

واکاوی ارتباط شاخص‌های دمایی انسو و متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان

چکیده

دما یکی از عناصر اصلی شناخت آب‌وهواست و تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله الگوهای پیوند از دور است. الگوهای پیوند از دور اثرات هم‌زمان یا غیر هم‌زمانی بر عناصر و پدیده‌های بسیار از دورتر از خوددارند. از این رو پژوهش حاضر باهدف بررسی ارتباط بین شاخص‌های انسو و متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و تأثیر این شاخص‌ها بر دمای حوضه صورت گرفته است. در این راستا داده‌های ماهانه واکاوی شده ERA-Interim با توان تفکیک $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ درجه طی مقطع زمانی ۱۹۷۹-۲۰۱۹ استفاده شده است. همچنین داده‌های شاخص‌های پیوند از دور $Nino1+2$, $Nino3$, $Nino3.4$ و $Nino4$ طی دوره مذکور استفاده شد. با توجه به مساحت حوضه و توان تفکیک داده‌های مورد مطالعه تعداد ۳۳۸ نقطه کل حوضه را پوشش داد. آزمون همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی به صورت هم‌زمان و بازمان تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماه استفاده شد. نتایج همبستگی‌ها نشان داد شاخص‌های $Nino1.2$, $Nino3$ و $Nino3.4$ همبستگی معکوس و شاخص $Nino4$ همبستگی مستقیم با دمای حوضه داشته‌اند. این شاخص‌ها در ماه‌های سرد بیشترین همبستگی را با دمای حوضه نشان داده‌اند. طبق نتایج رگرسیون چندمتغیره هم‌زمان در ماه‌های آوریل، جولای و نوامبر و در زمان تأخیرهای مختلف در ماه‌های آوریل، اکتبر و نوامبر شاخص‌های انسو بیشترین تأثیر را بر دمای حوضه داشته‌اند. از نظر مکانی، ماه نوامبر پهنه‌های بیشتری از حوضه با شاخص‌های پیوند از دور همبستگی داشته‌اند. همبستگی‌های رخ داده از نوع معکوس و در جنوب حوضه در سطح معناداری ۹۹ درصد و در سایر قسمت‌های حوضه در سطح معناداری ۹۵ درصد بوده است. قسمت‌های مرکزی حوضه نیز فاقد همبستگی بوده‌اند.

واژگان کلیدی: انسو، پیوند از دور، دما، حوضه ابرقو - سیرجان.

مقدمه

بحث گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های بشر یکی از مشکلات و معضلات عمده محیط زیستی است که در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی جهان را به خود جلب کرده است. در حال حاضر این حقیقت که بشر وضعیت جو کره زمین را تغییر می‌دهد، به وضوح روشن شده است. هرچند با توجه به ابعاد گسترده کره زمین امکان وقوع چنین تغییراتی بعید به نظر می‌رسد، اما متأسفانه در عمل بروز این تحولات مخرب زیست‌محیطی مشاهده می‌شود. دما از پارامترهای مهم آب و هوایی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تغییرات زیست‌محیطی می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷). افزایش دما یکی از جنبه‌های تغییر اقلیم است که در قرن اخیر رخ داده است. افزایش دما در بلندمدت باعث تغییرات زیست‌محیطی بسیاری می‌گردد. این تغییرات زندگی انسان‌ها و سایر موجودات را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. با توجه به تبعات منفی تغییرات زیست‌محیطی از جمله تغییر در آب‌های سطحی و زیرزمینی و افزایش بیابان‌زایی، نقش اقلیم و به خصوص دما در این رابطه پررنگ می‌شود. از دیدگاه اکولوژیکی، گرمایش جهانی می‌تواند باعث تغییرات پدیده‌های در محیط زیست، تنوع زیستی و زندگی انسان شود. از این رو طی سال‌های اخیر مطالعات زیادی در رابطه با این موضوع صورت گرفته است. بخشی از این مطالعات به بررسی تغییرات دمایی پرداخته و بخشی دیگر به بررسی عوامل تأثیرگذار بر تغییرات دما پرداخته‌اند. در این میان بحث الگوهای پیوند از دور به عنوان یکی از عواملی که بر دما و تغییرات آن تأثیرگذار می‌باشد مطرح شده و توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. پدیده‌های پیوند از دور می‌توانند بر دما و بارش بخش‌هایی از کره

حامد برزگری^۱

امیر گندمکار^{۲*}

علیرضا عباسی^۳

۱، ۲ و ۳. گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، مرکز تحقیقات گردشگری، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

*مسئول مکاتبات:

aagandomkar@gmail.com

کد مقاله: ۱۴۰۲۰۱۱۰۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵

این مقاله پژوهشی و برگرفته از رساله دکتری است.

