

## بررسی تأثیر ریزگردها بر تولید اولیه در خلیج فارس با استفاده از

### داده‌های سنجش از دور

آرزو سلیمانی<sup>۱\*</sup>، حسین محمد عسگری<sup>۲</sup>، علی دادالهی سهراب<sup>۳</sup>، هیوا علمی زاده<sup>۴</sup>، سید حسین خزاعی<sup>۵</sup>

۱- کارشناس ارشد محیط زیست دریا، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

۲- ۴،۳،۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

۵- مربی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۴/۳۰)

### چکیده

ریزگردهای اتمسفری به دلیل وجود مواد مغذی، بر تولید اولیه در دریاها اثرگذار است. در این پژوهش طی ده سال از داده‌های ضخامت نوری ریزگردها و کلروفیل a در منطقه خلیج فارس استفاده گردید و رابطه‌ی بین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بررسی متوسط ماهانه تغییرات ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ نشان داد که همبستگی بالایی بین دو پارامتر وجود دارد به گونه‌ای که با افزایش میزان ضخامت نوری، میزان کلروفیل a افزایش و با کاهش آن کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که در دو فصل بهار و تابستان که میزان ریزگردها بالا می‌باشد، ریزگردها اثر معنی‌داری بر تولید اولیه دارد اما در فصل زمستان که میزان ریزگردها کم است، اثر معنی‌داری بر تولید اولیه ندارد. افزایش بیش از حد و تداوم زیاد ریزگردها، شدت تابش رسیده به سطح دریا را به مقدار زیاد کم می‌کند و میزان کلروفیل a و تولید اولیه که رابطه‌ی مستقیمی با نور و شدت تابش دارد، را کاهش می‌دهد. اما در صورتی که افزایش ریزگردها با افزایش مواد مغذی همراه باشد و شدت تابش دریافتی را به مقدار زیاد کاهش ندهد، باعث افزایش کلروفیل a و تولید اولیه می‌شود. یک تأخیر زمانی چند روزه بین پیک ضخامت نوری ریزگردها و افزایش کلروفیل a مشاهده شد که به دلیل زمان مورد نیاز برای رسوب آهن، انحلال و تجمع آن می‌باشد. این پژوهش با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای مشخص نمود که ارتباط معناداری بین ضخامت نوری ریزگردها و میزان غلظت کلروفیل a در منطقه خلیج فارس وجود دارد.

**کلید واژگان:** سنجش از دور، ریزگرد، خلیج فارس، کلروفیل a، ضخامت نوری ریزگردها.

## ۱. مقدمه

اتمسفر یکی از مهم‌ترین مسیرهای انتقال و پخش مواد مغذی، مواد معدنی، میکروارگانیسم‌ها و فلزات کمیاب از سطح قاره‌ها به اقیانوس‌ها است. ذرات گرد و غبار در اتمسفر از نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا منشأ گرفته و اصلی‌ترین منبع ریزگردهای معدنی است (Morris *et al.*, 2006). ریزگردهای اتمسفری حاوی مواد مغذی از قبیل آهن و آلومینیوم می‌باشد که آهن بر تولید اولیه در دریاها اثرگذار است (Mahowald *et al.*, 2005; Prospero *et al.*, Kaufman *et al.*, 2002; 1981; Claustreet *et al.*, 2002). بر طبق نظریه آهن که توسط (Martin 1994) فرموله شده است، ذکر شده که قابلیت دسترسی آهن بر تولیدات اولیه اقیانوسی تأثیر دارد. همچنین، مطالعات بسیاری وجود دارند که اهمیت فلزات کمیاب را در تنظیم رشد فیتوپلانکتون و محدودیت تولید اولیه اقیانوسی بیان کرده‌اند (Lenes *et al.*; Martin *et al.*, 1991; Bonnet and Kustka *et al.*, 2002; Guieu, 2004; Jickells *et al.*, 2005; Moore *et al.*, 2006). به دنبال رسوب ریزگردها و استفاده از میکرومغذی‌های موجود در آن از قبیل آهن و آلومینیوم توسط موجودات فیتوپلانکتونی، نرخ فتوسنتز و تولیدات اولیه آن‌ها که در جذب بیشتر دی‌اکسیدکربن از اتمسفر نقش دارند، افزایش می‌یابد (Guieu *et al.*, 2002; Justiniano Santos, 2010). ورود هرچه بیشتر ذرات، محدودیت آهن را برای تثبیت کردن نیتروژن، تولید و جذب اقیانوسی CO<sub>2</sub>

از اتمسفر، برطرف می‌کند (M.C. Moore *et al.*, 2006). مطالعات انجام شده بر میزان تثبیت نیتروژن در آب‌های سطحی، رابطه مستقیمی با آهن محلول داشته که نشان می‌دهد آهن بر تثبیت نیتروژن تأثیر دارد (Moore *et al.*, 2009). افزایش تولیدات اولیه به دنبال تثبیت نیتروژن توسط ارگانیسم‌های دریایی موجب افزایش تجزیه کربن اقیانوسی شده و احتمالاً تأثیر معناداری بر اقلیم جهانی دارد (Kustka *et al.*, 2002).

