مقاله علمی - پژوهشی:

مطالعه تولیدات خالص اولیه فیتوپلانکتون و همبستگی آن با مولفه‌های مربوطه در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

حسن نصراله زاده ساروی*[۱]، آسیه مخلوق[۱] ، فریبا واحدی[۱]، ابوالقاسم روحی[۱]، پریسا نوری[۲]

*hnsaravi@gmail.com

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲-دانش آموخته کارشناس ارشد دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، نور، ایران

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

تولیدات اولیه نقش مهم در چرخه زیستی از نظر ذخیره کربن داراست و شاخص کلیدی برای ارزیابی کارکرد اکوسیستم بشمار می‌آید. هدف از مطالعه حاضر محاسبه تولیدات خالص اولیه و مولفه‌های آن در حوزه ایرانی دریای خزر در سال‌های ۱۳۹۷ (فصول پاییز و زمستان) و ۱۳۹۸ (فصول بهار و تابستان) می‌باشد. همچنین جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، برخی عوامل اکولوژیک موثر بر توزیع زمانی-مکانی تولیدات خالص اولیه مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج، میانگین تولیدات خالص اولیه روزانه فیتوپلانکتون (DNPP) و مولفه های آن شامل غلظت کلروفیل-آ (Chl-a)، عمق لایه نوری (Z_{eu})، طیف فعال فتوسنتز (PAR) و غلظت کربن ویژه تثبیت شده ($P^B_{optic}=NPP_{Chl-a}$) به‌ترتیب برابر ۰/۴۵±۰/۶۵ گرم کربن/ مترمربع/روز، ۲/۵۴±۱/۲۳ mg/m^3، ۸/۹±۵/۱ متر، ۴۰/۴۲±۱۶/۸۴ $Einstein/m^2.day$ و ۵/۰۵±۱/۱۱ mgC/mgChl-a.h بود. میزان DNPP در ناحیه مرکزی از دو ناحیه غربی و شرقی بالاتر بود که احتمالاً ناشی از نقش امواج حاصل از نیروی باد بر معلق شدن رسوبات (میزان کدورت بالا) و کاهش شدت نفوذ نور در دو ناحیه شرقی و غربی بود. از نظر زمانی، تغییرات فصلی DNPP به‌ترتیب پاییز>تابستان>بهار>زمستان بود. افزایش قابل ملاحظه DNPP در فصل پاییز (ANOVA test, p<۰/۰۵) در مقایسه با سایر فصول ناشی از افزایش غلظت کلروفیل-آ و بهینه بودن دمای سطحی آب برای تثبیت کربن ویژه (P^B_{opt}) می‌باشد. بر اساس آزمون‌های رگراسیون و مولفه اصلی تغییرات زمانی-مکانی DNPP به طور معنی داری تحت تاثیر دو متغیر Chl-a و P^B_{optic} بود. به طور کلی، در طبقه‌بندی سطح تروفیکی بر اساس تولیدات خالص اولیه، ۵۲ درصد از داده ها در سطح تروفیکی الیگومزوتروف و مزوتروف (۴۹٪) تا یوتروف (۳٪) بوده و ۴۸ درصد داده ها در گروه الیگوتروف (عمدتاً در ناحیه شرقی) قرار داشتند.

لغات کلیدی: پارامترهای محیطی، تولیدات خالص اولیه، فیتوپلانکتون، سواحل ایران، دریای خزر

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

مقدمه

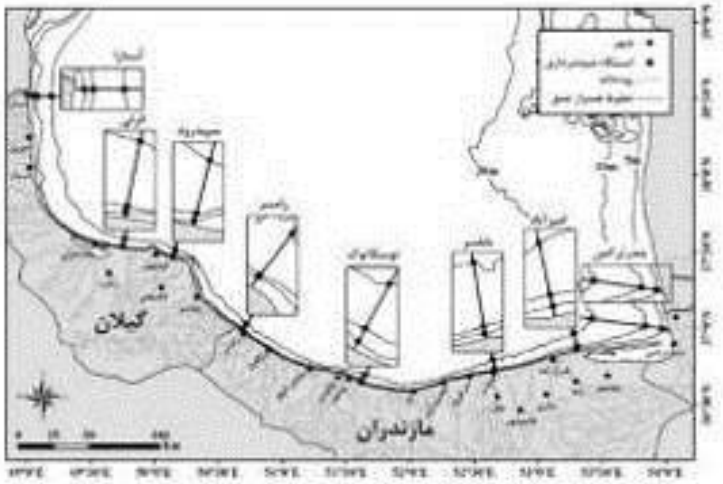
تولیدات اولیه به تولید کربن آلی از طریق فرآیند فتوسنتز با استفاده از دی اکسید کربن اتمسفری یا آبی، مواد معدنی و نور خورشید اطلاق می‌شود (Platt *et al.*, 1990). تولیدات اولیه جهانی[1] مجموع تولیدات در نواحی خشکی و دریا را دربرمی‌گیرد (Field *et al.*, 1998). در محیط‌های آبی، جلبک‌ها (ماکرو و میکرو) عامل اصلی تولیدات اولیه محسوب می‌شوند (Falkowski and Raven, 1996; Westberry *et al.*, 2008). در دریاها و اقیانوس‌ها به طور تقریبی ۹۴ درصد تولیدات اولیه در لایه نوری متعلق به میکروجلبک‌ها (فیتوپلانکتون) و ۶ درصد مربوط به ماکروجلبک‌ها می‌باشد (Rousseaux and Gregg, 2014). فیتوپلانکتون و شاخص کلروفیل که دارای نقش مهمی در اکوسیستم پلاژیک می‌باشند، همواره تحت تاثیر عوامل زیستی و غیرزیستی قرار دارند. بنابراین، تخمین کلروفیل در تحقیقات اکولوژیک و فعالیت‌های اقتصادی از قبیل برآورد تولیدات در فعالیت‌های شیلاتی دریایی مهم می‌باشد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶). تولیدات خالص اولیه فیتوپلانکتونی دارای نقش مهمی در چرخه زیستی از نظر ذخیره کربن دارد و شاخص کلیدی برای ارزیابی کارکرد اکوسیستم دارد. مطالعات معدودی در مورد تولیدات خالص اولیه در حوزه ایرانی دریای خزر صورت گرفته است. تغییرات روزانه تولیدات خالص اولیه (DNPP)[2] در خزر جنوبی در سال ۱۹۷۸ در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب برابر ۰/۸۷، ۰/۸۶، ۱/۲۹ و ۰/۶۴ گرم کربن/ مترمربع/روز برآورد شد (شریعتی، ۱۳۷۸). رحیمی بشر و همکاران (۱۳۸۵) تولیدات اولیه و ثانویه پلاژیک را در مصب رودخانه سفیدرود مورد ارزیابی قرار دادند. آنها میزان DNPP را ۰/۲۰۲ گرم کربن /مترمربع/روز برآورد نموده و تغییر فصل و میزان اشعه‌های نوری جذب شده در سطح را عامل مهم در توالی فیتوپلانکتون در قسمت‌های باز دریا بیان نمودند. نوری (۱۳۹۸) بر اساس داده‌های با سنجده VIIRS، تغییرات زمانی-مکانی تولیدات خالص اولیه فیتوپلانکتون در خزر جنوبی (طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۳) را در محدوده ۲/۱۰-۰/۸۳ گرم کربن/مترمربع/روز گزارش نمود. روش‌ها و ابزارهای جدیدی برای تخمین و برآورد تولیدات اولیه به طور مداوم در حال ارائه می‌باشند (Westberry *et al.*, 2008). در مقیاس‌های بزرگ (اکوسیستم های دریایی بزرگ تا اقیانوس‌ها)، مناسب‌ترین روش برای تعیین تغییر زمانی-مکانی (NPP)[3]، از طریق اندازه‌گیری ماهواره‌ای، همراه با مدل‌های تشخیصی NPP یکپارچه به عنوان تابعی از عمق لایه نوری، غلظت کلروفیل، تابش خورشید فتوسنتزی فعال (PAR)، کربن ویژه تثبیت شده و ساعات روشنایی می‌باشد (Westberry *et al.*, 2008; Siegel *et al.*, 2013). با توجه به اهمیت تولیدات اولیه در ارزیابی کیفیت و کارکرد اکوسیستم، هدف مطالعه حاضر تعیین میزان تولیدات خالص اولیه روزانه و مولفه‌های آن در حوزه ایرانی دریای خزر طی سال‌های ۱۳۹۷ (فصول پاییز و زمستان) و ۱۳۹۸ (فصول بهار و تابستان) می‌باشد. همچنین پارامترهای موثر بر تولیدات خالص اولیه در نوار ساحلی این حوزه نیز بر اساس آزمون‌های آماری مورد بررسی قرار می‌گیرند.