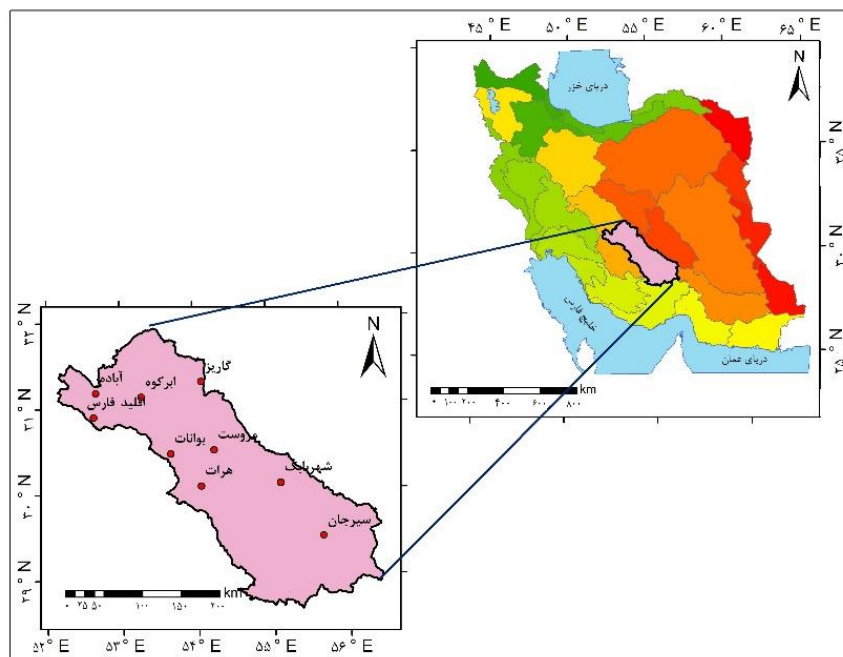


زمین تأثیرگذار باشند از جمله انسو که نشانگر یک سازوکار جهانی بوده و لذا تأثیرات آن فراتر از یک قاره یا یک کشور است. با جابجایی و تغییر جهت جریان‌های هوا در آغاز و اثنای دوره ال نینو (شاخص پایین انسو) و لانینا (شاخص بالای انسو) مناطق مختلف تحت تأثیر دگرگونی ناشی از آن قرار می‌گیرند. هرچند این دگرگونی‌ها در عرض‌های حاره و جنب حاره، رو به استوا شناخته شده ولی در نواحی دیگر مثل مدیترانه، خاورمیانه و ایران تأثیرگذاری آن‌ها هنوز در پرده ابهام است (اسماعیلی، ۱۳۹۹). با توجه به اینکه ایران کشوری خشک و کم آب است لذا افزایش دما مشکلات بسیاری را در آن به وجود می‌آورد. از این رو مطالعه دما و همچنین عوامل مؤثر بر تغییرات دما در حوضه‌های آبریز کشور از جمله حوضه آبریز ابرکوه-سیرجان ضروری به نظر می‌رسد. از جمله عوامل تأثیرگذار بر پارامترهای اقلیمی، الگوهای پیوند از دور می‌باشند که مطالعات زیادی نیز در رابطه آشکارسازی ارتباط و تأثیر این شاخص‌ها بر پارامترهای اقلیمی صورت گرفته است. Christopher and Reilly (۲۰۱۸) به تحلیل تغییرپذیری انسو در زمان زمستان در اقیانوس آرام پرداختند و دریافتند که اثر انسو بر اقیانوس آرام در مدل‌های اتمسفری در میانه قرن ۲۰ ضعیف می‌باشد. Ferster و همکاران (۲۰۱۸) اثر الگوهای دور پیوند نوسان جنوبی و نوسان قطب جنوب بر روی دمای سطح آب اقیانوس نیمکره جنوبی را بررسی و دریافتند در فاز مثبت شاخص‌ها در عرض‌های بالا روند منفی و در عرض‌های میانی و جنوبی روند مثبت وجود داشته است. Jasmine و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از بررسی داده‌های قابل اطمینان، به بررسی الگوهای پیوند از دور اتمسفری و آنومالی‌های اقلیمی اقیانوسی و تأثیر بر روی آب‌وهوای استرالیا پرداختند. نتایج نشان داد پراکندگی داده‌ها می‌تواند عدم قطعیت قابل توجهی را از نظر آب‌وهوای شدید و مدیریت تغییرات آب و هوایی ایجاد کند، زیرا متغیرهایی مانند بارندگی تنوع مکانی و زمانی بالایی را نشان می‌دهند. Satyaban و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر الگوهای پیوند از دور را بر دمای سطح آسیای شرقی با استفاده از مدل پیش‌بینی CMIP5 بررسی کردند. نتایج نشان داد که رابطه دمای شرق آسیا با الگوی AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation) توسط عوامل خارجی محدود می‌شود در حال که رابطه با الگوی PDO (Pacific Decadal Oscillation) تا حد زیادی متأثر از تغییر در الگوهای داخلی می‌باشد. Towner و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر ENSO و آب‌وهوای گرمسیری اقیانوس اطلس را در ویژگی‌های سیل در حوضه آمازون بررسی کردند. نتایج تغییرات قابل توجهی را در بزرگی و مدت سیل نشان می‌دهد، به‌ویژه در شمال شرقی آمازون برای فازهای منفی ال نینو-نوسان جنوبی (ENSO) زمانی که ناهنجاری دمای سطح دریا (SST) در مرکز استوایی اقیانوس آرام قرار می‌گیرد. Aamir و همکاران (۲۰۲۲) نقش الگوهای پیوند از دور را بر بارش بلوچستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که تأثیرات شاخص‌های اقلیمی در ماه‌های زمستان ضعیف و در ماه‌های موسمی به‌ویژه در شرق بلوچستان متوسط تا قوی است. Vazquez و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر الگوهای پیوند از دور را بر رطوبت جهانی در دوره اوج بارش بررسی کردند. آن‌ها بیان کردند که فاز مثبت الگوی پیوند از دور اقیانوس آرام-آمریکای شمالی تأثیر رطوبت اقیانوس آرام را در غرب آمریکای شمالی افزایش می‌دهد، درحالی‌که فاز منفی تأثیر رطوبت اقیانوس اطلس را در شرق آمریکای شمالی افزایش می‌دهد. An and Goswami (۲۰۲۲) تأثیر شاخص انسو را بر آب‌وهوای گرم بررسی و دریافتند افزایش وقوع ال نینو و فاز مثبت دوقطبی اقیانوس هند در آب‌وهوای گرم‌تر باعث تضعیف انسو می‌شود. حلبیان و محمدی (۱۳۹۱) ارتباط انسو را با دمای چند ایستگاه ایران بررسی و دریافتند همبستگی‌های مشاهده شده در تعداد معدودی از ماه‌ها بوده و در ایستگاه‌های جنوبی بیش از ایستگاه‌های شمالی کشور بوده است. زارع ابیانه و بیات ورکشی (۱۳۹۱) تأثیر انسو را بر دمای ماهانه و فصلی جنوب ایران بررسی و نتیجه گرفتند تعداد ایستگاه‌های دارای همبستگی معنادار با شاخص TNI بیش از شاخص SOI بوده است. بذرافشان و همکاران (۱۳۹۳) ارتباط انسو و پارامترهای اقلیمی را در استان‌های گلستان و مازندران بررسی و دریافتند شاخص MEI دارای همبستگی تأخیری معنادار اما معکوس با دما و بارش در هر دو استان بوده و شاخص Nino1+2 و Nino3.4 با دما همبستگی تأخیری معناداری داشته است. عزیزی و همکاران (۱۳۹۳) اثر هم‌زمان فازهای NAO (North Atlantic Oscillation) و SOI بر آب‌وهوای ایران را بررسی و دریافتند زمانی که رفتار NAO و SOI هم‌سو نیستند (جهتی مخالف هم) و همین‌طور در وضعیت فرین قرار دارند، بیشترین تأثیر را بر اقلیم ایران می‌گذارند. خدام و همکاران (۱۳۹۴) اثر موسمی هند بر اقلیم تابستانی ایران را بررسی و نتیجه گرفتند در سال‌های بی‌هنجاری مثبت موسمی هند، همگرایی در سطوح پایین و واگرایی در سطوح بالای جو تقویت شده است و همچنین جت شرقی حاره‌ای و جت غربی جنب‌حاره‌ای نیز قوی‌تر می‌شود. فیروزمند و همکاران (۱۳۹۶) اثر الگوهای

پیوند از دور بر دمای کمینه تبریز، مشهد و شیراز بررسی کردند و نتایج حاصل در مقیاس فصلی حاکی از افزایش دما در فصل پاییز و زمستان با شاخص اثرگذار AO منفی و AMO مثبت است. پروین و همکاران (۱۳۹۶) ارتباط شاخص انسو را با عناصر اقلیمی حوضه آبریز زاب بررسی و نتیجه گرفتند بارش تمامی ایستگاه‌ها با الگوی پیوند از دور MEI (Multivariate ENSO index) مستقیم، و الگوی MEI و BEST (Bivariate enso timeseries) در بین سایر الگوها مؤثرترین در تبیین تغییرات بارش می‌باشند. الگوهای MEI و NAO در بین سایر الگوها مؤثرترین در تبیین تغییرات دمای ایستگاه‌های موردبررسی هستند. گودرزی و همکاران (۱۳۹۶) اثر الگوهای پیوند از دور بر دما و بارش کرج را بررسی و نتایج نشان داد بیشترین ارتباط بین شاخص NAO و مؤلفه‌های دمایی و بارشی در ماه‌های فصل پاییز و زمستان مشاهده می‌شود و این تأثیرگذاری‌ها روی ماه‌های فصل پاییز بیشتر از ماه‌های فصل زمستان است. چوبه و همکاران (۱۳۹۸) اثر الگوهای پیوند از دور بر دمای ایستگاه اردبیل را بررسی و نتایج نشان داد الگوهای پیوند از دور AO، ENSO، NAO در منطقه‌های NINO1، NINO3.4 و همبستگی بالا با دمای ایستگاه مورد مطالعه دارند. رفعتی و رضازاده (۱۳۹۹) ارتباط شاخص‌های ENSO، IOD و NAO را با دمای سطح دریا در خلیج فارس بررسی و دریافتند بیشترین همبستگی با شاخص ENSO بازمان تأخیر ۴ ماهه و با شاخص IOD بازمان تأخیر ۱۳ ماهه مشاهده شده است. اسماعیلی و همکاران (۱۳۹۹) روند تغییرات دمای سواحل جنوبی ایران و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور را بررسی کردند. نتایج حاکی از همبستگی مستقیم و معنادار در دو سطح ۹۵ و ۹۹ درصد و تأثیر زیاد الگوهای WHWP و AMO بر سری‌های دمایی مورد مطالعه می‌باشد. فلاح و همکاران (۱۳۹۹) ارتباط تغییرات دما و الگوهای پیوند از دور در سرشاخه‌های رودخانه‌های مرزی غرب ایران را بررسی کردند. نتایج نشان داد بین دما و الگوهای پیوند از دور همبستگی بالا مشاهده شد. این همبستگی در NAO منفی و در ENSO مثبت است. حجتی و مسعودیان (۱۴۰۰) تغییرات گردش‌های جوی عرض‌های میانه و ارتباط آن را با وردش‌های دمایی ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد مقادیر مثبت (منفی) نوسان شمالگان موجب افزایش (کاهش) تموج تجمیعی و در نتیجه کاهش (افزایش) دمای کشور در فصل سرد سال می‌شود. فلاح قالهری و شاکری (۱۴۰۱) نقش الگوهای پیوند از دور را بر دمای بیشینه استان خوزستان بررسی کردند. نتایج نشان داد همبستگی معنادار بین دمای بیشینه و شاخص PNA، TSA، WHWP، WP و NAO، بیشتر از شاخص‌های اقلیمی دیگر است. با توجه به اهمیت دما و نقش الگوهای پیوند از دور بر تغییرات دما، هدف از پژوهش حاضر ارتباط سنجی بین شاخص‌های انسو و متوسط دمای حوضه آبریز ابرقو- سیرجان و آشکارسازی اثر شاخص‌های پیوند از دور بر دمای حوضه با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده می‌باشد.

