

## مطالعه تاثیر انبساط گرمایی آب های نیمکره جنوبی بر توزیع دمای سطحی آب خلیج فارس در بازه سی و شش ساله (۱۹۸۲ - ۲۰۱۷)

زهره جلال زاده آذرا، عباسعلی علی اکبری بیدختی<sup>۱</sup>، مسعود ترابی آزاد<sup>۲</sup>، مجتبی عظام<sup>۳</sup>، کیوان کبیری<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه علوم دریایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

<sup>۲</sup> استاد، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، تهران، ایران.

<sup>۳</sup> استاد، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال، تهران، ایران.

<sup>۴</sup> استادیار، گروه علوم دریایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

<sup>۵</sup> کیوان کبیری، دانشیار، گروه داده های اقیانوسی و سنجش از دور، پژوهشکده اقیانوس شناسی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۰

### چکیده

تفاوت های اقلیمی فراوانی بین نیمکره جنوبی و شمالی وجود دارد و هم زمان نیز بر اقلیم هم اثرگذار هستند. این تحقیق با هدف درک شناسایی میزان واداشت دینامیکی در خصوص وابستگی دمای سطح آب خلیج فارس در دوره اقلیمی ۳۶ سال با دمای سطح در خصوص هوا، اقیانوس و زمین- اقیانوس در نیمکره جنوبی انجام شده است. تحقیق با بهره گیری از روش های آماری دمای سطح در ۲۴ ایستگاه منتخب در کل خلیج فارس، تنگه هرمز و ابتدای دریای عمان و شاخص ناهنجاری دمای نیمکره جنوبی از پایگاه داده های ناسا صورت گرفته است. پس از سری سازی زمانی داده ها، قیاس بین دمای سطح در خشکی، دریا، میانگین خشکی- دریا در نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس در بازه های زمانی متفاوت با رویکردهای زمانی در دو بخش رصد سالانه و ماه های همسان انجام شد. بیشینه رابطه معنادار خطی بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و خلیج فارس در زمان یکسان (فصل متفاوت) مربوط به بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و کمینه نیز مربوط به سال های ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ است، از طرفی سالهای ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ و ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ میزان همبستگی مشابه می باشد. میزان همبستگی خطی بین میانگین ناهنجاری دمای هوای نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس در ماههای همسان نشان داد که در کل بازه ۱۴٪ رابطه معنادار و ۳۰٪ آن معکوس است. لذا رابطه کامل بین این دو کمیت در بازه ۳۶ سال مشاهده نمی شود و ۸۵٪ رابطه نیز کاملاً بدون معناست. رگرسیون چندمتغیره خطی نیز چه به صورت گام به گام و چه به صورت همزمان دارای مقادیر معناداری نیست.

کلمات کلیدی: تغییرات دمای سطح آب، جنب حاره، اختلاف فصلی، ماههای همسان و ناهمسان، خلیج فارس.

خلیج فارس در موقعیت ۲۴ تا ۳۰ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است که دقیقا تحت تاثیر رفتارهای اقلیمی نیمکره جنوبی می باشد. شناسایی میزان این ارتباط با توجه به اینکه عوامل واداشت و دورپیوند دیگری نیز وجود دارد که خلیج فارس متاثر از آن هم می باشد، می تواند رژیم رفتاری مشخص تری را از خلیج فارس ارایه نماید. لذا به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی خلیج فارس در خاور میانه و همچنین جایگاه آن در منطقه پرفشار جنب حاره با اقلیم خشک که توسط پریوت در سال ۱۹۵۹ مشخص شده دریافت نمود که میزان تاثیر از نیمکره جنوبی ضرورت دارد.

بر اساس تحقیقات محققین ناسا (۲۰۲۱) امروزه محققین و دانشمندان مقادیر آب و هوایی را فقط به خاطر کنجکاوی رصد نمی کنند بلکه ابتدا با رصد خطی عوامل واداشت، میزان همبستگی و تاثیرگذاری ها را درک نموده و سپس با الگوبرداری از آن به سراغ شناسایی رفتارهای غیر خطی پدیده ها و میزان وزن هر یک می روند تا بتوانند پیش بینی های لازم را انجام دهند. این روند علمی تاکنون در ارتباط با خلیج فارس رخ نداده است لذا در این تحقیق با توجه به موقعیت جغرافیایی خلیج فارس شناسایی تاثیرات خطی دمای نیمکره جنوبی نسبت به تغییرات دمای سطح در خلیج فارس در دستور کار قرار گرفته تا بتوان گام های دیگر را در راه شناسایی الگوی پدیده های واداشت اصلی شناسایی نمود. امروزه بر اساس تحقیقات می دانیم حتی نواحی بسیار دور از دریا نیز می توانند تحت تاثیر تغییرات الگوهای دمای سطح گستره های آبی قرار گیرند (عسگری، ۱۳۷۲ و علیزاده و همکاران، ۱۳۹۰).

بر اساس تحقیق دیویس در سال ۲۰۱۷ گردش کلی جو یکی از عوامل مهم شکل گیری اقلیم های متفاوت در روی کره زمین است. این گردش که یکی از دو عامل انتقال گرمای عرض های حاره ای به سمت قطب است؛ شامل سه سلول استوایی (هادلی)، میانی (فرل) و قطبی است. دو سلول استوایی و قطبی ماهیت گرمایی داشته و سلول میانی از اثر چرخش زمین شکل گرفته و از دو سلول دیگر انرژی دریافت می کند. شاخه نزولی سلول استوایی سبب شکل گیری مراکز و اچرخندی

جنب حاره ای در سطح زمین و در عرض های حدودا ۳۰ درجه می شود. اورت در سال ۱۹۹۶ و سپس نگونن در سال ۲۰۱۵ نشان دادند که این بخش از سلول استوایی مختصات جغرافیایی خلیج فارس را نیز در بر می گیرد و این پتانسیل وجود دارد که اثرات فصلی و بین سالانه با قدرت و موقعیت های متغیری را بتواند به وجود آورد و عوامل واداشت متفاوت می تواند نتایج کاملا متفاوتی را در توزیع اقلیم و پارامتر های فیزیکی خلیج فارس مثل دما داشته باشند. والیزر در سال ۱۹۹۹ نشان داد که اندازه گیری مستقیم چرخش سلول هادلی عملا غیرممکن است. بیشترین افزایش شدت عرض جغرافیایی چرخش سلول هادلی در نیمکره جنوبی طی سال های ۱۹۹۹، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ تا اتفاق افتاده است، کمترین شدت آن نیز طی سال های ۱۹۸۶، ۱۹۸۰ و از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۵ مشاهده شده است. تحقیقات دیگری نیز نگونن و همکاران در سال ۲۰۱۳ نشان داده اند که روند افزایش سلول هادلی در فصل های تابستان و پاییز نسبت به فصول زمستان و بهار بسیار بیشتر و محسوس است. در خصوص اثرات متقابل آب و هوا بریکدیگر نیز به طور مشخص آلن و همکاران در سال ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ افزایش دمای سطح دریا در گسترش سلول هادلی به عرض های بالاتر کاملا موثر ارزیابی شده است. بنابراین شرایط سلول های نیمکره جنوبی هم به طور مستقیم جنب حاره را متاثر می کند و هم از طریق برهمکنش با اقیانوس های نیمکره جنوبی خلیج فارس را تحت تاثیر قرار می دهد. این مطلب از آن رو حایز اهمیت است که طبق تحقیقات متعدد در شناسایی نیروهای واداشت در خلیج فارس، باد نیز سهم بالایی را به خود اختصاص داده است. وقوع تغییرات الگوی رخداد باد (مثل طوفان شاهین) نشان از تاثیرات تغییرات جوی و تاثیرپذیری شدید خلیج فارس دارد. از سوی دیگر رژیم جریان های خلیج فارس نیز به شدت تحت تاثیر الگوی باد است و تغییرات چگالی نیز که همزمان متاثر از میزان بارش نیز می باشد بر پیچیدگی شرایط می افزاید که منشا باد نیز تغییرات دمایی است. مطالعات ناسا در سال ۲۰۱۷ نشان می دهد که سال ۲۰۱۱ بیشینه خشکسالی، طوفان گرمسیری، طوفان زمستانی و طوفان های شدید در مناطق ساحلی خلیج فارس رخ داده است که لازم است عوامل آن شناسایی شود؛ این عوامل در کنار سایر

شده در این تحقیق مورد توجه قرار گیرد. (<https://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2017>)  
 لو در سال ۲۰۰۹ نشان داد که سه پیامد اصلی تغییرات آب و هوایی فعلی و پیش بینی شده بر اکوسیستم های دریایی و جوامع و ساحلی عبارتند از: افزایش سطح دریا؛ تغییرات دمای اقیانوس ها و اسیدی شدن اقیانوس ها که در سراسر جهان در حال رخداد است. البته این تغییرات بر روی کره زمین قطعا به طور مساوی توزیع نشده اند و همین موضوع بسیاری از پیش بینی ها را دشوار می نماید.

دستیابی به اطلاعات جامع در نیمکره جنوبی به دلایل زیادی با محدودیت مواجه است؛ بنابراین در حال حاضر استدلال های موجود در خصوص تغییرات نیمکره جنوبی و مقایسه سال های اخیر گرم در برابر سال های سرد پیشین، و تحلیل های فیزیکی و شبیه سازی های رایانه ای همه در معرض خطا و عدم اطمینان بالایی هستند. سامانه آب و هوایی نیمکره جنوبی در مقایسه با نیمکره شمالی که به صورت محلی و منطقه ای رصد شده است؛ نسبتاً کمتر مطالعه شده ولی با این وجود برخی از ویژگی های گسترده اثبات شده، و حداقل می توان برخی از عدم قطعیت ها و فرایندهای عمده را شناسایی نمود و در دستور کار پژوهش های دیگر قرار داد (چف و همکاران، ۲۰۱۲)، هورل در سال ۱۹۹۶ و گوئن و همکاران به همراه پارکر و همکاران در سال ۲۰۰۰ نشان دادند که به نظر می رسد تغییرات دمایی اخیر با تغییر گردش عمومی جو کاملاً در ارتباط است.

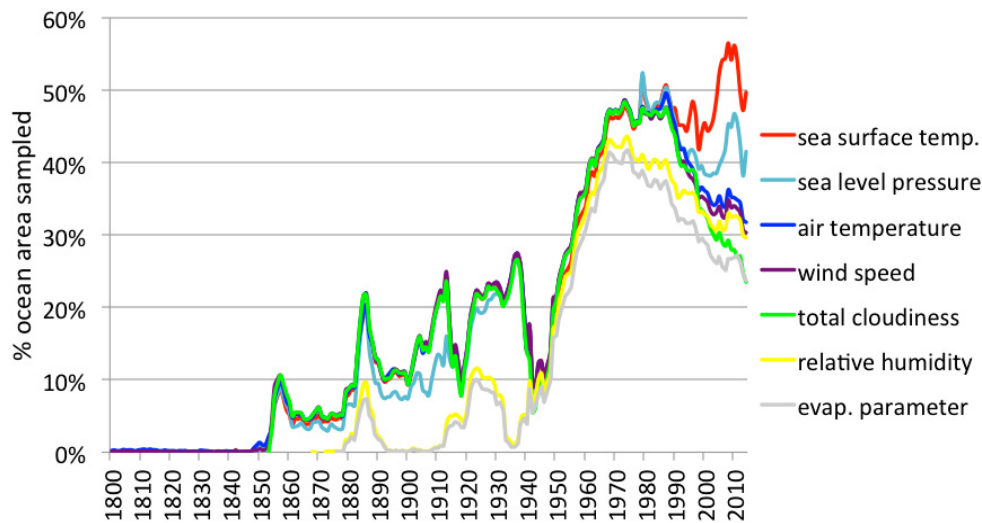
تحقیقات جهانی نشان می دهد (شکل ۱) که دمای سطح آب (SST<sup>۲</sup>) موثرترین اثربخشی در سامانه های اقیانوسی را بخصوص از سال ۱۹۸۰ که منطبق بر بازه زمانی انتخابی در این تحقیق است را به خود تخصیص داده است (<https://origin.cpc.ncep.noaa.gov>). دمای سطحی آب دریا یکی از شاخص های کلیدی گرمایش جهانی در مطالعات هوا و اقلیم می باشد (IPCC, 2013) که تغییرات آن در پاسخ به شار حرارت سطحی در محل تلاقی هوا- آب و انتقال افقی و عمودی گرمای آب رخ می دهد (کازمی و همکاران، ۱۳۹۸).  
 اساس داده های ویکی پدیا یکی از اولین متغیرهای اقیانوس

عواملی چون پدیده های دور پیوند نیز تحت تاثیر تغییرات سلول های جو هستند که همگی بر رژیم رفتاری خلیج فارس اثرگذارند. تحقیقات احمدی گیوی و همکاران در سال ۱۳۸۸ نشان می دهد که همچنین تاثیرپذیری خلیج فارس از اقیانوس هند و پدیده دو قطبی آن که خود متأثر از شرایط جوی است نیز مهم است، نوسانات اطلس نیز بر روی بادهای شمال غربی خلیج فارس تاثیر دارد. همه این مطالب دلالت بر پیچیدگی عوامل مختلف دارد. بنابراین علاوه بر تاثیرات سلول های چرخندی و شرایط نیمکره جنوبی و جنب حاره، خلیج فارس متأثر از پارامترهای ناشناخته متعددی است. با توجه به اهمیت خشکسالی در ایران خصوصاً در استان های جنوبی و در پاره ای مواقع نیز رخداد سیلاب های شدید در کشور پیش بینی بارش مناطق جنوبی ایران بسیار با اهمیت است در این راستا تحقیقاتی نیز صورت گرفته است که با توجه به شرایط کنونی کافی نیست (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۵).

