

بررسی روند ارزیابی تغییرات دمای سطح دریای عمان با رویکرد تغییر اقلیم^۱

چاکوک خواجه امیری خالدی^۱، محمود خسروی*^۲، تقی طاوسی^۳، محسن حمیدیان پور^۴، منصور کیانی مقدم^۴

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۲. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۳. دانشیار اقلیم شناسی گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.
۴. دانشیار فن آوری حمل و نقل دریایی، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، ایران.

doi DOI: 10.22124/GSCAJ.2024.24499.1237

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۲/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۱۰/۱۶

چکیده

تغییر اقلیم طی دهه‌های گذشته نه تنها بر سطح خشکی‌ها بلکه بر روی سطوح آب‌های اقیانوسی و دریایی تأثیرات محسوسی گذاشته است. در این مطالعه با استفاده از مقادیر دمای ماهانه سطح آب (SST)، تغییرات دمای آب دریای عمان طی سه دهه اخیر مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این بررسی داده‌های دمایی شبکه مشخص شده (۵/۵*۰/۵) در دریای عمان از داده‌های تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۴) مدل‌های سری ششم گزارش (CMIP6) IPCC استخراج و تغییرات آن بررسی شد. تحلیل سری زمانی با کمک روش من کندال و شیب سنس و همچنین به روش رگرسیون خطی ساده مشخص نمود که روند افزایش این پارامتر از اوایل فصل بهار شروع شده؛ اما در تابستان روند نزولی داشته و در پاییز و زمستان روند صعودی دارد. همچنین SST در پهنه آبی دریایی عمان طی ۳۰ سال گذشته با شیب ملایمی روبه‌افزایش بوده به طوری که به طور میانگین ۰/۴۶ درجه سلسیوس طی ۳۰ سال اخیر افزایش داشته است. بررسی توزیع مکانی دمای آب، مشخص نمود که مقادیر کمینه و بیشینه این پارامتر در بخش‌های کم‌عمق این دریا در محل اتصال به خلیج فارس بوده است. همچنین بخش‌های کم‌عمق منتهی به تنگه هرمز در دریای عمان بیشترین نوسانات دمایی را داشته‌اند به همین دلیل دارای مقادیر انحراف معیار بزرگ‌تری نسبت به سایر بخش‌های این پیکره آبی بوده‌اند.

واژگان کلیدی: دمای آب، دریای عمان، تاریخی، تغییر اقلیم، CMIP6.

نکات برجسته:

- دمای سطح دریا در فصل بهار تا اواسط تابستان و قبل از شروع فصل مونسون روند افزایشی و فصل پاییز و زمستان روند کاهشی می‌شود
- دمای سطح آب در پهنه آبی دریای عمان طی ۳۰ سال گذشته با شیب ملایمی روبه‌افزایش بوده است.
- مقادیر کمینه و بیشینه دمای سطح دریا در بخش‌های کم‌عمق این دریا در محل اتصال به خلیج فارس بود.

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده با عنوان بررسی روند ارزیابی تغییرات دمای سطح دریای عمان با رویکرد تغییر اقلیم می‌باشد که در دانشگاه سیستان و بلوچستان به وسیله نویسنده نخست با راهنمایی نویسنده دوم در دانشگاه دفاع شده است.

* نویسنده مسئول: khosravi@gep.usb.ac.ir

۱. مقدمه

دمای سطح دریا (SST) به دمای آب در اعماق یک یا دو متر از سطح دریا، گفته می‌شود (اسفندیار نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). گرمای ویژه آب برحسب کالری بر گرم نزدیک پنج برابر خاک خشک و چهار برابر هوای خشک (در فشار سطح دریا) است. این تفاوت گرمای ویژه میان آب، خشکی و هوا، نقش بزرگی در گردش آب‌وهوا در کره زمین و ویژگی‌های اقلیمی آن دارد. این تفاوت در گرمای ویژه خشکی، هوا و دریاها موجب می‌شود تا نوسان‌های دمای روز و شب در پهنه‌های دریایی بسیار کمتر از خشکی‌ها شود. بادها و بارش‌های موسمی در گستره‌های کناره‌ای جهان ریشه در همین تفاوت‌ها دارد. حرکت باد از روی دریاها که عامل مهمی در حرکت رطوبت از دریا به خشکی‌ها و رخداد بارش و نوسان‌های آب‌وهوایی دارد، به اندازه SST وابسته است (ناظم السادات، ۱۳۸۸).

بنابراین با توجه به اثرات گسترده تغییرات SST بر تبادلات حرارتی بین دریا و اتمسفر، بررسی تغییرات این پدیده ناشی از تغییر اقلیم در پهنه‌های آبی بزرگ اهمیت زیادی دارد. در این راستا هدف اصلی این پژوهش بررسی بلندمدت SST ماهانه دریای عمان طی یک دوره ۳۰ ساله می‌باشد.

۲. مبانی نظری

یکی از مهم‌ترین اثرات تغییرات SST در بلندمدت کاهش الگوی چرخش اقیانوس‌ها است که مواد مغذی را از اعماق به سطح دریا آورده و اکسیژن محلول را از سطح به عمق می‌برد (د سیر و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین به دلیل برهمکنش جو و اقیانوس می‌تواند اثرات شدیدی را بر اقلیم جهانی وارد کند، افزایش دمای سطحی دریا موجب افزایش مقدار بخار آب موجود روی اقیانوس‌ها و تغذیه سیستم‌های آب‌وهوایی و افزایش بارش‌ها می‌شود. به شکل بالقوه افزایش رخداد خشکسالی در برخی مناطق نیز حاصل تغییرات SST می‌باشد (IPCC، ۲۰۱۳). با توجه اهمیت و نقش این شاخص مهم در تغییرات توازن حرارتی و اثرات آن بر ترکیب گازهای موجود در جو، پایش و اندازه‌گیری تغییرات جهانی از اهمیت خاصی برخوردار است (نیوز و همکاران، ۲۰۰۷). گرمایش جهانی و تغییرات مثبت دمای کره زمین در مقیاس محلی، منطقه‌ای، و جهانی تأیید شده است (روی و گنگ، ۲۰۱۳). با وجود ابهامات در مورد گرم شدن کره زمین، هوای زمین تغییرات زیادی کرده است و انتظار بر این است که تا پایان قرن ۲۱ دمای هوا در سطح جهانی از ۱/۸۱ تا ۴ درجه سلسیوس افزایش یابد (طبری و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از اثرات تغییر اقلیم در مقیاس بزرگ، اثرگذاری و متقابلاً اثرپذیری آن از SST می‌باشد. تغییرات SST سبب تغییر پارامترهای فیزیکی از جمله تغییر در ترموکلاين، تغییر در سرعت صوت و کانال صوتی و تغییر در تراز آب دریا خواهد شد (ترابی، ۱۳۸۹).

تغییر اقلیم به‌عنوان اساسی‌ترین چالش حال حاضر و آینده بشر، توجه زیادی از محققین را به خود جلب نموده است. با توجه به مؤلفه‌های گوناگون تأثیرپذیر از تغییر اقلیم، دامنه و عمق این چالش بسیار گسترده بوده و اثرگذاری آن بر جنبه‌های مختلف محیط‌زیست در کره زمین امروزه به‌خوبی مشهود و نمایان است. یکی از اثرات تغییر اقلیم در مقیاس بزرگ، اثرگذاری و متقابلاً اثرپذیری آن از SST است. SST شاخص تبادلات حرارتی بین اتمسفر و دریا بوده به‌گونه‌ای که هرگونه بحث یا بررسی در مورد وضعیت جوی نیاز به شناخت قبلی از وضعیت SST دارد. تحقیقات انجام شده بیانگر آن است که نوسان‌های SST اثرگذاری مؤثری بر پراکندگی‌های بارش در مناطق مختلف جهان و به‌تبع آن تشدید دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی دارد (جهانپنده، ۱۳۹۰). درک تغییرپذیری زمانی الگوهای SST نقش مهمی در ارائه بینش به مکانیسم‌های ایجاد رویدادهای آب و هوایی شدید و همچنین ارتباطات از راه دور اقیانوسی و جوی دارد (کاروالو و همکاران، ۲۰۲۰). دمای بالاتر سطح دریا (SST) می‌تواند منجر به بارش شدیدتر و افزایش احتمال وقوع سیل در مناطق ساحلی شود. در مناطق عرض جغرافیایی متوسط، رویدادهای بارش شدید تحت انواع مختلف الگوهای آب و هوایی، به‌عنوان مثال، طوفان‌های استوایی و جبهه‌های ثابت رخ می‌دهد. با این حال، هنوز به‌طور کامل درک نشده است که چگونه SST بر بارش شدید مرتبط با الگوهای مختلف آب و هوا تأثیر می‌گذارد (هاتسوزوکا و همکاران، ۲۰۲۲). اندازه‌گیری دمای سطح آب دریا (SST) از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هرگونه بحث یا بررسی بر روی وضعیت جوی خواه ناخواه منجر به شناخت قبلی از وضعیت آنومالی‌های (SST) می‌شود و به

1. Sea Surface Temperature (SST)

2 Thermocline

همین دلیل دمای سطح آب در میان پارامترهای دریایی جزو مهم‌ترین پارامترها محسوب می‌گردد (حسن زاده و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به طرح‌های گسترده در حال اجرای عمرانی و توسعه‌ای و همچنین طرح بزرگ توسعه سواحل مکران، اطلاع از شرایط اقلیمی آینده سواحل و فرا ساحل می‌تواند آمادگی و مدیریت بهتری را ایجاد نماید. یکی از شاخص‌ها و عوامل مؤثر بر بارش‌های ساحلی، دمای سطح آب (SST) می‌باشد که در این تحقیق تغییرات دمای دریای عمان طی سه دهه گذشته بررسی و تحلیل شد.

۳. پیشینه پژوهش

لیون (۲۰۲۲) توانایی مدل CMIP6 برای شبیه‌سازی مناسب چرخه سالانه ارتباط SST با بارش شاخ افریقا را مورد بررسی قرار داد و نتایج با CMIP5 و CMIP3 مقایسه شد. بررسی تنها سه مدل با بهترین عملکرد در هر گروه CMIP نشان می‌دهد که مدل‌های CMIP6 از مدل‌های CMIP3 بهتر عمل می‌کنند و نتایج متفاوتی نسبت به CMIP5 دارند. در تحقیقی دیگر هالدر و همکاران (۲۰۲۰) توانایی مدل ۲۷ از مدل‌های CMIP6 در تغییرپذیری SST بخش استوایی اقیانوس هند (TIO) در دوره ۱۸۵۴ تا ۲۰۱۴ را در مقیاس زمانی بین سالانه و دهه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که بسیاری از مدل‌ها تغییرات بین سالانه و دهه‌ای SST را بازتولید می‌کنند مدل -G0-۱KACE- دارای بالاترین همبستگی و به دنبال آن برخی مدل‌ها در مقیاس زمانی سالانه و چند مدل دیگر در مقیاس دهه‌ای بالاترین مهارت‌ها را نشان دادند (هالدر و همکاران، ۲۰۲۰).

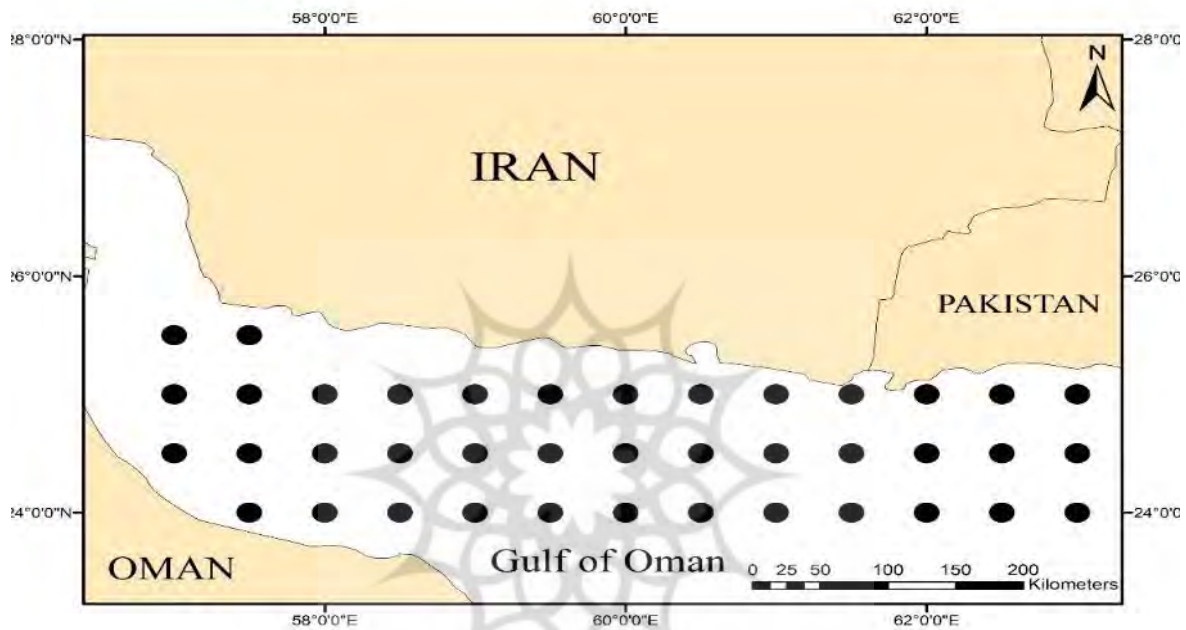
سانگ و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی تغییرات SLR (افزایش سطح دریا) و SST منطقه‌ای را در شش مدل CMIP6 در شبه‌جزیره کره در دو سناریوی SSP2.6 و SSP5.8 تا سال ۲۱۰۰ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد علاوه بر افزایش سطح دریا در مقادیر متفاوت، دمای آب نیز از ۰٫۴۹ درجه سلسیوس به ۰٫۵۹ درجه سلسیوس در هر دهه افزایش یافته که بزرگ‌تر از روند جهانی SST (۰٫۳۹ درجه سلسیوس در هر دهه) است. با توجه به این موضوع، تفاوت تغییر SST منطقه‌ای مربوط به تغییر جریان محلی اقیانوس مانند جریان کورو شیوا است. علاوه بر این، گسترش حرارتی اقیانوس و ذوب یخچال‌ها از عوامل اصلی SLR هستند و نرخ سهم ذوب یخچال‌ها در سناریوهای انتشار بالاتر افزایش می‌یابد. (سانگ و همکاران، ۲۰۲۱). یافته‌های کاروالو (۲۰۲۰) نشان داد که اقیانوس منجمد شمالی روند گرم شدن کلی را ثبت کرده و دریاهای شمال اروپا بالاترین SST را در مقایسه با دریاهای همسایه خود دارند. (کاروالو، ۲۰۲۰).