مواد و روش ها

نمونه‌برداری طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ در حوزه جنوبی دریای خزر در امتداد هشت نیم‌خط[4] آستارا، انزلی، سفیدرود، بابلسر، توسکاتوک (نوشهر)، رامسر، امیرآباد و بندر ترکمن (شکل ۱) انجام گرفت. جمع آوری نمونه‌های آب بوسیله دستگاه نسکین در لایه‌های سطحی در اعماق ۵، ۱۵ و ۳۰ متر انجام گردید. اندازه‌گیری پارامترهای مختلف (pH، نیتروژن و فسفر معدنی، کلروفیل-آ و زی‌توده فیتوپلانکتون) بر اساس روش‌های استاندارد صورت گرفت (Sapozhnikov *et al.*, 1988; APHA, 2005). محاسبه تولیدات خالص اولیه (NPP) با استفاده از مدل الگوریتم VGPM[5] (Behrenfeld and Falkowsky, 1998; Ishizaka *et al.*, 2007). صورت گرفت.

[1] Global primary production
[2] Daily Phytoplankton Net Primary Production
[3] Net Primary Production
[4] Transect
[5] Vertical Generalized Production Model

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]



شکل ۱: ایستگاه‌های نمونه‌برداری به همراه نیم‌خط‌ها و اعماق مختلف در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (سال‌های ۹۸-۱۳۹۷)
Figure 1: Sampling stations with different transects and depths in the coastal of the southern Caspian Sea (2018-2019)

در مطالعه حاضر برای مدل مذکور، ورودی پارامترهای ساعات روشنایی[1] و طیف فعال در فرآیند فتوسنتز (PAR)[2] بر اساس داده‌های مستخرج از سنجنده VIIRS و پارامترهای غلظت کلروفیل-آ (بیانگر زی‌توده فیتوپلانکتون)، دمای سطحی آب و عمق نوری یعنی عمقی که حداقل نور کافی (۱٪) برای فتوسنتز به آن می‌رسد (Z_{eu})، بر اساس داده‌های میدانی صورت گرفت (جدول ۱).

آزمون پارامتریک (ANOVA) و در صورت لزوم آزمون تکمیلی دانکن، رگراسیون خطی و غیرخطی[3]، رگراسیون گام به گام و آزمون مولفه اصلی (PCA)[4] برای داده‌های نرمال شده (انتقال یافته داده از طریق لگاریتم/رتبه بندی) انجام گردید.

نتایج

میانگین عمق لایه نوری (Z_{eu}) در این منطقه از دریای خزر برابر ۸/۹±۵/۱ متر بدست آمد. میانگین غلظت کربن ویژه تثبیت شده (P^B_{optic} =NPP_{Chl-a}) برابر ۵/۰۵±۱/۱۱ mgC/mgChl-a.h ثبت گردید و تولیدات خالص اولیه روزانه یا میزان بهره‌وری فتوسنتز (DNPP) در محدوده ۰/۱۴-۲/۳۱ گرم کربن/ مترمربع/روز محاسبه گردید. همچنین میانگین PAR روزانه ۴۰/۴۲±۱۶/۸۴ Einstein/m^2.day بود (جدول ۱). بر اساس آزمون آماری ANOVA میانگین غلظت کلروفیل-آ، تولیدات خالص اولیه و پارامترهای آن (جدول ۱) بین فصول مختلف اختلاف معنی‌دار نشان دادند ($p<0/05$)، اما بین نواحی و نیم‌خط‌های مختلف فقط تولیدات خالص اولیه دارای اختلاف معنی‌دار بودند ($p<0/05$). همچنین اختلاف معنی‌دار پارامترهای طیف فعال در فرآیند فتوسنتز (PAR) و کربن ویژه تثبیت شده (P^B_{optic}) در بین اعماق مختلف مشاهده شد ($p<0/05$). تغییرات فصلی DNPP و برخی پارامترهای محیطی در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر در شکل ۲ نشان داده شده است. در فصول مختلف تغییرات DNPP و ازت نیتراتی روند یکسانی داشتند و خط روند آنها دریک راستا قرار گرفت که بر خلاف روند فسفر معدنی بود. روند تغییرات DNPP و دمای آب یکنواخت نبود. با توجه به اینکه تغییرات pH بسیار جزئی بود، روند تغییرات DNPP با pH نیز بطئی بود.

[1] Photoperiod
[2] Photosynthetically Active Radiation
[3] Regression
[4] Principal Component Analysis

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

جدول ۱: توصیف آماری تولیدات خالص اولیه و مولفه های آن در فصول، نیم‌خط‌ها، نواحی و اعماق مختلف در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

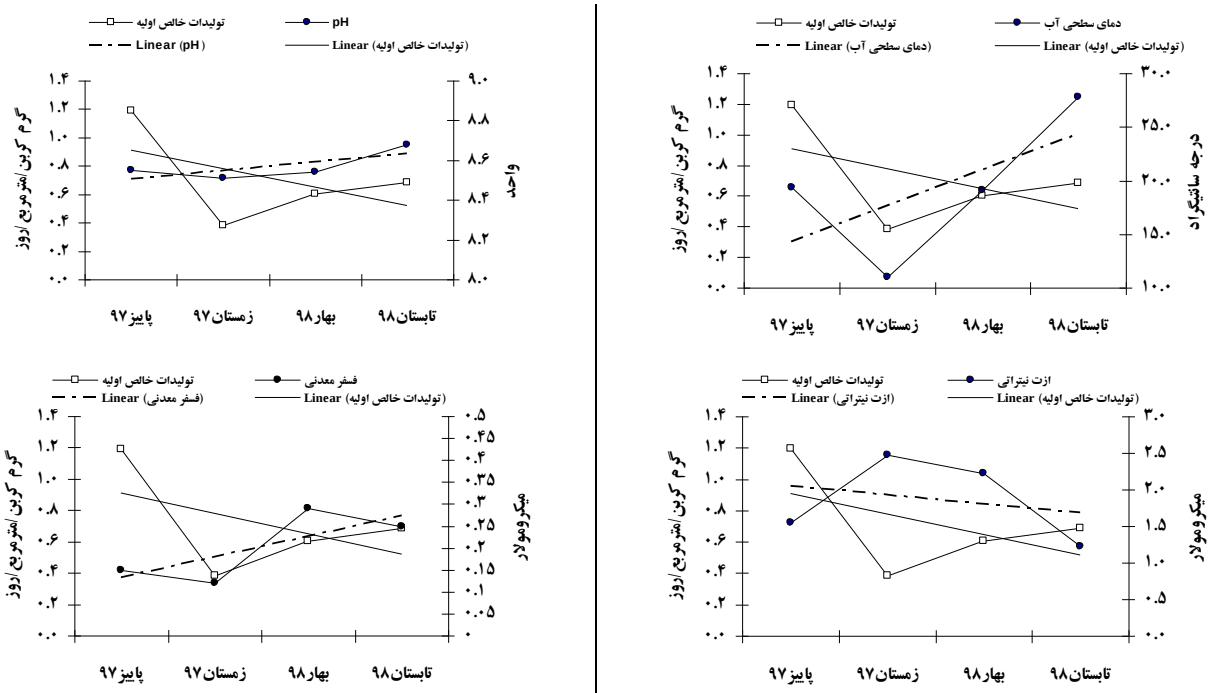
Table 1: Statistical description of net primary production and its components at different seasons, transects, regions and depths in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)