امروزه وقوع حدهای نهایی پارامترهای فیزیکی آب و هوا و یا رخداد وقایع شدید آب و هوایی و ثبت آنها بسیار حایز اهمیت است. زمانی که رفتار شدید آب و هوا را تجربه کنیم، عواقب مهمی ممکن است رخ دهد، آن وقت است که باید تصمیم های بزرگی برای حفظ جان و اموال و معیشت گرفته شود. در این راستا شاخصی به نام CEI<sup>۱</sup> برای آب و هوا از سال ۱۹۱۰ تعریف و به مرور تکمیل شده تا چگونگی تأثیر ناهنجاری های شدید را نشان دهد. این شاخص در تصمیم گیری ها برای برنامه ریزی آینده به صورت آگاهانه تر کاربرد دارد. با توجه به اهمیت این موضوع شاخص های آب و هوایی دیگری نیز برای نشان دادن وقوع رویدادهای شدید خاص اقلیمی وجود دارد، که البته CEI از همه معروف تر است. این شاخص ۱۰٪ حدهای نهایی را در بازه زمانی و بازه مکانی تعریف می کند. این شاخص بالاترین و پایین ترین ۱۰ درصد افراط ها را دنبال می کند. تاکنون مطالعه ای برای تعیین داده های مورد نیاز جهت محاسبه این شاخص در ایران انجام نشده و سالانه هزینه های سنگینی برای خسارات ناشی از تنش های جوی هزینه می شود. لذا در خلیج فارس نیاز به شناسایی چنین داده هایی در ابعاد تاثیرگذار است، که پیش از این انجام نشده و تلاش

2 SST: Sea Surface Temperature

1 Climate Extremes Index



شکل ۱. پارامترهای مختلف موثر بر اقیانوس ها (برگرفته از [ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate](http://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate))

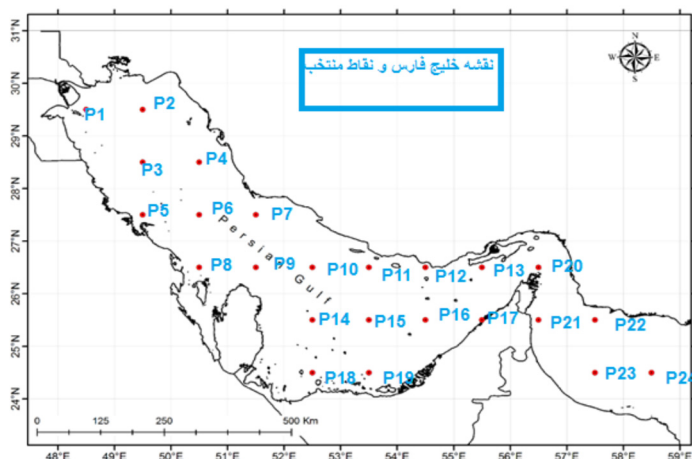
تعیین تشکیل مه دریا و نسیم دریا دارد. تغییرات دمای سطح طوفان های استوایی را نیز رقم می زند این پارامتر فیزیکی دارای اثربخشی بر عوامل بسیاری است که به همین مطلب کوتاه بسنده می شود تا ضرورت پردازش به آن در این تحقیق محقق شود.

بر اساس مقدمه فوق بررسی میزان تاثیرپذیری خلیج فارس و مناطق وابسته به آن از نیمکره جنوبی و درک ناهنجاری ها ی آب و هوای آن ضروری به نظر می رسد. در همین راستا برای دستیابی به میزان وابستگی تاثیر دمای سطحی آب های نیمکره جنوبی بر توزیع دمای سطحی آب خلیج فارس در بازه سی و شش ساله توسط داده های ماهواره ای انجام شده است.

### مواد و روش ها

مبنای تحقیق، شناسایی الگوی رفتاری دمای سطح در بازه زمانی بلند مدت است که باید مبتنی بر شناسایی عوامل واداشت مختلف باشد. به منظور تحقق این هدف از ابزارهای آماری و سنجش از دور بهره گرفته شده است. ابتدا ۲۴ نقطه در پهنه خلیج فارس، تنگه هرمز و ابتدای دریای عمان انتخاب شد (شکل ۲). سپس داده های اولیه مورد نیاز برای

شناسی که در جهان اندازه گیری شده است که نخستین بار توسط بنجامین فراکلین در بررسی خود از جریان خلیج فارس در اواخر قرن هجدهم هنگام سفر وی از امریکا صورت گرفت. برداشت داده های ماهواره های آب و هوا نیز برای تعیین اطلاعات دمای سطح دریا از سال ۱۹۶۷ نیز در دسترس بوده اند و اولین بانک اطلاعات جهانی در سال ۱۹۷۰ ایجاد شد. تغییرات بلند مدت ویژگی های آب در نواحی مختلف اقیانوس جهانی در دهه های اخیر علاقه وافر و توجه خاص به دریاهای محصور و نیمه محصور در خشکی را نیز به وجود آورده است (فرخانی و همکاران، ۱۳۹۸). امروزه پارامتر فیزیکی تغییرات SST به عنوان کمیتی کلیدی ورودی طیف گسترده ای از مدل ها در مطالعات دینامیک اقیانوس ها و دریاهای برای پیش بینی وضعیت آب و هوا، تعیین مناطق مناسب آبی پروری دریایی و ماهیگیری، آمایش مکانی پهنه های آبی، مطلوبیت زیستگاه و غیره کاربرد یافته و تغییرات SST با اثر بر لایه ترموکلاین، جمعیت گونه های گیاهی، جانوری و میکروبی، الگوی مهاجرت و تولید مثل آبزیان، فراوانی و تراکم شکوفایی مضر جلبکی و تهدید حیات موجودات حساس مانند مرجان ها می تواند وضعیت اکوسیستم های دریایی را تحت الشعاع قرار دهد (هونگ و همکاران، ۲۰۱۰). در حالی که دمای سطح دریا برای سیکلوئز استوایی نیز مهم است، و نقشی اساسی در



شکل ۲. ایستگاه های منتخب برداشت داده های سنجش از دور در خلیج فارس برای تعیین دمای سطح آب از داده های سنجش از دور در بازه سی و شش ساله

تصحیح شده‌اند که روش مذکور اتخاذ شده و احصای این داده‌ها به تفسیر در پایگاه داده‌های نوا ارایه شده‌است (<https://origin.cpc.ncep.noaa.gov>). سپس مقادیر نهایی در بازه زمانی هفت روز میانگین‌گیری شده‌اند؛ لازم به ذکر است که داده نهایی متغیرهای مختصات طول و عرض جغرافیایی در مرکز سلولهای هر شبکه هستند. از جمله ملاحظات این روش این است که غلظت یخ به صورت محاسبه درصد سطوح پوشش داده شده و در محاسبات زمین و ساحل یخی به طور کامل از محاسبات کنار گذارده شده‌اند. این روش دارای دقت بالایی در تمام مناطق اقیانوسی و دریاچه‌های بزرگ است و مناسب برای خشکی‌ها نمی‌باشد و از آنجا که مناطق ساحلی و مرتبط با خشکی نیز وجود دارد با روش درون یابی کراسمن این کمبود جبران شده‌است و مناطق خشکی با مناطق پوشیده از یخ کاملاً متفاوت لحاظ شده‌است که روش مذکور در پایگاه <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/noaa-global-temp> به صورت مبسوط و به تفسیر ارایه شده‌است.

پس از اخذ و دسته‌بندی داده‌های خلیج فارس نخست آماره‌های چولگی و کشیدگی سری سازی داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. با محاسبه آنها مشخص گردید توزیع داده‌ها به صورت نرمال می‌باشند؛ لذا مبنای سایر محاسبات واقع گردید (مشکاتی، ۱۳۹۶). بخش

دمای سطح نقاط منتخب بر اساس درون یابی زمین آماری از پایگاه نوا <http://www.cdc.noaa.gov/ClimateIn> (dices/List.2017) از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷ اخذ و پردازش گردید. متغیر زمان، دمای سطح و شاخص‌های ناهنجاری دما بر روی کره زمین از کمیت‌های اصلی تحقیق می‌باشند. منطبق بر نقاط منتخب، بازخوانی داده‌ها و همسان‌سازی طول و عرض جغرافیایی با بهره‌گیری از نرم‌افزار HDF VIEWER (داده‌های مورد نیاز در فرمت NET CDF در سایتهای اطلاعاتی مذکور ارایه شده‌اند که می‌بایست برای پردازش و بهره‌گیری از آنها توسط نرم‌افزاری به نام HDF VIEWER مورد بازخوانی قرار گیرند تا قابلیت استفاده از داده‌های خام اولیه در نرم‌افزارهای محاسباتی و تحلیلی چون اکسل، SPSS و ... فراهم گردد)، صورت گرفت. سپس داده‌ها سال به سال در نرم‌افزار اکسل سری سازی زمانی شد. بازخوانی و محاسبات نیز در SPSS و Matlab صورت گرفته‌است. داده‌های مذکور به طور خلاصه از طریق روش درون یابی در یک شبکه یک درجه‌ای به صورت هفتگی و ماهانه به دست آمده‌است. در این روش در واقع داده‌های دما با استفاده از داده‌های برگرفته از ماهواره و داده‌های شبیه‌سازی شده برای دما با در نظر گرفتن پوشش یخ و برف سطح آنها تلفیق شده‌است، پیش از محاسبه نهایی نیز داده‌های ماهواره‌ای با روش رینولدز (۱۹۸۸) و رینولدز و مارسیسکو (۱۹۹۳) و مقالات مشابه در این راستا

شده است. نحوه محاسبه مقدار ضریب استاندارد  $Z$  و میانگین به صورت روابط ۲ تا ۴ است:

$$T - \bar{T} = d \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum d^2 / N} \quad (3)$$

$$Z = \Delta T / \sigma \quad (4)$$

مطابق با استانداردهای جهانی زمانی که عدد استاندارد  $Z$  بیش از یک باشد نشانگر وقوع ناهنجاری در دماست (مولوی و همکاران، ۲۰۱۵). پس از محاسبات صورت گرفته از فرمول‌های ۴ تا ۴ ناهنجاری‌های دمای سطح احصا شده است.

میانگین دمای سالیانه در هر نقطه  $T$ ، انحراف معیار  $\sigma$ ، تعداد:  $N$ ، میانگین سی‌وشش‌ساله دما مختص هر نقطه  $\bar{T}$  است. از دیگر شاخص‌های آماری می‌توان اختلاف بیشینه و کمینه دما در هر سال را با عنوان دامنه تغییرات دما  $R$  در بازه سی‌وشش‌ساله برای همه ایستگاه هادر نظر گرفت. در این بخش از پژوهش ابتدا میانگین ماهانه SST هر ایستگاه در خلیج فارس برای دوره سی‌وشش‌ساله و سپس ناهنجاری آن محاسبه شده است. ناهنجاری دمای سطحی ( $P'$ ) هر نقطه از تفریق مقدار میانگین بلندمدت آن ( $\bar{P}$ ) از مقدار ماهانه آن در سی‌وشش سال موردنظر ( $P$ ) به دست آمده است (رابطه ۵). یعنی:

$$P' = P - \bar{P} \quad (5)$$

باتوجه به اینکه دمای سطحی یک کمیت گسسته است و از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌تواند دارای تغییرات بسیار باشد، برای مقایسه ناهنجاری‌ها با یکدیگر، از مقادیر بی‌بعد شده آن به صورت (۶) استفاده شده است:

$$P_{per(anomaly)} = \frac{P'}{\bar{P}} \times 100 \quad (6)$$

با استفاده از ضریب همبستگی گشتاور حاصل‌ضرب

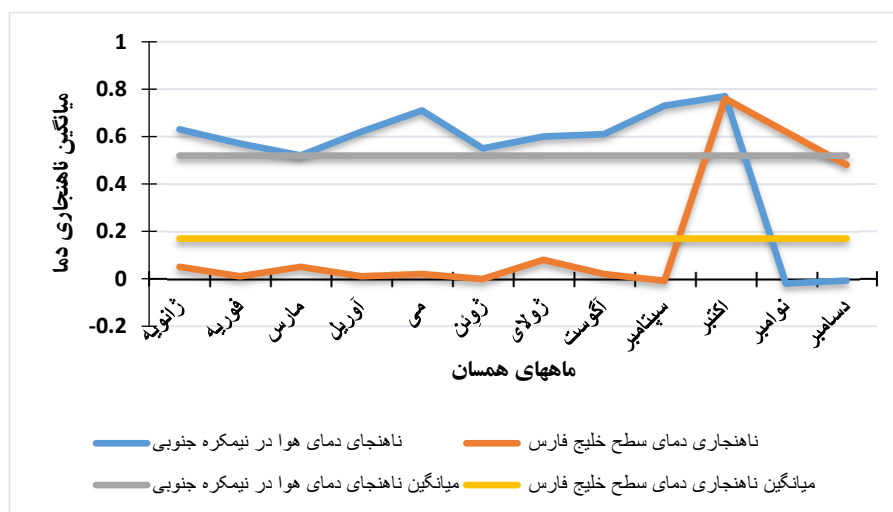
دیگر تحقیق معطوف به ارزیابی پارامتر فیزیکی دما در نیمکره جنوبی کره زمین در بازه‌های زمانی مختلف در سه بخش اقیانوس‌ها، خشکی - اقیانوس و هوا می‌باشد. یافتن ناهنجاری دما در هر دو بخش و به دست آوردن میزان وابستگی آنها و قیاس با نیمکره شمالی مبنای پژوهش را تشکیل داده است (عساکره، ۱۳۹۰).

