مقاله علمی – پژوهشی:

مطالعه تغییرات کلروفیل–a در آبهای خلیج فارس و خلیج عمان

مهناز ربانی‌ها*[۱]، خسرو آیین‌جمشید[۲]، نصیر نیامیمندی[۲]

*rab.mahnaz@gmail.com

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- پژوهشکده میگوی کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۴۰۱

چکیده

کلروفیل-a نمایانگر میزان تراکم فیتوپلانکتون به عنوان تولید اولیه می‌باشد که تغییرات آن گویای وضعیت اکوسیستم است. تحقیق حاضر در راستای پایش و بررسی تغییرات این پارامتر به منظور شناخت بهتر از وضعیت اکولوژیک در آبهای ایرانی خلیج فارس و خلیج عمان انجام گردید. بدین منظور، از نمونه‌بردار CTD و اطلاعات سایت ناسا استفاده شده است. نمونه‌برداری در نیمه دوم سال‌های ۹۹-۱۳۹۶ انجام گرفت. میانگین کلروفیل-a در آبهای خلیج فارس و خلیج عمان در سال ۱۳۹۶، (۰/۸۴±۰/۹۷ میلی‌گرم بر لیتر) در ۱۳۹۷ میانگین کلروفیل-a در آبهای سطحی جنوب (۱/۴۸±۱/۹۸ میلی‌گرم بر لیتر)، ۱۳۹۸ میانگین کلروفیل آبهای سطحی خلیج عمان (۰/۳۴±۰/۹۲ میلی‌گرم بر لیتر) و ۱۳۹۹ میانگین کلروفیل خلیج فارس (۰/۱۳±۰/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) بود. نتیجه NMDS بر داده‌ها نشان داد که در دو گروه از اندازه گیری‌ها (بوشهر، هرمزگان و سیستان وبلوچستان، ۱۳۹۷) و (بوشهر و خوزستان، ۱۳۹۹)، اختلاف دیده می‌شود. میانگین کلروفیل سطحی گروه اول ۱/۵±۱/۰۹ میلی‌گرم بر لیتر درحالی‌که ۰/۱۳±۰/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد که این اختلاف معنی‌دار ($p<0/05$) و مقدار بیشتر گروه اول به وقوع سیل‌ها در زمستان ۱۳۹۷ برمی‌گردد که با توجه به وابستگی حضور فیتوپلانکتون به عوامل محیطی، ورودی مواد مغذی شرایط مناسب جهت رشد فیتوپلانکتون‌ها را ایجاد کرده بود.

لغات کلیدی: کلروفیل-a، فیتوپلانکتون، خلیج فارس، خلیج عمان

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

مقدمه

محیط‌های آبی با تاثیرگذاری بر کیفیت زندگی انسان‌ها از اهمیت خاصی برخوردارند و دارای نقش حیاتی در تأمین منابع غذایی بشر، تحولات اقلیمی و شرایط آب و هوایی کره زمین می‌باشند. از این‌رو، توسعه فرایندهای پایش اکوسیستم‌های آبی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است (Behrenfeld *et al*., 2006). کلروفیل- *a* به عنوان نمایش‌دهنده تراکم فیتوپلانکتون در یک محیط‌زیست آبی است که در میان رنگدانه‌های موثر در تولیدات اولیه، از رنگدانه اصلی است و به همین دلیل در بررسی‌های ماهواره‌ای غلظت کلروفیل، به سنجش میزان کلروفیل-*a* ارتباط دارد (Morel,1991). غلظت کلروفیل یکی از خواصی است که در کیفیت نوری آب اثرگذار بوده و سنجش آن براساس خواص نوری ثبت شده در تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است (حجتی، ۱۳۸۸). همچنین با بررسی وضعیت کلروفیل می‌توان مناطق غنی از تولیدات اولیه و تولید ثانویه را مشخص نمود (Kostianoy and Kosarev, 2005).

فیتوپلانکتون‌ها به عنوان منشاء تولیدات اولیه، در قاعده هرم زنجیره غذایی در دریا قرار دارند. پایش غلظت کلروفیل جهت ارزیابی مسائل و تهدیدات زیستگاه‌های دریایی از جمله بروز پدیده کشند قرمزضروری است. با توجه به اینکه وقوع این پدیده با افزایش غلظت فیتوپلانکتون و در نتیجه افزایش غلظت کلروفیل در آب همراه می‌باشد، پایش آن از طریق برآورد غلظت کلروفیل با کمک سنجنده‌های حساس به رنگ اقیانوس میسر می‌باشد (Hamzehei *et al*., 2013). با پایش تغییرات کلروفیل آب، می‌توان تغییرات کلروفیل آب ناشی از منابع انسانی مانند صنعت و توسعه ساحلی را مشاهده و ارزیابی نمود. همچنین تغییر در کلروفیل آب ناشی از منابع طبیعی را بهتر درک نمود و در نهایت می‌توان توانایی تغییرات کلروفیل آب را پیش‌بینی نمود و به نقطه‌ای رسید که اثرات منفی بر محیط‌های مهم تحت تأثیر طبیعی و اقتصادی را کاهش داد (Bierman *et al*., 2011) . در این خصوص از جمله مطالعات صورت گرفته می‌توان به ایزدپناهی و همکاران (۱۳۸۷)، ابراهیمی (۱۳۷۶،۱۳۸۴) و ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۳، ۱۳۸۵)، ربانی‌ها و همکاران (۱۳۹۴، ۱۳۹۹) و ربانی ها(۱۳۹۷) و از مطالعات خارجی (ROPME, 2003, 2012) که علاوه بر گزارش از وضعیت کلروفیل-*a* تا حدی به روابط اکولوژیک نیز پرداخته‌اند، اشاره نمود. با توجه به تغییرات اکولوژیک منطقه و تغییر اقلیم، پروژه حاضر که بخشی از طرح کلان در خصوص بررسی عوامل غیر زیستی و زیستی و اثرات آنها بر ذخیره ماهیان اقتصادی آبهای جنوب تنظیم گردید که با بررسی تغییرات میزان کلروفیل در نیمه دوم سال در خلیج فارس و خلیج عمان مقدمات مطالعه مذکور فراهم گردد.

مواد و روش کار

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی محدوده آبهای ایرانی خلیج فارس و تنگه هرمز در محدوده سه استان خوزستان, بوشهر و هرمزگان (ناحیه غربی و مرکزی) تا طول شرقی در شرق (راس سیریک) و ابهای خلیج عمان بود. نمونه برداری در مناطق و ترانسکت های پروژه ارزیابی ذخایر از سطح به عمق هر ایستگاه (۶-۹۰ متر) و با استفاده از کشتی تحقیقاتی فردوس در نیمه دوم سال‌های بررسی انجام شد. نمونه‌بردار CTD در ۶۵ ایستگاه در سال ۱۳۹۶ و ۵۰ ایستگاه در سال‌های ۱۳۹۷، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در منطقه مورد بررسی که از شرقی‌ترین ایستگاه به مختصات ′۲۹ °۶۱ E و ′۴۹ °N۲۴ در آبهای محدوده استان سیستان و بلوچستان تا غربی‌ترین ایستگاه به مختصات ′۴۸ °۴۹ E و ′۳۸ °N۲۹ در آبهای استان خوزستان، منطبق بر ایستگاه‌های طرح ارزیابی ذخایر ماهیان کف زی، به‌کار گرفته شد (شکل ۱).