برای تعیین تأثیرات ریزگردهای ورودی بر بیوژئوشیمی اقیانوس، لازم است که از گزارشات درازمدت ریزگردهای اتمسفری و غلظت رنگدانه کلروفیل استفاده شود (Justiniano Santos, 2010). اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای، تنها داده‌های موجود برای مشاهدات بزرگ مقیاس منطقه‌ای و جهانی هستند. در اواخر ۱۹۹۹، اولین ابزار سنجنده MODIS<sup>۱</sup> این امکان را فراهم کرد که اندازه‌گیری‌های سیستماتیک و کمی بر انتقال ریزگردها به اقیانوس اطلس انجام شوند (Kaufman *et al.*, 2005). ابرهای ریزگردها از ماهواره قابل ردیابی و مشاهده بوده و می‌توان آنها را از منبع تولید تا هزاران کیلومتر دورتر در اقیانوس، ردیابی نمود. با انجام مقایسه بین ریزگردها و غلظت کلروفیل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان نشانه‌های افزایش ریزگردها و به دنبال آنها، افزایش بیوماس فیتوپلانکتون‌ها را تخمین زد (Stegman, 2006).

<sup>1</sup>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

نشان داد که بین ضخامت نوری و غلظت کلروفیل در نواحی گرمسیری اقیانوس اطلس شمالی، ارتباط معنی داری وجود دارد. همچنین قوی ترین همبستگی بین ضخامت نوری ریزگردها (AOT) و غلظت کلروفیل (Chl\_a) با زمان تأخیر حدود یک ماه برای اقیانوس اطلس غربی مشاهده شد. Mallet و همکاران (۲۰۰۹)، تأثیر تابشی ریزگردها بر روی تولید اولیه اقیانوسی آب های ساحلی غرب آفریقا را مورد مطالعه قرار دادند. به این نتیجه رسیدند که برای ضخامت نوری بزرگتر از ۰/۷-۰/۶ با توجه به تضعیف نور خورشید در حدود ۲۵-۱۵٪، تولید اولیه به طور قابل توجهی کاهش می یابد. Chami و همکاران (۲۰۱۲)، تجزیه تحلیل نفوذ کمی نیروی گرد و غبار سطح بر تولید اولیه اقیانوسی در منطقه اطلس نیمه گرمسیری را با استفاده از سری های زمانی ده ساله از مشاهدات ماهواره ای بررسی کردند. نتایج نشان داد که در زمان پدیده افزایشی ریزگردها هر دو پارامتر تابش فعال فتوسنتزی و تولید اولیه افزایش می یابد. مقایسه با پیش بینی های انجام شده توسط یک مطالعه قبلی نشان می دهد که کاهش تولید اولیه به علت حضور بیشتر ریزگردها در طول دوره های شدید گردوغبار که ضخامت نوری بیش از ۰/۶ است، می باشد. علی رغم این واقعیت اولین اثر وقوع گردوغبار کاهش تابش فعال فتوسنتزی و در نتیجه تولید اولیه است، دومین اثر از حضور ریزگردها مربوط به کاهش دامنه یونش نوری فیتوپلانکتون ها است که نتیجه آن افزایش بالقوه تولید اولیه می باشد. هدف از این پژوهش، بررسی و تعیین میزان ارتباط و تأثیرگذاری پارامتر ریزگردها بر میزان کلروفیل a و

(2000). غلظت ریزگردها را می توان به وسیله نقشه- های تولیدی از ماهواره، ضخامت نوری ریزگردها (AOT)<sup>۱</sup>، محاسبه نمود. ضخامت نوری ریزگردها (AOT) کمیتی بی واحد است که مقدار ذرات معلق اتمسفری را نشان داده و میزان جلوگیری این ذرات از عبور نور را اندازه گیری می نماید ( Wang and Sundar, 2003). علاوه بر این، رنگ اقیانوس یک خاصیت منحصر به فرد بوده که از فضا قابل اندازه گیری است و اطلاعات جهانی از پارامترهای سطحی آب را فراهم می کند ( Darecki and Stramski, 2004). داده های آزمایشگاهی بیشترین دقت و بالاترین هزینه را دارد. تکنولوژی سنسجش از دور ابزار نوینی است که به دلیل پوشش زمانی و مکانی می تواند پژوهش ها و استخراج اطلاعات را در سطح وسیع با هزینه کم انجام دهد. سنسجش از دور ماهواره ای از دریاها ابزار مهمی در به دست آوردن اطلاعات از رنگدانه های فتوسنتزی سطح آب است ( Kiyomoto et al., 2001; Falkowski et al., 1998).

تاکنون کار مطالعاتی و پژوهشی در زمینه تأثیر پدیده ریزگردها بر محیط زیست دریایی خلیج فارس انجام نشده است. اما تحقیقاتی در این زمینه در سایر مناطق دریایی جهان صورت پذیرفته است به عنوان مثال Justiniano Santos (۲۰۱۰) تأثیر ریزگردهای صحرای بزرگ آفریقا را بر روی زیست توده فیتوپلانکتونی در نواحی گرمسیری اقیانوس اطلس شمالی با استفاده از داده های ماهواره ای سنسجش از دور مورد بررسی و مطالعه قرار داد. نتایج این مطالعه

<sup>1</sup> Aerosol Optical Thickness

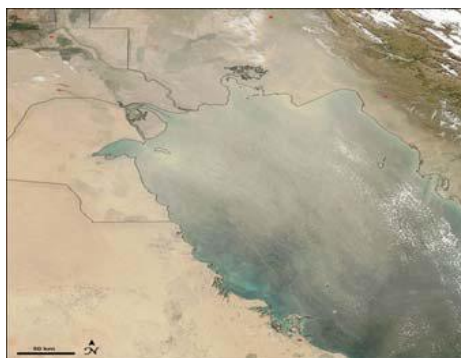
تولید اولیه در منطقه خلیج فارس است.