پارامترها و واحد های اندازه گیری	کلروفیل-آ (Chl-a) mg/m^3	عمق نوری (Zeu) $Z_{eu}=3*Z_{SD}$ m	ساعات روشنایی (Photoperiod) Decimal hours	طیف فعال در فرآیند فتوسنتز (PAR) $Einstein/m^2.day$	کربن ویژه تثبیت شده در مدت یک روز ($P^B optic = NPP_{Chl-a}$) mgC/mgChl-a.h	تولید خالص اولیه روزانه (DNPP) $gC/m^2.day$
فصول						
پاییز ۹۷	۰/۷۱-۲۶/۳۱	۳/۸-۱۲/۶	۱۰/۰۴-۱۰/۴۱	۳/۸۷-۳۱/۰۳	۴/۶۶-۶/۶۲	۰/۲۰-۲/۳۱
زمستان۹۷	۰/۹۲-۴/۰۶	۳/۶-۷/۵	۱۰/۳۲-۱۱/۱۴	۱۳/۴۰-۳۹/۷۹	۳/۵۸-۴/۵۸	۰/۱۴-۰/۶۱
بهار۹۸	۰/۴۱-۲/۷۲	۴/۸-۳۰/۰	۱۳/۳۹-۱۴/۱۲	۵۳/۱۰-۵۷/۳۷	۵/۶۸-۶/۶۳	۰/۲۳-۱/۰۳
تابستان۹۸	۰/۸۸-۳/۴۶	۲/۴-۲۱/۰	۱۳/۱۸-۱۳/۳۸	۵۳/۱۰-۵۷/۳۷	۳/۵۲-۵/۸۱	۰/۲۰-۱/۴۴
میانگین سالانه	۲/۵۴±۳/۲۳	۸/۹±۵/۱	۱۲/۴۲±۱/۳۷	۴۰/۴۲±۱۶/۸۴	۵/۰۵±۱/۱۱	۰/۶۵±۰/۴۵
نیم خط ها						
آستارا	۰/۴۱-۲/۶۷	۳/۳۹-۳۰/۰	۱۰/۰۹-۱۴/۱۲	۲۳/۶۶-۵۵/۳۳	۳/۵۸-۶/۴۷	۰/۱۷-۱/۰۰
انزلی	۰/۷۶-۶/۹۸	۴/۲-۲۱/۰	۱۰/۰۴-۱۴/۰۵	۴/۱۵-۵۶/۹۹	۴/۰۲-۶/۶۰	۰/۴۰-۲/۳۱
سفیدرود	۰/۸۲-۲۶/۳۱	۳/۶-۱۵/۵	۱۰/۱۰-۱۴/۰۲	۳/۸۷-۵۴/۹۳	۳/۷۹-۶/۶۲	۰/۲۱-۱/۹۲
رامسر	۱/۳۶-۳/۳۱	۴/۵-۱۶/۵	۱۰/۳۳-۱۳/۴۷	۱۷/۵۰-۵۷/۰۶	۴/۲۵-۶/۶۰	۰/۳۸-۱/۴۴
توسکاتوک	۱/۰۲-۳/۹۷	۳/۹-۱۵/۰	۱۰/۳۴-۱۳/۴۵	۱۸/۶۷-۵۶/۰۱	۳/۷۹-۶/۶۲	۰/۳۷-۱/۸۷
بابلسر	۱/۳۴-۳/۶۹	۳/۹-۱۵/۰	۱۰/۴۰-۱۳/۳۴	۸/۴۸-۵۹/۱۱	۴/۲۴-۶/۴۹	۰/۳۲-۱/۰۳
امیرآباد	۰/۸۳-۳/۸۲	۲/۴-۹/۰۰	۱۰/۳۲-۱۳/۳۹	۱۹/۴۶-۵۷/۳۷	۳/۵۲-۶/۴۶	۰/۲۰-۱/۱۶
بندرترکمن	۰/۷۱-۳/۴۶	۲/۴-۳۰/۰	۱۰/۳۳-۱۳/۴۲	۲۸/۲۰-۵۸/۹۱	۳/۷۹-۶/۶۳	۰/۱۴-۰/۷۱
ناحیه ها						
غربی	۰/۴۱-۲۶/۳۱	۳/۶-۳۰/۰	۱۰/۰۴-۱۴/۱۲	۳/۸۷-۵۶/۹۹	۳/۵۸-۶/۶۲	۰/۱۷-۲/۳۱
مرکزی	۱/۰۲-۳/۹۷	۳/۹-۱۶/۵	۱۰/۳۳-۱۳/۴۷	۸/۴۸-۵۹/۱۱	۳/۷۹-۶/۶۲	۰/۳۲-۱/۸۷
شرقی	۸۲ بر ۰/۷۱-۳/۱	۲/۴-۱۰/۵	۱۰/۳۲-۱۳/۴۲	۱۹/۴۶-۵۸/۹۱	۳/۵۲-۶/۶۳	۰/۱۴-۰/۷۱
اعماق						
۵ متر	۱/۴۸-۳/۴۶	۲/۸-۸/۴	۱۳/۱۸-۱۳/۳۷	۵۳/۱۰-۵۷/۳۱	۳/۷۹-۵/۸۱	۰/۲۰-۰/۶۷
۱۰ متر	۰/۴۱-۲۶/۳۱	۳/۰-۱۸/۰	۱۰/۰۴-۱۴/۱۲	۳/۸۷-۵۹/۰۹	۳/۵۲-۶/۶۳	۰/۱۴-۲/۳۱
۳۰ متر	۰/۵۹-۳/۵۷	۳/۶-۳۰/۰	۱۰/۳۲-۱۴/۱۲	۱۸/۳۷-۵۹/۱۱	۳/۵۲-۶/۶۲	۰/۱۷-۱/۲۴

در منطقه مورد مطالعه، حداکثر و حداقل غلظت کلروفیل–آ به‌ترتیب در فصول پاییز و بهار بدست آمد که بر نقاط حداکثر و حداقل زی‌توده فیتوپلانکتون (به‌ترتیب در فصول زمستان و تابستان) مطابقت نداشت. همچنین روند تغییرات زی‌توده با دمای آب معکوس بود (شکل ۳). غلظت کلروفیل-آ (Chl-a) و (DNPP) دارای همبستگی مثبت خطی بودند (DNPP =۰/۴۹ +۰/۰۷Chl-a) به‌طوری‌که ضریب همبستگی (R) و مجذور ضریب همبستگی (R^2) به‌ترتیب برابر ۰/۷۳ و ۰/۵۳ بدست آمد (شکل ۴، $p<۰/۰۵$). اما همبستگی بین غلظت کلروفیل-آ (Chl-a) و کربن ویژه تثبیت شده ($P^B_{optic}=NPP_{Chl-a}$) خطی نبود و از معادله درجه دوم تبعیت نمود (P^B_{optic} =۵/۶۶ -۰/۳۳Chl-a +۰/۰۲a^{۲}) به‌طوری‌که ضریب همبستگی (R) و مجذور ضریب همبستگی (R^2) به‌ترتیب برابر ۰/۲۹ و ۰/۱۰ بدست آمد (شکل ۴، $p<۰/۰۵$).