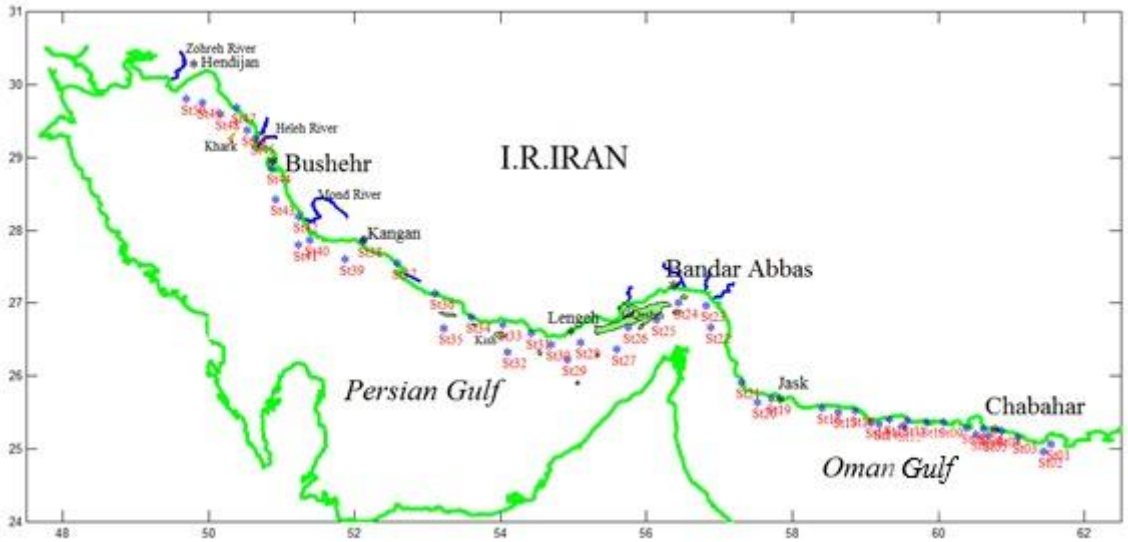
روش نمونه‌برداری

به منظور نمونه‌برداری از دستگاه CTD استفاده گردید، ولی با توجه به مشکلات پیش‌آمده طی نمونه‌برداری، تنها اطلاعات CTD در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۹ با دستگاه مذکور امکان‌پذیر بود. دستگاه CTD مورداستفاده در این

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

پروژه مدل OCEAN SEVEN316 ساخت شرکت Idronaut (ایتالیا)، با فاصله زمانی ثبت داده هر یک ثانیه یک‌بار بوده است. داده‌های کلروفیل ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با به‌کارگیری اطلاعات سایت ناسا (https://neo.sci.gsfc.nasa.gov/) به صورت داده‌های حرارتی لایه سطحی دریا جمع‌آوری و ثبت گردید. نمونه‌برداری در نیمه دوم سال متمرکز بود.



شکل ۱: ایستگاههای نمونه برداری در آبهای ایرانی خلیج فارس و خلیج عمان

Figure 1: Sampling stations in the Iranian waters of the Persian Gulf and the Oman Gulf

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در هر سال به صورت جداگانه پس از تعیین نوع توزیع داده‌ها با انجام تست Shapiro ، اقدام به تعیین اختلاف معنی‌دار گردید. به منظور تعیین وضعیت گروه های کلروفیل و پس از انجام تست Shapiro بر داده‌ها و برخوردار نبودن از توزیع نرمال (p-value = 6.979e-05) و پس از تغییر دادن داده ها (p-value=0.0036) در لایه سطحی، آنالیز چند متغیره غیر نرمال (NMDS)[1] در نرم‌افزار R و بسته آماری vegan استفاده گردید.

نتایج

سال ۱۳۹۶

مقادیر میانگین (± انحراف معیار) در استان‌ها و در دو لایه سطحی (زیر یک متر) و عمقی در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور تعیین اختلاف معنی دار بین لایه سطحی و عمقی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده، پس از انجام تست Shapiro، مشخص گردید که داده‌های کلروفیل از توزیع نرمال برخوردار نبودند (p-value=۱/۶۰۲e-۰۷) و بر این اساس از تست Wilcox به منظور تعیین اختلاف معنی دار بین دو لایه استفاده گردید که اختلاف معنی دار بین دو لایه وجود نداشت (p-value=۰/۸۶۵). با توجه به عدم اختلاف بین دو لایه سطحی و عمقی، میانگین دو لایه گرفته

[1] Non-metric Multi-Dimensional Scaling (NMDS)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

شده و در ابتدا با به‌کارگیری تست Shapiro مشخص گردید که داده‌های کلروفیل در مناطق مورد بررسی از توزیع نرمال برخوردار نبودند (p-value=۶/۱۳۸ e-۰۵) و بر این اساس از تست Kruskal به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین چهار استان جنوبی استفاده گردید، عملاً اختلاف معنی‌دار بین استان‌ها وجود نداشت (p-۰/۰۹۹۴ =value).در شکل ۲، توزیع کلروفیل-a در خلیج فارس و خلیج عمان نشان داده شده است. با توجه به داده‌های کامل این دوره و مقایسه بین ایستگاه‌های ساحلی و دریایی نشان می‌دهد که میانگین کلروفیل بین دو قسمت مذکور اختلاف معنی دار داشت (P<۰/۰۵) و در سال ۱۳۹۶ در آبهای ساحلی ۱/۱۹±۰/۴۵ و در آبهای دریایی ۰/۳۲±۰/۸۳ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌دست آمد.

جدول ۱: میزان کلروفیل (میلی گرم بر لیتر) در آبهای استان های جنوبی ۱۳۹۶

Table 1: Chlorophyll content (mg/m^3) in the southern provinces of 2018

لایه	سطحی	سطحی	سطحی	سطحی	عمقی	عمقی	عمقی	عمقی
استان	خوزستان	بوشهر	هرمزگان	سیستان و بلوچستان	خوزستان	بوشهر	هرمزگان	سیستان و بلوچستان
میانگین± انحراف استاندارد	۰/۱۶±۰/۶۱	۱/۳۳±۰/۴	۰/±۹۵/۰۴	۰/۹۶ ۱±/۰۱	۱/۰۳±۰/۱۱	۱/۴±۰/۱۸	۱/۶±۰/۰۳	۱/۴/±۰/۸۳
کمینه	۰/۳	۰/۶۳	۰/۱	۰/۲	۰/۸۶	۰/۵۶	۰/۲	۰/۱
بیشینه	۰/۷۶	۱/۵۶	۱/۹۶	۴/۱۶	۱/۲	۱/۸۴	۲/۶۴	۷/۴۲

سال ۱۳۹۷

در جدول ۲، نتایج مقادیر میانگین (± انحراف معیار) میزان کلروفیل در استان‌ها و حداقل و حداکثر آنها نشان داده شده است. مقایسه بین استانی در لایه سطحی صورت گرفت که در ابتدا با به‌کارگیری تست Shapiro مشخص گردید که داده‌های کلروفیل در استان‌ها از توزیع نرمال برخوردار نبوده است (p-value =۰/۰۰۰۶۷) و بر این اساس تست Kruskal به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین چهار استان جنوبی استفاده گردید که با توجه به p-۰/۰۲۴۴ =value اختلاف معنی‌دار بین استان‌ها دیده می‌شود. در شکل ۳ توزیع کلروفیل-a در خلیج فارس و خلیج عمان نشان داده شده است.

سال ۱۳۹۸

مقادیر میانگین (± انحراف معیار) در استان های هرمزگان و سیستان و بلوچستان و حداقل و حداکثر در جدول ۳ ارائه شده است. مقایسه بین دو استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان در لایه سطحی صورت گرفت که در ابتدا با به‌کارگیری تست Shapiro مشخص گردید که داده‌های کلروفیل در استان‌ها از توزیع نرمال برخوردار بود (p-۰/۶۵۱ = value) و بر این اساس از تست t به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین دو استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان استفاده گردید که با توجه به p-value =۰/۷۱۱، اختلاف معنی دار بین دو استان وجود نداشت. توزیع کلروفیل-a در شکل ۴ در خلیج عمان نشان داده شده است.

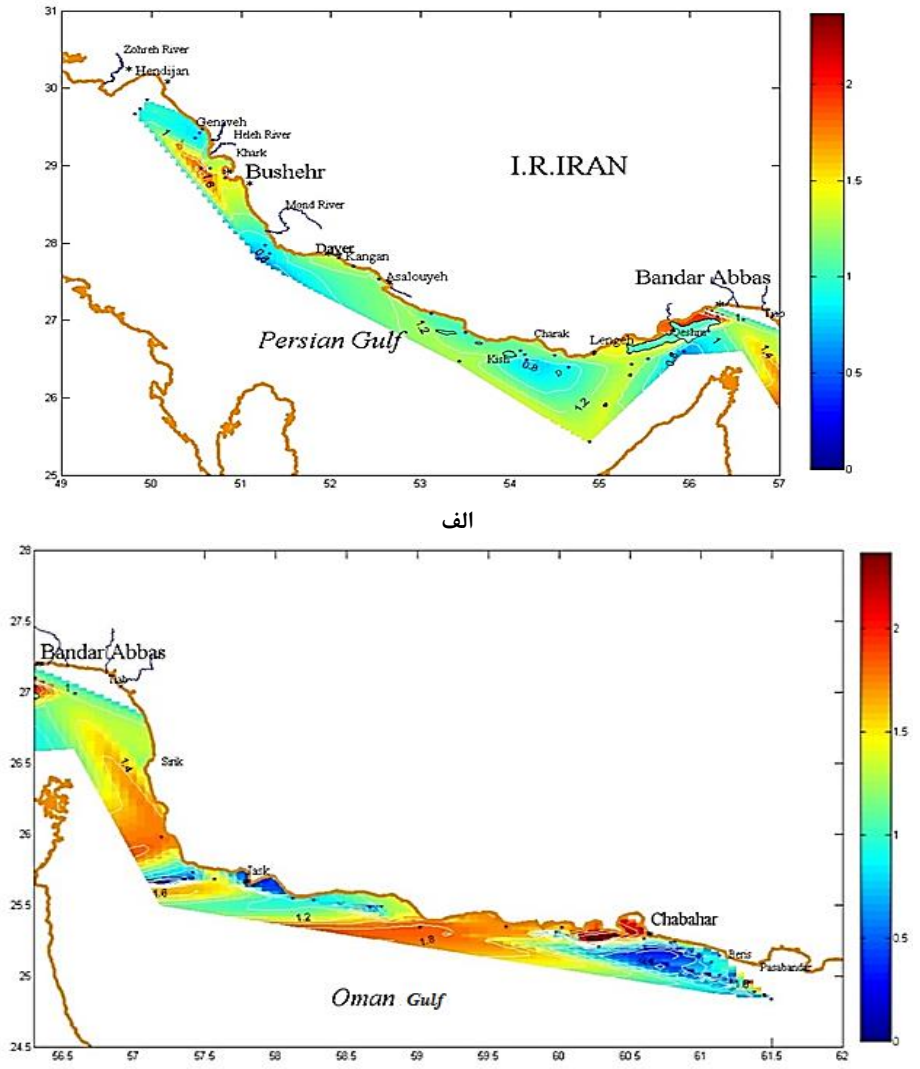
سال ۱۳۹۹

مقادیر میانگین (± انحراف معیار) در استان‌های خوزستان، بوشهر و در دو لایه سطحی (زیر یک متر) و عمقی (۱۰-۵۰ متر) در جدول ۴ ارائه شده است. به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین لایه سطحی و عمقی در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده پس از انجام تست Shapiro مشخص گردید که داده‌های کلروفیل در دو لایه از توزیع نرمال برخوردار نبود (p-value=۰/۰۴۱) و بر این اساس از تست Wilcox به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین دو لایه استفاده گردید که با توجه به p-value=۰/۱۶۵، اختلاف معنی‌دار بین دو لایه وجود نداشت. بر این اساس میانگین دو لایه گرفته شده و در ابتدا با به‌کارگیری تست Shapiro مشخص گردید که داده‌های کلروفیل در دو استان‌های خوزستان و بوشهر از توزیع نرمال برخوردار بود (p-۰/۴۲۲ =value) و بر این اساس از تست t به منظور تعیین اختلاف معنی‌دار بین دو استان جنوبی بوشهر و خوزستان استفاده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

گردید که با توجه به p-value =۰/۰۵۱، اختلاف معنی‌دار بین استان‌ها دیده شد. توزیع کلروفیل-a در شکل ۵ نشان داده شده است.



