



<https://sppl.ui.ac.ir>
Spatial Planning
E-ISSN: 2476-3357

Document Type: Research Paper
Vol. 12, Issue 4, No.47, Winter 2023, pp. 1- 3
Received: 15/07/2022 Accepted: 26/02/2023

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

Reza Zakerinejad*¹, Saeed Movahedi², Ehsan Jahanian³

1- Assistant Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran

r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir

2- Associate Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran

s.movahedi@geo.ui.ac.ir

3- MA in Climatology, Faculty of Geography and Planning, University of Isfahan, Iran
ehsanjahanian1915@gmail.com

Abstract

Water surface temperature in open seas and lakes is known as one of the indicators for measuring oceanographic and meteorological characteristics. In the present study, the data from the AVHRR sensor (1989-2019) have been used to analyze the temporal and spatial changes in water surface temperature of the Persian Gulf and Oman Sea. Average (monthly), seasonal, and annual temperatures were obtained from daily data in ArcGIS 10.8 software. Then, the trend of water temperature changes in the Persian Gulf and the Oman Sea compared to the Caspian Sea was investigated. The results of the water surface temperature data analysis showed that the water temperature in the Persian Gulf and the Oman Sea decreased in the northern part of the Persian Gulf in the spring, but in the summer, the temperature decreased in the central part of the Caspian Sea. In autumn and winter, the temperature drop is affected by the latitude. While the southern parts of the Caspian Sea, especially the southeast, are the hottest areas, the Middle Caspian has a lower temperature than the rest of the regions. In the spring season, the temperature decreased in the Middle Caspian, and an increase in temperature was

*Corresponding Author

Zakerinejad, R., Movahedi, S., & Jahanian, E. (2023). Assessment of water 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), 1 -4.



2476-3357 © The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<https://doi.org/10.22108/sppl.2023.134287.1665>



20.1001.1.22287485.1401.12.4.4.0

observed towards the upper and lower latitudes. While in the autumn season, a decrease in the water surface temperature was observed in the Persian Gulf and in the winter, in the Oman Sea. The monthly temperature trends for the Persian Gulf and the Oman Sea are increasing for 12 months. In the Caspian Sea, the trend of temperature changes in January and December was decreasing and increasing in the rest of the months.

Keywords: Sea Surface Temperature, Trend, Caspian Sea, Persian Gulf and the Oman Sea.

Introduction

Water surface temperature in open seas and lakes is known as one of the indicators for measuring oceanographic and meteorological features. Ocean-atmosphere interactions and water surface temperatures can have severe effects on the global climate. For example, rising sea temperatures increase the amount of water vapor in the oceans. This water vapor feeds climatic systems and causes heavy snowfall and rain around the world. It is important to identify the amount and also the trend of temperature changes in the open waters of the Persian Gulf and the Oman Sea and their effects on Iran's climatic conditions. It causes a lot of damage to the coastal ecosystem, structures, shipping, and fishing, which is very important. In the present study, due to the importance of temperature changes in the Caspian Sea and Persian Gulf on temperature changes in coastal areas and the south of the country, this temperature change trend is evaluated by using multi-temporal data of AVHRR sensor of the NOAA satellite during the period 1989-2019. These changes are compared to the Caspian Sea, which is located in the north of the country.

Materials and Methods

In this research, the average, seasonal, and annual temperatures were obtained from daily data in ArcGIS 10.8 software. Then, the trends of the Persian Gulf and the Oman Sea were compared with the Caspian Sea. The daily data of this study were obtained from the AVHRR sensor on a daily basis. The data format is raster. The waters of the Caspian Sea, the Persian Gulf, and the Oman Sea were extracted for 30 years.

Research Findings

According to the results of the temperature maps, the coldest season of the year is winter in the Persian Gulf and the Oman Sea with an average temperature of 21.5 degrees, and the warmest season is summer with an average temperature of 31.5 degrees. In terms of monthly temperature changes, the Caspian region shows a decreasing trend in January and also the same trend is observed for the month of December, but such a trend was not seen in the Persian Gulf and the Oman Sea. In other words, the trends are quite increasing for 12 months.

Discussion of Results and Conclusion

Water surface temperature is one of the main variables known to create energy exchanges at sea level. Since seas and oceans have a high heat capacity, they play an important role in the global climate system. The results of this research show that the water surface temperature in the southern water areas of Iran, i.e. the Persian Gulf and the Oman Sea, is increasing. In addition, considering the seasonal average, just like the Caspian Sea, the temperatures show a completely increasing trend. However, in terms of spatial changes, the winter season is not similar to other seasons. In other words, the Caspian Sea does not follow the changes in latitude in winter and shows an opposite pattern, that is, as the latitude increases, the temperature shows an increase. According to the results of this research, it is suggested that in future studies, the process of changes in the water surface temperature of the Mediterranean Sea and its role in the fall and winter rainfall in Iran be evaluated. The comparison of the water surface temperature of the Persian Gulf and the Oman Sea with the Arabian Sea and its effect on Iran's heavy rains is the other suggestion for future studies.

مقایسه تغییرات دمای آب دریای عمان و خلیج فارس با دریای خزر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

رضا ذاکری نژاد^{*}، استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir

سعید موحدی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

s.movahedi@geo.ui.ac.ir

احسان جهانیان، کارشناسی ارشد رشته آب و هواشناسی (سینوپتیک)، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

ehsanjahanian1915@gmail.com

چکیده

دمای سطح یا رویه آب در آب‌های آزاد و دریاچه‌ها به‌عنوان یکی از شاخص‌های سنجش ویژگی‌های اقیانوس‌شناسی و هواشناسی شناخته می‌شود. در این پژوهش، برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی دمای سطح آب دریای عمان، خلیج فارس و خزر با استفاده از داده‌های (۲۵/۰ درجه) سنجنده AVHRR طی بازه زمانی ۱۹۸۹-۲۰۱۹ استفاده شد. میانگین دمای ماهانه، فصلی و سالانه از داده‌های روزانه در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 تهیه شد. سپس روند تغییرات دمایی آب در خلیج فارس و دریای عمان نسبت به دریای خزر بررسی شد. نتایج تحلیل داده‌های دمای سطح آب نشان‌دهنده آن است که در خلیج فارس و دریای عمان کاهش دما در قسمت شمالی خلیج فارس در فصل بهار و در عین حال، در فصل تابستان، در قسمت مرکزی خزر اتفاق افتاده است. در فصول پاییز و زمستان، کاهش دما متأثر از عرض جغرافیایی است؛ در حالی که در بخش‌های جنوبی دریای خزر به‌خصوص جنوب شرقی گرم‌ترین پهنه‌ها بوده است و خزر میانی نیز دمای کمتری نسبت به بقیه مناطق دارد. در فصل بهار، کاهش دما در خزر میانی اتفاق افتاد و به سمت عرض‌های بالا و پایین افزایش دما مشاهده شد؛ در حالی که در فصل پاییز کاهش دمای سطح آب در خلیج فارس و در زمستان در دریای عمان مشاهده شد. روندهای ماهیانه دما برای خلیج فارس و دریای عمان برای ۱۲ ماه افزایشی است. در دریای خزر، روند تغییرات دما در ماه‌های ژانویه و دسامبر کاهشی و بقیه ماه‌ها افزایشی بود. **واژه‌های کلیدی:** دمای سطح آب دریا، روند، دریای خزر، خلیج فارس، دریای عمان.

*نویسنده مسئول

ذاکری نژاد، رضا، موحدی، سعید، جهانیان، احسان. (۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات دمای آب دریای عمان و خلیج فارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و مقایسه آن با روند دریای خزر. *برنامه‌ریزی فضایی*، ۱۲ (۴)، ۸۰-۶۵.



مقدمه

دمای سطح آب به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در مطالعات مربوط به جو اقیانوس‌شناسی شناخته می‌شود که علاوه بر شرایط دمایی اقلیمی، توزیع زمانی و مکانی دمای سطح آب بر کاربردهای مختلف از جمله پیش‌بینی‌های مدل‌های عددی شار انرژی، مطالعه جریان دریاچه‌ها و هواشناسی ارزشمند است.

