



## Effect of Sea Surface Temperature (SST) Changes on Coral Ecosystems in Kish Island

Amir Hosein Halabian<sup>1,\*</sup>, Keyvan Kabiri<sup>2</sup>, Mahbubeh Safarnejad<sup>3</sup>, Mosayeb Shirani<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor, Geography Department, Social Science Faculty, Payame Noor University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Marine Remote sensing Department, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS); Tehran, Iran

<sup>3</sup> M.Sc. student, Geography Department, Social Science Faculty, Payame Noor University, Kish, Iran

<sup>4</sup> M.Sc., Natural resources, Environment, Kish Free Zone Organization, Kish, Iran

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received: 2021/01/5

Revised: 2021/12/8

Accepted: 2021/12/4

#### Keywords:

Coral

SST

Trend

DHW

Kish Island

\*Corresponding author:

[halabian\\_a@yahoo.com](mailto:halabian_a@yahoo.com)

(+98)9133151033

### ABSTRACT

**Background and Theoretical Foundations:** Coral reefs are one of the world's most attractive ecosystems. They have been covering large parts of the world in the tropic areas. Coral reefs in the Iranian waters of the Persian Gulf are largely limited to the Islands. Many factors, including natural and anthropogenic activities cause stress to the reef communities affecting reef development. Coral bleaching events due to raised temperatures are increasing in both frequency and magnitude worldwide. Coral bleaching is considered a major threat to coral reefs worldwide, especially because large-scale bleaching events have been linked to global warming. The most intense global coral bleaching events reported have occurred worldwide in the last three decades. The Persian Gulf is considered the warmest coral sea in the world. Temperature conditions associated with coral bleaching in the Persian Gulf are higher than in any other area in the world. Therefore, the coral reefs in the Persian Gulf are also at assailable to temperature anomalies and their long-term effects. Sea surface temperature is one of the most important physical factors that affects the life of coral reef communities. Coral bleaching occurs in the Persian Gulf in the recent years due to the global warming and increased sea surface temperature (SST) resulting in high mortality in the coral communities. Thus, in this research the effects of coral bleaching and its threats in Kish Island have studied. The study area includes coral reefs in the around Kish Island in the Persian Gulf and the effects of stresses.

**Methodology:** In this research, sea surface temperature (SST) daily values from 1985 to 2017 (in 1°×1° spatial resolution) prepared by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). The degree heating week index (DHW) was examined to check the cumulative effect of heat stress, which indicate the severity of the whitening threshold based on a long-term period for each site. For trend analysis of sea surface temperature (SST) changes in studying regional, the Mann-Kendall non-parametric test has been used.

**Findings:** The results indicated that the maximum of sea surface temperature is 35.17 °C (August, 11<sup>th</sup>, 2017). Analysis of sea surface temperature trend indicates that SST has increased trend. The DHW threshold for the study region is 5.3 which is warning for whitening of coral communities on Kish Island. The results illustrate the ability of the DHW index to predict bleaching events in the coral reef communities of Kish Island, and can be an effective tool in managing this ecosystem.

**Conclusion:** The thermal analysis showed that there is an overlap between the recorded bleaching events in different years and the years of the El Niño occurrence. Therefore, these results help in years when there are no reports of bleaching or the data isn't recorded properly, using overlap, the reconstructed this lack of information.



NUMBER OF TABLES

1



NUMBER OF FIGURES

13



NUMBER OF REFERENCES

46

## مقاله پژوهشی (علوم دریایی)

## بررسی تأثیر تغییرات دمای سطح دریا (SST) بر اکوسیستم‌های مرجانی مطالعه موردی: جزیره کیش

امیرحسین حلبیان<sup>۱\*</sup>، کیوان کبیری<sup>۲</sup>، محبوبه صفرنژاد<sup>۳</sup>، مصیب شیرانی<sup>۴</sup><sup>۱</sup> دانشیار، گروه جغرافیا، علوم اجتماعی، پیام نور، تهران، ایران<sup>۲</sup> دانشیار، گروه سنجش از دور دریایی، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، تهران، ایران<sup>۳</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، علوم اجتماعی، پیام نور، کیش، ایران<sup>۴</sup> کارشناس ارشد منابع طبیعی، محیط زیست، سازمان منطقه آزاد کیش، کیش، ایران

## اطلاعات مقاله

## چکیده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۶

تاریخ بازمینی: ۱۴۰۰/۹/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۳

## واژگان کلیدی:

مرجان

دمای سطح دریا

روند

DHW

جزیره کیش.

\*نویسنده مسئول

halabian\_a@yahoo.com

## پیشینه و مبانی نظری پژوهش: آبسنگ‌های مرجانی یکی از جذاب‌ترین اکوسیستم‌های جهان هستند. این

آبسنگ‌ها بخش‌های وسیعی از جهان را در مناطق گرمسیری در بر گرفته‌اند. آبسنگ‌های مرجانی در آب‌های ایران در خلیج فارس تا حد زیادی محدود به جزایر است. بسیاری از عوامل از جمله فعالیت‌های طبیعی و انسانی موجب ایجاد استرس در اجتماعات مرجانی می‌شوند که بر گسترش آبسنگ‌ها تأثیر می‌گذارد. رویدادهای سفیدشدن مرجان‌ها به سبب افزایش دمای هوا از نظر فراوانی و شدت در سراسر جهان در حال افزایش است. پدیده سفیدشدن به عنوان یک تهدید عمده برای آبسنگ‌های مرجانی در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود؛ به ویژه به دلیل این که رویدادهای سفید شدن در مقیاس بزرگ به گرم شدن کره زمین مرتبط بوده است. شدیدترین رویدادهای جهانی سفیدشدن مرجان‌ها که در سراسر جهان گزارش شده، در سه دهه گذشته رخ داده است. خلیج فارس گرمترین دریای مرجانی جهان محسوب می‌شود. شرایط دمایی مربوط به سفیدشدن مرجان در خلیج فارس بیشتر از هر منطقه دیگری در جهان است. از این رو، آبسنگ‌های مرجانی در خلیج فارس نیز در برابر ناهنجاری‌های دمایی و اثرات بلندمدت آنها آسیب‌پذیر هستند. دمای سطح دریا (SST) یکی از مهمترین عوامل فیزیکی است که حیات اجتماعات آبسنگ‌های مرجانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر، سفید شدن مرجان‌ها به سبب گرمایش جهانی و افزایش دمای سطح آب (SST) در خلیج فارس منجر به مرگ و میر بسیاری در اجتماعات مرجانی این گستره آبی شده است. بدین ترتیب، در این پژوهش به واکاوی رخدادهای سفیدشدگی اجتماعات مرجانی و تهدیدات ناشی از آن در جزیره کیش پرداخته شده است. منطقه مورد مطالعه شامل صخره‌های مرجانی در آب‌های پیرامونی جزیره کیش در خلیج فارس و بررسی اثرات تنش‌های وارده است.

## روش‌شناسی: در این پژوهش، داده‌های دمای سطح دریا (SST) به صورت روزانه از (۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷) با تفکیک

مکانی ۱×۱ درجه قوسی مورد بررسی قرار گرفته است. سپس، مقادیر شاخص درجه گرمای هفتگی (DHW) برای ارزیابی اثر تجمعی استرس گرما بر اساس داده‌های SST محاسبه و برآورد گردید. این شاخص شدت آستانه سفیدشدگی بر اساس یک بازه بلندمدت را برای هر مکان نشان می‌دهد. در ادامه، به منظور بررسی روند تغییرات دمای سطح دریا از آزمون ناپارامتری من-کندال بهره گرفته شده است.

## یافته‌ها: نتایج نشان داد که پیشینه دمای سطح دریا مربوط به ۱۱ آگوست ۲۰۱۷ برابر با ۳۵/۱۷ درجه سانتی

گراد می‌باشد. واکاوی روند تغییرات دمای سطح دریا با آزمون ناپارامتری من-کندال نیز نشانگر روند افزایشی دمای سطح دریا به ویژه از سال ۱۹۹۸ به بعد است. آستانه شاخص DHW در منطقه مورد بررسی نیز برابر با ۵/۳ می‌باشد که به منزله هشدار برای سفیدشدگی اجتماعات مرجانی جزیره کیش است. نتایج نشان دهنده توانایی شاخص DHW برای پیش‌بینی رویدادهای سفیدشدگی در جوامع صخره‌های مرجانی جزیره کیش می‌باشد و می‌تواند ابزاری کارآمد در مدیریت این اکوسیستم باشد.

## نتیجه‌گیری: نتایج واکاوی حرارتی حاصل نشان داد که بین رویدادهای ثبت شده سفیدشدگی در سال‌های

مختلف و سال‌های وقوع النینو همپوشانی وجود دارد. از این رو، این تحلیل‌ها و نتایج کمک می‌کند تا در سال‌هایی که گزارش‌های وقوع سفیدشدگی وجود ندارد و یا اطلاعات به درستی ثبت نشده است؛ با استفاده از این همپوشانی این فقدان اطلاعات را باز سازی نمود.