الف

ب

شکل ۲: توزیع کلروفیل-a (میلی‌گرم بر لیتر) در۱۳۹۶ : الف- میانگین خلیج فارس، ب- میانگین خلیج عمان

Figure 5: Distribution of chlorophyll-a (mg/m^3) 2018: a- The average of the Persian Gulf, b- The average of the Oman Gulf

نتیجه آنالیز NMDSmds برگروه‌های کلروفیل سطحی (چهار استان جنوبی طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۶، استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۸ و بوشهر و خوزستان، ۱۳۹۹) با Stress=0.0001 که نشانگر صحت آنالیز می‌باشد، نشان می‌داد که دو گروه (بوشهر، هرمزگان و سیستان، ۱۳۹۷) و (بوشهر و خوزستان، ۱۳۹۹) تمایز وجود دارد (شکل ۶). میانگین کلروفیل سطحی گروه اول (بوشهر، هرمزگان و سیستان، ۱۳۹۷) ۱/۵±۱/۰۹ میلی‌گرم بر متر مکعب درحالی‌که در گروه دوم (بوشهر و خوزستان، ۱۳۹۹) ۰/۱۶±۰/۱۳ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌دست آمد.

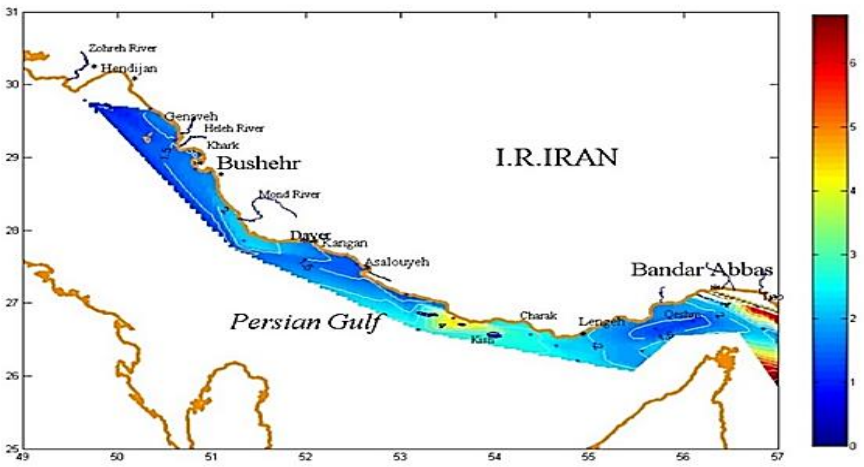
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

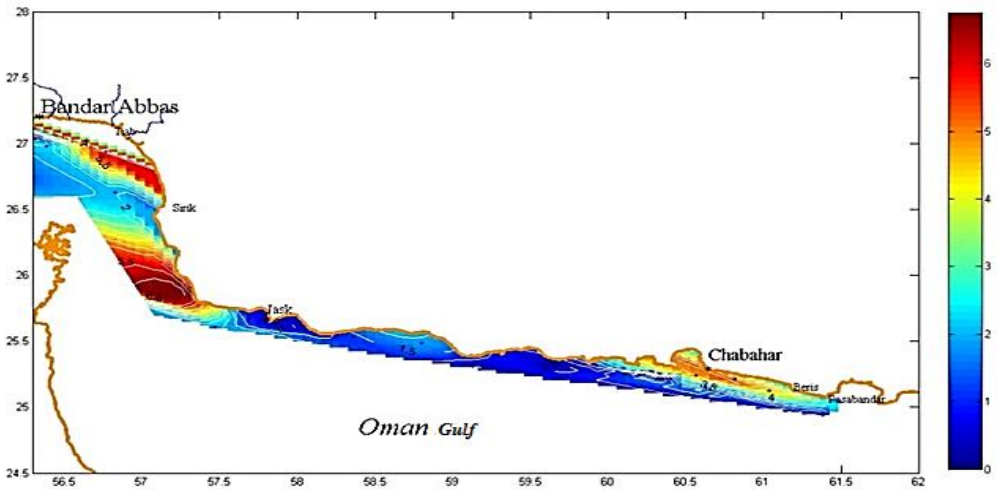
جدول ۲: میزان کلروفیل (میلی‌گرم بر لیتر) در آبهای استان‌های جنوبی ۱۳۹۷

Table 2: Chlorophyll–a concentration (mg/m^3) in the southern provinces, 2019

استان	خوزستان	بوشهر	هرمزگان	سیستان و بلوچستان
میانگین± انحراف استاندارد	۱/۱۴±۰/۲۲	۱/۶۲±۰/۳۴	۲/۴۳ ±۱/۵۶	۱/۷۳ ±۱/۶۹
کمینه	۰/۹	۱/۳۵	۱/۰۶	۰/۴۵
بیشینه	۱/۴۶	۲/۱۹۱	۶/۷۶	۵/۱۵



الف



ب

شکل ۳: توزیع کلروفیل-a سطحی(میلی گرم بر لیتر) ، الف: سطحی خلیج فارس،ب-:سطحی خلیج عمان

Figure 3- Distribution of surface chlorophyll-a (mg/m^3), a: surface of the Persian Gulf, b-: surface of the Oman Gulf

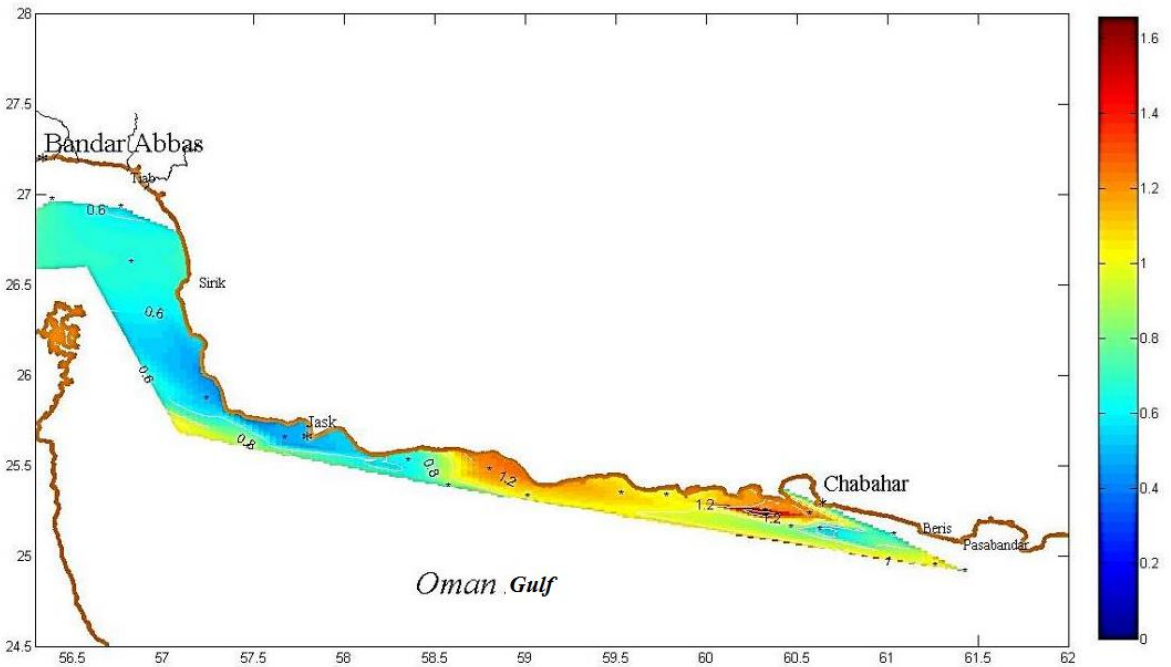
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