تغییرات دمای سطح دریا اثرهای متعددی در محیط‌های دریایی ایجاد می‌کند. یکی از مهم‌ترین اثرهای تغییرات دمای سطح آب دریاها در بلندمدت، کاهش الگوی چرخش اقیانوس‌هاست که مواد مغذی را از اعماق به سطح دریا می‌آورد و اکسیژن محلول را از سطح به عمق می‌برد (Pratchett, 2004)؛ همچنین دمای سطح آب به دلیل برهم‌کنش جو اقیانوس اثرهای شدیدی در اقلیم جهانی وارد می‌کند؛ به‌طور مثال، افزایش دمای سطح دریا موجب افزایش مقدار بخار آب موجود روی اقیانوس‌ها می‌شود. این بخار آب سیستم‌های آب‌وهوایی را تغذیه می‌کند و موجب بارش‌های سنگین برف و باران در سراسر جهان می‌شود.

گینزبورگ^۱ و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی تغییرپذیری دمای سطح آب دریای خزر را مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که همبستگی زمانی آنومالی‌های زمستانی و تابستانی دمای سطح آب خزر در دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ با فازهای شاخص نوسان‌های جنوبی و اطلس شمالی هماهنگ است و علاوه بر این، در دوره ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۰ نیز دمای سطح آب خزر با دریای سیاه در حالت کلی مشابه هم است. در پژوهشی دیگر ویلیامز^۲ و همکاران (۲۰۱۰) از محصولات سنجنده‌های AVHRR^۳ و Sea WiFS در دوره زمانی روزانه ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ به‌منظور بررسی تغییرات زمانی و مکانی دمای سطح آب در خلیج سن ماتیس استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده آن بود که این خلیج از نظر مکانی به دو بخش شمالی و جنوب مجزا تقسیم شد. بدین ترتیب که بخش‌های شمالی و غربی با دما و شوری زیاد و مناطق جنوبی و جنوب شرقی دما و شوری کم دارد.

در پژوهشی دیگر نیز شالتور^۴ (۲۰۱۹) با استفاده از روش IOSST، روندهای اخیر و سناریوهای آینده را برای تغییرات دمایی سطح در دریای سرخ بررسی کرد که نتایج این پژوهش حاکی از افزایش قابل توجه در روند دما بود. در تحقیقی دیگر حسن‌زاده بیدختی و اسماعیل‌پور (۱۳۸۴) تغییرات دمای سطح (SST^۵) آب‌های خلیج فارس و تأثیر آن را بر آب‌وهوای مناطق ساحلی را بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ بررسی کردند که نتایج نشان‌دهنده آن بود که در زمستان آبی با دمای سطحی در حدود ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد وارد خلیج فارس شده و در قسمت شمالی آن شارش یافته و دمایش در قسمت انتهایی خلیج فارس تا حدود ۱۹/۱ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا کرده است. داده‌های سنجنده AVHRR در مطالعات فراوانی برای نقشه‌های دمایی سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها استفاده شده است؛

1. Ginzburg
2. Williams
3. Advanced Very High Resolution Radiometer
4. Shaltour
5. Sea Surface Temperature

از جمله در مطالعه‌ای که برای بررسی اعتبار داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های زمینی برای متغیر SST انجام گرفت، مشخص شد که داده‌های سنجنده AVHRR رابطه معنی‌داری دارند و خطای به‌دست‌آمده برای این دو منبع داده مقبول است (جلال‌زاده و همکاران ۱۳۸۷). داده‌های این نوع سنجنده در تهیه نقشه دمای سطح دریا در منطقه خلیج فارس نیز استفاده شد که با مقایسه داده‌های اندازه‌گیری‌شده بر روی دریا مشخص شد، رابطه معنی‌داری بین این داده‌ها و داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد (جلال‌زاده و همکاران ۱۳۸۷).

در پژوهشی که از سوی جلال‌زاده و همکاران (۱۳۸۷) برای بررسی اعتبار داده‌های ماهواره‌ای و زمینی برای متغیر SST انجام گرفت، مشخص شد که داده‌های سنجنده AVHRR حاصل از ماهواره NOAA دارای رابطه معنی‌داری هستند و خطای به‌دست‌آمده برای این دو منبع داده مقبول است. در پژوهش کریمی (۱۳۹۰) نقشه دمای سطح دریا در منطقه خلیج فارس تهیه شد. این نقشه با داده‌های اندازه‌گیری‌شده بر روی دریا نیز مقایسه شد و نتیجه نشان‌دهنده آن بود که رابطه معنی‌داری بین این داده‌ها و داده‌های ماهواره‌ای است.

تغییرات دمای سطح آب خلیج فارس به‌منظور تشخیص الگوی دمایی با تصاویر سنجنده مادیس نیز مورد مطالعه قرار گرفته شد که روند کلی دمای سطح آب در سال‌های مختلف به‌طور تقریبی باهم همسو بوده است، یکدیگر را تأیید می‌کنند و در حالت کلی روند افزایش دمای سطح آب خلیج فارس به چشم می‌خورد (کریمیان و همکاران ۱۳۹۵) که در پژوهشی دیگر با استفاده از این نوع سنجنده عواملی مانند عمق، جریان‌های دریایی و عرض جغرافیایی نیز در نوسان‌های دمایی اثرگذار هستند. به‌طوری که میزان تغییرات دمایی به‌خصوص در عرض‌های شمالی و مرکزی با عمق آب رابطه معکوس دارد (فاضل‌پور و همکاران ۱۳۹۵).

در یک مطالعه نیز تغییرات بلندمدت مقادیر ماهانه دمای سطح آب دریای خزر دوره ۱۹۸۲-۲۰۱۷ با داده‌های NOAA^۱ ارزیابی شد که نتایج نشان‌دهنده آن بود که با توجه به میانگین و انحراف معیار ناهنجاری‌های دماهای متوسط سالانه بیشترین دامنه تغییرات دمای سطح آب در خزر شمالی متجاوز از ۸-۶ درجه سانتی‌گراد در اواخر فصل زمستان تا اوایل بهار قابل تشخیص بوده است (کاظمی و همکاران ۱۳۹۸). هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC^۲) نیز با توجه به بررسی تغییر اقلیم در نقاط مختلف جهان، تغییرات را در محدودهایی از خلیج فارس ارزیابی کرده است که نتیجه بررسی، به دست آوردن نمودارهای پیش‌بینی بلندمدت و مشاهده روند دمای هوا برای این منطقه در بلندمدت از سال ۱۹۵۰ تا سال ۲۱۰۰ است (IPCC, 2013).

با توجه به تحقیقات اشاره‌شده و تأثیری که دما بر واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی موجودات زنده آبی دارد، موجودات زنده داخل آب حساسیت‌های مختلفی نسبت به دما دارند. به‌طوری که حیات آنها با تغییرات دما مختل شده و حتی به نابودی آنان منجر می‌شود. ضرورت این پژوهش از این جهت است که خلیج فارس و دریای عمان از مهم‌ترین اکوسیستم‌های آبی کشور هستند که از دیدگاه اکولوژیک و اقتصادی جایگاه ویژه‌ای دارند (کریمیان کاکلکی

1 . National Oceanic and Atmospheric Administration

2 . The Intergovernmental Panel on Climate Change

و همکاران ۱۳۹۹). تغییرات دمایی این محدوده‌های آبی نقش تعیین‌کننده‌ای در فرآیندهایی زیستی و بوم‌شناختی دارد؛ بنابراین در این پژوهش به دلیل اهمیت تغییرات دمایی دریای خزر و خلیج فارس بر تغییرات دمایی مناطق سواحلی و جنوب کشور به ارزیابی این روند تغییرات دمایی با استفاده از داده‌های سنجنده AVHRR طی بازه زمانی ۱۹۸۹-۲۰۱۹ ماهواره نوا توجه می‌شود و به دلیل اهمیت این تغییرات مقایسه روند آن با دریای خزر که در شمال کشور واقع است، بررسی می‌شود تا میزان روند تغییرات در این دریاها شمالی و جنوبی کشور تحلیل و مقایسه شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

خلیج فارس، نام آبراهی پراهمیت در آسیای غربی و منطقه خاورمیانه است که در امتداد دریای عمان و میان ایران و شبه‌جزیره عربستان قرار دارد. مساحت خلیج فارس ۲۳۷/۴۷۳ کیلومتر مربع است. طول آن حدود ۹۰۰ کیلومتر و عرض متوسط آن ۲۵۰ کیلومتر است و پس از خلیج مکزیک و خلیج هادسون سومین خلیج بزرگ جهان به شمار می‌آید. خلیج فارس از شرق از طریق تنگه هرمز و دریای عمان به اقیانوس هند و دریای عرب راه دارد و از غرب به دلتای رودخانه اروندرود که حاصل پیوند دو رودخانه دجله و فرات و پیوستن رود کارون به آن است، ختم می‌شود.

