

تخمین و مقایسه الگوریتم‌های مختلف تعیین کلروفیل در آب دریا با استفاده از تصاویر لندست ۸ (مطالعه‌ی موردی خلیج فارس)

نسرین مرادی^۱ و مهدی حسنلو^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروگرافی، دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران،
۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

چکیده:

نظارت بر رنگ اقیانوس‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره ابزار مناسبی برای درک بهتر فرآیندهای دریایی و تغییرات محیط‌زیست ساحلی فراهم می‌کند. اندازه‌گیری‌های دقیق رادیانس نور در محدوده‌ی مرئی از طیف الکترومغناطیسی اطلاعات رنگ اقیانوس را که در ارتباط با اجزای موجود در آب است فراهم می‌کند. این اندازه‌گیری‌ها برای نظارت بر سطح فعالیت‌های بیولوژیکی و حضور مواد در آب استفاده می‌شوند. ویژگی‌های اقیانوسی مانند غلظت کلروفیل^۱ (chl_a)، غلظت رسوبات محلول و دمای سطح آب‌ها در پویایی اقیانوس‌ها تاثیر زیادی دارند. در این تحقیق تلاش کرده‌ایم رفتار چندین الگوریتم تعیین کلروفیل شامل الگوریتم‌های تجربی نسبت بانندی ساده که از نسبت باندهای آبی به سبز استفاده می‌کنند (یعنی OC_x) و الگوریتم‌هایی شامل الگوریتم نسبت دو بانندی با متغیر $Rrs(\lambda_2)/Rrs(\lambda_1)$ ، الگوریتم نسبت سه بانندی با متغیر $[Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1}] \times Rrs(\lambda_3)$ و الگوریتم نسبت چهار بانندی با متغیر $[Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1}]$ در طول موج‌های مورد نظر (یعنی $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ و λ_4) در محدوده‌ی طول موج‌های قرمز و فروسرخ نزدیک در طیف الکترومغناطیسی می‌باشند، را در منطقه‌ی خلیج فارس بررسی کنیم. برخلاف اهمیت بالایی که منطقه خلیج فارس می‌تواند برای کشورهای حوضه‌ی آن داشته باشد تا کنون مطالعات کمی در این منطقه صورت گرفته است. در این مقاله با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ به بررسی غلظت chl_a در منطقه مطالعاتی پرداخته‌ایم. به منظور ارزیابی نتایج از تصاویر سنجنده MODIS^۱ استفاده شده است. پارامترهای آماری به کار برده شده به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های مختلف، شامل جذر میانگین مربعات خطا^۱ (RMSE) و ضریب تعیین^۱ (R^2) می‌باشد. الگوریتم OC₃ با تصحیح اتمسفری توسط باندهای قرمز و موج کوتاه فروسرخ، با داشتن بزرگترین مقدار R^2 (۰/۷۱۳) و کمترین RMSE (۰/۰۷۷۴) به عنوان مناسب‌ترین الگوریتم در منطقه‌ی مورد نظر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم، رنگ اقیانوس، کلروفیل، لندست ۸، مودیس.



۱- مقدمه

اقیانوس‌ها و دریاها تقریباً ۷۰ درصد از سطح زمین را تشکیل داده و نقش مهمی در چرخه‌ی عناصری چون نیتروژن، کربن، اکسیژن و سولفور بازی می‌کنند [۱]. فیتوپلانکتون، ارگانسیم‌های میکروسکوپی مبنای زنجیره غذایی دریایی، مسئول بیشترین تولیدات اولیه در اقیانوس می‌باشند و در همه جای سطح اقیانوس وجود دارند. نظارت بر تغییرات فیتوپلانکتون‌ها در وسعت وسیعی از اقیانوس، تنها از طریق اندازه گیری‌های ماهواره‌ای امکان پذیر است. کلروفیل، رنگدانه‌ی فعال فتوسنتز در فیتوپلانکتون، در آب محلول می‌باشد و رنگ سبز زرد تولید می‌کند. کلروفیل علاوه بر جذب نور در بازگشت نور هم با فعل و انفعالاتی پیچیده شرکت دارد [۲]. غلظت کلروفیل (chl_a) به عنوان یک شاخص اساسی به عنوان نماینده فیتوپلانکتون برای بررسی شرایط کیفیت آب و وضعیت زیست شیمیایی بکار برده می‌شود. بنابراین اطلاع دقیق ما از غلظت کلروفیل در زمان و مکان می‌تواند به درک کیفیت آب‌ها کمک کند و برای مدیریت آب‌ها مفید باشد [۳].