جدول ۳: میزان کلروفیل (میلی‌گرم بر لیتر) در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان ۱۳۹۸

Table 3: Chlorophyll–a concentration (mg/m^3) in Hormozgan and Sistan &Baluchestan provinces in 2020

استان	هرمزگان	سیستان و بلوچستان
میانگین±انحراف استاندارد	۰/۹۰ ± ۰/۳۹	۰ /۹۶ ± ۰/۲۸
کمینه	۰/۴۸	۰/۵۹
بیشینه	۱/۶۶	۱/۴۶



شکل ۴: توزیع کلروفیل-a سطحی (میلی گرم بر لیتر) خلیج عمان،۱۳۹۸

Figure 4: Distribution of surface chlorophyll-a (mg/m^3) in the Oman Gulf, 2020

جدول۴: میزان کلروفیل (میلی گرم بر لیتر) در استان های خوزستان و بوشهر ۱۳۹۹

Table 4: Chlorophyll–a concentration (mg/m^3) in Khuzestan and Bushehr provinces 2021

لایه	سطحی	سطحی	سطحی	سطحی
استان	خوزستان	بوشهر	خوزستان	بوشهر
میانگین± انحراف استاندارد	۰/۱۰±۰/۰۴	۰/۲۸±۰/۱۸	۰/۲۰±۰/۰۳	۰/۲۷±۰/۱۲
کمینه	۰/۰۵	۱/۳۵	۰/۱۶	۰/۱۴
بیشینه	۰/۱۵	۲/۱۹۱	۰/۲۵	۰/۴۳

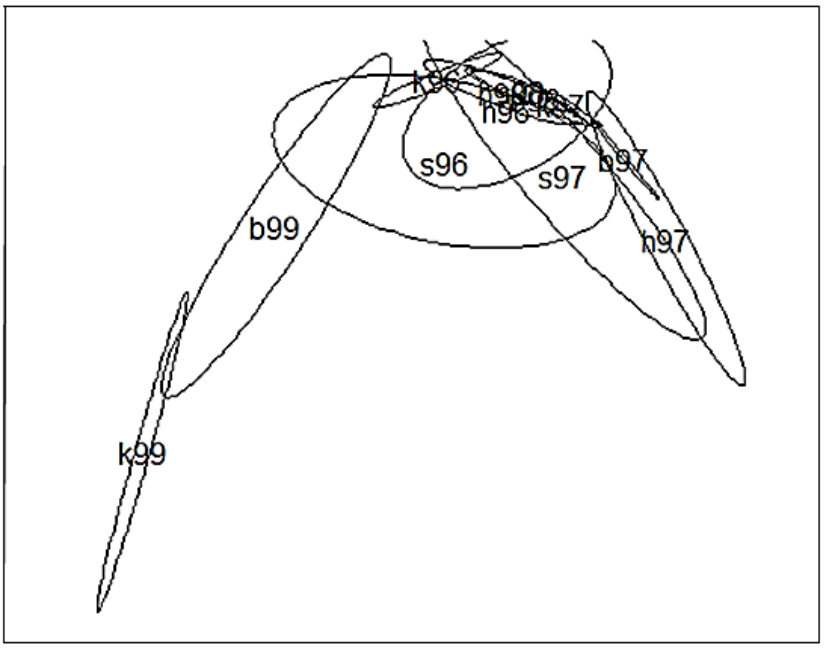
[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]



شکل ۵: توزیع کلروفیل-a (میلی گرم بر لیتر) خلیج فارس ،۱۳۹۹

Figure 5: Distribution of chlorophyll-a (mg/m^3) Persian Gulf, 2021



شکل ۶: نمودار NMDS و مشخص کردن حدود اطمینان هریک از گروه‌ها (k99 : خوزستان ۱۳۹۹ ،b99: بوشهر۱۳۹۹ ،h97: هرمزگان ۱۳۹۷، b97: بوشهر۱۳۹۷، s97: سیستان و بلوچستان۱۳۹۷)

Figure 6: The plot of NMDS with the confidence limits of each group (k99: Khuzestan 2021, b99: Bushehr 2021, h97: Hormozgan 2019, b97: Bushehr 2019, s97 Sistan & Baluchestan 2019)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

بحث

در تحقیق حاضر، مقادیر مجموعه کلروفیل در استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان، ۱۳۹۷ با میزان کلروفیل استان‌های بوشهر و خوزستان۱۳۹۹، اختلاف معنی‌دار دیده شد. میانگین کلروفیل سطحی گروه اول ۱/۵±۱/۰۹ میلی‌گرم بر متر مکعب درحالی‌که ۰/۱۶±۰/۱۳ میلی‌گرم بر مترمکعب به‌دست آمد.