دریای عمان (خلیج عمان) یا مکران (خلیج مکران) صورت بین‌المللی و رسمی خلیج عمان نامیده و در جغرافیای رسمی به پهنه‌ای آبی گفته می‌شود که خلیج فارس را از طریق خاور تنگه هرمز به دریای عرب (دریای مکران، پارس و عجم) وصل می‌کند. ۵۴۵ کیلومتر طول و ۱۸۱ هزار کیلومتر مربع وسعت دارد. سواحل خاوری ایران در شمال این دریا و سواحل شمال عمان و بخش کوچکی از امارات در جنوب آن جای دارند.

دریای خزر نیز که بزرگ‌ترین دریاچه بسته جهان شناخته می‌شود، از جنوب به ایران، از شمال به روسیه، از غرب به روسیه و جمهوری آذربایجان و از شرق به جمهوری‌های ترکمنستان و قزاقستان محدود می‌شود. دریای خزر بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۱ دقیقه غربی تا ۵۴ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی واقع شده است؛ همچنین از نظر عرض جغرافیایی بین ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه جنوبی تا ۴۷ درجه و ۸ دقیقه شمالی قرار گرفته است. طول آن حدود ۱۰۳۰ تا ۱۲۰۰ کیلومتر و عرض آن بین ۱۹۶ تا ۴۳۵ کیلومتر است و به‌طور تقریبی ۳۷۰ هزار کیلومتر مساحت دارد. سطح دریای خزر در حدود ۲۸ متر پایین‌تر از سطح دریاها آزاد است (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure (1) The location of the case study

مشخصات داده‌های ماهواره‌های تحقیق

برای بررسی ویژگی‌های مکانی و زمانی دمای رویه آب دریای خلیج فارس-دریای عمان از داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده سنجنده AVHRR ماهواره متعلق به اداره ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا (NOAA) استفاده شده است. این سنجنده بازتابش زمین را در پنج باند طیفی وسیع اندازه‌گیری می‌کند. داده‌های سنجنده AVHRR با قدرت تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتر در نادیر و پوشش در دو فرمت موجود هستند. پوشش محلی با قدرت تفکیک ۲/۲ تا ۱ کیلومتر در نادیر است (فاطمی و رضایی ۱۳۹۱). اگرچه سنجنده‌های جهانی دیگری با قدرت تفکیک رادیومتری و طیفی بیشتر برای پایش پدیده ریزگردها وجود دارند، سنجنده AVHRR به دلیل داشتن هم‌زمان چندین ماهواره در فضا و عرض نوار برداشت، دارای تصاویری در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت در طول شبانه‌روز است.

درواقع، داده‌های موردبررسی این پژوهش از سنجنده مذکور، در قالب فرمت NC و به صورت روزانه و فرمت رستر دریافت شد. محدوده آب‌های پهنه خزر، خلیج فارس و دریای عمان برای تمامی دوره زمانی (۲۰۱۹-۱۹۸۹) استخراج شد. از آنجایی که داده‌های سنجنده AVHRR به صورت میانگین روزانه است، برای رسم نقشه‌های روزانه در نرم‌افزار Arc GIS 10.8 از عملگر *makeup raster calculator* برای جمع کردن نقشه‌های روزانه و تبدیل آن به

نقشه‌های میانگین ماهیانه، فصلی و سالانه استفاده می‌شود. وب‌سایت زیر برای تهیه داده‌های روزانه انتخاب شد (www.ncei.noaa.gov/thredds/catalog.html)؛ قسمت Marine and ocean، OISST: Optimum Interpolation Sea/Surface Temperatures و درنهایت، بخش OISST-V2.1-AVHRR-Daily Files تهیه شد. سپس در مرحله بعدی این پژوهش، محدوده خزر، دریای عمان و خلیج فارس از پهنه آب‌های جهان برش داده شد. درنهایت، در نرم‌افزار ArcGIS10.8 با به‌کارگیری ابزار مدل بیلدر اقدام به آماده‌سازی نقشه‌های ماهانه، فصلی و سالانه و سری زمانی داده‌ها نیز برای میانگین کل منطقه محاسبه شد. در پایان نقشه‌های مکانی برای ۱۲ ماه سال میلادی، ۴ فصل و سال‌های موردبررسی برای خزر و مقایسه نیز برای دریای عمان و خلیج فارس تهیه شد که با استفاده از ب‌آنالیز رگرسیون روند تغییرات دمایی خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر بررسی می‌شود.

نتایج و بحث

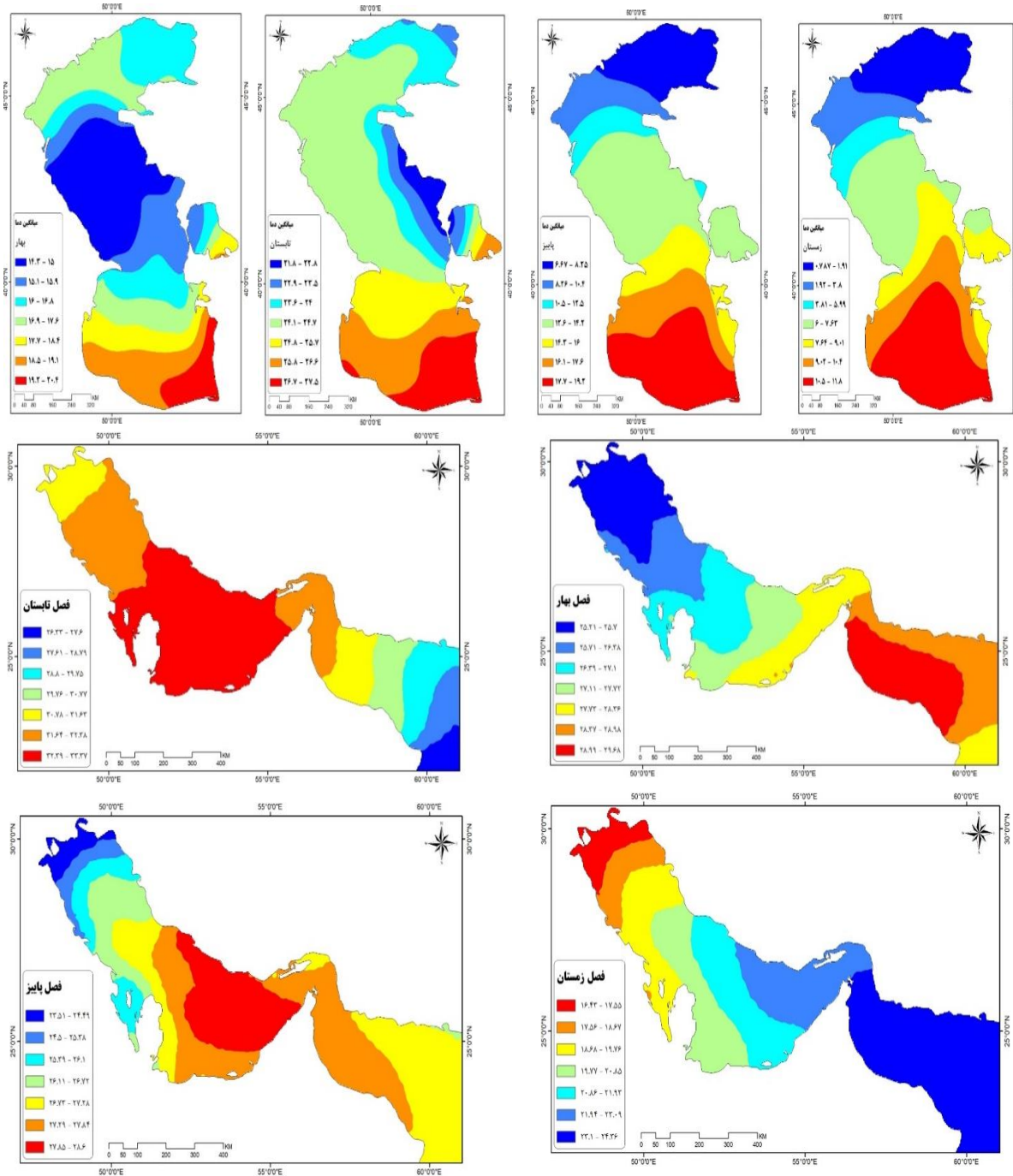
با توجه به نتایج مستخرج از نقشه‌های دمایی تهیه‌شده، از نظر فصلی در پهنه خلیج فارس و دریای عمان سردترین فصل سال با میانگین دمای ۲۱/۵، زمستان و گرم‌ترین فصل سال تابستان که میانگین دمایی آن ۳۱/۵ درجه ثبت شده است (شکل ۲).

