نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷

صفحات ۴۱ تا ۵۲

استفاده از شاخص دما در پیش‌بینی سفید شدگی جوامع مرجانی نواحی جنوبی و شمالی خلیج‌فارس

خاطره اژدری معموره ، مرکز تحقیقات گردشگری ،واحد نجف آباد ،دانشگاه ازاد اسلامی ، نجف آباد ،ایران.
امیر گندمکار [۱]، استادیار مرکز تحقیقات گردشگری ،واحد نجف آباد ،دانشگاه ازاد اسلامی ، نجف آباد ،ایران.
کیوان کبیری ، استادیار گروه سنجش از دور، پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۱۲/۱۲ پذیرش نهایی:۱۳۹۷/۰۶/۱۸

چکیده

دمای سطح دریا یکی از مؤثرترین پارامترهای فیزیکی است که سلامت گروه های آبسنگ های مرجانی را تحت تأثیر قرار می دهد. پدیده سفید شدگی مرجان‌ها (bleaching) به دلیل افزایش در مقادیر دما و تغییرات افزایشی در دمای سطح دریا (SST) در سال‌های اخیر به‌طور گسترده در خلیج‌فارس اتفاق افتاده و باعث مرگ‌ومیر بسیاری در جوامع مرجانی شده است. اطلاعات دمای سطح دریا نشان دهنده یک ارتباط تنگاتنگ و قطعی بین مقادیر sst و سفیدشدن آبسنگ های مرجانی می باشد.هدف از این پژوهش تعیین یک آستانه دمایی است که می‌تواند به‌عنوان یک اخطار و هشدار برای پیش‌بینی وقوع این پدیده باشد. داده‌های مربوط به مقادیر دمای هفتگی سطح دریا (SST) با تفکیک مکانی (°۱*°۱) که در این مطالعه استفاده‌شده است از سازمان ملی اقیانوسی جوی NOAA و برای یک دوره آماری ۳۵ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۰) استخراج‌شده است و سپس شاخص درجه گرمای هفتگی (DHW) نیز برای همان دوره آماری به‌دست‌آمده که به کمک آن و همچنین وقایع سفید شدگی ثبت‌شده ، اقدام به تعیین آستانه‌ای برای درجه گرمای هفتگی شد.که به کمک آن بتوان پدیده "سفید شدگی" را پیش‌بینی کرد. برای ارزیابی نتایج و بررسی دقت و صحت روش‌شناسی بکار رفته از تکنیک مهارت پیرس (PSS) در قالب اعداد نشان داده شد.این روش به ما این امکان را می‌دهد تا کیفیت پیش‌بینی‌های بعدی یا پس بینی‌های قبلی خود را در قالب اعداد نشان دهد.طبق نتایج به‌دست‌آمده آستانه دمای هفتگی (DHW) برای منطقه موردمطالعه ۷,۱۳ مشخص شد. که به‌عنوان هشدار برای پیش‌بینی سفید شدن مرجان‌های منطقه موردمطالعه است. مقدار PSS(تکنیک مهارت پیرس) هم ۰,۷۲ حاصل شد.که حاکی از مقاومت مرجان‌های جنوب خلیج‌فارس در برابر بی‌نظمی‌های دمای سطح دریا SST در مقایسه با نواحی شمالی خلیج‌فارس است.

واژگان کلیدی: آبسنگ مرجانی ، سفید شدگی، آستانه ، خلیج‌فارس، sst.