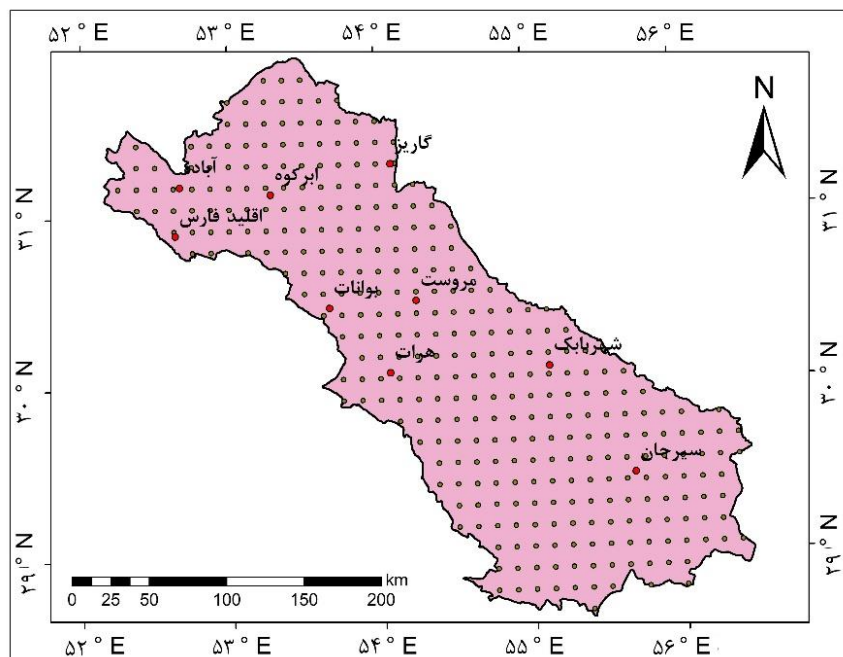
مواد و روش‌ها

حوضه آبریز کویر ابرقو- سیرجان یکی از حوضه‌های فرعی ایران به شمار می‌رود و زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی است. مساحت این حوضه ۵۷۱۹۶ کیلومتر مربع است و در $28^{\circ}37'$ تا $31^{\circ}22'$ عرض شمالی و $52^{\circ}09'$ تا $56^{\circ}27'$ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت حوضه ابرقو - سیرجان در حوضه‌های ایران.

در این پژوهش از داده‌های ماهانه واکاوی شده ERA-Interim با توان تفکیک $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ درجه طی مقطع زمانی ۱۹۷۹-۲۰۱۹ از سایت ECMWF (مرکز اروپایی پیش‌بینی آب‌وهوا) استفاده شده است. باتوجه به مساحت حوضه آبریز ابرقو - سیرجان و توان تفکیک داده‌های مورد مطالعه تعداد ۳۳۸ نقطه کل حوضه را پوشش داد و مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۲). همچنین از داده‌های شاخص‌های پیوند از دور انسو شامل Nino3، Nino3.4 و Nino4 که هم‌زمان با دوره مذکور از سایت نوآ استخراج شدند استفاده شد. به منظور بررسی ارتباط بین متوسط دمای حوضه و شاخص‌های پیوند از دور از آزمون‌های همبستگی پیرسون و رگرسیون خطی استفاده شد. ابتدا همبستگی بین تمام ۳۳۸ نقطه حوضه و شاخص‌های انسو بررسی شد. با توجه به این که حجم نتایج خروجی آن زیاد بود؛ لذا نتایج در قالب نقشه پهنه‌بندی تهیه گردید. در ادامه به منظور آشکارشدن تأثیر بازمان تأخیر شاخص‌های انسو بر متوسط دمای حوضه، میانگین دمای کل حوضه در ماه‌های مختلف به دست آمد و آزمون همبستگی پیرسون به صورت هم‌زمان و همچنین بازمان تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماه و آزمون رگرسیون بر روی آن‌ها انجام گردید. در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی شاخص‌های پیوند از دور مورد مطالعه در جدول ۲ مشخصات آن‌ها ارائه شده است.



شکل ۲: پراکندگی نقاط مورد مطالعه در حوضه ابرقو - سیرجان.

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی شاخص‌های مورد مطالعه.

شاخص	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
Nino1+2	۰ تا ۱۰ درجه جنوبی	۵۰ درجه غربی تا ۹۰ درجه غربی
Nino3	۴ درجه جنوبی تا ۴ درجه شمالی	۹۰ درجه غربی تا ۱۵۰ درجه غربی
Nino3.4	۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی	۱۲۰ درجه غربی تا ۱۷۰ درجه غربی
Nino4	۵ درجه جنوبی تا ۵ درجه شمالی	۱۵۰ درجه غربی تا ۱۶۰ درجه شرقی

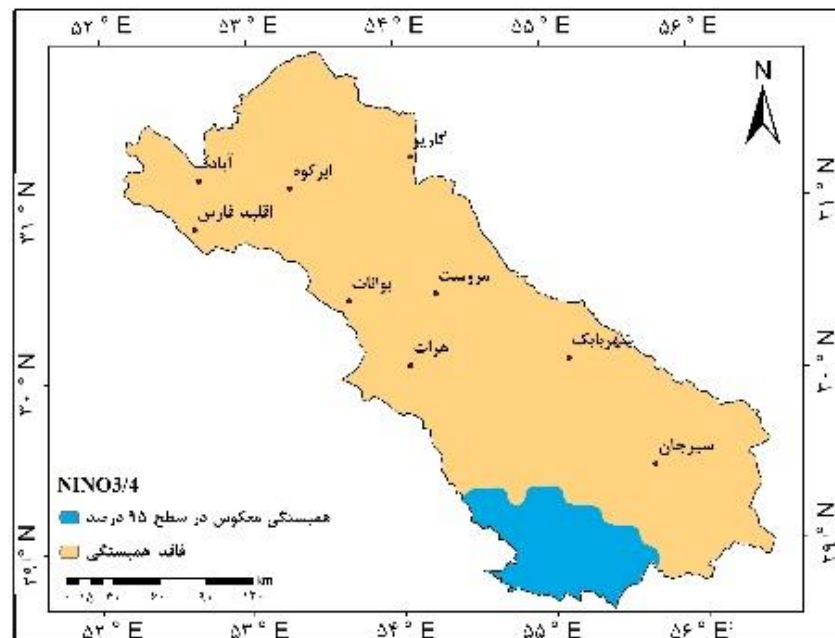
جدول ۲: مشخصات شاخص‌های مورد مطالعه در حوزه ابرقو - سیرجان (در سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۷۹).

شاخص	نام	توضیحات
Nino1+2	Pacific SST Extreme Eastern Tropical	شاخص دمای سطحی شدید بخش شرقی اقیانوس آرام استوایی
Nino3	SST Eastern Tropical Pacific	شاخص دمای سطحی بخش شرقی اقیانوس آرام استوایی
Nino3.4	Pacific ST East Central Tropical	شاخص دمای سطحی بخش مرکزی شرق اقیانوس آرام استوایی
Nino4	SST Central Tropical Pacific	شاخص دمای سطحی بخش مرکزی اقیانوس آرام استوایی

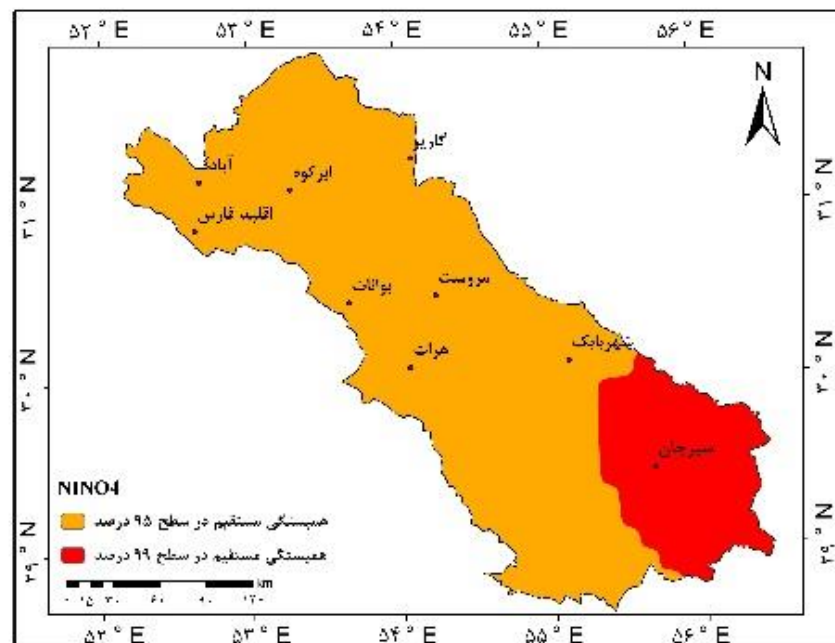
نتایج

همبستگی پیرسون بین داده‌های مورد مطالعه انجام گردید و نشان داد که در ماه ژانویه تنها شاخص Nino4؛ در ماه آوریل شاخص Nino3.4؛ در ماه آگوست شاخص Nino4؛ در ماه نوامبر و دسامبر شاخص‌های Nino1.2، Nino3.4 و Nino3 با متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان همبستگی داشته‌اند و در سایر ماه‌ها همبستگی مشاهده نشده است. در شکل‌های ۳ تا ۱۱ نتایج هم