ترابی زاده و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی ارتباط دمای سطح آب دریا (SST) و سرعت باد در سواحل استان هرمزگان را با استفاده از داده‌های سنجنده AVHRR ماهواره NOAA و داده‌های سرعت باد توسط ماهواره QuikSCAT در سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۹ بررسی کردند. نتایج نشان داد که برای فصل تابستان ۷۵ درصد و برای فصل زمستان ۳۳ درصد موارد با افزایش (کاهش) انحراف از میانگین دمای سطحی، انحراف از میانگین سرعت باد نیز افزایش (کاهش) می‌یابد (ترابی و همکاران، ۱۳۹۴). شکیب و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی ارتباط نوسانات SST دریای مدیترانه با بارش‌های غرب ایران را طی دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۸۲) بررسی نمود. نتایج نشان داد اگرچه از نظر آماری بین گرم بودن SST در ماه آوریل و افزایش بارش در این ماه، و سرد بودن SST شرق دریا در ماه مارس با کاهش بارش در ماه می همبستگی در سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد در کل منطقه مورد بررسی وجود دارد، اما در بررسی هم‌دید-دینامیک مشخص شد سامانه‌هایی که در ماه آوریل بارندگی را در منطقه به همراه داشتند، سامانه سودانی بوده و عمده منبع رطوبت این بارش‌ها از سمت جنوب بوده است (شکیب و همکاران، ۱۳۹۷).

۴. روش پژوهش

در این تحقیق ضمن استفاده از داده‌های ماهانه دمای آب، برای ۴۰ نقطه در شبکه با دقت (۰/۵*۰/۵) (شکل-۱) در دریای عمان از میانگین داده‌های سه مدل از مدل‌های سری ششم گزارش IPCC (CMIP6) در دوره آماری تاریخی (۱۹۸۵-۲۰۱۴) استفاده شد (جدول ۱). با معلوم بودن مختصات جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (دریای عمان)، داده‌های SST در

یاخته‌های تشکیل‌دهنده این پهنه آبی به همراه مختصات جغرافیایی هر یاخته در بازه زمانی ذکر شده استخراج گردید. بدین روش سری زمانی مورد نیاز برای متغیر مورد مطالعه طی دوره آماری تهیه شد. با اجرای این مرحله پهنه آبی محدوده مورد مطالعه به ۴۰ یاخته با ابعاد ۰/۵ درجه تقسیم‌بندی شد که هر سلول حاوی اطلاعات ماهانه SST در بازه زمانی ذکر شده (مجموعاً ۳۶۰ ماه) می‌باشد. نتیجه نهایی پیش‌پردازش داده‌ها، تشکیل ماتریسی از اطلاعات SST با تعداد سطر و ستون به ترتیب ۴۰ و ۳۶۰ بود. به منظور استخراج، تحلیل آماری داده‌های SST و رسم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای گوناگونی همچون Netcdf-Extractor، SPSS و MS EXCELE استفاده شد. پس از تشکیل سری زمانی، تغییرات و جهش‌های احتمالی داده‌های تهیه شده از دو روش کلی ناپارامتریک و پارامتریک استفاده شد. روش‌های ناپارامتریک مورد استفاده شامل روش من کندال و شیب سن می‌باشند.



شکل ۱. شبکه برداشت داده‌ها در دریای عمان

جدول ۱. مشخصات مدل‌های مورد مطالعه از CMIP6

ردیف	مدل	مؤسسه سازنده	تفکیک افقی (درجه قوسی)
۱	CanESM5	سیستم زمینی کانادا	۰/۵
۲	EC-EARTH3-veg	کنسرسيوم مؤسسه هواشناسی هیدرولوژی سوئد	۰/۵
۳	MRI-ESM2-0	مؤسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن	۰/۵

همان‌گونه که بیان شد از آزمون پارامتریک رگرسیون ساده خطی برای آشکارسازی شیب خط رگرسیون میان زمان (سال) در حکم متغیر مستقل و داده‌های SST در هر سال (متغیر وابسته) در دوره‌های زمانی ده ساله و سی ساله بهره گرفته شد (گوبای و هوروت، ۱۹۹۴). کاربرد آزمون تی استیودنت این امکان را فراهم می‌سازد که معنی‌داری شیب به دست آمده از رگرسیون خطی در هر گره در سطح ۹۵٪ ارزیابی شود. نپذیرفتن فرض صفر آزمون (برابر بودن شیب رگرسیون با صفر) در هر گره مشخص می‌سازد که بین مقادیر دمای سطح آب و زمان در سطح ۹۵٪ همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به بیان دیگر، روند افزایشی یا کاهش دمای سطح آب با مقادیر حاصل از شیب رگرسیون خطی معنی‌دار مشخص می‌شود. همچنین برای ارزیابی چگونگی تغییرات شیب در هر یک از پهنه‌های جغرافیایی مانند خلیج فارس، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به کار برده شد. برای رسم نقشه‌های پهنه‌بندی در این تحقیق بنابه انتخاب از روش درون‌یابی زمین آماری استفاده شد که با

بررسی‌های انجام شده، روش عمومی (Universal Kriging) به دلیل وجود خطای کمتر، انتخاب شده است. دو آزمون من کندال و تخمین‌گر شیب سن (ttt imttrr) جزو متداول‌ترین‌های پارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرومتئولوژیکی به شمار می‌روند. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این دو روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن‌ها در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد.

۵. یافته‌های پژوهش و بحث

۵.۱. شاخص‌های آماری

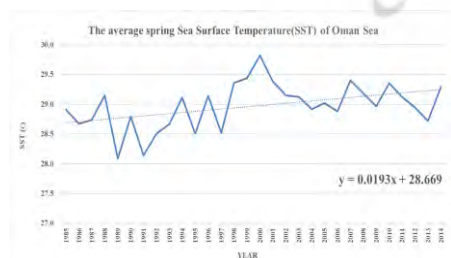
مهم‌ترین شاخص‌های آماری داده‌های SST در دریای عمان در دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۵-۲۰۱۴) (جدول ۲) نشان داده که مقادیر کمینه و بیشینه به ترتیب برابر ۲۳/۳ و ۳۲/۶ درجه سلسیوس بوده و تفاوت ناچیز بین مقادیر میانه (۲۷/۹) و میانگین (۲۷/۳) در این جدول بیانگر توزیع نرمال این شاخص در دریای عمان است.

جدول ۲. مهم‌ترین شاخص‌های آماری دمای سطح آب (SST) در دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴

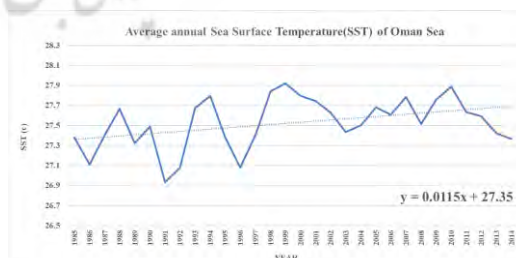
کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	میانه
۲۳/۳	۳۲/۶	۲۷/۲۹	۰/۶۲	۲۷/۸۵

۵.۲. بررسی روند

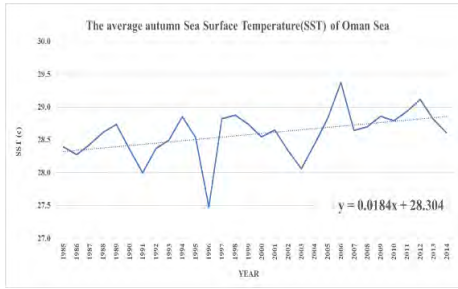
برای بررسی روند تغییرات زمانی ماهانه دمای سطح آب (SST) در محدوده مورد مطالعه، داده‌های دمای سطح آب (SST) در تمامی ۴۰ سلول تشکیل‌دهنده دریای عمان برای بازه زمانی مورد بررسی (۳۶۰ ماه) به صورت سالانه و فصلی میانگین‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۲ تا ۶ آمده است. با توجه به این اشکال مشخص است که دمای سطح آب (SST) با شیب ملایم سالانه (۰/۱۱۵ سلسیوس در سال) در بازه زمانی ۳۰ ساله نوسان و افزایش (۰/۳۴۵ درجه طی سی سال) پیدا می‌کند (شکل ۲). به‌طور کلی مطابق این اشکال روند افزایش دمای سطح آب (SST) از اوایل فصل بهار شروع شده و در اواسط تابستان (آگوست - مردادماه) به بیشینه مقدار خود (حدود ۳۲/۶ درجه سلسیوس) می‌رسد. با شروع فصل پاییز و سرد شدن هوا، روند کاهش دمای سطح آب (SST) نیز آغاز شده و این روند ادامه می‌یابد بطوریکه در اواخر زمستان (مارس - اسفندماه) به کمترین مقدار خود (حدود ۲۳/۳ درجه سلسیوس) می‌رسد. نکته مهم دیگری که از این شکل به خوبی مشخص است روند افزایشی دمای سطح آب (SST) در پهنه آبی دریای عمان طی ۳۰ سال گذشته می‌باشد. این نتیجه می‌تواند انعکاس‌دهنده تغییرات اقلیمی طی دهه‌های اخیر باشد. قابل ذکر است که هرچند این روند افزایشی دارای شیب ملایمی بوده، اما با توجه به اثرات قابل توجه تغییرات اندک دمای سطح آب (SST) بر اکوسیستم دریایی، افزایش در مقدار این شاخص مهم بوده و می‌تواند در آینده در صورت ادامه روند فعلی اثرات جبران‌ناپذیری بر اکوسیستم آبی این منطقه داشته باشد.



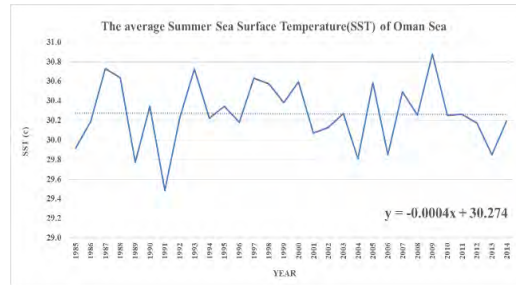
شکل ۳. تغییرات فصلی بهار میانگین دمای آب دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴



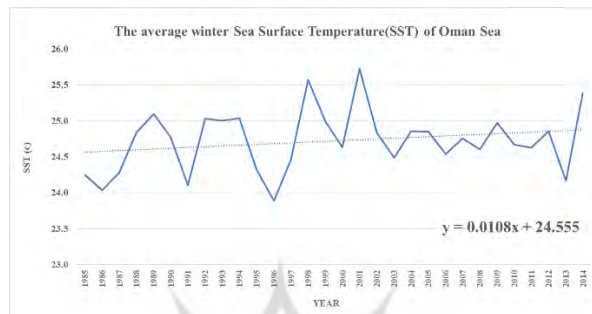
شکل ۲. تغییرات سالانه میانگین دمای آب دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴



شکل ۵. تغییرات فصلی پاییز میانگین دمای آب دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴



شکل ۴. تغییرات فصلی تابستان میانگین دمای آب دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴



شکل ۶. تغییرات فصلی زمستان میانگین دمای آب دریای عمان در بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴

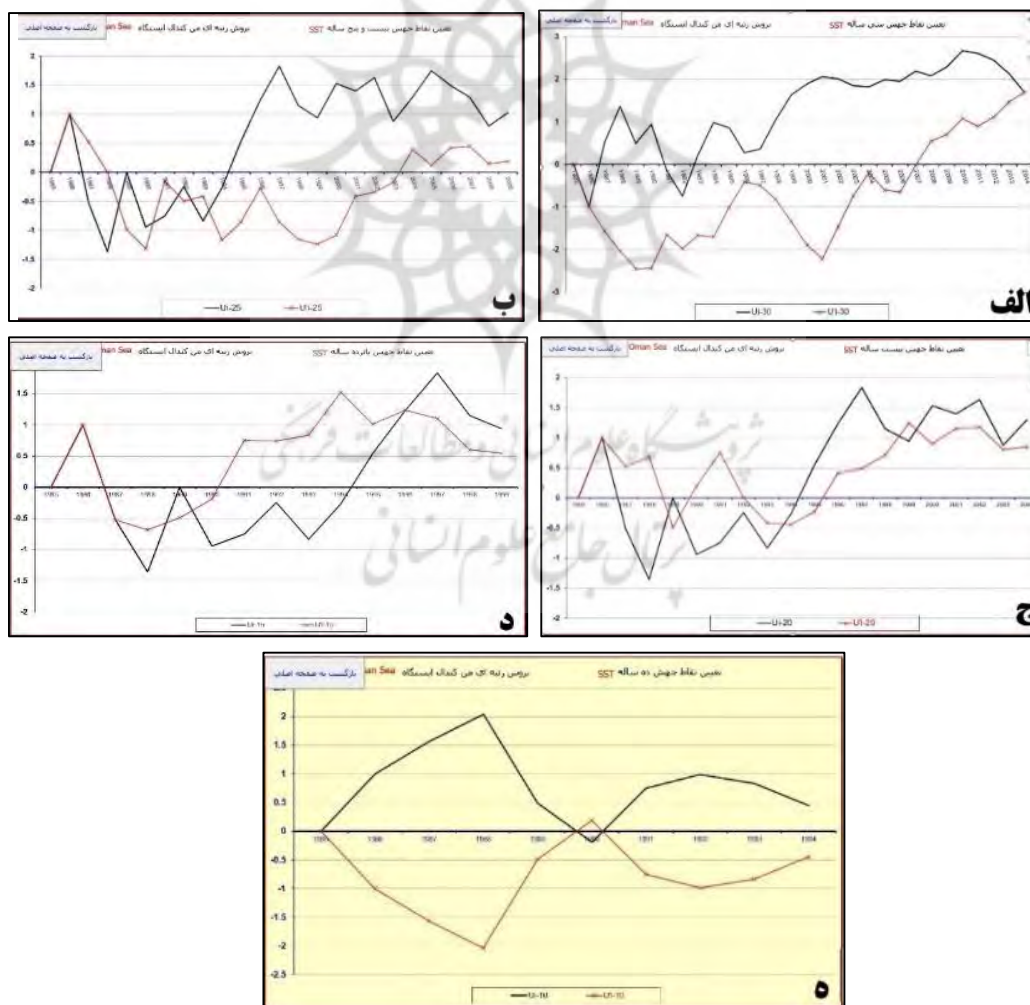
برای کلیه سری‌های زمانی ۴۰ نقطه مورد مطالعه به صورت سالانه، ماهانه و فصلی آماره‌های دو آزمون من - کندال و تخمین‌گر شیب سن محاسبه گردیدند سپس معنی‌داری این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ آزمون شد که نتایج حاصل در جدول (۳) مشاهده می‌شود. نتایج آماره من کندال (T) و تخمین‌گر شیب سن برای شبکه دریای عمان نشان می‌دهد که: تنها برای ماه فوریه و جولای و در بررسی فصلی، در تابستان شاهد مقادیر منفی و روند کاهشی تغییرات دمای سطح آب طی سه دهه گذشته بوده و دیگر ماه‌ها و فصول و برای آمار سالانه مثبت و افزایشی محاسبه گردید. برای هیچ‌کدام از ماه‌ها هم روندهای کاهشی معنی‌دار نبود. تنها برای ماه اکتبر و فصل پاییز روند افزایشی معنی‌دار می‌باشد. مقادیر آماره من کندال برای تغییرات سالانه SST عمان نیز این نتیجه را برای ماه‌های فصل زمستان تأیید می‌کند. دمای سطح دریای در بازه سالانه طی سال‌های گذشته به مقدار حدودی ۰/۲۸ سلسیوس افزایش داشته است. ضمن اینکه کمینه و بیشینه دمای سطح آب عمان به ترتیب برابر ۰/۰۵- و ۰/۲۶ (در سطح ۹۹٪ کمترین ۰/۰۹- سپتامبر و بیشترین ۰/۰۶۰ آوریل و در سطح ۹۵٪ ۰/۰۱- سپتامبر و بیشترین ۰/۰۵۲ آوریل می‌باشد).