با توجه به شکل (۲) در فصل بهار محدوده خلیج فارس و دریای عمان همانند نقشه میانگین سالانه، افزایش و کاهش دما متأثر از تغییرات عرض جغرافیایی است؛ یعنی دماهای بیشینه در بخش دریای عمان که عرض جغرافیایی کمتری دارد، دیده می‌شود و دماهای کمینه در بخش خلیج فارس که عرض جغرافیایی بیشتری دارد، به چشم می‌خورد؛ اما این حالت خود را به گونه‌ای دیگر در دریای خزر نشان می‌دهد؛ چون دماهای کمینه بیشتر در بخش مرکزی قرار دارد و به سمت عرض‌های بالا و پایین افزایشی است؛ اما روند افزایشی بیشتر در بخش جنوبی‌تر و کاهشی عرض جغرافیایی قرار دارد.

در فصل تابستان دماهای بیشینه خلیج فارس نسبت به دریای عمان بیشتر است و تا حدودی خلاف عرض جغرافیایی عمل می‌کند. در فصل پایین بخش‌های مرکزی خلیج فارس و دریای عمان در اطراف محدوده تنگه هرمز با کشش به سمت خلیج فارس دماهای بیشینه دیده می‌شود؛ اما کمترین دماها برعکس در عرض‌های جغرافیایی پایین در سمت دریای عمان قرار گرفته است.

در فصل پاییز هم مثل تابستان دماهای بیشینه در بخش مرکزی است؛ اما کمینه‌های دمایی از عرض جغرافیایی پیروی می‌کند و در عرض‌های بالا در بخش خلیج فارس و نزدیک استان خوزستان قرار دارد.

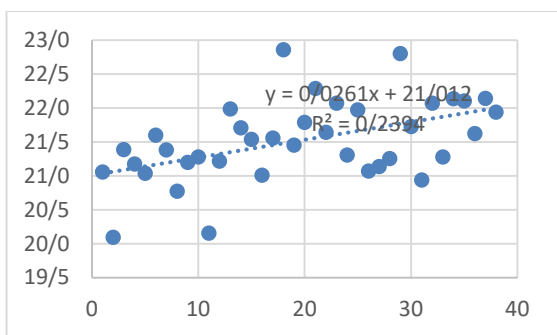
در فصل زمستان کل پهنه دریای عمان سردترین دماها را دارد و گرم‌ترین دماها نیز در بخش خلیج فارس متمرکز شده است و تغییرات دما از طول جغرافیایی و هم‌زمان از عرض جغرافیایی پیروی می‌کند.



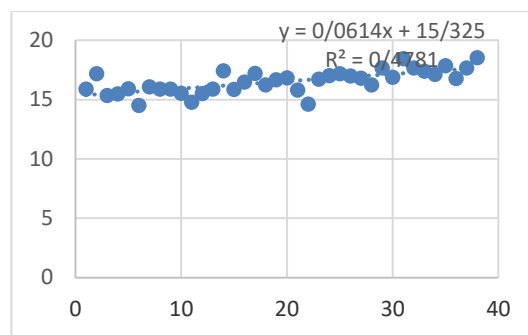
شکل (۲) تغییرات مکانی فصلی دریای خزر در مقایسه با خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (2) Spatial changing of the Caspian Sea in compared to Persian Gulf and Oman

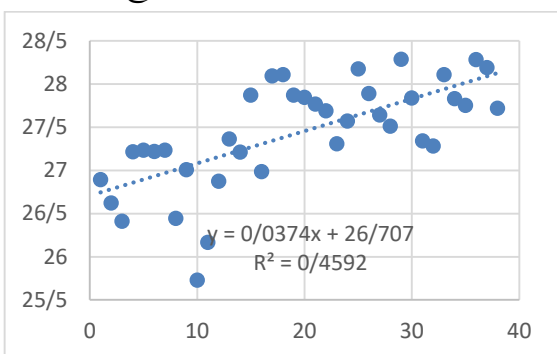
تغییرات زمانی دمای رویه آب نشان‌دهنده آن است که در محدوده خلیج فارس و دریای عمان در هر چهار فصل افزایشی است. شدت افزایشی بودن روند دما در هر چهار فصل دیده می‌شود؛ اما در محدوده خزر افزایش دما روند آرام‌تری دارد (شکل ۳)



