

بررسی تولید اولیه با استفاده از روش سنجش از دور و میدانی در خوریات

ماهشهر (خوزستان-خلیج فارس)

لاله موسوی ده موردی^{۱*}، احمد سواری^۲، بابک دوست شناس^۲، حسین محمد عسگری^۳، علیرضا عباسی^۴

*Lalehmosavi84@yahoo.com

- ۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان
- ۲- گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- ۳- گروه محیط زیست دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر
- ۴- سازمان جغرافیایی ارتش

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۴

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

لغات کلیدی: تولید اولیه، سنجش از دور، میدانی، خوریات ماهشهر، خلیج فارس

از روشهای معمول سنتی و آزمایشگاهی امری مشکل می- باشد. لذا با نظر به قابلیت‌های فراوان تکنیک سنجش از دور، جهت شناسایی و سنجش بسیاری از پدیده ها و فاکتورهای زیست محیطی، که با دقت بالا و هزینه کم صورت می گیرد، انجام این روش جهت تخمین تولید اولیه بسیار ضروری به نظر می رسد. در ایران تا کنون هیچ مطالعه ای بر روی روش های سنجش از دور جهت بررسی تولید اولیه در آب انجام نشده است و مطالعات فقط در حد تخمین کلروفیل و دمای سطحی (موبد و همکاران، ۱۳۸۵؛ سواری و همکاران، ۱۳۸۹؛ ادب و همکاران، ۱۳۸۹؛ Kheirkhah *et al.*, 2012) بوده است. در این مطالعه سنجش تولید اولیه در ماهها و ایستگاههای مختلف در خوریات ماهشهر با استفاده از روش سنجش از دور و میدانی انجام شده است.

طی مدت یک سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲، عملیات نمونه برداری در خور موسی، خور ماهشهر و خور زنگی انجام

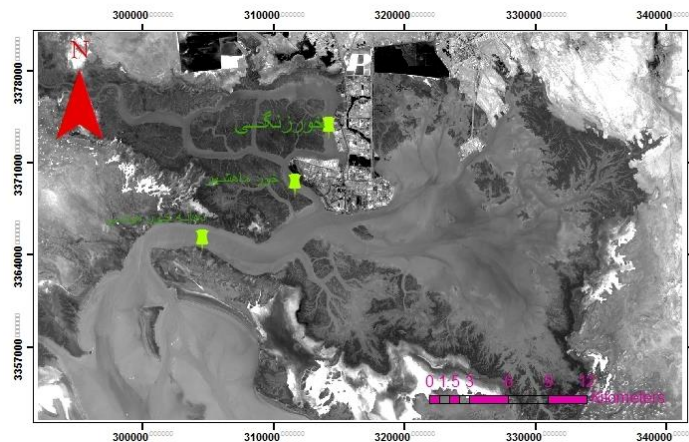
فیتوپلانکتونها با فتوسنتزشان دی اکسید کربن اضافه جو را جذب می کنند و نقش تعدیل کنندگی در آب و هوا بازی می کنند (Moll, 2012). مطالعات نشان داده است که محیط های آبی می توانند نیمی از دی اکسید کربن اتمسفر را جذب کنند لذا مطالعات جزئیات تغییرات زمانی و مکانی تولید اولیه جهت مشخص کردن تغییرات دی اکسید کربن دریا و هوا که بر روی پمپ زیستی اثر می- گذارد بسیار اساسی است (Arrigo, 2008). این تغییرات زمانی و مکانی با استفاده از روش های نمونه برداری سنتی آب نمی توانند به طور دقیق مطالعه شوند. تخمین تولید اولیه با استفاده از سنجش های ماهواره از طریق رادیوسنجی رنگ دریاها جهت درک بهتر چرخه های بیوژئوشیمیایی و زیستی عناصر بسیار مهم می باشد (Falkowski *et al.*, 1998). با توجه به اهمیت مطالعه پراکنش و مقدار تولید اولیه به عنوان پایه و اساس تولید در دریاها و با توجه به طولانی بودن سواحل ایران استفاده