## مقدمه

مانند گرم یا سرد شدن بیش از حد آب دریا در اثر عوامل مختلف جوی از جمله پدیده ال‌نینو روی می‌دهد، جلبک‌های همزیست زوگزانتلا از مرجان جدا شده و این امر باعث سفید شدن و در صورت ادامه یافتن موجب مرگ مرجان‌ها می‌شود (بکر<sup>۷</sup>، ۲۰۰۳) (۶). اگر مدتی دمای سطح آب در تابستان به طور پیوسته به اندازه ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از میانگین حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال همان منطقه باشد یا دمای تابستانی آب منطقه ۴ الی ۸ درجه سانتی‌گراد از میانگین دمای سطح آب‌های آزاد بالاتر باشد، می‌تواند هشدار برای آغاز پدیده سفیدشدگی قلمداد شود (بکر و همکاران، ۲۰۰۸) (۷). در مجموع، سفیدشدگی نوعی واکنش در برابر استرس‌های ناشی از دمای زیاد، نور شدید، تغییرات در شوری یا سایر استرس‌های فیزیکی و شیمیایی است (فیت<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۱) (۸).

## پیشینه و مبانی نظری پژوهش

به طور کلی از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میزان و مقیاس پدیده سفیدشدگی مرجان‌ها در اقیانوس‌ها به سبب افزایش دما رو به فزونی گذاشته است (رضایی و همکاران، ۲۰۱۰ و ریگل<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۱) (۴، ۵). از این رو، افزایش دمای اقیانوس‌های گرمسیری پدیده سفیدشدگی را به صورت بالقوه افزایش می‌دهد و اغلب آبسنگ‌های مرجانی را در این پهنه‌های آبی با خطر نابودی مواجه می‌نماید (کاوسی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۴) (۹). در این بین آبسنگ‌های مرجانی خلیج فارس نیز از این قضیه مستثنی نبوده و پدیده سفیدشدگی و بالطبع آن مرگ و میرهای گسترده‌ای را تجربه کرده‌اند. سفیدشدگی مرجان‌ها در خلیج فارس نسبت به سایر نقاط دنیا در دمای بالاتری روی می‌دهد و اثرات شدیدتری بر جای می‌گذارد (کلز<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۳) (۱۰). در این زمینه رضایی و همکاران (۱۳۸۶) (۱۱) به بررسی پراکنش و تخریب مرجان‌های برخی از جزایر ایرانی پرداخته‌اند. اکوسیستم‌های مرجانی خلیج فارس به دلیل وجود شرایط نامطلوب محیطی از جمله شوری و دمای بالاتر از شوری و دمای بهینه برای زیست مرجان‌ها در سایر نقاط دنیا، همیشه در شرایط سخت و استرس‌زا قرار دارند (بورت<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۸) (۱۲). به بیان دیگر، اثر توامان افزایش دما و شوری آب دریا در دو دهه اخیر تنش بی‌سابقه‌ای را به اکوسیستم‌های مرجانی خلیج فارس وارد کرده است (رضایی و همکاران، ۲۰۱۰) (۴). بررسی‌ها رخدادهای پدیده سفیدشدگی ناشی از دمای غیرمتعارف از سال ۱۹۹۶ و پس از آن در آبسنگ‌های خلیج

آبسنگ‌های مرجانی جزء اکوسیستم‌های آب‌های کم‌عمق گرمسیری و زیرگرمسیری هستند. این اکوسیستم‌ها به طور عمده شامل بستر سخت با صخره‌های آهکی می‌باشند که در آنها مرجان‌ها به همراه خرده سنگ‌ها و ماسه‌های پراکنده غالب هستند. مرجان‌های سنگی که آبسنگ‌های مرجانی را تولید می‌کنند، با جلبک‌هایی به نام زوگزانتلا<sup>۱</sup> همزیستی دارند و صرفاً در نقاط گرمسیری پراکنده‌اند. این مناطق بعد از جنگل‌های نواحی حاره‌ای دومین بیوم غنی جهان هستند. آبسنگ‌های مرجانی به دلیل داشتن تنوع، گونه‌های بسیار حساس به شمار می‌روند. از آن جا که بسیاری از موجودات وابسته به آبسنگ‌های مرجانی در دوره‌های مختلفی از حیات خود منبع غذایی اصلی ماهی‌ها، میگوها و دیگر گونه‌های حائز اهمیت اقتصادی محسوب می‌شوند، مصون ماندن این موجودات مستلزم حفاظت از اکوسیستم حساس و شکننده مرجان‌ها است (رضایی مارنایی، ۱۳۷۵). آبسنگ‌های مرجانی سراسر جهان تنها معادل ۲۸۴۳۰۰ کیلومتر مربع را اشغال کرده‌اند که ۰/۰۹ درصد از مساحت کل اقیانوس‌ها را شامل می‌شود (اسپالدینگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱) (۱). این اکوسیستم‌ها، پیچیده‌ترین، پرتولیدترین، متنوع‌ترین، ارزشمندترین مهم‌ترین و زیباترین اکوسیستم دریایی هستند که به جنگل‌های بارانی دریا شهرت دارند (ویلکینسون<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸) (۲). این اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر طی سه دهه اخیر به شدت تحت تأثیر عوامل نامساعد انسانی و طبیعی در معرض خطر قرار گرفته‌اند. مهم‌ترین عامل تهدید کننده آبسنگ‌های مرجانی، تغییرات آب و هوایی خصوصاً گرم شدن هوا می‌باشد که نتیجه آن به صورت پدیده‌ای مخرب به نام سفیدشدگی<sup>۴</sup> بروز می‌کند. مرجان‌ها زمانی شروع به سفید شدن می‌کنند که رابطه آنها با جلبک همزیست زوگزانتلا خود از بین رفته و جلبک از کلنی مرجانی جدا گردد که این مسئله منجر به سفید شدن سریع مرجان می‌گردد (لسر<sup>۵</sup>، ۲۰۱۱) (۳). این پدیده در حقیقت یک نوع واکنش طبیعی مرجان به افزایش استرس محیطی بوده که افزایش دمای سطحی آب از اصلی‌ترین این عوامل می‌باشد؛ به طوری که تداوم افزایش دما می‌تواند سبب مرگ و کاهش آن به حد مطلوب سبب احیاء مرجان گردد. پدیده سفید شدن مرجان‌ها در مقیاس وسیع گسترش جهانی یافته است و هر روز بر شدت و تعداد آن افزوده می‌شود (رضایی و همکاران، ۲۰۱۰ و ریگل<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۱) (۴، ۵). به طور کلی، در پدیده سفیدشدگی مرجان‌ها که به علت تغییر شرایط محیطی

1 Zooxantellae

2 Spalding

3 Wilkinson

4 Bleaching

5 Lesser

6 Riegl

7 Baker

8 Fitt

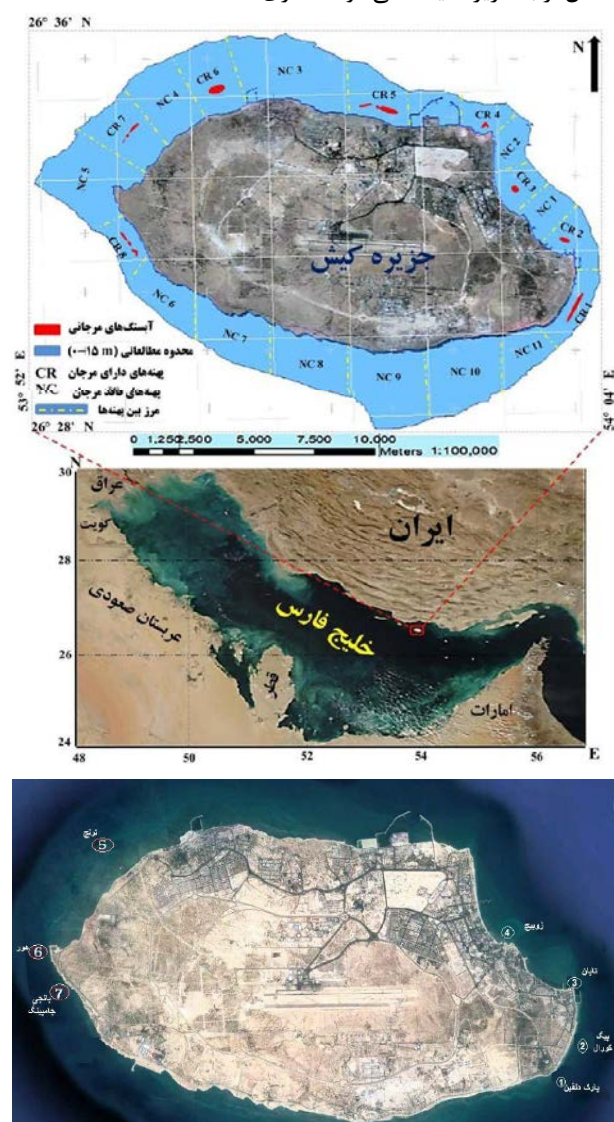
9 Riegl

10 Kavousi

11 Coles

12 Burt

ادامه برجستگی‌های زاگرس است که اطراف آن را آبسنگهای مرجانی پوشانده است (حسین‌پور و همکاران، ۲۰۱۷) (۱۶). امروزه به دلیل تغییرات اقلیمی و فشار ناشی از عوامل انسانی بخشهای وسیعی از این جزیره عاری از آبسنگ مرجانی گشته است (شکری و محمدی، ۲۰۲۱) (۱۷). آبسنگ‌های مرجانی جزیره کیش از نوع لکه‌ای هستند. پراکنش آبسنگهای مرجانی در جزیره کیش حداکثر تا عمق ۱۸ متری می‌باشد (شکری و محمدی، ۲۰۲۱) (۱۷) که بیشترین حضور این گونه‌ها در عمق ۳ تا ۱۰ متری دیده می‌شود (سازمان منطقه آزاد کیش، ۱۳۸۶) (۱۸). بیشترین پوشش آبسنگهای مرجانی زنده در ایستگاه پارک دولفین و پس از آن در بیگ کرال و زوبیج (در شرق جزیره) و پس از آن در ایستگاه ترنج در شمال غرب جزیره دیده می‌شود (شکری، ۱۳۹۸) (۱۹).