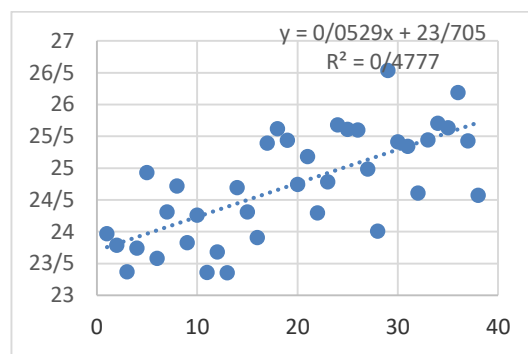
روند فصل بهار دریای عمان و خلیج فارس



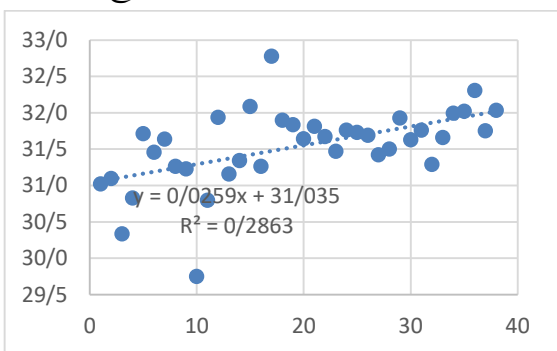
روند فصل بهار دریای خزر



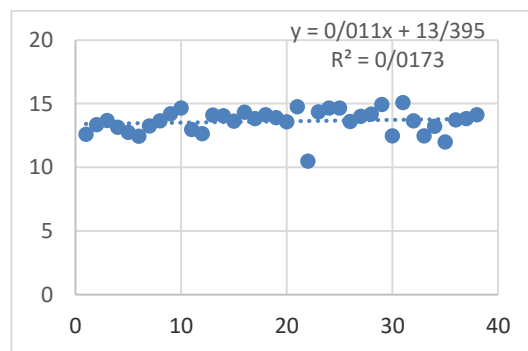
روند فصل تابستان دریای عمان و خلیج فارس



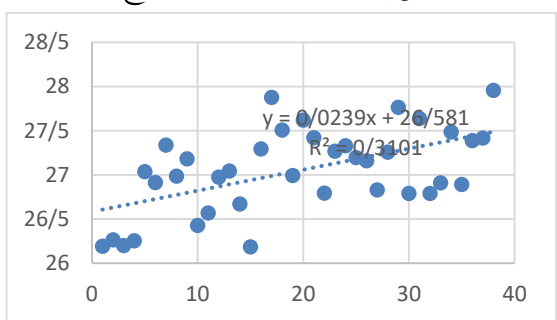
روند فصل تابستان دریای خزر



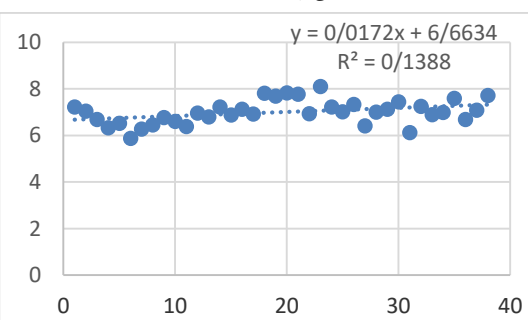
روند فصل پاییز دریای عمان و خلیج فارس



روند فصل پاییز دریای خزر



روند فصل زمستان دریای عمان و خلیج فارس

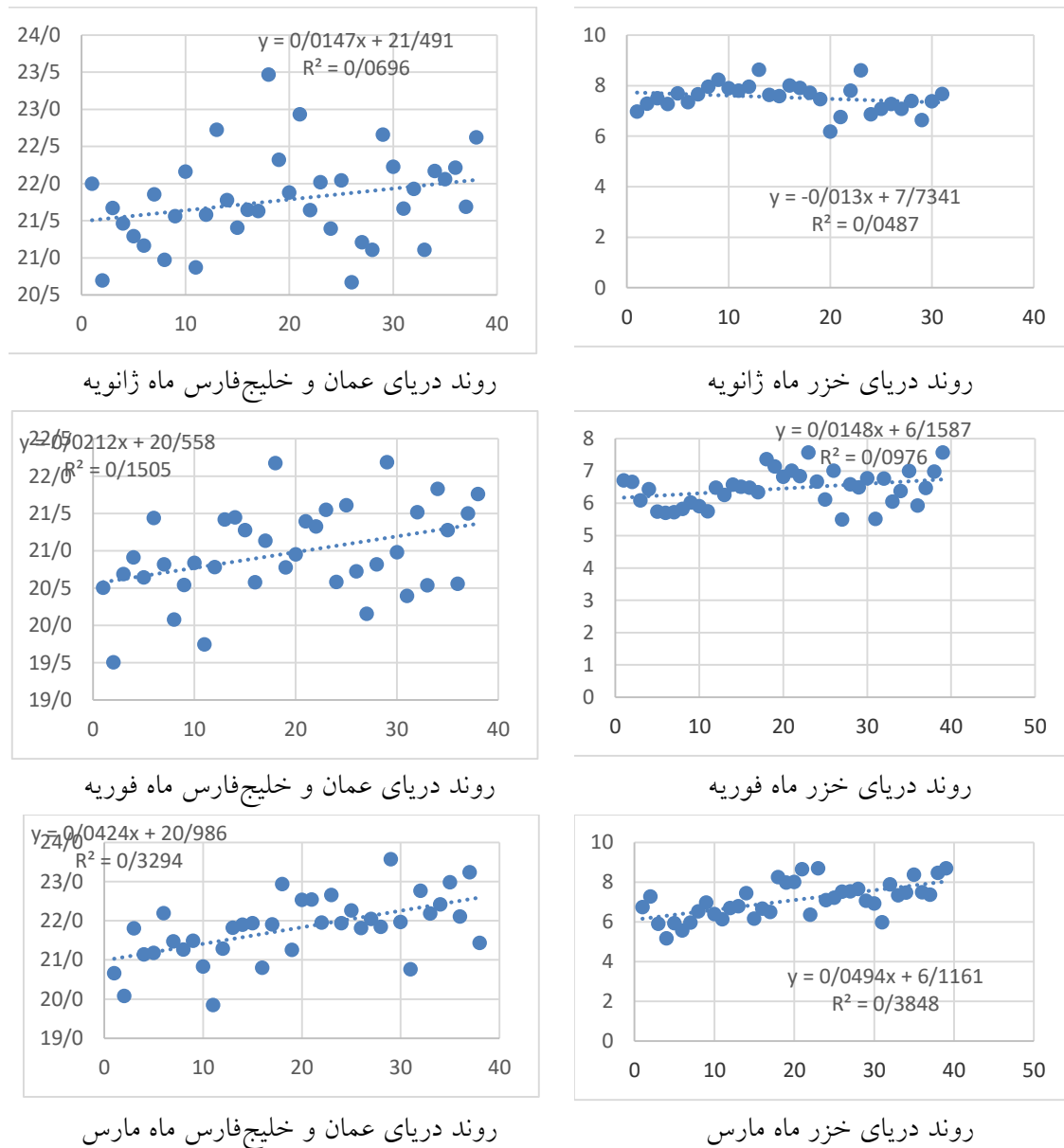


روند فصل زمستان دریای خزر

شکل (۳) تغییرات روند فصلی دریای خزر در مقایسه با خلیج فارس و دریای عمان (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (3) The seasonal trend of the Caspian Sea in compared to the Persian Gulf and Oman Sea

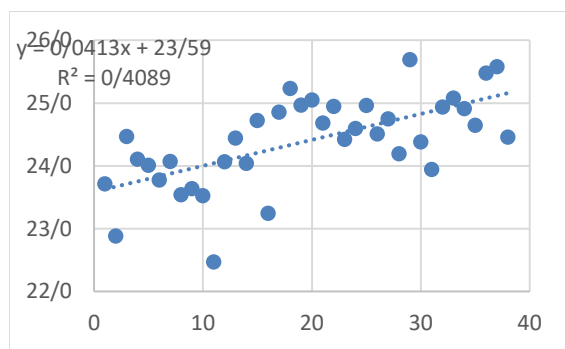
تغییرات زمانی ماهانه دما در محدوده خزر برای فصل زمستان به این ترتیب است که ماه ژانویه دارای روند کاهشی است؛ اما برای ماههای فوریه و مارس روند افزایشی دیده می شود. در پهنه خلیج فارس و دریای عمان نیز روند تغییرات در این سه ماه به طور کامل افزایشی است (شکل ۴).



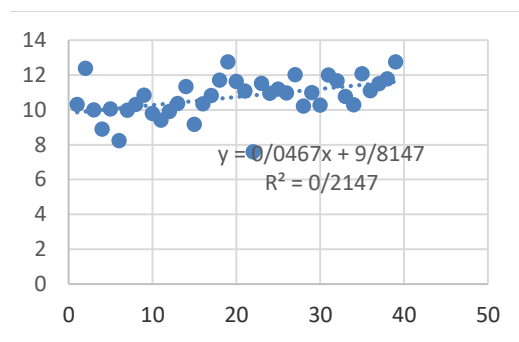
شکل (۴) تغییرات روند ماهانه خلیج فارس و دریای عمان در مقایسه با دریای خزر (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (4) The monthly trend of the Caspian Sea in compared to the Persian Gulf and Oman Sea (1989-2019)

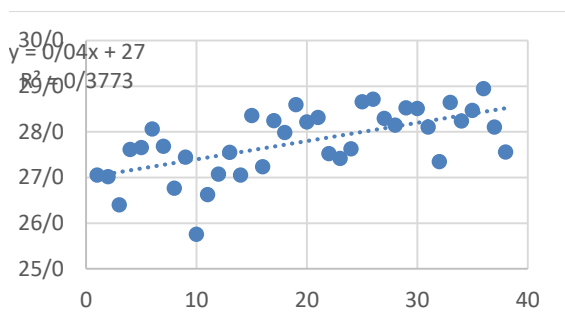
برای سه ماهه دوم سال در فصل بهار نیز نشان دهنده روند افزایشی در هر دو پهنه دریای عمان و خلیج فارس و دریای خزر است. شدت افزایشی بودن دما در ماه آوریل برای محدوده عمان و خلیج فارس بیشتر است؛ اما در ماههای می و ژوئن در خزر شدت افزایشی بودن بیشتر است (شکل ۵).



