نقشه‌های همبستگی نیز دلالت بر آن دارد که میزان همبستگی با شاخص‌های انسو، بخصوص SOI و NINO3-4، به سمت جنوب شرق افزایش می‌یابد. هر چند بادهای نصف‌النهاری با شاخص AO در شمال منطقه نیز همبستگی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد.

افزایش همبستگی منفی در سطوح ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال و همچنین سطح زمین با شاخص SOI به سمت جنوب شرق و دریای عمان، حکایت از افزایش شدت بادهای مداری و نصف‌النهاری در طی فازهای گرم فصل پاییز این مناطق است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، حداکثر همبستگی مربوط به شرق دشت سیستان (۴/۰-) است که به سمت جنوب شرق تضعیف می‌شود. در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال، بادهای مداری همبستگی منفی قابل ملاحظه‌ای تا حداکثر ۵/۰- در سواحل جنوبی و تنگه هرمز نشان می‌دهند که به سمت شمال، به شدت از مقدار آن کاسته می‌شود.

بادهای مداری در تمام سطوح، در شرایط ال نینو از شدت بالاتری نسبت به شرایط لانینا و دوره‌های خشتی (غیرانسو) برخوردار هستند و اختلاف بین فازهای گرم و سرد در شرایط حوادث قوی‌تر تشدید می‌شود.

بادهای نصف‌النهاری در شرایط لانینا از شدت منفی بیشتری برخوردارند.

ناهنجاریها و انحراف از میانگین بادهای مداری و نصف‌النهاری منطقه، طی دوره‌های نینو و لانینا مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و همچنین سرعت و جهت بادهای سطح مختلف در طی این فازها مطالعه شده، که تماماً حکایت از تضادهای مشهود در طی شرایط ال لانینا دارد.

در سطح زمین طی فازهای گرم، نابهنجاریهای مثبت بادهای مداری بیشتر در سواحل جنوب و تنگه هرمز تا حداکثر ۰/۶ قابل مشاهده است؛ در حالی که طی فازهای سرد، آنومالی‌های منفی بیشتر سواحل را در بر می‌گیرد.

بادهای نصف‌النهاری نیز الگوی متضادی را در طی فازهای گرم و سرد در سطح منطقه نشان می‌دهند. در سطح زمین حداکثر نابهنجاریهای مثبت تا ۱ متر در ثانیه، در بلوچستان شرق مشاهده می‌شود؛ در حالی که طی فازهای سرد، الگوی کاملاً متضاد حاکم شده و نابهنجاریهای منفی تا حداکثر ۰/۶ در بلوچستان شرقی حاکم می‌شود. در سطح پایینی جو، الگویی مشابه سطح زمین در روی نقشه‌ها قابل مشاهده است، هر چند شدت آنها با هم متفاوت است. در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، انحراف مثبت از میانگین در جنوب شرق طی ال نینو شدت بیشتری دارد. در فازهای سرد نابهنجاریهای منفی، با همان شدت، جایگزین آن می‌شود. حداکثر نابهنجاریهای مثبت بادهای نصف‌النهاری در شرق بلوچستان طی ال نینو مشهود است؛ در حالی که در دوره لانینا در شمال شرق منطقه نابهنجاریهای منفی حاکم شده و از شدت نابهنجاریهای مثبت جنوب شرق بلوچستان کاسته می‌شود. بادهای سطوح فوقانی، که در واقع معرف وزش رودباد می‌باشند، نقش مهمی را در حرکات عمودی جو بازی می‌کنند. چرخش‌های مستقیم غیرمستقیم جوی، با ورود و خروج هسته‌های سرعت بادهای سطوح بالا مرتبط است.

بادهای سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال، با وجود آنکه همبستگی نسبتاً ضعیفی با شاخص‌های انسو نشان می‌دهند؛ اما کامکان تضادهای حاکم بر وزش مؤلفه‌های مختلف باد، طی فازهای گرم و سرد غالب توجه است.

جدول شماره ۳: تغییرات مقادیر وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری طی فازهای مختلف انسو

در سطوح مختلف جوی منطقه جنوب شرق ایران (فصل پاییز).

سطح تراز	بادهای مداری (U)				بادهای نصف‌النهاری (V)			
	ال‌نینو	لانیئا	عادی	میانگین	ال‌نینو	لانیئا	عادی	میانگین
سطح زمین	۰/۶۹۵	۰/۴۵۷	۰/۲۴۷	۰/۵۵۳	-۰/۰۱۱۸	-۰/۶۱۲۳	-۰/۵۴۶	-۰/۳۴۶۲
سطح ۰.۸۵۰ پ	۱/۴۹۰	۰/۹۹۵	۰/۹۴۱۷	۱/۱۸۲	-۰/۱۲۴	-۰/۱۲۴	-۰/۹۰۶	-۰/۵۸۹
سطح ۰.۸۷۰ پ	۵/۲۰۳	۲/۶۸۴	۲/۳۲	۴/۷۸۲	-۰/۴۲۴	-۱/۳۳	-۱/۷۰۹	-۱/۰۷۶
سطح ۰.۸۵۰ پ	۱۳/۱۱	۱۲/۹۵	۱۲/۰۰	۱۲/۷۳۸	-۰/۸۱۱	-۱/۴۲۶	-۲/۳۱۳	-۱/۴۹۳
سطح ۰.۸۲۰ پ	۳۴/۴۷۶	۳۳/۸۸	۳۲/۹۰	۳۳/۸۶۳	۱/۵۰۲	۲/۱۷۱۲	۰/۱۴۰۳	۱/۳۷۷

در طی فازهای گرم، جریان‌ات مداری در جنوب منطقه تا $2/2+$ متر در ثانیه به طور متوسط افزایش را نشان می‌دهد؛ هر چند در شمال منطقه نابهنجاری منفی وجود دارد. طی فازهای گرم قوی، این شرایط تشدید می‌شود و در طی فازهای سرد، دقیقاً شرایط متضاد حاکم می‌گردد. تفاوت‌های منطقه‌ای بادهای نصف‌النهاری این سطح، طی تغییر فازهای انسو نیز قابل توجه می‌باشد.

رودبادهای سطوح فوقانی جو، شامل رودباد جنب حاره‌ای (STJ) و جنب قطبی (PFJ) طی فازهای مختلف انسو، علاوه بر تغییر در شدت، از نظر موقعیت و مسیر وزش نیز دچار تغییرات مشهودی می‌گردند.

در این مطالعه با تهیه نقشه وزش بادبای سطوح ۲۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و رودباد جنبه قطبی روی نقشه سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، تفاوت‌های مسیر، شدت و هسته‌های سرعت رودبادهای طی حوادث ال‌نینو، لانیئا، شرایط عادی و حوادث شاخص، با هم مقایسه گردید. نتایج این بررسی نشان‌دهنده تغییر مسیر مشهود رودباد جنب حاره‌ای به سمت جنوب، طی فازهای گرم انسو (ال‌نینو) و افزایش هسته‌های سرعت آن می‌باشد، و معمولاً طی فازهای سرد، تغییر مکان زمستانی آن با تأخیر همراه بوده و در موقعیت شمالی‌ترین، نسبت به فازهای گرم جریان

دارد. از سوی دیگر طی فازهای گرم، عموماً رودباد جبهه قطبی، که نقش تعیین‌کننده‌ای در هدایت بادهای غربی و بارش‌های پاییزه دارد، علاوه بر افزایش شدت، از نظر موقعیت به سمت جنوب جایجا شده و امکان تأثیرگذاری بیشتر بر عرضهای جنوبی کشور را پیدا می‌کند. نتایج مشابهی قبلاً به وسیله برخی محققین در رابطه با اشتقاق رودباد جنب حاره‌ای و تغییر مسیر رودباد جبهه قطبی بر روی اقیانوس آرام جنوبی گزارش گردیده است. (۱۷) طی رویداد ان‌نینوی بسبار قوی ۸۳-۱۹۸۲، یکی از شدیدترین نابهنجاریها و تغییر مسیر رودباد در نیمکره شمالی رخ داده است. (۱۸)