یکی از نکات بسیار مهم این است که فصل‌ها در دو نیمکره عکس هم اتفاق می‌افتد، و از طرفی موقعیت جغرافیایی خلیج فارس هم جنب حاره‌ای و متأثر از نیمکره جنوبی است. این موضوع سبب می‌شود بررسی‌ها با رویکردهای مختلف صورت گیرد تا بتوان به نتیجه روشن تری از میزان وابستگی دست یافت؛ یعنی علاوه بر ماههای همسان که همزمان و هم فصل نیست، به ماههای همزمان که به لحاظ فصلی معکوس هستند نیز توجه شود. یعنی به زمان‌های مشابه ولی در ماههای متفاوت ولی از لحاظ فصلی معکوس نیز باید پرداخته شود. در این تحقیق هم ماههای همسان مد نظر قرار گرفت و هم فصول همسان با هم مقایسه شد و از طرفی ارزیابی سالیانه نیز بین این دو رصد شد که قاعدتاً در فصل معکوس خواهد بود. امروزه ثابت شده است که جو، اقیانوس‌ها و خشکی‌ها برهمکنش متقابل بر یکدیگر دارند و مدل‌های پیش‌بینی بر همین اساس شکل گرفته‌اند (فلاح، ۱۳۹۳).

گام نخست بررسی‌ها، تعیین بازه زمانی و تعیین سری زمانی در هر رویکرد است. گام بعدی بهره‌گیری از اعداد استاندارد آماری است. شاخص‌های میانگین، انحراف معیار، دامنه تغییرات، آزمون  $Z$ ، پریشدگی و ضریب همبستگی در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شد. برای محاسبه مقدار میانگین SST در بازه‌های زمانی مختلف از رابطه (۱) استفاده شد.

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{N} \quad (1)$$

مقدار ضریب استاندارد  $Z$  مربوط به داده SST خلیج فارس در بازه زمانی سی‌وشش‌ساله در هر ایستگاه مورد مطالعه محاسبه شد؛ بزرگی  $Z$  بیانگر ناهنجاری دماست. بزرگی بیش از یک در ضریب  $Z$  به‌عنوان وقوع ناهنجاری در دما لحاظ



شکل ۳. میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در بازه سی و شش سال درهواي نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس

از آنجا که متغیر وابسته دمای سطح تحت تاثیر عوامل متعدد است، با توجه به نرمال بودن داده ها ضریب همبستگی پیرسون برای همه عوامل محاسبه شد و رگرسیون چند متغیره خطی به صورت همزمان و گام به گام تنبیه محاسبه شد تا اثربخشی عوامل مختلف با واقعیت بیشتری مشخص شود (مشکاتی، ۱۳۹۶).

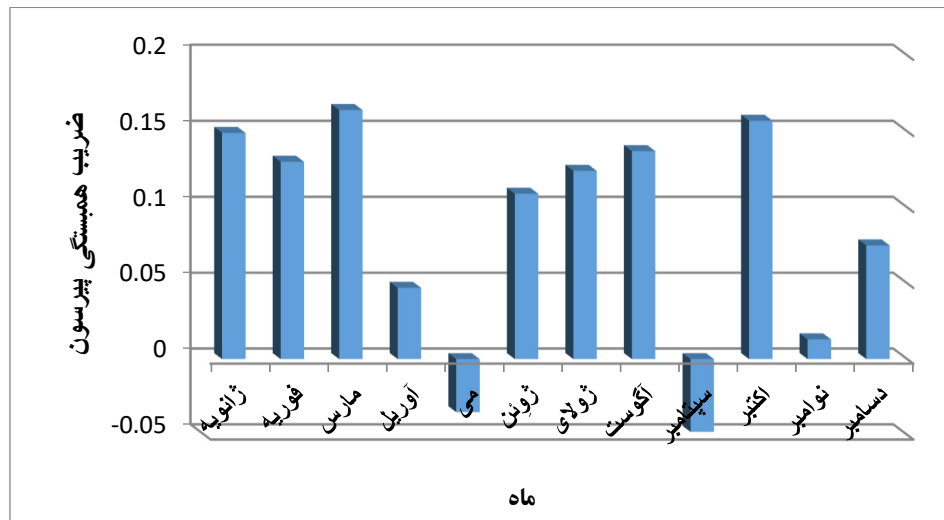
### نتایج و بحث

بررسی خطی دمای هوا در نیمکره جنوبی و دمای سطح در خلیج فارس بین ماههای همسان (فصول متفاوت) با توجه به ارتباط و اثر جو و اقیانوس بر هم، با وجود تفاوت های فیزیکی بین آنها؛ به منظور دستیابی به میزان این ارتباط، در گام نخست محاسبه میانگین ناهنجاری دما در هر دو حوضه (با توجه به توزیع نرمال داده ها) و سپس ضریب همبستگی پیرسون میانگین ناهنجاری دما بین دمای سطح خلیج فارس و هوای نیمکره جنوبی در ماههای همسان در بازه های زمانی مختلف با رویکرد وابستگی خطی انجام شد. نخست ناهنجاری دما در ماههای مشابه تعیین (شکل ۳) و سپس ضریب همبستگی پیرسون بین این دو کمیت به منظور برآورد میزان رابطه خطی این دو محاسبه شده است (شکل ۴). میانگین ناهنجاری دما در هوای نیمکره جنوبی و خلیج فارس در شکل ۳ در ماههای همسان رسم شده تا نرخ

پیرسون می توان میزان ارتباط کمیت های مختلف را سنجید و تحلیل نمود. این ضریب، معیاری عددی برای بیان وجود رابطه بین دو متغیر  $X$  و  $Y$  است که به روش رابطه  $\gamma$  محاسبه می شود:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2\right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2\right]}} \quad (7)$$

که در آن  $(X_1, Y_1)$  تا  $(X_n, Y_n)$ ، زوج های مرتب داده های ماهواره ای دمای سطح آب در منطقه خلیج فارس و کمیت هواشناختی مورد نظر در دوره های زمانی مختلف است. مقادیر  $r$  بین ۱ و -۱ می باشد؛ به این معنی که اگر ارتباط بین دو کمیت به طور کامل باشد، ضریب همبستگی آن دو کمیت، یکی از این دو عدد خواهد بود. البته در  $r=1$  نقاط زوج های مرتب در امتداد یک خط راست با شیب مثبت و در  $r=-1$  با شیب منفی (یعنی رابطه معکوس) توزیع می شوند. هر چه مقدار  $r$  به مقادیر حدى یادشده نزدیک تر باشد، فشردگی توزیع نقاط زوج های مرتب در اطراف یک خط راست بیشتر خواهد بود و هر چه مقدار  $r$  به صفر نزدیک تر شود به همان میزان ارتباط خطی بین دو کمیت ضعیف تر می گردد. در  $r=0$  هیچ گونه ارتباط خطی بین دو کمیت وجود ندارد.



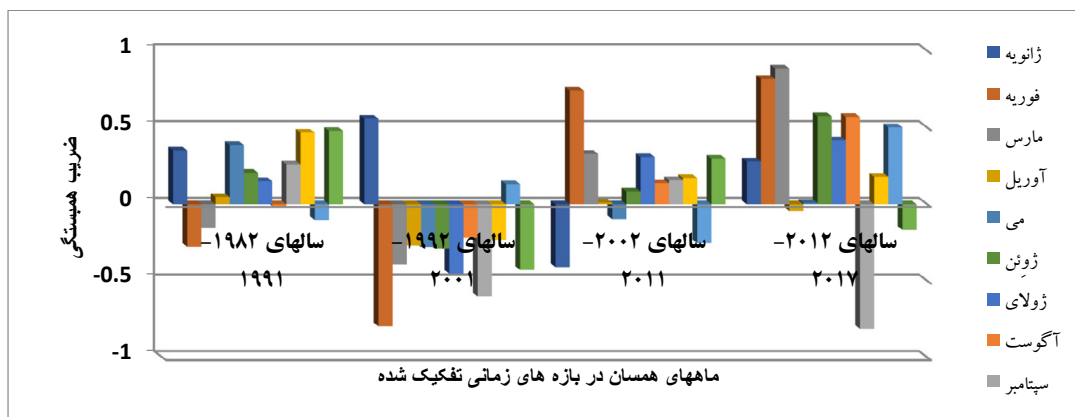
شکل ۴. ضریب همبستگی پیرسون در ماههای همسان بین میانگین ناهنجاری دما در هوای نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس بین سالهای ۱۹۸۲-۲۰۱۷

مشخصی مشاهده نمی شود. میانگین ضریب همبستگی بین این دو در این بازه ۰/۰۸ است که معنادار نیست. با رصد ماههای همسان در بازه های زمانی تفکیک شده در شکل ۵ مشخص می شود که، سالهای ۱۹۸۲-۱۹۹۱ تنها در سه ماه ضریب همبستگی منفی (فوریه، مارس و نوامبر) است، و هیچ رابطه معناداری ملاحظه نمی شود. البته ماه های اکتبر و دسامبر نزدیک به رابطه معنادار متوسط شده اند. کمینه مربوط به ماه آگوست و بیشینه نیز در ماه دسامبر است. همچنین در سالهای ۱۹۹۲-۲۰۰۱ دو ماه (ژانویه و نوامبر) ضریب همبستگی مثبت و در بقیه ماهها منفی است. روندی تقریباً برعکس ده سال گذشته داشته اند بطوریکه ۲۵٪ رابطه معنادار وجود دارد (ژانویه، فوریه و سپتامبر) که ۶۶٪ این رابطه معنادار معکوس است. کمینه مربوط به ماه نوامبر و بیشینه مربوط به ماه فوریه است. در سالهای ۲۰۰۲-۲۰۱۱ سه ماه ضریب همبستگی منفی (ژانویه، می و نوامبر) است، ۸۳٪ رابطه معنادار مثبت وجود دارد. بیشینه مربوط به فوریه و کمینه نیز به ماه آوریل اختصاص دارد.

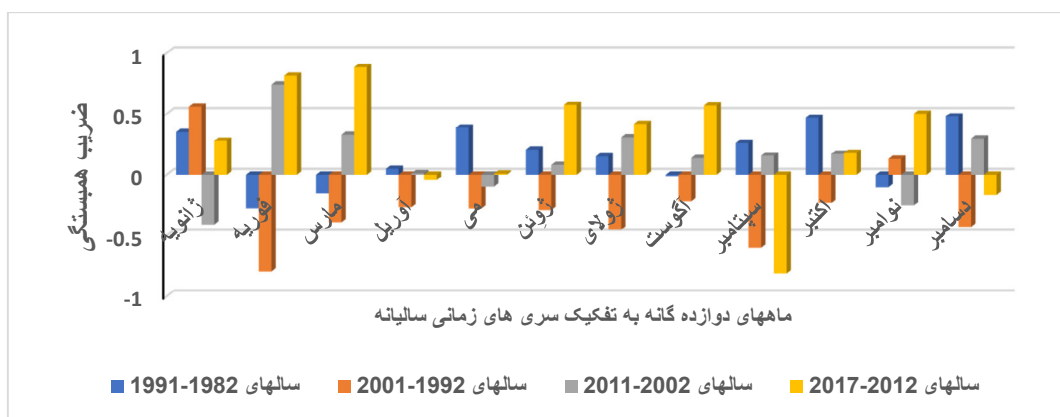
در سال های ۲۰۱۲-۲۰۱۷ سه ماه ( آوریل، سپتامبر و دسامبر) ضریب همبستگی منفی است. ۵۰٪ رابطه معنادار وجود دارد که از این مقدار ۱۶٪ رابطه معکوس است. بیشینه مقدار مربوط به ماه مارس و کمینه نیز مربوط به ماه می است.