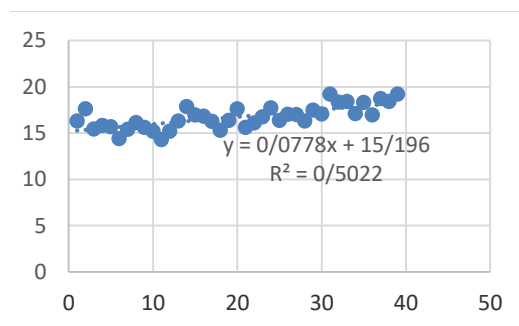
روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه آوریل



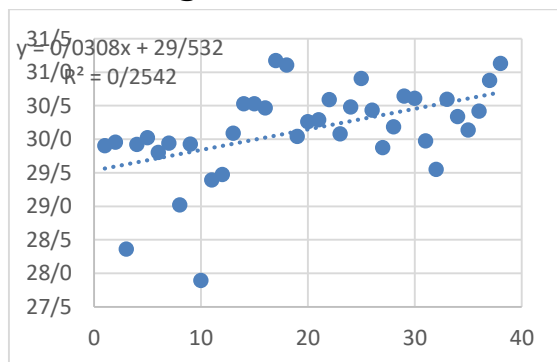
روند دمای رویه دریای خزر ماه آوریل



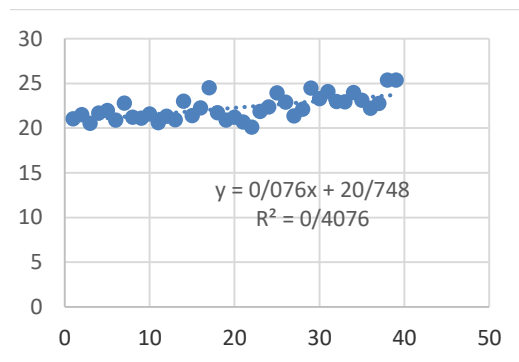
روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه می



روند دمای رویه دریای خزر ماه می



روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه ژوئن

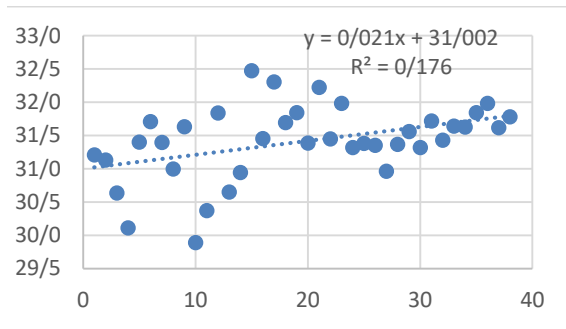


روند دمای رویه دریای خزر ماه ژوئن

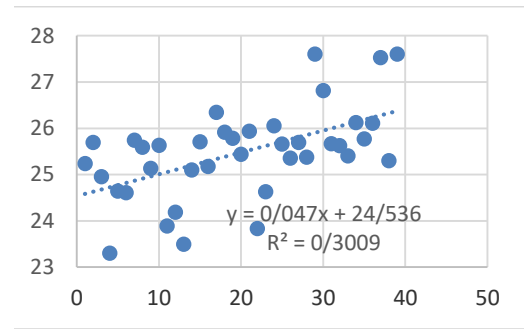
شکل (۵) تغییرات روند سالانه خلیج فارس و دریای عمان در مقایسه با دریای خزر (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (5) The monthly trend of the Caspian Sea in compared to the Persian Gulf and Oman Sea (1989-2019)

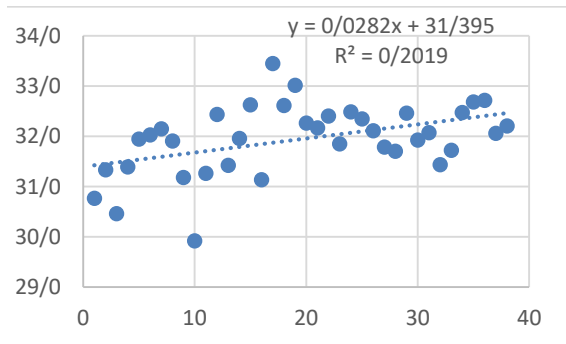
روند افزایشی دما همانند فصل بهار برای سه ماهه دوم سال در فصل تابستان نیز نشان‌دهنده روند افزایشی در هر دو پهنه دریای عمان و خلیج فارس و دریای خزر است. شدت افزایشی بودن دما در پهنه خزر نسبت به عمان و خلیج فارس شدیدتر است (شکل ۶).



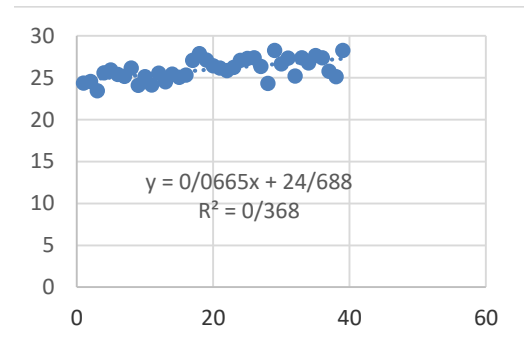
روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه جولای



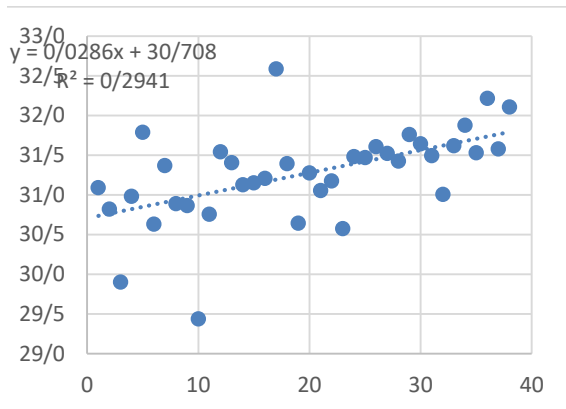
روند دمای رویه دریای خزر ماه جولای



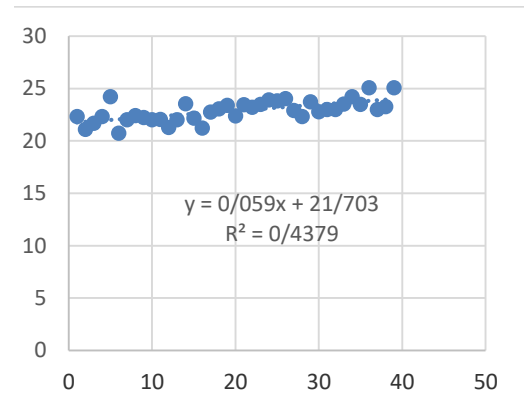
روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه آگوست