جدول ۳. مقادیر آماره کندال (T) و آماره بحرانی t(T) و تخمین‌گر شیب سن (Sen's estimate) برای داده‌های دمای سطح دریای عمان (سالانه، ماهیانه، فصلی) در سطوح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ بازه زمانی ۱۹۸۵-۲۰۱۴

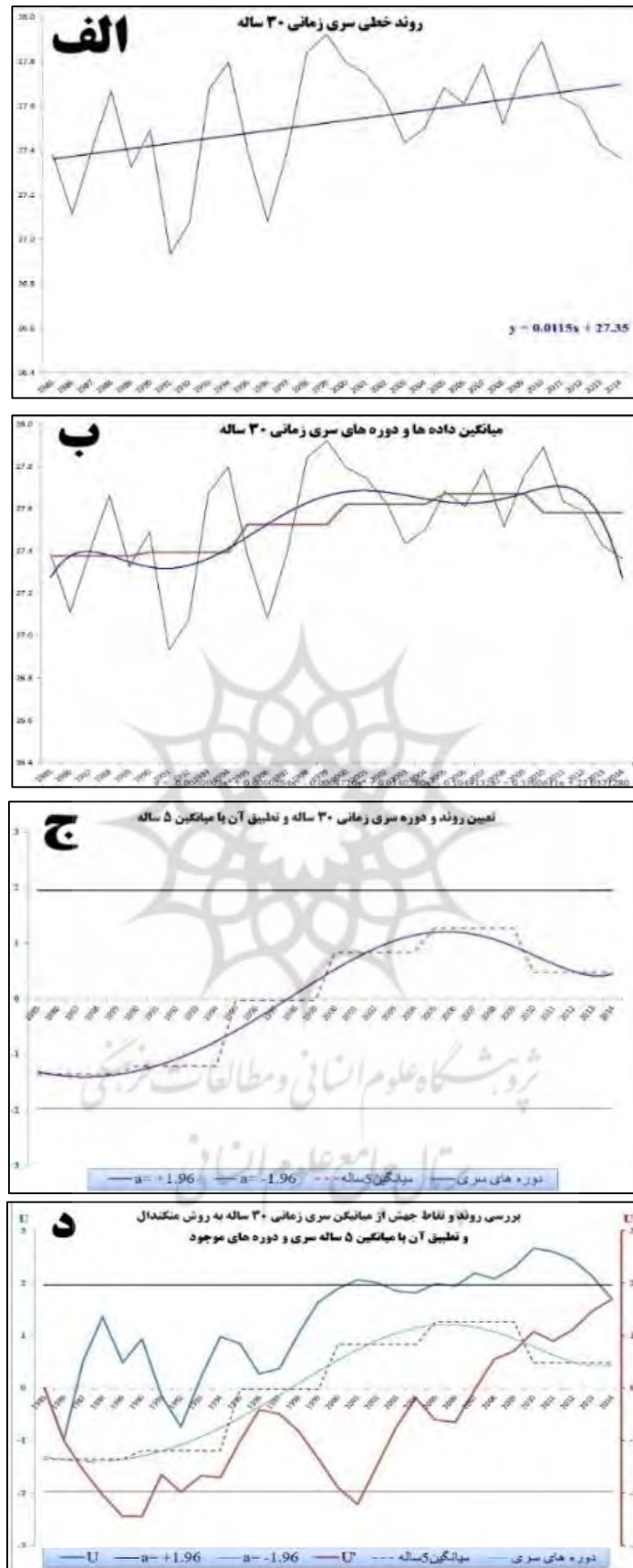
B	Qmax95	Qmin95	Qmax99	Qmin99	Q	Signific	Test Z	Time series
۲۳/۹۶	۰/۰۲۹	-۰/۰۱۰	۰/۰۳۷	-۰/۰۱۷	۰/۰۰۷		۰/۳۶	January
۲۳/۷۷	۰/۰۱۳	-۰/۰۲۵	۰/۰۲۳	-۰/۰۳۲	-۰/۰۰۵		-۰/۶۱	February
۲۴/۲۸	۰/۰۴۰	-۰/۰۰۸	۰/۰۴۹	-۰/۰۱۷	۰/۰۱۴		۱/۳۹	March
۲۶/۳۲	۰/۰۵۲	-۰/۰۰۱	۰/۰۶۰	-۰/۰۱۰	۰/۰۲۵	+	۱/۸۹	April
۲۹/۰۵	۰/۰۴۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۵۲	-۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	*	۲/۲۵	May
۳۰/۷۸	۰/۰۱۹	-۰/۰۰۸	۰/۰۲۳	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۸		۱/۰۳	June
۳۰/۶۸	۰/۰۱۳	-۰/۰۳۳	۰/۰۲۰	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۱		-۰/۸۹	July

B	Qmax95	Qmin95	Qmax99	Qmin99	Q	Signific	Test Z	Time series
۲۹/۳۹	۰/۰۲۵	-۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	-۰/۰۳۳	۰/۰۰۲		۰/۱۸	August
۲۹/۰۱	۰/۰۴۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۴۸	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	+	۱/۹۳	September
۲۸/۸۰	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۹	۰/۰۰۰	۰/۰۱۸	*	۲/۵۳	October
۲۷/۳۶	۰/۰۳۱	-۰/۰۰۵	۰/۰۴۱	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۳		۱/۳۶	November
۲۵/۴۱	۰/۰۳۴	-۰/۰۱۵	۰/۰۳۹	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۸		۰/۶۱	December
۲۷/۳۸	۰/۰۲۱	-۰/۰۰۱	۰/۰۲۶	-۰/۰۵۵	۰/۰۰۱	+	۱/۶۸	ANNUAL
۲۶/۵۸	۰/۰۴۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۵۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	+	۱/۷۱	Spring
۳۰/۳۰	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	-۰/۰۲۳	-۰/۰۰۳		-۰/۵۷	Summer
۲۸/۳۶	۰/۰۲۸	-۰/۰۰۶	۰/۰۳۵	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۷	**	۲/۸۲	Autumn
۳۴/۴۹	۰/۰۳۰	-۰/۰۱۲	۰/۰۳۵	-۰/۰۱۹	۰/۰۱۳		۰/۸۹	Winter

نمودارهای شکل ۷ بصورت مجزا برای دوره‌های سی، بیست و پنج، بیست، پانزده و ده ساله رسم شده است. بررسی نشان می‌دهد که نمودارهای بین خطوط ۳ و ۳- که سطوح معنی‌داری ۹۹٪ و ۹۵٪ را نشان می‌دهد هم‌دیگر را قطع نکرده‌اند. در واقع این نشان داد در طی دوره مورد مطالعه باتوجه به عدم قطع دو خط در خارج از محدوده معنی‌داری در سطح ۹۵ و بررسی نمودارهای روند خطی سری زمانی (شکل ۸) نیز مبین روند صعودی داده‌های دمای سطح آب دریای عمان در طی سی سال گذشته می‌باشد. ۹۹ درصد بنابراین نقطه جهش مشخصی در روند وجود ندارد.



شکل ۷. تحلیل روند میانگین و تعیین نقاط جهش داده‌های دمای سطح آب دریای عمان در بازه زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۵
 الف: نمودار سی ساله، ب: نمودار بیست و پنج ساله، ج: نمودار بیست ساله، د: نمودار پانزده ساله، ه: نمودار ده ساله



شکل ۸. نمودارهای روند خطی سری زمانی

(الف و ب)، تعیین روند و تحلیل با میانگین ۵ ساله (ج) و نمودار تجمیعی (د)

۳.۵. بررسی روند خطی داده‌های دمای سطح آب دریای عمان

روند سالانه خطی SST

میانگین شیب سالانه در سراسر گستره این ۴۰ نقطه برابر با 0.015 ($C^0/year$) است. یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه در مجموع 0.46 درجه سلسیوس افزایش داشته است. به استثنای نقطه شماره ۱۲ که کاهش دما را به میزان 0.02 ($C^0/year$) ثبت نموده است، کمترین شیب برابر با 0.001 ($C^0/year$) در نقطه شماره ۱ و بیشینه افزایش دما برابر با 0.034 ($C^0/year$) در نقطه ۴ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین و کمترین میزان افزایش دما 0.02 و 0.03 درجه سلسیوس بوده است. بررسی‌ها نشان داد که ۷۰ درصد (۲۸ نقطه) نقاط اندازه شیب از میانگین شیب همه شبکه کمتر است. شکل توزیع میانگین سالانه شیب تغییرات دمای سطح آب دریای عمان را نشان می‌دهد (جدول ۴).

جدول ۴. اندازه شیب و ضریب تعیین هر یک از ۴۰ نقطه شبکه دریای عمان در بازه سالانه و ماهانه دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۵

Year			Month			نقطه	Year			Month			نقطه
R ^۲	Sig	S.۱۰ ^{-۴}	R ^۲	Sig	S.۱۰ ^{-۴}	شبکه	R ^۲	Sig	S.۱۰ ^{-۴}	R ^۲	Sig	S.۱۰ ^{-۴}	شبکه
0.103	-	100	0.205	-	333	21	0.002	-	10	0.231	-	468	1
0.172	*	140	0.209	-	311	22	0.037	-	60	0.216	-	437	2
0.118	*	140	0.208	-	291	23	0.024	-	50	0.222	-	454	3
0.063	-	70	0.211	-	279	24	0.084	-	340	0.218	-	437	4
0.021	-	40	0.214	-	270	25	0.125	-	120	0.205	-	402	5
0.125	-	110	0.232	-	272	26	0.147	*	120	0.207	-	382	6
0.286	*	190	0.248	-	276	27	0.099	-	90	0.203	-	359	7
0.246	*	220	0.257	-	273	28	0.102	-	100	0.205	-	340	8
0.068	-	60	0.223	-	428	29	0.139	*	130	0.211	-	326	9
0.155	*	100	0.226	-	413	30	0.118	*	130	0.207	-	308	10
0.281	*	150	0.219	-	386	31	0.035	-	40	0.203	-	298	11
0.166	*	130	0.208	-	349	32	0.01	-	-20	0.199	-	283	12
0.132	*	120	0.203	-	324	33	0.228	*	130	0.206	-	266	13
0.142	*	130	0.21	-	302	34	0.498	*	280	0.224	-	252	14
0.144	*	130	0.216	-	281	35	0.449	*	280	0.217	-	235	15
0.089	-	90	0.212	-	358	36	0.452	-	700	0.222	-	454	16
0.059	-	80	0.22	-	352	37	0.102	-	310	0.226	-	440	17
0.107	-	110	0.236	-	260	38	0.153	-	120	0.22	-	413	18
0.183	*	160	0.245	-	265	39	0.167	*	110	0.205	-	378	19
0.241	*	180	0.262	-	271	40	0.145	*	110	0.201	-	348	20

۴.۵. روند ماهانه خطی SST

در سراسر گستره میانگین شیب ماهانه این ۴۰ نقطه برابر با 0.032 ($C^0/year$) است. یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه در مجموع 0.97 درجه سلسیوس افزایش داشته است کمترین شیب برابر با 0.023 ($C^0/year$) در نقطه شماره ۱۵ و بیشینه افزایش دما برابر با 0.047 ($C^0/year$) در نقطه ۱ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین و کمترین میزان افزایش دما 0.04 و 0.07 درجه سلسیوس بوده است. بررسی‌ها نشان داد که ۶۰ درصد (۲۴ نقطه) نقاط اندازه شیب از میانگین شیب همه شبکه کمتر است. شکل توزیع میانگین سالانه شیب تغییرات دمای سطح آب دریای عمان را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین تغییرات مربوط به مناطق می‌باشد (جدول ۴).

۵.۵. روند فصلی خطی SST

اندازه شیب و ضریب تعیین میان فصل‌ها و اندازه SST برای هر یک از نقاط ۴۰ گانه در جدول ۵ نشان داده شده است. برای سه فصل (بهار-پاییز-زمستان) روند افزایشی را نشان داد با توجه به گرمایش جهانی و افزایش دمای آب پهنه‌های آبی کره زمین قابل تصور بود. در فصل بهار در سراسر گستره میانگین شیب ماهانه این ۴۰ نقطه برابر با 0.23 (C⁰/year) است. یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه در مجموع 0.69 درجه سلسیوس افزایش داشته است کمترین شیب برابر با 0.11 (C⁰/year) در نقطه شماره ۱۲ و بیشینه افزایش دما برابر با 0.34 (C⁰/year) در نقطه ۱۴ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین و کمترین میزان افزایش دما $1/0$ و 0.3 درجه سلسیوس بوده است. برای فصل تابستان شرایط متفاوت از دیگر فصول مشاهده شد. میانگین شیب ماهانه روندی کاهشی را نشان می‌داد با 0.009 (C⁰/year). یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه مجموعاً 0.27 درجه سلسیوس کاهش داشته است کمترین شیب منفی یا کاهش دما برابر با 0.15 (C⁰/year) در نقطه شماره ۱۲ و بیشینه افزایش دما برابر با 0.24 (C⁰/year) در نقطه ۱۵ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین میزان افزایش دما 0.72 و بیشترین کاهش دما 0.45 درجه سلسیوس بوده است. از دلایل این تفاوت روند دمایی تابستان با دیگر فصول را می‌توان شروع فصل مونسون در منطقه نام برد که وزش بادهای سطحی (تعديل دما) و نزول بارش‌ها باعث کاهش دمای محیطی و سطح آب می‌شود. (سالاری و همکاران، ۱۴۰۰؛ داده‌های سازمان هواشناسی کشور).