مقایسه ای شیب تغییرات شخص شود. ماه اکتبر در هر دو حوضه بیشینه میانگین ناهنجاری دما را دارد. کمینه میانگین ناهنجاری دما در هوای نیمکره جنوبی در دسامبر رخ داده و در خصوص خلیج فارس نیز در ماه ژوئن می باشد. به طور مشابه ژانویه تا فوریه، می تا ژوئن شیب تغییرات هر دو کاهشی است. آوریل تا می، ژوئن تا ژوئیه، سپتامبر تا اکتبر در هر دو نرخ افزایشی است و در مابقی به صورت معکوس عمل کرده اند. بیشینه شیب صعودی مربوط به ماه سپتامبر تا اکتبر و بیشینه شیب نزولی نیز در اکتبر تا نوامبر است؛ میانگین دوازده ماهه میانگین ناهنجاری دما در سی و شش سال در هوای نیمکره جنوبی بسیار بیشتر از ناهنجاری در دمای سطح خلیج فارس در همین بازه می باشد. محاسبه ضریب همبستگی بین این دو پارامتر میزان ارتباط آنها را نشان خواهد داد.

همان طور که در شکل ۴ مشخص است، ضریب همبستگی معناداری بین این دو کمیت در بازه زمانی سی و شش سال ملاحظه نمی شود. از طرفی بیشینه همبستگی نیز به ترتیب در ماههای مارس، اکتبر و کمینه نیز به ترتیب در ماههای نوامبر و می رخ داده است. در بین ماههای دوازده گانه فقط می و سپتامبر همبستگی منفی را نشان می دهند. به لحاظ فصلی نیز زمستان بیشینه ارتباط و فصل بهار کمینه را نشان می دهد. در بازه درازمدت مثل زمان منتخب در این بررسی ارتباط



شکل ۵. ضریب همبستگی بین میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در بازه سی و شش سال درهواي نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس در بازه های زمانی تفکیک شده



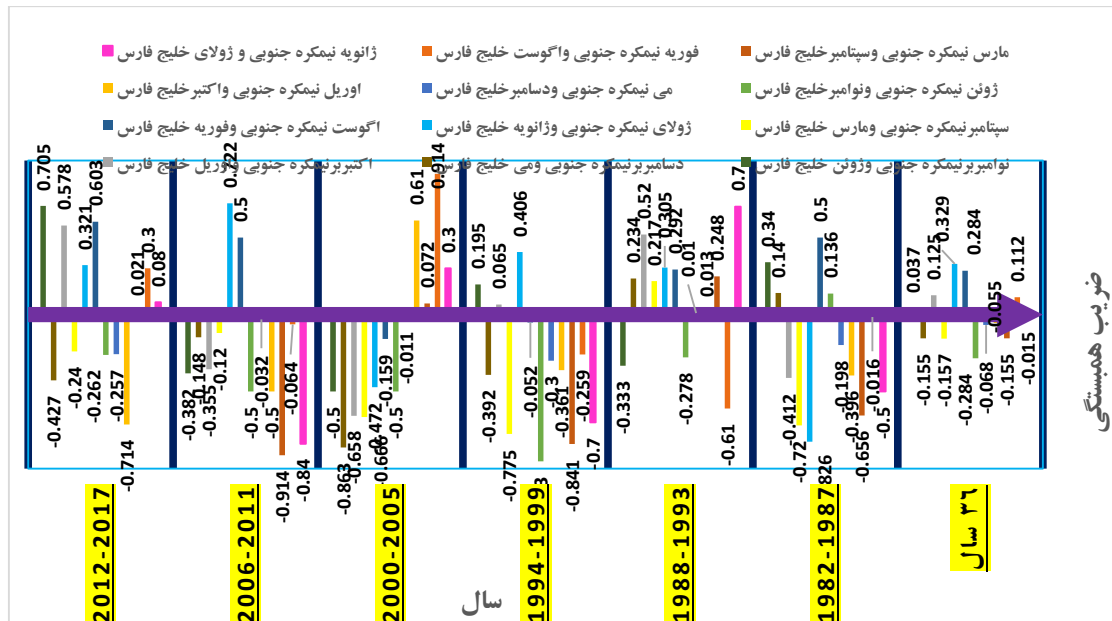
شکل ۶. ضریب همبستگی پیرسون بین میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در چهار بازه زمانی تفکیک شده به ماههای دوازده گانه درهواي نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس

نرخ تغییرات پارامترهای فیزیکی در جو و اقیانوس مشابه نیست و تاخیرات زمانی بین این دو وجود دارد. در تحقیقات مشابه این نتیجه احراز شده که انتخاب بازه های زمانی درازمدت برای تحقیق و یافتن میزان وابستگی پارامترهای فیزیکی مذکور پاسخ معنادار ندارند (احمدی گیوی و همکاران، ۱۳۸۸)، در این تحقیق نیز تایید شد که انتخاب بازه زمانی مناسب برای نتیجه بسیار حایز اهمیت است. پس از بررسی ها و انجام آزمون، بازه های شش ساله انتخاب شد.

شکل ۷ بیانگر ضریب همبستگی بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس در زمان یکسان

در شکل ۶ می توان میزان همبستگی را در هر ماه در هر بازه زمانی ملاحظه نمود و نتیجه گرفت چه زمانی بیشینه و کمینه اثر وجود داشته است. در سالهای ۱۹۹۲-۲۰۰۱ ماههای ژانویه، فوریه و سپتامبر رابطه معنادار مشاهده شد، در سالهای ۲۰۰۲-۲۰۱۱ فقط ماه فوریه رابطه معنادار دارد، و در سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ ماههای فوریه، مارس، ژوئن، آگوست و سپتامبر رابطه معنادار دارند.

بررسی خطی همزمان دمای هوا در نیمکره جنوبی و دمای سطح در خلیج فارس فصول یکسان (در ماههای مشابه)



شکل ۷. ضریب همبستگی پیروان بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و SST خلیج فارس در زمان یکسان و فصل متفاوت

را بر ناهنجاری دمای خلیج فارس دارد و در وقوع زمستان در نیمکره جنوبی کمینه تاثیر در ایجاد ناهنجاری دما در خلیج فارس مشاهده می گردد.

در سالهای ۱۹۸۸-۱۹۹۳ کمینه وابستگی در بازه زمانی قبل (۱۹۸۲-۱۹۸۷) تبدیل به بیشینه وابستگی در این بازه زمانی شده که قوی و مستقیم است و این روند در ماه بعد یعنی ماه فوریه نیمکره جنوبی (اگوست خلیج فارس) نیز قوی ولی معکوس رخ داده است. در هنگام اعتدال پاییزی در نیمکره جنوبی مجدد افزایش همبستگی مستقیم ولی متوسط رویت می شود و کمینه نیز مربوط به ماه می نیمکره جنوبی (دسامبر خلیج فارس) می باشد. در مجموع حداقل میزان وابستگی دو منطقه در این سالها رخ داده است.

در سالهای ۱۹۹۴-۱۹۹۹ بیشینه همبستگی نیز مربوط به ماه ژوئن در نیمکره جنوبی (نوامبر خلیج فارس) که کامل و معکوس رخ داده، رتبه بعدی مربوط به ماه مارس نیمکره جنوبی (سپتامبر خلیج فارس) است که در محدوده اعتدال پاییزی و بهاری در هر دو نیمکره است به صورت بسیار قوی و معکوس است. کمینه نیز مربوط به اگوست نیمکره جنوبی (فوریه خلیج فارس) می باشد.

ولی به دلیل تضاد در دو نیمکره در فصل های متفاوت است. مطابق با انتظار ضریب همبستگی معناداری بین این دو کمیت در بازه زمانی طولانی مدت سی و شش سال ملاحظه نمی شود ولی دقیقاً اعداد به دست آمده ۵۰٪ مثبت و ۵۰٪ منفی است.

در بخشی از تحقیق در بازه طولانی مدت سی و شش سال، بازه های زمانی شش ساله برای درک و مقایسه پیکربندی تغییرات در شش دوره مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان الگوی تغییرات را هر شش سال بدست آورد.

در سال های ۱۹۸۲-۱۹۸۷ بیشینه همبستگی مربوط به ماه ژولای در نیمکره جنوبی (ژانویه خلیج فارس) است که در محدوده انقلاب تابستانی و زمستانی در هر دو نیمکره و بسیار قوی و بصورت معکوس روی داده است. رتبه بعدی مربوط به ماه مارس در نیمکره جنوبی (سپتامبر خلیج فارس) است و در محدوده اعتدال پاییزی و بهاری در هر دو نیمکره مشاهده می شود. باز هم به صورت قوی و معکوس روی داده است. کمینه نیز مربوط به ماه ژانویه نیمکره جنوبی (ژولای خلیج فارس) در محدوده انقلاب زمستانی و تابستانی در هر دو نیمکره است. در این بازه زمانی وقوع تابستان در نیمکره جنوبی بیشترین اثر

در جدول ۲ نرخ ضرایب همبستگی پیرسون معنادار با تفکیک رنگ مبتنی بر شدت همبستگی ارائه شده است.

محاسبه رگرسیون خطی چند متغیره همزمان و گام به گام بر اساس آزمون های آماری چنانچه نمونه آماری مقادیر کوچک داشته باشد بهتر است به جای ضریب تعیین از ضریب تعیین تعدیل شده بهره گرفت. از طرفی محاسبات و تحقیقات نشان می دهد با توجه به عوامل واداشت متفاوت و اثرات مبهم هریک در تغییرات اقلیم نمی توان بسادگی متغیر زمان را درازمدت و برای هر پدیده یکسان لحاظ کرد و ناگزیر می بایست نخست بازه زمانی موثر برای هر پدیده را با تکرار آزمون ها یافت و همچنین برای درک اثر بخشی هر اثر به سراغ آزمون های پیچیده تر رفت. در اینجا نیز بدلیل اینکه بازه زمانی سی و شش سال نمونه کوچکی محسوب می شود، ضریب تعیین تعدیل شده در نظر گرفته شد و سپس آزمون رگرسیون خطی چند متغیره به صورت همزمان بین میانگین های سالیانه ناهنجاری های دماهای سطح خلیج فارس و خشکی- دریا کره زمین، خشکی کره زمین، اقیانوس های کره زمین، اقیانوس های نیمکره شمالی، خشکی های نیمکره شمالی، دریا-خشکی های نیمکره شمالی، دریا - خشکی های نیمکره جنوبی، خشکی های نیمکره جنوبی، اقیانوس های نیمکره جنوبی انجام شد. مقدار ضریب تعیین تعدیل شده ۰/۱۳۶ محاسبه شد. مقادیر این ضریب درصد اثرگذاری را بیان می دارد، لذا می توان استنباط کرد که حدود ۱۳/۶ درصد ناهنجاری دمای سطح خلیج فارس به عنوان متغیر وابسته تحت تاثیر عوامل مذکور است که البته نشان دهنده اثربخشی کوچکی است این عدد به همراه مقدار بزرگ تر از ۰/۰۵ که برای ضریب اطمینان بدست آمده؛ دلالت بر وجود رابطه کاملا غیرخطی بین متغیر مذکور و عوامل واداشت دارد بطوریکه حتی با محاسبه ضرایب معادله خطی (ضرایب  $\beta$ ) نیز مقادیر معناداری حاصل نشد. لذا آزمون فوق با دقت بالا دلالت بر وجود رابطه غیرخطی دارد. بنابراین پس از این آزمون انجام آزمون آماری رگرسیون گام به گام نیز که در آن عوامل واداشت ذکر شده به صورت مرحله به مرحله وارد محاسبه ها می شود در دستور کار قرار گرفت تا بتوان واداشتی که سهم بزرگ تری را به خود اختصاص

در سال های ۲۰۰۵-۲۰۰۰ بیشینه همبستگی مربوط به ماه فوریه در نیمکره جنوبی ( آگوست خلیج فارس) می باشد که کامل و معکوس رخ داده است. رتبه بعدی مربوط به دسامبر نیمکره جنوبی (می خلیج فارس) است و به صورت بسیار قوی و معکوس مشاهده می شود. کمینه نیز مربوط به می نیمکره جنوبی (دسامبر خلیج فارس) است. در سال های ۲۰۰۶-۲۰۱۱ بیشینه همبستگی مربوط به ماه مارس در نیمکره جنوبی (سپتامبر خلیج فارس) می باشد که کامل و معکوس رخ داده است. رتبه بعدی مربوط به ژانویه نیمکره جنوبی (ژولای خلیج فارس) است که به صورت بسیار قوی و معکوس روی داده است. کمینه نیز مربوط به می نیمکره جنوبی (دسامبر خلیج فارس) می باشد.