شمال آن، خصوصاً از طریق سواحل ایرانی به آن وارد می‌گردند (ROPME, 2003). رسوب ریزگردها از جمله پدیده‌های نوظهور است که محیط زیست خلیج فارس را با تهدید روبه‌رو ساخته است. در شکل ۱(الف)، که توسط سنجنده MODIS که روی ماهواره علمی تحقیقاتی مرکز مطالعات فضایی آمریکا NASA با نام TERRA نصب شده و در ماه دسامبر سال ۲۰۰۳ میلادی از فراز خلیج فارس و دریای عمان تهیه شد، گستردگی این پدیده و میزان غلظت آن کاملاً پیداست. از شکل ۱(ب)، نیز که توسط همین سنجنده و در ماه ژانویه سال ۲۰۰۵ میلادی از فراز خلیج فارس تهیه شده است، می‌توان ابرهای عظیمی را که در حقیقت توده بزرگی از غبار می‌باشند را به وضوح مشاهده نمود. توده غبار ضمن عبور از سواحل جنوبی ایران و مرزهای عراق، به سوی اقیانوس آرام در حرکت می‌باشد. در شکل ۱(ج)، نیز توده غبار غلیظی که بر سطح خلیج فارس در حال ته‌نشین شدن می‌باشد، نشان داده شده است. این توده بستر مناسبی را برای رشد فیتوپلانکتون‌ها فراهم می‌آورد.

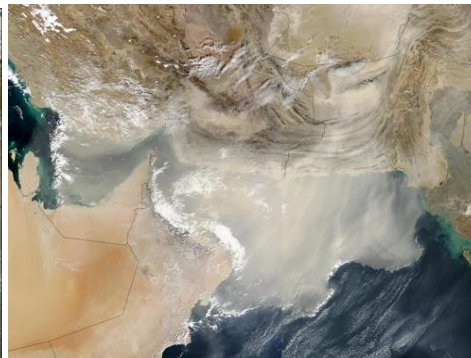
## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱,۲. منطقه مطالعاتی

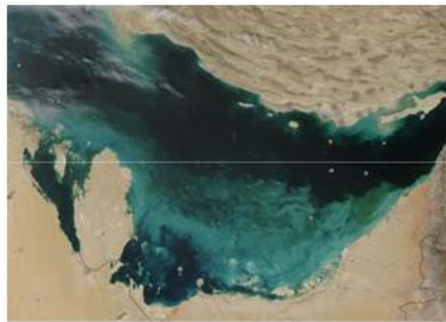
خلیج فارس دریایی است حاشیه‌ای و نیمه‌بسته که در محدوده جغرافیایی  $48^{\circ}$  تا  $56^{\circ}$  طول شرقی و  $24^{\circ}$  تا  $30^{\circ}$  عرض شمالی واقع شده و یکی از زیر حوضه‌های شمال غربی اقیانوس هند می‌باشد. از نظر توپوگرافی، بر اثر برخورد دو صفحه شبه جزیره عربستان و اروپا-آسیا بعد از دوران دوم زمین‌شناسی به وجود آمده و از طریق تنگه هرمز به دریای عمان وصل می‌شود (Carpenter et al., 1997). وجود رودخانه‌های دائمی و متعدد در سواحل ایرانی خلیج فارس (کارون، مند، حله و...) مواد معدنی و آلی زیادی از کوه‌ها و سرزمین‌های حاشیه به خلیج فارس می‌ریزد که سبب ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی خاصی در این حوضه آبی شده است. بیشتر رودخانه‌های ورودی به خلیج فارس از منتهی‌الیه



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۱. توده غبار بر فراز خلیج فارس و دریای عمان (الف) و (ب)، توده غبار ته نشین شده بر سطح خلیج فارس، بیستر مناسبی را برای رشد فیتوپلانکتون‌ها فراهم آورده است (ج).

## ۲.۲. داده‌های ایستگاه‌های محیط زیست

## ۳.۲. داده‌های سنجنده MODIS

ماهواره Terra محصول مشترک کشورهای آمریکا، کانادا و ژاپن است. Terra ماهواره‌ای مدار قطبی است که در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری زمین حرکت می‌کند و مدت زمان هر دور گردش آن به دور زمین ۹۹ دقیقه است. تصاویر دریافتی از این ماهواره هر دو روز یکبار کل زمین را پوشش می‌دهد. این ماهواره دارای پنج سنجنده به نام‌های MOPITT، CERES، MISR، ASTER، MODIS است. سنجنده MODIS منطقه‌ای به عرض ۲۳۳۰ کیلومتر را در ۳۶ باند طیفی تصویربرداری می‌کند. توان تفکیک تصاویر این سنجنده ۲۵۰ متر برای باندهای ۱ و ۲، ۵۰۰ متر برای باندهای ۳ تا ۷ و ۱۰۰۰ متر برای باندهای ۸ تا ۳۶ می‌باشد (Savtchenko et al., 2004; Robinson, 2004).