سنجنده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای ارزیابی بعضی پارامترهای کیفیت آب (پارامترهایی که طیف بازتابندگی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند) مطرح باشد، زیرا آن‌ها نقشه‌های جامع و متوالی از منطقه تولید می‌کنند. الگوریتم‌های بیوپاتیکی بیشماری برای بازیابی chl_a برای تشریح اندازه‌گیری رادیانس اقیانوس توسعه داده شده‌اند. رادیانس خارج شده از آب در طول موج‌های مختلف به مقدار انعکاس در آن طول موج‌ها تبدیل می‌شوند و سپس در الگوریتم‌های مختلف بکار برده می‌شوند. برای آب‌ها با غلظت بالای توده‌های فیتوپلانکتون الگوریتم‌ها بر مبنای باندها در محدوده‌ی سبز و فرورسرخ نزدیک برای بازیابی غلظت chl_a مؤثرتر هستند [۴]. الگوریتم‌های تجربی که از نسبت باند آبی به سبز استفاده می‌کنند برای آب‌های اقیانوسی باز (Case 1) طراحی شده‌اند و این الگوریتم‌ها معمولاً برای آب‌های ساحلی، که به عنوان آب نوع دوم (Case 2)، مناطقی که اجزای نوری دیگری غیر از فیتوپلانکتون مانند رسوبات معلق و ریزه‌ها که همبستگی با فیتوپلانکتون ندارند، نیز حضور دارند، محسوب می‌شود، کارایی ندارند [۴]. رسوبات میزان انعکاس در فرورسرخ نزدیک را افزایش می‌دهند، بنابراین الگوریتم‌های نسبت باندهای ساده نمی‌تواند غلظت chl_a بالا و غلظت رسوبات بالا را تشخیص دهد. در چنین مواردی الگوریتم‌ها بر مبنای نسبت باند قرمز و فرورسرخ نزدیک بیشترین موفقیت در پیش بینی غلظت chl_a دارند [۵].

آغاز فعالیت‌های مطالعات رنگ اقیانوس (۱۹۷۰) با سنجنده CZCS^۱ آغاز شد و با سنجنده‌هایی مانند MODIS، SeaWiFS^۲ ادامه یافته و توسعه پیدا کرد. Chengfeng Le و همکاران در سال ۲۰۱۳، کاربرد الگوریتم‌های دو باند، سه باند و چهار باند (در قسمت دوم مقاله به صورت مفصل توضیح داده می‌شوند) در منطقه‌ی فلوریدا با استفاده از داده‌های میدانی نه کشتی در طی سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ در کنار داده‌های ماهواره MODIS و MERIS^۳ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم‌های مورد نظر در مناطقی با غلظت کلروفیل بیشتر از ۳۴ mgm^{-۳} با بیشترین خطای نسبی کمتر از ۳۰٪ نتایج امیدوارکننده‌ای ارائه دادند [۵]. وازیلیا و همکاران در سال ۲۰۱۴، غلظت کلروفیل را در خلیج فلاندر الگوریتم OC3 و OC4 را با استفاده از داده‌های میدانی در سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ و داده‌های ماهواره MODIS بررسی کردند و با توجه به اینکه دو الگوریتم غلظت chl_a را بیشتر برآورد می‌کردند یک الگوریتم جدید برای منطقه‌ی مورد نظر توسعه دادند که سازگاری خوبی با داده‌های میدانی داشت [۶]. سان و همکاران در سال ۲۰۱۴، عملکرد الگوریتم‌های دو باند و سه باند و چهار باند را در دهانه دو رودخانه در آمریکا با استفاده از داده‌های میدانی و داده‌های سنجنده‌ی مودیس ارزیابی کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم دو باند عملکرد بهتری از الگوریتم‌های سه باند و چهار باند دارد [۳]. Tebbs و همکاران در سال ۲۰۱۳، با استفاده از داده‌های لندست ETM+ رابطه‌ی خطی