در سالهای ۲۰۱۲-۲۰۱۷ بیشینه همبستگی نیز مربوط به ماه آوریل در نیمکره جنوبی (اکتبر خلیج فارس) که قوی و معکوس رخ داده تقریبا با اعتدالین فصلی، رتبه بعدی مربوط به نوامبر نیمکره جنوبی (ژوئن خلیج فارس) است به صورت قوی و مستقیم؛ کمینه نیز مربوط به مارس نیمکره جنوبی (سپتامبر خلیج فارس) است.

مقایسه فوق نشانگر عدم تشابه رفتاری در بازه های زمانی یکسان در الگوی رفتاری خلیج فارس و به طور مشخص بر شناسایی عوامل واداشت مختلف محلی و جهانی در دوره های مختلف دارد.

رویکرد سالیانه میزان ارتباط خطی در بازه های زمانی یکسان بین دمای سطح در خلیج فارس و دمای اقیانوس ها در نیمکره جنوبی

با محاسبه ضریب همبستگی بین دمای سطح در خلیج فارس و دمای سطح در اقیانوس های نیمکره جنوبی در بررسی سالانه نتایج جدول ۱ حاصل می شود. در این جدول نرخ ضرایب همبستگی پیرسون معنادار با تفکیک رنگ مبتنی بر شدت همبستگی ارائه شده است.

رویکرد سالیانه میزان ارتباط در بازه های زمانی یکسان بین SST خلیج فارس و دمای میانگین سطح اقیانوس - خشکی در نیمکره جنوبی

جدول ۱. ضریب همبستگی پیرسون بین دمای سطح در خلیج فارس و دمای سطح در اقیانوس های نیمکره جنوبی در بازه های زمانی مختلف و ارایه وضعیت انسو (فصل ها در دو نیمکره معکوس است)

سال	ماه های همسان ۶ (ژانویه)	ماه های همسان ۶ (اکتبر)	سه ماه اول	سه ماه دوم	سه ماه سوم	سه ماه چهارم	سالینانه	وضعیت انسو
۱۹۸۲	۰.۵۰۶	-۰.۰۳۳	۰.۵۵۷	۰.۳۴۲	۰.۷۷۸	۰.۵۰۸	۰.۲۷۱	النینوی بسیار قوی
۱۹۸۳	۰.۶۷۴	۰.۰۳	۰.۷۵۹	۰.۹۳۵	-۰.۹۷۴	۰.۹۵۳	-۰.۲۸۶	لاتینای ضعیف
۱۹۸۴	-۰.۴۴۵	-۰.۰۰۳	۰.۹۹۹	۰.۹۳۹	-۰.۱۱۲	۰.۵۲۴	-۰.۲۳۴	لاتینای ضعیف
۱۹۸۵	۰.۱۷۲	۰.۲۲۸	-۰.۷۷۴	۰.۱۰۶	۰.۹۴۱	۰.۹۵۸	۰.۴۱۷	لاتینای ضعیف
۱۹۸۶	-۰.۰۷۳	۰.۰۵۱	۰.۹۹۷	۰.۲۹۳	-۰.۲۸۶	۰.۶۵۷	-۰.۱۴۴	-
۱۹۸۷	۰.۲۰۶	۰.۴۴۰	۰.۷۵۲	۰.۹۷۹	-۰.۶۷۳	۰.۵۶۴	۰.۲۶۶	النینوی قوی
۱۹۸۸	-۰.۷۶۱	۰.۳۹۳	-۰.۹۸۶	-۰.۹۱۴	۰.۹۰۹	۰.۵۵۹	-۰.۲۹۳	لاتینای قوی
۱۹۸۹	-۰.۵۶۶	-۰.۰۹۵	۰.۰۳۲	-۰.۸۶۳	۰.۰۹۱	۰.۸۱۱	۰.۳۵۱	لاتینای قوی
۱۹۹۰	۰.۰۷۲	۰.۱۱	-۰.۰۸۵	۰.۱۴۹	۰.۴۶۸	-۰.۹۲۹	-۰.۲۵۵	-
۱۹۹۱	۰.۸۲۶	-۰.۸۹۰	۰.۰۸۳	-۰.۹۹۶	-۰.۵۳۲	-۰.۸۳۶	۰.۱۶۸	النینوی قوی
۱۹۹۲	۰.۱۶۷	-۰.۵۶۵	-۰.۰۲۱	۰.۳۶۲	-۰.۹۸۶	۰.۹۹۵	-۰.۴۵۵	النینوی قوی
۱۹۹۳	-۰.۷۵۳	۰.۳۵۲	-۰.۳۸۳	-۰.۹۹۴	-۰.۹۷۵	۰.۱۷۸	-۰.۲۶۷	-
۱۹۹۴	-۰.۶۹۳	۰.۰۲۴	۰.۵۳۷	-۰.۹۴۹	-۰.۹۴۴	۰.۶۵۵	-۰.۲۲۶	النینو متوسط
۱۹۹۵	۰.۶۶۸	-۰.۵۰۱	۰.۳۵۹	-۰.۶۴۰	-۰.۹۹۲	-۰.۴۴۸	-۰.۱۲۶	النینو و لاتینا متوسط
۱۹۹۶	۰.۰۴۸	۰.۰۹	۰.۲۳۷	۰.۸۰۳	-۰.۱۵۶	-۰.۰۷۶	۰.۱۰۸	لاتینا متوسط
۱۹۹۷	۰.۲۶۴	-۰.۵۳۶	۰.۲۳۰	۰.۹۶۵	-۰.۲۵۵	-۰.۷۳۴	۰.۵۳۱	النینو بسیار قوی
۱۹۹۸	۰.۱۲	-۰.۳۵۱	-۰.۹۰۱	۰.۰۷۳	-۰.۲۴۸	-۰.۲۴۳	-۰.۱۵۵	النینو بسیار قوی و لاتینای قوی
۱۹۹۹	-۰.۱۹۵	-۰.۴۳۳	-۰.۷۳۴	-۰.۷۳۶	۰.۰۷	۰.۳۱۸	۰.۱۲۶	لاتینای قوی
۲۰۰۰	-۰.۱۱۰	۰.۳۶۹	-۰.۷۲۲	۰.۲۱۳	۰.۱۳۴	-۰.۹۲۹	۰.۰۵۳	لاتینای قوی و سپس ضعیف
۲۰۰۱	۰.۱۱۸	۰.۲۳۰	۰.۲۰۳	۰.۷۳۶	-۰.۹۹۵	-۰.۰۶	۰.۱۰۲	لاتینای ضعیف
۲۰۰۲	-۰.۲۰۳	۰.۰۰۷	-۰.۱۳۸	۰.۹۳۳	۰.۰۶۴	۰.۹۹۴	۰.۱۷۱	النینوی متوسط
۲۰۰۳	۰.۷۶۴	۰.۷۲۲	۰.۹۴۹	۰.۸۶۲	-۰.۸۰۷	-۰.۹۹۴	۰.۳۸۶	النینوی متوسط
۲۰۰۴	-۰.۰۷۷	۰.۳۸۶	-۰.۲۸۱	-۰.۶۰۳	-۰.۳۰۶	۰.۲۵۴	۰.۲۲۸	النینو و لاتینوی ضعیف
۲۰۰۵	۰.۰۶۶	-۰.۲۱۵	۰.۸۰۲	-۰.۹۸۱	-۰.۳۲۷	۰.۲۷۳	-۰.۴۳۸	النینوی و لاتینوی ضعیف
۲۰۰۶	-۰.۳۱۱	-۰.۹۲۳	۰.۹۵۱	-۰.۸۵۴	-۰.۷۸۷	-۰.۸۶۷	-۰.۵۳۴	لاتینای ضعیف
۲۰۰۷	-۰.۵۰۳	۰.۸۵۹	-۰.۴۴۰	-۰.۹۹۵	۰.۹۲۸	۰.۹۸۱	۰.۵۳۴	لاتینای قوی
۲۰۰۸	۰.۶۰۱	-۰.۰۴۸	۰.۰۳۹	۰.۳۱۸	۰.۸۱۹	۰.۴۲۹	۰.۵۱۶	لاتینای قوی و سپس ضعیف
۲۰۰۹	-۰.۶۹۶	۰.۰۶۹	۰.۰۰۶	۰.۰۳۷	-۰.۶۵۲	۰.۰۲۷	-۰.۳۸۹	لاتینای ضعیف و النینوی متوسط
۲۰۱۰	۰.۹۳۶	۰.۱۲۱	۰.۹۵۶	۰.۹۹۰	۱	۰.۸۲۶	۰.۷۰۹	لاتینای قوی
۲۰۱۱	۰.۸۵۴	۰.۱۱۱	۰.۹۵۴	۰.۹۲۵	-۰.۹۷۸	۱	-۰.۰۵۹	لاتینای قوی
۲۰۱۲	-۰.۳۵۸	-۰.۵۷۲	-۰.۹۰۳	۰.۶۳۳	۰.۵۴۲	-۰.۹۵۱	۰.۱۴۶	لاتینای متوسط
۲۰۱۳	-۰.۳۳۶	۰.۷۲۶	۱.۰۰	-۰.۶۴۳	۰.۹۲۸	-۰.۳۰۲	-۰.۰۲۱	-
۲۰۱۴	۰.۹۳۴	-۰.۹۲۳	۱.۰۰	-۰.۱۹۷	-۰.۲۴۰	۰.۸۶۰	۰.۷۷۳	النینوی ضعیف
۲۰۱۵	۰.۶۹۸	-۰.۱۳۳	-۰.۹۸۳	۰.۹۹۸	۰.۹۳۵	-۰.۹۹۷	-۰.۰۵۸	النینوی ضعیف و سپس قوی
۲۰۱۶	۰.۸۵۱	۰.۷۰۰	۰.۹۹۵	-۰.۰۷۱	-۰.۰۷۱	۰.۶۳۸	۰.۶۳۸	النینوی قوی
۲۰۱۷	۰.۶۵۳	۰.۷۱۰	۰.۲۳۰	۰.۹۴۲	۰.۰۱۵	۰.۹۶۵	۰.۳۲۸	لاتینای ضعیف

سطح خلیج فارس و خشکی و اقیانوس های کره زمین مقدار ۴/۳ درصد محاسبه شد. ضریب همبستگی همین متغیر با میانگین های سالینانه ناهنجاری های دماهای سطح خشکی- دریا و خشکی و اقیانوس های کره زمین ۲/۴ درصد و با میانگین سالینانه ناهنجاری دمای سطح اقیانوس ها و خشکی و سطح دریا-خشکی نیمکره شمالی ۲/۸ درصد، و با میانگین سالینانه

داده است را یافت. با این آزمون آماری نیز میزان ارتباط بین میانگین های سالینانه ناهنجاری های دماهای سطح خلیج فارس و تک تک عوامل مذکور مشابه همزمان و با همان دقت بصورت کاملاً غیرخطی محاسبه کرد. با انجام رگرسیون گام به گام در بازه سی و شش ساله میزان ارتباط بین میانگین های سالینانه ناهنجاری های دماهای

جدول ۲. ضریب همبستگی پیرسون بین دمای سطح در خلیج فارس و دمای سطح در اقیانوس - خشکی نیمکره جنوبی در بازه های زمانی مختلف و آرایه وضعیت انسو (فصل ها در دو نیمکره معکوس است)