[۱] نویسنده مسئول : Email: aagandomkar@iaun.ac.ir

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

مقدمه

سفید شدن یک واکنش در برابر فشارهایی است که می‌توان به‌وسیله دمای زیاد، نور شدید، تغییرات در شوری با سایر فشارهای فیزیکی و شیمیایی ایجاد شود. (Fitt et al., 2001). سفید شدگی و رنگ‌باختگی مرجان‌ها، فقدان و کمبود جلبک‌های همزیستانه زوگزانتلا Zooxanthellae و یا رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی آن‌ها توسط سازندگان آبسنگ‌های زوگزانتلایی است که تهدید اصلی و عمده‌ای برای آبسنگ‌های مرجانی سرتاسر جهان محسوب می‌شود (Lesser, 2011). سفید شدن حالت شدیدی از تغییرات طبیعی در تراکم جلبک‌های همزیست با مرجان می‌باشد (Fitt et al., 2001). مرجان‌های رنگ‌باخته و سفید شده چون همزیست خود را از دست می‌دهند در برابر میزان فزاینده بیماری و مرگ‌ومیر آسیب‌پذیرتر می‌شوند (pandolfi, 2003; Bruno, 2007). به‌ویژه که رویدادهای سفید شدگی در مقیاس وسیع با گرم شدن کره زمین در ارتباط بوده است (Goudie, 2005; Hays et al., 2005). گرم شدن کره زمین با تکرار فزاینده آبسنگ‌های مرجانی جهان را در معرض بی‌نظمی‌های مثبت دما قرار خواهد داد (Riegl et al., 2011). در اثر افزایش دما در اقیانوس‌های جهان، میزان و مقیاس رویدادهای سفید شدن از اوایل دهه ۱۹۸۰ افزایش‌یافته است (Rezai et al., 2010; Riegl et al., 2011). همچنین تغییرات آب و هوایی حاکی از یک افزایش در دمای اقیانوس‌های گرمسیری است و به‌طور بالقوه رویدادهای سفید شدن را افزایش می‌دهد و بسیاری از آبسنگ‌های مرجانی را در سراسر جهان نابود می‌کند (Kavousi et al., 2014). آستانه دما برای سفید شدن میزان و درجه کاملی نیست بلکه به سایر متغیرهای زیست‌محیطی به‌ویژه نور و مدت و شدت عدول و خروج از شرایط عادی دمای یک آبسنگ وابسته است (Liu et al., 2003). البته مدت‌زمانی که این بی‌نظمی در دمای آب دوام داشته باشد نیز در فرآیند سفید شدگی مؤثر است بنابراین سفید شدن به علت فشار گرما به مناطقی که دمای آب آن‌ها معمولاً زیاد است محدود نمی‌شود، بااین‌وجود مناطقی که دماهای زیادتر معیار آن‌ها است به نظر می‌رسد که احتمالاً در برابر سفید شدن فیزیولوژیکی آسیب‌پذیرتر باشند (Fitt et al., 2001). همانند جاهای دیگر جهان، دماهای آب در خلیج‌فارس به‌طور منظم و یکنواخت در حال افزایش است (sheppard**, 2003**) خلیج‌فارس نیز با نوسانات زیست‌محیطی زیاد و دمای بالا (بالاتر از تحمل گرما برای مرجان‌های سایر نقاط دیگر جهان) به‌عنوان گرم‌ترین دریای مرجانی در جهان معروف است (Goudie, 2005; Hays et al., 2005; Sheppard, 2003). گرچه مرجان‌های خلیج‌فارس و همزیست های جلبکی آن‌ها با دماهای افزایش‌یافته خو گرفته‌اند، اما نتوانسته‌اند از بی‌نظمی‌های دما رهایی پیدا کنند و رویدادهای سفید شدن و مرگ‌ومیرهای گسترده را تجربه کرده‌اند. در سراسر جهان بیشترین آستانه‌های سفید شدگی در بین مرجان‌های جنوب خلیج‌فارس مشاهده می‌شود (Coles,2003; Brown, 2003; Sheppard, 1991). بااین‌وجود این مرجان‌ها هم می‌توانند قربانی سفید شدگی نیز بشوند. شواهد نشان می‌دهد که سفید شدگی با دماهای غیرمعمول از سال ۱۹۹۶ به بعد مرجان‌ها را تحت تأثیر قرار داده و به از دست رفتن اساسی پوشش‌های مرجانی خلیج‌فارس منجر شده است (Riegl, Purkis., 2015; Riegl, 2002). این واکنش به فشارهای زیستی به‌ویژه بی‌نظمی‌های دما یک تهدید جدی برای بقاء مرجان‌ها در ۳۰ تا ۵۰ سال آینده خواهد بود (Baker et al., 2008). سازگاری‌های محلی با عوامل زیست‌محیطی به‌جز دما می‌تواند تأثیرات شدیدی بر تحمل مرجان‌ها در برابر دما داشته باشد (Riegl et al., 2015).