روند دمای رویه دریای خزر ماه آگوست



روند دمای رویه دریای عمان و خلیج فارس ماه سپتامبر

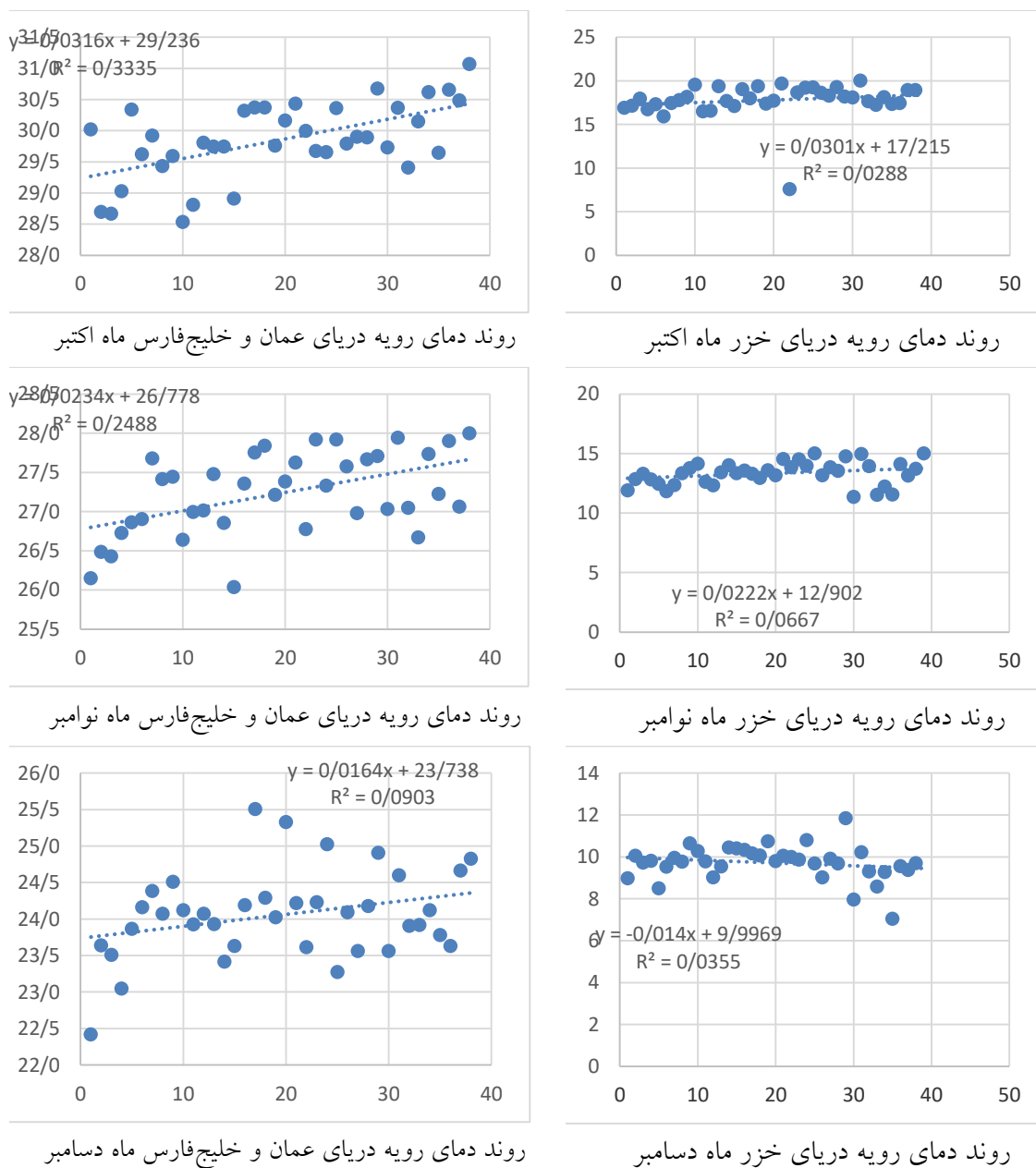


روند دمای رویه دریای خزر ماه سپتامبر

شکل (۶) تغییرات روند سالانه خلیج فارس و دریای عمان در مقایسه با دریای خزر (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (6) The monthly trend of the Caspian Sea in compared to the Persian Gulf and Oman Sea (1989-2019)

در فصل پاییز ماه‌های اکتبر و نوامبر در پهنه خزر تا حدودی نشان‌دهنده روند افزایشی است؛ اما ماه دسامبر روندی کاهشی دارد. در پهنه خلیج فارس و دریای عمان نیز در هر سه ماه روند به‌طور کامل افزایشی است (شکل ۷).



شکل (۷) تغییرات روند سالانه خلیج فارس و دریای عمان در مقایسه با دریای خزر (۱۹۸۹-۲۰۱۹)

Figure (7) The monthly trend of the Caspian Sea in compared to the Persian Gulf and Oman Sea (1989-2019)

نتایج بررسی این نقشه‌ها و نمودارها نشان‌دهنده آن بود که پهنه آبی خزر در شمال کشور از نظر سالانه روندی افزایشی دارد؛ با این حال، از نظر مکانی باید گفته شود که بخش‌های شمالی دریای خزر کمترین دما و با کاهش میزان عرض جغرافیایی به سمت جنوب دماها افزایش دارد و میانگین کلی دمای رویه آب طی ۳۰ سال مورد بررسی حدود ۱۵/۶ درجه سلسیوس است. فصل تابستان که به عنوان گرم‌ترین فصل سال است تا حدی افزایشی است. همین حالت

را به طور دقیق برای سردترین فصل سال یعنی زمستان هم مشاهده می شود؛ اما شدت افزایشی بودن دما در فصل تابستان نسبت به بقیه فصول بیشتر است. در مقایسه با محدوده خزر باید گفت که در پهنه آبی جنوبی کشور یعنی خلیج فارس و دریای عمان، از نظر سالانه به طور کامل افزایشی است. از نظر فصلی هم مانند خزر دماها روندی افزایشی را نشان می دهد؛ با این حال، از نظر تغییرات مکانی فصل زمستان برعکس بقیه فصول از تغییرات عرض جغرافیایی پیروی نمی کند و نشان دهنده حالتی عکس است؛ یعنی با افزایش عرض جغرافیایی دما افزایش را نشان می دهد. از نظر تغییرات دمای ماهانه نکته جالب توجه این است که در فصل زمستان ماه ژانویه برای محدوده خزر نشان دهنده روند کاهشی است. همین حالت برای ماه دسامبر هم دیده می شود؛ اما در پهنه خلیج فارس و دریای عمان چنین حالتی دیده نمی شود و به طور کامل روندها برای ۱۲ ماه افزایشی است.

بحث و نتیجه گیری

دمای سطح آب (SST) یکی از متغیرهای اصلی است که در ایجاد تبادلات انرژی در سطح دریا شناخته می شود. از آنجایی که دریاها و اقیانوسها ظرفیت گرمایی زیادی دارند، نقش مهمی هم در سیستم اقلیم جهانی بازی می کنند. از طرفی، باید اشاره کرد که شرایط جوی و تغییرات آن وابستگی زیادی به شرایط اقیانوسی و دریایی و به خصوص دمای رویه آب دارد. در نتیجه هرگونه بررسی بر روی وضعیت اقلیمی باعث شناخت تغییرات دمای سطحی آب نیز می شود. با توجه به اینکه کشور ایران از شمال و جنوب با آبها احاطه شده است و نقش مؤثری که این آبها و به خصوص دمای سطحی آن بر اقلیم دارد، بررسی وضعیت آن دوچندان می شود (Khosravi et al., 2020; Beyraghdar, 2019)؛ بنابراین تغییرات زمانی و مکانی دمای رویه خزر در مرحله اول مدنظر قرار گرفت و در ادامه، رابطه آن با تغییرات آبهای آزاد در جنوب به خصوص خلیج فارس و دریای عمان بررسی شد. برای رسیدن به این هدف داده های سنجنده AVHRR ماهواره NOAA طی بازه زمانی ۳۰ سال (۲۰۱۹-۱۹۸۹) اخیر انتخاب شد. در این تحقیق برای بررسی تغییرات مکانی دمای سطح آب دریای خزر در مقایسه با دریای عمان و خلیج فارس از روش تفسیر نقشه استفاده شد. در پهنه آبی جنوبی کشور یعنی خلیج فارس و دریای عمان از نظر سالانه به طور کامل افزایشی است و از نظر فصلی هم مانند خزر، دماها روندی افزایشی را نشان می دهد؛ با این حال، از نظر تغییرات مکانی فصل زمستان برعکس بقیه فصول از تغییرات عرض جغرافیایی پیروی نمی کند و نشان دهنده حالتی عکس است؛ یعنی با افزایش عرض جغرافیایی دما افزایش را نشان می دهد (Shirvani et al., 2015; Noori et al., 2019).

از نظر تغییرات دمای ماهانه نکته جالب توجه این است که در فصل زمستان ماه ژانویه برای محدوده خزر نشان دهنده روند کاهشی است. همین حالت برای ماه دسامبر هم دیده می شود؛ اما چنین حالتی در پهنه خلیج فارس و دریای عمان دیده نشد و روندها برای ۱۲ ماه افزایشی است.

نتایج بررسی این نقشه ها و نمودارها نشان دهنده آن بود که پهنه آبی خزر در شمال کشور از نظر سالانه روندی افزایشی دارد؛ با این حال، از نظر مکانی باید گفته شود که بخش های شمالی دریای خزر کمترین دما و با کاهش میزان عرض جغرافیایی به سمت جنوب دماها افزایش دارد و میانگین کلی دمای رویه آب طی ۳۰ سال مورد بررسی حدود

۱۵/۶ درجه سلسیوس است. فصل تابستان که به‌عنوان گرم‌ترین فصل سال خودنمایی می‌کند تا حدی افزایشی است. همین حالت برای سردترین فصل سال یعنی زمستان هم مشاهده می‌شود؛ اما شدت افزایشی بودن دما در فصل تابستان نسبت به بقیه فصول بیشتر است. در مقایسه با محدوده خزر باید گفت که در پهنه آبی جنوبی کشور یعنی خلیج فارس و دریای عمان از نظر سالانه افزایشی است و از نظر فصلی هم مانند خزر، دماها روندی افزایشی را نشان می‌دهد؛ با این حال، از نظر تغییرات مکانی فصل زمستان برعکس بقیه فصول از تغییرات عرض جغرافیایی پیروی نمی‌کند و نشان‌دهنده حالتی عکس است؛ یعنی با افزایش عرض جغرافیایی دما افزایش را نشان می‌دهد که نتایج سایر محققان نیز اشاره شده است (کریمیان کاکلکی و همکاران ۱۳۹۹، Bahmanzadegan et al., 2012; Beyraghdar Kashkooli et al., 2019, p136; Ghasemifar et al., 2020) از نظر تغییرات دمای ماهانه نکته جالب توجه این است که در فصل زمستان ماه ژانویه برای محدوده خزر نشان‌دهنده روند کاهشی است. همین حالت برای ماه دسامبر هم دیده می‌شود؛ اما در پهنه خلیج فارس و دریای عمان چنین حالتی دیده نشد و روندها برای ۱۲ ماه افزایشی است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های دیگری به بررسی روند تغییرات دمای رویه آب دریای مدیترانه و نقش آن بر بارش‌های پاییز و زمستان ایران توجه و همچنین مقایسه دمای رویه خلیج فارس و دریای عمان با دریای عرب و تأثیرش بر بارش‌های سنگین ایران بررسی شود.