سال	ماه های همسان ۶ (ژانویه)	ماه های همسان ۶ (اکتبر)	سه ماه اول	سه ماه دوم	سه ماه سوم	سه ماه چهارم	سالانه	وضعیت انسو
۱۹۸۲	۰.۴۶۳	-۰.۴۴۵	۰.۵۹۹	۰.۰۲۳	۰.۴۶۶	-۰.۸۵۸	۰.۱۴۷	النیوی بسیار قوی
۱۹۸۳	۰.۵۳۷	-۰.۳۷۵	۱.۰۰	۰.۹۸۵	-۰.۴۲۷	-۰.۳۶۸	۰.۱۰۹	لاتینای ضعیف
۱۹۸۴	۰.۴۲۹	-۰.۱۳۸	۰.۷۶۶	-۰.۵۱۱	-۰.۷۳۲	۰.۳۱۹	۰.۲۱۲	لاتینای ضعیف
۱۹۸۵	۰.۰۶۹	۰.۶۳۱	۰.۰۸۶	۰.۰۱۳	-۰.۹۵۲	۰.۹۱۱	-۰.۱۹۳	لاتینای ضعیف
۱۹۸۶	-۰.۳۵۳	-۰.۱۵۵	۰.۹۷۵	-۰.۷۲۶	-۰.۰۴۴	-۰.۱۹۷	۰.۲۲۶	-
۱۹۸۷	-۰.۱۱۱	-۰.۸۳۳	-۰.۱۶۹	۰.۳۶۸	۰.۳۹۴	-۰.۹۱۸	-۰.۵۲۵	النیوی قوی
۱۹۸۸	-۰.۶۷۴	۰.۳۶۲	۰.۵	-۰.۹۱۴	-۰.۹۹۸	۰.۵۶۸	-۰.۱۹۸	لاتینای قوی
۱۹۸۹	-۰.۰۲	۰.۳۴۷	۰.۹۹۹	-۰.۹۹۱	۰.۰۵۲	۰.۹۵۶	۰.۱۷۱	لاتینای قوی
۱۹۹۰	-۰.۳۷۵	۰.۰۳۷	-۰.۸۳۷	-۰.۲۶۹	۰.۲۱۳	-۰.۹۷۵	-۰.۲۹۶	-
۱۹۹۱	۰.۸۷۱	-۰.۸۲۵	-۰.۸۸۴	-۰.۳۸۲	۰.۳۳۰	۰.۸۵۴	۰.۲۳۶	النیوی قوی
۱۹۹۲	۰.۰۳۷	-۰.۴۵۹	-۰.۵۱۸	۰.۷۸۰	-۰.۹۶۶	-۰.۷۱۸	-۰.۴۸۸	النیوی قوی
۱۹۹۳	-۰.۸۵۵	۰.۳۱۹	-۰.۸۷۰	-۰.۹۲۹	-۰.۴۷۰	-۰.۳۸۷	-۰.۴۲۴	-
۱۹۹۴	-۰.۷۰۱	۰.۱۱۷	۰.۹۹۴	-۰.۹۸۶	۰.۴۷۶	-۰.۸۷۴	-۰.۱۶۸	النیو متوسط
۱۹۹۵	-۰.۸۲۵	-۰.۷۱۰	۰.۹۸۴	۰.۴۸۰	-۰.۹۹۸	-۰.۴۶۰	-۰.۰۱۶	النیو و لاتینا متوسط
۱۹۹۶	-۰.۱۹۲	۰.۱۹۳	۰.۳۱۰	-۰.۸۰۳	-۰.۴۷۰	۰.۹۱۷	-۰.۰۴۳	لاتینا متوسط
۱۹۹۷	۰.۲۶۴	۰.۵۳۷	-۰.۰۱۹	۰.۹۸۷	۰.۰۸۷	۰.۹۴۲	۰.۸۷۲	النیو بسیار قوی
۱۹۹۸	۰.۲۹۶	-۰.۲۴۵	-۰.۹۶۹	۰.۶۵۷	-۰.۲۰۲	۰.۹۹۳	-۰.۰۴۶	النیو بسیار قوی و لاتینای قوی
۱۹۹۹	-۰.۲۹۵	۰.۱۹۸	-۰.۸۹۰	-۰.۱۳۱	۰.۸۳۳	۰.۹۹۹	-۰.۱۹۸	لاتینای قوی
۲۰۰۰	-۰.۱۵۹	-۰.۰۱۰	-۰.۲۸۰	-۰.۲۸۶	-۰.۱۲۳	۰.۱۸۹	-۰.۱۸۸	لاتینای قوی و سپس ضعیف
۲۰۰۱	-۰.۱۳۳	-۰.۶۶۷	-۰.۹۸۴	-۰.۰۶	۰.۰۷۲	-۰.۸۷۷	-۰.۲۱۵	لاتینای ضعیف
۲۰۰۲	-۰.۰۸۱	۰.۱۸۷	-۰.۰۰۹	۰.۸۴۶	-۰.۲۱۵	۰.۶۵۵	۰.۱۲۱	النیوی متوسط
۲۰۰۳	۰.۶۸۷	-۰.۲۳۰	۰.۷۴۶	۰.۸۷۰	-۰.۳۰۵	۰.۹۶۹	-۰.۰۶۸	النیوی متوسط
۲۰۰۴	۰.۱۰۸	۰.۳۹۲	-۰.۵۸۰	-۰.۰۵	-۰.۱۹۵	۰.۹۳	۰.۳۰۵	النیو و لاتینوی ضعیف
۲۰۰۵	-۰.۱۶۲	۰.۱۶۷	۰.۶۸۴	۰.۰۰۸	-۰.۲۲۲	۱.۰۰	-۰.۳۷۹	النیوی و لاتینوی ضعیف
۲۰۰۶	-۰.۰۷	-۰.۵۳۳	۰.۵۱۶	-۰.۶۶۳	-۰.۶۴۷	۰.۵۹۸	-۰.۰۶۴	لاتینای ضعیف
۲۰۰۷	-۰.۰۱۱	۰.۵۲۱	-۰.۳۴۷	۰.۹۸۱	۰.۱۲۰	۰.۷۶۸	۰.۴۳۴	لاتینای قوی
۲۰۰۸	۰.۶۴۷	-۰.۰۰۱	۰.۴۲۸	۰.۱۳۳	-۰.۹۹۰	۰.۹۹۸	۰.۵۰۸	لاتینای قوی و سپس ضعیف
۲۰۰۹	-۰.۷۱۷	-۰.۲۷۰	-۰.۱۵۹	۰.۱۷۶	۰.۱۲۳	-۰.۵۷۸	-۰.۴۴۹	لاتینای ضعیف و النیوی متوسط
۲۰۱۰	۰.۸۶۳	۰.۱۶۷	۰.۴۰۵	۰.۹۹۰	۰.۰۳۴	۰.۹۶۵	۰.۷۳۷	لاتینای قوی
۲۰۱۱	۰.۹۴۹	۰.۳۴۷	۰.۸۶۵	۰.۹۷۳	-۰.۹۱۰	۰.۹۷۱	۰.۲۴۲	لاتینای قوی
۲۰۱۲	-۰.۲۹۳	۰.۵۲۹	-۰.۹۲۴	۰.۱۶۳	۰.۷۰۱	-۰.۷۹۷	۰.۵۳۷	لاتینای متوسط
۲۰۱۳	-۰.۶۷۶	۰.۹۸۶	-۰.۰۱۵	-۰.۶۳۱	-۰.۸۵۶	۰.۸۷۹	-۰.۳۷۹	-
۲۰۱۴	-۰.۸۸۷	۰.۴۸۶	۰.۳۶۸	۰.۴۰۴	-۰.۶۵۶	۰.۹۶۰	۰.۷۹۷	النیوی ضعیف
۲۰۱۵	۰.۷۱۶	-۰.۳۴۹	۰.۵۹۶	۰.۹۰۶	-۰.۰۸۱	-۰.۶۳۶	-۰.۲۰۵	النیوی ضعیف و سپس قوی
۲۰۱۶	۰.۶۷۲	۰.۷۳۰	۰.۹۲۵	-۰.۰۳۷	۰.۹۸۷	۰.۹۲۵	۰.۶۳۵	النیوی قوی
۲۰۱۷	۰.۲۷۷	۰.۶۶۷	-۰.۱۳۷	۰.۳۶۴	-۰.۰۰۶	۰.۸۴۷	۰.۴۳۷	لاتینای ضعیف

مقادیر کوچک عددی را نشان می دهد که دلالت بر وجود رابطه کاملا غیرخطی را دارد. پیچیدگی های عوامل و اداشت مختلف نشان می دهد

ناهنجاری دمای سطح دریا - خشکی، خشکی، اقیانوس های نیمکره جنوبی ۳/۳ درصد را نشان می دهد. منطبق بر دلایل ذکر شده در مقدمه این بخش در اینجا نیز نتایج محاسبه ها

جدول ۳. رگرسیون چند متغیره خطی گام به گام

میانگین سالیانه ناهنجاری دمای خشکی- دریا کره زمین	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای اقیانوس‌های نیمکره جنوبی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای خشکی‌های نیمکره جنوبی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای دریا - خشکی نیمکره جنوبی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای دریا خشکی‌های نیمکره شمالی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای خشکی‌های نیمکره شمالی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای اقیانوس‌های نیمکره شمالی	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای اقیانوس‌های کره زمین	میانگین سالیانه ناهنجاری دمای سطح خشکی‌های کره زمین	رگرسیون چند متغیره خطی گام به گام
									میانگین سالیانه ناهنجاری دمای سطح خلیج فارس
٪۷	٪۱۸	٪۰۱۵	٪۰۱۹	٪۱۸	٪۰۱۲	٪۳	٪۶	٪۵	

جدول ۴. محاسبه رگرسیون خطی با عوامل واداشت مختلف در بازه های مختلف زمانی

۱۲ سال سوم	۱۲ سال دوم	۱۲ سال نخست	رگرسیون غیر خطی تمام عوامل
۰/۷۶	۰/۸۳۶	۰/۶۰۵	R
٪۵۷	٪۶۹	٪۳۶	R Square
۳۶ سال	۱۲ سال سوم	۱۲ سال دوم	رگرسیون غیر خطی خشکی، اقیانوسها و خشکی-دریا کره زمین
۰/۳۲	۰/۵۵۴	۰/۳۰۹	R
٪۱۰	٪۳۰	٪۹/۶	R Square
۳۶ سال	۱۲ سال سوم	۱۲ سال دوم	رگرسیون غیر خطی خشکی، اقیانوسها و خشکی-دریا نیمکره شمالی
۰/۲۴۵	۰/۶۶	۰/۳۰	R
٪۶	٪۴۴	٪۹	R Square
۳۶ سال	۱۲ سال سوم	۱۲ سال دوم	رگرسیون غیر خطی خشکی، اقیانوسها و خشکی-دریا نیمکره جنوبی
۰/۲۳	۰/۴	۰/۵۸	R
٪۵/۶	٪۱۶/۷	٪۳۲/۶	R Square

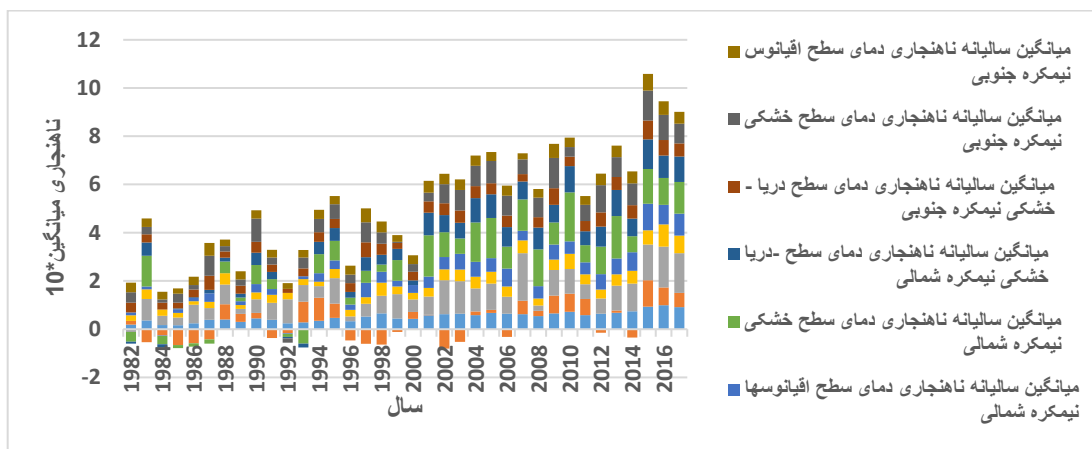
شد (جدول ۴).

بر اساس داده های شاخص ناهنجاری از پایگاه داده های نوا در شکل ۸ می توان مقایسه نوسان های ناهنجاری دمای سطح را بین واداشت های مذکور و خلیج فارس را مشاهده نمود. پیکربندی شکل مذکور بیشترین تشابه را بین ناهنجاری دمای سطح در خلیج فارس و نیمکره جنوبی را نشان می دهد.