شکل ۱: موقعیت قلمرو مطالعاتی

بزرگ‌ترین خانواده آبسنگهای مرجانی از نظر تنوع در جزیره کیش، خانواده مغزی<sup>۵</sup> با ۸ گونه بوده و بعد از آن

فارس را نشان می‌دهد که موجبات از بین رفتن مرجان‌های این پهنه آبی را فراهم کرده است (ریگل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲، ریگل و پورکیس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵) (۱۳، ۱۴). در واقع، اگر چه همزیست‌های مرجان‌های خلیج فارس قادر به سازگاری و تحمل دماهای بیشینه ۳۶ درجه سانتی‌گراد در اوج تابستان هستند (کلز و ریگل<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳) (۱۰)؛ ولی مرجان‌ها به سبب رخداد ناهنجاری‌های دمایی از پدیده سفیدشدگی و مرگ‌ومیر ناشی از آن در امان نبوده‌اند (ریگل، ۲۰۱۳، کلز، ۲۰۰۳) (۱۰). علاوه بر این، شوری آب خلیج فارس و مقدار کم پدیده کشندی نیز سبب ایجاد شرایط نابهنجار برای آبسنگ‌های مرجانی در این پهنه آبی شده و آسیب‌پذیری آنها را در مقایسه با مرجان‌های دیگر نقاط دو چندان کرده است (رضایی و همکاران، ۲۰۱۰) (۴). بهره‌گیری از فنون سنجش از دور و داده‌های SST نشان از سودمندی این ابزارها در تعیین و پیش‌بینی پهنه‌هایی است که پدیده سفیدشدگی در آنها روی داده و یا در حال رخداد است. در این زمینه، شائول<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۶) (۱۵) وقایع سفیدشدگی سال ۲۰۱۲ خلیج فارس را مورد مطالعه قرار داد. استفاده از داده‌های دمای سطح آب منتج از تجزیه و تحلیل‌های سنجش از دور ابزاری مفید برای بررسی تغییرات دمایی بر روی صخره‌های مرجانی است. همچنین داده‌های تاریخی دمایی، الگوهای سفیدشدگی در خلیج فارس را توضیح می‌دهد. یافته‌ها بر این نکته تأکید دارند که در مرگ و میر مرجانی عواملی همچون استرس‌های نوری و کیفیت آب نیز تأثیرگذار است و آستانه سفیدشدگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

جزیره کیش با مساحت ۹۱ کیلومتر مربع در بین ۳۰' ۲۶° عرض شمالی و ۵۹' ۵۳° طول شرقی واقع شده است. موقعیت نسبی جزیره کیش، پیرامون ساحلی ۴۳ کیلومتر و شکل کلی تقریباً بیضی، در فاصله ۱۸ کیلومتری بندر گرز (بندر آفتاب) سرزمین پیوسته ایران در خلیج فارس قرار دارد. کیش در ربع اول راستای سواحل ۱۳۵۹ کیلومتری جنوب ایران در دهانه خلیج فارس و تقریباً در نزدیک بخش پایانی این آبراه در محدوده تنگه هرمز واقع است (شکل ۱). تغییرات دمای آب بین ۲۲ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، در حالی که در تابستان‌های گرم این مقدار ممکن است بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد. با توجه به اندازه‌گیری‌های میدانی در آگوست ۲۰۰۷ دمای تقریباً ۳۷ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. تغییرات سالیانه دمای هوا بین ۱۵ تا ۴۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و آب و هوا خیلی خشک نیمه استوایی با رطوبت تقریباً ۶۰٪ می‌باشد. میانگین سالیانه بارش (معمولاً در زمستان و پاییز اتفاق می‌افتد) تقریباً ۱۵۰ میلی‌متر است (<http://www.kish.ir>). جزیره کیش،

<sup>1</sup> Riegl

<sup>2</sup> Purkis

<sup>3</sup> Coles & Riegl

<sup>4</sup> Shauil

<sup>5</sup> Faviidae

است. در این گزارش‌ها سال‌هایی که کمتر از ۵٪ سفید شدگی داشتند؛ سال‌های بدون سفید شدگی در نظر گرفته شده‌اند. علاوه بر این، این فرض وجود دارد که ممکن است برای برخی از سال‌ها با وجود رخداد سفیدشدگی هیچ ثبت رسمی انجام نشده باشد. در این پژوهش سعی بر آن است تا با استفاده از داده‌های دمای سطحی آب (SST) و شاخص درجه گرمای هفتگی (DHW) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های مرجانی جزیره کیش در پهنه خلیج فارس که یک ناحیه مهم از نظر تنوع زیستی و همچنین یک ناحیه استراتژیک از نظر توسعه گردشگری است پرداخته شود.

## روش‌شناسی

### داده‌های دمای سطح دریا (SST)

داده‌های دمای سطح دریا در واکاوی و پیش‌بینی رخدادهایی همچون سفیدشدگی مرجان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش ابتدا داده‌های شبکه‌ای دمای سطح دریا از تارنمای NOAA (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.htm1>) برای سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷ اخذ شد. مجموعه داده‌های SST در این تارنما روزانه هستند و در فرمت net CDF با تفکیک مکانی ۱×۱ درجه قوسی قابل دستیابی است. سپس، مقادیر شاخص درجه گرمای هفتگی (DHW) بر اساس داده‌های SST محاسبه و برآورد گردید. به منظور بررسی روند تغییرات دمای سطح دریا از آزمون ناپارامتری من کندال بهره گرفته شده که در ادامه بدان پرداخته خواهد شد. علاوه بر این، داده‌های میانگین بلندمدت ماهانه دمای سطح دریا برای قلمرو مورد بررسی نیز در محدوده زمانی مورد بحث مورد بررسی قرار گرفت تا بیشینه دمای تابستانه مشخص شود.

### شاخص DHW

تاکنون روش‌های گوناگونی برای واکاوی نقش و تأثیر دما بر مرگ و میر مرجان‌ها و سفیدشدگی آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته که شاخص DHW (درجه گرمای هفتگی) از آن جمله است. این شاخص بر اساس ناهنجاری‌های دمای سطح دریا به پیش‌بینی پدیده سفیدشدگی و مرگ و میر مرجان‌ها می‌پردازد. این شاخص که توسط سازمان ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا (NOAA) برای بررسی و پیش‌بینی پدیده سفیدشدگی مرجان‌ها به صورت گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ ابتدا توسط گوریو و هایس<sup>۹</sup> (۱۹۹۴) (۳۰) ایجاد و سپس توسط گلیسون و استرانگ<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۵) (۳۱) بهبود پیدا کرد. در ادامه، ون هویدونگ و هوپر<sup>۱۱</sup> (۲۰۰۹) (۳۲) روش درجه گرمای هفتگی را با انتخاب آستانه‌های بهینه توسعه دادند. در واقع، این

خانواده‌های انگشتی<sup>۱</sup> با ۳ گونه مختلف می‌باشند. خانواده شاخ گوزنی<sup>۲</sup> بیشترین فراوانی را در آب‌های اطراف جزیره کیش دارد. خانواده انگشتی در مرتبه دوم قرار دارد. کمترین فراوانی نیز متعلق به خانواده دندروفیلاید<sup>۳</sup> است (فاطمی و شکری، ۲۰۰۱) (۲۰).