$$SD \times 2.5 = z_{eu}$$

$$1.448/SD = kd$$

Z_{eu} = عمق نوری، SD = عمق سشی، kd = ضریب خاموشی

گردید. در شکل ۱ خورهای مورد مطالعه در نقشه ماهواره ای منطقه خوریات ماهشهر مشخص شده است. میزان نور در محیط با استفاده از دستگاه spherical quantum sensor سنجیده شده است. ضریب خاموشی نور و عمق نوری نیز در لایه های آب با استفاده از عمق سشی و فرمولهای زیر تخمین زده می شوند (Cole and Cloern, 1987).



شکل ۱: محل دقیق ایستگاههای نمونه برداری شده

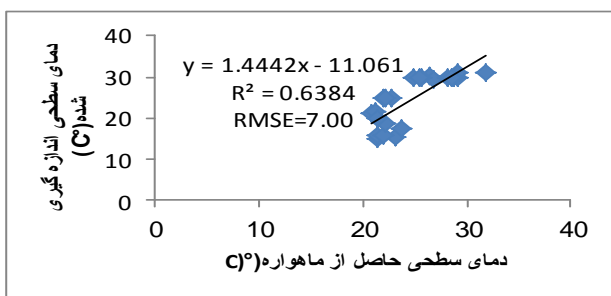
ENVI استفاده شده است. سپس محاسبه تولید اولیه با استفاده از مدل VGPM (Vertical Generalized Production Model) انجام گرفت (Behrenfeld and Falkowski, 1997). تمامی مراحل پردازش تصاویر ماهواره با استفاده از نرم افزار متلب انجام گردید. ورودی های مدل VGPM شامل میزان بهینه تثبیت کربن در ستون آب (P_{Bopt})، کلروفیل-آ، عمق نوری (Z_{eu})، دوره نوری (D_{irr})، تابش خورشیدی روزانه (PAR, E_0) است. فرمول مدل به صورت زیر است (Behrenfeld and Falkowski, 1997):

$$[PP] = 0.66125 \times P_{Bopt} \times E_0 / E_0 + 4.1 \times chl_a \times Z_{eu} \times D_{irr}$$

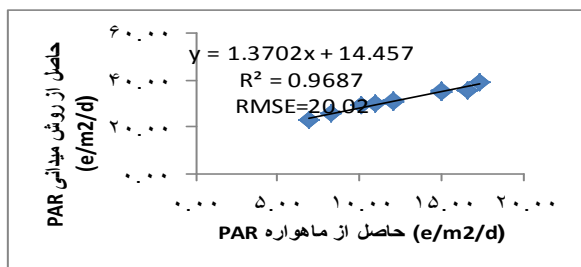
PP = انتگرال تولید اولیه در عمق نوری (گرم کربن در متر مربع در روز)، Chl_a = غلظت کلروفیل (میلی گرم بر متر مکعب)

تولید اولیه همزمان با عبور ماهواره در ۸ ماه از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ (بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، تیر، شهریور، مهر، آبان) با استفاده از روش بطری تاریک و روشن اندازه-گیری گردید (Wetzel and Likens, 1991). در روش کار سنجش از دور ابتدا تصاویر لندست ۸ در روزهای نمونه برداری از سایت Earth Explorer دانلود گردید (<http://earthexplorer.usgs.gov>). سپس پیش پردازش بر روی تصاویر انجام شد. در مرحله پیش پردازش با یک سری عملیات بر روی داده های خام (قبل از هر گونه پردازش بصری یا رقومی)، خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره مورد توجه قرار گرفتند. در تصاویر لندست ۸ مورد استفاده تا سطح ۱T تصحیحات هندسی انجام گرفته بود (علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۷). در این مطالعه جهت اعمال تصحیحات اتمسفری نیز از روش FLAASH (Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) و نرم افزار