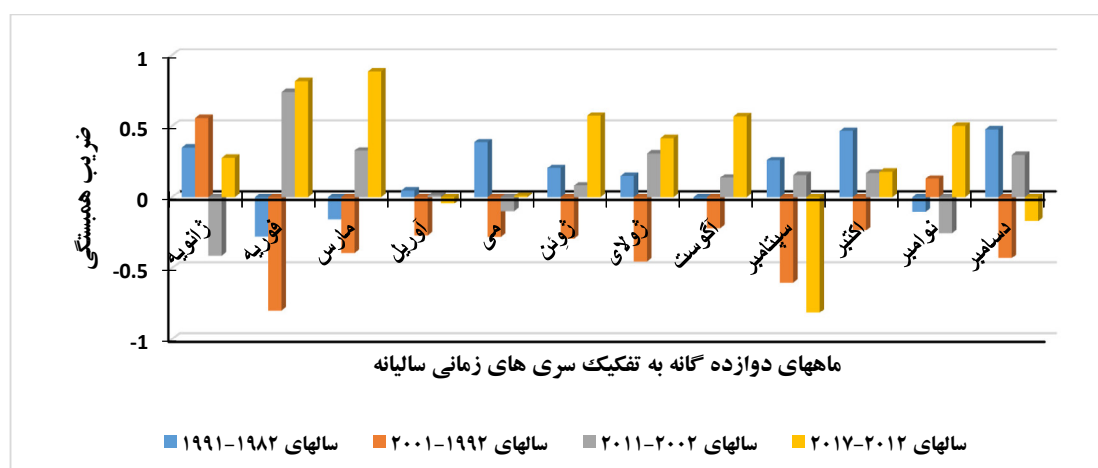
### جمع بندی

در این بخش به مقایسه و تحلیل برون دادهای تحقیق پرداخته می شود. در شکل ۹ می توان ضریب همبستگی بین میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در چهار بازه

بازه های زمانی بلند مدت نتایج معناداری را به دست نمی دهد و در هر سال بستر وقوع یک پدیده جدید با اثربخشی متفاوت در جهان وجود دارد لذا ضروری است بازه های زمانی موثر تعیین شود. در اینجا نیز محاسبه ها مکرر با شکستن بازه زمانی با مقادیر مختلف از دو سال تا ۱۸ سال این آزمون مرتباً تکرار شد و در حالی که برای بازه های زمانی دیگر ضریب تعیین و ضریب اطمینان بی معنا بود؛ نهایتاً برای زمان ۱۲ سال زمان موثرتر و معنادارتری حاصل شد که البته انطباق آن با عدد ۳۶ برای قیاس در بازه زمانی همسان نیز لحاظ گردید. در این بازه زمانی ۱۲ سال، بین دمای سطح خلیج فارس و سایر عوامل ضریب همبستگی پیرسون و R Square محاسبه



شکل ۸. مقایسه نوسانات ناهنجاری دمای سطح بین عوامل واداشت و خلیج فارس در بازه زمانی ۱۹۸۲-۲۰۱۷



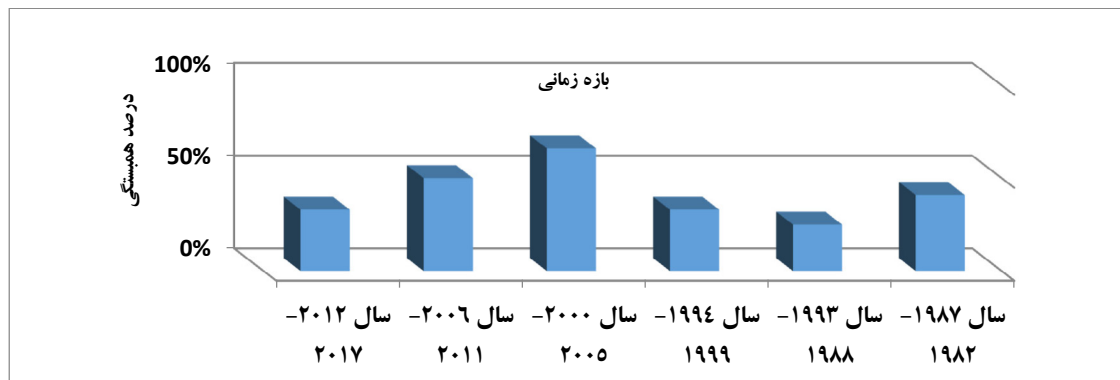
شکل ۹. ضریب همبستگی بین میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در چهار بازه زمانی تفکیک شده به ماههای دوازده گانه درهواي نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس

طور کلی در کل بازه ۱۴/۵۸٪ رابطه معنادار است که ۳۰٪ آن معکوس و همان طور که انتظار می رفت رابطه کامل بین این دو کمیت در بازه سی و شش سال مشاهده نمی شود و ۴۱/۸۵٪ رابطه نیز کاملاً بدون معناست. با شکستن بازه زمانی در شکل ۱۰ به منظور دستیابی به بازه زمانی معنادار پس از بررسی بازه‌های زمانی مختلف بازه زمانی شش ساله منتخب قرار گرفت که بیشینه معنا نیز در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ رخ داده‌است.

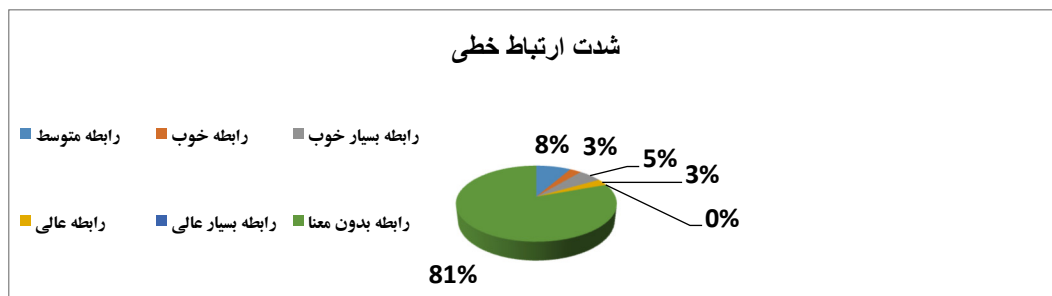
در شکل ۱۱ میزان همبستگی سالانه بین دمای سطح

زمانی تفکیک شده به ماههای دوازده گانه درهواي نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس را ملاحظه نمود. به وضوح حد نهایی ضریب همبستگی در بازه زمانی ۲۰۱۲-۲۰۱۷ در ماههای فوریه، مارس، ژوئن، ژولای، آگوست، سپتامبر و نوامبر وجود دارد. در تمام بازه های زمانی ماه آوریل حداقل وابستگی را نشان می دهد

میزان همبستگی به تفکیک شدت بین میانگین ناهنجاری دمای هوای نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس در ماههای همسان در بازه سی و شش سال مشخص است. به



شکل ۱۰. درصد رابطه معنادار همبستگی بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس در ماههای همسان و فصلهای متفاوت



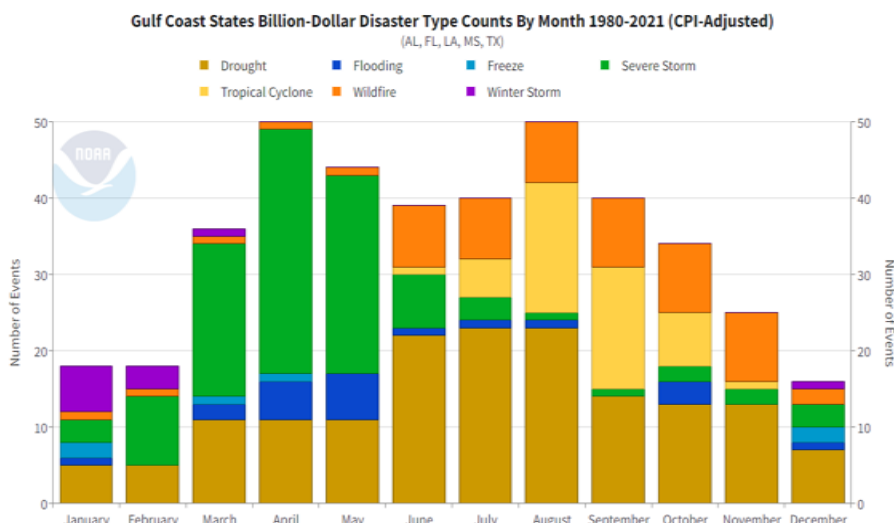
شکل ۱۱. میزان همبستگی سالانه بین دمای سطح خلیج فارس و دمای اقیانوس-خشکی در نیمکره جنوبی

این تغییرات واکاوی شود.

بر اساس نتایج این تحقیق کمینه ناهنجاری دمای سطح در خلیج فارس در سال ۱۹۸۷ و بر اساس داده های نوا کمینه دمای هوا در نیمکره جنوبی در سال ۱۹۹۹ رخ داده است. به طور مشابه همچنین بیشینه آن نیز برای خلیج فارس در سال ۲۰۱۵ و برای نیمکره جنوبی سال ۲۰۱۲ می باشد، لذا اشتراکی در این خصوص وجود ندارد. در سال ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ زمین ۱۵ ماه النینوی شدید را به خود دیده است؛ سالی که ناهنجاری در دمای خلیج فارس نیز حداکثر تنوع و مقدار را نشان می دهد در عین حال سالی است که اوج همبستگی خطی بین دمای سطح در خلیج فارس و دمای سطح در اقیانوس های نیمکره جنوبی نیز دیده می شود.

در بازه زمانی بررسی شده در اقیانوس های نیمکره جنوبی هرگز ناهنجاری دما بیش از ۰/۷ ملاحظه نشد ولی در سالهای ۲۰۱۴-۲۰۱۵، و ۲۰۱۷ مقادیر ناهنجاری بیشتری را می توان دید. البته در سالهای ۱۹۹۷-۱۹۹۸ هم افزایش مشاهده می

خلیج فارس و دمای اقیانوس-خشکی در نیمکره جنوبی را با تحلیل میزان شدت ارتباط خطی می توان مشاهده نمود و حد نهایی منفی نیز در همین بازه است و این در حالی است که تحقیقات جهانی نشان می دهند، الگوی رفتاری دمای کره زمین در این بازه ملایم ترین وضعیت را تجربه کرده است (<https://www.ncei.noaa.gov>). لذا چنانچه عوامل واداشت محدود باشند، خلیج فارس وزن تاثیر پذیری بالایی را به لحاظ موقعیت جنب حاره بودن از شرایط نیمکره جنوبی را دارد. اثبات این مهم نیاز به تحقیقات بیشتر دارد و حد نهایی مثبت نیز در بازه ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ به وقوع پیوسته است. از طرفی با پیدایش اثرات گرمایش کره زمین میزان همبستگی معنادار نرخ افزایشی داشته است لذا ضرورت دارد نخست به شناسایی الگوی رفتاری تمام پارامترهای فیزیکی خلیج فارس در درازمدت پرداخته شود و سپس منشا تغییرات را شناسایی و راستی آزمایی نمود. بنابراین با توجه به فقدان اطلاعات اولیه مورد نیاز برای خلیج فارس می بایست دلایل واداشت اصلی



شکل ۱۲. خسارات ناشی از بلایای طبیعی در مناطق ساحلی خلیج فارس (برگرفته از سایت <https://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-cli-mate-2017>)

در بخش‌هایی این بررسی انجام شد؛ در خصوص یافتن زمان موثر بین دو پدیده با بهره‌گیری از روش تصادفی بین سه تا هفت سال در نمونه‌های آماری بازه شش سال با اکثریت قاطع دارای معناداری بود و ملاک بسیاری از بررسی‌ها واقع شد. در خصوص دما در سطح خلیج فارس و دمای هوای نیمکره جنوبی ارتباط کامل و معنادار در بازه زمانی دوسال وجود داشت اما هنگام انتخاب بازه‌های متفاوت دیگر زمانی نرخ آن دچار تغییر می‌شود. در مجموع در بازه منتخب این تحقیق از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷، ۲۰ بار رابطه معکوس و ده بار مستقیم (در مجموع ۳۰ بار) رخ داده؛ بطوریکه ۴۲٪ رابطه معنادار خطی بین ناهنجاری دما در هوای نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس وجود داشته است. از سال ۲۰۱۲ به بعد میزان این همبستگی بین میانگین ناهنجاری دما در ماههای همسان در بازه سی و شش سال در هوای نیمکره جنوبی و سطح خلیج فارس افزایش قابل توجهی داشته است.

همچنین ضریب همبستگی پیرسون بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و دمای سطح در خلیج فارس در زمان همسان ولی (به دلیل شرایط دو نیمکره) در فصل‌های متفاوت تنها در یک مورد در بازه زمانی بلند مدت سی و شش سال ۰/۳ محاسبه شده که نشانگر عدم رابطه معنادار می‌باشد. نتیجه

شود؛ ولی سال ۱۹۸۲ با وجود رخداد النینوی قوی تغییرات قابل توجهی مشاهده نگردیده و فقط در سال ۱۹۸۳ برای چند ماه تا ۰/۵ درجه سلسیوس تغییرات ملاحظه شده است. در صورتیکه در سال‌هایی که النینوی بسیار قوی رخ داده ناهنجاری دما در دمای سطح خلیج فارس دیده می‌شود به جز سال ۱۹۸۷-۱۹۸۸ که النینوی قوی و ۱۹۸۸-۱۹۸۹ لاینیای قوی پشت سر هم روی داده، اما هیچ ناهنجاری قابل توجهی در دمای خلیج فارس مشاهده نمی‌شود. در سال ۱۹۹۰-۱۹۹۱ پس از النینو و لاینیای پی در پی که همزمان با پدیده خاصی نیست؛ ناهنجاری شدید در دما مشاهده می‌شود، همچنین با مقایسه میانگین سالیانه ناهنجاری دما در سی و شش سال در هوای نیمکره جنوبی و دمای سطح خلیج فارس مشاهده شد که شدت ناهنجاری در خلیج فارس در همین بازه بسیار کمتر است.