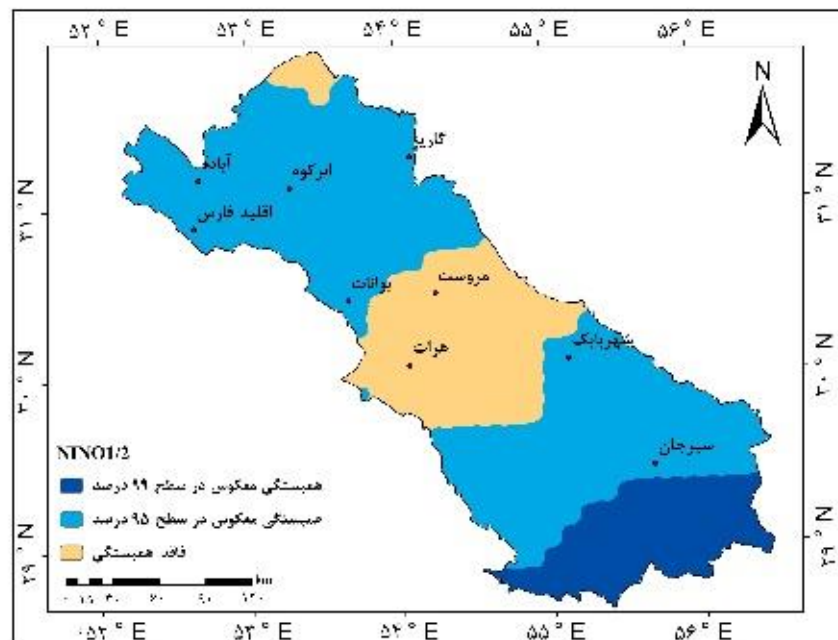
همان گونه که در شکل ۶ مشاهده می شود متوسط دمای حوضه با شاخص Nino1.2 در جنوب حوضه همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد داشته است. قسمت هایی از شمال و جنوب شرق و جنوب غرب حوضه نیز از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده است. قسمت اندکی از شمال حوضه و مرکز حوضه نیز فاقد همبستگی هستند. همبستگی بین متوسط دمای حوضه و شاخص Nino3.4 نشان دهنده آن است که جنوب شرق، جنوب و قسمتی از جنوب غرب حوضه از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد برخوردار است. شمال غرب و قسمت هایی از شرق تا غرب حوضه نیز که به سمت جنوب حوضه است از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار هست. سایر قسمت های حوضه بدون همبستگی هستند. همبستگی بین متوسط دمای حوضه و شاخص Nino3 نیز نشان داد که قسمت های جنوبی حوضه از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد برخوردار هستند. قسمتی از شرق حوضه بدون همبستگی است و سایر قسمت های حوضه نیز از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار هستند.



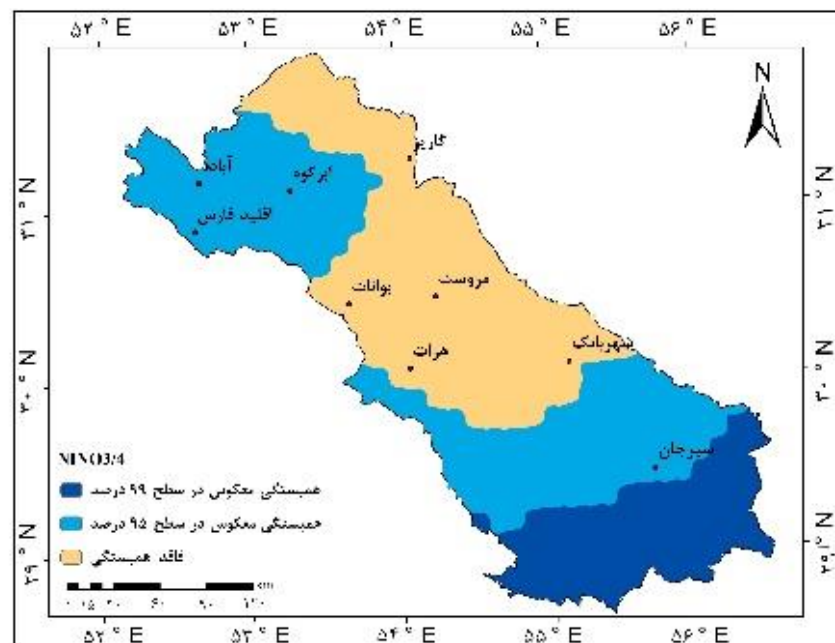
شکل ۴: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino3.4 در ماه آوریل.



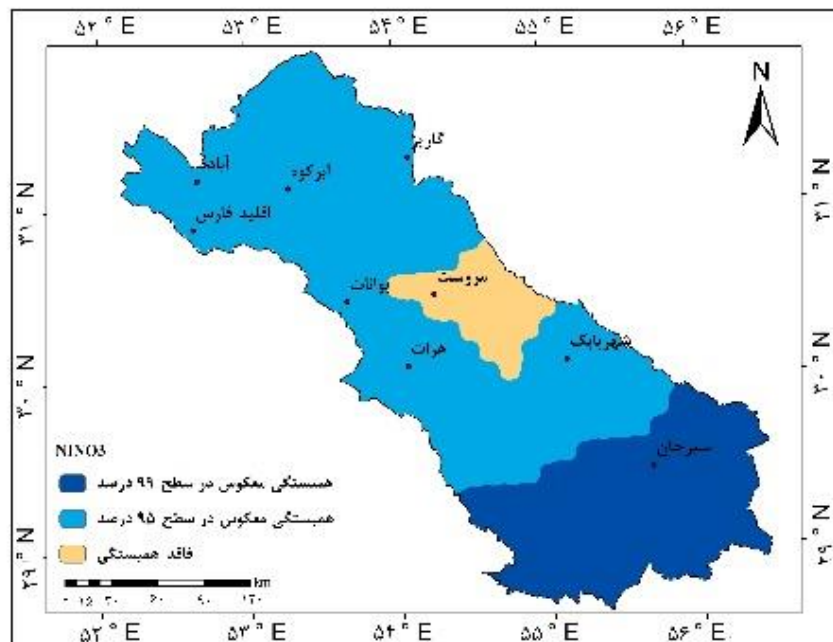
شکل ۵: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino4 در ماه آگوست.



شکل ۶: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino1.2 در ماه نوامبر.

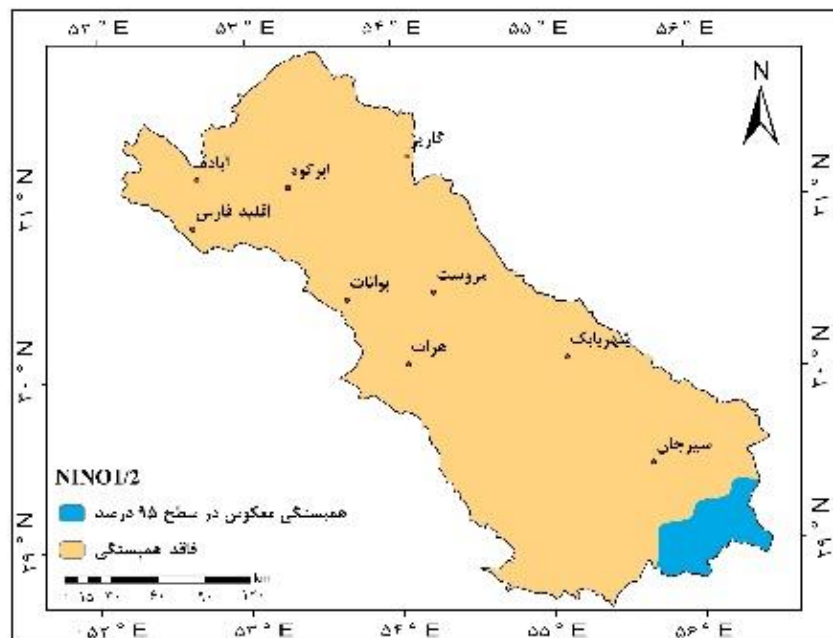


شکل ۷: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino3.4 در ماه نوامبر.