رطوبت

یک همبستگی قوی و معنی‌دار بین رطوبت منطقه در تمام سطوح جوی (تا ۵۰۰ هکتوپاسکال) و شاخص‌های اصلی انسو وجود دارد. با توجه به جدول شماره ۵، این همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. مقادیر مثبت همبستگی با شاخص نینو ۴-۳ حکایت از تأثیر فازهای گرم نسو در افزایش رطوبت فصل پاییز در منطقه را دارد. مقایسه مقادیر رطوبت نسبی سطوح مختلف جوی، حکایت از آن دارد که در شرایط فاز گرم، میزان رطوبت به نسبت قابل توجهی از شرایط لانینا یا حالت غیر انسو بیشتر و در شرایط لانینا از میانگین کمتر است. حداکثر اختلاف مربوط به سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال است. تفسیر نقشه‌های سطوح مختلف نیز، حکایت از همبستگی بالای بین شاخص‌های انسو و رطوبت نسبی دارد که مقدار آن در سطح ۷۰۰ میلی به سمت دریای عمان افزایش یافته و به حداکثر ۰/۶+ با شاخص NINO3-4 می‌رسد. در شرایط فاز گرم، نابهنجاریهای رطوبت نسبی مثبت در بلوچستان مرکزی، در سطح زمین به حداکثر ۲/۵+ درصد می‌رسد؛ در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی روی تنگه هرمز، حداکثر نابهنجاری ۲/۸+ درصد مشاهده می‌شود؛ در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی میزان نابهنجاری مثبت به سمت شمال منطقه افزایش می‌یابد.

در طی شرایط فاز سرد، نابهنجاریهای منفی در تمام سطوح مشاهده می‌گردد. در سطح زمین شرایط نابهنجاری متضاد ال‌نینو بر منطقه حاکم است؛ در سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی نابهنجاری منفی تا حداکثر ۵- در صد در شرق منطقه مشاهده می‌گردد و در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکالی

حداکثر ناهنجاری منفی تا ۳- درصد در شمال کرمان وجود دارد. (نقشه شماره ۲) در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی ناهنجاریهای شرایط ال نینو، مشابه سطح ۷۰۰ هکتوپاسکالی است؛ ولی در شرایط لایننا حداکثر ناهنجاری منفی در جنوب شرق منطقه تا ۳/۲ درصد بالغ می‌شود.

جدول شماره ۴: مقادیر درصد رطوبت نسبی منطقه جنوب شرق ایران طی شرایط انسو و

غیر انسو طی فصل پاییز.

رطوبت نسبی	ال نینو	لایننا	ال نینوی قوی	لایننای قوی	عادی (غیر انسو)	میانگین	ال نینو - لایننا
سطح زمین	۴۲/۶۶	۳۹/۵۶	۴۳/۰۸	۳۷/۸۶	۴۰/۸۱	۴۱/۲۲	۳/۱
سطح ۸۵۰ پ	۳۸/۲۲	۳۴/۷۰	۳۸/۸۶	۳۳/۱۵	۳۵/۹۶	۳۶/۵۶	۳/۵۲
سطح ۷۰۰ پ	۲۰/۵۱	۳۴/۸۶	۴۱/۲۸	۳۳/۴۲	۳۶/۹۸	۳۷/۷۸	۵/۶۰
سطح ۵۰۰ پ	۲۶/۳۵	۲۲/۷۷	۲۶/۳۵	۲۱/۷۸	۲۴/۶۹	۲۴/۶۲	۳/۵۸

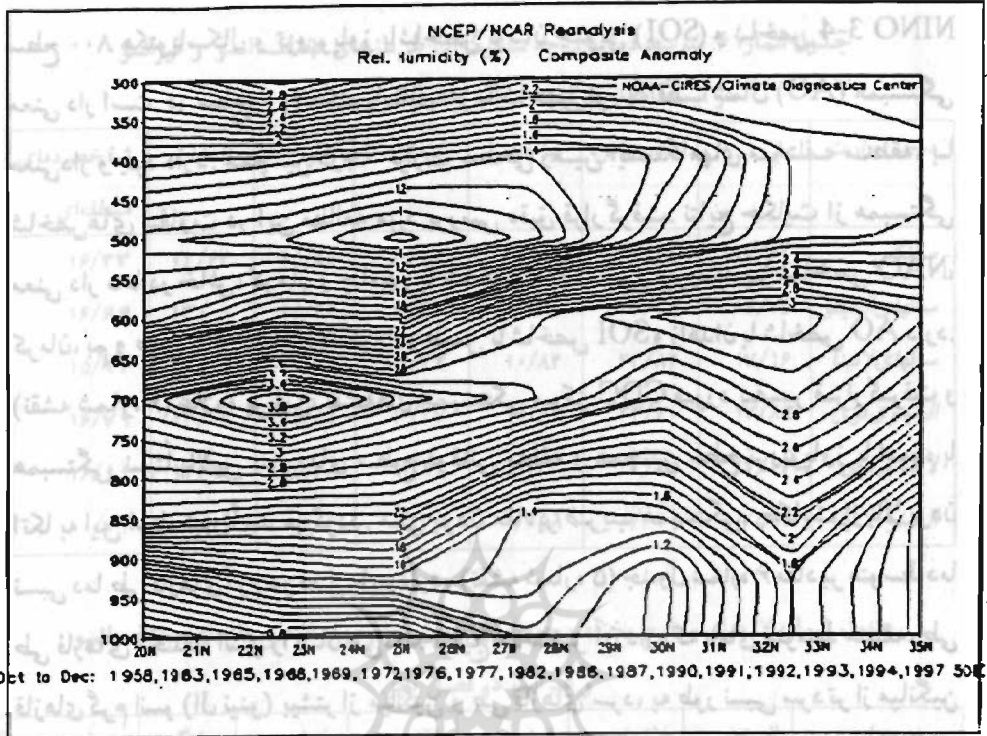
جدول شماره ۵: ضریب همبستگی شاخص نوسان جنوبی و نینوی ۳-۴ با رطوبت نسبی

سطوح مختلف جوی منطقه جنوب شرق ایران در فصل پاییز.

شاخص انسو	سطح زمین	سطح ۸۵۰	سطح ۷۰۰	سطح ۵۰۰
SOI	-.۰۵۴۳ ***	-.۰۳۸۶ *	-.۰۵۲۹ ***	-.۰۵۳۳ ***
NINO3-4	۰/۵۱۷ ***	۰/۴۹۰ ***	۰/۵۲۹ ***	۰/۵۳۰ ***

* - معنی دار در سطح ۰/۰۵

*** - معنی دار در سطح ۰/۰۱



نقشه شماره ۲: نابهنجاریهای مقادیر رطوبت نسبی (درصد) منطقه جنوب شرق ایران در سطوح مختلف جوی (۱۰۰۰ تا ۳۰۰ هکتوپاسکال) طی رویدادهای ال نینو در فصل پاییز (مأخذ CDC)

درجه حرارت

جهت بررسی تأثیر انسو بر شرایط دمایی منطقه، اسناد و نقشه‌های متعددی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در نهایت وضع دما در سطوح مختلف جوی (۲۰۰، ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰) هکتوپاسکالی و سطح تروپوپاوز و همچنین سطح زمین، در طی فازهای مختلف انسو، تعیین گردید. هر چند متوسط درجه حرارت سطح زمین منطقه، طی فصل پاییز با هیچ یک از شاخص‌های انسو و ارتباط از دور، همبستگی معنی‌داری را نشان نمی‌دهد؛ اما میزان همبستگی