جدول ۱: وقایع تاریخی رخدادهای سفیدشدگی در جزیره کیش از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷

سال	منبع
۱۹۹۶	Pilcher و همکاران، ۲۰۰۰ فاطمی و شکری، ۲۰۰۱
۱۹۹۸	Wilson و همکاران، ۲۰۰۲ (۲۶، ۲۰) (۲۹)
۱۹۹۹	فاطمی و شکری، ۲۰۰۱ و Wilson و همکاران، ۲۰۰۲ (۲۹، ۲۰)
۲۰۰۲	رضایی و همکاران، ۲۰۰۴ (۲۷)
۲۰۰۷	رضایی و همکاران، ۲۰۰۴ (۲۷) کبیری و همکاران، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ (۲۱)
۲۰۱۴	رضایی و کبیری، ۲۰۱۵ (۲۵)
۲۰۱۵	نگارنده
۲۰۱۷	نگارنده

مرجان‌های منطقه حفاظت شده سیمرغ در جنوب‌شرقی جزیره کیش از سال ۱۹۹۶ به طور منظم بازدید شده‌اند. این منطقه دارای سه گونه اصلی مرجان شاخ گوزنی، انگشتی و مغزی در اعماق ۳ تا ۷ متری می‌باشد (مقصودلو و همکاران، ۲۰۰۸، رضایی و همکاران، ۲۰۱۰، کبیری و همکاران، ۲۰۱۳) (۴، ۲۱، ۲۲). این مرجان‌ها مرگ و میر وسیعی را در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۲، ۱۹۹۹، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۴ به سبب ناهنجاری‌های مثبت دمایی تجربه کرده‌اند (جورج و جان<sup>۴</sup>، ۱۹۹۹، پیلچر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۰، فاطمی و شکری، ۲۰۰۱، ویلسون و همکاران، ۲۰۰۲، ریگل، ۲۰۰۲، رضایی و همکاران، ۲۰۰۴، ویلکینسون و سوتر<sup>۶</sup>، ۲۰۰۸، بکر<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸ و کبیری و همکاران، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳، رضایی و کبیری، ۲۰۱۵) (۷، ۱۳، ۲۰، ۲۱، ۲۳-۲۹). سفیدشدگی مرجان‌ها که در سال ۲۰۰۷ در خلیج فارس اتفاق افتاد تقریباً تمام کلنی‌های مرجان‌های شاخه گوزنی در جزیره کیش و هندورابی را از بین برد، در حالی که توده مرجان‌های انگشتی تقریباً در دمای بالای آب مقاومت کردند و زنده ماندند (ویلکینسون و سوتر، ۲۰۰۸) (۲۸). وقایع تاریخی سفیدشدگی از گزارش‌های رسمی، نشریه‌ها و مشاهدات میدانی در جدول ۱ جمع‌آوری شده

1 Poritidae  
2 Acroporidae  
3 Dendrophyllidae  
4 George & John  
5 Pilcher  
6 Wilson  
7 Wilkinson & Souter  
8 Baker

<sup>9</sup> Goreau & Hayes

<sup>10</sup> Glesson & Strong

<sup>11</sup> Van Hooijdonk & Huber

$$(T)_i = \pm tg \sqrt{\frac{4N+10}{9N(N-1)}} \quad (3)$$

در این رابطه tg برابر با مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد (z) بر اساس احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. جهت شناسایی روندهای جزئی و کوتاه مدت، نقاط جهش و نقاط شروع روند سری های زمانی از نمودار سری زمانی بر حسب مقادیر  $u_i$  و  $u_i'$  استفاده می‌شود. در این پژوهش برای ترسیم نمودار سری زمانی مقادیر متوالی، آماره‌های  $u_i$  و  $u_i'$  با استفاده از آزمون من-کندال محاسبه شد. مراحل محاسبه این آماره‌ها به قرار زیر است:

۱- داده‌ها به ترتیب وقوع ردیف می‌شوند و ترتیب زمانی داده‌ها را n در نظر می‌گیریم (علیزاده، ۱۳۸۶) (۴۰).

۲- داده‌ها رتبه‌بندی می‌شوند که برای این منظور از آماره T (نسبت رتبه ۱ به رتبه‌های ما قبل) استفاده می‌شود.

۳- امید ریاضی  $E_i$ ، واریانس  $V_i$  و شاخص من-کندال  $U_i$  براساس رابطه‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$E_i = ni(ni - 1) / 4 \quad (4)$$

$$V_i = ni(ni - 1)(2ni + 5) / 72 \quad (5)$$

$$U_i = (\sum ti - E_i) / \sqrt{V_i} \quad (6)$$

در روابط فوق  $ni$  ترتیب زمانی داده‌ها می‌باشد. این شاخص دارای توزیع نرمال است لذا جهت شناسایی معنی‌دار بودن از جدول منحنی استفاده می‌شود. برای بررسی تغییرات باید شاخص  $u_i$  نیز محاسبه شود، مراحل محاسبه  $u_i$  بدین شرح است:

۱- داده‌ها رتبه‌بندی می‌شوند که برای این منظور از آماره  $T'$  (نسبت رتبه ۱ به رتبه‌های ما بعد) استفاده می‌شود.

۲- امید ریاضی  $E_i'$ ، واریانس  $V_i'$  و شاخص  $U_i'$  از رابطه‌های زیر محاسبه می‌شود:

$$E_i' = [N - (ni - 1)](N - ni) / 4 \quad (7)$$

$$V_i' = [N - (ni - 1)](N - ni)[2(N - (ni - 1))] + 5 / 72 \quad (8)$$

$$U_i' = -(\sum ti' - E_i') / \sqrt{V_i'} \quad (9)$$

در روابط فوق N تعداد سال‌های آماری مورد استفاده می‌باشد در این روش مقادیر متوالی از مقدار  $u_i$  و  $u_i'$  حاصله از آزمون من-کندال به صورت گرافیکی نمایش داده می‌شود. محل تلاقی شاخص  $u_i$  و  $u_i'$  با محدوده ۹۵ درصد اطمینان نشان‌دهنده تغییرات سری زمانی بوده و رفتار  $u_i$  بعد از

روش، شاخص فشار انباشتی بر اساس میزان ناهنجاری‌های مثبت هفتگی فراتر از بیشینه دمای تابستانه (گرم‌ترین ماه) در ۱۲ هفته پیش از آن است (گوریو و هایس، ۱۹۹۴، ون هویدونگ و هوبر، ۲۰۰۹، ون هویدونگ و همکاران، ۲۰۱۲) (۳۰، ۳۲، ۳۳). اگر مجموع هفته‌هایی که در آن ناهنجاری های دمایی وجود دارد؛ چهار هفته طول بکشد، سفیدشدگی رخ نمی‌دهد و یا بسیار اندک است. اگر مجموع هفته‌های دارای ناهنجاری دمایی چهار تا هشت هفته طول بکشد؛ احتمال سفیدشدگی مرجان‌ها قابل توجه است. بالاتر از هشت هفته وقوع ناهنجاری‌های هفتگی مرگ و میر گسترده مرجان‌ها را به همراه دارد.

DHW = 0 بدون استرس دمایی

DHW >= 4 آغاز سفید شدن مرجان‌ها

DHW >= 8 مرگ گسترده مرجان‌ها

آزمون ناپارامتری من-کندال

آزمون من-کندال ابتدا توسط (Mann, 1945) (۳۴) ارائه و سپس توسط (Kendall, 1975) (۳۵) بسط و توسعه یافت (Serrano, 1999) (۳۶) و کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی (۱۹۶۶) توصیه شده است (خلیلی و بذرافشان، ۱۳۸۳) (۳۷). این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می‌شود (Lettenmaier, 1994). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Turgay & Ercan, 2005) (۳۸). این آزمون برای تعیین تصادفی بودن و روند در سری‌ها استفاده می‌شود. در صورت وجود روند، داده‌ها غیرتصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از رابطه زیر استفاده می‌شود (فرج‌زاده، ۱۳۸۹) (۳۹).

$$T = \frac{4P}{N(N-1)} - 1 \quad (1)$$

T آماره من کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف  $n_i$  که بعد از آن قرار می‌گیرند و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$p = \sum_{i=1}^{N-1} ni \quad (2)$$

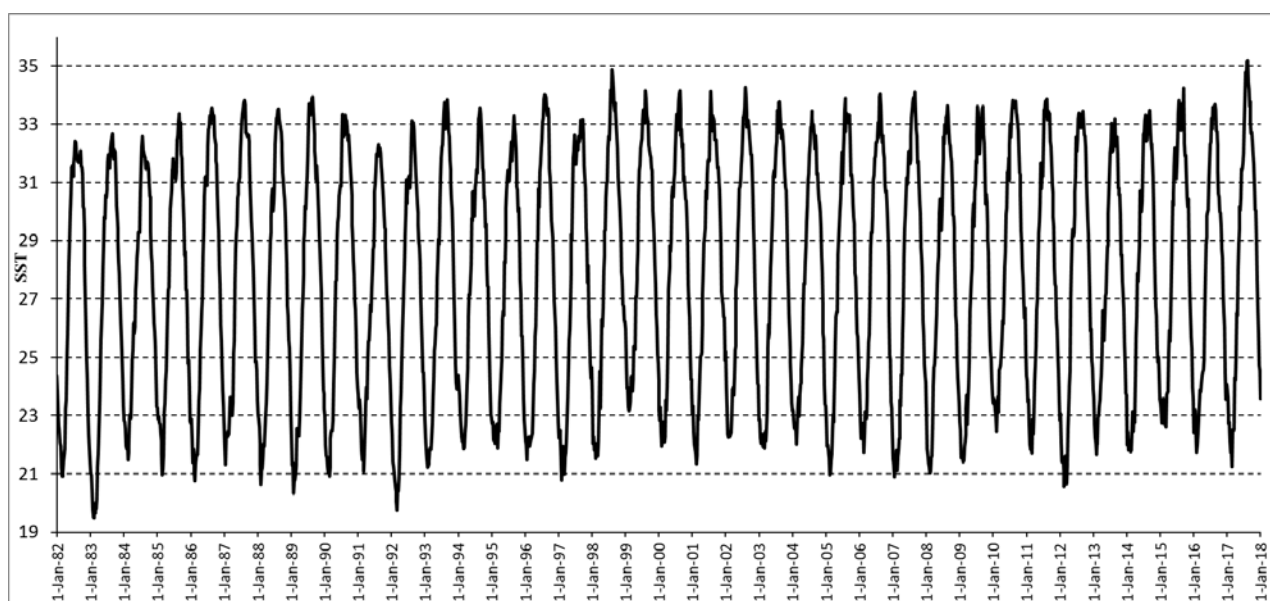
این آماره برای  $N > 10$  به توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس  $\frac{4N+10}{9N(N-1)}$  شبیه است. بنابراین آزمون معنی‌داری آن از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