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای هفتگی سنجنده MODIS با تفکیک مکانی ۹ کیلومتر مربوط به غلظت کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (AOT)، استفاده شده است. به منظور استخراج پارامترهای کلروفیل a و ضخامت نوری

غلظت ذرات معلق توسط ایستگاه‌های زمینی و در ارتفاع کمی از سطح زمین اندازه‌گیری می‌شود. پهنه‌بندی دقیق کیفیت هوا تنها با استفاده از داده‌های شبکه‌های اندازه‌گیری زمینی مقدور نیست، زیرا تعداد این ایستگاه‌ها بسیار اندک بوده و کل خلیج فارس را به خوبی پوشش نمی‌دهند. این در حالیست که برای پوشش صحیح نصب ایستگاه‌های متعدد دیگر ضروری است، که خود مستلزم هزینه زیادی می‌باشد. به همین دلیل در این تحقیق از ایستگاه‌های خشکی واقع در استان‌های ساحلی استفاده گردید. اطلاعات مورد استفاده در این تحقیق، غلظت ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرومتر (PM<sub>10</sub>) می‌باشد که از ایستگاه‌های آلودگی سنج هوا تحت نظارت سازمان‌های محیط‌زیست و هواشناسی استان‌های خوزستان، هرمزگان و بوشهر اخذ شده است. این ایستگاه‌ها، اطلاعات را در بازه‌های زمانی یک ساعته ثبت می‌کنند.

### ۳. نتایج

رابطه‌ی میان دو پارامتر کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (AOT) طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج تحلیل رگرسیون، ضریب همبستگی پیرسون برای دو پارامتر کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (AOT) سنجنده MODIS به‌قرار زیر می‌باشد. با توجه به جدول‌های ۱ و ۲ رابطه‌ی میان دو پارامتر کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (AOT) در فصل بهار و تابستان مستقیم و بالا و در فصل زمستان این رابطه معکوس و ضعیف و ضرایب همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار هستند.

ریزگردها (AOT) کدنویسی با استفاده از نرم‌افزار MATLAB انجام شد. با استفاده از این کدنویسی مرز آبی خلیج فارس از خشکی جدا گردید و میزان ضخامت نوری ریزگردها و کلروفیل a برای منطقه خلیج فارس به‌دست آمد. فایل ماتریسی به‌دست آمده از نرم‌افزار MATLAB را به نرم‌افزار Excel و سپس SPSS منتقل و کارهای آماری بر روی آن صورت گرفت. به‌منظور تهیه نقشه پراکنش میزان ضخامت نوری ریزگردها (AOT) و کلروفیل a در منطقه مطالعاتی از تصاویر ماهواره‌ای روزانه سنجنده MODIS با تفکیک مکانی ۴ کیلومتر مربوط به غلظت کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (AOT)، استفاده شده است.

جدول ۱. ضریب همبستگی پیرسون کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (بهار و تابستان ۲۰۰۷-۲۰۱۳)

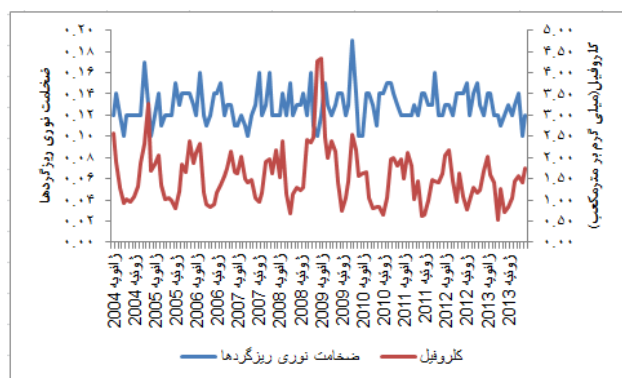
تاریخ	ضریب همبستگی پیرسون
۲۵ مه ۲۰۰۷	۰/۵۲
۳ ژوئیه ۲۰۰۸	۰/۵۱
۱۰ ژوئن ۲۰۰۹	۰/۷۹
۲۰ ژوئیه ۲۰۰۹	۰/۶۵
۱۳ اوت ۲۰۰۹	۰/۵۸
۷ آوریل ۲۰۱۰	۰/۵۳
۲ ژوئن ۲۰۱۱	۰/۶۰
۲۹ مارس ۲۰۱۲	۰/۵۵
۱۵ آوریل ۲۰۱۳	۰/۵۲

جدول ۲. ضریب همبستگی پیرسون کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها (زمستان ۲۰۰۹-۲۰۱۳)

تاریخ	ضریب همبستگی پیرسون
۱۷ ژانویه ۲۰۰۹	-۰/۲۹
۲ فوریه ۲۰۱۰	۰/۰۷
۱۷ ژانویه ۲۰۱۱	-۰/۱۳
۳ دسامبر ۲۰۱۲	-۰/۱۴
۱ مه ۲۰۱۳	-۰/۳۳

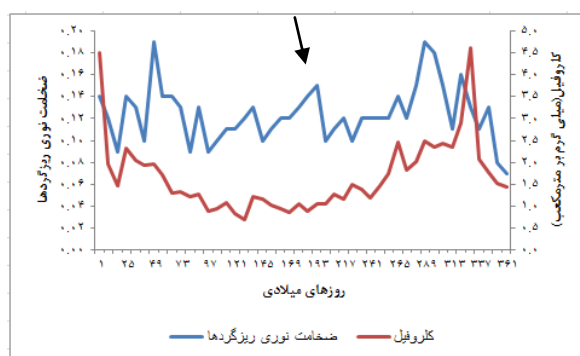
سال ۲۰۰۴ نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود با افزایش میزان ضخامت نوری ریزگردها، میزان کلروفیل a نیز افزایش می‌یابد و با کاهش آن، کاهش می‌یابد. چند روز بعد از مشاهده یک پیک در ضخامت نوری، یک پیک در میزان کلروفیل a مشاهده شد (بر روی نمودار ۲ نشان داده شده است).