¹ Coastal Zone Color Scanner

² Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor

³ Medium Resolution Imaging Spectrometer



بین غلظت کلروفیل و انعکاس سنجش‌ازدور⁴ (Rrs) در طول موج ۸۳۵ نانومتر و همچنین رابطه‌ی بین غلظت کلروفیل نسبت باندی بین دو طول‌موج ۸۳۵ و ۶۶۰ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم بر مبنای نسبت باندهای قرمز و فروسرخ نزدیک بیشترین موفقیت در پیش بینی غلظت کلروفیل دارد [۴]. با توجه به پیشینه تحقیق در زمینه، استخراج پارامتر فیزیکی رنگ دریا، مخصوصاً غلظت آن (Chla) و بررسی‌های به عمل آمده کمبود روش‌ها و داده‌های مختص داده‌های آب در نوع دوم (آب‌های ساحلی) را نشان می‌دهد. از طرفی با پرتاب ماهواره‌های جدید اپتیکی با توان تفکیک مکانی و طیفی بالا این امکان فراهم شده است که بتوان پارامترهای فیزیکی دریایی و اقیانوسی را در مناطق نزدیک به ساحل را با استفاده از این داده‌ها مدلسازی نمود. لذا در این مقاله، از داده لندست ۸ که دارای توان تفکیک مکانی بسیار بهتری نسبت به سنجنده‌های رنگ اقیانوسی قبلی است به منظور بررسی میزان غلظت کلروفیل در مناطق ساحلی و مقایسه نتایج با غلظت کلروفیل ارائه شده توسط سنجنده‌ها با توان تفکیک مکانی متوسط و پایین استفاده شده است.

۲- الگوریتم‌های مختلف تعیین غلظت کلروفیل

الگوریتم‌های بیوآپتیکی بیشماری برای بازیابی Chla و همچنین به منظور تشریح اندازه‌گیری رادبانس اقیانوس توسعه داده شده‌اند. در ادامه برخی از الگوریتم‌های محاسبه‌ی کلروفیل معرفی می‌شوند.

۲-۱- الگوریتم‌های نسبت باندی ساده (الگوریتم OCx)

الگوریتم‌های نسبت باندی ساده بر مبنای رگرسیون تجربی بین باندهای آبی و سبز و Chla، به علت همبستگی بین نسبت آبی به سبز و Chla، هستند. این الگوریتم‌ها بیشتر برای اقیانوس‌های باز که آب‌ها از نظر نوری ساده هستند نتایج با ارزشی ارائه می‌دهند. این الگوریتم‌ها معمولاً به شکل فرمول یک می‌باشد.

$$c = 10^{\sum_{i=0}^n a_i x^i}, \quad x = \frac{Rrs(\lambda \text{ blue})}{Rrs(\lambda \text{ green})} \quad (1)$$

در اینجا c معرف غلظت کلروفیل و Rrs همان انعکاس سنجش از دوری در طول موج مورد نظر یعنی λ می‌باشد [۴].

۲-۲- الگوریتم بر مبنای نسبت باندی قرمز و فروسرخ نزدیک

در این الگوریتم‌ها نسبت باند قرمز به فروسرخ نزدیک برای استخراج همبستگی Chla بکار برده می‌شود [۵].

۲-۲-۱- الگوریتم دو باند

اصلی که این الگوریتم بر پایه‌ی آن قرار دارد این است که باند قرمز (λ_1) در مجاورت ماکسیمم جذب Chla قرار دارد در حالی که باند فروسرخ نزدیک (λ_2) در یک منطقه که جذب به وسیله‌ی رنگ دانه‌ی فیتوپلانکتون، مواد آلی رنگی محلول (CDOM⁵) کمترین است، موقعیت‌یابی شده است و این شاخص دو باندی شاخصی از Chla در یکسری مناطق می‌باشد [۵].

این الگوریتم فرمی به صورت فرمول دو دارد:

$$c = ax^b, \quad x = \frac{Rrs(\lambda_2)}{Rrs(\lambda_1)} \quad (2)$$

که در آن C غلظت کلروفیل، a و b ضرایب ثابت که تخمین و مدلسازی خواهند شد و Rrs انعکاس سنجش‌ازدوری می‌باشد.