شکل ۲ تغییرات مقادیر دمای سطح دریا (SST) را در بازه زمانی ۲۰۱۷-۱۹۸۲ در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد. در این بازه زمانی بیشینه دمای سطح دریا مربوط به ۱۱ آگوست ۲۰۱۷ به میزان ۳۵/۱۷ درجه سانتی‌گراد و پس از آن مربوط به ۶ آگوست ۱۹۹۸ به میزان ۳۴/۸۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. کمینه دمای سطح دریا در این بازه زمانی نیز مربوط به ۷ فوریه ۱۹۸۳ به میزان ۱۹/۴۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. شکل ۳ مقادیر شاخص DHW را در دوره زمانی ۲۰۱۷-۱۹۸۲ در قلمرو مطالعاتی نشان می‌دهد. بر اساس این شکل بیشینه شاخص DHW برای هفته مختوم به ۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷ برابر با ۱۳/۶ و پس از آن مربوط به هفته مختوم به ۱ اکتبر ۱۹۹۸ با میزان ۱۰/۲۳ بوده است. در دوره منتهی به زمان مورد مطالعه مقادیر شاخص DHW در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ بیش از ۴ بوده و بیشترین ناهنجاری‌های مثبت دمایی نیز در این سال‌ها روی داده است که با پدیداری رخداد‌های سفیدشدگی گسترده مرجان‌ها در محدوده مورد بررسی انطباق دارد..

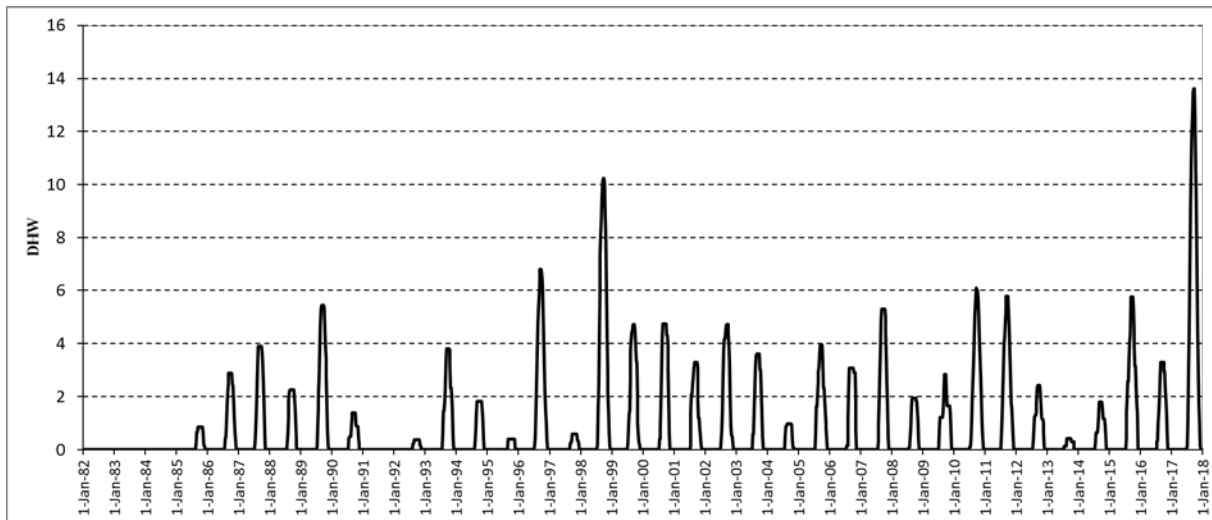
محل تلاقی، وضعیت روند (کاهش یا افزایش) سری را نشان می‌دهد (Goossens & Berger, 1986) (۴۱). زمانی که روند معنی‌داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط  $ui$  و  $ui'$  همدیگر را قطع می‌کنند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷) (۴۲). اگر مقادیر  $ui$  و  $ui'$  از منحنی‌ها چندین بار روی هم قرار بگیرند روند یا تغییری وجود نخواهد داشت ولی در جایی که همدیگر را قطع می‌کنند منحنی‌ها محل شروع روند یا تغییرات را به صورت تقریبی به نمایش می‌گذارند. اگر منحنی‌ها همدیگر را در داخل محدوده  $(\pm 1/96)$  قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند بیانگر وجود روند معنی‌دار در سری زمانی است. عدم تلاقی دو شاخص معرف عدم روند سری می‌باشد (فرج‌زاده، ۱۳۸۹) (۳۹). این آزمون با توجه به توانمندی‌هایی که در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه محققین حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است. از این رو، در پژوهش حاضر نیز از آزمون مزبور برای بررسی روند تغییرات دمای سطح دریا در محدوده مورد بررسی در مقیاس بلند مدت به منظور تعیین نقاط جهش استفاده شده است.

## یافته‌ها و نتایج

بررسی تغییرات دمای سطح دریا (SST)

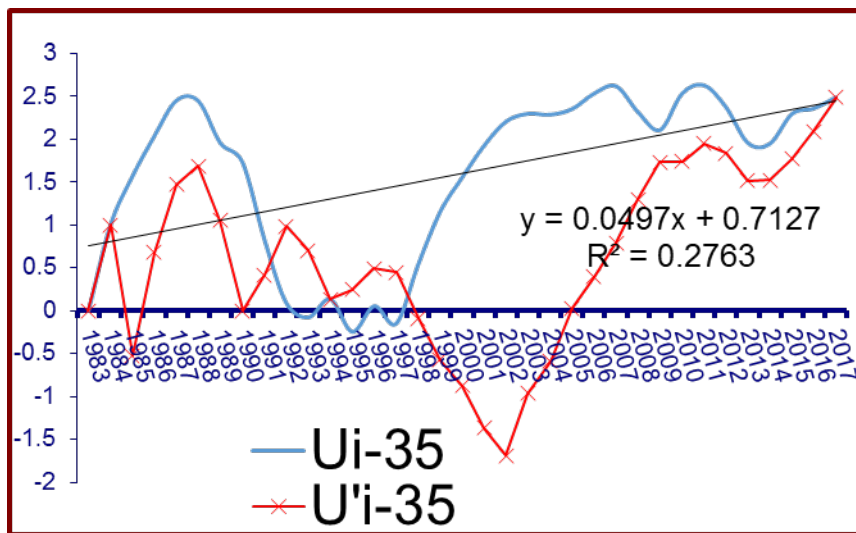


شکل ۲: سری زمانی تغییرات دمای سطح دریا (SST) در جزیره کیش از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷  
Fig. 2: Time series of the sea surface temperature (SST) changes in Kish Island (1982-2017)



شکل ۳ مقادیر شاخص DHW در طول دوره زمانی مطالعاتی در جزیره کیش

Fig. 3: Values of DHW index in study period on Kish Island



شکل ۴: روند تغییرات دمای سطح دریا به روش من-کندال در بازه ۱۹۸۲-۲۰۱۷

Fig. 4: Trend of the sea surface temperature (SST) changes base on Mann- Kendall method (1982-2017)

#### بررسی سفیدشدگی مرجان‌ها

با توجه به منابع گردآوری شده در جدول ۱ مرجان‌های جزیره کیش سفیدشدگی و مرگ‌ومیر وسیعی را در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۲۰۰۲، ۱۹۹۹، ۲۰۰۷، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ به سبب ناهنجاری‌های مثبت دمایی تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، یافته‌های ناشی از مشاهدات میدانی نگارندگان و سایر پژوهشگران در این رابطه و همچنین تصاویر گرفته شده از مرجان‌های جزیره کیش که از سال ۲۰۰۷ تاکنون در سایت‌های مرجانی کیش از جمله سایت‌های سیمرغ، تابان، کلبه هور، بیگ کورال و پدیده موجود می‌باشند، حاکی از سفیدشدگی مرجان‌های جزیره کیش است که به عنوان نمونه به برخی از آنها اشاره می‌شود (کبیری و همکاران، ۲۰۱۴، کبیری و همکاران، ۲۰۱۸) (۲۵، ۴۳). این منابع شناسایی و نسبت به مستندسازی داده‌ها اقدام گردید. اشکال ۵ و

#### بررسی روند تغییرات دمای سطح دریا (SST)

برای بررسی روند تغییرات سالانه دمای سطح دریا در بازه هفتگی در محدوده مطالعاتی و در دوره زمانی ۱۹۸۲-۲۰۱۷ از آماره من-کندال به صورت گرافیکی استفاده شد. پس از به دست آوردن آماره کندال، برای تعیین جهش و سال شروع روند یا جهش ناگهانی شکل‌های U و U' ترسیم شدند (شکل ۴). بر اساس اطلاعات حاصله از این آزمون چون خطوط U و U' در محدوده +۱/۹۶ و -۱/۹۶ همدیگر را قطع کرده‌اند، تغییر جهش وجود دارد. در عین حال، در سال‌های مختلف منحنی U از محدوده +۱/۹۶ عبور کرده است، این موضوع نشانگر روند افزایشی در سری داده‌های دمای سطح دریا به ویژه از سال ۱۹۹۸ به بعد است (شکل ۴).