اندازه شیب و ضریب تعیین میان فصل‌ها و اندازه SST برای فصل پاییز در سراسر گستره نشان می‌دهد که میانگین شیب ماهانه این ۴۰ نقطه برابر با 0.18 (C⁰/year) است. یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه در مجموع 0.55 درجه سلسیوس افزایش داشته است کمترین شیب برابر با 0.01 (C⁰/year) در نقطه ۱ و بیشینه افزایش دما برابر با 0.35 (C⁰/year) در نقطه ۱۴ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین و کمترین میزان افزایش دما $1/0.5$ و 0.3 درجه سلسیوس بوده است. برای فصل زمستان اندازه شیب و ضریب تعیین میان فصل‌ها و اندازه SST در سراسر گستره میانگین شیب ماهانه این ۴۰ نقطه برابر با 0.11 (C⁰/year) را نشان می‌دهد. یعنی در مدت سی ساله گذشته این شبکه در مجموع 0.32 درجه سلسیوس افزایش داشته و کمترین شیب برابر با 0.01 (C⁰/year) در نقطه ۱ و 30 و بیشینه افزایش دما برابر با 0.27 (C⁰/year) در نقطه ۱۴ بوده است؛ بنابراین در مدت سی سال گذشته بیشترین و کمترین میزان افزایش دما 0.81 و 0.3 درجه سلسیوس بوده است.

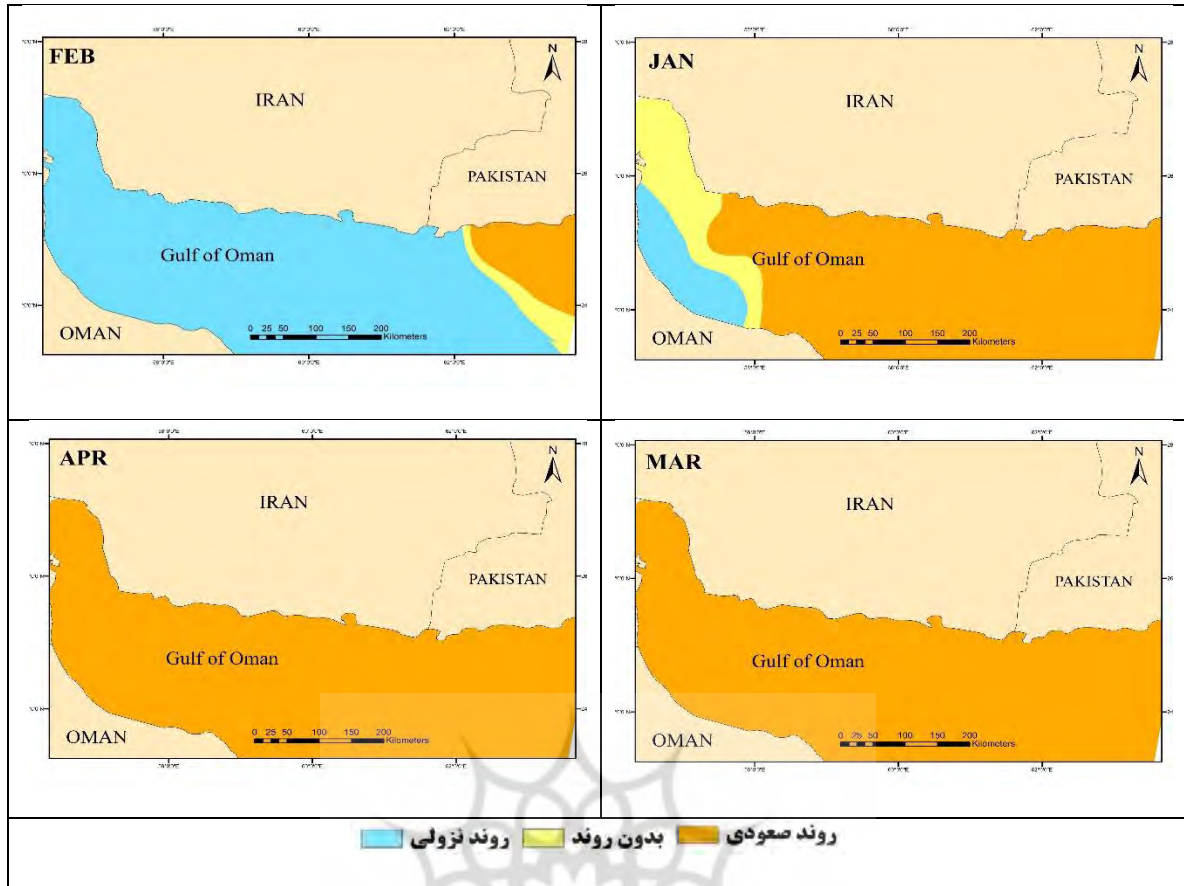
جدول ۵. اندازه شیب و ضریب تعیین هر یک از ۴۰ نقطه شبکه دریای عمان در بازه سالانه و ماهانه دوره زمانی ۲۰۱۴-۱۹۸۵

نقطه شبکه	Spring			Summer			Autumn			Winter		
	R ^۲	Sig	S.10 ^{-۴}	R ^۲	Sig	S.10 ^{-۴}	R ^۲	Sig	S.10 ^{-۴}	R ^۲	Sig	S.10 ^{-۴}
۱	۰.۱۲۹	*	۲۱۰	۰.۰۵۴	-	۱۲۰	۰.۰۰۰	-	۱۰	۰.۰۰۰	-	۱۰
۲	۰.۰۱۲	-	۲۰۰	۰.۰۱۸	-	۶۰	۰.۰۵۷	-	۹۰	۰.۰۱۴	-	۷۰
۳	۰.۱۷۱	*	۲۸۰	۰.۰۱۴	-	۷۰	۰.۰۰۲	-	۲۰	۰.۰۰۳	-	۴۰
۴	۰.۱۹۳	*	۳۱۰	۰.۰۰۳	-	۳۰	۰.۰۹۰	-	۱۳۰	۰.۰۱۹	-	۹۰
۵	۰.۲۰۱	*	۳۰۰	۰.۰۰۰	-	۱۰	۰.۲۱۸	*	۲۰۰	۰.۰۲۴	-	۹۰
۶	۰.۱۸۹	*	۲۶۰	۰.۰۰۲	-	۲۰	۰.۲۸۶	*	۲۲۰	۰.۰۳۰	-	۹۰
۷	۰.۱۷۸	*	۲۴۰	۰.۰۰۹	-	۴۰	۰.۱۸۹	*	۱۷۰	۰.۰۱۹	-	۷۰
۸	۰.۱۶۴	*	۲۳۰	۰.۰۰۴	-	۳۰	۰.۱۵۱	*	۱۷۰	۰.۰۲۱	-	۷۰
۹	۰.۱۸۸	*	۲۶۰	۰.۰۰۰	-	۱۰	۰.۱۸۷	*	۱۹۰	۰.۰۶۲	-	۱۳۰
۱۰	۰.۲۱۷	*	۲۶۰	۰.۰۰۰	-	۱۰	۰.۱۸۳	*	۱۸۰	۰.۰۵۴	-	۱۲۰
۱۱	۰.۱۰۳	-	۱۵۰	۰.۱۲۲	*	۱۳۰	۰.۰۹۵	-	۱۳۰	۰.۰۵۰	-	۱۰۰
۱۲	۰.۰۶۲	-	۱۱۰	۰.۱۷۴	*	۱۵۰	۰.۰۳۴	-	۸۰	۰.۰۰۳	-	۲۰
۱۳	۰.۲۳۱	*	۲۲۰	۰.۰۰۱	-	۱۰	۰.۲۰۹	*	۲۲۰	۰.۱۵۸	*	۱۸۰
۱۴	۰.۳۶۱	*	۳۴۰	۰.۱۱۶	-	۲۰	۰.۳۱۲	*	۳۵۰	۰.۲۳۶	*	۲۷۰
۱۵	۰.۳۸۰	*	۳۳۰	۰.۱۳۲	*	۲۴۰	۰.۲۸۱	*	۳۵۰	۰.۲۰۳	*	۲۶۰
۱۶	۰.۲۲۳	*	۳۱۰	۰.۰۰۲	-	۲۰	۰.۰۲۶	-	۶۰	۰.۰۰۴	-	۴۰

Spring			Summer			Autumn			Winter			نقطه شبکه
R ^r	Sig	S.1۰ ^{-f}	R ^r	Sig	S.1۰ ^{-f}	R ^r	Sig	S.1۰ ^{-f}	R ^r	Sig	S.1۰ ^{-f}	
۰/۲۴۵	*	۳۲۰	۰/۰۰۱	-	-۲۰	۰/۱۳۷	*	۱۵۰	۰/۰۱۲	-	۶۰	۱۷
۰/۲۳۲	*	۳۰۰	۰/۰۰۰	-	.	۰/۲۸۹	*	۲۳۰	۰/۰۲۲	-	۸۰	۱۸
۰/۱۹۳	*	۲۵۰	۰/۰۰۵	-	-۳۰	۰/۲۹۲	*	۲۴۰	۰/۰۴۰	-	۱۰۰	۱۹
۰/۱۵۶	*	۲۳۰	۰/۰۰۰	-	.	۰/۱۸۱	*	۱۸۰	۰/۰۳۵	-	۱۰۰	۲۰
۰/۱۶۲	*	۲۰۰	۰/۰۰۰	-	.	۰/۱۵۲	*	۱۶۰	۰/۰۳۱	-	۱۰۰	۲۱
۰/۱۹۱	*	۲۶۰	۰/۰۰۰	-	-۱۰	۰/۲۴۱	*	۲۲۰	۰/۰۶۹	-	۱۴۰	۲۲
۰/۱۸۶	*	۲۴۰	۰/۰۰۲	-	-۲۰	۰/۲۴۶	*	۲۳۰	۰/۰۷۷	-	۱۵۰	۲۳
۰/۱۲۳	-	۱۸۰	۰/۰۲۰	-	-۷۰	۰/۱۲۲	*	۱۷۰	۰/۰۴۰	-	۱۰۰	۲۴
۰/۰۹۰	-	۱۵۰	۰/۰۳۲	-	-۸۰	۰/۰۵۶	-	۱۱۰	۰/۰۲۹	-	۹۰	۲۵
۰/۱۳۳	*	۱۸۰	۰/۰۰۰	-	.	۰/۱۲۱	*	۱۷۰	۰/۰۵۹	-	۱۲۰	۲۶
۰/۳۰۲	*	۲۴۰	۰/۰۵۳	-	۱۱۰	۰/۲۷۵	*	۲۷۰	۰/۱۰۸	-	۱۷۰	۲۷
۰/۲۵۴	*	۲۷۰	۰/۰۸۵	-	۱۵۰	۰/۳۰۶	*	۳۲۰	۰/۱۷۵	*	۲۲۰	۲۸
۰/۲۷۴	*	۲۷۰	۰/۰۱۹	-	-۶۰	۰/۰۶۸	-	۸۰	۰/۰۰۰	-	۱۰	۲۹
۰/۲۱۹	*	۲۶۰	۰/۰۱۱	-	-۴۰	۰/۲۵۹	*	۱۹۰	۰/۰۱۰	-	۵۰	۳۰
۰/۲۲۴	*	۲۸۰	۰/۰۰۳	-	۲۰	۰/۳۴۸	*	۲۵۰	۰/۰۴۹	-	۱۲۰	۳۱
۰/۱۹۳	*	۲۶۰	۰/۰۰۹	-	۴۰	۰/۲۵۷	*	۲۱۰	۰/۱۰۳	-	۱۲۰	۳۲
۰/۱۸۴	*	۰۲۴	۰/۰۰۰	-	.	۰/۲۳	*	۲۰۰	۰/۰۲۴	-	۸۰	۳۳
۰/۱۷۹	*	۲۴۰	۰/۰۰۴	-	-۳۰	۰/۲۸	*	۲۶۰	۰/۰۵۵	-	۱۲۰	۳۴
۰/۱۷۱	*	۲۳۰	۰/۰۰۶	-	-۴۰	۰/۲۶	*	۲۶۰	۰/۰۶۰	-	۱۳۰	۳۵
۰/۱۲۹	*	۱۹۰	۰/۰۰۹	-	-۵۰	۰/۱۲۵	*	۱۸۰	۰/۰۴۷	-	۱۲۰	۳۶
۰/۰۹۸	-	۱۶۰	۰/۰۰۱	-	-۲۰	۰/۰۸۵	-	۱۵۰	۰/۰۲۲	-	۸۰	۳۷
۰/۰۹۸	-	۱۷۰	۰/۰۰۴	-	۳۰	۰/۱۳۲	*	۱۸۰	۰/۰۲۴	-	۹۰	۳۸
۰/۱۳۴	*	۲۰۰	۰/۰۲۵	-	۸۰	۰/۲۲۷	*	۲۵۰	۰/۰۹۲	-	۱۵۰	۳۹
۰/۲۱۰	*	۲۵۰	۰/۰۵۱	-	۱۲۰	۰/۰۲۶۲	*	۲۹۰	۰/۱۷۸	*	۲۰۰	۴۰

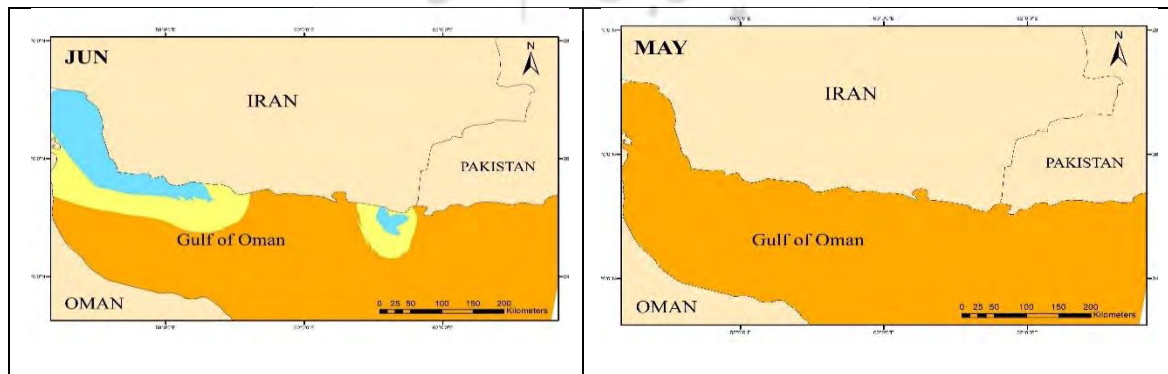
۵.۶. روند تغییرات دمای سطح آب در دریای عمان