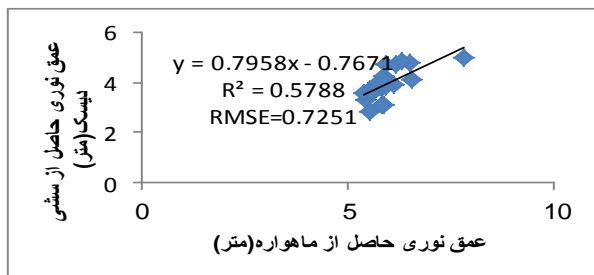
در هر سه خور کمترین میزان PAR ($6/91 e/m^2/d$) در آبان ماه و بیشترین میزان آن ($17/33 e/m^2/d$) در تیرماه مشاهده گردید. مقایسه میان PAR حاصل از ماهواره و روش میدانی در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصل از سنجش عمق نوری با استفاده از ماهواره نشان داد که کمترین میزان عمق نوری در ($7/8016$ متر) در خور زنگی در تیرماه و بیشترین میزان آن ($5/3995$ متر) در بهمن در خور ماهشهر مشاهده گردید.



شکل ۳: مقایسه میان دمای سطحی میدانی و حاصل از ماهواره (در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در خوربات مورد مطالعه)



شکل ۴: مقایسه میان PAR میدانی و حاصل از ماهواره (در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در خوربات مورد مطالعه)



شکل ۵: مقایسه میان عمق نوری میدانی و ماهواره (در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در خوربات مورد مطالعه)

D_{irr} = دوره نوری روزانه (in decimal hours), E_0 = اشعه فعال فتوسنتزی سطحی آب (انیشتن بر متر مربع در روز)
 Z_{eu} = عمق نوری (متر)
 عمق نوری با استفاده از ضریب ناپدید شدگی نور به صورت زیر بدست می آید (Behrenfeld and Falkowski, 1997):

$$Z_{eu} = 4.65 / K_d$$

P_{Bopt} : میزان بهینه تثبیت کربن روزانه در ستون آب (میلی گرم کربن یا میلی گرم کلروفیل در ساعت). این متغیر می تواند از طریق ارتباطات دمایی به صورت زیر مدل شود.

$P_{Bopt} = 1/13$ (اگر دما کوچکتر از $0/1$ باشد)

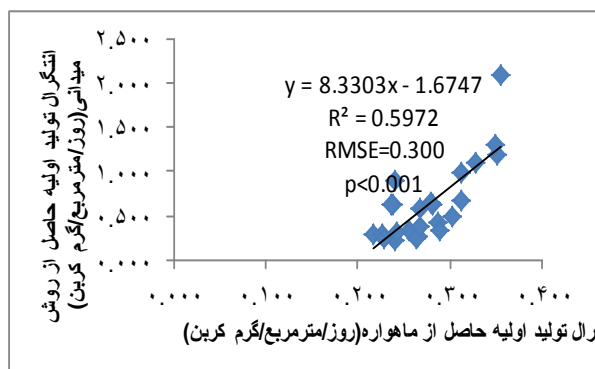
$P_{Bopt} = 4$ (اگر دما بیشتر از $28/5$ باشد)

$$P_{Bopt} = 1.2956 + 2.749 \times 10^{-1} T + 6.17 \times 10^{-2} T^2 - 2.05 \times 10^{-2} T^3 + 2.462 \times 10^{-3} T^4 - 1.348 \times 10^{-4} T^5 + 3.4132 \times 10^{-6} T^6 - 3.27 \times 10^{-8} T^7$$

T = دمای سطحی

انتگرال تولید اولیه با استفاده از روش میدانی در عمق نوری نشان داد که بیشترین میزان تولید اولیه ($2/95$ روز/مترمربع/گرم کربن) در فروردین ماه در خور موسی و کمترین میزان آن ($0/11$ روز/مترمربع/گرم کربن) در تیرماه در خور ماهشهر بوده است. بررسی های حاصل از ماهواره نشان داد که بیشترین میزان دمای سطحی حاصل از ماهواره ($29/05$ درجه سانتیگراد) در تیرماه در خور ماهشهر و کمترین دما ($20/71$ درجه سانتیگراد) در مهرماه در خور زنگی بدست آمد. مقایسه میان دمای سطحی حاصل از ماهواره و روش میدانی در شکل ۳ نشان داده شده است. طبق آمار اداره هواشناسی بیشترین میزان طول روز (14 ساعت) در تیرماه و کمترین میزان طول روز ($10/3$ ساعت) نیز در آبان ماه بوده است. کمترین میزان تثبیت بهینه کربن (4 میلی گرم کربن/میلی گرم کلروفیل/ساعت) در تیرماه در هر سه خور و بیشترین میزان آن ($6/59$ میلی گرم کربن/میلی گرم کلروفیل/ساعت) در خور ماهشهر در فروردین بوده است. طبق نتایج حاصل از سنجش PAR با استفاده از ماهواره