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

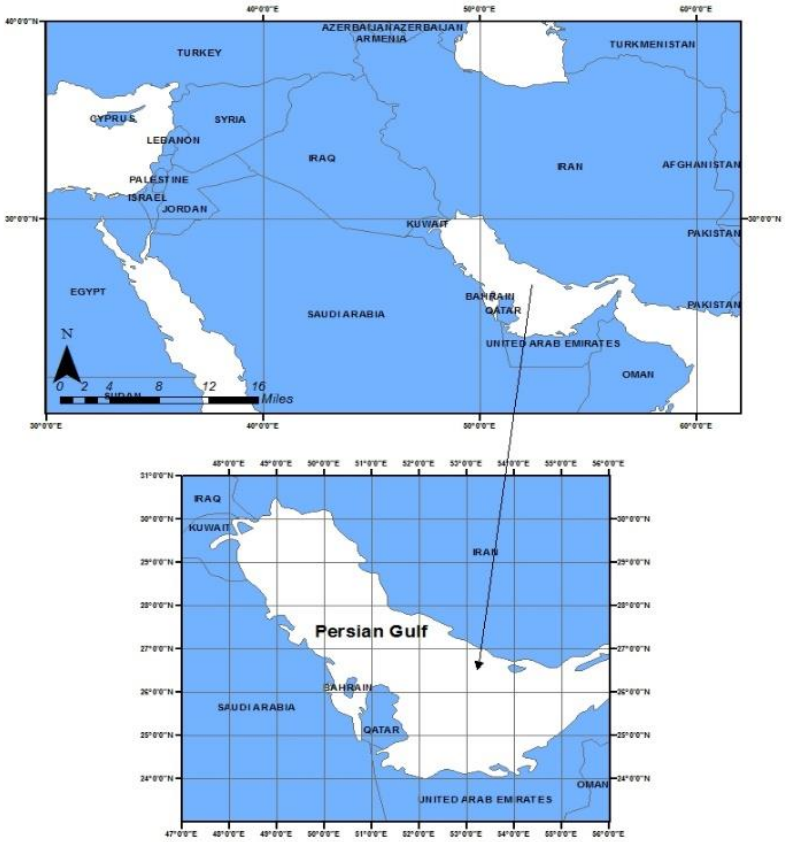
بااین‌وجود درحالی‌که همگونه‌های نزدیک مرجان‌های خلیج‌فارس در سایر نقاط جهان معمولاً در دماهای کمتر از ۳۲ سفید می‌شوند و می‌میرند (Coles, Riegl., 2013) اما همزیست‌های مرجان‌ها در خلیج‌فارس دماهای اوج تابستان را تا حداکثر ۳۶ درجه سانتی‌گراد تحمل می‌کنند (Coles, Riegl., 2013) اما نتوانسته‌اند از بی‌نظمی‌های دما رهایی پیدا کنند و رویدادهای سفید شدن و مرگ‌ومیر گسترده را تجربه کرده‌اند (Riegl et al., 2011; Coles, 2003). از سوی دیگر املاح و شوری آب خلیج‌فارس و میزان پایین جزر و مد به‌طورکلی وضعیت نامساعدی برای مرجان‌ها ایجاد کرده است. ازاین‌رو مرجان‌های خلیج‌فارس در معرض آسیب بیشتری نسبت به مرجان‌های سایر نقاط هستند. درواقع مرجان‌هایی که در خلیج‌فارس رشد می‌کنند سازگار شده‌اند تا در شرایط حاد به زندگی ادامه دهند (Coles, Riegl, 2013). دماهای سطح دریا (SST) نیز ثابت کرده‌اند که در مشخص کردن مناطق مشکوک به سفید شدگی آبسنگ‌های مرجانی مفید می‌باشند (Glesson, strong.,1995; Glynn,1996). تاکنون تکنیک‌ها و روش‌های مختلفی برای مطالعه تأثیر دما بر مرگ‌ومیر مرجان‌ها و سفید شدن آن‌ها به وجود آمده و توسعه‌یافته ازجمله استفاده از درجه گرمای هفتگی (DHW) که در این روش با توجه به بی‌نظمی‌ها و ناهنجاری‌های رخ‌داده در دمای سطح دریا (SST)، اقدام به پیش‌بینی سفید شدگی و مرگ‌ومیر مرجان‌ها می‌کند. این شاخص بر اساس روش‌شناسی گوریو و هایس (Goreau, Hayes.,1994) به وجود آمد و توسط گلیسون و استرانگ (Glesson, strong.,1995) توسعه پیدا کرد و سازمان ملی اقیانوسی و جوی (NOAA) برای پیش‌بینی سفید شدگی مرجان‌ها به‌طور گسترده از آن استفاده می‌کند. ون هویدونک و هوبر (Van Hooidonk, Huber., 2009) اقدامی کردند تا با انتخاب آستانه‌های بهینه، روش درجه گرمای هفتگی را بهبود بخشند. از آن به بعد آن‌ها برای تعیین میزان صحت و بهبود نتایج، از روش "امتیاز مهارت پیرس" (Peirce Skill Score (PSS)) استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که آستانه بهینه برای مقادیر درجه گرمای هفتگی (DHW)، به محل بستگی دارد و برای هر منطقه مطلوب باید محاسبه شود و محاسبه آستانه DHW بهینه محلی و میزان PSS برای مناطق مختلف مورد آزمایش قرار گیرد. مطالعه مرجان‌های خلیج‌فارس ازآنجا مهم است که حداکثر دمای آب خلیج‌فارس ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از سایر اقیانوس‌های گرمسیری است (Riegl et al., 2011)؛ و این اقیانوس‌های گرمسیری در ۵۰ تا ۱۰۰ سال آینده با موقعیت کنونی خلیج‌فارس مواجه خواهند شد. که این امر می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای پیش‌بینی موقعیت مرجان‌های جاهای دیگر مورداستفاده قرار گیرد (Riegl et al., 2011; sheppard,2003). این نکته نیز قابل‌ذکر است که مرجان‌های نقاط شمالی خلیج‌فارس زمانی در معرض مرگ‌ومیر و سفید شدگی قرار می‌گیرند که دماهای سطح دریا ۳۴,۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد باشد، درحالی‌که این آستانه برای نواحی جنوبی خلیج‌فارس ۳۵ تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد است (Kavousi et al., 2014). هدف این مطالعه بررسی پدیده سفید شدگی در جنوب خلیج‌فارس در یک دوره زمانی ۳۵ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۰) می‌باشد. همچنین با استفاده از شاخص درجه گرمای هفتگی DHW یک آستانه دمایی برای پیش‌بینی پدیده سفید شدگی (bleaching) تعیین کرده و سپس قابلیت تکنیک مهارت پیرس (PSS) را که توسط " ون هویدونک و هوبر" (Van Hooidonk, Huber., 2009) و "ون هویدونک و همکاران"(Van Hooidonk et al., 2012) پیشنهادشده است را برای خلیج‌فارس مورد آزمایش قرار داده و به کمک آن به صحت سنجی پیش‌بینی‌ها پرداخته و نتایج به‌دست‌آمده را با نواحی شمالی خلیج‌فارس مقایسه کرده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

داده‌ها و روش کار

منطقه موردمطالعه در جنوب خلیج‌فارس و بین عرض‌های جغرافیایی ′۵۰ °۲۲ تا °۲۶ عرض شمالی و°۵۱ تا ′۲۵ °۵۶ طول شرقی قرار دارد. این منطقه دارای آب‌وهوای نیمه حاره‌ای است که در اکثر فصول سال گرم و مرطوب است. تابستان‌های آن داغ و رطوبت هوا گاهی به ۱۰۰٪ نیز می‌رسد؛ و زمستان‌های آن ملایم است. تقریباً آسمان در تمام طول سال آفتابی است. دمای هوا در تابستان به ۴۸ درجه سانتی‌گراد و در زمستان به ۱۰ درجه سانتی‌گراد بالای صفر می‌رسد. بارندگی، نادر و اغلب در ماه‌های زمستان و به میزان ۱۳۰ میلی‌متر است. در پایان زمستان و نیز در طول تابستان وقوع طوفان شن معمول است (www.thenational.ae/weather). سکونتگاه‌های مرجانی متعدد و گونه‌های مرجانی مانند "آکروپورا" ، "پورایت ها"، "فاویا"، "پلاتی گیرا" را می‌توان در این نواحی مشاهده کرد. همچنین در این محدوده پایش های منظم دمای سطح آب انجام می‌گیرد و اطلاعات جامعی از وضعیت آبسنگ‌های مرجانی وجود دارد.