نمودار ۱، متوسط ماهانه تغییرات ضخامت نوری ریزگردها (کمیتی بی واحد) و میزان کلروفیل a (بر حسب میلی‌گرم بر مترمکعب) را طی ده سال از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. همبستگی بین دو پارامتر در نمودار مشاهده می‌شود. با افزایش میزان ضخامت نوری، میزان کلروفیل a افزایش و با کاهش آن، کاهش می‌یابد. نمودار ۲، تغییرات میزان ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a را در



نمودار ۱. تغییرات ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳

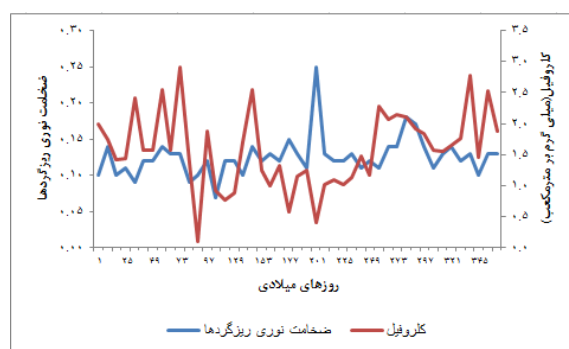




نمودار ۲. تغییرات ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a سال ۲۰۰۴

می‌شود با افزایش میزان AOT و رسیدن مقدار آن به مرز ۰/۲۶ میزان کلروفیل a کاهش می‌یابد. زمانی که مقدار ریزگردها و ضخامت نوری (AOT) به مقدار زیاد افزایش می‌یابد، شدت تابش رسیده به سطح دریا را به مقدار زیاد کم می‌کند و میزان کلروفیل a و تولید اولیه که رابطه‌ی مستقیمی با نور و شدت تابش دارد، را کاهش می‌دهد.

نمودار ۳، میزان تغییرات دو پارامتر ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a را در سال ۲۰۰۷ در منطقه خلیج فارس نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود همبستگی بالایی بین دو پارامتر ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a وجود دارد به‌گونه‌ای که با افزایش ضخامت نوری، میزان کلروفیل a افزایش و با کم شدن آن کاهش می‌یابد. اما همان‌طور که در نمودار ۳ ملاحظه

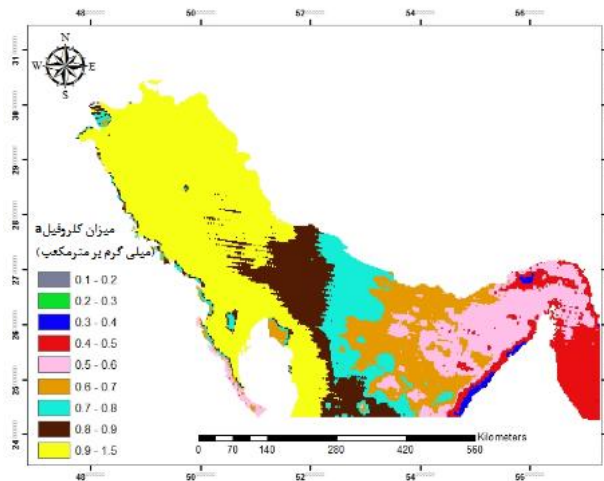


نمودار ۳. تغییرات ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a سال ۲۰۰۷

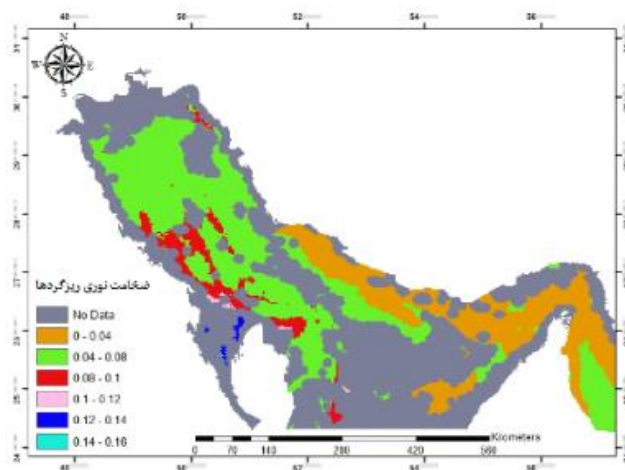
سمت مناطق شرقی و تنگه هرمز میزان دو پارامتر ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a کاهش می‌یابد.