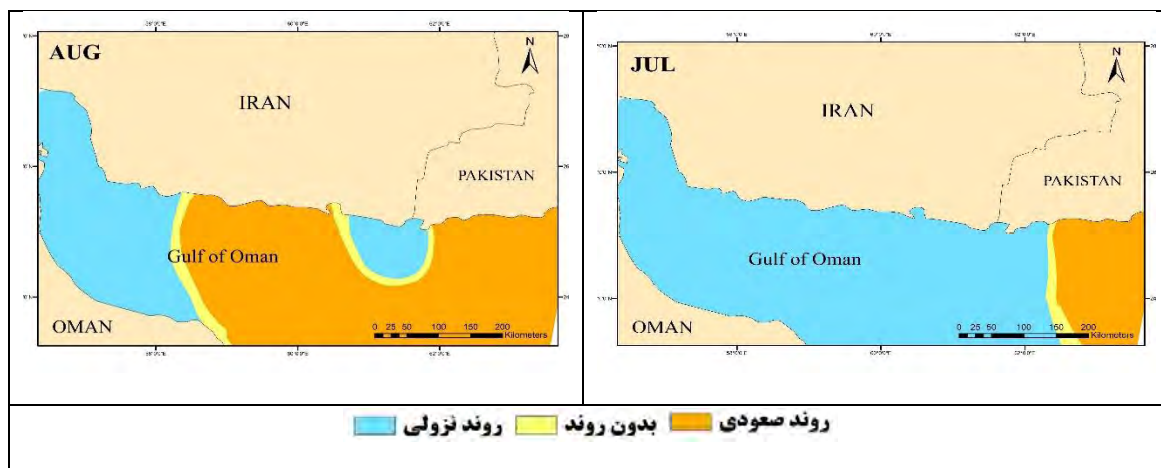
بررسی توزیع مکانی هم روند میانگین ماهانه دمای سطح آب عمان اطلاعات مهمی در مورد تغییرات این شاخص در پهنه آبی دریای عمان ارائه می‌دهد. برای این منظور در این پژوهش توزیع مکانی روند تغییرات مقدار متوسط دمای سطح آب (SST) برای هر سلول در بازه زمانی مورد بررسی محاسبه شد که نتیجه این محاسبات برای تمامی ۴۰ سلول تشکیل‌دهنده دریای عمان در شکل ۹ برای ماه‌های مختلف سال آمده است. مطابق این شکل مشخص است که روند مقادیر میانگین دمای سطح آب (SST) در چهار ماه ابتدایی سال که تقریباً ماه‌های سرد هوا می‌باشد، به‌استثنای ماه فوریه، از غرب به شرق روند افزایشی داشته است. به عبارتی با دور شدن از تنگه هرمز به سمت شرق می‌توان مقادیر میانگین دمای سطح آب (SST) بالاتری را انتظار داشت. در ماه دوم؛ یعنی فوریه بخش زیادی از پهنه آبی دریای عمان روند کاهشی دما را نشان می‌دهد.



شکل ۹. نقشه روند تغییرات ماهانه SST در دریای عمان برای چهارماهه اول سال - دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵

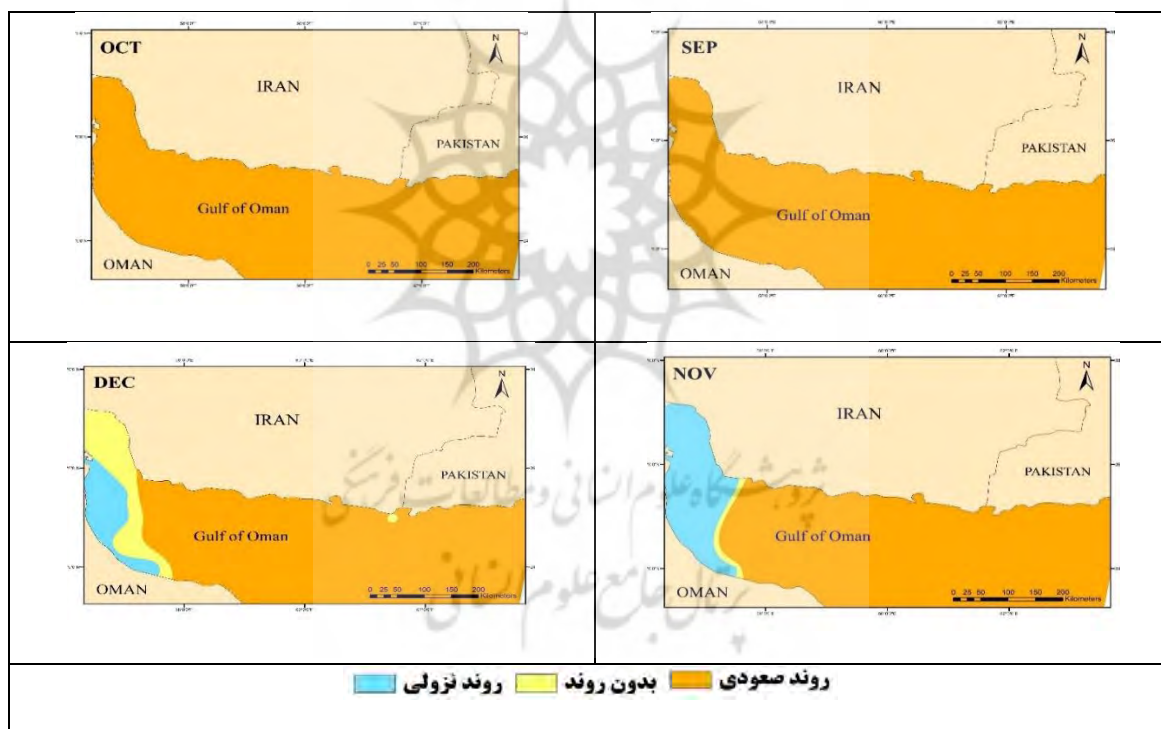
در شکل ۱۰ برای چهارماهه دوم سال مشاهده شد که می‌توان ماه‌های گرم سال را متصور بود، برای ماه می مشابه ۴ ماه ابتدایی سال داده‌ها ثبت شده و نشان می‌دهد تمامی سطح دریای عمان روند افزایشی دما را ثبت کرده است. در ماه ژوئن به‌استثنای برخی مناطق در مصب رود باهوکلالت (یک دلیل عمده می‌تواند ورود سیلاب و حاصل از بارش‌های موسمی باشد) و ورودی تنگه هرمز که روند کاهش دما را ثبت کرده است، در بقیه نقاط شبکه دریای عمان افزایش دمای آب از غرب به شرق قابل تشخیص می‌باشد. در ماه جولای که منطبق بر ماه تیر و مرداد و فصل مونسون در جنوب شرق کشور نیز می‌باشد روند نزولی میانگین دمای ماهانه سطح آب وجود دارد در ماه آگوست هم مانند ماه ژوئن با توسعه بیشتر در مناطق روند منفی و نزولی داده‌ها ثبت گردیده است.





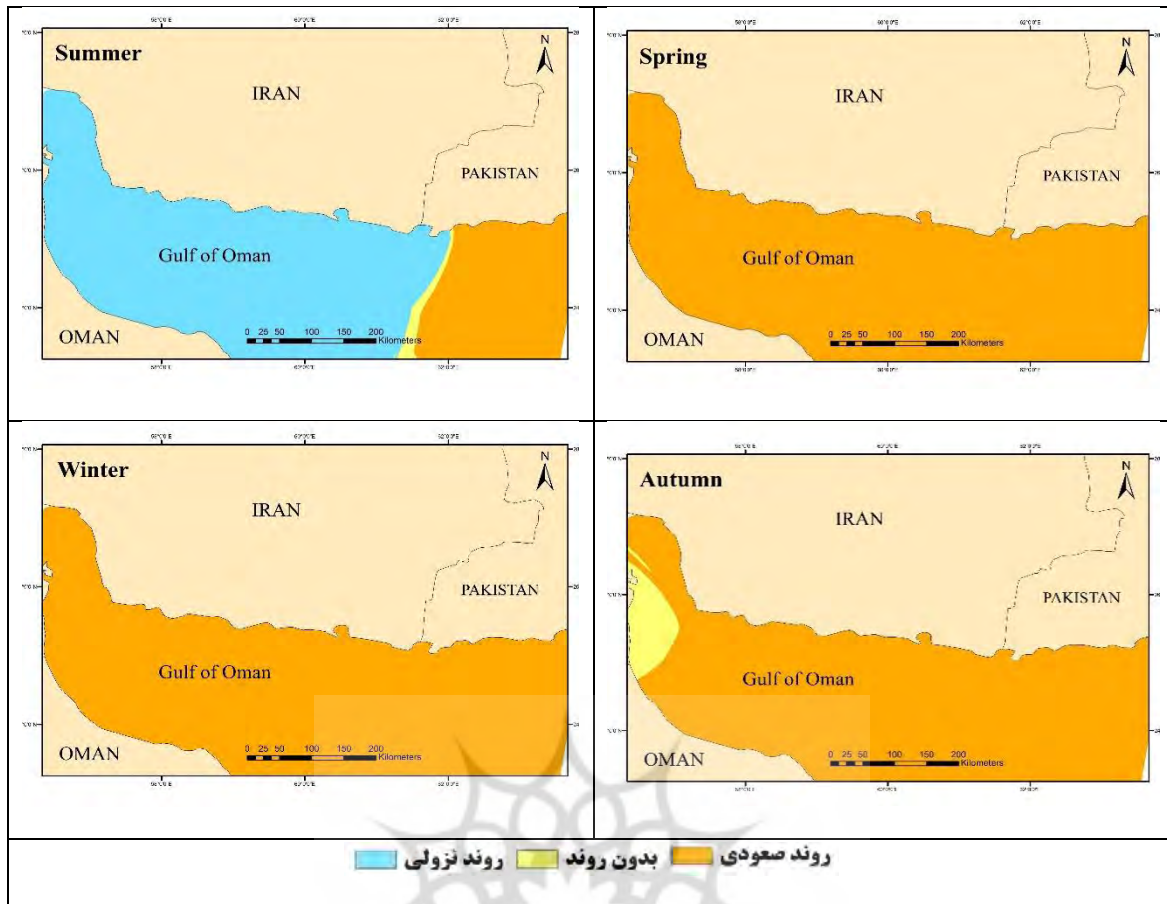
شکل ۱۰. نقشه روند تغییرات ماهانه SST در دریای عمان برای چهارماهه دوم سال - دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۴

در شکل شماره ۱۱ نیز برای چهارماهه سوم سال نیز این افزایش دما بخصوص از غرب به شرق مشاهده شد. برای ماه‌های سپتامبر، اکتبر تمامی سطح دریای عمان روند صعودی داشته و در ماه‌های نوامبر و دسامبر از سمت تنگه هرمز و غرب دریای عمان مناطق با روند نزولی توسعه پیدا می‌کند.



شکل ۱۱. نقشه روند تغییرات ماهانه SST در دریای عمان برای چهارماهه سوم سال - دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۴

در شکل ۱۲ روند تغییرات در چهارفصل سال نیز بررسی شده است. در سه فصل بهار، پاییز و زمستان روند افزایشی تغییرات دمای سطح آب قابل مشاهده می‌باشد. اما در فصل تابستان بخش زیادی از دریای عمان روند نزولی داشته است. از عوامل سینوپتیکی و هواشناسی این فصل مونسون را می‌توان عامل این تفاوت دانست. افزایش سرعت بادهای موسمی و بارش‌های فصلی باعث کاهش دمای سطح آب نسبت به میانگین بلندمدت می‌شود.



شکل ۱۲. نقشه روند تغییرات فصلی SST در دریای عمان برای چهار فصل سال - دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵

برطبق شکل ۱۳، در آمار سالانه نیز کاملاً دمای سطح دریای عمان روند صعودی را ثبت کرده است.

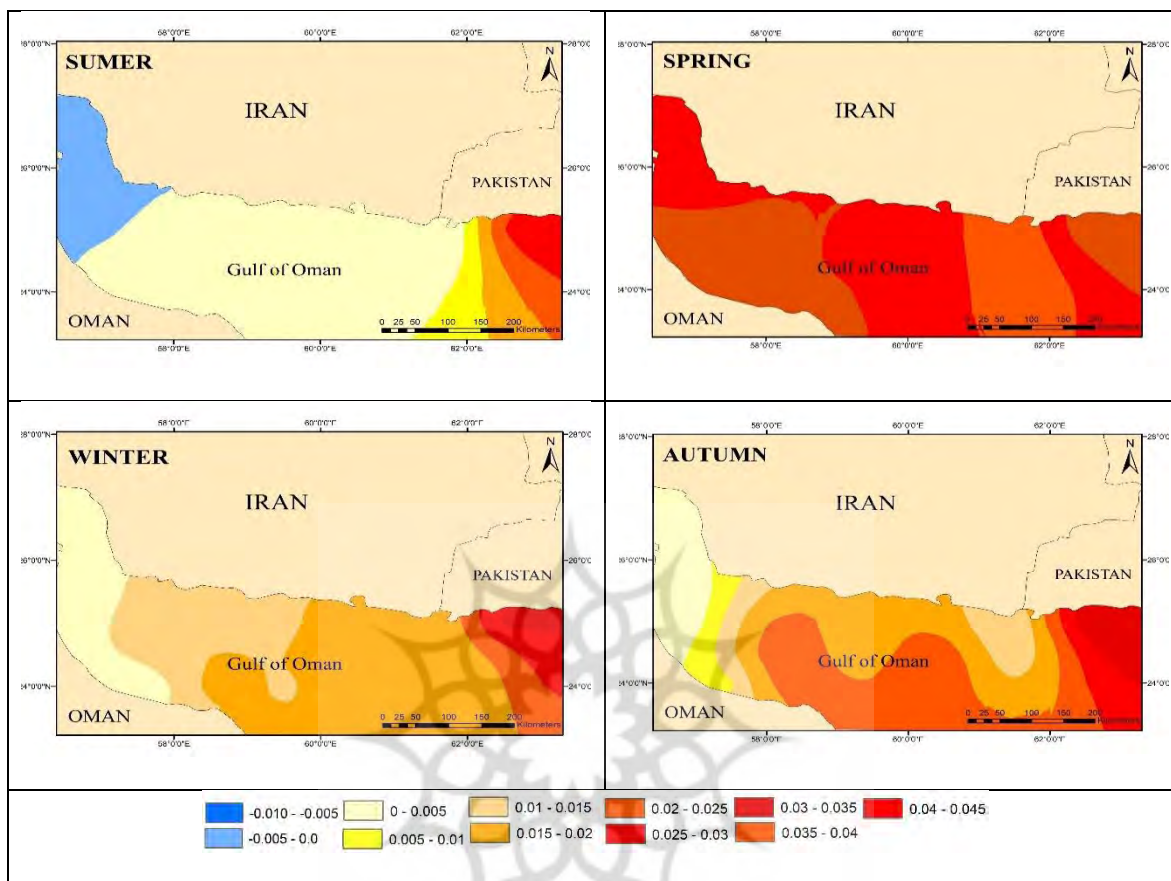


شکل ۱۳. نقشه روند تغییرات ماهانه SST در دریای عمان برای سال - دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵