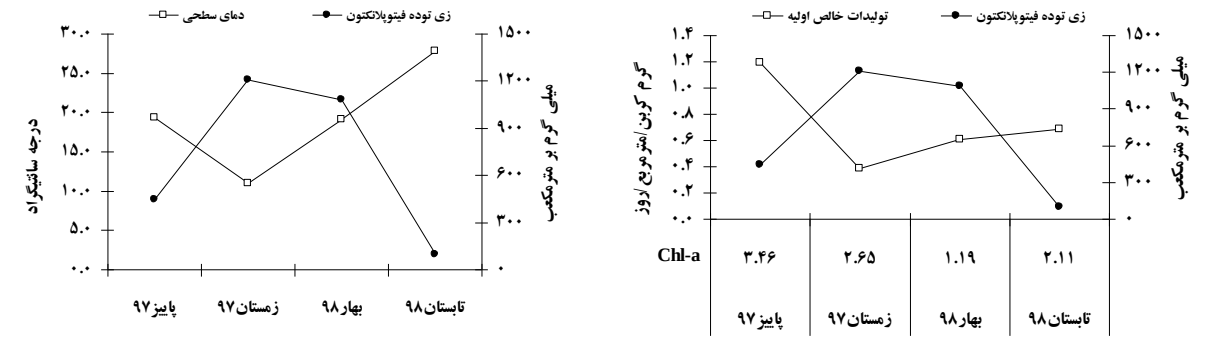
[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]



شکل ۲: تغییرات فصلی تولیدات خالص اولیه و پارامترهای محیطی در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 2: Seasonal changes of net primary production and environmental parameters in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)



شکل ۳: تغییرات فصلی تولیدات خالص اولیه، زی‌توده فیتوپلانکتون و دمای آب در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

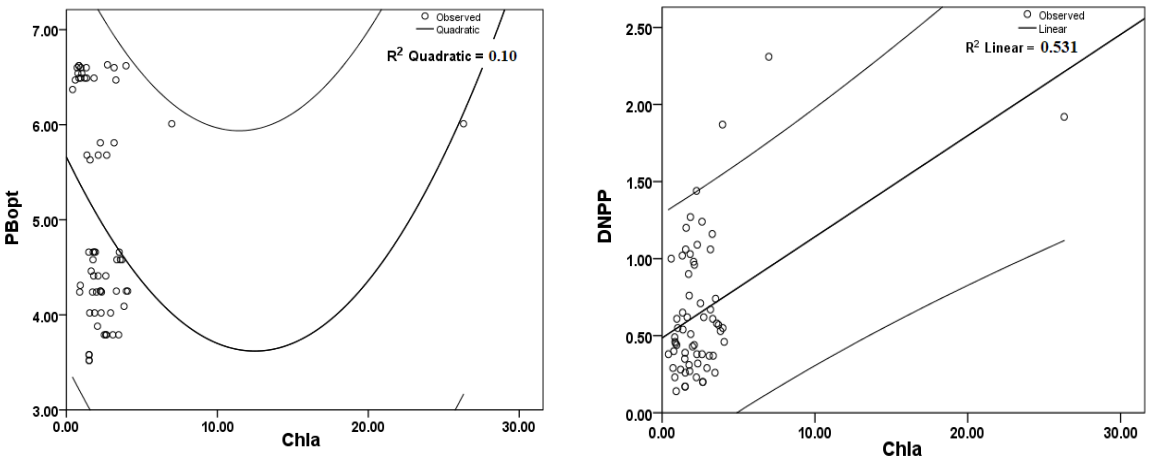
Figure 3: Seasonal changes of net primary production, phytoplankton biomass and water temperature in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)

رابطه دمای سطحی و میزان بهینه تثبیت کربن روزانه (P^B_{optic}) خطی نبود اما همبستگی قوی (r^2=۰/۹۹۷) بر اساس معادله درجه دو (P^B_{optic}=-۴/۹+۱/۱۷SST-۰/۰۳SST^۲) بین این دو متغیر مشاهده شد (شکل ۵).

میانگین تابش فعال فتوسنتزی روزانه سطح دریا (PAR) در ناحیه غربی، مرکزی و شرقی به‌ترتیب برابر ۱۶±۴۲، ۱۹±۳۹ و ۱۶±۴۱ بود. در ارتباط خطی (Linear) بینPAR و (DNPP) ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۶۳، ۰/۲۰ و ۰/۴۷ بدست آمد. اما همبستگی غیرخطی درجه سوم (Cubic) (DNPP =۲/۴۷-۰/۱۶۸PAR+۰/۰۰۴PAR^۲-۰/۰۰۰۵PAR^۳) بین آنها دارای ضریب همبستگی (R) و مجذور ضریب همبستگی (R^2) به‌ترتیب برابر ۰/۶۰ و ۰/۳۶ (ارتباط معنی داری قوی) بود (شکل ۶، p<۰/۰۵).

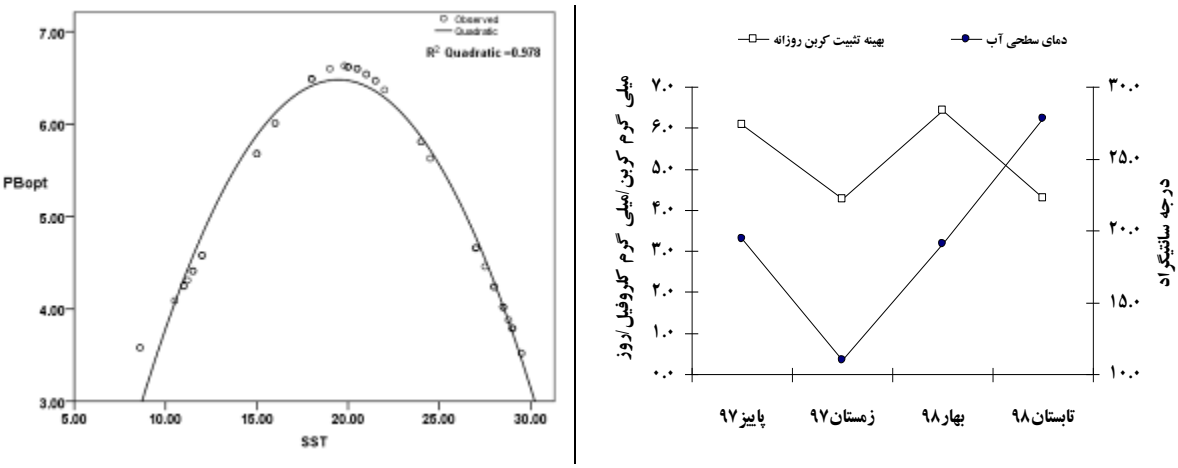
[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]



شکل ۴: همبستگی بین غلظت کلروفیل-آ (Chl-a) با DNPP و کربن ویژه تثبیت شده (P^B_{optic} =NPP_{Chl-a}) بر اساس معادلات رگراسیون (به همراه ۹۵٪ از حدود اطمینان) در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 4: Correlation between Chl-a with DNPP and P^B_{optic} based on regression analysis (confidence level 95%) in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)



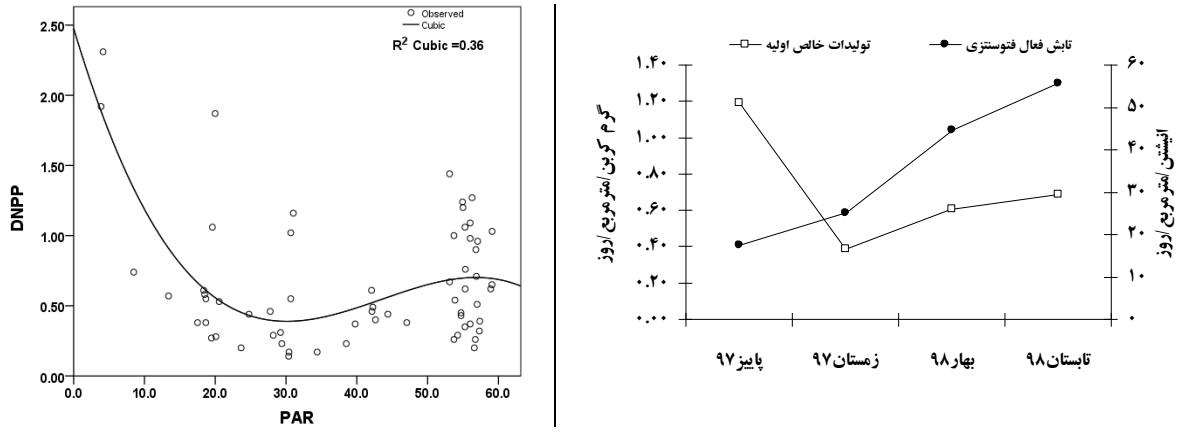
شکل ۵: همبستگی بین میزان بهینه تثبیت کربن روزانه (P^B_{optic}) با دمای آب در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 5: Correlation between P^B_{optic} and water temperature in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)

در آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) تولیدات اولیه و مولفه‌های آن، شاخص KMO برابر ۰/۵۲ بود و آزمون Barttlet دارای اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). درآنالیز مولفه‌های اصلی بر اساس منحنی سنگریزه‌ای[1] و مقدار ویژه[2] بالای یک، به دو مولفه (PC) با واریانس ۶۸/۲ درصد کاهش یافت. مولفه یک ۳۵/۸۸ درصد از کل واریانس را شامل شد و متغیرهای DNPP، Chl-a و P^B_{optic} با بار عاملی قوی در آن مشارکت نشان دادند. واریانس مولفه دو ۳۲/۳۳ درصد از کل واریانس بود و متغیرهای Z_{eu} و PAR در این مولفه مشارکت داشتند (شکل ۷). نمودار سه بعدی نشان می‌دهد که افزایش DNPP با افزایش Chl-a و P^B_{optic} همراه می‌باشد. شایان ذکر است، P^B_{optic} کمتر از ۵/۵ سبب کاهش DNPP گردید.