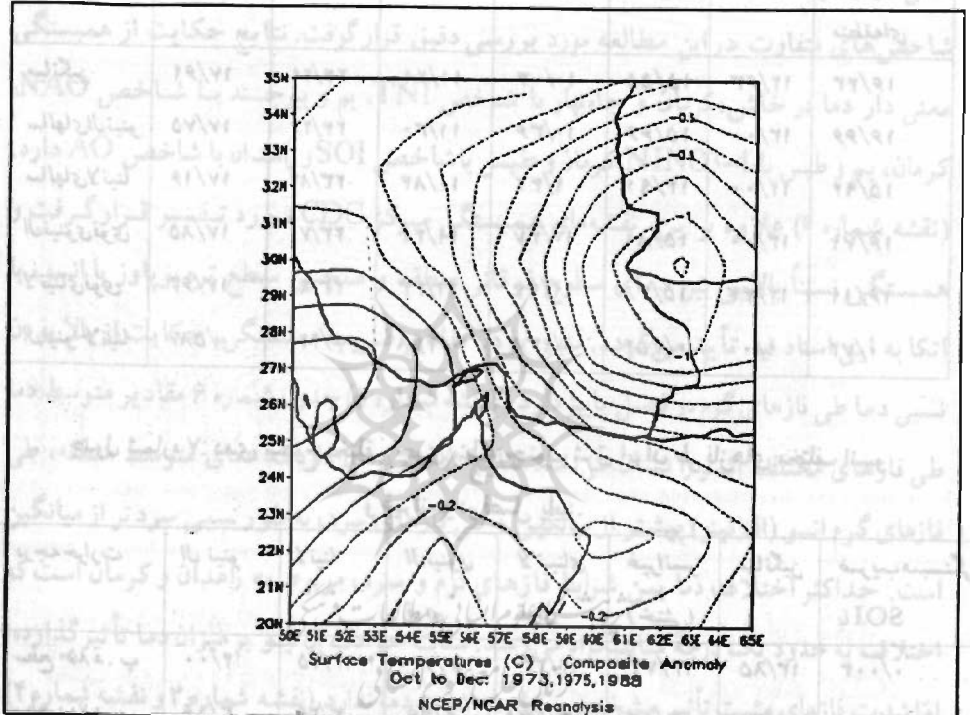
سطح ۸۰۰ هکتوپاسکال و تروپوپاوز با شاخص نوسان جنوبی (SOI) و شاخص NINO 3-4 معنی دار است. در سطح ۲۰۰ هکتوپاسکال نیز با شاخص نوسان قطب شمال (AO) همبستگی معنی دار وجود دارد. همچنین درجه حرارت سطحی زمین ایستگاههای مختلف منطقه، با شاخصهای متفاوت در این مطالعه مورد بررسی دقیق قرار گرفت. نتایج حکایت از همبستگی معنی دار دما در خاش، کرمان و چاه‌بهار با شاخص TN1، بم و بیرجند با شاخص NAO، کرمان، بم و طبس با NINO3-4 کرمان و طبس با شاخص SOI و زاهدان با شاخص AO دارد. (نقشه شماره ۶) علاوه بر این، نقشه‌های همبستگی سرکز CDC مورد تفسیر قرار گرفت و همبستگی نسبتاً بالایی بین دمای سطوح فوقانی منطقه و همچنین سطح تروپوپاوز با انسو، با اتکا به این اسناد نیز تأیید می‌گردد. منفی بودن مقادیر ضریب همبستگی، حکایت از بالا بودن نسبی دما طی فازهای گرم در فصل پاییز دارد. (نقشه شماره ۵) جدول شماره ۶ مقادیر متوسط دما طی فازهای مختلف انسو را نشان می‌دهد. نتایج دلالت بر آن دارد که دمای متوسط منطقه، طی فازهای گرم انسو (ال نینو) بیشتر از میانگین و طی فازهای سرد، به طور نسبی سردتر از میانگین است. حداکثر اختلاف دما بین شرایط فازهای گرم و سرد، مربوط به زاهدان و کرمان است که اختلاف به حدود یک درجه سانتیگراد می‌رسد. شدن حوادث ال نینو بر میزان دما تأثیر گذارده؛ اما شدت فازهای مثبت تأثیر مشخصی بر کاهش شدن دما ندارد. (نقشه شماره ۳ و نقشه شماره ۴) در سطوح فوقانی، تا سطح ۸۵۰ هکتوپاسکالی، همین روال وجود دارد؛ ولی در سطوح بالاتر تا سطح زیر تروپوپاوز، طی شرایط ال نینو، دما پایین‌تر از شرایط لانینا و عادی است؛ این اختلاف بخصوص در طی فازهای گرم قوی تشدید می‌شود. تفسیر نقشه‌های ترکیبی میانگین ماهیانه مؤسسه CDC نیز نشان‌دهنده ناهنجاریهای منفی دمای سطوح فوقانی، بخصوص در شمال و شمال شرق منطقه، طی فازهای گرم و ناهنجاریهای مثبت، طی حوادث ناز سرد می‌باشد. در سطح تروپوپاوز، دما از روند سطوح پایین‌تر تبعیت نموده و معمولاً در فازهای سرد از میانگین پایین‌تر و در فاز گرم، بالاتر از میانگین می‌باشد.

جدول شماره ۶: متوسط دما به درجه سانتیگراد، طی فازهای مختلف انسو و غیرانسو در ایستگاه‌های برگزیده منطقه جنوب شرق در فصل پاییز.

درجه حرارت	بم	بندرعباس	بیرجند	کرمان	زابل	زاهدان	شاخص دمای منطقه‌ای
میانگین	۱۷/۶۹	۲۴/۲۱	۱۱/۲۱	۱۰/۰۴	۱۵/۵۵	۱۲/۶۳	۱۶/۴۳
سالهای ال‌نینو	۱۷/۷۵	۲۴/۲۶	۱۱/۳۰	۱۰/۳۶	۱۵/۶۶	۱۳/۰۰	۱۶/۶۶
سالهای لانینا	۱۷/۱۶	۲۳/۸۲	۱۰/۸۴	۹/۴۲	۱۴/۹۱	۱۲/۰۰	۱۵/۹۴
ال‌نینوی قوی	۱۷/۸۵	۲۳/۷۰	۱۱/۴۲	۱۰/۲۷	۱۵/۸۱	۱۳/۰۰	۱۶/۷۹
لانینای قوی	۱۷/۶۳	۲۳/۹۱	۱۱/۳۳	۹/۹۴	۱۵/۳۸	۱۲/۴۲	۱۶/۱۹
ال‌نینو-لانینا	۰/۵۸۷	۰/۴۲۰	۰/۴۵۸	۰/۱۳۸	۰/۷۵۴	۱/۰۰	۰/۷۲

جدول شماره ۷: دمای سطوح مختلف جوی منطقه جنوب شرق ایران طی نازهای مختلف انسو و غیرانسو در فصل پاییز.