شکل ۹: سفیدشدگی کامل مرجان شاخ گوزنی، سایت بیگ کورال (عکس: بارگاهی، ۲۰۱۵)  
**Fig. 9: Bleaching in Acroporidae coral, Big coral site, Bargahi, 2015**

در اشکال ۷ و ۸ نمونه‌هایی از سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی در سایت بیگ کورال در سال ۲۰۱۴ نشان داده شده است. در شکل ۹ نمونه‌هایی از سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی در سایت بیگ کورال در سال ۲۰۱۵ نشان داده شده است.

مشاهدات میدانی انجام شده در آگوست ۲۰۱۷ (شهریور ۱۳۹۶) توسط رضایی و کبیری در جزیره کیش بیانگر وجود پدیده سفیدشدگی در اندازه نسبتاً زیادی در مرجان‌های اطراف این جزیره است به گونه‌ای که بیشترین تأثیر بر روی مرجان‌های شاخ گوزنی آکروپوراید مشاهده و ثبت شده است. همچنین در یک بررسی اجمالی که از سایت سیمرغ واقع در جنوب شرق جزیره کیش انجام شد، تقریباً نیمی از مرجان‌های شاخ گوزنی سفید شده بودند (شکل ۱۰) و حتی در مرجان‌های مغزی که در برابر سفیدشدگی مقاوم‌تر هستند نیز سفیدشدگی رخمونی آشکار دارد. در سایت تابان نیز همین وضعیت وجود داشته است (شکل ۱۱). در مجموع، به نظر می‌رسد میزان تشعشعات دریافتی در برهمکنش مثبت با دمای آب بوده و هر جا که میزان تشعشعات دریافتی کمتر است، آسیب وارده نیز کمتر خواهد بود.



شکل ۱۰: سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی، سایت سیمرغ، (عکس: غواصی زوبیج، ۲۰۱۷)  
**Fig. 10: Bleaching in Acroporidae corals, Simorgh site, Zoo beach, 2017**

۶ به ترتیب سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی و مغزی را در سال ۲۰۰۷ در سایت بیگ کورال نشان می‌دهد

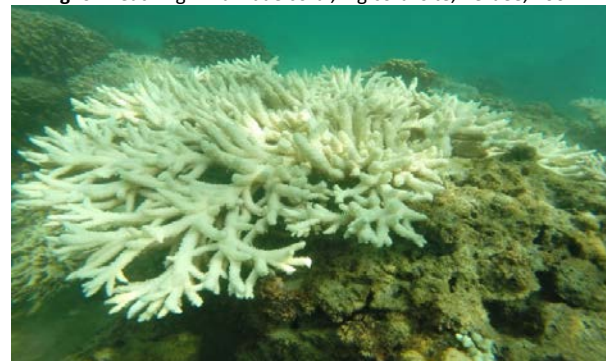


شکل ۵: سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی، سایت بیگ کورال، (عکس: باقریان، ۲۰۰۷)  
**Fig. 5: Bleaching in Acroporidae corals, Big coral site, Bagherian, 2007**



شکل ۶: سفیدشدگی کامل مرجان مغزی، سایت بیگ کورال، (عکس: رضایی، ۲۰۰۷)

**Fig. 6: Bleaching in Faviidae coral, Big coral site, Rezaee, 2007**



شکل ۷: سفیدشدگی مرجان شاخ گوزنی، سایت بیگ کورال، (عکس: شیرانی، ۲۰۱۴)  
**Fig. 7: Bleaching in Acroporidae coral, Big coral site, Shirani, 2014**



شکل ۸: سفیدشدگی کامل مرجان شاخ گوزنی، سایت بیگ کورال، (عکس: بارگاهی، ۲۰۱۴)

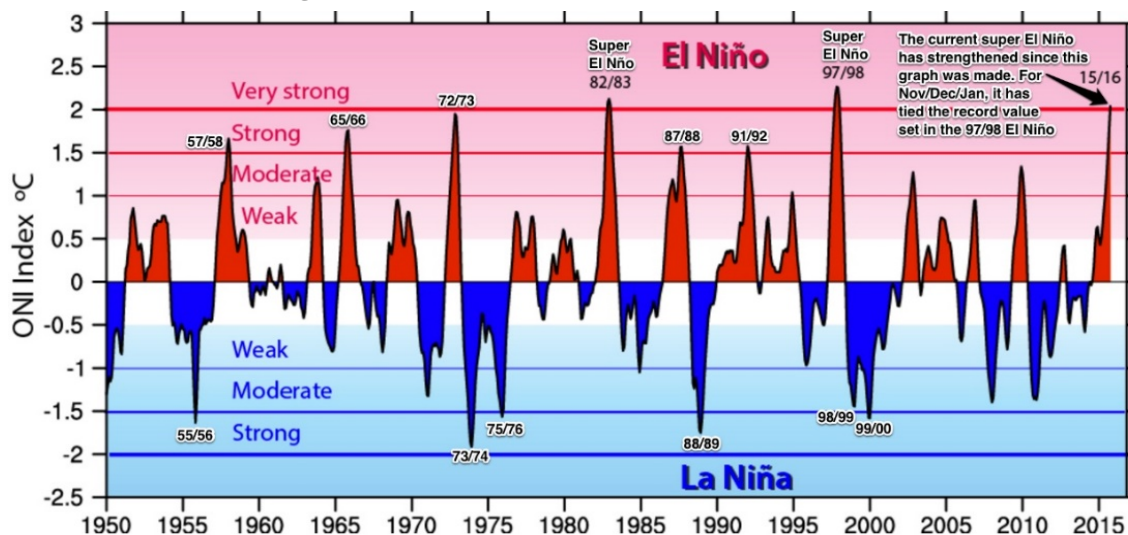
**Fig. 8: Bleaching in Acroporidae coral, Big coral site, Bargahi, 2014**

با توجه به داده‌های استخراج شده دمای سطح دریا و واکاوی روند تغییرات آن در جزیره کیش و بررسی گزارش‌های محلی و بین‌المللی در خصوص سفیدشدگی مرجان‌ها در این پهنه آبی، یکی از عوامل تخریب و نابودی آبسنگ‌های مرجانی بالا رفتن دمای سطح دریا است. در این خصوص باید اشاره نمود که در تابستان ۲۰۱۷ آب‌های جزیره کیش شدیدترین گرمایش را تجربه کردند.

بررسی ارتباط وقوع پدیده النینو و سفیدشدگی مرجان‌ها همانگونه که در شکل ۱۲ مشخص است در طول ۴۰ سال گذشته رخدادهای متعدد النینو ثبت شده است که شدیدترین آنها در سال ۱۹۹۸ - ۱۹۹۷ رخ داده است. قبل از آن نیز النینوی سال ۱۹۸۳ - ۱۹۸۲ قوی‌ترین النینو بوده است. بر طبق مطالعات انجام شده النینوی روی داده در سال ۲۰۱۵ نیز در زمره شدیدترین رخدادهای النینو می‌باشد. برخی از پدیده‌های النینو حتی بیشتر از یک سال (شکل ۱۲) به طول می‌انجامد

(<https://earthsky.org/earth/what-north-america-can-expect-from-el-nino>)

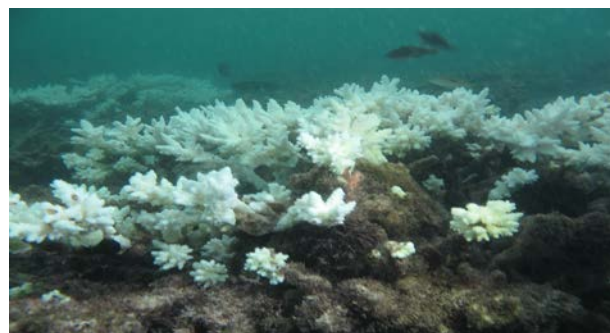
بررسی ارتباط فازهای رخداد النینو (شکل ۱۲) و شاخص DHW (شکل ۳) نشان داد که سال‌های وقوع سفیدشدگی مرجان‌ها در جزیره کیش با فازهای وقوع النینو هم‌پوشانی و تطابق دارد. به عبارت دیگر فازهای وقوع النینو با سال‌های وقوع سفیدشدگی مرجان‌ها در این پهنه مطالعاتی همزمان بوده است (شکل ۱۳).