کلروفیل-*a* مهم‌ترین پارامتر در اقیانوس‌شناسی است که معمولاً برای پیش‌بینی مناطق صیادی استفاده می‌شود(Solanki *et al*., 2008; Zainuddin, 2011). کلروفیل-*a* معیاری جهت نشان دادن میزان ذخیره فیتوپلانکتون در آبهای سطحی می‌باشد. غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون‌ها همواره به عنوان مناطق پرتولید پرغذا برای ماهیان پلانکتون‌خوار مانند ماهیان سطح‌زی ریز محسوب می‌گردد (Bellido *et al*., 2008). Hoyer و همکاران (۲۰۰۲) در یک تحقیق ارتباط بین کلروفیل-*a* و مواد مغذی را شرح داده‌اند. بر این اساس که فسفر عامل محدودکننده اولیه فیتوپلانکتون‌ها در آبهای ساحلی نزدیک فلوریدا می‌باشد و غلظت کل فسفر ۸۱ درصد از واریانس غلظت کلروفیل را تشکیل می‌دهد. ورود مواد غذایی به دریا ممکن است در اثر فعالیت‌های بشری یا به صورت طبیعی از طریق فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی دیده شود (Manasrah *et al*., 2006). غلظت بالای کلروفیل-*a* می‌تواند به دلیل رواناب‌های غنی از مواد مغذی که از خشکی‌ها وارد محیط دریا و در امتداد سواحل پراکنده می‌شوند، ایجاد شود. بنابراین، هر گونه تغییرات جوی بارش‌های سیل‌آسا یا کاهش دبی رودخانه‌های ورودی می‌تواند اثر مستقیم بر میزان مواد مغذی در نوار ساحلی داشته باشد. در خلیج فارس منبع ورودی مواد مغذی در ناحیه شمال غربی متمرکز است که سالانه میزان زیادی مواد مغذی را وارد خلیج فارس می‌کند (دهقان و کوچک‌نژاد، ۱۳۹۷) که می تواند در تولیدات اولیه و رشد و تکثیر فیتوپلانکتون‌ها موثر باشد. همان‌گونه که با توجه به سیکلون‌های تشدید یافته در خلیج عمان و ایجاد باران‌های سیل‌آسا و اختلاط آب در این منطقه مواجه هستیم که خود هدایت‌کننده مواد مغذی به لایه‌های سطحی بوده و موجب افزایش تولیدات و در بیشتر مواقع با شکوفایی جلبکی همراه است. Moradi و Moradi (۲۰۲۰) گزارش نمودند که تغییر اقلیم و تشدید پدیده‌های طوفانی و سیکلون‌ها در دریای عمان موجب آشوب و درهم ریختگی در آبهای کم عمق خواهد شد. Navarro و Ruiz (۲۰۰۶) نیز در تحقیقی نشان داده‌اند که میزان کلروفیل-*a* در نوار ساحلی بیشتر است و با پیشروی به سمت مناطق دور از ساحل کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر که در سال ۱۳۹۶ انجام گردید، عملاً همین نتیجه حاصل شد به‌طوری‌که میزان کلروفیل در آبهای ساحلی بیشتر از آبهای دور از ساحل بود. بارندگی و تخلیه رودخانه به طور قابل‌توجهی بر غلظت کلروفیل-*a* اثر می‌گذارد. با توجه به اینکه محدوده تراکم کلروفیل-*a* به عنوان یک شاخص خوب برای قابلیت تولید اولیه بالا در نظر گرفته می‌شود، با افزایش تولید اولیه، زنجیره‌های وابسته در منطقه نیز افزایش می‌یابد، از جمله ورود ماهیان کفزی به این مناطق برای تغذیه از طعمه‌ها، موجب گرفتاری آنان در تورهای صیادی و در نتیجه افزایش فراوانی آنها در صید می‌گردد (Hendiarti *et al*., 2005). در تحقیق حاضر، میزان کلروفیل در لایه سطحی کمترین مقدار در آبهای سطحی در بوشهر و خوزستان در سال ۱۳۹۹ بود که بیشترین مقدار در آبهای سطحی هرمزگان و سیستان و بلوچستان و بوشهر (۱۳۹۷) دیده شد. سال ۱۳۹۷ مصادف با تاثیرپذیری سواحل جنوب کشور از رودخانه جوی- دنا و سیل‌های منطقه در زمستان آن سال بود (ربانی‌ها، ۱۴۰۰) که می‌توان گفت این موضوع در تغییر و غنی سازی سواحل بی‌تاثیر نبوده است. در مطالعه گروه ROPME در زمستان ۲۰۰۶، میزان غلظت کلروفیل در آبهای سطحی خلیج فارس کمتر از نواحی شرقی و دریای عمان گزارش شده است (ROPME, 2012). در مطالعه حاضر نیز با توجه به نتیجه آنالیز NMDS نتیجه‌ای مشابه حاصل گردید. در جدول ۵ به مجموعه مطالعات جمع‌آوری شده در این زمینه جهت مقایسه مقادیر کلروفیل-*a* گزارش شده، اشاره شده است (ROPME, 2012). ایزدپناهی و همکاران (۱۳۸۷) تغییرات میزان کلروفیل را در فصل زمستان در سطح و عمق را به‌ترتیب ۱/۸۰-۰/۲ و ۱/۴۰-

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر گزارش نمودند. در تحقیق حاضر، در کلیه موارد بررسی شده در منطقه، افزایش مقدار کلروفیل مشاهده می‌شود به‌طوری‌که در نیمه دوم سال ۱۳۹۶ در لایه سطحی در منطقه بوشهر (۰/۳۳± ۱/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر) و در لایه عمقی (۰/۴۰۴±۱/۱۸ میلی‌گرم بر لیتر) به‌دست آمد. در استان بوشهر (زمستان ۱۳۹۷)، در منطقه بوشهر در لایه سطحی مقدار بیشتر به‌دست آمد (۰/۳۴±۱/۶۲ میلی‌گرم بر لیتر). در بررسی هیدرولوژیک منطقه خلیج فارس در زمستان ۱۳۷۹ و تابستان ۱۳۸۱، میزان کلروفیل-a لایه‌های سطحی آب ۱/۸-۱/۱۰ میلی‌گرم بر مترمکعب گزارش شده است (ایزدپناهی و همکاران، ۱۳۸۷). بیشترین مقدار تولید اولیه در چندین متر پایین‌تر از لایه‌های سطحی دریا حاصل می‌گردد و این امر به دلیل اثرات مخرب ماوراء بنفش نور خورشید در لایه‌های سطحی آب می‌باشد (Davis, 1955). این موضوع در نتایج مطالعاتی که در گذشته در آبهای ساحلی استان هرمزگان به عمل آمده، نشان داده است که مقدار کلروفیل-a در لایه‌های فوقانی بیشتر از لایه‌های عمقی و حتی لایه سطح می‌باشد (ابراهیمی، ۱۳۷۶).

جدول ۵: مقادیر کلروفیل-a محاسباتی در آبهای منطقه در مطالعات گذشته (ROPME, 2012)

Table 5: Chlorophyll-a concentration in the regional waters in previous studies (ROPME, 2012)

نواحی	زی توده (µg/l کلروفیل-a)	منابع
آبهای کویت	۰/۱۲-۲۳/۷	Al-Yamani *et al*.,2006
آبهای کویت(در وضعیت کشند قرمز)	۵۵/۴-۲۶۲/۷	Suuba Rao *et al*.,1999
ناحیه داخلی(RSA)-خلیج فارس	۰/۴-۲/۸	Hirawake *et al*.,1998
بصره-شط العرب	۰/۵-۳/۳	Huq *et al*.,1981
شمال غربی ناحیه داخلی(RSA)	۰/۷-۹/۱	Huq *et al*.,1981
جنوب غرب ناحیه داخلی(RSA)	۱/۱۱-۱/۲۵	El-Gindy&Dorgham,1992
دریای عمان	۰/۴۳-۰/۶۷	El-Gindy&Dorgham,1992
سواحل جنوب غربی هند	۰/۰۷-۲۲/۵	Radhakrishna,1969
دریای سرخ	۰/۲-۱/۲	Shaikh *et al*.,1986
قسمت مرکزی دریای سرخ جده	۰/۰۲-۶/۴	Dowidar,1983