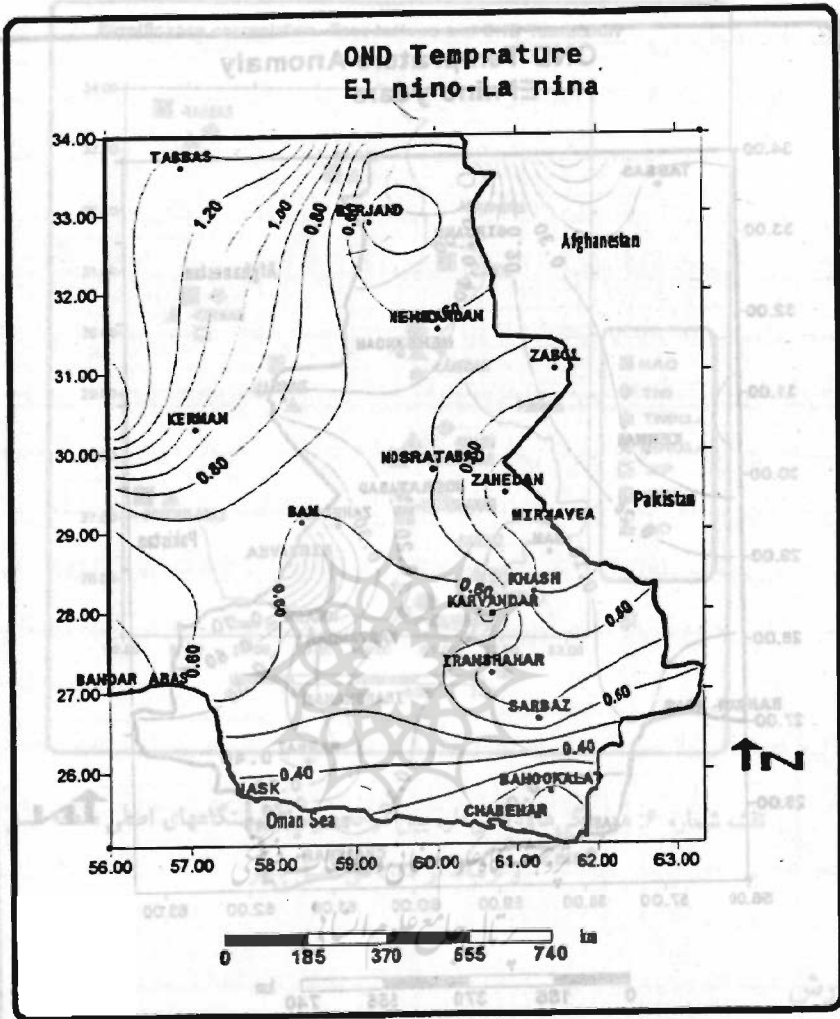
درجه حرارت	ال‌نینو	لانینا	ال‌نینوی قوی	لانینای قوی	غیرانسو (خنثی)	میانگین	ضریب همبستگی SOI با
سطح ۸۵۰.۵ پ	۱۴/۰۰	۱۳/۷۵	۱۳/۷۲	۱۲/۲۳	۱۳/۷۲	۱۳/۸۵	۰/۰۰۳
سطح ۷۰۰.۵ پ	۳/۱۶	۳/۳۶	۲/۹۶	۳/۹۳	۳/۱۳	۳/۲۱	۰/۲۱۱
سطح ۵۰۰.۵ پ	-۱۳/۷۲	-۱۳/۲۱	-۱۳/۸۲	-۱۲/۶۶	-۱۳/۵۷	-۱۳/۵۱	۰/۴۰۰**
سطح ۲۰۰.۵ پ	-۵۵/۵۲	-۵۴/۶۹	-۵۵/۰۰	-۵۴/۴۲	-۵۵/۱۲	-۵۵/۰۲	۰/۱۴۴
تردپوپاوز	-۶۶/۰۱۳	-۶۷/۵۳	-۶۵/۹۳	-۶۷/۷۵	-۶۶/۱۴	-۶۶/۴۵	۰/۵۹۶**



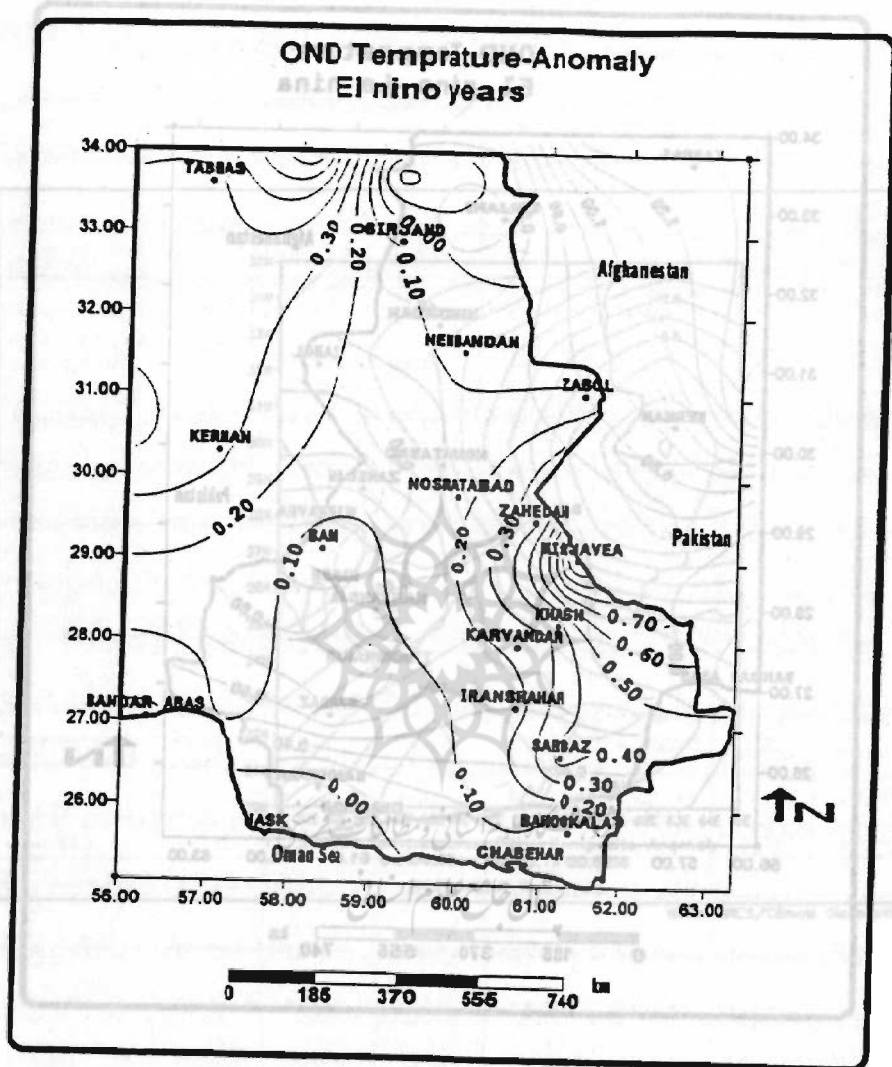
NOA-CIRES/Climate Diagnostics Center

نقشه شماره ۳: ناهنجاریهای دمای منطقه جنوب شرق ایران طی فازهای سرد قوی انزو(لاینتا) در فصل پاییز (مأخذ CDC).

مافیانه مؤسسه ... شمال و شمال شرقی منطقه، طی فازهای گرم و ناهنجاریهای مثبت، طی حوادث فاه سرد ... از میانگین پایین تر و در فاه گرم بالاتر از میانگین می باشد.

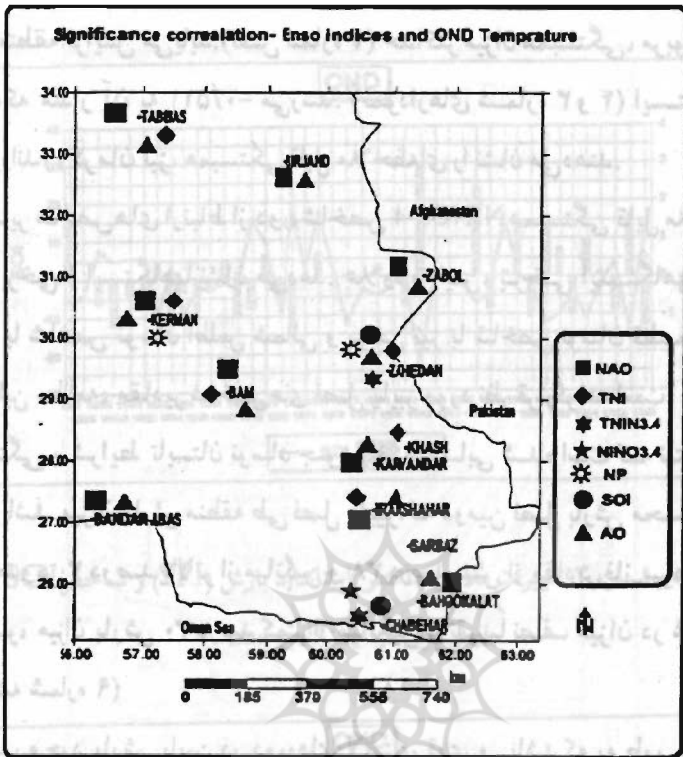


نقشه شماره ۴: تفاوت میانگین دما مربوط به رویدادهای ال‌نینو و لانینا فصل پاییز منطقه طی قاره‌های زمین (بین‌النهرین و آسیای مرکزی). تفاوت دما در این منطقه در مقادیر مختلف است. در سطح منطقه و ناخشن نوسان جنوبی و جرمه دارد. میزان فریب همبستگی ایستگاهها یا شاخص نوسان جنوبی تفاوت است و مقدار آن



نقشه شماره ۵: ناپهنجارهای مقادیر متوسط دما، طی فازهای گرم انسو (ال نینو)

به درجه سانتیگراد در منطقه جنوب شرق ایران



نقشه شماره ۶: همبستگی‌های معنی‌دار، بین درجه حرارت ایستگاههای اصلی منطقه انسو و ارتباط از دور، طی فصل پاییز

بارش

همبستگی بین بارشهای پاییزه منطقه جنوب شرق، در مجموع با شاخص نوسان جنوبی، و معنی‌دار است (در سطح ۰/۰۱)، منفی بودن این همبستگی دلالت بر آن دارد که در طی فاز گرم، میزان بارش بالاتر از فازهای سرد است. همچنین همبستگی قوی و معنی‌دار بین آب بارش در سطح منطقه و شاخص نوسان جنوبی وجود دارد.