۵.۷. شیب تغییرات داده‌های دمای سطح آب دریای عمان

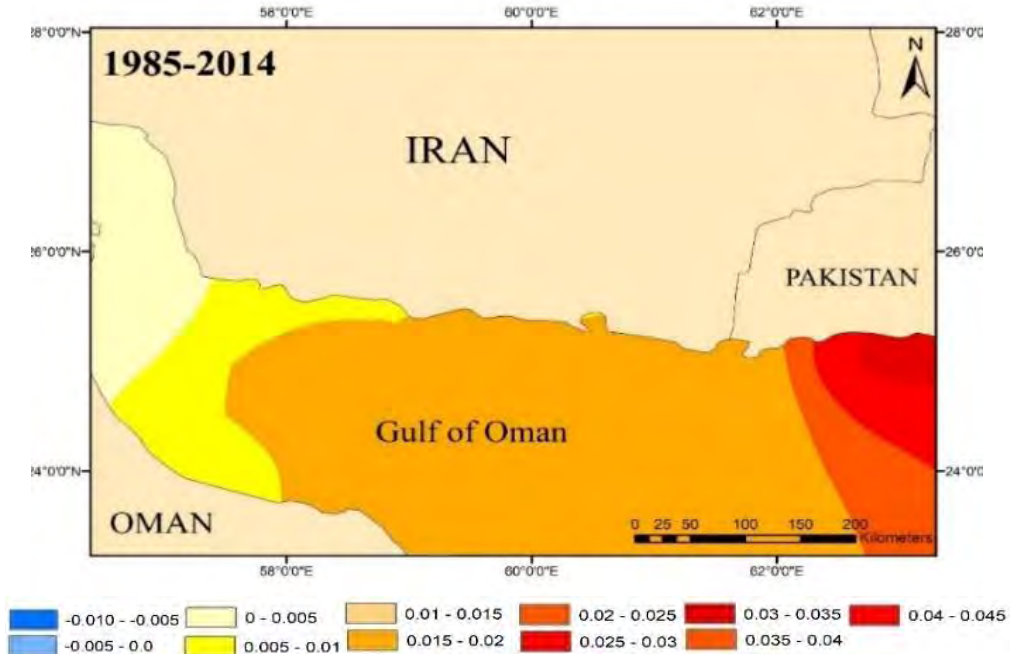
توزیع مکانی شیب تغییرات دمای ماهانه سطح آب (SST) برای هر سلول در بازه زمانی مورد بررسی محاسبه شد که نتیجه این محاسبات برای تمامی ۴۰ سلول تشکیل‌دهنده دریای عمان در شکل ۱۴ برای فصل‌های چهارگانه سال آمده است. مطابق این شکل مشخص است که در فصل بهار شیب تغییرات کاملاً صعودی و مثبت ثبت شده است و این تغییرات شیب در بازه ۰/۱ تا ۰/۳ می‌باشد. در فصل تابستان شرایط ضعیف‌تری وجود دارد. روند نزولی و شیب منفی (۰/۱۵-) در بخش‌های تنگه

هرمز و شیب ملایم‌تر در پهنه میانی دریای عمان مشاهده شد. در بخش‌های شرقی دریا شیب تغییرات مثبت می‌شود. برای فصل پاییز علاوه بر ثبت مقادیر مثبت شیب، این تغییرات در سواحل ایران با شیب کمتر و در مناطق دور از ساحل و سواحل شرقی عمان با شیب بیشتر تغییر کرده است. برای فصل زمستان شاهد تغییرات شیب افزایشی دمای آب از غرب به شرق هستیم.



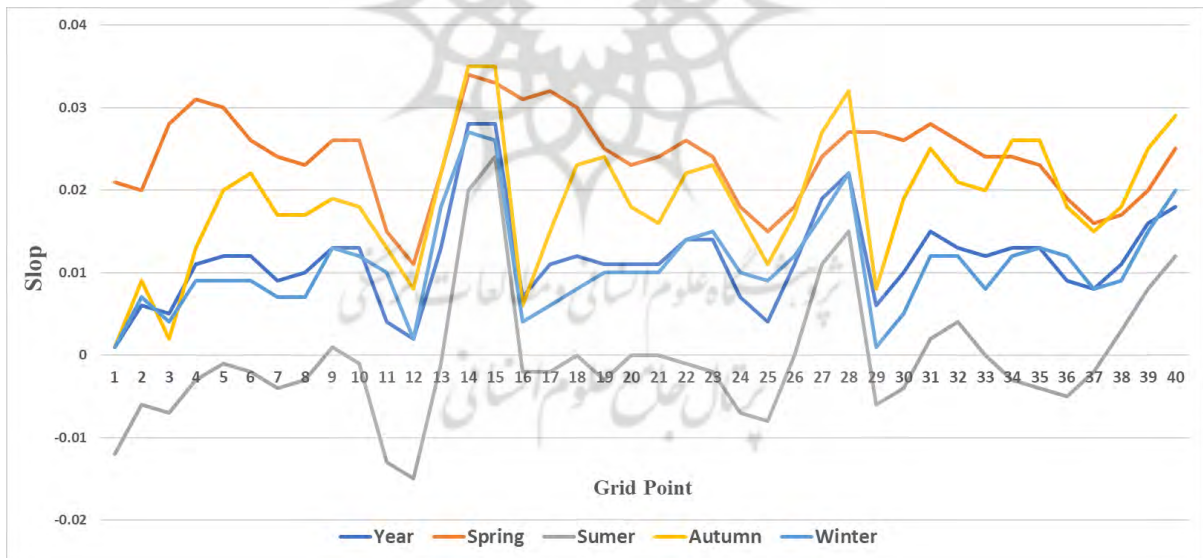
شکل ۱۴. نقشه شیب تغییرات فصلی SST در دریای عمان برای چهار فصل سال - دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵

مقادیر شیب تغییرات سالانه دمای آب دریای عمان در شکل ۱۵ نشان می‌دهد شیب مثبت تغییرات از مقادیر بسیار کم (۰/۰۰۱) در تنگه هرمز به سمت مقادیر بزرگ‌تر (۰/۰۲۸) در شرق دریای عمان و در سواحل پاکستان ثبت شده است رانج‌ها و همکاران (۲۰۱۵). از دلایل افزایش دمای سالانه سطح آب بخصوص در سواحل، رودبادهای ساحلی سطح پایین است. این جت رودبادهای با گردش بر روی نواحی خشک به‌ویژه سواحل کشور عمان باعث انتقال گرما از خشکی به دریا و افزایش تبادل دمایی می‌شود.



شکل ۱۵. نقشه شیب تغییرات سالانه SST در دریای عمان برای دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۴

نمودار شکل ۱۶ تغییرات شیب برای سری زمانی ۴۰ نقطه نیز نشان داد بیشترین مقادیر شیب برای فصل بهار و کمترین مقادیر تا حتی مقادیر نزولی برای فصل تابستان بوده است.

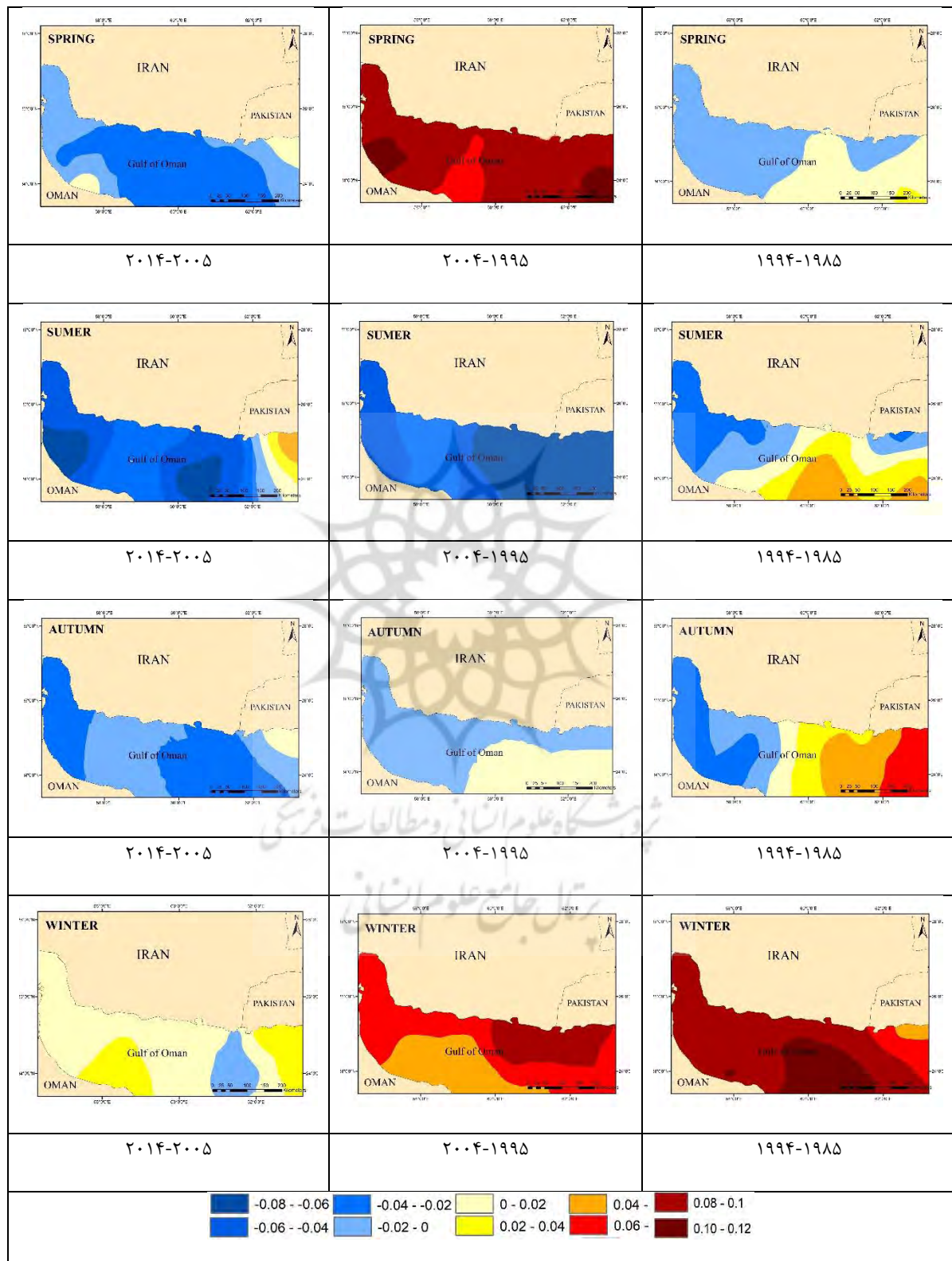


شکل ۱۶. نمودار تغییرات شیب سالانه SST در ۴۰ نقطه دریای عمان برای دوره آماری ۱۹۸۵-۲۰۱۴

۵.۸. بررسی دهه ای شیب تغییرات داده های دمای سطح آب

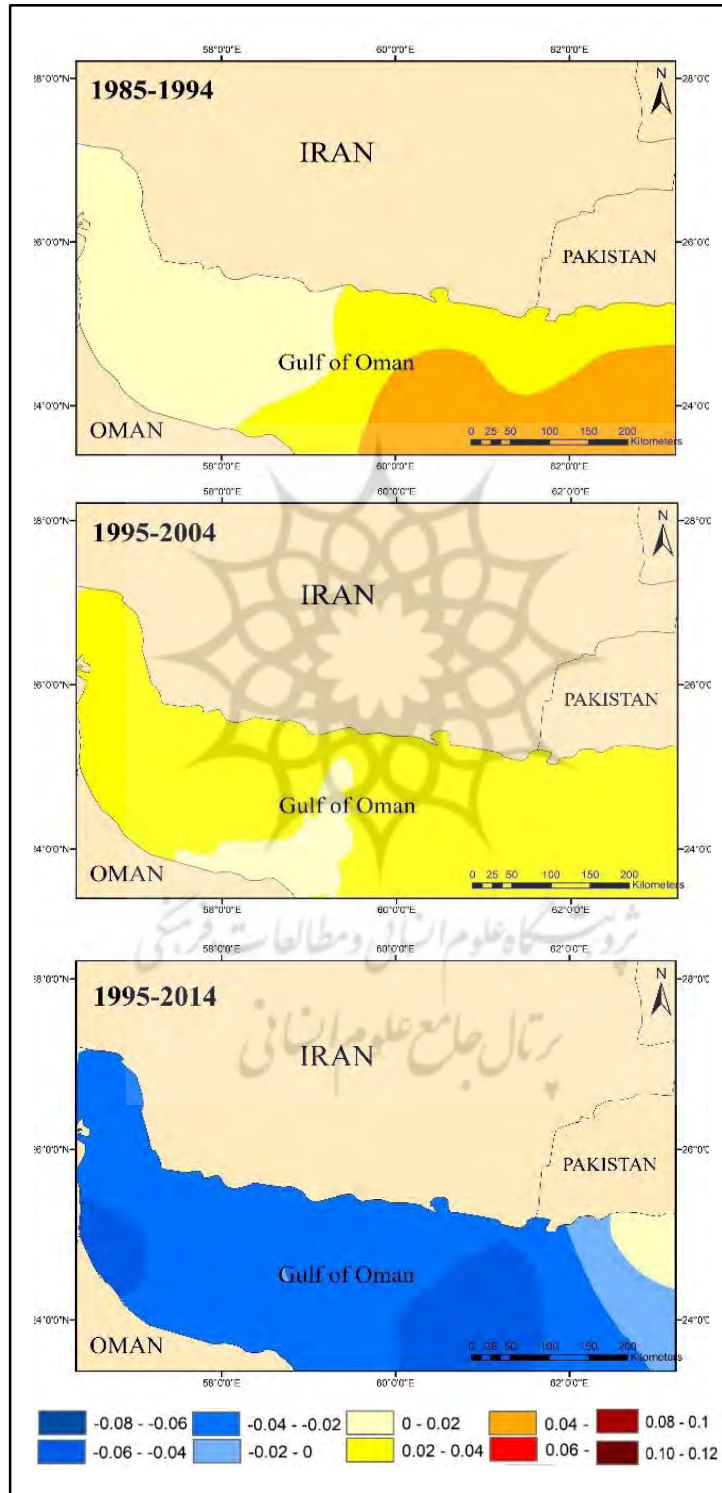
بررسی دهه‌های (۱۹۸۵-۱۹۹۴ و ۲۰۰۴-۱۹۹۵ و ۲۰۱۴-۲۰۰۵) برای دوره آماری سی سال گذشته (۱۹۸۵-۲۰۱۴) بر طبق شکل ۱۷ نتایج قابل توجهی را نشان داد. برای فصل بهار شیب تغییرات دمای دریای عمان در دهه اول (۱۹۸۵-۱۹۹۴) روندی صعودی و نزولی متفاوتی در دو نیمه غربی و شرقی دریای عمان را ثبت نموده است. در دهه دوم (۱۹۹۵-۲۰۰۴) اما شیب تغییرات کاملاً مثبت بوده (در بازه ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۴۸) و روند صعودی داشته است. اما در دهه سوم (۲۰۰۴-۲۰۱۴) تمامی دریای عمان به استثنای سواحل دریای عمان روندی نزولی را ثبت کرده‌اند. در فصل تابستان شرایط کمی متفاوت تر را نشان می‌دهد. در سواحل پاکستان

و به سمت تنگه هرمز در دهه اول (۱۹۹۴-۱۹۸۵) شیب منفی و نزولی بوده و از سواحل ایران تا عمان روندی صعودی را ثبت کرده است. در دهه دوم (۱۹۹۵-۲۰۰۴) اما از تنگه هرمز به سمت شرق میانگین دمایی پایین تری نسبت به بلندمدت وجود دارد و در دهه سوم سواحل پاکستان روندی صعودی را نشان می‌دهد.