بیشترین مقدار کلروفیل- a در خلیج عمان در فصول نیمه اول سال در لایه‌های عمقی تقریباً ۴۰-۲۰ متری و در نیمه دوم سال در لایه‌های حدود ۲۰-۱۰ متری می‌باشد و از آن‌جایی‌که کلروفیل-a خود شاخصی از پلانکتون‌های گیاهی می‌باشد (ابراهیمی، ۱۳۸۴)، لذا با توجه به نحوه توزیع عمودی کلروفیل-a و روند تغییرات فصلی آن، چنین استنباط می‌گردد که توزیع و پراکنش فیتوپلانکتون‌ها در اعماق مختلف، صرف نظر از تاثیر سایر عوامل محیطی، بیشتر بر اساس مقدار و شدت تابش نور خورشید صورت می‌پذیرد. چون در نیمه اول سال، زاویه تابش و شدت تابش نور خورشید بیشتر از نیمه دوم سال می‌باشد، بیشترین مقدار کلروفیل-a نیز در تابستان نسبت به زمستان در لایه‌های پایین‌تری به‌دست آمده است (ابراهیمی، ۱۳۸۴). ابراهیمی و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه اکولوژیک آبهای محدوده استان هرمزگان طی سال‌های ۸۳-۱۳۸۲، میانگین کلروفیل-a در لایه‌های سطحی کل منطقه مورد نظر را در زمستان ۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر گزارش نمودند. نتایج حاصل از بررسی توزیع افقی کلروفیل a و روند تغییرات فصلی آن در لایه‌های سطحی (۱۵-۱ متر) آبهای هرمزگان نشان داده که مقدار آن در دامنه ۲-۰/۴ میلی‌گرم بر لیتر در نوسان بوده است و مقدار آن در تابستان و زمستان در مناطق شمال شرقی تنگه هرمز و در محدوده منطقه باسعیدو (یکی از روستاهای شهرستان قشم است)، بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. از آن‌جایی‌که منطقه باسعیدو تحت تاثیر آبهای

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

نسبتاً غنی از مواد مغذی خوریات لافت و خمیر و از سویی، نواحی شمال شرقی تنگه هرمز نیز تحت تاثیر آبهای منشعب از خورهای مختلفی از قبیل خورهای جلابی، تیاب و کلاهی قرار گرفته‌اند که بر اثر جریان‌های جزر و مدی به این مناطق سرازیر می‌گردند، لذا چنین استنباط می‌گردد که آبهای خروجی از خورهای جلابی، تیاب و کلاهی شرایط مساعدی را در دو منطقه مذکور به‌وجود آورده باشند و در نتیجه، مقدار کلروفیل a در این دو منطقه بیشتر از سایر مناطق گردیده است (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۵).

در مطالعه ربانی‌ها و همکاران (۱۳۹۹) در مقایسه آبهای چهار استان جنوبی کشور، میزان کلروفیل-a لایه سطحی مستخرجه از اطلاعات ماهواره‌ای MODIS طی سال‌های ۹۷-۱۳۸۶ در دو مقطع ۳ سال اول تحقیق (۸۸-۱۳۸۶) و ۳ سال دوم (۹۷-۱۳۹۵) تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان کلی بین دو مقطع مطالعاتی کاهش نشان داد، مقطع اول بررسی به دنبال طوفان گونو[1] و شکوفایی *Cochlodinium polykrikoides* در خلیج فارس و خلیج عمان بوده است.

در تحقیق حاضر، بیشترین مقادیر به‌دست آمده از کلروفیل-a در استان سیستان و بلوچستان متمرکز است. Samini و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات فصلی پلانکتون در شمال خلیج عمان را با استفاده از سیستم مدل‌سازی سه‌بعدی منطقه‌ای اقیانوس (ROMS)[2] مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که تغییر دما یکی از عوامل اصلی در فراوانی و شکوفایی فیتوپلانکتون و زئوپلانکتون است. چرخش‌های آبی باعث انتقال کلروفیل از جنوب به شمال خلیج عمان شده و میزان کلروفیل در زمستان نسبت به تابستان بیشتر گزارش گردید. تحقیق حاضر نیز در فصل زمستان صورت گرفته که همزمان با اوج سیکلون‌ها در منطقه بوده است. همان‌گونه که ربانی‌ها و همکاران (۱۳۹۹) اظهار داشتند که میزان صید ماهیان به‌خصوص گروه پلاژیک که وابستگی مستقیم به جامعه پلانکتون دارند، در خلیج عمان افزایش داشته است که می‌تواند یکی از عوامل حضور آنها را همین ویژگی محیطی و تأمین منبع غذایی ذکر کرد. مقایسه نتایج نشان‌دهنده افزایش میزان کلروفیل در آبهای ایرانی خلیج فارس و خلیج عمان نسبت به سال‌های گذشته بوده که حاصل از افزایش ورودی‌های مواد مغذی به منطقه می‌باشد.

منابع

ابراهیمی، م.، ۱۳۷۶ .بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی آبهای ساحلی استان هرمزگان (از منطقه دار سرخ تا باسعیدو) .موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران . تهران .۵۲ صفحه.

ابراهیمی، م.، نیکویان، ع.ر.، مرتضوی، م.ص.، اجلالی،ک.، آقاجری، ن.، جوکار،ک.، اکبرزاده، غ.ع.، سراجی، ف. و آقاجری، ش.، ۱۳۸۳. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس (آبهای محدوده استان هرمزگان). موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۱۱۹ صفحه.

ابراهیمی، م.، ۱۳۸۴. بررسی هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس (آبهای محدوده استان هرمزگان). موسسه تحقیقات شیلات ایران. تهران. ۱۱۹ صفحه.

ابراهیمی، م.، محبی نوذر، ل.، سراجی، ف.، اسلامی، ف.، اجلالی، ک.، سلیمی زاده، م. و آقاجری، ن.، ۱۳۸۵. مطالعات مستمر هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس و تنگه هرمز در آبهای محدوده استان هرمزگان.پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان.موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.۱۴۳ صفحه.

ایزدپناهی،غ.ر.، آیین جمشید، خ.، حق شناس، آ.، اسدی سامانی، ن.، محمد نژاد، ج.، محسنی زاده، ف.، حسین خضری، پ.، امیدی، س. و ربانی ها، م.، ۱۳۸۷. مطالعات مستمر هیدرولوژی و هیدروبیولوژی خلیج فارس در آبهای استان بوشهر. پژوهشکده میگوی کشور. مؤسسه تحقیقات شیلات ایران.۱۸۷ صفحه.

حجتی، م.،۱۳۸۸. ارزیابی کیفیت آبهای ساحلی دریای خزر با استفاده از تصاویر MODIS .دانشگاه تهران.

[1] Cyclone Gonu

[2] Regional Ocean Modeling System (ROMS)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

دهقان‌مدیسه، س. و کوچک‌نژاد، ع.، ۱۳۹۷. لارو ماهیان آب‌های ساحلی خوزستان (شمال غربی خلیج فارس). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۰۲.