میزان ضریب همبستگی ایستگاهها با شاخص نوسان جنوبی متفاوت است و مقدار آن

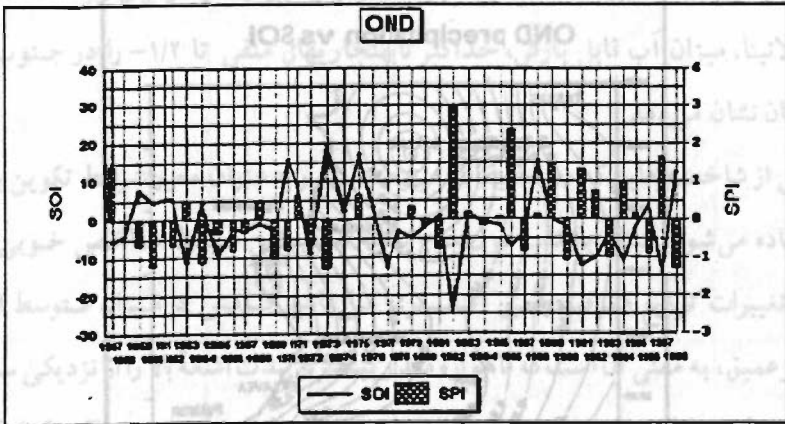
سمت شمال منطقه افزایش می‌یابد. (نقش شماره ۷) حداکثر میزان همبستگی، مربوط به ایستگاه بیرجند است که مقدار آن به ۰/۵۱۱- می‌رسد. (نمودارهای شماره ۳ و ۴) ایستگاههای بم، ایرانشهر، کارواندر و کرمان نیز، همبستگی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند.

در بین سایر شاخص‌های ارتباط از دور، شاخص NINO3-4 همبستگی قابل ملاحظه‌ای را با بارش پاییزه برخی از ایستگاهها نشان می‌دهد. علاوه بر این، برخی ایستگاهها همبستگی معنی‌داری را با شاخص نوسان اطلس شمالی و برخی نیز با شاخص نوسان قطب شمال، نشان می‌دهند. در این مطالعه، مقادیر شاخص‌های فصل پاییز مورد نظر قرار گرفته است؛ ولی در برخی موارد، همبستگی با شرایط تابستان نوسان جنوبی نیز ارزیابی شده است که نتایج، چندان معنی‌دار نمی‌باشد. میزان بارش منطقه طی فصل پاییز، که دومین فصل بارش محسوب می‌شود، طی فاز گرم حدود ۳۰ درصد بالاتر از میانگین و ۲۸ درصد بیش از مقادیر فاز سرد می‌باشد. در شرایط غیرانسو، میزان بارش ۳۰ درصد کمتر از میانگین و تقریباً نصف میزان در شرایط ال نینو می‌باشد. (نقشه شماره ۹)

نکته جالب وجود بارش پایین در دوره‌های لاینای قوی می‌باشد که به طور متوسط میزان بارش تا ۳ دوره‌های ال نینوی قوی کاهش می‌یابد. (نقشه شماره ۱۰)

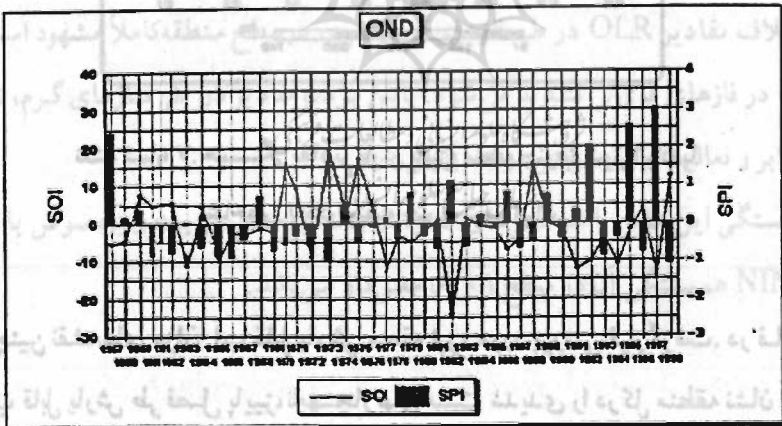
بیشترین تغییرپذیری میزان بارش نیز مربوط به دوره‌های ال نینو می‌باشد. در شرایط غیرانسو، با وجود پایین بودن نسبی میزان بارش، تغییرپذیری پایین تری را نشان می‌دهد.

در بین ایستگاههای مورد مطالعه، بیشترین اختلاف میزان بارش پاییز در دو فاز سرد و گرم، مربوط به بندرعباس و بیرجند است. در اکثر ایستگاهها طی شرایط ال نینوی قوی، میزان بارش بیشتر است. (نمودار شماره ۵) در ایستگاههای کم‌باران، همچون زابل و بم، در شرایط لاینای قوی میزان بارش به صفر نزدیک می‌شود و عموماً فصول پاییز طی این فازها با خشکسالی توأم می‌باشند. (نمودار شماره ۶)

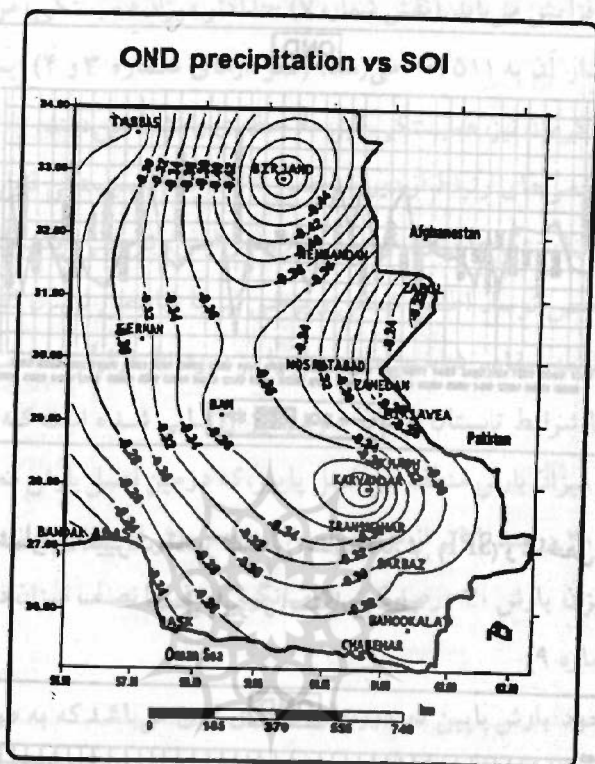


نمودار شماره ۳: تغییرات مقادیر شاخص استاندارد بارش (SPI) و شاخص SOI

فصل پاییز در ایستگاه بیرجند.



نمودار شماره ۴: تغییرات مقادیر شاخص استاندارد بارش (SPI) و شاخص SOI در فصل پاییز.



نقشه شماره ۷: همبستگی مقادیر بارش پاییزه منطقه جنوب شرق ایران با

شاخص SOI در منطقه جنوب شرق ایران.

همچنین نقشه‌های میزان آب قابل بارش منطقه نیز، مورد بررسی قرار گرفت. در فاز گرم، میزان آب قابل بارش طی فصل پاییز، ناپهنجارهای مثبت شدیدی را در کل منطقه نشان می‌دهد که حداکثر آن مربوط به حاشیه شرقی بلوچستان، با بیش از $2/4$ کیلوگرم بر متر مربع می‌باشد و میزان آن به سمت شمال غرب منطقه کاهش می‌یابد. ولی در مجموع میزان آن حدود ۲۰ درصد نسبت به شرایط لاتینا بیشتر است.