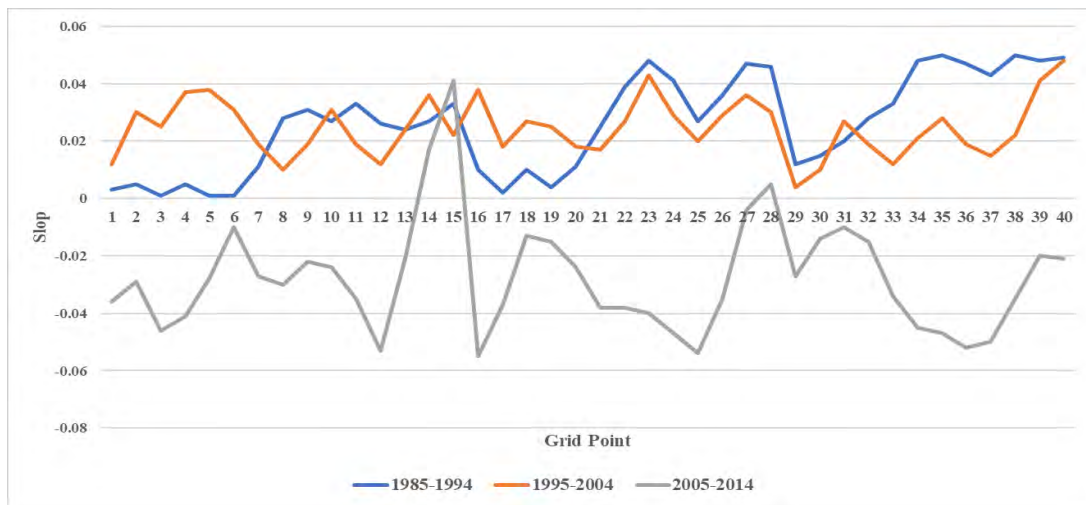
شکل ۱۷. نقشه تغییرات شیب سالانه SST در چهار فصل دمای سطح دریای عمان برای سه دوره ده ساله (دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵)

در فصل پاییز دهه اول روند تغییرات شیب از تنگه هرمز به سمت سواحل و بخش‌های شرقی دریای عمان صعودی بوده و میانگین‌های دمای بالاتری را ثبت کرده‌اند. در دهه دوم به دونیمه متفاوت تقسیم شده است. نیمه غربی دریای عمان روند نزولی و نیمه شرقی روند صعودی را نشان می‌دهد. در دهه سوم فصل‌های پاییز نیز از غرب به شرق روند شیب صعودی داشته است. برای فصل زمستان شیب صعودی و افزایشی دما دهه اول با نسبت به دو دهه بعد شدت بیشتری داشته است و در دهه سوم این شیب تغییرات ضعیف‌تر ثبت شده است.



شکل ۱۸. نقشه تغییرات سالانه شیب دمای سطح دریای عمان برای سه دوره دهساله (دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵)

در بررسی سه دهه‌ای آمار دمای سالانه سطح آب در شکل ۱۸ نتایج نشان داده که به ترتیب طی سه دهه شیب تغییرات دمایی کاهش داشته و در دهه سوم حتی شیب نزولی و کاهشی بوده است که این نتیجه برطبق نمودار شکل ۱۹ نیز برای ۴۰ نقطه شبکه دریای عمان نشان داده می‌شود.



شکل ۱۹. نمودار تغییرات شیب سالانه SST در ۴۰ نقطه دریای عمان برای سه دوره آماری ده‌ساله (دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۸۵)

۶. نتیجه‌گیری

یکی از اثرات تغییر اقلیم در مقیاس بزرگ، اثرگذاری و متقابلاً اثرپذیری آن از دمای سطح آب دریا می‌باشد. شاخص تبادلات حرارتی بین اتمسفر و دریا بوده به گونه‌ای که هرگونه بحث یا بررسی در مورد وضعیت جوی نیاز به شناخت قبلی از وضعیت SST دارد (مدبری و همکاران، ۱۳۹۶). هدف از این تحقیق بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی SST سه دهه گذشته در دریای عمان بود. برای این منظور از مقادیر ماهانه دمای سطح آب (SST) طی ۳۰ سال اخیر، موجود در آرشیو ECMWF، استفاده گردید. بررسی سالانه دمای سطح آب نشان از ارتباط نزدیک آن به دمای هوا در دریای عمان می‌باشد. در فصل بهار تا اواسط تابستان و قبل از شروع فصل مونسون روند دمایی افزایشی بوده و سپس به سمت فصل پاییز و زمستان روند کاهشی می‌شود تا اواخر فصل زمستان که مجدد سیکل افزایش دمای هوا و دمای سطح دریا را شاهد خواهیم بود. اما در تحلیل سری زمانی سی ساله دمای سطح آب (SST) و روند تغییرات آن مشخص شد که افزایش این پارامتر از اوایل فصل بهار شروع شده و در اوایل تابستان (ژوئن - خرداد) به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد. با شروع فصل تابستان روند افزایش دما شیب کمتری پیدا می‌کند. این رخداد را می‌توان به فصل مونسون و وزش بادهای بر سطح دریای عمان و اقیانوس هند ارتباط داد. و با شروع پاییز و سرد شدن هوا، اما روند افزایش دمای سطح آب (SST) نیز آغاز شده و این روند ادامه می‌یابد. بررسی‌های بیشتر نشان داد دمای سطح آب (SST) در پهنه آبی دریای عمان طی ۳۰ سال گذشته با شیب ملایمی روبه‌افزایش بوده به طوری که به طور میانگین ۰/۴ درجه سلسیوس طی ۳۰ سال اخیر افزایش داشته است. بررسی توزیع مکانی دمای سطح آب (SST) نیز مشخص نمود که مقادیر کمینه و بیشینه این پارامتر در بخش‌های کم‌عمق این دریا در محل اتصال به خلیج فارس بود. همچنین بخش‌های کم‌عمق منتهی به تنگه هرمز بیشترین نوسانات دمایی را داشتند طوری که دارای مقادیر انحراف معیار بزرگ‌تری نسبت به سایر بخش‌های این پیکره آبی بودند. نتایج این پژوهش افزایش دما و روند صعودی آن در دریای عمان را که قبلاً در مورد برخی پهنه‌های آبی دیگر اثبات شده است (ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۹۳؛ کوهی و همکاران، ۱۴۰۱؛ بحری و همکاران، ۱۳۹۹؛ ترابی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ذاکری نژاد و همکاران، ۱۴۰۱؛ خان و همکاران، ۲۰۲۱؛ محمد و همکاران، ۲۰۱۶) را تایید می‌کند.

۷. حامیان پژوهش

این پژوهش حامی مالی و معنوی نداشته است.

۸. مشارکت نویسندگان

نویسندگان در تمام مراحل و بخشهای انجام شده سهم برابر داشته اند.

۹. تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تضاد منافی ندارند.

۱۰. تقدیر و تشکر

نویسندگان بدینوسیله از همه کسانی که به نوعی در انجام این پژوهش یاری رسانده اند قدردانی می نمایند.

منابع

- آزادی، مجید؛ واشانی، سعید و حجام، سهراب. (۱۳۹۱). پیش‌بینی احتمالاتی بارش با استفاده از پس پردازش (post processing) برون داد یک سامان همادی، *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۳۸ (۳): ۲۰۳ - ۲۱۶
- احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ اکبری ازیران ی، طیبه و کرمی، جمال (۱۳۹۸). کارایی مدل HadGEM2-ES در ارزیابی نابهنجاری فصلی دمای ایران تحت سناریوهای واداشت تابشی، *فیزیک زمین و فضا*، ۴۵ (۳): ۶۲۵ - ۶۴۴
- بحری، علی؛ خسروی، یونس، (۱۳۹۹)؛ بررسی روند بلند مدت تغییرات زمانی-مکانی دمای سطح دریای عمان، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال بیستم پاییز شماره ۵۸، ۲۱۷-۱۹۹
- ترابی آزاد، جعفری؛ سهرابی، ش. ۱۳۸۹، بررسی رابطه خطی (رگرسیون) افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم جهانی بر میانگین سالانه دمای سطحی آب در سواحل هرمزگان، *علوم و فناوری دریا*، شماره ۵۴
- ترابی آزاد، مسعود، محمدی، عالمه. (۱۳۹۴). مطالعه دمای سطحی آب دریا (SST) و سرعت باد در سواحل استان هرمزگان بر اساس داده های ماهواره ای. پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۱۰ (۳)، ۸۱-۹۱.
- جهانپنده، شیروانی، ا. ۱۳۹۰. پیش بینی دمای سطح آب خلیج فارس با استفاده از فرایندهای اتورگرسیون برداری، *مجله مهندسی منابع آب*، سال چهارم، بهار ۱۳۹۰، صفحات ۵۳-۶۱.
- حسن زاده، اسماعیل و بیدختی، علی اکبر و ملاسماعیل پور، سعید، ۱۳۸۴، بررسی تغییرات دمای سطح (SST) آبهای خلیج فارس و تاثیر آن بر آب و هوای مناطق ساحلی در سالهای ۲۰۰۰-۱۹۹۶، *ششمین همایش علوم و فنون*
- حلبیان امیرحسین، کبیری کیوان، صفرزاد محبوبه، شیرانی مصیب. (۱۴۰۱)، بررسی تاثیر تغییرات دمای سطح دریا (SST) بر اکوسیستم های مرجانی مطالعه موردی: جزیره کیش. *اقتباس شناسی*. جلد ۱۳ شماره ۵۰: ۵۹-۷۲
- خسروی، م؛ سلیقه، م؛ صباغی، ب. ۱۳۹۰، تاثیر آنومالی های دمای سطح دریای عمان بر بارندگی فصول پاییز و زمستان سواحل جنوب شرقی ایران، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی (دانشگاه تبریز)*، شماره ۳۷، صفحات ۵۹-۸۱.
- خلیلی، علی (۱۳۷۹)، گزارش طرح جاماب کشور، گزارش سنتز، فصل هواشناسی، بررسی اثر محتمل تغییر اقلیم بر منابع آب کشور، وزارت نیرو.
- ذاکری نژاد، رضا، موحدی، سعید، جهانیان، احسان. (۱۴۰۱). مقایسه تغییرات دمای آب دریای عمان و خلیج فارس با دریای خزر با استفاده از تصاویر ماهواره ای *برنامه ریزی فضایی*، ۱۲ (۴)، ۶۵-۸۰
- سالاری فنودی، محمدرضا؛ خسروی، محمود؛ طاووسی، تقی؛ حمیدیان پور، (۱۴۰۰). آینده نگرایی تغییرات بارش مونسون تابستانه هند در جنوب شرق ایران، رساله دکترا، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- شکيبا، علیرضا، امینی، میترا، براتی، غلامرضا، مرادی، محمد. (۱۳۹۷). تحلیل همدیدی-دینامیکی تاثیر نوسانات دمای آب دریای مدیترانه بر بارش های غرب ایران *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۶ (۲)، ۱۰۰-۸۳.
- علیزاده چوبری، امید و نجفی، محمد سعید. (۱۳۹۶). روند تغییرات دمای هوا و بارش در مناطق مختلف ایران، *فیزیک زمین و فضا*، ۴۳ (۳)، ۵۶۹-۵۸۴
- عزیزی، قاسم و محمد روشنی (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من — کندهال، *مجله پژوهش های جغرافیایی*، شماره ۶۴