منابع

- عجم، محمد (۱۳۸۳). خلیج فارس نامی کهن‌تر از تاریخ، انتشارات پارت، تهران.
- حسن‌زاده، اسماعیل و همکاران (۱۳۸۴). بررسی تغییرات دمای سطح SST آب‌های خلیج فارس و تأثیر آن بر آب‌وهوای مناطق ساحلی در سال‌های ۱۹۹۶-۲۰۰۰، ششمین همایش علوم و فنون دریایی.
- جلال‌زاده، زهره و همکاران (۱۳۸۷). مقایسه دمای سطحی حاصل از داده‌های میدانی و ماهواره‌ای در خزر جنوبی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، ۱۲۱-۱۰۹.
- فاضل پور، خسرو و همکاران (۱۳۹۵). ارزیابی برآورد دمای سطح آب و ارتباط سنجی پارامتر دما با عمق در خلیج فارس با استفاده از سنجنده مودیس، مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۵، شماره ۲، ۱۴۲-۱۳۰.
- فرخی مقدم، صفیه و همکاران (۱۴۰۰). بررسی و پیش‌بینی تغییرات دمایی در ناحیه شمالی خلیج فارس با استفاده از سناریوهای تغییر اقلیم. دوره ۲۰، شماره ۵۸ - شماره پیاپی، ۱۷-۱۰.
- فاطمی، سید باقر و رضایی، یونس، (۱۳۹۱). مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، تهران، چاپ سوم.
- کریمی، مصطفی، (۱۳۹۰). کاربرد تصاویر سنجنده AVHRR در تهیه نقشه دما در سطح دریا در منطقه خلیج فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- کریمیان، الهام و همکاران (۱۳۹۵). ارزیابی تغییرات دمای سطح آب خلیج فارس به‌منظور تشخیص الگوی دمایی، همایش ملی ژئوماتیک، دانشگاه آزاد اسلامی، دوره ۲۳.
- کریمیان کاکلکی، سحر و همکاران (۱۳۹۹). ارزیابی طولانی مدت و مقایسه‌ای شدت تغییرات دمای سطحی آب در

خلیج فارس و دریای عمان در فصول گرم و سرد، دومین کنفرانس ملی صنعت، تجارت و علوم دریایی، خرمشهر،
<https://civilica.com/doc/1140288>
 کاظمی، پریناز و همکاران (۱۳۹۸)، بررسی تغییرات بلندمدت مقادیر ماهانه دمای سطح آب دریای خزر طی دوره
 ۱۹۸۲-۲۰۱۷، همایش بین‌المللی تغییر اقلیم، پیامدها، سازگاری و تعدیل، تهران، دانشکده علوم جغرافیایی
 دانشگاه خوارزمی با همکاری قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی.
 مجتهدی زاده، پیروز (۱۳۸۸). خلیج فارس: کشورها و مرزها، تهران، انتشارات عطایی، چاپ دوم.

References

- Aajam, M. (2004). The Persian Gulf is a name older than history. Tehran: Part Publication Fazelipoor, K., Dadollahi, A., Heeva Elmizadeh, S., Mohammad Asgari, H., & Khazaei, S. H. (2016). The evaluation of sea surface temperature and the relationship between SST and depth in the Persian Gulf by MODIS. *Journal of Marine Sciences and Techniques*, 15.(۲)
- Bahmanzadegan, A. R., Lari K., Fatemi M. R., & Azarsina, F. (2012). The Pattern Determination of Sea Surface temperature distribution and chlorophyll a in the southern Caspian Sea using some model. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(1), 105-114.
- Beyraghdar Kashkooli, O., Ghadami, M., Amini, M., & Modarres, R. (2019). Spatiotemporal variation of the southern Caspian Sea surface temperature during 1982–2016. *Journal of Marine Systems*, 193, 126-136 ,
- Fatemi, S. B., & Rezaei, Y. (2012). Principles of remote sensing. Third Edition. Tehran: Azadeh Publishing House.
- Ghasemifar, E., Farajzadeh, M., Mohammadi, C., & Alipoor, E. (2020). Long-term change of surface temperature in water bodies around Iran – Caspian Sea, Gulf of Oman, and Persian Gulf using 2001–2015 MODIS data. *Journal of Physical Geography*, 41, 1, 21-35.
- Ginzburg, A. I., Andrey, G., Kostianoy A., & Sheremet N. A. (2005). Sea surface temperature variability. *The Handbook of Environmental Chemistry*, 1, 59-81.
- Hasanzadeh, E., Bidokhti, A. A., & Molaesmailpoor, S. (2005). Investigating changes in SST surface temperature of Persian Gulf waters and its effect on the weather of coastal areas in 1996-2000. The 6th Marine Science and Technology Conference. (n.p).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). *Climate Change 2013: The physical science basis*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press .
- Jalalzadeh, Z., Torabei, M., & Dalaki, A. (2008). Comparison of surface temperature obtained from field and satellite data in South Caspian. *Natural Geography Research*, 65.
- Karemi, M. (2011). The application of AVHRR sensor images in the preparation of sea surface temperature maps in the Persian Gulf region. MA Thesis, Tarbiat Modares University .
- Karimian, E., Argmand, B., & Hassanlo, M. (2017). Evaluation of water surface temperature changes in the Persian Gulf in order to identify the temperature pattern. 23rd National Geomatics Conference. Islamic Azad University.
- Karmian, S., Biraghdar, O., Karimian, M., & Ghodomi, M. (2020). Long-term and comparative assessment of the intensity of water surface temperature changes in the Persian Gulf and the Sea of Oman in hot and cold seasons. The Second National Conference on Industry, Commerce and Marine Sciences. Khorramshahr .
- Kazemi, P., Gholamalifard, M., & Mordai, M. (2019). Investigation of long-term changes in the monthly values of the surface water temperature of the Caspian Sea during the period of 1982-2017. International Conference on Climate Change, Consequences, Adaptation and Adjustment. Tehran, Faculty of Geographical Sciences, Khorazmi University. <https://civilica.com/doc/1019765>.
- Khosravi, Y., Bahri, A., & Tavakoli, A. (2020). Investigation of Sea Surface Temperature (SST) and its spatial changes in Gulf of Oman for the period of 2003 to 2015. *Journal of the Earth and Space Physics*, 45(4), 165-179. DOI:10.22059/jesphys.2019.252382.1006976.

- Mojtahedzadeh, P. (2009). *The Persian Gulf, Countries and Boundaries*. Tehran: Atai publication.
- Noori, R., Tian, F., Berndtsson, R., Abbasi, M. R., Naseh, M. V., Modabberi, A., Soltani, A., & Kløve, B. (2019). Recent and future trends in sea surface temperature across the Persian Gulf and Gulf of Oman. *PLoS One*, 28, 14(2), e0212790. Doi: 10.1371/journal.pone.0212790. PMID: 30817766; PMCID: PMC6394925.
- Pratchett, M. S., Wilson, S. K., Berumen, M. L., & McCormick, M. I. (2004). Sub lethal effects of coral bleaching on an obligate coral feeding butterfly fish. *Coral Reefs*, 23, 352-356.
- Shaltour, M. (2019). Recent sea surface temperature trends and future scenarios for the Red Sea. *Oceanologia*, 61(4), 484-504.
- Shirvani, A., Nazemosadat, S. M. J. & Kahya, E. (2015). Analyses of the Persian Gulf sea surface temperature: prediction and detection of climate change signals. *Arabian Journal of Geosciences*, 8, 2121-2130. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1278-1>
- Williams, G., Sapoznik, M., Ocampo-Reinaldo, M., Solis, M., Narvarte, M., González, R., ... & Gagliardini, D. (2010). Comparison of AVHRR and SeaWiFS imagery with fishing activity and in situ data in San Matías Gulf, Argentina. *International Journal of Remote Sensing*, 31(17-18), 4531-4542.