شکل ۲ و ۳ نقشه پراکنش متوسط ماهانه میزان کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها خلیج فارس را طی زمستان ۲۰۱۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود از شمال غرب خلیج فارس به





شکل ۲. نقشه کلروفیل a خلیج فارس زمستان سال ۲۰۱۳



شکل ۳. نقشه ضخامت نوری ریزگردها خلیج فارس زمستان سال ۲۰۱۳

شده است. از آنجایی که میزان غلظت کلروفیل a در آب دریا نشان دهنده میزان فراوانی فیتوپلانکتون‌ها و تولید اولیه است و رابطه مستقیمی بین دو پارامتر کلروفیل a و تولید اولیه وجود دارد لذا در این تحقیق از کلروفیل a به جای پارامتر تولید اولیه استفاده گردید. با بررسی رابطه‌ی میان دو پارامتر ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a مشاهده می‌شود که در فصل بهار و تابستان همبستگی میان دو پارامتر

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

انتقال جهانی غبار و تأثیراتش بر روی جوامع فیتوپلانکتون‌ها یک موضوع مهم در درک تغییرات جهانی محیطی است. پژوهش حاضر به منظور درک تأثیر ریزگردها بر تولید اولیه که برای اولین بار در ایران انجام می‌شود، در منطقه خلیج فارس طراحی

ریزگردها نیز کاهش می‌یابد و همبستگی میان دو پارامتر معکوس و ضعیف است. به عبارت دیگر در دو فصل بهار و تابستان که میزان ریزگردها بالا می‌باشد، ریزگردها اثر معنی‌داری بر تولید اولیه دارد اما در فصل زمستان که میزان ریزگردها کم است، اثر معنی‌داری بر تولید اولیه ندارد. که این نتایج با مطالعه‌ای که Justiniano Santos در سال ۲۰۱۰ در اقیانوس اطلس شمالی و دریای کارائیب انجام داد، مطابقت داشت.

یک تأخیر زمانی چند روزه بین پیک ضخامت نوری ریزگردها و افزایش در کلروفیل a مشاهده شد (نمودار ۲) که ممکن است به دلیل زمان مورد نیاز برای رسوب غبار، انحلال و انباشتگی آهن به وسیله حضور فیتوپلانکتون‌ها در منطقه باشد. آهن فراهم شده به وسیله غبار معدنی اتمسفری به عنوان یک منبع مهم غنی‌سازی برای فتوسنتز اقیانوسی عمل می‌کند. آزمایشات تشریح کننده فرایند غیرحلال‌سازی آهن در آب دریا یک افزایش در غلظت آهن بعد از ۷ روز اضافه شدن ذرات غبار را نشان می‌دهد (Bonnet and Guieu, 2004). نتایج حاصل از این بخش از تحقیق با نتایج پژوهشی که Justiniano Santos در سال ۲۰۱۰ در اقیانوس اطلس شمالی و دریای کارائیب انجام داد، مطابقت داشت. افزایش بیش از حد و تداوم زیاد ریزگردها، شدت تابش رسیده به سطح دریا را به مقدار زیاد کم می‌کند و میزان کلروفیل a و تولید اولیه را که رابطه‌ی مستقیمی با نور و شدت تابش دارد، را کاهش می‌دهد. اما در صورتی که افزایش ریزگردها با افزایش مواد مغذی همراه باشد و شدت تابش دریافتی را

مستقیم و بالا و در فصل زمستان معکوس و ضعیف می‌باشد. با توجه به آمارهای ایستگاه‌های محیط‌زیست، میزان غلظت ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرومتر (PM<sub>10</sub>) در فصل بهار و تابستان بالا و در زمستان این میزان پایین است. طبق تحقیقات انجام شده، پدیده گردوغبار وقتی که بارندگی کم و شدت خشکی زیاد شود، افزایش می‌یابد. Wang و همکاران در سال ۱۹۹۵، خشکی طولانی‌مدت، بی‌ثباتی در طبقات اتمسفری و جریان سریع باد از طبقات پایین به طبقات بالایی جو را از علل افزایش وقوع این پدیده در فصل بهار می‌داند. در ۱۰ ژوئن ۲۰۰۹ (جدول ۱) که میزان همبستگی دو پارامتر کلروفیل a و ضخامت نوری ریزگردها بالاترین مقدار (۰/۷۹) می‌باشد، میزان ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) نیز بالا و برابر ۳۲۹/۱۶۷ میلی‌گرم بر مترمکعب است و در ۲ ژوئن ۲۰۱۱ (جدول ۱) نیز که میزان ضریب همبستگی پیرسون بالا و ۰/۶۰ می‌باشد، طبق آمار ایستگاه‌های محیط‌زیستی غلظت ذرات معلق نیز بالا و ۵۰۱/۳ میلی‌گرم بر مترمکعب گزارش شده است. در ۱۷ ژانویه ۲۰۰۹ و ۱ مه ۲۰۱۳ (جدول ۲) که میزان ضریب همبستگی پیرسون به ترتیب برابر ۰/۲۹- و ۰/۳۳- می‌باشد، میزان غلظت ذرات معلق به ترتیب ۶۸/۶۲۵ و ۶۹/۷۰۸ میلی‌گرم بر مترمکعب گزارش شده است. طبق نتایج به دست آمده می‌توان گفت که با افزایش میزان غلظت ذرات معلق در دو فصل بهار و تابستان میزان ضخامت نوری ریزگردها افزایش می‌یابد و همبستگی میان دو پارامتر ضخامت نوری و میزان کلروفیل a مستقیم و بالا، با کاهش مقدار PM<sub>10</sub> در فصل زمستان، میزان ضخامت نوری

رشد فیتوپلانکتون‌ها و میزان تولید اولیه رابطه معنی‌داری وجود دارد و ریزگردها بر تولید اولیه منطقه خلیج فارس تأثیرگذار هستند. این پژوهش با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای مشخص نمود که ریزگردهای اتمسفری اثر معنی‌داری بر تولید اولیه منطقه خلیج فارس دارند.