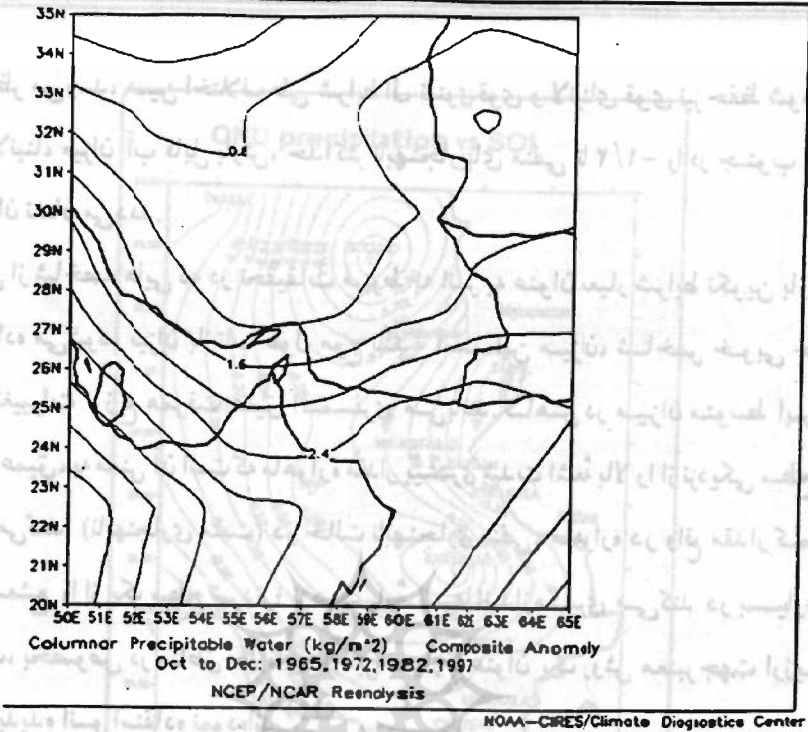
به نظر می‌رسد، همین اختلاف طی شرایط ال نینوی قوی و لائینای قوی نیز حفظ شود. شرایط لائینا، میزان آب قابل بارش، حداکثر نابهنجاریهای منفی تا $1/2$ - را در جنوب شرق بلوچستان نشان می‌دهد.

یکی از شاخصه‌هایی که در تحقیقات مربوط به انسو به عنوان معیار شرایط تکوین بارش آن استفاده می‌شود، میزان بازتاب طول موج بلند* است. این میزان، شاخص خوبی جهت بررسی تغییرات توزیع همرفت عمیق اتمسفری می‌باشد. کاهش در میزان متوسط ابرها کانوکتیو عمیق، به معنی آن است که ماهواره مقدار بیشتری شدت اشعه بالا را از نزدیکی سطح دریانت می‌کند. (نابهنجاری مثبت) در حالت نابهنجاری منفی، ماهواره در واقع مقدار کمتر شدت تشعشع را از یک سطح سردتر؛ نزدیک پایه ابرها اندازه‌گیری می‌کند. در بسیاری تحقیقات، بخصوص در مناطق حاره‌ای، از این معیار به عنوان یک روش معتبر جهت ارزیابی تأثیرات پدیده انسو استفاده نموده‌اند. (۱۹)

اختلاف مقادیر OLR در طی فازهای گرم و سرد، در سطح منطقه کاملاً مشهود است و اختلاف در فازهای قوی‌تر تشدید می‌شود. پایین بودن مقادیر در طی فازهای گرم، نشان افزایش ابر و فعالیت‌های همرفتی موجب بارش دارد.

همبستگی این عامل با شاخص‌های انسو، در مجموع معنی‌دار بوده و بخصوص با شاخص NINO3-4 همبستگی آن در سطح $0/01$ ، معنی‌دار می‌باشد.

میانگین	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰
میانگین بارش	۵۶/۶۶	۸۶/۶۶	۰۸/۹۱	۱۶/۶۶	۶۱/۶۶	۶۹/۶۶
میانگین بارش آبی	۶۶/۶۶	۶۶/۰۱	۶۶/۶۶	۸۶/۶۶	۵۶/۶۶	۶۶/۰۱
میانگین بارش آبی*	۸۱/۶۶	۷۵/۶۶	۱۹/۶۶	۷۶/۶۶	۵۶/۸۹	۶۶/۶۶



نقشه شماره ۸: ناهنجاریهای مقادیر آب ستونی قابل بارش CPW به کیلوگرم در متر مربع طی فازهای گرم انسو (النینو) در منطقه جنوب شرق ایران (CDC).

جدول شماره ۸: تغییرات میزان بارش به میلی متر، آب ستونی قابل بارش به کیلوگرم در متر مربع، و بازتاب طول موج بلند (OLR) طی شرایط انسو و غیرانسو.

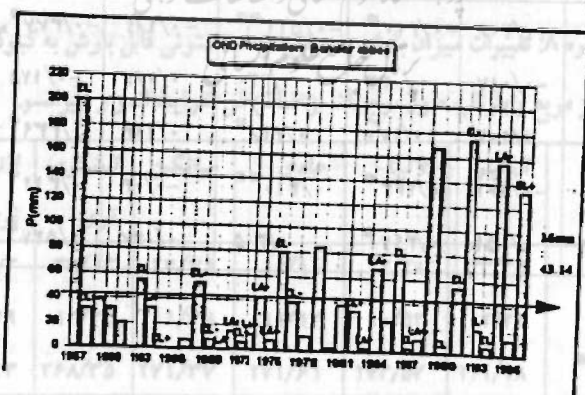
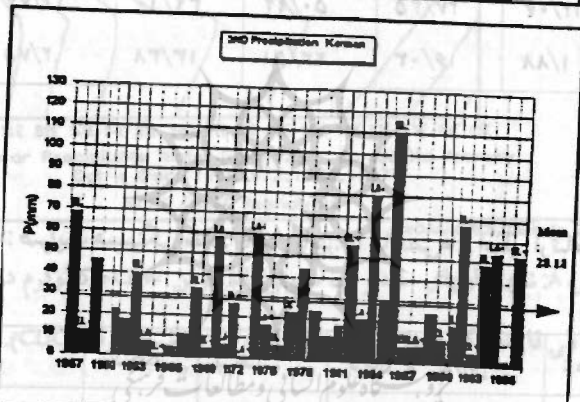
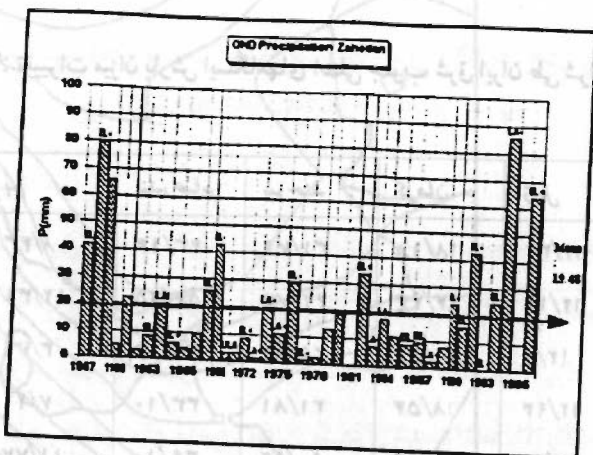
ال نینو - لاتینا	ال نینو قوی	ال نینو قوی	میانگین	عادی	لاتینا	ال نینو	
۲۰/۶۲	۱۲/۷۳	۳۲/۱۳	۲۲/۷۱	۱۶/۱۰	۲۲/۷۸	۳۳/۳۵	میزان بارش
۱/۷۰	۱۰/۲۹	۱۲/۲۵	۱۱/۳۸	۱۱/۱۳	۱۰/۵۲	۱۲/۲۲	میزان آب قابل بارش
-۲/۳۹	۲۷۶/۲۳	۲۶۸/۳۵	۲۷۱/۳۷	۲۷۱/۶۱	۲۷۳/۵۲	۲۶۹/۱۸	بازتاب طول موج بلند*

جدول شماره ۹: تغییرات میزان بارش ایستگاههای اصلی جنوب شرق ایران طی شرایط انسو و غیرانسو.