شکل (۱): موقعیت منطقه موردمطالعه

داده‌های مربوط به دمای سطح دریا: مقادیر دمای سطح آب برای سال‌های (۲۰۱۵-۱۹۸۰) از وب‌سایت NOAA، (http://www. esrl. noaa. gov/ psd/ data/ gridded/ data. noaa. oiSST.v2.htm1) استخراج شد. این اطلاعات به‌صورت دمای سطح دریا (SST) به‌طور هفتگی است و با تفکیک مکانی °۱×°۱ و در قالب CDF تهیه می‌شوند. اطلاعات بلندمدت مربوط به میانگین (SST) ماهانه برای محدوده موردمطالعه برای سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵ بررسی شد تا حداکثر دمای تابستان مشخص شود. در مرحله بعد مقادیر (DHW)، بر اساس مقادیر (SST) به دست آمد. این مقدار، شاخص

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

فشار متراکمی است که بر اساس میزان بی‌نظمی‌های مثبت هفتگی که بالاتر از حداکثر دمای دوره تابستان در ۱۲ هفته پیش از آن است ، می‌باشد. "گوریو و هایز" (۱۹۹۴)[۲] ، "ون هویدونک و هوبر" (۲۰۰۹)[۳] و "ون هویدونک و همکاران"(۲۰۱۲)[۴]. آنگاه برای ارزیابی کمی روش از تکنیک مهارت پیرس استفاده شد و مقادیر PSS بر اساس معادله (۱) به دست آمد.

معادله شماره (۱) $PSS= H-F$

وقتی‌که مقادیر H به‌عنوان میزان آسیب و مقادیر F به‌عنوان میزان هشدار غلط، طبق معادله‌های (۲) و (۳) محاسبه شدند.

معادله (۲)
$$H=\frac{\text{تعداد پیش بینی صحیح مربوط به شدن سفید}}{\text{تعداد کل وقایع سفید شدن}}$$

معادله (۳)
$$F=\frac{\text{تعداد پیش بینی نا صحیح مربوط به شدن سفید}}{\text{تعداد کل وقایع سفید نشدن}}$$

مقادیر pss همواره بین (۱-) و (۱+) است. ۱- زمانی است که تمام پیش‌بینی‌ها و پس بینی‌ها ناصحیح باشند و ۱+ زمانی است که تمام پیش‌بینی‌ها و پس بینی‌ها صحیح باشند. هرچه مقدار به ۱+ نزدیک باشد به معنی درستی و دقت بیشتر روش مورداستفاده است.

شرح و تفسیر نتایج

مقادیر مربوط به تغییرات دمای سطح دریا (SST) در دوره آماری موردبررسی (۱۹۸۰-۲۰۱۵) برای نواحی جنوبی خلیج‌فارس در نمودار شماره (۱) آورده شده است. مقادیرDHW تعیین‌شده برای همان دوره آماری برای منطقه موردمطالعه در شکل (۲) نشان داده‌شده است که وقایع سفید شدگی با نقاط سیاه بر روی این نمودار مشخص‌شده است. جدول شماره (۱) نیز وقایع سفید شدگی را که در خلیج‌فارس و در زمان موردمطالعه اتفاق افتاده و منجر به مرگ‌ومیر گسترده مرجان‌ها شده است را نشان می‌دهد.

- Goreau ,Hayes. 1994[۲]
- Van Hooidonk ,Huber. 2009[۳]
-van Hooidonk ,et al.2012[۴]

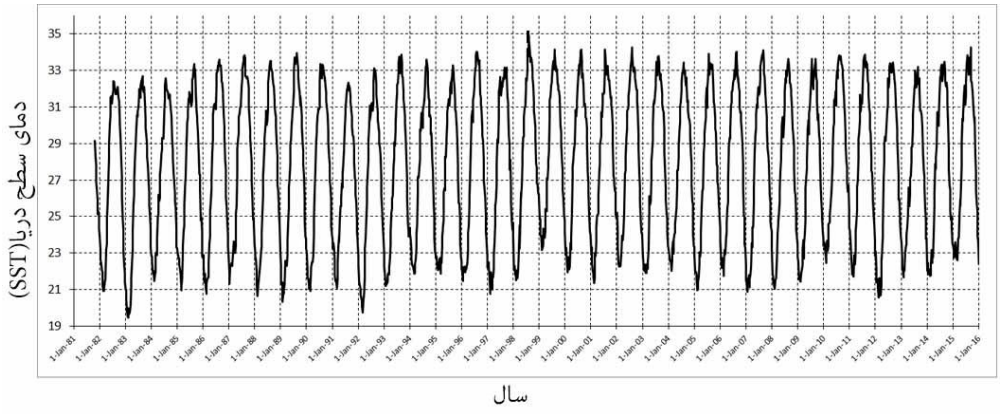
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

جدول (۱): وقایع ثبت‌شده سفید شدگی در خلیج‌فارس بین سال‌های (۱۹۸۰-۲۰۱۵).