به مقدار زیاد کاهش ندهد، باعث افزایش میزان کلروفیل a و تولید اولیه می‌شود. نتایج این بخش با نتایج پژوهشی که Mallet و همکاران در سال ۲۰۰۹ و Chami و همکاران در سال ۲۰۱۲ انجام دادند، تطابق داشت. بررسی سری‌های زمانی ضخامت نوری ریزگردها و میزان کلروفیل a در منطقه خلیج فارس نشان داد که بین ذرات گردوغبار اتمسفری و

## References

Bonnet, S. and Guieu, C., 2004. Dissolution of atmospheric iron in seawater. *Geophysical Research Letters*, 31, 1-4.

Bonnet, S., Guieu, C., Chiaverini, J., Ras, J. and Stock, A., 2005. Effect of atmospheric nutrients on the autotrophic communities in low nutrient low chlorophyll system. *Limnology and Oceanography*, 50 (6), 1810-1819.

Carpenter, K.E., Krupp, F., Jons, D.A., and Zajonz, U., 1977. *Living Marine Resources of Kuwait, Eastern Saudi Arabia, Bahrain, Qatar and the United Arab Emirates*, FAO, Rome. ISSN: 1020-1155.

Chami, M., Mallet, M., Gentili, B., 2012. Quantitative analysis of the influence of dust sea surface forcing on the primary production of the subtropical Atlantic Ocean using a ten-year time series of satellite observations. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 117, C07008, 1-14.

Claustre, H., Morel, A., Hooker, S.B., Babin, M., Antoine, D., Oubelkheir, K., Bricaud, A., Leblanc, K., Quéguiner, B. and Maritorena, S., 2002. Is desert dust making oligotrophic waters greener? *Geophysical Research Letters*, 29 (10), 107-1 – 107-4.

Darecki, M. and Stramski, D., 2004. An evaluation

of MODIS and SeaWiFS bio-optical algorithms in the Baltic Sea. *Remote Sensing of Environment*, 89, 326–350.

Falkowski, P.G., Behrenfeld, M.J., Esaias, E., Balch, W., Campbell, J.W., Iverson, R.L., Kiefer, D.A., Morel, A., Yoder, J.A., 1998. Satellite primary productivity data and algorithm development: a science plan for mission to planet Earth. In: Hooker, S.B., Firestone, E.R., Eds., *SeaWiFS Technical Report Series*. V.42 (NASA Technical Memorandum 104566). NASA, Washington, DC, 36p.

Guieu, C., Loye-Pilot, M.D., Ridame, C. and Thomas, C., 2002. Chemical characterization of the Saharan dust end-member: Some biogeochemical implications for the western Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research*, 107 (D15), 5-1 – 5-11.

Jickells, T. D., An, Z. S., Andersen, K. K., Baker, A. R., Bergametti, G., Brooks, N., Cao, J. J., Boyd, P. W., Duce, R. A., Hunter, K. A., Kawahata, H., Kubilay, N., la Roche, J., Liss, P. S., Mahowald, N., Prospero, J. M., Ridgwell, A. J., Tegen, I. and Torres, R., 2005. Global Iron Connections Between Desert Dust, Ocean Biogeochemistry, and Climate. *Science*, 308, 67-71.

Justiniano Santos, M., 2010. Influence of Saharan Aerosols on Phytoplankton Biomass in the Tropical North Atlantic Ocean. *PhD thesis dissertation UNIVERSITY OF PUERTO RICO MAYAGÜEZ CAMPUS*, 101p.

Kaufman Y.J., Tanré, D. and Boucher, O., 2002. A satellite view of aerosols in the climate system. *Nature*, 419, 215-223

Kaufman, Y. J., Koren, I., Remer, L. A., Tanré, D., Ginoux, P. and Fan, S., 2005. Dust transport and deposition observed from the Terra-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) spacecraft over the Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, 110, 1-16.

Kiyomoto, Y., Iseki, K., Okamura, K., 2001. Ocean color satellite imagery and shipboard measurements of chlorophyll a and suspended particulate matter distribution in the East China Sea. *Oceanography*, Vol. 57, pp. 37-45.

Kustka, A., Carpenter, E.J. and Sañudo-Wilhelmy, S.A., 2002. Iron and marine nitrogen fixation: progress and future directions. *Research in Microbiology*, 153, 255-262.

Lenes, J.M., Darrow, B.P., Cattrall, C., Heil, C.A., Callahan, M., Vargo, G.A., Byrne, R.H., Prospero, J.M., Bates, D.E., Fanning, K.A. and Walsh, J.J., 2001. Iron fertilization and the *Trichodesmium* response on the West Florida shelf. *Limnology Oceanography*, 46 (6), 1261-1277.

Mahowald, N. M., Baker, A. R., Bergametti, G., Brooks, N., Duce, R. A., Jickells, T. D., Kubilay, N., Prospero, J. M., and Tegen, I., 2005. Atmospheric global dust cycle and iron inputs to the ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 19, GB4025, 1-15.

Mallet, M., Chami, M., Gentili, B., Sempéré, R. and Dubuisson, P., 2009. Impact of sea-surface dust radiative forcing on the oceanic primary production: A 1D modeling approach applied to the West African coastal waters. *Geophysical Research Letters*, 36, L15828.1-6.

Martin, J.H., Gordon, R.M. and Fitzwater, S.E., 1991. The case for iron. *Limnology and Oceanography*, 36, 1793-1802.