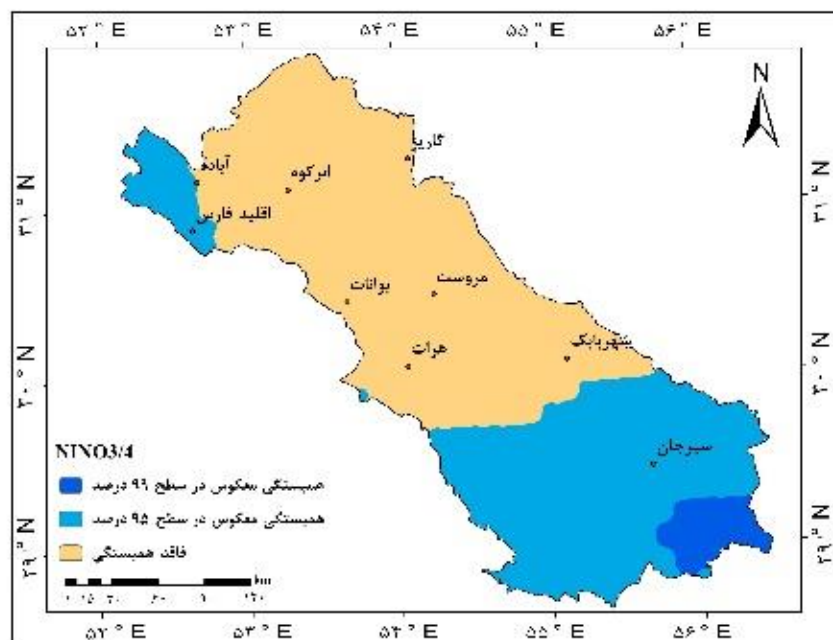


شکل ۸: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino3 در ماه نوامبر.

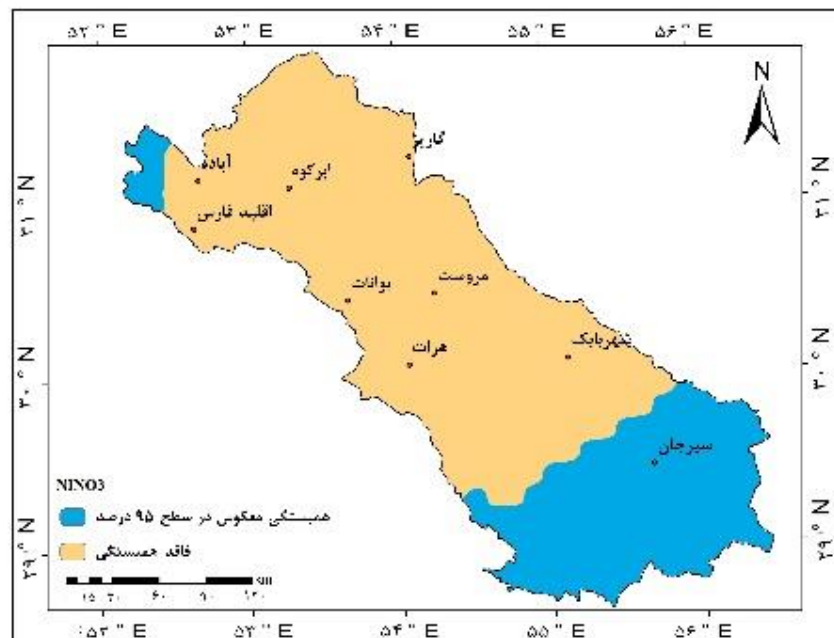
با توجه به شکل ۹ متوسط دمای حوضه و شاخص Nino1.2 تنها در گوشه جنوب شرقی حوضه همبستگی معکوس معنادار در سطح ۹۵ درصد نشان داده‌اند و در سایر قسمت‌های حوضه بدون همبستگی هستند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود متوسط دمای حوضه و شاخص Nino3.4 در جنوب شرق حوضه از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد برخوردار بوده‌اند. شمال غرب حوضه و نیمه جنوبی حوضه نیز از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده‌اند. سایر قسمت‌های حوضه بدون همبستگی هستند. متوسط دمای حوضه با شاخص Nino3 از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده است. همبستگی‌ها در شمال غرب و جنوب و جنوب شرق حوضه مشاهده شده است. سایر قسمت‌های حوضه فاقد همبستگی بوده‌اند.



شکل ۹: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino1.2 در ماه دسامبر.



شکل ۱۰: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino3.4 در ماه دسامبر.



شکل ۱۱: همبستگی متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و الگوی Nino3 در ماه دسامبر.

میانگین دمای حوضه در ماه‌های مختلف محاسبه و همبستگی آن با شاخص‌های مورد مطالعه بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد در ماه آگوست تنها شاخص Nino4 و در ماه نوامبر شاخص‌های Nino1.2، Nino3.4 و Nino3 در سطح معناداری ۹۵ درصد با میانگین دمای حوضه همبستگی داشته است. در سایر ماه‌ها نیز همبستگی مشاهده نشد (جدول ۳). نتایج رگرسیون چندمتغیره در جدول ۴ نیز بیانگر آن است که شاخص‌های مورد مطالعه به ترتیب در ماه‌های آوریل، جولای و نوامبر بیشترین تأثیر را بر متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان داشته‌اند. به‌طوری‌که ۲۸/۹ درصد از تغییرات دمای ماه آوریل، ۲۴/۱ درصد از تغییرات دمای ماه جولای و ۲۳/۴ درصد از تغییرات دمای ماه نوامبر تحت تأثیر شاخص‌های مذکور بوده‌اند.

جدول ۳: همبستگی پیرسون هم‌زمان متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان.

Nino4		Nino3.4		Nino3		Nino1.2	
Sig	ضریب همبستگی	Sig	ضریب همبستگی	Sig	ضریب همبستگی	Sig	ضریب همبستگی
۰/۰۱۶	*۰/۳۷۵						آگوست
		۰/۰۲۷	*۰/۳۴۶	۰/۰۱۴	*۰/۳۸۲	۰/۰۲۲	*۰/۳۵۸
							نوامبر

جدول ۴: نتایج رگرسیون چندمتغیره هم‌زمان.

دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	آگوست	جولای	ژوئن	مه	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه	
۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۳۸	ضریب همبستگی
۲۲/۲	۲۳/۴	۱۲/۵	۲۲/۹	۲۰/۸	۲۴/۱	۱۶/۹	۲۰/۶	۲۸/۹	۱۴/۲	۲	۱۵/۱	ضریب تعیین
۲/۵۶	۲/۷۵	۱/۲۸	۲/۶۶	۲/۳۶	۲/۸	۱/۸۳	۲/۳۴	۳/۶۵	۱/۴۸	۰/۱۸	۱/۶	F
۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۹۴	۰/۱۹	Sig

به منظور آشکار شدن همبستگی و اثر با تأخیر شاخص‌های پیوند از دور بر متوسط دمای حوضه لذا ارتباط سنجی بین آن‌ها با زمان تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه نیز محاسبه گردید. نتایج حاصل نیز در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود در زمان تأخیر یک‌ماهه در ماه نوامبر شاخص Nino1.2 و Nino3 از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد و شاخص Nino3.4 از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده‌اند. در ماه آگوست نیز شاخص Nino4 همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد داشته است. در زمان تأخیر دوماهه در ماه‌های جولای و آگوست شاخص Nino4 با متوسط دمای حوضه همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد داشته است. در ماه نوامبر شاخص Nino3 از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده است. در زمان تأخیر ۳ ماهه فقط شاخص Nino4 در ماه‌های جولای و آگوست همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد داشته است. در زمان تأخیرهای ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ ماهه نیز هیچ نوع همبستگی مشاهده نشد. در زمان تأخیر ۹ ماهه در ماه نوامبر شاخص‌های Nino1.2 و Nino3 با دمای حوضه از همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده‌اند. در ماه دسامبر شاخص‌های Nino1.2 و Nino3.4 همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد و شاخص Nino3 همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۹ درصد نشان داده است. در زمان تأخیر ۱۰ ماهه در ماه آگوست شاخص Nino4 در ماه نوامبر شاخص‌های Nino1.2 و Nino3 و در ماه دسامبر شاخص‌های Nino3.4 و Nino4 همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان داده‌اند. در زمان تأخیر ۱۱ ماهه در ماه آگوست شاخص Nino4 و در ماه دسامبر شاخص Nino3 و Nino3.4 از همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده‌اند. در ماه نوامبر شاخص‌های Nino1.2 و Nino3 و Nino3.4 همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان دادند. در زمان تأخیر ۱۲ ماهه در ماه آگوست شاخص Nino4 از همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد با دمای حوضه برخوردار بوده است. در ماه نوامبر نیز شاخص‌های Nino1.2 و Nino3 و Nino3.4 همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان دادند.

جدول ۵: نتایج همبستگی پیرسون با زمان تأخیر.