منبع	سال	مکان
ریگل،۲۰۰۲	۱۹۹۶	ابوظبی
پیلچر و همکاران،۲۰۰۰ فاطمی و شکری،۲۰۰۱ ویلسون و همکاران،۲۰۰۲	۱۹۹۶	جزیره کیش
بخش GCRMN۳،۲۰۰۰ پایگاه داده NOAA،۲۰۰۲	۱۹۹۸	ابوظبی
فاطمی و شکری،۲۰۰۱ ویلسون و همکاران،۲۰۰۲	۱۹۹۸	جزیره کیش
رضایی و همکاران،۲۰۰۴	۱۹۹۹	جزیره کیش
جان بورت،۲۰۰۹	۲۰۰۲	جبل علی (امارات متحده عربی)
رضایی و همکاران،۲۰۰۴	۲۰۰۲	جزیره کیش
دانشگاه دبی	۲۰۰۷	ابوظبی
ویلکینسون،۲۰۰۸ کبیری و همکاران،۲۰۱۲-۲۰۱۳	۲۰۰۷	جزیره کیش
جان بورت،۲۰۰۹	۲۰۰۹	دبی
ریگل،۲۰۱۱	۲۰۱۰	ابوظبی
ریگل،۲۰۱۲	۲۰۱۱	ابوظبی
ریگل،۲۰۱۵	۲۰۱۲	ابوظبی

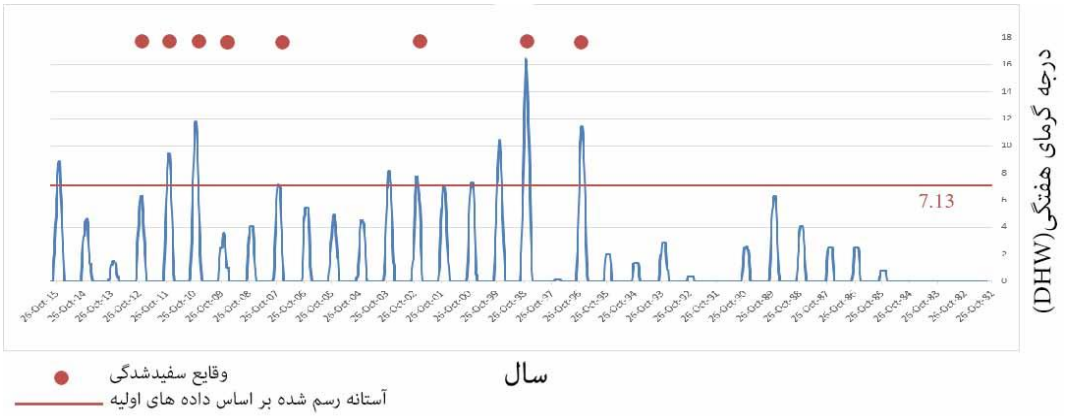
منبع: نویسندگان



شکل (۲): تغییرات دمای سطح دریا SST جنوب خلیج‌فارس (۱۹۸۰-۲۰۱۵). (منبع: نویسندگان)

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

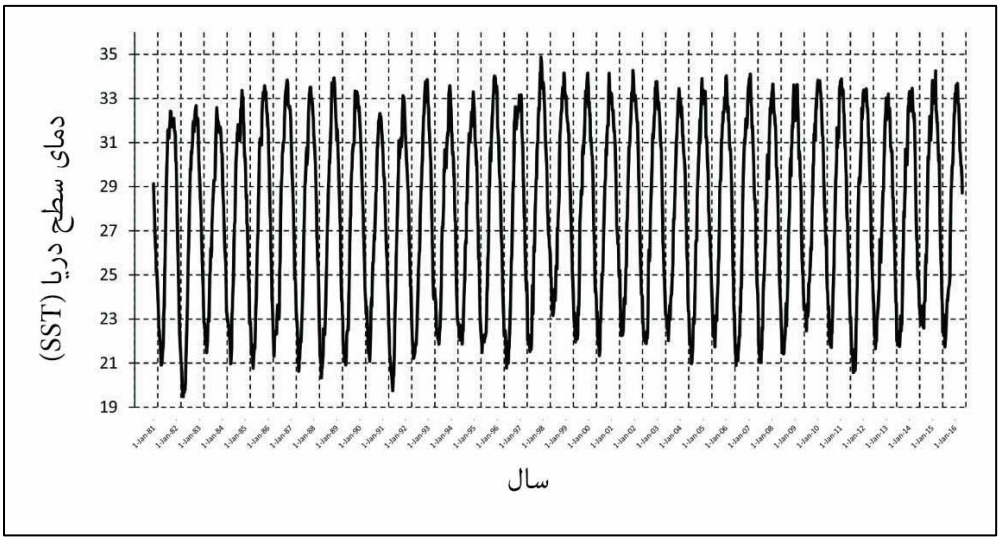


شکل (۳): مقادیر درجه گرمای هفتگی (DHW) جنوب خلیج‌فارس (۱۹۸۰-۲۰۱۵). (منبع: نویسندگان)