⁴ Remote sensing reflectance

⁵ Colored Dissolved Organic Matter



۲-۲-۲- الگوریتم سه باند

این الگوریتم بر مبنای سه فرض اصلی است: (۱) انعکاس سنجنش از دور در طول موج دوم، $Rrs(\lambda_2)$ ، کمترین حساسیت به جذب chl_a دارد و جذب ذرات غیر جلبکی و CDOM در طول موج‌های اول و دوم (λ_1 و λ_2) تقریباً یکسان هستند، (۲) جذب اجزای اصلی آب در طول موج سوم (λ_3) قابل چشم‌پوشی است و (۳) بازگشت نور در هر سه طول موج تقریباً یکسان است. این الگوریتم با موفقیت در چندین آب ساحلی بکار برده شده است [۵]. این الگوریتم فرمی به صورت فرمول سه دارد:

$$c = ae^{bx}, \quad x = [Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1}] \times Rrs(\lambda_3) \quad (3)$$

که در آن C، غلظت کلروفیل و a و b ضرایب ثابت که تخمین و مدلسازی خواهند شد و Rrs انعکاس سنجنش از دوری می‌باشد.

۲-۲-۳- الگوریتم چهار باند

مشابه الگوریتم سه باند است اما با یک باند اضافی که در مواقعی که جذب اجزای آب در λ_3 به اندازه کافی قابل چشم‌پوشی نباشد بکار برده می‌شود. با توجه به فرم الگوریتم نیاز به دو فرض اضافی است: (۱) جذب ذرات غیر جلبکی و CDOM در طول λ_1 و λ_2 برابر باشد و با یک نیاز مشابه برای λ_3 و λ_4 (۲) بازگشت نور مستقل از طول موج است [۵]. این الگوریتم فرمی به صورت فرمول چهار دارد:

$$c = ax + b, \quad x = [Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1}] / [Rrs(\lambda_4)^{-1} - Rrs(\lambda_3)^{-1}] \quad (4)$$

که در آن C، غلظت کلروفیل و A و B ضرایب ثابت که تخمین و مدلسازی خواهند شد و Rrs انعکاس سنجنش از دوری می‌باشد.

۳- روش‌ها و داده‌ها

در این بخش به بررسی انواع داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده به منظور تخمین غلظت کلروفیل پرداخته‌ایم. همچنین منطقه مورد مطالعه و خصوصیات آن را بررسی نموده‌ایم.

۳-۱- داده‌ها

ماهواره لندست ۸ در سال ۲۰۱۳ پرتاب شده است و داده‌های آن به طور مستمر با استفاده از دو سنجنده شامل تصویرساز زمین^۶ (OLI) و دیگری سنجنده حرارتی فروسرخ^۷ (TIRS) تهیه شده و در دسترس قرار می‌گیرند. این دو سنجنده به ترتیب اطلاعات تصویر برای نه باند طول موج کوتاه در بازه ۲۳۰۰-۴۳۳ نانومتر و دو باند طول موج بلند حرارتی جمع آوری می‌کنند. هفت باند از بین نه باندی که توسط سنجنده‌ی OLI به برداشت اطلاعات می‌پردازد با سنجنده‌های TM^۸ و ETM+^۹ در سنجنده‌های قبلی سازگار هستند و دو باند دیگر یعنی باند ساحلی آبی (۴۳۳-۴۵۳ نانومتر) و باند سیروس (۱۳۶۰-۱۳۹۰ نانومتر) فروسرخ کوتاه امکان اندازه‌گیری کیفیت آب و ابرهای نازک و بالا را فراهم می‌کند [۷]. از آنجایی که سنجنده OLI در ماهواره‌ی لندست ۸ در مقایسه با سنجنده‌های دیگری که برای مطالعات رنگ اقیانوسی اختصاص داده شده‌اند قدرت تفکیک مکانی بسیار بهتری دارد می‌تواند با دقت بهتری تغییرات رنگ اقیانوس را تعیین کند. تصاویر ماهواره لندست ۸ مورد استفاده در این مقاله از سایت [۸] در روزهای ۲۵ اکتبر