زمان تأخیر	شاخص	Nino1.2	Nino3	Nino3.4	Nino4
۱	آگوست		*۰/۳۱		*۰/۳۴
	نوامبر	*-۰/۴	*-۰/۴	*-۰/۳۶	
۲	جولای				*۰/۳۳
	آگوست				*۰/۳۳
	نوامبر			*-۰/۳۶	
۳	جولای				*۰/۳۶
	آگوست				*۰/۳۲
۹	نوامبر	*۰/۳۳	*۰/۳۳		
	دسامبر	*۰/۳۹	*-۰/۴۴	*۰/۳۶	
	آگوست				*۰/۳۱
۱۰	نوامبر	*۰/۳۱	*۰/۳۳		
	دسامبر		*۰/۳۵	*۰/۳۶	*۰/۳۱
	آگوست				*۰/۳۱
	نوامبر	*-۰/۳۷	*-۰/۳۸	*-۰/۳۳	
۱۱	دسامبر		*۰/۳۷	*۰/۳۷	
	آگوست				*۰/۳۷
	نوامبر	*-۰/۳۵	*-۰/۳۸	*-۰/۳۴	
۱۲	آگوست				

نتایج حاصل از محاسبه رگرسیون چندمتغیره بازمان تأخیرهای ۱ تا ۱۲ ماهه نیز در جدول ۶ نشان داده شده است. در زمان تأخیر یک ماهه شاخص‌های پیوند از دور مورد مطالعه در ماه‌های مه و جولای بیشترین تأثیر را بر دمای حوضه داشته‌اند به طوری که در ماه مه ۲۷/۴ درصد و در ماه جولای ۲۲/۲ درصد تغییرات دما توسط این شاخص‌های تبیین می‌شود. در زمان تأخیر ۲ ماهه بیشترین تأثیر شاخص‌ها بر دمای ماه‌های اکتبر و نوامبر بوده است. در ماه اکتبر ۲۸/۱ و در ماه نوامبر ۲۳/۵ درصد تغییرات دما توسط این شاخص‌ها تبیین می‌شود. ماه‌های فوریه و مه در زمان تأخیر ۳ ماهه بیشترین تأثیرپذیری را از شاخص‌های پیوند از دور داشته‌اند به طوری که در ماه ۲۴/۲ و در ماه فوریه ۱۹/۸ درصد از تغییرات دما به وسیله شاخص‌های مورد مطالعه تبیین می‌گردد. در زمان تأخیر ۴ و ۵ ماهه در ماه‌های اکتبر و آوریل بیشترین تأثیرگذاری شاخص‌ها مشاهده شده است. در زمان تأخیر ۶ ماهه نیز در ماه اکتبر بیشترین تأثیر شاخص‌ها بر دمای حوضه مشاهده شده به طوری که ۳۵/۳ درصد از تغییرات دما در این ماه توسط شاخص‌های مورد مطالعه تبیین می‌شود.

بیشترین تأثیرگذاری شاخص‌ها در زمان تأخیر ۷ ماهه در ماه‌های ژانویه و آگوست رخ داده است. در ماه ژانویه ۱۷/۸ و در ماه آگوست ۲۲/۷ درصد از تغییرات دما توسط شاخص‌های پیوند از دور تبیین می‌شود. در زمان تأخیر ۸ ماهه بیشترین تأثیرگذاری شاخص‌ها در ماه‌های آوریل و دسامبر بوده است. در زمان تأخیر ۹ ماهه در ماه‌های ژانویه و دسامبر بیشترین تأثیر شاخص‌های پیوند از دور بر دمای حوضه مشاهده شده است. در ماه ژانویه ۱۹/۶ و در ماه دسامبر ۲۷/۹ درصد تغییرات دما توسط این شاخص‌ها تبیین می‌شود. در زمان تأخیر ۱۰ ماهه بیشترین تأثیر شاخص‌ها در ماه‌های فوریه و نوامبر بوده است. در زمان تأخیر ۱۱ ماهه بیشترین تأثیرگذاری شاخص‌ها در ماه‌های جولای و نوامبر مشاهده شده است. در ماه جولای ۳۲/۵ و در ماه نوامبر ۲۳/۱ درصد از تغییرات دما توسط این شاخص‌ها تبیین می‌شوند. در زمان تأخیر ۱۲ ماهه نیز در ماه‌های آوریل و نوامبر شاخص‌های پیوند از دور بیشترین تأثیر را بر دمای حوضه داشته‌اند به طوری که در ماه آوریل ۲۸/۹ و در ماه نوامبر ۲۳/۴ درصد از تغییرات دما توسط این شاخص‌ها تبیین می‌شوند.

جدول ۶: نتایج رگرسیون چندمتغیره با زمان تأخیر ۱ تا ۶ ماهه.

زمان تأخیر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	
۱	ضریب همبستگی	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۳۹	۰/۵۲	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۳۱	۰/۵۸	۰/۴۲
	ضریب تعیین	۲	۹	۳	۱۵/۸	۲۷/۴	۱۳/۶	۲۲/۲	۱۳/۸	۲۶	۹	۳۴	۱۸/۴
	F	۰/۲۲	۰/۹۶	۰/۳۳	۱/۶۸	۳/۳۹	۱/۴۱	۲/۵۶	۱/۴۴	۳/۱۶	۰/۹۶	۴/۶۴	۲/۰۲
	Sig	۰/۹۲	۰/۴۳	۰/۸۵	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۰۲	۰/۴۳	۰/۰۴	۰/۱۱
	ضریب همبستگی	۰/۱۸	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۳	۰/۵۳	۰/۴۸	۰/۳۶
۲	ضریب تعیین	۳	۱۲/۴	۹	۱۱	۱۷/۵	۲۱/۱	۲۳/۹	۱۴/۳	۹	۲۸/۱	۲۳/۵	۱۳
	F	۰/۳۱	۱/۲۷	۰/۹۶	۱/۱۵	۱/۹	۲/۴	۲/۸۲	۱/۵	۱/۹۱	۳/۵۲	۲/۷۵	۱/۳۴
	Sig	۰/۸۶	۰/۳	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۲۲	۰/۴۶	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۲۷
۳	ضریب همبستگی	۰/۱۳	۰/۴۴	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۴	۰/۴۴	۰/۴	۰/۴۱

ضرب	۱	۱۹/۸	۷	۹	۲۴/۲	۳	۱۸/۷	۱۰/۵	۱۶/۶	۱۹/۵	۱۶/۳	۱۷/۴
تعیین												
F	۰/۱۶	۲/۲۲	۰/۷۶	۰/۹۵	۲/۸۶	۰/۳۱	۲/۰۷	۱/۰۶	۱/۷۹	۲/۱۷	۱/۷۴	۱/۸
Sig	۰/۹۵	۰/۰۸	۰/۵۵	۰/۴۴	۰/۰۳	۰/۸۶	۰/۱	۰/۳۹	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۱۶	۰/۱۳
ضرب	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۳	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۴۲
همبستگی												
ضرب	۴	۹	۱۱/۳	۲۳/۵	۱۹/۲	۱۱/۴	۹	۱۰/۷	۱۴/۶	۲۱/۱	۱۱/۶	۱۸/۳
تعیین												
F	۰/۴۶	۰/۹۸	۱/۱۴	۲/۷۶	۲/۱۳	۱/۱۵	۰/۹۵	۱/۰۷	۱/۵۳	۲/۴	۱/۱۷	۲/۰۱
Sig	۰/۷۶	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۱۱
ضرب	۰/۳	۰/۳۵	۰/۴	۰/۵۹	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۲۱	۰/۳۴
همبستگی												
ضرب	۹	۱۲/۵	۱۶/۶	۳۵/۴	۱۰	۲۱/۱	۱۵	۵	۱۹/۴	۳۱/۴	۴	۱۱/۸
تعیین												
F	۰/۹۴	۱/۲۸	۱/۷۸	۴/۹۴	۱	۲/۴	۱/۵۸	۰/۴۸	۲/۱۷	۴/۱۲	۰/۴۱	۱/۲
Sig	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۱۵	۰/۰۰۳	۰/۴۲	۰/۰۶	۰/۲	۰/۷۴	۰/۰۹	۰/۰۰۷	۰/۷۹	۰/۳۲
ضرب	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۱	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۵۹	۰/۲۲	۰/۳۵
همبستگی												
ضرب	۱۱	۱۰	۱۰/۹	۱۱/۱	۹	۴	۱۵/۱	۳	۱۴/۸	۳۵/۳	۴	۱۲/۸
تعیین												
F	۱/۱۱	۱	۱/۰۹	۱/۱۲	۰/۹۵	۰/۴۵	۱/۶	۰/۳۳	۱/۵۶	۴/۹	۰/۴۶	۱/۳۲
Sig	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۷۷	۰/۱۹	۰/۸۵	۰/۲	۰/۰۰۳	۰/۷۶	۰/۲۷

جدول ۷: نتایج رگرسیون چندمتغیره بازمان تأخیر ۷ تا ۱۲ ماهه.