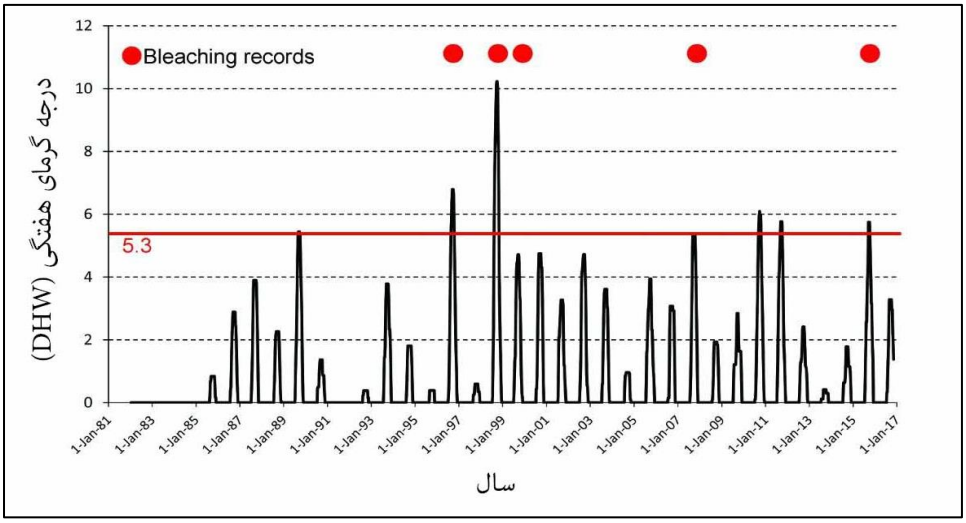
تغییرات مقادیر دمای سطح دریا (SST) بین سال‌های (۱۹۸۰ تا ۲۰۱۵) برای منطقه موردمطالعه در جنوب خلیج‌فارس در نمودار شماره (۱) نشان داده‌شده و مقادیر (DHW) تعیین‌شده برای همان دوره زمانی در نمودار شماره (۲) مشخص‌شده است. طی ۳۵ سال مشاهده دمای سطح دریا (SST)، بیشترین میزان هفتگی، برای هفته ختم شده به ۱۶ اوت ۱۹۹۸ و تقریباً ۳۵,۵ درجه سانتی‌گراد ثبت‌شده است و میزان (DHW) نیز در این تاریخ، ۱۶,۳ بالاترین میزان گرمای مثبت و قطعی برای سال ۱۹۹۸ بوده است. طبق نمودار مربوط به مقادیر درجه گرمای هفتگی (DHW)بیشترین مقادیر آن را می‌توان برای سال‌های ۱۹۹۶،۱۹۹۸،۲۰۰۲،۲۰۰۷،۲۰۰۹،۲۰۱۰،۲۰۱۱،۲۰۱۲ مشاهده کرد؛ که با وقوع پدیده‌های سفید شدگی در این سال‌ها مطابقت دارد. از سوی دیگر کمترین مقدار آن صفر ۰ و برای سال‌های ۱۹۸۲،۱۹۸۳،۱۹۸۴،۱۹۹۱،۱۹۹۲ است. با توجه به پس بینی‌ها، برای تمام سال‌هایی که سفید شدگی اتفاق افتاده است به‌جز سال ۲۰۱۲، امتیاز ۷,۱۳ برای (DHW) تعلق گرفت این میزان به‌عنوان "میزان آستانه "در نظر گرفته شد. و بر اساس کمترین (DHW) وقایع سفید شدن تعیین می‌شود به‌طوری‌که که تمام وقایع صحیح و ثبت‌شده سفید شدن و مرگ‌ومیر را شامل شود. لذا هرگاه آستانه (DHW) به این عدد نزدیک یا بیشتر باشد احتمال وقوع مرگ‌ومیر در مرجان‌ها را باید انتظار داشت. اگرچه برای سال‌های ۱۹۹۹،۲۰۰۰،۲۰۰۳،۲۰۱۵، مقادیر بیشتر از این آستانه وجود دارد اما گزارشی مبتنی بر ثبت سفید شدگی یافت نشد. در منطقه موردمطالعه (جنوب خلیج‌فارس) طبق معادله PSS=H-F ، که مقادیر H= ۷/۸=۰/۸۷ برای میزان آسیب و F= ۴/۲۶=۰/۱۵ برای میزان هشدار غلط سفید شدگی محاسبه شد، مقدار PSS برابر ۰/۷۲ برای نواحی جنوبی خلیج‌فارس به دست آمد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]



شکل (۴): تغییرات دمای سطح دریا SST شمال خلیج‌فارس (۱۹۸۰-۲۰۱۴). (کبیری و همکاران ۲۰۱۴)



شکل (۴): مقادیر درجه گرمای هفتگی (DHW) شمال خلیج‌فارس (۱۹۸۰-۲۰۱۴) (کبیری و همکاران ۲۰۱۴).