⁶ Operational Land Imager

⁷ Thermal InfraRed Sensor

⁸ Thematic Mapper

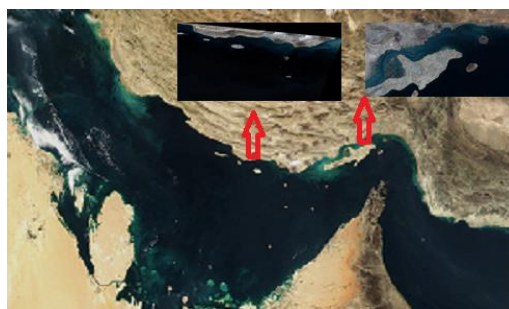
⁹ Enhanced Thematic Mapper Plus



۲۰۱۴، ۱۰ نوامبر ۲۰۱۴، ۳ دسامبر ۲۰۱۴ دانلود شده و مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین، به منظور ارزیابی نتایج، داده‌های پردازش شده‌ی سطح دو سنجنده MODIS که بر روی ماهواره آکوا نصب است با توان تفکیک مکانی متفاوت از سایت [۹] در روزهای مورد نظر دانلود شده‌اند.

۳-۲- منطقه‌ی مطالعاتی

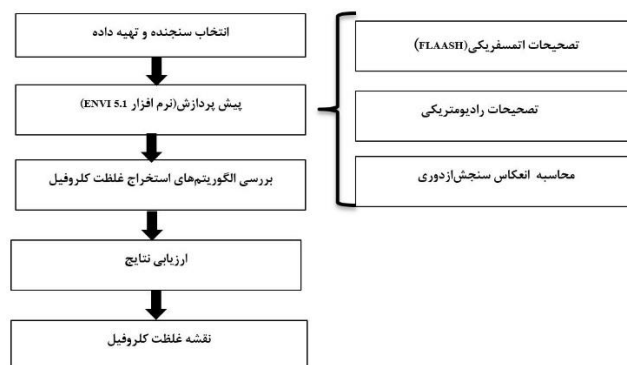
منطقه‌ی مطالعاتی شامل خلیج فارس و تنگه هرمز می‌باشد که در شمال غرب اقیانوس هند واقع شده است. خلیج فارس یک محدوده آبی کم عمق نیمه‌بسته با میانگین عمق ۳۶ متر می‌باشد و بیشترین عمق آن بین ۹۰ تا ۸۰۰ متر بوده که در قسمت شمال شرقی و در محدوده آب‌های ایران واقع شده است، حداکثر عمق آن نیز در نزدیکی تنگه هرمز می‌باشد. تمرکز این مقاله در قسمت‌های شمالی خلیج فارس و سواحل مجاور ایران می‌باشد [۱۰].



شکل ۱: منطقه‌ی خلیج فارس و محدوده‌ی مورد مطالعه

۴- روش پیشنهادی

در این مقاله طبق فلوچارت شکل ۲ مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی بکار گرفته شده و خروجی‌های مورد نظر تولید شده‌اند. کلیت مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۲: فلوچارت مراحل مختلف انتخاب مناسب‌ترین الگوریتم

تصاویر دانلود شده‌ی ماهواره‌ی لندست ۸ با استفاده از نرم افزار ENVI 5.1 پردازش شدند و تصحیح اتمسفری با روش FLAASH بر روی تک تک تصاویر اجرا شد. خروجی این مرحله Rrs تصحیح شده برای تک تک پیکسل‌ها در باندهای شماره ۱ تا ۷ سنجنده ی OLI می‌باشد، که این مقادیر همان انعکاس سنجش‌ازدوری است که در هر کدام از الگوریتم‌های این مقاله (یعنی OC2، OC3، OC4، الگوریتم دو باند، الگوریتم سه باند) بکار برده می‌شود. برای هر الگوریتم ضرایبی برآورد شده و با بکارگیری مقادیر آماری RMSE و R2 تعیین شده به بررسی دقت و کارایی هر الگوریتم می‌پردازیم. در نهایت با توجه به میزان خطاها مناسب ترین الگوریتم انتخاب خواهد شد.