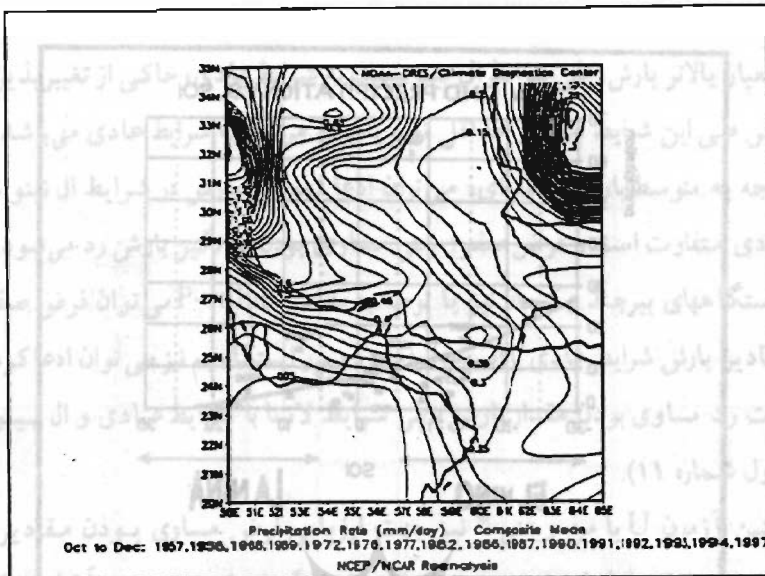
زاهدان	زابل	کرمان	بیرجند	بندرعباس	هم	
۱۹/۴۸	۱۳/۳۴	۲۸/۱۸	۳۱/۷۱	۴۳/۱۴	۸/۲۳	میانگین کل
۲۷/۳۴	۱۴/۱۵	۳۴/۴۳	۴۲/۷۴	۵۶/۱۵	۱۲/۳۱	سالهای ال نینو
۱۷/۱۳	۱۲/۵	۳۱/۰۴	۲۶/۸۱	۳۵/۰۶	۳/۷۱	سالهای لانینا
۱۱/۶۳	۱۲/۹۴	۱۸/۵۴	۲۱/۸۱	۳۳/۱۰	۷/۱۰	سالهای عادی
۲۴/۲۰	۱۴/۰۷	۳۷/۲۵	۵۰/۹۲	۳۹/۱۰	۱۱/۷۷	ال نینوی قوی
۶/۷۸	۱/۸۸	۱۶/۰۳	۲۳/۵۸	۱۳/۳۸	۲/۷۵	لانینای قوی

جدول شماره ۱۰: ضرایب همبستگی مقادیر بارش پاییزه با شاخص‌های اصلی ارتباط از دور و انسو.

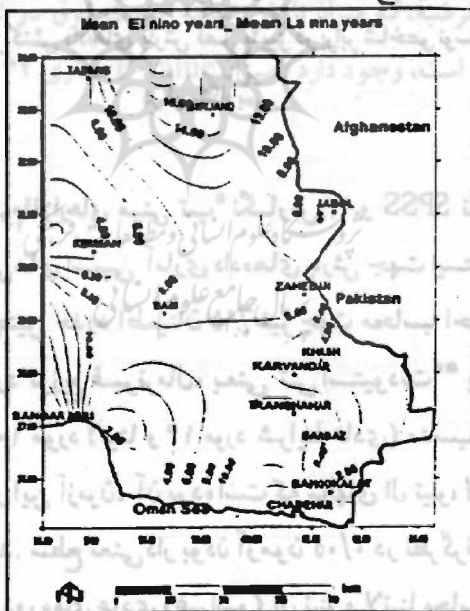
کل منطقه	زاهدان	زابل	کرمان	بیرجند	بندرعباس	هم	
-.۰/۴۳۶**	-.۰/۲۳۳	-.۰/۲۰۶	-.۰/۳۱۰**	-.۰/۵۱۱**	-.۰/۱۸۹	-.۰/۳۷۷*	شاخص SOI
.۰/۱۴۲	.۰/۱۶۳	-.۰/۰۱۷	.۰/۰۴۲	.۰/۱۳۰	.۰/۰۶۲	-.۰/۱۷۵	شاخص TNI
.۰/۳۰۵	.۰/۲۳۶	.۰/۱۰۷	.۰/۱۷۰	.۰/۴۲۸**	.۰/۱۹۴	.۰/۳۳۹*	شاخص NINO3-4
.۰/۰۲۵	-.۰/۲۱۱	-.۰/۱۶۱	.۰/۲۳۳*	.۰/۴۱۰**	-.۰/۰۴	.۰/۳۱۲*	شاخص AC
-.۰/۲۱۴	.۰/۰۵۷	.۰/۰۵۱	.۰/۳۹۲*	.۰/۳۰۵	.۰/۰۳۷	.۰/۵۲۷*	شاخص NAC



نمودار شماره ۵: سری های زمانی بارش فصل پاییز کرمان، زاهدان و بندرعباس (فازهای گرم و سرد بر حسب شدت مشخص شده است).

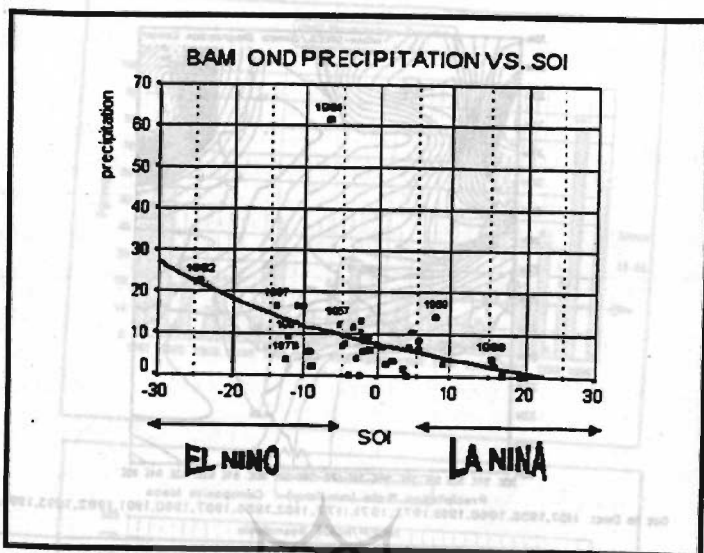


نقشه شماره ۹: میانگین نرخ بارش به میلی متر در روز، طی فازهای ال نینو فصل پاییز (ماخذ: CDC)



نقشه شماره ۱۰: تفاوت میزان بارش طی فازهای ال نینو و لانینا در منطقه جنوب شرقی ایران

طی فصل پاییز (میلی متر).



نمودار شماره ۶: نمودار پراکنش داده‌های بارش فصل پاییز در برابر شاخص نوسان جنوبی (SOI) در ایستگاه بم.

با استفاده از امکانات نرم‌افزارهای مینی تب* نگارش ۱۳ و SPSS نگارش ۹ میانگین، انحراف معیار و دیگر ویژگی‌های آماری داده‌های بارش جهت ایستگاههای اصلی و کل منطقه محاسبه گردید. همچنین حدود اطمینان ۹۵٪ نیز جهت محاسبه احتمالات تهیه شد. آزمون مورد استفاده در مورد توزیع غیرنرمال، یعنی تی استیودنت** با توجه به حجم نمونه‌ها (۱۷ مورد ال نینو، ۱۰ مورد لانینا و ۱۴ مورد شرایط عادی) مناسب تشخیص داده شد. فرض صفر مورد استفاده در این آزمون، آن بوده است که سالهای ال نینو، لانینا و عادی تفاوت معنی‌داری از میانگین ندارند. سطح معنی‌دار بودن آزمون ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. میزان آماره T و P-value جهت دوره‌های عادی (غیرنوسو) ال نینو و لانینا محاسبه شده است. میزان

انحراف معیار بالاتر بارش، طی شرایط ال نینو نسبت به شرایط عادی، حاکی از تغییرپذیری بالای میزان بارش طی این شرایط است و حداقل تغییرپذیری مربوط به شرایط عادی می‌باشد. با توجه به متوسط بارش منطقه‌ای، می‌توان ادعا نمود که بارش در شرایط ال نینو نسبت به شرایط عادی متفاوت است و فرض صفر؛ یعنی مسای بودن میانگین بارش رد می‌شود. در ایستگاههای بیرجند و کرمان نیز با توجه به مقادیر P-value می‌توان فرض صفر؛ یعنی برابری مقادیر بارش شرایط عادی با انسو را رد نمود و در ایستگاه بم نیز می‌توان ادعا کرد که گواه کافی جهت رد مساوی بودن مقدار بارش، طی شرایط لانینا با شرایط عادی و ال نینو وجود دارد (جدول شماره ۱۱).