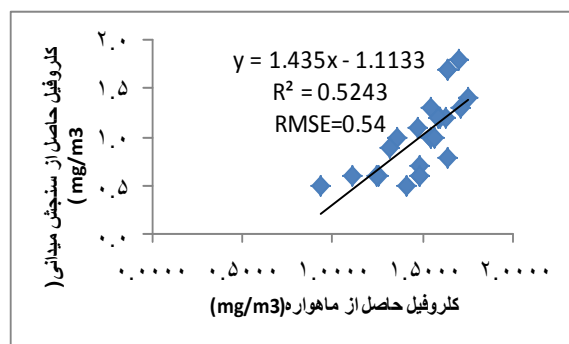
با بدست آوردن تمامی متغیرهای موجود در مدل VGPM و جایگزینی آنها در این مدل میزان تولید اولیه در خوریات در طول دوره مورد مطالعه محاسبه گردید. نتایج حاصل از این مدل نشان داد که بیشترین میزان تولید اولیه (۰/۳۵۶ گرم کربن/مترمربع/روز) در خور موسی در فروردین ماه و کمترین میزان آن (۰/۲۱۷ گرم کربن/مترمربع/روز) در خور زنگی در بهمن ماه است. ضریب تعیین حاصل از مدل VGPM، ۰/۶ و مقدار (Root Mean Square Error) RMSE آن ۰/۳ روز/مترمربع/گرم کربن بدست آمد. نتایج تحلیل رگرسیون این مدل در شکل ۱۴ نشان داده شده است. نتایج بررسی آزمون همبستگی نشان داد که تولید اولیه حاصل از ماهواره و تولید اولیه اندازه گیری شده، ارتباط معنی داری با هم دارند (۰/۰۰۱ < p). این ارتباط معنی دار در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



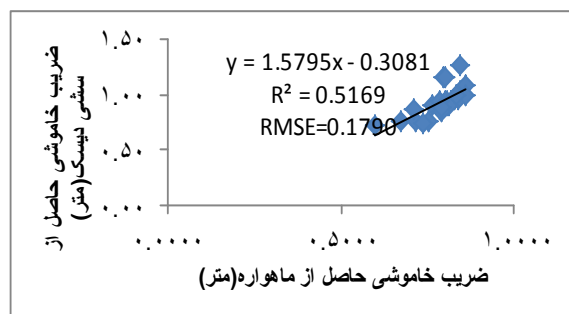
شکل ۸: تحلیل رگرسیون و RMSE مدل VGPM و تولید اولیه اندازه گیری شده در طول دوره مطالعه

در بررسی حاضر در پی شکوفایی فیتوپلانکتونها در فروردین ماه بیشترین مقدار تولید اولیه و کلروفیل و کمترین میزان در آبان ماه ثبت گردید. Hirawake و همکاران (۱۹۹۸) نیز در جنوب خلیج فارس بیشترین میزان تولید اولیه (۱/۲۷ روز/مترمربع/گرم کربن) را در آوریل و کمترین میزان (۰/۱۲ روز/مترمربع/گرم کربن) را در مهر ماه گزارش کرده است. همچنین Al-Yamani (۲۰۰۶) در خلیج کویت بیشترین میزان تولید اولیه (۲/۳۶