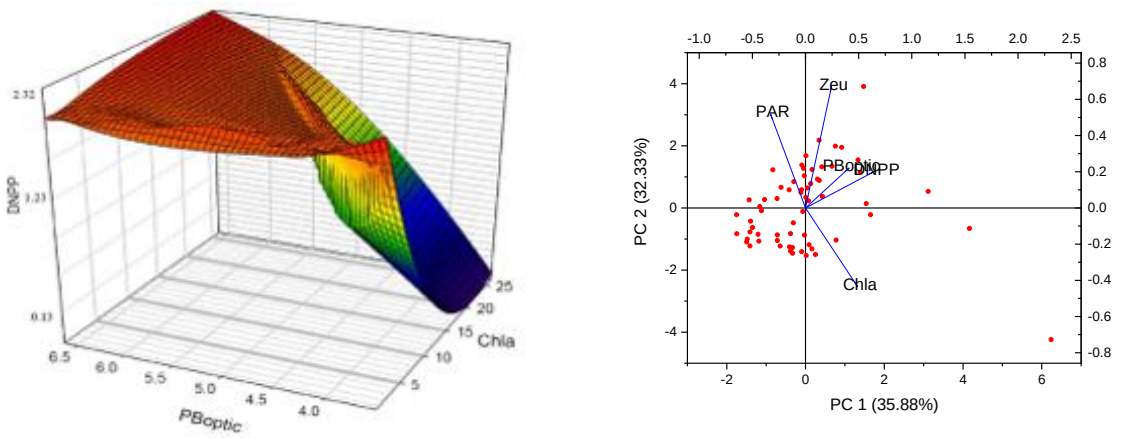
[1] Scree plot
[2] Eigenvalue

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]



شکل ۶: همبستگی بین تولیدات خالص اولیه (DNPP) و تابش فعال فتوسنتزی روزانه سطح دریا (PAR) در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 6: Correlation between DNPP and P^{B}_{optic}, PAR in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)



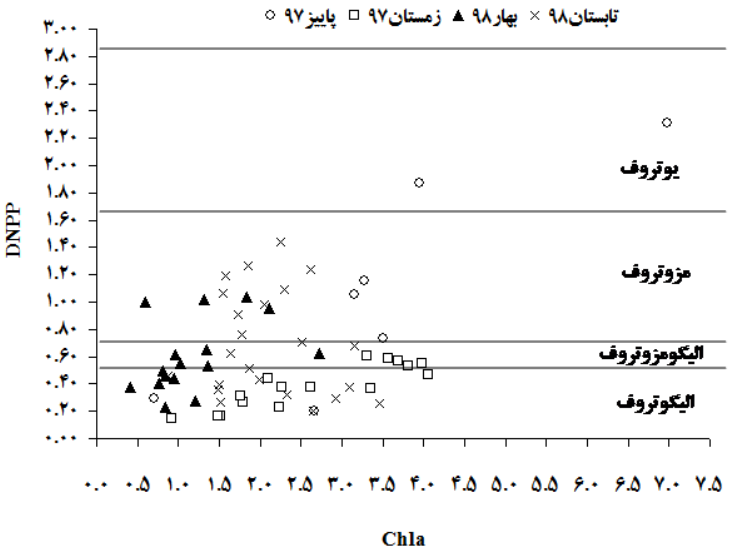
شکل ۷: آزمون مولفه اصلی (PCA) و دیاگرام سه بعدی تولیدات خالص اولیه (DNPP) و اجزای آن در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)

Figure 7: Principal component analysis and triangle diagram of DNPP and its components in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)

پراکندگی سطح تروفیک فصول مختلف بر اساس DNPP (شکل ۸) نشان می‌دهد که بیشترین پراکنش داده‌های تحقیق حاضر در سطح الیگوتروف (۴۸٪) و الیگومزوتروف تا مزوتروف (۴۹٪) بود. کمترین تعداد داده در سطح یوتروف (۳٪) ثبت شد. نتایج نشان داد که در نواحی غربی و شرقی بیشترین فراوانی سطح تروفیک در گروه الیگوتروف و در ناحیه مرکزی مزوتروف بود. همچنین بررسی در اعماق مختلف نشان داد که در عمق ۵ متر و ۳۰ متر به‌ترتیب تعداد داده‌های دارای سطح الیگوتروف و مزوتروف بیشتر بود ولی در عمق ۱۰ متر فراوانی سطوح مختلف تروفیک تقریباً یکسان بود.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]



شکل ۸: پراکندگی سطح تروفیکی در فصول مختلف بر اساس تولیدات خالص اولیه در نوار ساحلی حوزه جنوبی دریای خزر (۹۸-۱۳۹۷)
Figure 8: Seasonal distribution of trophic levels based on DNPP in the coastal of southern Caspian Sea (2018-2019)

بحث

غلظت کلروفیل-آ نقشی کلیدی در تعیین تولیدات اولیه دارد (Behernfled and Falkowaki, 1998). در تحقیق حاضر DNPP در محدوده ۲/۳۱-۰/۱۴ گرم کربن /مترمربع/روز قرار داشت. همبستگی خطی قوی (r=۰/۷۳) بین کلروفیل-آ و DNPP در آزمون رگراسیون، بیانگر تاثیر میزان کلروفیل-آ بر میزان DNPP بود به‌طوری‌که تغییرات DNPP از الگوی فصلی کلروفیل-آ تبعیت نمود و حداکثر غلظت کلروفیل-آ (۲۶/۳۱ میلی‌گرم بر مترمکعب) و DNPP در پاییز ۱۳۹۷ ثبت گردید. لذا، زی‌توده فیتوپلانکتون (شاخصی از کلروفیل-آ) را نیز می‌توان به عنوان عامل مهم و موثر بر میزان تولیدات اولیه در اکوسیستم در نظر گرفت (Deng *et al.*, 2017). از سویی، بالابودن زی‌توده فیتوپلانکتون (غلظت کلروفیل-آ) و تغییرات زمانی و مکانی آن به توزیع و پراکنش غلظت مواد مغذی (نیترات (NO_3) ، فسفات (PO_4)، سیلیس محلول (SiO_4)) وابسته است. بنابراین، مواد مغذی با تاثیر بر زی‌توده فیتوپلانکتون سطح DNPP را کنترل می‌کنند (Moore *et al.*, 2009; Deng *et al.*, 2017). مطالعات پیشین انجام شده در حوزه ایرانی دریای خزر نیز نقش اساسی مواد مغذی (به‌ویژه نیتروژن معدنی) را در تعیین میزان فیتوپلانکتون نشان دادند (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱). در تحقیق حاضر ضمن تایید نتایج مذکور، فسفر معدنی نسبت به ازت نیتراتی نقش موثرتری بر زی‌توده فیتوپلانکتون و به تبع آن DNPP نشان داد. زیرا بر اساس نسبت‌های مولی مواد مغذی (DIN/DIP)[1] در این سواحل، رشد فیتوپلانکتون بیشتر دارای محدودیت فسفری بود، اگرچه در برخی نیم‌خطها محدودیت نیتروژنی مشاهده گردید. با توجه به اینکه در مصب رودخانه‌ها مواد مغذی کافی برای فیتوپلانکتون وجود دارد، انتظار بر آن است که حداکثر DNPP در این ناحیه مشاهده گردد. در تحقیق حاضر نیز، حداکثر کلروفیل-آ و DNPP در نیم‌خط سفیدرود (بزرگ‌ترین رودخانه در حوزه ایرانی دریای خزر) ثبت گردید. در مطالعه دریای Waddenنیز حداکثر کلروفیل-آ و تولیدات در مناطق نزدیک به مصب رودخانه بدست آمد (Woldgirogis, 2012).