شکل ۱۲: سال‌های وقوع النینو

Fig. 12: Years of El Niño occurrence

<https://earthsky.org/earth/what-north-america-can-expect-from-el-nino>

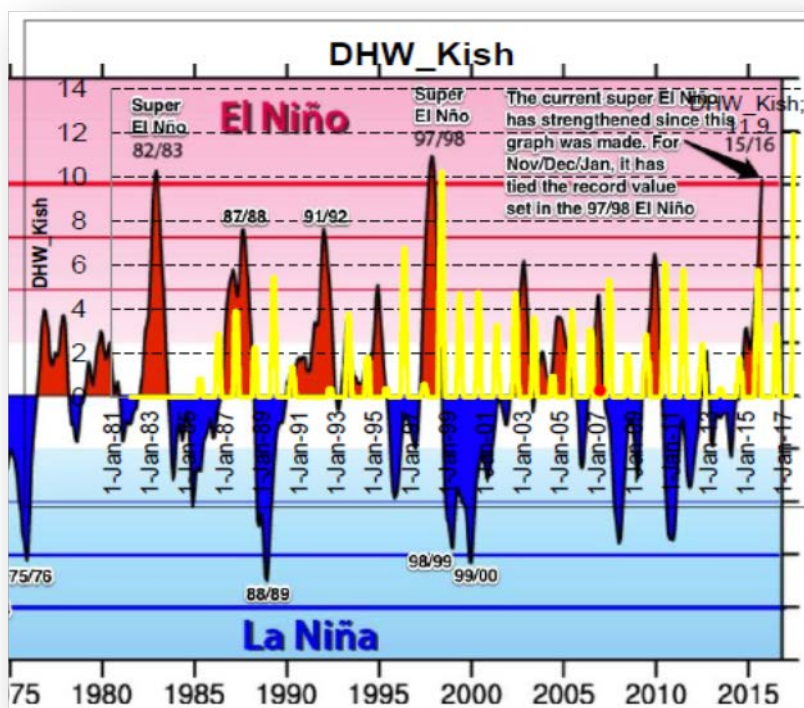


شکل ۱۱: سفیدشدگی مرجان‌های شاخ گوزنی، سایت تابان، (عکس: بارگاهی، ۲۰۱۷)

Fig. 11: Bleaching in Acroporidae corals, Taban site, Bargahi, 2017

در بررسی مجموعه تصاویر ثبت شده وقایع سفیدشدگی در سال‌های مختلف در جزیره کیش نکات زیر قابل توجه و جای بحث است:

- ۱- گونه‌های مختلف مرجانی در شرایط یکسان پاسخ‌های مختلفی به تغییرات محیطی می‌دهند (میزان سفیدشدگی و مهاجرت رنگدانه‌ها متفاوت از یکدیگر بودند). بیشترین حساسیت به تغییرات دمایی و محیطی را مرجان‌های شاخ گوزنی از خود بروز می‌دهند.
- ۲- در بین مرجان‌های شاخ گوزنی توده‌هایی که در سایه یا اعماق پایین‌تر بوده‌اند که میزان تشعشعات دریافتی کمتر است؛ کمتر دچار سفیدشدگی شده‌اند. در شرایط همسان مرجان‌های انگشتی مقاومت بیشتری به شرایط محیطی دارند (شائول و همکاران (۲۰۱۶) (۱۵).



شکل ۱۳: هم‌پوشانی سال‌های وقوع النینو و شاخص DHW در بازه مطالعاتی  
 Fig. 13: Overlap of El Niño years and DHW index in the study period

۲۰۱۱ و کاوسی و همکاران، ۲۰۱۴ که معتقدند افزایش دمای اقیانوس‌های گرمسیری پدیده سفیدشدگی را افزایش می‌دهد و اغلب آبسنگ‌های مرجانی را با خطر نابودی روبرو می‌نماید مطابقت دارد. نتایج این پژوهش با یافته‌های ریگل، ۲۰۱۳ و ریگل و پورکیس، ۲۰۱۵ نیز که رخداد‌های سفیدشدگی ناشی از دماهای غیرمتعارف از سال ۱۹۹۶ و پس از آن را در آبسنگ‌های خلیج فارس نشان دادند همخوانی دارد. در عین حال، واکاوی روند تغییرات دمای سطح دریا با آزمون ناپارامتری من- کندال نیز نشانگر روند افزایشی داده‌های دمای سطح دریا به ویژه از سال ۱۹۹۸ به بعد است. بررسی ارتباط فازهای رخداد النینو و شاخص DHW نیز بیانگر این است که سال‌های پدیداری سفیدشدگی اجتماعات مرجانی در جزیره کیش با فازهای رخداد النینو انطباق آشکاری دارد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های SST و شاخص DHW ابزارهای مناسبی برای مدیریت، پایش و ایجاد سیستم هشدار بوده و هزینه‌های کم و سرعت عمل و امکان پیش‌بینی رخدادها با مدل‌سازی، ارتقا دانش مدیریت سایت‌های مرجانی را در پی دارند. به دلیل اهمیت خاصی که اجتماعات مرجانی برای شیلات و توریسم دارند، باید به آنها به دیده منابع پر ارزش ملی نگریسته شود. در این ارتباط، سنگفرش‌های مرجانی نیازمند محافظت و مدیریت مطلوب هستند. به عنوان مثال، تمامی جزایر استان هرمزگان می‌بایست به پارک ملی مبدل گردند تا ارگانیزم‌های آن حفظ و حفاظت شوند. بنابراین، به برنامه‌ریزی

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور واکاوی اثرات تغییرات اقلیمی بر اکوسیستم‌های مرجانی جزیره کیش به عنوان یک ناحیه مهم از نظر تنوع زیستی و پهنه‌ای با اهمیت از لحاظ توسعه گردشگری، به بررسی تاثیرات و نقش تغییرات دمای سطح دریا بر سفیدشدگی اکوسیستم‌های مرجانی این گستره مهم آبی پرداخته شد. بدین منظور از داده‌های دمای سطح دریا (SST) و شاخص مجموع ناهنجاری‌های دمایی هفتگی (DHW) در بازه زمانی ۲۰۱۷-۱۹۸۲ و همچنین داده‌ها و گزارش‌های میدانی بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که در این دوره آماری بیشینه دمای سطح دریا مربوط به ۱۱ آگوست ۲۰۱۷ به میزان ۳۵/۱۷ درجه سانتی‌گراد و کمینه دمای سطح دریا مربوط به ۷ فوریه ۱۹۸۳ به میزان ۱۹/۴۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. بیشینه شاخص DHW برای هفته مختوم به ۲۲ سپتامبر ۲۰۱۷ برابر با ۱۳/۶ بوده است. در بازه زمانی مورد مطالعه بیشترین ناهنجاری‌های مثبت دمایی در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۷ روی داده است که منجر به رخداد‌های سفیدشدگی گسترده اجتماعات مرجانی در محدوده جزیره کیش شده است و هشدار برای استمرار حوادث سفیدشدگی مرجان‌های این پهنه آبی می‌باشد. این موضوع با یافته‌های رضایی و همکاران، ۲۰۱۰، ریگل و همکاران،

سنگفرش‌های مرجانی گردد. (۴۴-۴۶)

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

مطلوب و توسعه پایدار و مدیریت سنگفرش‌های مرجانی و سایر اکوسیستم‌ها نیاز است تا مانع از فرسایش تدریجی بیشتر