همچنین آزمون U یا من ویتنی* نیز جهت ارزیابی فرض مساوی بودن مقادیر بارش، طی فازهای انسو و شرایط غیر انسو مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه آن است که گواه محکمی بر رد این فرضیه، که میزان بارش منطقه جنوب شرق در شرایط انسو با شرایط غیر انسو (عادی) یکسان است، وجود دارد (میزان P-value مساوی ۰/۰۳۲ محاسبه گردیده است).

میزان بارش طی فازهای مختلف انسو (عادی، لانینا و نینو) در ایستگاههای مختلف منطقه را در جدول شماره ۱۱ مشاهده می‌توانید. در این جدول، مقادیر بارش در هر فاز انسو و شرایط عادی، به صورت میانگین و انحراف معیار در هر ایستگاه درج شده است. همچنین، نتایج آزمونهای آماری (مانند آزمونهای من ویتنی و آزمونهای پارامتریک) در این جدول نیز درج شده است. در این جدول، مقادیر بارش در هر فاز انسو و شرایط عادی، به صورت میانگین و انحراف معیار در هر ایستگاه درج شده است. همچنین، نتایج آزمونهای آماری (مانند آزمونهای من ویتنی و آزمونهای پارامتریک) در این جدول نیز درج شده است.

ایستگاه	میانگین بارش (میلیمتر)	انحراف معیار (میلیمتر)	آزمون آماری
بیرجند	۶۱/۸	۵۵/۶	۰/۰۳۲
کرمان	۶۱/۸	۵۵/۶	۰/۰۳۲
بم	۶۱/۸	۵۵/۶	۰/۰۳۲

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی گردید با استناد به مدارک و شواهد متعدد، برخی نشانه‌ها و اثرات پدیده انسو در اقلیم جنوب شرق ایران، طی فصل پاییز، مورد ارزیابی قرار گیرد. برخلاف برخی مطالعات که تنها به بررسی نابهنجاریها و ارتباط بین میزان بارش و انسو می‌پردازند، در این تحقیق نه تنها میزان بارش، بلکه سایر عناصر اقلیمی تأثیرگذار بر میزان بارش در سطوح مختلف جوی منطقه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج محاسبات، تفسیر نقشه‌ها و تجزیه و تحلیل آمار سطوح مختلف جوی منطقه، نشان‌دهنده تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم پدیده انسو و الگوهای ارتباط از دور آن، بر روی شرایط اقلیمی فصل پاییز جنوب شرق ایران است.

با تغییر الگوهای فشار سطح زمین و سرعت و جهت بادهای سطوح پایین جو طی فازهای انسو، تغییراتی در میزان رطوبت ورودی به منطقه می‌شود که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در تغییر پذیری میزان بارش منطقه مؤثر است. نابهنجاری در الگوهای ارتفاع ژئوپتانسیل و الگوی وزش بادهای مداری و نصف‌النهاری سطوح فوقانی که تعیین‌کننده هسته‌های سرعت رودباد سطوح فوقانی می‌باشد، از عوامل مهم و تأثیرگذار در تغییر پذیری مسیرهای سیلکونی و بالتججه میزان بارش طی فازهای مختلف انسو می‌باشد.

تغییرات دما و بارش طی فصل پاییز، تا حدود زیادی با پدیده انسو در ارتباط می‌باشند. طی فازهای گرم (ال‌نینو)، عموماً منطقه گرمتر و مرطوب‌تر و همراه با بارش‌های بالاتر از میانگین می‌باشد؛ در حالی که در طی شرایط لانینا، و بخصوص فازهای قوی تر، عموماً شرایط سرد و توأم با خشکسالی شدید منطقه را در بر می‌گیرد.

در طی شرایط غیر انسو (عادی) نیز غالباً بارش‌های کمتر از میانگین احتمال ریزش دارند. با استناد به آزمون‌های آماری، می‌توان ادعا نمود که میانگین بارش طی شرایط انسو و غیر انسو، تفاوت‌های معنی‌داری را نشان می‌دهد.

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

به نظر می‌رسد، با توجه به خسارتهای سنگین ناشی از خشکسالی‌های اخیر که در نتیجه استمرار یک رخداد لاینیای طولانی بروز کرده باشد، ضروری است مکانیسم تأثیر پدیده انسو با استفاده از مدل‌های ترکیبی مناسب به طور دقیق‌تری مورد بررسی قرار گیرد.

منابع و یادداشتها

- 1- Bom-(2001)-Bearou of Meteorology website- SOI. HTML- Australia .
- 2- Trenberth, K.E(1997) The definition of EL NINO, Bulletin of the American Meteorological Society-(78), P 2271.
- 3- Wolter, K(2001) Multivariate Enso Index(MEI)- Cires, NOAA, website.
- 4- Trenverth, K.E, Pstepaniak, D,(2001) ANew Index of EL NINO Related to decadal variability, Clivar Exchanges, vol 6, No2, Jun 2001, pp 25-26.
- 5- Wallace, J.M, Gultzer, D.S ,(1981), Teleconnections in the geopotential hieght field during the Northern hemisphere winter. Monthly weather Review, 109-PP 784.
- 6- Yanai, M(1998), Impact of EL NiNo on Monsoon and Indonesian fires of 1997 -Ucla Tropical Meteorology Newsletter No20-Feb, P 2 .
- 7- Kripalani, R.H, Kulkarni, A(1998) No droughts over India following very strong EL Nino Episodes,Drought Network News-vol10, No2, P 14.
- 8- Krisnamurthy, V,(2000) Indian monsoon, Enso Relationship on Inter decadeal Time Scale, Journal of Climate, Vol 13, P 579.
- 9- Rajeevan, M(2001), Epochal variation of Indian summe: Monsoon Rainfall Predictanility-Clivar Exchanges, Vol6, No2, June, P 15.
- 10-Price, C, Alpeart, P(1998)El nino effects on Israel, weaher clivar report, Israel,Dec 1998,pp5-7.
- 11- Wizmann Institue of Science(1599) Linke between EL NINO and rainfall in Israel Discovered, Rehovot, Israel- 76100.

- 12-Felis, T and others (2000) A coral oxygen Isotope record from the Northern Red sea documenting NAO, Enso and North Pacific Teleconnections on Middle East Climate Variability, Since the year 1750-NOAA paleoclimatology Program NOAA, 10 Oct 2000, vol 15-P 679.
- 13- Nazemosadat, M.J (1999) Enso Impact on the occurrence of Autumnal Drought in Iran, Drought Network News- Vol 11 No 2 May, Aug 1999, PP 17-18.
- 14- Nazemosadat, M.J (2001), Winter Drought in Iran: Associations with Enso, Drought News, Vol 13, No 1, winter 2000, spring 2001, PP 10-13.
- 15- CDC (2001) Seasonal/Monthly Mean composite plot- NOAA, CIRES- CDC web site .
- 16- Smith, R and others (1998) Role of Multiple level tropospheric circulation in forcing winter precipitation Anomalies-Monthly weather Review, 126, P 8513.
- 17- Smith, R, Chen, B, Bromurich, K.H (1996) Evolution of the tropospheric split Jet over the south Pacific ocean during the 1986-1989 Enso cycle-Monthly weather Review-124-(8)-P 1711.
- 18- Strahler. A. N.(1987) Modern physical Geography, John Willey sons, P 143.
- 19- WMO (1998) The 1997, 98 EL NINO Event in Brief, WMO, a pdf paper, WMO, website.