[1] Dissolved Inorganic Nitrogen/ Dissolved Inorganic Phosphorous

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

Behernfled و Falkowaki (۱۹۹۸) بیان نمودند که میزان بهینه تثبیت کربن روزانه (P^B_{optic}) از جمله متغیرهای مهم در تغییر تولیدات اولیه می‌باشد. از سویی، متغیر P^B_{optic} نیز بر اساس دمای آب محاسبه می‌گردد. بدین ترتیب، دمای آب و تغییر فصل، با اثر بر P^B_{optic}، بر تغییرات کلروفیل-آ و تولیدات اولیه اثر می‌گذارند. در مطالعه Deng و همکاران (۲۰۱۷) همبستگی بین P^B_{optic} و دمای آب غیر خطی می‌باشد (Deng *et al.*, 2017). در تحقیق حاضر نیز بر اساس شکل ۵، رابطه دمای سطحی آب و میزان P^B_{opt} غیرخطی بود. در اکوسیستم‌های آبی میزان بهینه P^B_{optic} در محدوده دمای آب ۲۳-۱۸ درجه سانتی‌گراد ثبت می‌گردد و حداکثر رشد فیتوپلانکتون تقریباً در دمای آب ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته می‌شود. تغییر دما در خارج از این محدوده عموماً سبب کاهش رشد فیتوپلانکتون می‌شود (Bai *et al.*, 2006). در مطالعه حاضر، حداکثر میزان P^B_{optic} در محدوده دمای ۲۲-۱۷ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید که همخوانی زیادی با تحقیق مذکور دارد. همچنین نوسانات P^B_{optic} با دمای آب همراه گردید به‌طوری‌که در فصل پاییز با میانگین دمای ۳/۹±۱۹/۴ درجه سانتی‌گراد بالاترین میزان P^B_{optic} مشاهده گردید و کاهش دما در زمستان (۱/۱±۱۱/۰) با کاهش میزان P^B_{optic} روزانه همراه شد و مجدداً با افزایش دما در فصل بهار (۲/۱±۱۹/۱) میزان P^B_{optic} افزایش نشان داد و در ادامه با افزایش دما تا ۱/۶±۲۷/۸ درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان، به حداقل میزان رسید.

Chen و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که دو متغیر دمای آب و مواد مغذی بر میزان زی‌توده فیتوپلانکتون موثر می‌باشد. در مطالعه حاضر زی‌توده فیتوپلانکتون با افزایش دما کاهش و با افزایش نیتروژن معدنی (DIN) افزایش نشان داد. اما بر اساس رگراسیون گام به گام زی‌توده فیتوپلانکتون تنها با دمای آب رابطه معنی‌داری منفی (r=-۰/۴۱) نشان داد (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که حداقل و حداکثر زی‌توده به‌ترتیب در فصول تابستان و زمستان ثبت گردید. تغییر دما از طریق تغییر گونه‌های غالب، سبب تغییر زی‌توده می‌شود. بررسی داده‌های فیتوپلانکتون و مقادیر کلروفیل-آ در دریای خزر نشان داد که هرچند افزایش تراکم فیتوپلانکتون با کلروفیل-آ دارای همبستگی مثبت هست ولی به دلیل تفاوت در اندازه، شکل و میزان کلروفیل گونه‌های مختلف فیتوپلانکتون، این ارتباط خطی ساده نیست به‌طوری‌که نقطه دارای حداکثر تراکم فیتوپلانکتون بر حداکثر میزان کلروفیل منطبق نمی‌گردد. وجود گونه‌های دارای زی‌توده و میزان کلروفیل بالا از عوامل مهم در بروز روابط غیر خطی بین تراکم فیتوپلانکتون و کلروفیل می‌باشد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۶). بدین ترتیب، اثرات تغییر دمای آب و تغییر فصل با اثر بر توالی فصلی گونه‌های غالب نیز سبب تغییرات زمانی کلروفیل-آ و تولیدات اولیه می‌شود. چنانکه مطالعه Deng و همکاران (۲۰۱۷) نیز نشان داد، روابط متقابل بین زی‌توده فیتوپلانکتون و P^B_{optic} موجب تغییرات زمانی DNPP می‌شود.

معلق شدن رسوبات با نفوذ جریان متلاطم رودخانه و سیلاب و نیز نیروی باد در سواحل از طریق تاثیر بر عمق لایه نوری و دسترسی فیتوپلانکتون به مواد مغذی برتغییرات تولیدات اولیه تاثیرگذار می‌باشد. رابطه خطی منفی بین تولیدات اولیه و تابش فعال فتوسنتزی روزانه سطح دریا بیانگر معلق شدن رسوبات و آشفتگی[1] در فرآیند تولیدات اولیه است (Deng *et al.*, 2017). در مطالعه حاضر نیز نمودار رگراسیون خطی بین این دو متغیر (شکل ۶) دارای ضریب همبستگی ۰/۱۶ با روند کاهشی و منفی بود. بررسی مقادیر DNPP و PAR در نواحی مختلف نشان داد که به رغم بالاتر بودن مقدار PAR در نواحی غربی و شرقی نسبت به ناحیه مرکزی، میانگین DNPP کم‌تر از ناحیه مرکزی بود. احتمالاً این امر ناشی از کدورت کم‌تر آب در ناحیه مرکزی (۳/۴۰NTU±۷/۷۵) بود. به عبارت دیگر، در دو ناحیه شرقی (۳/۶۸NTU±۹/۵۵) و غربی (۵/۰۷NTU±۹/۳۷) با داشتن شیب فلات قاره کمتر، اثر موج‌های حاصل از نیروی باد و سپس معلق شدن رسوبات کف و در نتیجه کاهش DNPP، آشکارتر بود.

طبق آزمون مولفه اصلی، در مولفه‌های اول و دوم با واریانس ۶۹٪، DNPP ، P^B_{optic} و Chl-a در مولفه اول و

[1] Disturbed

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

متغیرهای Z_{eu} با PAR در مولفه ۲ قرار گرفت (شکل ۷). همچنین در معادله رگراسیون خطی ضریب بالاتر متعلق به پارامتر Chl-a (۰/۰۸۴) بود و بعد از آن پارامتر P^B_{optic} (۰/۰۵۸) معنی دار بوده است (DNPP=-0.298+0.084 Chl-a +0.058 P^B_{optic}). به بیان دیگر، در هر دو آزمون آماری تغییرات زمانی-مکانی DNPP به طور معنی‌داری با تغییرات دو متغیر P^B_{optic} و Chl-a تبعیت نمود و دو متغیر Z_{eu} و PAR تاثیر کم‌تری نشان دادند.

در مطالعه پیشین انجام شده در دریای خزر، مقایسه سه منطقه خزرشمالی، خزرمرکزی و خزرجنوبی، بالاترین مقدار DNPP در خزر شمالی ثبت گردید (جدول ۲). این میزان، با توجه به وجود رودخانه بزرگ ولگا در خزر شمالی که بیش از ۸۰٪ مواد مغذی (سیلیس، نیتروژن و فسفر) را وارد خزر شمالی می‌کند، قابل توضیح می‌باشد (شریعتی، ۱۳۷۸). طبق همان مطالعه، DNPP در خزر مرکزی دارای کمترین میزان نوسانات در مقایسه با نواحی شمالی و جنوبی بود. مقایسه تحقیق حاضر نسبت به مناطق مختلف خزر (شریعتی، ۱۳۷۸) نشان می‌دهد که DNPP درسواحل ایرانی دریای خزر نسبت به مناطق شمالی کمتر اما نسبت به خزر مرکزی بیشتر بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲: مقایسه تولیدات خالص اولیه (گرم کربن/مترمربع/روز) در مناطق مختلف با تحقیق حاضر

Table 2: Comparison of primary net products (gC/m2.day) in different regions with the present study