- کوهی، منصوره، بابائیان، ایمان. (۱۴۰۱). پیش‌نگری سطح آب دریا و دمای آن در منطقه دریای پارس تحت سناریوی های SSPs، نیوار ۴۶ (۱۶)، ۱۷۳-۱۶۵
- مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۹۰). آب‌وهوای ایران، مشهد: شریعۀ توس
- مدبری، آناهیتا؛ انصاری، المیرا؛ نوری، روح اله؛ عباسی، محمودرضا. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات زمانی و مکانی دمای سطح آب دریای عمان طی سه دهه اخیر، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط
- ملا سماعیل پور سعید، محمد مهدیزاده مهدی، حسن‌زاده اسماعیل، خلیل‌آبادی محمدرضا. (۱۳۹۸). مدل سازی سه بعدی جریان باد رانده در اقیانوس هند شمالی در خلال مونسون. اقیانوس شناسی. شماره ۳۸ سال دهم: ۱۷-۲۸
- ناظم‌السادات، سیدمحمد جعفر، قائد امینی، حبیب‌الله، توکلی، مرضیه. (۱۳۹۳). ارزیابی نشانه‌های تغییر اقلیم در پهنه شمال غربی اقیانوس هند: واکاوی روند دمای سطح آب دریا در دوره ۱۹۵۰-۲۰۰۹. مجله ژئوفیزیک/ایران ۸ (۲)، ۴۰-۲۶.
- نبی‌بیدهندی، غلامرضا؛ شاهین محمد نژاد و فاطمه عبادتی (۱۳۸۶)، مفاهیم و پیامدهای تغییر آب‌وهوا با مروری بر ملاحظات پروتکل کیوتو، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول، ۱۸۹ صفحه.
- هاردی، جان تی (۲۰۰۳)، تغییر اقلیم، علل، اثرات و راه‌حل‌ها، ترجمه: خزانه‌داری، لیلی؛ منصوره کوهی؛ شهزاد قندهاری و مهدی آسیائی (۱۳۹۱)، انتشارات پاپلی، چاپ دوم، ۳۶۸ صفحه، مشهد.
- Anbumozhi, V., Breiling, M., Pathmarajah, S., & Reddy, V. R. (Eds.). (2012). Climate change in Asia and the Pacific: how can countries adapt?. SAGE Publications India
- Bai, H., Xiao, D., Wang, B., Liu, D. L., Feng, P. & Tang, J. (2020). Multi- model ensemble of CMIP6 projections for future extreme climate stress on wheat in the North China Plain, *International Journal of Climatology*, 40, 21-39.
- Becker, E., Kirtman, B. P., & Pegion, K. (2020). Evolution of the North American Multi- Model Ensemble, *Geophysical Research Letters*, 47, 35-53.
- Brooker Peter (2009), Aviation and Climate Change: II-Airport CO2 Emissions, *Air Traffic Technology International*, 22-25.
- Carvalho, K. S., & Wang, S. (2020). Sea surface temperature variability in the Arctic Ocean and its marginal seas in a changing climate: Patterns and mechanisms. *Global and Planetary Change*, 193, 103265.
- Gombay, E., & Horvath, L. (1996). On the rate of approximations for maximum likelihood tests in change-point models: *Journal of Multivariate Analysis*, 56, 120-152.
- Halder, S., Parekh, A., Chowdary, J. S., Gnanaseelan, C., & Kulkarni, A. (2021). Assessment of CMIP6 models' skill for tropical Indian Ocean sea surface temperature variability. *International Journal of Climatology*, 41(4), 2568-2588.
- Hardy, John T. (2003), *Climate Change, Causes, Effects and Solutions*, Wiley
- Hatsuzuka, D., & Sato, T. (2022). Impact of SST on present and future extreme precipitation in Hokkaido investigated considering weather patterns. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127(9), e2021JD036120.
- Herath, S., & Ratnayake, U., (2004). Monitoring rainfall trends, to predict adverse impacts-a case study from Sri Lanka 1964-1993. *Global Environ. Change*, 14, 71-79.
- Heburn, G. W. (1985). Effects of wind versus hydraulic forcing on the dynamics of the Western Mediterranean Sea. Contributions to the Oceanography of the Western Alboran Sea, edited by H. Perkins, *NORDA Tech. Note*, 315, 73-114.
- Khan, S., Piao, S., Khan, I. U., Xu, B., Khan, S., Ismail, M. A., & Song, Y. (2021). Variability of SST and ILD in the Arabian Sea and Sea of Oman in Association with the Monsoon Cycle. *Mathematical problems in Engineering*, 2021, 1-15.
- Kim, Y. H., ; Min, S. K., ; Zhang, X., ; Sillmann, J., & Sandstad, M. (2020). Evaluation of the CMIP6 multi-model ensemble for climate extreme indices. *Weather and Climate Extremes*, 29, 100269.
- Koliev, E. H. (2008). Shipping Impacts on Climate: A Source with Solutions. *Oceana Protecting the World's Ocean*.
- Lyon, C., Saupe, E. E., Smith, C. J., Hill, D. J., Beckerman, A. P., Stringer, L. C., ... & Aze, T. (2022). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*, 28(2), 349-361.
- Mohomi, T. (2022). Impacts of Land Use/Land Cover change on boundary layer climate over eastern South Africa (Doctoral dissertation, North-West University (South Africa)).
- Modbery, A., Ansari, E., Nouri, R., & Abbasi, M. (2016). Examining the temporal and spatial changes of sea surface temperature of Oman during the last three decades, *The fourth international conference on environmental planning and management*.
- Muhammad, S., Memon, A. A., Muneeb, M., & Ghauri, B. (2016). Seasonal and spatial patterns of SST in the northern Arabian Sea during 2001-2012. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 17-22.
- Riegl, Bernhard. (2002). Effects of the 1996 and 1998 positive sea-surface temperature anomalies on corals, coral

- diseases and fish in the Arabian Gulf (Dubai, UAE). *Marine Biology* 140, 29-40
- Robles-Tamayo, C. M., Valdez-Holguín, J. E., García-Morales, R., Figueroa-Preciado, G., Herrera-Cervantes, H., López-Martínez, J., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2018). Sea surface temperature (SST) variability of the eastern coastal zone of the gulf of California. *Remote Sensing*, 10(9), 1434.
- Song, Z., Liu, H., & Chen, X. (2020). Eastern equatorial Pacific SST seasonal cycle in global climate models: From CMIP5 to CMIP6. *Acta Oceanologica Sinica*, 39, 50-60.

References:

- Azadi, M., Vashani, S., & Hajjam, S. (2012). Probabilistic precipitation forecast using post processing of output of ensemble forecasting system. *Journal of the Earth and Space Physics*, 38(3), 203-216. doi: 10.22059/jesphys.2012.29126
- Ahmadi, M., Dadashi Roudbari, A. A., Akbari Azirani, T., & Karami, J. (2019). The Performance of the HadGEM2-ES Model in the Evaluation of Seasonal Temperature Anomaly of Iran under RCP scenarios. *Journal of the Earth and Space Physics*, 45(3), 625-644.
- Alizadeh-Choobari, O., & Najafi, M. S. (2017). Trends and changes in air temperature and precipitation over different regions of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, 43(3), 569-584
- Anbumozhi, V., Breiling, M., Pathmarajah, S., & Reddy, V. R. (Eds.). (2012). *Climate change in Asia and the Pacific: how can countries adapt?*. SAGE Publications India
- Azizi, Gh. Roshani, M. (2008). Using Mann-Kendall Test to Recognize of Climate Change in Caspian Sea Southern Coasts. *Physical Geography Research Quarterly*, 40(64), 13-28.
- Bahri A, Khosravi Y. (2020). Investigation of Long Term Trend of Spatio-Temporal changes of Sea Surface Temperature in Oman Sea; 20 (58) :199-217
- Bai, H., Xiao, D., Wang, B., Liu, D. L., Feng, P. & Tang, J. (2020). Multi- model ensemble of CMIP6 projections for future extreme climate stress on wheat in the North China Plain, *International Journal of Climatology*, 40, 21-39.
- Becker, E., Kirtman, B. P., & Pegion, K. (2020). Evolution of the North American Multi- Model Ensemble, *Geophysical Research Letters*, 47, 35-53.
- Brooker Peter (2009), Aviation and Climate Change: II-Airport CO2 Emissions, *Air Traffic Technology International*, 22-25.
- Carvalho, K. S., & Wang, S. (2020). Sea surface temperature variability in the Arctic Ocean and its marginal seas in a changing climate: Patterns and mechanisms. *Global and Planetary Change*, 193, 103265.
- Gombay, E., & Horvath, L. (1996). On the rate of approximations for maximum likelihood tests in change-point models: *Journal of Multivariate Analysis*, 56, 120-152.
- Halabian, A., Kabiri, K., Safarnejad, M., & Shirani, M. (2022) Effect of sea surface temperature (SST) changes on coral ecosystems in Kish Island. *Journal of Oceanography*; 13 (50), 59-72
- Halder, S., Parekh, A., Chowdary, J. S., Gnanaseelan, C., & Kulkarni, A. (2021). Assessment of CMIP6 models' skill for tropical Indian Ocean sea surface temperature variability. *International Journal of Climatology*, 41(4), 2568-2588.
- Hardy, John T. (2003), *Climate Change, Causes, Effects and Solutions*, Wiley
- Hassanzadeh, I, Bidakhti, A, Mulla Ismailpour, s, (2006), investigation of surface temperature changes (SST) of the waters of the Persian Gulf and its impact on the climate of coastal areas in 1996-2000, 6th Science and Technology Conference
- Hatsuzuka, D., & Sato, T. (2022). Impact of SST on present and future extreme precipitation in Hokkaido investigated considering weather patterns. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127(9), e2021JD036120.
- Herath, S., & Ratnayake, U., (2004). Monitoring rainfall trends, to predict adverse impacts-a case study from Sri Lanka 1964-1993. *Global Environ. Change*, 14, 71-79.
- Heburn, G. W. (1985). Effects of wind versus hydraulic forcing on the dynamics of the Western Mediterranean Sea. Contributions to the Oceanography of the Western Alboran Sea, edited by H. Perkins, *NORDA Tech. Note*, 315, 73-114.
- Jahandideh, M. & Shirvani, A. (2011). Prediction of Persian Gulf water surface temperature using autoregressive processes. *Water Resources Engineering*, 4(8), 53-62.
- Khalili, A. (2000). Report on the country's Jamab project, synthesis report, meteorological season, investigating the possible effect of climate change on the country's water resources, Ministry of Energy.
- Khan, S., Piao, S., Khan, I. U., Xu, B., Khan, S., Ismail, M. A., & Song, Y. (2021). Variability of SST and ILD in the Arabian Sea and Sea of Oman in Association with the Monsoon Cycle. *Mathematical problems in Engineering*, 2021, 1-15.
- Khosravi, M., Salighe, M., Sabaghi, B. (2011). The Effects of Oman Sea Surface Temperature Anomalies in Autumn and Winter Precipitation of Southeast Coasts of Iran. *Geography and Planning*, 16(37), 59-81.

- Kim, Y. H., .; Min, S. K., .; Zhang, X., .; Sillmann, J., & Sandstad, M. (2020). Evaluation of the CMIP6 multi-model ensemble for climate extreme indices. *Weather and Climate Extremes*, 29, 100269.
- Kohi, M., & Babaeian, I. (2022). Projections of the Sea Level Rise and Sea Surface Temperature of Pars Sea Region Under SSPs Scenarios. *Nivar*, 46(116-117), 179-189. doi: 10.30467/nivar.2022.360864.1225
- Kolieb, E. H. (2008). Shipping Impacts on Climate: A Source with Solutions. *Oceana Protecting the World's Ocean*.
- Lyon, C., Saupé, E. E., Smith, C. J., Hill, D. J., Beckerman, A. P., Stringer, L. C., ... & Aze, T. (2022). Climate change research and action must look beyond 2100. *Global Change Biology*, 28(2), 349-361.
- Masoudian, S.A. (2010). Weather of Iran, Mashhad: Shariat Tus
- Modabari, A; Ansari, E; Nouri, R; Abbasi, M, (2016). Examining the temporal and spatial changes of sea surface temperature of Oman during the last three decades, the fourth international conference on environmental planning and management
- Modbery, A., Ansari, E., Nouri, R., & Abbasi, M, (2016). Examining the temporal and spatial changes of sea surface temperature of Oman during the last three decades, *The fourth international conference on environmental planning and management*.
- Mohomi, T. (2022). Impacts of Land Use/Land Cover change on boundary layer climate over eastern South Africa (Doctoral dissertation, North-West University (South Africa)).
- Muhammad, S., Memon, A. A., Muneeb, M., & Ghauri, B. (2016). Seasonal and spatial patterns of SST in the northern Arabian Sea during 2001–2012. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1), 17-22.
- Mulla Esmailpour, S., Mehdizadeh, M., Hassanzadeh, E., & Khalilabadi, M. (2018). 3D Modeling of Wind-Driven Circulation In The Northern Indian Ocean During, *Monsoon. Journal of Oceanography*, 10 (38), 17-28
- Nabi Bidhandi, Gh., Mohammadnejad, Sh., Ebaadi, F. (2006), concepts and consequences of climate change with an overview of Kyoto protocol considerations, Tehran University Press, first edition, 189 p.
- Nazem Alsatat, S. M. J., Ghaedamini, H., & Tavakoli, M. (2014). Investigating the climate change diagnostics over the north western parts of the Indian Ocean: The SST analysis for the period 1950-2009. *Iranian Journal of Geophysics*, 8(2), 26-40.
- Riegl, Bernhard. (2002). Effects of the 1996 and 1998 positive sea-surface temperature anomalies on corals, coral diseases and fish in the Arabian Gulf (Dubai, UAE). *Marine Biology* 140, 29-40
- Robles-Tamayo, C. M., Valdez-Holguín, J. E., García-Morales, R., Figueroa-Preciado, G., Herrera-Cervantes, H., López-Martínez, J., & Enríquez-Ocaña, L. F. (2018). Sea surface temperature (SST) variability of the eastern coastal zone of the gulf of California. *Remote Sensing*, 10(9), 1434.
- Salari Fanoodi, mr; Khosravi, m; Tausi, T; Hamidianpur, (2022). Foresight of Indian Summer Monsoon Rainfall Changes in Southeast Iran, Doctoral Dissertation, University of Sistan and Baluchistan.
- Song, Z., Liu, H., & Chen, X. (2020). Eastern equatorial Pacific SST seasonal cycle in global climate models: From CMIP5 to CMIP6. *Acta Oceanologica Sinica*, 39, 50-60.
- Shakiba, A., Amini, M., Barati, G., & Moradi, M. (2018). A synoptic-dynamic analysis of the impact of Mediterranean sea water temperature fluctuations on precipitation in western Iran. *Environmental Sciences*, 16(2), 83-100.
- Torabi Azad, M., & Mohammadi, A. (2015). Study of Sea Surface Temperature (SST) & wind speed over coastal area of Hormozgan Province by satellite data. *10 (3)*, 81-91.
- Torabi Azad, M., Jafari, A., & Sohrabi, Sh. (2010). Investigation of the linear relationship (regression) of temperature increase due to global climate change on the annual average water surface temperature in the coasts of Hormozgan, *Marine Sciences and Technology*, No. 54
- Zakerinejad, R., Movahedi, S., & Jahanian, E. (2022). Investigation of Sea Surface Temperature Changes in the Oman Sea and the Persian Gulf Using Satellite Images and Its Comparison with the Caspian Sea Trend. *Spatial Planning*, 12(4), 65-80.

نحوه استناد به این مقاله:

خواجه امیری خالدي، چكاوك ؛ خسروي، محمود؛ طاووسي، تقی؛ كيانی مقدم، منصور و حمیدیان پور، محسن (۱۴۰۳). بررسی روند ارزیابی تغییرات دمای سطح

DOI: 10.22124/GSCAJ.2024.24499.1237

دریای عمان با رویکرد تغییر اقلیم. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۲۵، ۴۱-۶۳.

Copyrights:

Copyright for this article are retained by the author(s), with publication rights granted to *Geographical studies of Coastal Areas Journal*. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