مقادیر مربوط به تغییرات دمای سطح دریا (SST) در دوره آماری موردبررسی ۱۹۸۰-۲۰۱۴ برای نواحی شمالی خلیج‌فارس در نمودار شماره (۳) آورده شده است. مقادیر (DHW) تعیین‌شده برای همان دوره آماری برای منطقه شمالی خلیج‌فارس نیز در نمودار شماره (۴) نشان داده‌شده است و وقایع سفید شدگی با نقاط سیاه بر روی این نمودار مشخص‌شده است. تغییرات دمای سطح دریا (SST) برای نواحی شمال خلیج‌فارس که در نمودار شماره (۳) نشان داده‌شده است همچنین با توجه به جدول شماره (۱)، در سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۸-۱۹۹۹-۲۰۰۷-۲۰۰۲، در شمال خلیج‌فارس مرجان‌ها در معرض مرگ‌ومیر گسترده و سفید شدن قرار گرفتند که بیشترین بی‌نظمی‌های مثبت دمایی نیز در این سال‌ها رخداده است به‌طوری که بیشترین میزان بی‌نظمی هفتگی در (SST)، در هفته ختم شده به ۶ اوت ۱۹۹۸ و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بوده است مقدار (DHW) آن برابر ۱۰ است که بیشترین مقدار بی‌نظمی مثبت ثبت‌شده برای شمال خلیج‌فارس می‌باشد و حداقل مقدار بی‌نظمی‌های مثبت دما نیز برای سال‌های ۱۹۸۲-۱۹۸۴-۱۹۹۱ تعیین شد که در نمودار شماره (۴) قابل‌مشاهده می‌باشد. اگرچه در برخی از سال‌ها مانند ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ میزان آستانه، مقادیر

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

بیشتری را نشان می‌دهد اما مرگ‌ومیر گسترده‌ای در شمال خلیج‌فارس دیده نشد. در منطقه موردمطالعه (شمال خلیج‌فارس) طبق معادله PSS=H-F، که مقادیر H= ۳/۴=۰/۷۵ برای میزان آسیب و F= ۳/۲۳=۰/۱۳ برای میزان هشدار غلط سفید شدگی محاسبه شد، مقدار PSS برابر ۰/۶۲ برای نواحی شمالی خلیج‌فارس مشخص شد و مقدار آستانه DHW برابر ۵/۳ است که توسط کبیری و همکاران (۲۰۱۴) به‌دست‌آمده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از بررسی‌های دمای سطح دریا (SST) و دماهای هفتگی استخراج‌شده از آن‌ها، نشان‌دهنده مقاومت بیشتر مرجان‌های نواحی جنوبی خلیج‌فارس نسبت به دماهای بالاتر آب و تحمل بیشتر آن‌ها در برابر تغییرات (DHW) و بی‌نظمی‌های مثبت دمای سطح دریا (SST)، در مقایسه با مرجان‌های شمال خلیج‌فارس است. این امر را می‌توان از آستانه‌ی (DHW) به‌دست‌آمده برای جنوب خلیج‌فارس که ۷,۱۳ می‌باشد و آستانه (DHW) مربوط به شمال خلیج فارس که ۵,۳ است، دریافت و چون مقادیر PSS برای هر دو ناحیه خلیج‌فارس (شمال و جنوب) به ۱+ نزدیک است، صحت و درستی روش‌شناسی بکار رفته را برای تعیین این آستانه بیان می‌کند.

همان‌گونه که مطالعه (SST) ها در دوره موردبررسی نشان می‌دهند، مرجان‌های جنوبی خلیج‌فارس، دماهای ۳۵/۵ درجه سانتی‌گراد را تحمل کرده و قادر به زندگی می‌باشند درحالی‌که این دما برای مرجان‌های شمال خلیج‌فارس ۳۵ درجه سانتی‌گراد است و این مقادیر دمای سطح دریا به‌عنوان آستانه دمایی برای احتمال بروز پدیده سفید شدگی و مرگ مرجان‌ها در نواحی موردمطالعه می‌باشند. اگرچه برخی گونه‌های مرجانی خلیج‌فارس، دماهای بالاتر از این مقادیر را به‌راحتی تحمل کرده و قادر به ادامه زندگی هستند، ولی برخی دیگر از گونه‌ها، در برابر این دماها بسیار حساس بوده و از خود واکنش نشان می‌دهند. نکته دیگر اینکه مقادیر درجه گرمای هفتگی (DHW) در کنار SST می‌تواند به شکل کامل‌تر و دقیق‌تر به‌پیش بینی پدیده سفید شدگی مرجان‌ها کمک می‌کند.

منابع

Baker, A.C.; P.W. Glynn, and B. Riegl. 2008. Climate change and coral reef bleaching: an ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuar, Coast and Shelf Science*. **80**: 435–471.

Baker, A.C.; C.J. Starger, T.R. McClanahan, and P.W. Glynn. 2004. Coral reefs: corals' adaptive response to climate change. *Nature* **430**: 741.

Berkelmans, R.; M.J.H. van Oppen. 2006. The role of zooxanthellae in the thermal tolerance of corals: a 'nugget of hope' for coral reefs in an era of climate change. *Proceeding of the Royal Society B – Biological Sciences*. **273**: 2305–2312.

Burt, J.; A. Bartholomew,and P. Usseglio. 2008. Recovery of corals a decade after bleaching in Dubai, United Arab Emirates. Marine Biology. **154**: 27–36.

Coles, S.L.; Y. Fadlallah. 1991. Reef coral survival and mortality at low temperatures in the Persian Gulf: new species-specific lower temperature limits. *Coral Reefs* **9**: 231–237.

Coles, S.L.; 1997. Reef corals occurring in a highly fluctutating temperature environment at Fahal Island, Gulf of Oman (Indian Ocean). *Coral Reefs* **16**: 269–272.