زمان تأخیر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ضرب	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۲۹
همبستگی												
ضرب تعیین	۱۷/۸	۶	۱۲	۷	۱	۱۰/۵	۸	۲۲/۷	۵	۱۴/۹	۹	۸
F	۱/۹۴	۰/۶۶	۱/۲۳	۰/۷	۰/۱۴	۱/۰۵	۰/۸۶	۲/۶	۰/۴۸	۱/۵۷	۰/۹۸	۰/۸۴
Sig	۰/۱۲	۰/۶۱	۰/۳۱	۰/۵۹	۰/۹۶	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۰۵	۰/۷۴	۰/۲	۰/۴۲	۰/۵
ضرب	۰/۳۹	۰/۳	۰/۲۶	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۲	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۴۳
همبستگی												
ضرب تعیین	۱۵/۲	۹	۷	۲۰/۴	۱۱/۷	۸	۷	۱۴/۵	۵	۱۹	۱۱/۱	۱۹/۱
F	۱/۶۱	۰/۹۱	۰/۷	۲/۳	۱/۱۹	۰/۸	۰/۷۴	۱/۵۲	۰/۴۸	1/2	۱/۱۲	۲/۱۲
Sig	۰/۱۹	۰/۴۶	۰/۵۹	۰/۰۷	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۵۷	۰/۲۱	۰/۷۴	۰/۱	۰/۳۶	۰/۰۹
ضرب	۰/۴۴	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۵۲
همبستگی												

زمان تأخیر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ضریب تعیین	۱۹/۶	۹	۱	۹	۷	۷	۱۸/۵	۱۵/۸	۱۸/۵	۱۷/۲	۱۴/۵	۲۷/۹
F	۱/۲	۰/۹۳	۱/۱	۰/۹۷	۰/۶۹	۰/۷۴	۲/۰۴	۱/۶	۲/۰۴	۱/۸۶	۱/۵	۳/۴
Sig	۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۵	۰/۵	۰/۱	۰/۱۷	۰/۱	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۰۱
ضریب همبستگی	۰/۳۷	۰/۴	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۲	۰/۳۵	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۳۷
ضریب تعیین	۱۴/۲	۱۶/۲	۱۴/۷	۸	۴	۱۲/۵	۲۴	۱۵/۵	۱	۸	۱۷/۶	۱۴/۱
F	۱/۴	۱/۷	۱/۵	۰/۷۹	۰/۳۷	۱/۲	۲/۹	۱/۶	۰/۹	۰/۸	۱/۹	۱/۴
Sig	۰/۲۲	۰/۱	۰/۲	۰/۵	۰/۸	۰/۲	۰/۰۳	۰/۱	۰/۴	۰/۵	۰/۱۲	۰/۲۳
ضریب همبستگی	۰/۳	۰/۲۲	۰/۵	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۴۸	۰/۳۷
ضریب تعیین	۹	۵	۲۵	۱۴/۴	۹	۷	۳۲/۵	۱۲/۳	۸	۱۷	۲۳/۱	۱۴/۱
F	۰/۸۸	۰/۴۹	۳	۱/۵	۰/۹۶	۰/۷	۳/۴	۱/۲	۰/۸۴	۱/۸	۲/۷	۱/۴۷
Sig	۰/۴	۰/۷	۰/۰۳	۰/۲	۰/۴	۰/۵	۰/۰۰۶	۰/۳	۰/۵	۰/۱	۰/۰۴	۰/۲
ضریب همبستگی	۰/۳۸	۰/۱۴	۰/۳۷	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۴۷
ضریب تعیین	۱۵/۱	۲	۱۴/۲	۲۸/۹	۲۰/۶	۱۶/۹	۲۴/۱	۲۰/۸	۲۲/۹	۱۲/۵	۲۳/۴	۲۲/۲
F	۱/۶	۰/۱۸	۱/۴	۳/۶	۲/۳	۱/۸	۲/۸	۲/۳	۲/۶	۱/۲	۲/۷	۲/۵
Sig	۰/۱۹	۰/۹۴	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۵

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارتباط بین متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان و شاخص‌های دمایی انسو به صورت هم‌زمان و بازمان تأخیر ۱ تا ۱۲ ماه بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که از بین شاخص‌های انسو تنها شاخص $Nino4$ در ماه‌های ژانویه و اگوست همبستگی مستقیم با متوسط دمای حوضه نشان داده است. در ماه ژانویه قسمتی از شمال شرق حوضه همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد نشان داد و در ماه اگوست نیز قسمتی از جنوب شرق حوضه همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۹ درصد و بقیه حوضه همبستگی مستقیم در سطح معناداری ۹۵ درصد داشته است. شاخص‌های $Nino1.2$ ، $Nino3$ و $Nino3.4$ نیز همبستگی معکوس با متوسط دمای حوضه نشان دادند. متوسط دمای جنوب غرب حوضه در ماه آوریل با شاخص $Nino3.4$ همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد داشته است. در ماه نوامبر قسمت‌های جنوبی حوضه با شاخص‌های $Nino1.2$ ، $Nino3$ و $Nino3.4$ همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۹ درصد، شمال غرب، مرکز و قسمت‌های جنوب تا مرکز حوضه نیز از همبستگی معکوس در سطح معناداری ۹۵ درصد برخوردار بوده‌اند. رگرسیون چندمتغیره نیز نشان داد که در ماه‌های آوریل، جولای و نوامبر شاخص‌های مورد مطالعه انسو بیشترین تأثیر را بر متوسط دمای حوضه داشته‌اند. نتایج همبستگی بازمان تأخیر نیز حاکی از آن است که در زمان تأخیر ۴ تا ۸ ماهه هیچ همبستگی و ارتباطی بین شاخص‌های مورد مطالعه وجود نداشته است. در سایر زمان تأخیرها نیز طی ماه‌های اگوست، نوامبر و دسامبر همبستگی‌ها مشاهده شده است. شاخص $Nino1.2$ در زمان تأخیرهای ۱، ۱۱ و ۱۲ در ماه نوامبر از همبستگی معکوس برخوردار بوده است. شاخص $Nino3$ در زمان تأخیرهای ۱، ۲، ۱۱ و ۱۲ در ماه نوامبر همبستگی معکوس با متوسط دمای حوضه داشته است. در زمان تأخیرهای ۹ و ۱۰ در ماه‌های نوامبر و دسامبر همبستگی مستقیم با دمای حوضه داشته است. شاخص $Nino3.4$ در

زمان تأخیرهای ۱، ۱۱ و ۱۲ در ماه دسامبر همبستگی معکوس با دمای حوضه نشان داده است. در زمان تأخیرهای ۹ و ۱۰ نیز در ماه دسامبر از همبستگی مستقیم برخوردار بوده است. شاخص $Nino4$ تنها شاخصی است که فقط همبستگی مستقیم با دمای حوضه نشان داده است. این همبستگی‌ها در زمان تأخیرهای ۱، ۱۱ و ۱۲ در ماه آگوست، در زمان تأخیرهای ۲ و ۳ در ماه‌های جولای و آگوست؛ در زمان تأخیر ۱۰ ماهه نیز در ماه‌های آگوست و دسامبر مشاهده شده است. رگرسیون چندمتغیره بازمان تأخیرهای مختلف نیز نشان داد که در ماه‌های آوریل، اکتبر و نوامبر شاخص‌های انسو بیشترین تأثیر را بر متوسط دمای حوضه داشته‌اند. در مقابل در ماه‌های مارس، ژوئن و سپتامبر هیچ نوع تأثیری بر دمای حوضه نداشته‌اند. در مجموع می‌توان بیان نمود که شاخص‌های انسو بیشترین همبستگی را با متوسط دمای حوضه ابرقو - سیرجان در ماه‌های سرد داشته‌اند و همبستگی‌های مشاهده شده نیز از نوع معکوس بوده است. البته به‌غیر از شاخص $Nino4$ که هم در همبستگی‌های پیکسلی حوضه، هم در همبستگی‌های ماهانه میانگین حوضه و هم در زمان تأخیرها همبستگی مستقیم با دمای حوضه نشان داد. طبق نتایج رگرسیون چندمتغیره نیز شاخص‌های انسو در ماه‌های سرد سال بیش از سایر ماه‌های سال بر متوسط دمای حوضه تأثیر داشته‌اند. ارتباط دما و شاخص‌های انسو در مطالعات حلبیان و محمدی (۱۳۹۱)، پروین و همکاران (۱۳۹۶) و بذرافشان و همکاران (۱۳۹۳) نیز گزارش شده است. فلاح قاله‌ری و شاکری (۱۴۰۱) نیز نشان دادند همبستگی معنادار بین دمای بیشینه خوزستان و شاخص‌های WP ، $WHWP$ ، TSA ، PNA و NAO وجود دارد و تمام شاخص‌ها به‌جز NAO همبستگی مثبت با دما داشته‌اند؛ شاخص PNA نیز بازمان تأخیر ۱۰ ماهه همبستگی داشته است. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده و اثراتی که شاخص‌های مورد مطالعه به‌خصوص شاخص $Nino4$ در ماه‌های مختلف به‌صورت هم‌زمان و غیر هم‌زمان بر متوسط دمای حوضه داشته‌اند و همچنین اثراتی که افزایش یا کاهش دما بر بخش‌های مختلف از جمله منابع آبی و کشاورزی دارند می‌توان با مدیریت صحیح از جمله تخمین دقیق نیاز آبی گیاهان، سطح زیر کشت محصولات در ماه‌های مختلف، انتخاب الگوی کشت مناسب و استفاده بهینه از منابع آبی موجود شاهد خسارات کمتری در این بخش‌ها بود. یکی از پیامدهای تغییرات اقلیمی مترتب بر حوضه آبریز ابرقو - سیرجان، تهدید محیط زیستی است. تهدید محیط زیستی در صورت وقوع می‌تواند ضمن به خطر انداختن امنیت حوضه تبدیل به بحران ملی شود. مسائل محیط زیستی ارتباط تنگاتنگی با حیات و زیست جمعی دارد؛ هرگونه تحول در آن می‌تواند آثار معنی‌داری بر ابعاد زیست جوامع انسانی برجای بگذارد. آثار و پیامدهای زیست‌محیطی تغییر اقلیم و افزایش دما بر حوضه ابرقو - سیرجان که یکی از حوضه‌های مهم کشور محسوب می‌شود، بسیار قابل‌تأمل است. افزایش دما باعث افزایش تبخیر، کاهش رطوبت خاک و افزایش رخداد گردوغبار و در نتیجه تشدید شرایط خشک و بیابانی در سطح حوضه می‌شود و اکوسیستم و محیط‌زیست حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش دماهای رخ‌داده ناشی از اثر الگوهای پیوند از دور در حوضه موجب تغییرات بسزایی در افزایش تقاضای انرژی و آب و همچنین، تغییر در منابع آبی منطقه می‌شود. از سوی دیگر این تغییرات بر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی نیز تأثیر مستقیم خواهد داشت، چراکه نه‌تنها افزایش دما و تبخیر و ترق می‌تواند کمیت محصولات کشاورزی را موجب گردد، بلکه این امر کیفیت محصولات کشاورزی را از جنبه جابه‌جایی فصل‌ها و تغییر فصل رشد گیاهان نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