	تولیدات خالص اولیه DNPP	مناطق	روش های اندازه گیری	سال تحقیق	منابع
۱	۰/۰۰۵-۱/۷۶	Wadden Sea	مدلVGPM	۲۰۱۲	Tillmann *et al*., 2000
۲	۱/۰۰-۵/۰۰	Morocco to Guinea Coastal, Northwest Africa	^{14}C uptake	۱۹۹۷-۲۰۱۰	Demarcq & Somoue, 2015
۳	۵/۰۰-۱۰/۰۰	Senegal and southern Mauritania, Northwest Africa	^{14}C uptake	۱۹۹۷-۲۰۱۰	Demarcq & Somoue, 2015
۴	۰/۹۶-۲/۲۱	Taihu Lake-China	مدلVGPM	۲۰۰۳-۲۰۱۳	Deng *et al.*, 2017
۵	۰/۵۰-۱/۴۰	خورموسی-خلیج فارس	مدلVGPM	۲۰۱۴	Mosavi Dehmordi *et al.*, 2016
۶	۵/۰۰	خزر شمالی (ولگا)	روش^{14}C	۱۹۷۸	شریعتی، ۱۳۷۸
۷	۰/۲۰	خزر مرکزی (باکو)	روش^{14}C	۱۹۷۸	شریعتی، ۱۳۷۸
۸	۱/۱۰	خزر جنوبی (غرب آستارا)	روش^{14}C	۱۹۷۸	شریعتی، ۱۳۷۸
۹	۱/۲۴	خزر جنوبی (شرق حسن قلی)	روش^{14}C	۱۹۷۸	شریعتی، ۱۳۷۸
۱۰	۰/۲۰۲	ناحیه غربی سواحل ایرانی	Winkler bottle	۱۳۸۲-۸۳	رحیمی بشر و همکاران، ۱۳۸۵
۱۱	۰/۸۳-۲/۱۰	خزرجنوبی	مدلVGPM	۱۳۹۳-۹۶	نوری، ۱۳۹۸
۱۲	۰/۱۴-۲/۳۱	سواحل ایرانی دریای خزر	مدلVGPM	۱۳۹۷-۹۸	تحقیق حاضر

برآورد تولید اولیه در اقیانوس‌ها و دریاهای مختلف با روش‌های داده‌پردازی و نیز برش‌های منطقه‌ای مختلف صورت می‌گیرد بنابراین، مقایسه این مقادیر و کاربری این روش‌ها در نقاط مختلف و حتی یک منطقه در مطالعات مختلف بایستی با احتیاط صورت گیرد (Regaudie-de-Gioux *et al*., 2014). لذا، افزایش قابل ملاحظه میانگین DNPP (گرم کربن/مترمربع/روز) در سواحل غربی دریای خزر در این تحقیق (۰/۶۸) در مقایسه با نتایج تحقیق رحیمی بشر و همکاران (۱۳۸۵) ممکن است به دلیل تفاوت در روش اندازه‌گیری باشد. شایان ذکر است، در سال‌های اخیر افزایش جلبک‌های دارای رشد تهاجمی (رشد و تکثیر شدید) به دنبال افزایش سطح تروفیک در سواحل دریای خزر صورت گرفته است (Nasrollahzadeh Saravi *et al*., 2014, 2018). افزایش این جلبک‌ها می‌تواند با افزایش DNPP همراه گردد (Seitzinger *et al*., 2010). در تحقیق نوری

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

(۱۳۹۸) نیز محدوده تغییرات DNPP بیش از تحقیق حاضر بود. این امر نیز احتمالاً به دلیل تفاوت در روش داده‌پردازی است. زیرا در مطالعه نوری (۱۳۹۸) سری زمانی ۹۶-۱۳۹۳ در کل منطقه خزر جنوبی (سواحل و اعماق بالا) مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در مطالعه حاضر بر خلاف مطالعه نوری (۱۳۹۸)، داده‌های ورودی کلروفیل، دمای سطحی آب و عمق نوری بر اساس داده‌های میدانی صورت گرفت. شرایط خاص اکوسیستم آبی نیز بر تغییرات DNPP موثر است. برای مثال، میزان DNPP در تحقیق حاضر در مقایسه با شمال شرق آفریقا کمتر بود که ممکن است به دلیل وقوع فرایند فراجهندگی[1] در شمال شرق آفریقا باشد که سبب افزایش تولیدات می شود (Demarcq and Somoue, 2015).

Seitzinger و همکاران (۲۰۰۵ و ۲۰۱۰) مناطق دریایی را بر اساس دامنه میانگین تولیدات خالص اولیه (گرم کربن/مترمربع/روز) به نیمه استوایی مرکزی (۱/۰۴-۰/۰۲۰)، فراجهنده استوایی (۰/۹۰۰-۰/۶۴۰)، مرزهای شرقی (۷/۳۰-۰/۰۳۰)، اقیانوس قطب شمال (۱/۱۰۰-۰/۰۰۳)، اقیانوس جنوبی (۰/۳۷۰-۰/۲۹۰)، دریاهای ساحلی (۱/۴۰۰-۰/۱۰۰) و مصب ها و نوار ساحلی (۸/۰۰-۰/۱۰۰) تقسیم‌بندی نمودند. مقایسه این گروه‌بندی با نتایج تحقیق حاضر (دامنه DNPP در صدک‌های ۷۵-۲۵، به میزان ۰/۹۶-۰/۳۵ گرم کربن/مترمربع/روز) نشان داد که منطقه مورد مطالعه در گروه دریاهای ساحلی قرار دارد. در مطالعه Nixon و همکاران (۱۹۹۵) به منظور طبقه‌بندی سطح تغذیه‌گرایی بر اساس تولیدات خالص اولیه فیتوپلانکتونی (اندازه‌گیری کربن)، برای سطوح الیگوتروف، الیگومزوترف، مزوتروف، یوتروف و هایپرتروف به‌ترتیب مقادیر ۰/۶۳۵>، ۱/۷۳۵-۰/۶۳۵، ۲/۸۳۵-۱/۷۴۰ و ۲/۸۳۵< گرم کربن /مترمربع/روز در نظر گرفته شد. نتایج تحقیق حاضر بر اساس طبقه‌بندی مذکور نشان داد که ۵۲ درصد از داده‌ها دارای سطح تروفیک در محدوده الیگومزوتروف (۴۹٪) تا یوتروف (۳٪) بود و ۴۸ درصد باقیمانده داده‌ها در وضعیت تروفیک الیگوتروف (عمدتاً در ناحیه شرقی) قرار داشتند.

[1] Upwelling

کاربرد این نتایج در فعالیت‌های شیلاتی و آبزی‌پروری دریای خزر، فعالیت‌های اقتصادی پایدار همراه با حفاظت محیط زیست را بدنبال خواهد داشت.

منابع

رحیمی بشر، م.ر.، اسماعیلی ساری، ع.، فاطمی، س.م.ر.، نظامی، ش.ع.، جوانشیر، آ. و علیپور، و. ۱۳۸۵. تغییرات زمانی و مکانی عوامل غیرزیستی، کلروفیل-ا، تولیدات اولیه پلاژیک در مصب رودخانه سفیدرود. مجله پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۱۲(۷۷): ۱۵-۱.

شریعتی، ا.، ۱۳۷۸. نقش میکروفلورها و فیتوپلانکتون ها در فرایند تولیدی دریای خزر. ترجمه کتاب سلمانوف (۱۹۸۷). ۳۴۹ ص.

مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی ح.، اسلامی، ف.، کیهان‌ثانی، ع.ر و واحدی، ف.، ۱۳۹۶. بررسی تولیدات اولیه با تاکید بر کلروفیل-آ و وزن تر فیتوپلانکتون در ساحل جنوبی دریای خزر-منطقه گهرباران، مجله علمی شیلات ایران، ۲۶ (۲):۱۲۱-۱۳۰.

نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، واحدی، ف.، مخلوق، آ. و صفوی، س.ا.، ۱۳۹۱. روند تغییرات ماکرونوترینت (مواد مغذی) آب در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر. مجله اقیانوس شناسی، ۳(۱۱): ۵۳-۴۳.

نوری، پ.، ۱۳۹۸. پایش ماهواره‌ای و تغییرپذیری مکانی-زمانی تولیدات خالص اولیه در حوزه جنوبی دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت و مدرس، دانشکده منابع طبیعی (نور)، ۱۱۶ص.

APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. American public health association publisher, 18thedition, Washington, USA.1113P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

Bai, X., Xiaohong amp, G.U. and Yang, L., 2006. Analyses on water quality and its protection in east Lake Taihu. *Journal of Lake Science*, 18:91–96. ISSN: 2668-7798.

Behrenfeld, M.J. and Falkowski, P.G., 1998. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*, 42(l):1-20. DOI.org/10.4319/lo.1997.42.1.0001.

Chen, Y., Qin, B., Teubner, K., Dokulil, M.T., 2003. Long-term dynamics of phytoplankton assemblages: Microcystis-domination in Lake Taihu, a large shallow lake in China. *Journal of Plankton Research*, 25:445–453. DOI.org/10.1093/plankt/25.4.445.

Demarcq, H. and Somoue, L., 2015. Phytoplankon and primary productivity of Northwest Africa. In: Oceanographic and biological features in the current Large Marine Ecosystem. Valdeés, L. and Déniz-González, I. (eds). IOC-UNESCO, Paris. *IOC Technical Series, No. 115*, pp. 161-174. URI: http://hdl.handle.net/1834/9186.

Deng, Y., Zhang, Y., Li, D., Shi, K. and Zhang, Y., 2017. Temporal and Spatial Dynamics of Phytoplankton Primary Production in Lake Taihu Derived from MODIS Data. *Remote Sensing*, 9(195):2-18. DOI:10.3390/rs9030195.

Falkowski, P.G., and Raven, J.A., 1996. Aquatic photosynthesis. Blackwell Publishers, 384 P. ISBN: 0865423873.

Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T. and Falkowski, P., 1998. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science*, 281, 237–240. DOI: 10.1126/science.281.5374.237.

Ishizaka, J., Siswanto, E., Itoh, T., Murakami, H., Yamaguchi, Y., Horimoto, N. and Saino, T., 2007. Verification of vertically generalized production model and estimation of primary production in Sagami Bay, Cole, B. E., Cloern, J. E. (1987). An empirical model for estimating phytoplankton productivity in estuaries. *Marine Ecology Progress Series*, 36(1): 299-305. DOI.jstor.org/stable/44634902.

Moore, C.M., M.M. Mills, E.P. Achterberg, R.J. Geider, J. LaRoche, M.I. Lucas, E.L. McDonagh, X. Pan, A.J. Poulton, M.J.A. Rijkenberg, D.J. Suggett, S.J. Ussher, and Woodward, E.M.S., 2009. Large-scale distribution of Atlantic nitrogen fixation controlled by iron availability. *Nature Geoscience*, 2(12), 867-871. DOI: org/10.1038/ngeo667.

Mosavi Dehmordi, L., Savari, A., Dostshenas, B., Mohamad Asgari, H. and Abasi, A., 2016. Satellite-Derived Primary Productivity and its Spatial and Temporal Variability in the Khuremussa (Northwest Persian Gulf). *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(4): 461-475. DOI: 10.15666/aeer/1404_461475.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Makhlough, A., Eslami, F. and Leroy Suzanne, A.G., 2014. Features of phytoplankton community in the southern Caspian Sea, a decade after the invasion of *Mnemiopsis*

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

leidyi. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(1):145-167. DOI: 10.18869/acadpub.ijfs.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourang, N., Foong, S.Y. and Makhlough, A., 2018. Eutrophication and trophic status using different indices: A study in the Iranian coastal waters of the Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, DOI: 10.22092/ijfs.2018.117717.

Nixon, S.W., Granger, S.L. and Nowicki, B.L., 1995. An assessment of the annual mass balance of carbon, nitrogen and phosphorous in Narransett Bay. *Biogeochemistry*, 31:15-61.

Platt, T., Sathyendranath, S. and Ravindran, P., 1990. Primary production by phytoplankton: Analytic solution for daily rates per unit area of water surface. *Proceeding of Royal Society of London*, B241: 101-111 P.

Regaudie-de-Gioux, A., Lasternas, S., Agustí, S. and Duarte, C.M., 2014. Comparing marine primary production estimates through different methods and development of conversion equations. *Frontiers in Marine Science*, 1(19):1-14. DOI: 10.3389/fmars.2014.00019.

Rousseaux, C.S. and Gregg, W.W., 2014. Interannual variations in phytoplankton primary production at a global scale. *Remote Sensing*, 6: 1-19. DOI: org/10.3390/rs6010001.

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij, V.L. and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia.

Seitzinger S.P. and Harrison, J.A., 2005. Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of Global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. *Global Biogeochemical Cycles*, 19(GB4S01):1-11. DOI: 10.1029/2005GB002606.

Seitzinger, S.P., Mayorga, E., Bouwman, A.F., Kroeze, C., Beusen, A.H.W., Billen, G., Van Drecht, G., Dumont, E., Fekete, B.M., Garnier, J. and Harrison, J.A., 2010. Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles*, 24(GB0A08):1-16. DOI: 10.1029/2009GB003587.

Siegel, D.A., Behrenfeld, M.J., Maritorena, S., McClain, C.R., Antoine, D., Bailey, S.W., Bontemp, P.S., Boss, E.S., Dierssen, H.M., Doney, S.C., EpleeJr., R.E., Evans, R.H., Feldman, G.C., Fields, E., Franz, B.A., Kuring, N.A., Mengelt, C., Nelson, N.B. and Yoder, J.A., 2013. Regional to global assessments of phytoplankton dynamics from the SeaWiFS mission. *Remote Sensing of Environment*, 135:77-91. DOI: org/10.1016/j.rse.2013.03.025.

Tillmann, U., Hesse, K.J. and Colijn, F., 2000. Planktonic primary production in the German Wadden Sea. *Journal of Plankton Research*, 22(7):1253-1276, DOI:10.1093/plankt/22.7.1253.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

Westberry, T., Behrenfeld, M.J., Siegel, D.A. and Boss, E., 2008. Carbon based primary productivity modeling with vertically resolved photoacclimation. *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB2024. DOI: 10.1029/2007GB003078.

Woldgirogis, M.G., 2012. Quatification of Primary production in Wadden Sea using remote sesing and field measurments, M.Sc. dessertation, University of Twente, Nethrland, 41P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]

Study on daily phytoplankton net primary production and correlation with its components in coastal zone of the southern Caspian Sea

Nasrollahzadeh Saravi, H.[1*]; Makhlough, A.[1]; Vahedi, F.[1], M.[1]; Roohi, A.[1]; Noori, P.[2]

[*]hnsaravi@gmail.com

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

2- Graduate of Tarbiat Modarres University, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Noor, Iran

Abstract

Primary production is an important component in the biological cycle in terms of carbon storage and a key indicator for evaluating of ecosystem function. In this study, net primary production and its components were investigated in the coastal zone of Iranian basin of Caspian Sea during four seasons from 2018 to 2019. In addition, the effective environmental factors on spatial-temporal distributions of net primary production have been studied. As a results, mean (±SD) of Chl-a, euphotic depth (Zeu), active photosynthetic radiation (PAR), maximum primary production per unit of Chl-a (P^B_{opt}) and daily net primary production (DNPP) were obtained 2.54±3.23 mg/m^3, 28.9±6.8m, 40.42±16.84 Einstein/m^2.day, 5.05±1.11 mgC/mgChl-a.h and 2.04±0.73 gC/m^2.day. The value of DNPP in the central region was more than the western and eastern regions. It probably is due to effects of wind and waves turbulent on re-suspension of sediment and decrease of light penetration in water column in the western and eastern regions. The seasonal variation of net primary production was in order: autumn>summer>spring> winter. The significant higher NPP in autumn than other seasons ($p< 0.05$, ANOVA-test), primarily caused by Chl-a and P^B_{optic}. Based on regression and PCA tests, temporal-spatial changes of DNPP has been significantly affected by the two variables of Chl-a and PB_{optic}. In general, the classification of trophic state based on net primary production showed that 52% of the data had trophic states in the range of oligo-mesotroph and mesotroph (49%) to eutroph (3%) and 48% of the data were in the oligotroph group (mainly in the eastern region).

Keywords: Environmental parameters, Net primary production, Iranian Coasts, Caspian Sea

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1399.29.5.13.9]