Coles, S.L.; 2003. Coral species diversity and environmental factors in the Persian Gulf and the Gulf of Oman: a comparison to the Indo-Pacific region. *Atoll Research Bulletin*. **507**:1–19.

Coles, S.L.; B. E. Brown. 2003. Coral bleaching - Capacity for acclimatization and adaptation. *Advances in Marine Biology*. **46**:183–223.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

Coles, S.L.; B.M. Riegl. 2013. 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. *Marine Pollution Bulletin Marine* **72**: 323-332.
Fitt,W.; B. Brown, M.Warner, and R.Dunne. 2001.Coral bleaching: interpretation of thermal tolerance limits and thermal thresholds in tropical corals. *Coral Reefs* **20**: 51-65.
Gleeson, M.; A.Strong. 1995. Applying MCSST to coral reef bleaching. *Advances in Space Research**16***: 151-154.
Glynn, P.; 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* **12**: 1-17.
Glynn, P.W.; 1996. Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biology* **2**: 495-509.
Goreau, T.J.; R.L. Hayes. 1994. Coral bleaching and ocean" hot spots". *Ambio-Journal of Human Environment Research and Management* **23**: 176-180.
Kabiri, K.; M. Moradi.2014. Historical Remotely Sensed Sea Surface Temperature Data for Prediction of Coral Bleaching Event in Kish Island, the Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf*, Vol. **5**:50-55
Kavousi, J.; P. Tavakoli-Kolour, M. Mohammadizadeh, A. Bahrami,and A. Barkhordari. 2014. Mass coral bleaching in the northern Persian Gulf,
Lesser, M.P.; 2006. Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology. *Annual Review of Physiology*. **68**: 253–278.
Mostafavi, P.G.; S.M.R. Fatemi, M.H. Shahhosseiny, O. Hoegh-Guldberg, and W.K.W. Loh. 2007. Predominance of clade D Symbiodinium in shallow-water reef-building corals off Kish and Larak Islands (Persian Gulf, Iran). *Marine Biology* **153**: 25-34.
Peirce, C.S.; 1884. The numerical measure of the success of predictions. *Science*, **453**:454
Pilcher, N.; S. Wilson, S. Alhazeem, and M. Shokri. 2000. Status of coral reefs in the Persian Gulf and Arabian Sea Region (Middle East). *Status of Coral Reefs of the World*, 55-64.
Purkis, S.J.; G.P. Rowlands, B.M. Riegl, and P. G. Renaud. 2010. The paradox of tropical karst morphology in the coral reefs of the arid Middle East. *Geology* **38**:227–230.
Rezai, H.; K. Samimi, K. Kabiri, E. Kamrani, M. Jalili,and M. Mokhtari. 2010. Distribution and abundance of the corals around Hengam and Farurgan islands, the Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf* **1**: 7-16.
Rezai, H.; S. Wilson, M. Claereboudt, and Riegl, B.2004. Coral reef status in the ROPME sea area: Persian Gulf, Gulf of Oman and Arabian Sea. *Status of Coral Reefs of the World* **1**: 155-170.
Riegl, B.; 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.
Riegl, B.M.; S.J. Purkis, A.S.Al-Cibahy, M.A.Abdel-Moati, and O. Hoegh-Guldberg. 2011. Present limits to heat-adaptability in corals and population-level responses to climate extremes. *PLoS One* **6**: e24802.
Riegl, B.M.; S.J. Purkis.2012. Coral reefs of the gulf: Adaptation to climatic extremes in the world's hottest sea. *Coral Reefs of the Gulf*:pp. 1–4.
Riegl, B.; S. Purkis. 2015. Coral population dynamics across consecutive mass mortality events. *Global Chang Biology*. **21**: 3995–4005.
Riegl, B.; P.W. Glynn, E. Wieters, S. Purkis, C. d'Angelo, and J. Wiedenmann. 2015. Water column productivity and temperature predict coral reef regeneration across the Indo- Pacific. *Scientific Reports*. **5**: 8273.
Riegl, B.M.; S.J. Purkis, A.S. Al-Cibahy, M.A. Abdel-Moati, and O. Hoegh-Guldberg. 2011. Present limits to heat-adaptability in corals and population-level responses to climate extremes. *PLoS One* **6**: e24802.
Riegl, B.M.; S.J. Purkis, A.S. Al-Cibahy, S. Al-Harthi, E. Grandcourt, K. Al-Sulaiti, C.R. Sheppard. 2003. Predicted recurrences of mass coral mortality in the Indian Ocean. *Nature* **425**: 294–297.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]
[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

Sheppard, C.R.; R. Loughland. 2002. Coral mortality and recovery in response to increasing temperature in the southern Arabian Gulf. *Aquatic. Ecosyst. Health Managment*. **5**: 395–402.
Van Hooidonk, R.; M. Huber. 2009. Quantifying the quality of coral bleaching predictions. *Coral Reefs*, **28**: 579-587.
van Hooidonk, R.; D.P. Manzello, J. Moye, M.E. Brandt, J.C. Hendee, C.McCoy, and C. Manfrino. 2012. Coral bleaching at Little Cayman, Cayman Islands 2009. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **106**: 80-84.
Wilson, S.; S.M.R. Fatemi, M.R. Shokri, and M. Claereboudt. 2002. Status of coral reefs of the Persian Gulf and Arabian Sea region. *Status of Coral Reefs of the World*, 53-62.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-31]

[DOI: 10.29252/jsaeh.5.3.41]