نتایج این تحقیق بیانگر این است که برای دستیابی به میزان ارتباط کمیت‌ها باید بازه زمانی موثر بین آنها محاسبه شود، در بازه‌های زمانی طولانی در هیچ موردی رابطه معناداری وجود ندارد، بررسی‌های مختلف نشان می‌دهند که باید بازه زمانی شکسته شود و انتخاب بازه زمانی مناسب خود نیاز به تحقیق و آزمون و خطا دارد که در این تحقیق

در این میان ماه های اکتبر تا دسامبر ۲۰۰۵ بیشینه را به خود تخصیص داده است ( <https://ncei.noaa.gov/news/> ).

### reporting-state-climate-2017

گرم شدن سطح زمین نیز در دو دوره ۱۹۱۰ تا ۱۹۴۵ و بعد از اواسط دهه ۱۹۷۰، رخ داده است. میزان افزایش دما برای هر دو دوره حدود ۰/۱۵ درجه سانتی گراد در هر دهه برآورد شده است و مطالعات اخیر در خصوص الگوی جهانی تغییرات دما نشان می دهد که از اواخر دهه ۱۹۷۰، روند گرم شدن سطح خشکی ها از سطح دریاها بیشتر است ( <https://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2017> ) گرچه میزان گسترش محدوده گرمسیری و متعاقب آن خشک شدن نیمه گرمسیری رو به افزایش است و انتظار می رود که در طول قرن بیست و یکم با گرم شدن کره زمین نیز ادامه یابد. توجه به تغییرات دمایی بر روی اکوسیستم های آبی بسیار حایز اهمیت است و به طور مشخص تغییر دمای سطح آب دریاها و اقیانوس ها همچنان دارای پتانسیل اثرگذاری بر اکوسیستم های آبی می باشد. سفیدشدگی آبنگ های مرجانی، مهاجرت اجباری گونه های آبی، اثر بر روی پراکنش، بلوغ، زمان تخم ریزی، رشد و بقای ماهیان و سرپایان از جمله آثار منفی افزایش دمای آب اقیانوسها به شمار می روند که می بایست دلایل آن ریشه یابی شود .

### مراجع

- ۱- احمدی گیوی، ف، پرهیزگار، د.، ۱۳۸۸، بررسی اثر انسو بر توزیع بارش فصلی ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰م، فیزیک زمین و فضا، ۳۵(۴)، ۹۵-۱۱۳.
- ۲- دومین گزارش ملی تغییر آب و هوا در کنوانسیون UNFCCC، ۱۳۹۲، سازمان حفاظت محیط زیست.
- ۳- فرخانی، ش، حاجی زاده ذاکر، د، ۱۳۹۸، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر درجه حرارت سطح آب در خلیج فارس با استفاده از مدل سازی عددی، اقیانوس شناسی، ۱۰(۴۰)، ۳۸-۲۹.
- ۴- فلاح قالمهری، غ، ۱۳۹۳، اصول و مبانی هواشناسی، انتشارات دانشگاه حکیم سبزواری.
- ۵- عساکره، ح، ۱۳۹۰، مبانی اقلیم شناسی آماری، انتشارات دانشگاه زنجان، ۵۴۵ص
- ۶- عسگری، ا، ۱۳۷۲، تغییر اقلیم، مجله نیوار، شماره سیزدهم تا شانزدهم
- ۷- علیزاده، امین و همکاران، ۱۳۹۰، بررسی الگوهای پیوند از دور موثر بر پارامتر بارش و دما در ایستگاه سینوپتیک مشهد، آبیاری و زهکشی ایران، ۲، ص ۱۷۶-۱۸۵.
- ۸- کاظمی، پریناز و همکاران (۱۳۹۸). تغییرپذیری مکانی-زمانی پایش ماهواره های دمای سطحی آب دریای خزر طی دوره ۲۰۱۷-۲۰۱۷

اولیه آن این است که بازه های درازمدت باید شکسته شوند و بازه های زمانی معنادار پیدا شوند. مطابق با انتظار ضریب همبستگی معناداری بین این دو کمیت در بازه زمانی طولانی مدت سی و شش سال، ملاحظه نمی شود ولی دقیقاً اعداد به دست آمده ۰/۵۰ مثبت ( رابطه مستقیم) و ۰/۵۰ منفی ( رابطه معکوس) است.

در نهایت بیشینه رابطه معنادار بین ناهنجاری دمای هوا در نیمکره جنوبی و خلیج فارس در زمان یکسان و فصل متفاوت مربوط به بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ و کمینه نیز مربوط به ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ است، از طرفی سالهای ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۹ و ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ میزان همبستگی مشابه دارند. میانگین ناهنجاری دما در هوای نیمکره جنوبی و خلیج فارس در ماههای همسان در ماه اکتبر در هر دو حوضه بیشینه مقدار را دارد. یافته های جهانی سایت <https://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2017> می دهند (شکل ۱۰) بیشینه خسارات ناشی از سیل در مناطق ساحلی خلیج فارس مربوط به سالهای ۱۹۹۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ است که بیشینه نیز در سال ۲۰۰۵ از ماه آگوست تا دسامبر رخ داده ولی به طور کلی از ژولای تا دسامبر خسارات ناشی از سیل قابل توجه است. بیشینه خسارات ناشی از طوفانهای گرمسیری اغلب در ماههای سپتامبر تا دسامبر رخ می دهد که در سالهای ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ به اوج رسیده و در این میان سال ۲۰۱۱ از اکتبر تا دسامبر بیشینه را به خود اختصاص داده است. بیشینه خسارات ناشی از طوفانهای زمستانی اغلب در ماههای آگوست تا دسامبر رخ می دهد که در سالهای ۱۹۹۵، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ به اوج رسیده و در این میان سال ۲۰۱۱ از اکتبر تا دسامبر بیشینه مقدار را دارد. بیشینه خسارات ناشی از طوفانهای شدید نیز اغلب در ماههای آگوست تا دسامبر رخ می دهد که در سالهای ۱۹۸۳، ۱۹۸۸، ۱۹۸۹ و ۲۰۱۱ به اوج رسیده و در این میان سال ۲۰۱۱ از اکتبر تا دسامبر بیشینه مقدار است. بیشترین خسارت ناشی از خشکسالی در سالهای ۱۹۸۱، ۱۹۸۳، ۱۹۸۵، ۱۹۸۹ و ۲۰۱۱ به اوج رسیده و در این میان نوامبر سال ۱۹۸۹ بیشینه مقدار را دارد. بیشترین خسارات ناشی از یخ زدگی در سالهای ۱۹۹۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ به اوج رسیده و

- University Press, New York.
- 23- Lu, J., Vecchi, G. A., Reichler, T., 2007, Expansion of the Hadley cell under global warming. *Geophysical Research Letters*, 34(06805), 1-5.
- 24- Lu, C., Deser, Reichier, T., 2009, Cause of the widening of the tropical belt 1958. *Geophysical Research Letters*, 10 (1029), 1-5.
- 25- Molavi, M. Arabshai et al (2015). Precipitation and temperature of the southwest Caspian Sea region during the last 55 years: their trends and teleconnections with large-scale atmospheric phenomena, *International Journal of Climatology*, 36,5,2156-2172.
- 26- Nazemosadat, SM.J, Shirvani ,A., 2006, The application of canonical correlation analysis for investigating the influence of Persian Gulf SSTs on winter rainfall of southern Iran. *J Agr Sci*, 29(2), pp.65-77.
- 27- Nguyen, H., Lucas, A., Evans, B., Timbal, Hanson, L., 2015, Expansion of the Southern Hemisphere Hadley Cell in Response to Greenhouse Gas Forcing. *Climate*, 28 (1175), 8067-8077.
- 28- NOAA National Centers for Environmental Information, State of the Climate: Global Climate Report for Annual (2017), from, <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/2017>.
- 29- Ort, A., Yienger, j., 1996, Observed interannual variability in the Hadley & circulation its connection to ENSO. *Climate*, 9,2752-2767.
- 30- Parker, D. E., 20000, Temperatures High & Low. *Science*, 287(5456),1216-1217.
- 31- Privett, D. W., Meteorol, Q. J. R., 1959, Monthly charts of evaporation from the N. Indian Ocean (Including the Red Sea and the Prrsian Gulf), *RMetS*, 85 (366), 424-428.
- 32- Schef, J., Frierson, D. M. W., 2012, Robus future precipitation declines in CMIP5 largely reflect the poleward expansion of model subtropical dry zones, *Geophysics*, 39:1-6.
- 33- Waliser, D.E., Shizlanzante , J.R., Oort, A.H., 1999, The Hadley circulation: assessing NCEP/NCAR reanalysis & sparse in-situ estimates, 15, 719-735.
- ۹- لشکری، ح.، ۱۳۹۳، آب و هواشناسی دینامیکی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. ۲۸۸ص
- ۱۰- مشکانی، م.، ۱۳۹۶، آمار و احتمال مهندسی. انتشارات فاطمی. ۴۹۲ص
- 11- Allen, R. Kovilakam, M., 2017, The role of natural climate variability in recent tropical expansion. *Climate*, 10 (30): 6329-6350.
- 12- Allen, R. Sherwood, S.C, Norris J.R., 2012, Recent Northern Hemisphere tropical expansion primarily driven by black carbon and tropospheric ozone. *Nature*, 10 (485): 350-354.
- 13- Davis, S. M. Rosenlof, K. H., 2012, A multidagnostic intercomparison of tropical- width time series using reanalysis & satellite observations, 10 (25), 1061-1078.
- 14- Davis, N. A., 2017, The Dynamics of Hadley Circulation Variability & Change, Colorado State University, 5-15- Gaffen, D. J, Santer B.D, Christy J.R, 2000, Christy N.E. Multidecadal changes in the vertical temperature structure of the changes in the vertical temperature structure of the tropical troposphere. *Science*, 287 (5456),1242-1245.
- 16- Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.
- 17- <https://ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2017>
- 18- <https://www.ncei.noaa.gov/products/land-based-station/noaa-global-temp>
- 19- <https://www.ncei.noaa.gov/>
- 20- <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/>
- 21- Hurrel, J., 1996, Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature, *Geophysical Research Letters*, 23 (6), 665-668.
- 22- IPCC. (2013). Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. 1535. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J. et al. (Eds.). *Cambridge: Cambridge*

## Study of the effect of thermal expansion of southern hemisphere waters on the surface temperature distribution of Persian Gulf water over a period of thirty-six years (1982-2017)

Zohreh Jalalzadeh Azar <sup>1</sup>, Abbas Ali Akbari Bidokhti<sup>2</sup>, Masoud Torabi Azad<sup>3\*</sup>, Mojtaba Ezam <sup>4</sup>, Keyvan Kabiri <sup>5</sup>

<sup>1</sup> PhD Student, Department of Marine Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

<sup>2</sup> Professor, Department of Space Physics, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Marine Physics, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran. (Corresponding Author)

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Marine Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

<sup>5</sup> Associate Professor, Oceanic Data and Remote Sensing Group, Oceanographic Research Institute, Tehran, Iran.

\*Corresponding Author Email: [M\\_Azad@iau-tnb.ac.ir](mailto:M_Azad@iau-tnb.ac.ir)

Received: 02 June 2021, accepted: 01 September 2021

### ABSTRACT

There are many climatic differences between the southern and northern hemispheres, and on the other hand, they affect each other at the same time. The aim of this study was to identify the dynamic dependence of sea surface temperature during 36 years with surface temperature regarding air, ocean and land-ocean in the southern hemisphere. The study was conducted using statistical methods of surface temperature in 24 selected stations in the entire Persian Gulf, Strait of Hormuz and the beginning of Oman Sea and southern hemisphere temperature anomaly index from NASA databases. After time series of data, the comparison between surface temperature on land, sea, average land-sea in the southern hemisphere and surface temperature of the Persian Gulf was performed in different time periods with temporal approaches in two parts: annual observation and matched moons. The maximum linear relationship between air temperature anomalies in the Southern Hemisphere and the Persian Gulf at the same time (different season) is related to the period 2000 to 2005 and the minimum is from 1993 to 2017, on the other hand, from 1994 to 1999 and 2012 to 2017, the correlation is similar.

The linear correlation between the mean anomaly of southern hemisphere air temperature and the surface temperature of the Persian Gulf in the same months shows that there is a significant relationship between 14% and 30% of them is inverse. Therefore, the complete relationship between these two quantity's is not observed in the period of 36 years and 85% of the relationship is completely meaningless. Linear multivariate regression does not have significant values either step by step or simultaneously.

**Keywords:** Sea Surface temperature changes, subtropical zone, Seasonal difference, Heterogeneous months, Persian Gulf.

### HOW TO CITE THIS ARTICLE

Jalalzadeh Azar, Z.; Ali Akbari Bidokhti, A.A.; Torabi Azad, M.; Ezam, M.; Kabiri, K. (2021). Study of the effect of thermal expansion of southern hemisphere waters on the surface temperature distribution of Persian Gulf water over a period of thirty-six years (1982-2017). *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 4(3): 241-259

### COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