منابع

- اسماعیلی، ک.، گندمکار، ا. و خداقلی، م.، ۱۳۹۹. شناسایی روند تغییرات دمای سواحل جنوبی ایران و ارتباط آن با الگوهای پیوند از دور. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱۲(۴۹): صفحات ۲۲-۱.
- بذرافشان، ا.، بذرافشان، ز.، فرخ زاده، ب. و سوری، م.، ۱۳۹۳. بررسی روند و ارتباط بین پدیده انسو با پارامترهای اقلیمی در استان مازندران و گلستان. دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری، سمنان. صفحات ۸-۱.

- پروین، ن.، کرمی، م. و مرادیان، ک.، ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های انسو در ارتباط با تغییرات عناصر اقلیمی حوضه آبریز زاب طی ۳۰ سال اخیر. دومین همایش بین‌المللی افق‌های نوین در مهندسی عمران، معماری و شهرسازی و مدیریت فرهنگی شهرها، تهران. صفحات ۱۲-۱.
- رفعتی، پ. و رضا زاده، م.، ۱۳۹۹. مطالعه همبستگی شاخص‌های ENSO و NAO.IOD با تغییرات دمای سطح دریا در خلیج فارس. فیزیک زمین و فضا، ۴۶(۲): صفحات ۴۰۸-۳۹۵.
- زارع ابیانه، ح. و بیات ورکشی، م.، ۱۳۹۱. تأثیر پدیده انسو بر تغییرات دمای ماهانه و فصلی نیمه جنوبی کشور. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۴(۲): صفحات ۸۴-۶۷.
- چوبه، س.، عبقری، ه. و میرزایی، ا.، ۱۳۹۸. واکاوی اثر الگوهای پیوند از دور بر دمای ایستگاه اردبیل. چهاردهمین همایش ملی علوم و مهندسی آب‌خیزداری ایران، ارومیه. صفحات ۱۲-۱.
- حلبیان، ا.؛ و محمدی، بختیار، ۱۳۹۱. ارتباط دمای ماهانه چند ایستگاه نمونه ایران با شاخص‌های مختلف انسو. فضای جغرافیایی، ۱۲(۳۸): صفحات ۱۹-۱.
- حجتی، زهرا. و مسعودیان، ا.، ۱۴۰۰. واکاوی تغییرات گردش‌های جوی عرض‌های و پیوند آن با ورودش‌های دمایی در ایران. جغرافیا و توسعه، ۶۲: صفحات ۵۲-۳۱.
- خدآم، ن.، ایران‌نژاد، پ. و احمدی گیوی، ف.، ۱۳۹۴. بررسی اثر موسمی هند بر اقلیم تابستانی ایران، ژئوفیزیک ایران. ۲(۳): صفحات ۶۶-۵۲.
- عزیزی، ق.، چهره‌آرا، ت. و صفرآباد، ط.، ۱۳۹۳. اثر هم‌زمان فازهای NAO و SOI بر آب‌وهوای ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۳(۴): صفحات ۵۶-۴۳.
- فلاح قالهری، غ. و شاکری، ف.، ۱۴۰۱. ارزیابی نقش تغییر اقلیم و سیگنال‌های پیوند از دور بر دمای بیشینه مطالعه موردی: استان خوزستان. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۲ (۶۷): صفحات ۴۵۷-۴۳۹.
- فلاح، ن.، گندمکار، ا. و عباسی، ع.، ۱۳۹۹. بررسی ارتباط تغییرات دما و الگوهای پیوند از دور در سرشاخه‌های رودخانه‌های مرزی غرب ایران. مجله علوم جغرافیایی (جغرافیای کاربردی)، ۱۶(۳۳): صفحات ۱۰۷-۹۵.
- فیروزمند، ز.، سبزی پرور، ع. و باقری، س.، ۱۳۹۶. تأثیر نوسانات الگوهای پیوند از دور بر مقادیر حدی دمای کمینه. چهاردهمین همایش ملی آبیاری و کاهش تبخیر. صفحات ۱۱-۱.
- گودرزی، م.، احمدی، ح. و حسینی، ا.، ۱۳۹۶. بررسی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با مؤلفه‌های بارشی و دمایی (مطالعه موردی: ایستگاه همدید کرج). نشریه اکو هیدرولوژی، ۴(۳): صفحات ۶۵۱-۴۱.
- مسعودیان، ا. و کاویانی، م.، ۱۳۸۷. اقلیم‌شناسی ایران. انتشارات دانشگاه اصفهان. ص ۱۷۹.

An, S. and Goswami, B., 2022. An assessment of the ENSO-monsoon teleconnection in a warming climate, (DOI): 10.21203/rs.3.rs-2101241/v1

Aamir, E., Khan, A. and Abubakar Tariq, M., 2022. The Influence of Teleconnections on the Precipitation in Baluchistan. Atmosphere, 13, 1001. <https://doi.org/10.3390/atmos13071001>

Ferster, B. S., Subrahmanyam, B. and Macdonald, A. M., 2018. Confirmation of ENSO-Southern Ocean teleconnections using satellite-derived SST, Remote Sens., 10(2): 331, doi: 10.3390/rs10020331.

Jasmine, B. D., Jaffrés, Ch., Cecily, R., and Aimee S. H., 2018. Teleconnection of atmospheric and oceanic climate anomalies with Australian weather patterns: a review of data availability 30.

O'Reilly, C. H., 2018. Interdecadal variability of the ENSO teleconnection to the wintertime North Pacific, Climate Dynamics, 51: 3333–3350.

Satyaban, B. R., Timothy, J. O., Manoj, J., Bao, Y. and Jianglin, W., 2019. Identifying teleconnections and multidecadal variability of East Asian surface temperature during the last millennium in CMIP5 simulations. Clim. Past, 15: 1825–1844.

Towner, J., Ficchi, A., Cloke, H. L. and Bazo, J., 2021. Coughlan de Perez, E., and Stephens, E. M.: Influence of ENSO and tropical Atlantic climate variability on flood characteristics in the Amazon basin. Hydrol. Earth Syst. Sci., 25: 3875–3895, <https://doi.org/10.5194/hess-25-3875-2021>, 2021.

Vazquez, M., Nieto, R., Liberato, M. L. R. and Gimeno, L., 2022. Influence of teleconnection patterns on global moisture transport during peak precipitation month. International Journal of Climatology, <https://doi.org/10.1002/joc.7843>