مقایسه میان عمق نوری حاصل از ماهواره و روش میدانی در شکل ۵ نشان داده شده است. در مورد کلروفیل نیز بیشترین میزان کلروفیل (۱/۶۹ مترمکعب/میلی گرم) در خور موسی در فروردین و کمترین میزان آن (۰/۹۳ مترمکعب/میلی گرم) در بهمن در خور ماهشهر مشاهده گردید. مقایسه میان کلروفیل حاصل از ماهواره و روش میدانی در شکل ۶ نشان داده شده است. طبق نتایج حاصل از سنجش ضریب خاموشی با استفاده از ماهواره بیشترین میزان ضریب خاموشی در (۰/۸۶۱۲ متر) در خور زنگی در تیرماه و کمترین میزان آن (۰/۵۹۶۰ متر) در بهمن در خور ماهشهر مشاهده گردید. مقایسه میان ضریب خاموشی حاصل از ماهواره و روش میدانی در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶: مقایسه میان کلروفیل میدانی و حاصل از ماهواره (در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در خوریات مورد مطالعه)



شکل ۷: مقایسه میان ضریب خاموشی میدانی و ماهواره (در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در خوریات مورد مطالعه)

سمی ناشی از پتروشیمی ها و کارخانجات صنعتی احداث شده در منطقه و افزایش کدورت ناشی از آنها و گردو غبارهای منطقه ای بالا در این سالها دانست (حویزروی و همکاران، ۱۳۹۳). مقایسه میان تولید اولیه حاصل از ماهواره و روش میدانی ارتباط معنی داری را با هم نشان دادند ($R^2=0/59$). RMSE بین روش حاصل از ماهواره و روش میدانی ۰/۳۰ روز/مترمربع/گرم کربن بوده است. از دلایل ارتباط خوب بین تولید اولیه اندازه گیری شده و مدل شده، استفاده از مدل بسیار جامع و کلی VGPM می باشد چرا که در این مدل بیشتر پارامترهای مهم و موثر بر روی تولید اولیه لحاظ شده است. و از دلایل دیگر قدرت تفکیک مکانی بسیار بالای ماهواره لندست ۸ می باشد که برای مناطق کوچکی مثل منطقه حاضر بسیار مناسب می باشد. پس می توان به صورت کلی مدل حاضر را مدلی مناسب جهت تخمین تولید اولیه با استفاده از سنجش از دور در منطقه دانست.

منابع

ادب، ح.، عباتی، آ.، امیراحمدی، ا. و اسماعیلی، ر.، ۱۳۸۹. پایش زمانی دمای سطح دریا و کلروفیل a با استفاده از تحلیل تصاویر دورسنجی در دریای خزر. مجله بیولوژی دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال دوم، شماره هشتم، صفحات ۱۲-۱.

حبیبی خالیدی، ط.، ۱۳۷۸. بررسی تاثیر فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی بر روی تولید اولیه و کلروفیل در خوریات موسی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۲۰۰ صفحه.

حویزروی، ش.، سواری، ا.، دهقان مدیسه، س.، دوست شناس، ب.، صفاهیه، ع.، پاشازانوسی، ح. و اخوت، ن.، ۱۳۹۳. ارزیابی سلامت اکولوژیک نواحی ساحلی و خوریات خوزستان با استفاده از شاخص BOPA-m و BOPA. مجله علوم و فنون دریایی، دوره ۱۳، شماره ۳. صفحات ۱۰-۱.

خلفه نیلساز، ع.، ۱۳۷۷. بررسی تولید اولیه در خوریات ماهشهر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر. ۱۷۸ صفحه.