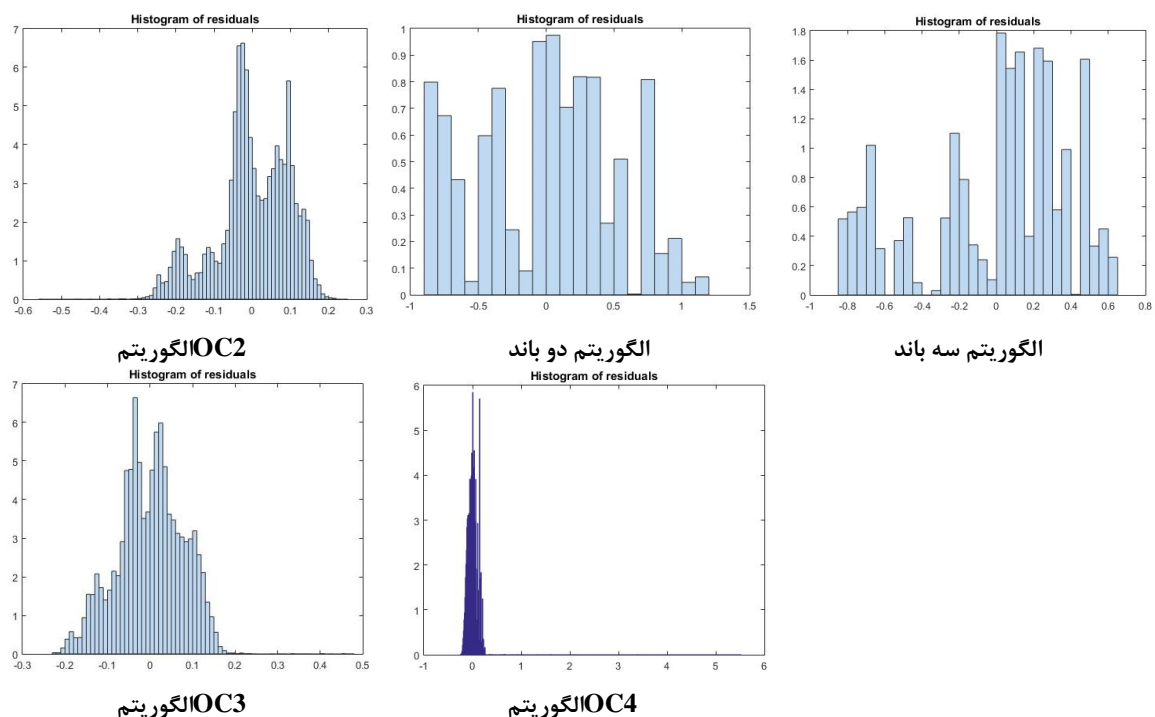


۵- پیاده‌سازی و نتایج

پارامترهای آماری به کار برده شده به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های مختلف، شامل R^2 و $RMSE$ می‌باشد و بر اساس نتایج این پارامترها مناسب‌ترین الگوریتم را برای منطقه مورد نظر انتخاب می‌کنیم. در جدول ۱ نتایج به دست آمده از طریق الگوریتم‌های مورد بررسی ارائه شده است. همچنین نمودار باقیمانده برای هر الگوریتم به تصویر کشیده شده است. با مقایسه‌ی پارامترهای آماری مشاهده می‌شود که الگوریتم‌های دو باند و سه باند کمترین دقت‌ها را دارند و الگوریتم‌های $OC4$ و $OC2$ و $OC3$ به ترتیب کارایی آنها افزایش می‌یابد. با کمی دقت در جدول ۱ مشاهده می‌شود که تعداد مشاهدات در روش‌هایی $OC2$ و $OC3$ بیشتر از سایرین می‌باشد و این مساله مربوط است به معادله‌ی مربوط به هر الگوریتم، زیرا برای جلوگیری از صفر شدن مخرج یا بی‌نهایت شدن کسر بسیاری از مشاهدات در الگوریتم‌های دو باند و سه باند وارد محاسبات نشده‌اند. همچنین نمودار باقیمانده‌های ترسیم شده در شکل ۳ این مساله را تصدیق می‌کند. چراکه نمودار باقیمانده مربوط به الگوریتم سه باند و دو باند بسیار پراکنده هستند در حالی که نمودار باقیمانده‌های الگوریتم‌های $OC4$ و $OC2$ و $OC3$ در اطراف نقطه‌ی صفر متمرکز هستند و تجمع داده‌ها در اطراف صفر در الگوریتم $OC3$ بیشتر از سایر الگوریتم‌ها است.