Martin, J. H., Coale, K. H., Johnson, K. S., Fitzwater, S. E., Gordon, R. M., Tanner, S. J., Hunter, C. N., Elrod, V. A., Nowicki, J. L., Coley, T. L., Barber, R. T., Lindley, S., Watson, A. J., Van Scoy, K., Law, C. S., Liddicoat, M. I., Ling, R., Stanton, T., Stockel, J., Collins, C., Anderson, A., Bidigare, R., Ondrusek, M., Latasa, M., Millero, F. J., Lee, K., Yao, W., Zhang, J. Z., Friederich, G., Sakamoto, C., Chavez, F., Buck, K., Kolber, Z., Greene, R., Falkowski, P., Chisholm, S. W., Hoge, F., Swift, R. and Yungel, J., 1994. Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pacific Ocean. *Nature*, 371, 123-129.

Moore, K.J., Doney, S.C., Lindsay, K., Mahowald, N. and Michael, A.F., 2006. Nitrogen fixation amplifies the ocean biogeochemical response to decadal timescale variations in mineral dust deposition. *Tellus*, 58B, 560-572.

Moore, M.C., Mills, M.M., Milne, A., Langlois, R., Achterberg, E.P., Lochte, K., Geider, R.J. and La Roche, J., 2006. Iron limits primary productivity during spring bloom development in the central North Atlantic. *Global Change Biology*, 12 (4), 626 - 634.

Moore, C.M., Mills, M.M., Achterberg, E.P., Geider, R.J., LaRoche, J., Lucas, M.I., McDonagh, E.L., Pan, X., Poulton, A.J., Rijkenberg, M.J.A., Suggestt, D.J., Ussher, S.J. and Woodward, E.M.S., 2009. Large-scale distribution of Atlantic nitrogen fixation controlled by iron supply. *Nature Geoscience*, 2, 867-871.

Morris, V., Clemente-Colón, P., Nalli, N.R., Joseph, E., Armstrong, R.A., Detrés, Y., Goldberg, M.D., Minnett, P.J. and Lumpkin, R., 2006. Measuring Trans-Atlantic Aerosol Transport from Africa. *Eos*, 87 (50), 565-580.

Prospero, J.M., Glaccum, R.A. and Nees, R.T., 1981. Atmospheric transport of soil dust from Africa to South America. *Nature*, 289, 570-572.

Robinson, I. S., 2004. Measuring the oceans from space: the principles and methods of satellite oceanography. Springer. 228.

ROPME,2003. States of the Marine Environment Report.Regional Organization for the Protection of Marine Enviroment.Kuwait.217p.

Savtchenko, A., Ouzounov, D., Ahmad, S., Acker, J., Leptoukh, G., Koziana, J. and Nickless, D., 2004.Terra and Aqua MODIS products available from NASA GES DAAC. Advances in Space Research, 34, 710–714.

Stegman, P.M., 2000. Ocean color satellite and phytoplankton dust connection. Satellite.

Oceanography and Society, 11, 207-223.

Wang, Sh., Yang, D., Jin J., 1995. Study on the Formative Causes and Countermeasures of the Catastrophic Sandstorm Occurred in Northwest China. Journal of Desert Research, 15 (1): 19-30.

Wang, J. and Sundar, C.A., 2003.Intercomparison between satellite-derived aerosol optical thickness and PM2.5 mass: Implications for air quality studies. Geophysical Research Letters, 30 (21), 2095, 4-1 – 4-4.

## Investigation on the dust effects on sea primary production in the Persian Gulf using remote sensing data

Soleimany, Arezoo<sup>\*1</sup>; Mohammad-Asgari, Hossein<sup>2</sup>; Dadolahi-Sohrab, Ali<sup>3</sup>; Elmizadeh, Heeva<sup>4</sup>; Khazaei, Sayyed Hossein<sup>5</sup>

*1- M.Sc. of Marine Environmental, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Iran.*

*2,3,4- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Iran.*

*5- Instructor, Department of Environment, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Iran.*

Received: 4-Jan.-2015      Accepted: 21-Jul-2015

### Abstract

Atmospheric dusts have nutrients elements such as iron and aluminum, which they have an impacts on primary production in the sea. In this study, ten years of AOT and chlorophyll\_a data was used to investigate relationship between them in the Persian Gulf. Investigation of monthly aerosol optical thickness and chlorophyll concentration from 2004 to 2013 showed that there is high correlation between them. So that, with increasing of optical thickness, chlorophyll concentration increase and with decreasing of optical thickness, chlorophyll concentration decrease. Results showed that in spring and summer with high level of dust concentration, dust has significant effect on primary production but in winter with low level of dust concentration, dust has not significant effect on primary production. High frequency of dust events may reduce sea surface radiation intensity, chlorophyll concentration and primary production which they are directly related to the light and radiation intensity. But if the increasing of dust concentration is associated with increasing of nutrient elements and no significant reduction of radiation intensity, the concentration of Chl<sub>a</sub> and primary production will increase. There is a time delay of a few days between AOT and Chl<sub>a</sub> peaks, which is due to the time required for iron deposition, dissolution and assimilation. This study shows significant relationship between aerosol optical thickness and chlorophyll concentration in the Persian Gulf using satellite remote sensing data.

**Keyword:** Remote Sensing, Dust, Persian Gulf, Chlorophyll a, Aerosol Optical Thickness.

---

\*Corresponding Author, TEL:+989169365711

Email:a.soleimani94@gmail.com