روز/مترمربع/گرم کربن) را در آوریل و کمترین آن را در اکتبر (۰/۰۱ روز/مترمربع/گرم کربن) گزارش کرده است. محققین دیگر نیز در هنگام شکوفایی فیتوپلانکتونها میزان بالای تولید اولیه را گزارش کرده اند (Joint and Groom, 2000). در اریبیهشت ماه کاهش یکباره تولید اولیه در منطقه وجود دارد که علت آن افزایش تعداد زئوپلانکتون ها و چرای آنها از فیتوپلانکتون ها است چرا که طبق مطالعات قبلی در منطقه حاضر (دهقان مدیسه، ۱۳۹۱) بیشترین چرای زئوپلانکتونها در منطقه حاضر در اردیبهشت ماه است. Dallolmo and Gitelson (۲۰۰۵) کاهش یکباره تولید اولیه را بعد از فصول شکوفایی چرای زئوپلانکتونی دانسته اند. طبق مطالعات قبلی در منطقه حاضر در فصل زمستان حاصلخیزی بالا نیست ولی در فصل بهار بیشترین حاصلخیزی و تولید اولیه در منطقه وجود دارد زیرا تولید اولیه با فصل و مدار جغرافیایی و تغییرات روشنایی تغییر می کند که این امر ناشی از شرایط مطلوب محیطی در طی ماه های گرمتر جهت رشد جلبک ها می باشد (خلفه نیلساز، ۱۳۷۸). محققین نشان داده اند که در بهار زمانی که آب متلاطم می شود عناصر بیوژنی که در زمستان احیا شده اند به لایه های سطحی منتقل شده و افزایش شدت نور همراه با افزایش دما باعث رشد جلبک ها می شود (Oreilly et al., 2000). طبق نظر محققین به علت افزایش بارندگی و نیز افزایش تلاطم آب در فصول سرد میزان کدورت در ماههای زمستان بیشتر از تابستان بوده لذا این فاکتور از عوامل محدود کننده تولید اولیه محسوب می شود (حبیبی خالیدی، ۱۳۷۸). بررسی نقشه تولید اولیه از نظر مکانی نشان می دهد که در بیشتر ماهها هر چه به دهانه خور موسی نزدیک تر می شویم میزان تولید اولیه بیشتر می شود. علت آن را می توان کدورت بسیار بالاتر خوریات نسبت به دهانه خور موسی دانست چراکه کدورت بالا مانع نفوذ نور و باعث کاهش تولید اولیه می شود. مقایسه این مطالعه با دیگر مطالعات انجام شده در سالهای قبل (خلفه نیلساز، ۱۳۷۷؛ حبیبی خالیدی، ۱۳۷۸) کاهش تولید اولیه، میزان فیتوپلانکتونها و کلروفیل را نشان داده است، از دلایل احتمالی این مسئله را می توان افزایش آلودگی های

- Arrigo, K.R., 2008.** Primary production in the Southern Ocean, 1997–2006, *Journal of Geophysic Research*, 11: 23-43.
- Behrenfeld, M.J. and Falkowski, P.G., 1997.** A consumer's guide to phytoplankton primary productivity models. *Limnology and Oceanography*. 42: 1479–1491.
- Cole, B. and Cloern, E., 1987.** An empirical model for estimating phytoplankton productivity in estuaries. *Marine Ecology Progress Series*. 36: 299-305.
- Dallolmo, G. and Gitelson, A., 2005.** Effect of biooptical parameter variability on the remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters: experimental results. *Applied optics*, 44: 412-422.
- Falkowski, P., Behrenfeld, M., Esaias, E., Balch, W., Campbell, J., Iverson, R., Kiefer, D.A., Morel, A. and Yoder, J.A., 1998.** Satellite primary productivity data and algorithm development: a science plan for mission toplanet Earth. In: Hooker, S.B.; Firestone, E.R.; Eds., *SeaWiFS Technical Report Series, V.42* (NASA Technical Memorandum 104566). NASA, Washington press, DC, 36p.
- Joint, I. and Groom, S.B., 2000.** Estimation of phytoplankton production from space: current status and future potential of satellite remote sensing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 250: 233-255.
- Hirawake, T., Tobita, K., Ishimaru, T., Satoh, H. and Morinaga, T., 1998.** خورسندی، ا.، مقدم، ا.، افتخار اردبیلی، ا.، رضایی، آ.، حمزه لو، س. و زارعی، ذ.، ۱۳۸۹. بررسی الگوی تغییرات ماهیانه کلروفیل خلیج فارس برای دوره ۱۲ ساله با استفاده از داده های ماهواره و بررسی تغییرات اقلیمی بر آن. چهارمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم. ۲۹ آذر الی ۱ دی. تهران، ایران.
- دهقان مدیسه، س.، ۱۳۹۱.** بررسی هیدروبیولوژی خوریات ماهشهر. مرکز تحقیقات آبی پروری جنوب کشور اهواز، ۲۴۳ صفحه.
- سواری، ا.ک.، رنگزن، ه.، خالدی، ف.، برزگر، ر. و چینی پرداز. ۱۳۸۹.** کاربرد تکنیکهای سنجش از دور (RS) و (GIS) در تخمین تولید اولیه (فیتوپلانکتونهای) سواحل جزیره قشم و تنگه هرمز، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر.
- علوی پناه، ا.، متین فر، ا. و امیری، س. ا.، ۱۳۸۷.** مقایسه محتوای اطلاعاتی سنجنده های TM و ETM+ در محیط های بیابانی و شهری ایران، پژوهش های جغرافیا، سال چهارم، شماره ۴۷، صفحات ۶۴-۵۶.
- موبد، پ.، رنگزن، ک.، سواری، ا. و خالدی، ه.، ۱۳۸۵.** استفاده از سنجنده های مختلف ماهواره ای در تعیین کلروفیل منابع آبی و بررسی این روشها در اندازه گیری کلروفیل آبهای جنوب استان. مجموعه مقالات هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.
- Al-Yamani, F., Subba Rao, D., Mharzi, A., Ismail, W. and Al-Rifaie, K., 2006.** Primary Production off Kuwait, an Arid Zone Environment, Arabian Gulf, *International Journal of Oceans and Oceanography*, 1: 85-65.