ربانی ها، م.، عوفی، ف. و حق شناس، آ.،۱۳۹۴. مدل تغییر تراکم کلروفیل-a با بکارگیری رگراسیون خطی گام به گام (GLM) در آبهای استان بوشهر (خلیج فارس). سومین کنفرانس بین‌المللی اقیانوس‌شناسی خلیج فارس. تهران.

ربانی‌ها، م.، ۱۳۹۷. پهنه بندی ذخایر میگو در مناطق شمالی خلیج فارس به وسیله یکپارچه سازی اطلاعات ماهواره ای (دمای سطحی آب و کلروفیل-a) و داده های منطقه ای در صید گاه های استان بوشهر . صندوق حمایت از پژوهشگران و فن آوران کشور.۱۷۱ .

ربانی‌ها، م.، فضلی، ح، سالارپور، ع. و نیامیمندی، ن.، ۱۳۹۹. اثرات تغییر اقلیم بر زیست توده و ترکیب صید ماهیان دریایی در خلیج فارس، دریای عمان و دریای خزر – با تاکید بر SST و کلروفیل (۲۰۰۶-۲۰۱۷).۴۸۲.

ربانی ها، م.،۱۴۰۰. رودخانه جوی دنا و تغییر اقلیم در ایران. گزارش، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.۳۷ صفحه.

Behrenfeld, M.J., O'Malley, R.T., Siegel, D.A., McClain, C.R., Sarmiento, J.L., Feldman, G.C., Milligan, A.J., Falkowski, P.G., Letelier, M. and Boss, E.S., 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120.)752 . DOI: 10.1038/nature05317

Bellido, J.M., Brown, A.M., Valavanis, V.D., Giráldez, A., Pierce, G.J., Iglesias, M. and Palialexis, A., 2008. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean waters. *Hydrobiologia*, 612(1): 171-184. DOI: 10.1007/978-1-4020-9141-4_13

Bierman, P., Lewis, M., Ostendorf, B. and Tanner, J., 2011. A review of methods for analysing spatial and temporal patterns in coastal water quality.*Ecological Indicators*, 11(1): 103–114. DOI:10.1016/j.ecolind.2009.11.001

Davis, C.C., 1955. The marine and freshwater plankton. Michigan state university press. 541.

Hamzehei, S., Bidokhti, A.A., Mortazavi, M.S. and Gheiby, A., 2013 .Red tide monitoring in the Persian Gulf and Gulf of Oman using MODIS sensor data. *The Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(12): 1100–1107.

Hendiarti, N., Aldrian, E., Amri, K., Andiastuti, R., Sachoemar, S.I. and Wahyono, I.B., 2005. Seasonal variation of pelagic fish catch around Java. *Oceanography*, 18(4): 112-123.DOI: 10.5670/oceanog.2005.12

Hoyer, M.V., Frazer, T.K., Notestein, S.K. and Canfield, J.r. D.E., 2002. Nutrient, chlorophyll, and water clarity relationships in Florida's nearshore coastal waters with comparisons to freshwater lakes; *Candian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1024–1031. 10.1139/f02-077

Kostianoy, A.G. and Kosarev, A.N., 2005. The Caspian Sea Environment. vol. 5. Springer Science & Business Media. 296.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

Manasrah, R., Raheed, M. and Badran, M.I., 2006. Relationships between water temperature, nutrients and dissolved oxygen in the northern Gulf of Aqaba, Red Sea; *Oceanologia*, 48(2): 237–253.

Moradi, M. and Moradi, N., 2020.chlorophyll-a and satellite derived climatic factors in the Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 161. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.111728

Morel, A., 1991 .Light and marine photosynthesis: a spectral model with geochemical and climatological implications, *Progress in Oceanography*, 26(3:)263–306. DOI: 10.1016/0079-6611(91)90004-6

Navarro, G. and Ruiz, J., 2006. Elements of spatial and temporal variability of plankton in the Gulf of Cádiz: an analysis based on EOF decomposition of SeaWiFS images. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 53.

ROPME, 2003. State of the Marine Environment Report (SOMER-2003). Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), Kuwait. 217.

ROPME, 2012. Oceanographic Cruise - Winter 2006.Technical Report Series Technical Report: No. 4. Spatial Distribution of Chlorophyll-a in the ROPME Sea Area. Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. 59.

Samini, H., Aliakbari Bidokhti, A.A., http://www.ijgeophysics.ir /article_126988.html?lang=en - aff2

Ezam, M. and Valinassab, T., 2021. Numerical simulations of seasonal changes of plankton and minerals in the north of Oman Sea using the ROMS-NPZD paired model. *Iranian Journal of Geophysics (IJG)*, 15(2): 71-92.
DOI: 10.30499/IJG.2021.252193.1295

Solanki, H.U., Mankodi, P.C., Dwivedi, R.M. and Nayak, S.R., 2008. Satellite observations of main oceanographic processes to identify ecological associations in the Northern Arabian Sea for fishery resources
exploration. *Hydrobiologia*, 612(1): 269. DOI: 10.1007/978-1-4020-9141-4_20

Zainuddin, M., 2011. Skipjack tuna in relation to sea surface temperature and chlorophyll-a concentration of Bone Bay using remotely sensed satellite data. *Journal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(1). DOI: 10.28930/jitkt.v3i1.7837.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]

Survey on chlorophyll-a changes in Persian Gulf and the Gulf of Oman

Rabbaniha M.[1*]; Aeinjamshid K.[2]; Niamymandi N.[2]
*rab.mahnaz@gmail.com

1-Iranian Fisheries Science Research Organization, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
2-Iranian Fisheries Research Organization, Shrimp Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bushehr, Iran

Abstract

Chlorophyll-a indicates the biomass of phytoplankton as the primary production. Chlorophyll-a changes indicate the situation of the ecosystem. The present study was conducted for monitoring it in the northern part of the Persian Gulf and Oman Gulf. For this purpose, CTD and NASA site information was used. Samplings were done from January-March 2018-2021. Mean southern waters chlorophyll-a in 2018 was (0.97±0.84 mg/m^3) mean southern water's surface chlorophyll-a was (1.98±1.48 mg/m^3) in 2019. The mean su rface chlorophyll-a of Oman Gulf in 2020 was (0.92±0.334 mg/m^3). The mean of chlorophyll-a in the Persian Gulf in 2021 was (0.23±0.13mg/m^3). The data result of NMDS showed significant differences between the two groups: (Bushehr, Hormozgan, Sistan & Blochestan, 2019) in comparison (Bushehr and Khuzestan, 2021). Mean surface chlorophyll-a in the first and second groups were (1.09±1.5 mg/m^3) and (0.13±0.16 mg/m^3), respectively. This significant difference and the greater biomass amount of the first group were due to floods and discharge of nutrients in March-April of 2019, and Nutrients will provide suitable conditions for phytoplankton's growth.

Keywords: Chlorophyll-a, Persian Gulf, Oman Gulf

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.2.7.1]