## تعارض منافع

## References

- Spalding MD, Ravilious C, Green EP. World atlas of coral reef areas. University of California Press, Berkeley, USA. 2001. 428 p.
- Wilkinson C. Status of coral reefs of the world: 2008 global coral reef monitoring network and reef and rainforest research center. Townsville, Australia. 2008:296.
- Lesser MP. Coral bleaching: causes and mechanisms. in: Dubinsky Z., Stambler N. (eds), coral reefs: an ecosystem in transition. Springer Science, New York. 2011. 405-419 p.
- Rezai HK, Samimi K, Kabiri E, Kamrani M, Jalili M. Distribution and abundance of the corals around Hengam and Farurgan islands, the Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf*. 2010;1:7-16.
- Riegl BM, Purkis SJ, Al-Cibahy AS, Abdel-Moati MA, Hoegh-Guldberg O. Present limits to heat-adaptability in corals and population-level responses to climate extremes. *PLoS One*. 2011;6(9):e24802. doi: 10.1371/journal.pone.0024802 pmid: 21949755
- Baker AC. Flexibility and specificity in coral-algal symbiosis: diversity, ecology, and biogeography of Symbiodinium, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2003;34:661-689. doi: 10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132417
- Baker AC, Glynn PW, Riegl B. Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2008;80:435-471. doi: 10.1016/j.ecss.2008.09.003
- Fitt W, Brown B, Warner M, Dunne R. Coral bleaching: interpretation of thermal tolerance limits and thermal thresholds in tropical corals. *Coral Reef*. 2001;20:51-65. doi: 10.1007/s003380100146
- Kavousi J, Tavakoli-Kolour P, Mohammadzadeh M, Bahrami A, Barkhordari A. Mass coral bleaching in the northern Persian Gulf, 2012. *Scientia Marina*. 2014;78:397-404. doi: 10.3989/scimar.03914.16A
- Coles SL, Riegl BM. Thermal tolerances of reef corals in the Gulf: a review of the potential for increasing coral survival and adaptation to climate change through assisted translocation. *Mar Pollut Bull*. 2013;72(2):323-332. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.09.006 pmid: 23058810
- Rezai H, Kabiri K, Jalili M, Mostafavi P, Mokhtari M. Investigation of distribution and density of the corals around Hengam and Farrogan islands, Persian Gulf. Iranian National Centre for Oceanography, Iran. (Persian). 2007.
- Burt J, Bartholomew A, Usseglio P. Recovery of corals a decade after bleaching in Dubai, United Arab Emirates. *Marine Biol*. 2008;154:27-36. doi: 10.1007/s00227-007-0892-9
- Riegl B. Effects of the 1996 and 1998 positive sea-surface temperature anomalies on corals, coral diseases and fish in the Arabian Gulf (Dubai, UAE), *Marine Biol*. 2002;140:29-40. doi: 10.1007/s002270100676
- Riegl B, Purkis S. Coral population dynamics across consecutive mass mortality events. *Glob Chang Biol*. 2015;21(11):3995-4005. doi: 10.1111/gcb.13014 pmid: 26119322
- Shuaib D, Wiedenmann J, D'Angelo C, Baird AH, Pratchett MS, Riegl B, et al. Local bleaching thresholds established by remote sensing techniques vary among reefs with deviating bleaching patterns during the 2012 event in the Arabian/Persian Gulf. *Mar Pollut Bull*. 2016;105(2):654-659. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.03.001 pmid: 26971815
- Hosseinpour F, Aryaei AA, Taherpour Kalilabad M. Systematic paleontology, distribution and abundance of Cenozoic benthic foraminifera from Kish Island, Persian Gulf, Iran, *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)*. 2017;8(28):19-40.
- Shokri MR, Mohammadi M. Effects of recreational SCUBA diving on coral reefs with an emphasis on tourism suitability index and carrying capacity of reefs in Kish Island, the northern Persian Gulf. *Regional Studies in Marine Sci*. 2021;45(101813):1-14. doi: 10.1016/j.rsma.2021.101813
- Kish Free Zone Organization. Studies on the preparation of a comprehensive plan for coastal management and environment of Kish Island, Iran Data Processing Company. "(Persian)"2007.
- Shokri MR. Investigating the effects of marine tourism in Kish Island on coral reefs for providing management model, final report, Kish Free Zone Organization. "(Persian)"2019.
- Fatemi SMR, Shokri MR. Iranian coral reefs status with particular reference to Kish Island, Persian Gulf. Proceedings of international coral reef initiative (ICRI) regional workshop for the Indian Ocean, Maputo, Mozambique 2001. 1-13 p.
- Kabiri K, Pradhan B, Samimi-Namin K, Moradi M. Detecting coral bleaching, using Quick Bird multi-temporal data: a feasibility study at Kish Island, the Persian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2013;117:273-281. doi: 10.1016/j.ecss.2012.12.006
- Maghsoudlou A, Araghi PE, Wilson S, Taylor O, Medio D. Status of coral reefs in the ROPME sea area (The Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea). Status of Coral Reefs of the World 2008. 79-90 p.

23. George J, John D. High sea temperatures along the coast of Abu Dhabi (UAE), Persian Gulf-their impact upon corals and macroalgae. Reef Encounter. 1999;**25**:21-23.
24. Kabiri K, Pradhan B, Rezai H, Ghobadi Y, Moradi M. Fluctuation of sea surface temperature in the Persian Gulf and its impact on coral reef communities around Kish Island. Humanities, Science and Engineering (CHUSER), 2012 IEEE Colloquium on. IEEE. 2012:164-167. doi: 10.1109/CHUSER.2012.6504303
25. Kabiri K, Rezai H, Moradi M. Mapping of the corals around Hendorabi Island (Persian Gulf), using WorldView-2 standard imagery coupled with field observations. *Mar Pollut Bull.* 2018;**129**(1):266-274. doi: 10.1016/j.marpolbul.2018.02.045 pmid: 29680548
26. Pilcher N, Wilson S, Alhazeem S, Shokri M. Status of coral reefs in the Persian Gulf and Arabian Sea Region (Middle East). Status of Coral Reefs of the World. 2000:55-64.
27. Rezai H, Wilson S, Claereboudt M, Riegl B. Coral reef status in the ROPME sea area: Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea. Status of Coral Reefs of the World. 2004;**1**:155-170.
28. Wilkinson CR, Souter D, Network GCRM. Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. Global Coral Reef Monitoring Network. 2008:1-12.
29. Wilson S, Fatemi SMR, Shokri MR, Claereboudt M. Status of coral reefs of the Persian Gulf and Arabian Sea region. Status of Coral Reefs of the World. 2002:53-62.
30. Goreau TJ, Hayes RL. Coral bleaching and ocean "hot spots". *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management.* 1994;**23**:176-180.
31. Gleeson M, Strong A. Applying MCSST to coral reef bleaching. *Advances in Space Research.* 1995;**16**:151-154. doi: 10.1016/0273-1177(95)00396-V
32. Van Hooidek R, Huber M. Quantifying the quality of coral bleaching predictions. *Coral Reef.* 2009;**28**:579-587. doi: 10.1007/s00338-009-0502-z
33. Van Hooidek RJ, Manzello DP, Moye J, Brandt ME, Hendee JC, McCoy C, et al. Coral bleaching at Little Cayman, Cayman Islands 2009. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 2012;**106**:80-84. doi: 10.1016/j.ecss.2012.04.021
34. Mann HB. Nonparametric Tests against trend. *econometrica.* 1945;**13**:245-259. doi: 10.2307/1907187
35. Kendall MG. Rank correlation measures, Charles Griffin, London 1975. 272 p.
36. Serrano A, Mateos VL, Garcia JA. Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *phys. Chem. EARTH(B).* 1999;**24**(1-2):85-90. doi: 10.1016/S1464-1909(98)00016-1
37. Khalili A, Bazrafshan J. Trend analysis of annual, seasonal and monthly precipitation over Iran during the last 116 years. (Persian). *Desert J.* 2004;**9**(1):25-34.
38. Turgay P, Ercan K. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes.* 2005;**20**:2011-2026. doi: 10.1002/hyp.5993
39. Farajzadeh M, Feisi V, Molashahi M. Study of climate change in Northwestern Iran by Mann Kendall method, Regional congress on application of physical geography in environmental planning, Khorramabad, Iran "(Persian)". 2010:1-18.
40. Alizadeh A, Kamali QA, Mosavi F, Mosavi Baygi M. Weather and climatology. Ferdosi University, Iran "(Persian)" 2012.
41. Goossens C, Berger A. Annual and seasonal climatic variations over the Northern Hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae.* 1986;**4**:385-399.
42. Azizi Q, Shamsipour AK, Yarahmadi D. Detection climate change using multivariable statistical. "(Persian)". 2009;**66**:19-35.
43. Kabiri K, Moradi M. Historical remotely sensed sea surface temperature data for prediction of coral bleaching event in Kish Island, the Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf.* 2014;**5**(18):49-56.
44. Rezai H. Observation of some corals in the waters of some Iranian islands far from the Persian Gulf. (Persian). *Aquatic Month.* 1996;**7**(4):4-10.
45. Lettenmaier DP, Wood EF, Wallis JR. *Hydro-climatological trends in the continental United States, 1948-88* *Journal of Climate.* 1994;**7**:586-607. doi: 10.1175/1520-0442(1994)007<0586:HCTITC>2.0.CO;2
46. Riegl B. Corals in a non-reef setting in the southern Arabian Gulf (Dubai, UAE): fauna and community structure in response to recurrent mass mortality. *Coral Reef.* 1999;**18**:63-73. doi: 10.1007/s003380050156

## AUTHOR(S) BIOSKETCHES

**Halabian AH.** Associate Professor, Geography Department, Social Science Faculty, Payame Noor University, Tehran, Iran  
[halabian\\_a@yahoo.com](mailto:halabian_a@yahoo.com)

**Kabiri, K.** Associate Professor, Marine Remote sensing Department, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS); Tehran, Iran  
[K1\\_kabiri@yahoo.com](mailto:K1_kabiri@yahoo.com)

**Safarnejad, M.,** M.Sc. student, Geography Department, Social Science Faculty, Payame Noor University, Kish, Iran  
[safir6155@yahoo.com](mailto:safir6155@yahoo.com)

**Shirani, M.** M.Sc., Natural resources, Environment, Kish Free Zone Organization, Kish, Iran  
[mobshirani@gmail.com](mailto:mobshirani@gmail.com)



## HOW TO CITE THIS ARTICLE

**Citation (Vancouver)** Halabian AH, Kabiri K, Safarnejad M, Shirani M. Effect of sea surface temperature (SST) changes on coral ecosystems in Kish Island. *J Oceanography*. 2022, 13(50): 59-72

 <http://doi.org/10.52547/joc.13.50.59>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1622-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-8311-5238>



## COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.