- Kheirkhah, M., Chegini, V., Negarestan, H. and Tarahomjoo, Z., 2012.** Influence of sea surface temperature on primary productivity using satellite ocean color observations in Persian Gulf, Thesis, 180p.
- Moll, A., 2012,** Modeling primary production in North sea. The future of oceanography. 2: 202-220.
- Siegel, D., Carder, K., Kahru, M., Garver, S. and McClain, C., 2000.** Ocean color algorithms for SeaWiFS. Journal of Geophysical Research. 103: 937- 953.
- Primary production in the ROPME Area. In: A. Otsuki et al. (Eds.) Offshore Environment of the ROPME Sea Area after the War-Related Oil Spills”, Terra Scientific Publishing Co. (TERRAPUB), Tokyo, pp. 181-191.
- USGS. 2000.** science for a changing world. <http://earthexplorer.usgs.gov>. cited 20 april.
- Wetzel, R. and Likens, G., 1991.** Limnological Analyses, 3rd edition. Springer press, New York. 234p.

**Estimation of primary production in the Mahshahr creeks(Khozestan-Persian Gulf)
using field and remote sensing data**

Mosavi Dehmoedi L.^{1*}; Savari A.²; Dostshenas B.²; Mohamad Asgari H.³; Abassi A.⁴

*Lalehmosavi84@yahoo.com

1-Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology

2-Faculty of Marine science and Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

3- Faculty of Natural resource, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

4-Army Geographic Organization

Abstract

Primary production is an important indicator of aquatic ecological systems. The spatial and temporal pattern of OPP is helpful for global climate change study. In this study the spatial and temporal variability of primary productivity in the 3 creeks of Northwest of Persian Gulf from Feb 2014 to Nov 2014 was estimated using a VGPM primary productivity model and in-situ measurement. Single Peak of primary productivity appeared in April (0.356 gc/m²/d) and fall in July (0.217gc/m²/d). From the correlation analysis, we found that observed primary production has a good relationship with measured primary production ($p < 0.01, R^2 = 0.60$). A linear regression was then established to quantify the relationship between them. The RMSE of its function was good (0.3 mg/m³). In summary, the Landsat8 data are potentially capable of monitoring Case-II waters such as this creeks to some extent.

Keywords: Primary production, Remote sensing, Field, Mahshahr creeks, Persian Gulf

*Corresponding author