جدول ۱: مقادیر $RMSE$ و R^2 برای الگوریتم‌های مختلف

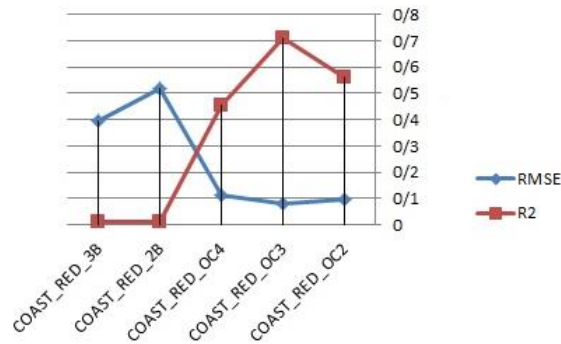
الگوریتم	Oc2	Oc3	Oc4	دو باند	سه باند
ضرایب برآورد شده	b1 0.29201	b1 0.30354	b1 -0.54731	b1 1.5329 b2 -0.03631	b1 0.33387 b2 -0.0044
	b2 1.9985	b2 0.4481	b2 -3.8617		
	b3 1.7639	b3 -28.909	b3 -6.4984		
	b4 -6.2326	b4 -154.47	b4 -4.1701		
		b5 -207.77	b5 -0.90566		
تعداد مشاهدات	62997	62353	46665	32952	32923
$RMSE$	0.096	0.0776	0.103	0.529	0.398
R^2	0.558	0.712	0.533	0.0045	0.0109



شکل ۳: نمودار باقیمانده الگوریتم‌های مورد بررسی



در شکل ۴ مقادیر RMSE و R2 برای الگوریتم‌های مختلف بر روی نمودار برای مقایسه‌ی راحت‌تر نمایش داده شده است.



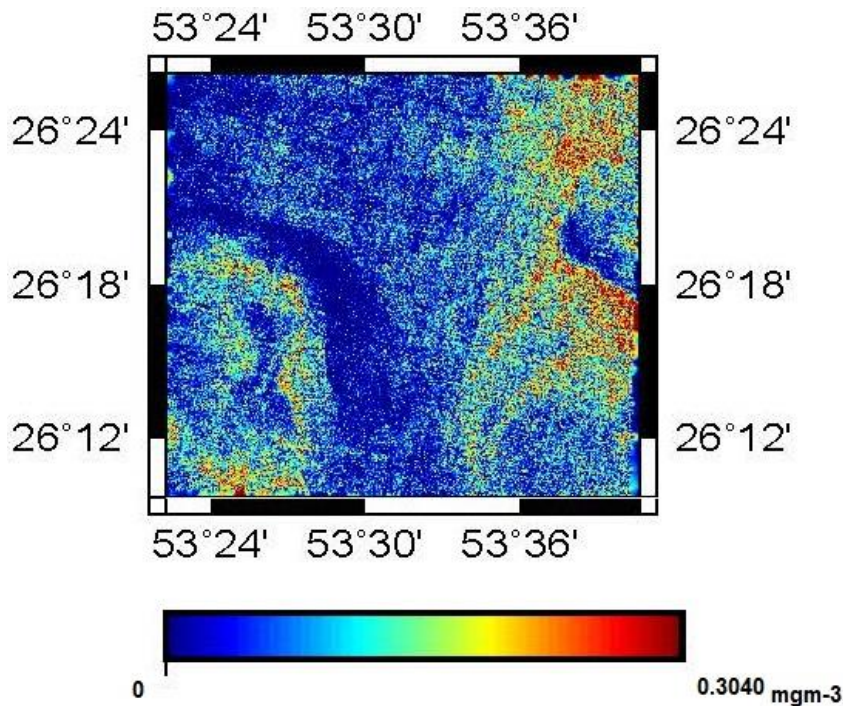
شکل ۴: مقایسه کارایی (RMSE و R2) الگوریتم‌های متفاوت استخراج کلروفیل

همانطور که مشاهده می‌شود الگوریتم OC3، با داشتن بزرگترین مقدار R^2 (۰/۷۱۳) و کمترین مقدار RMSE (۰/۰۷۷) مناسب ترین الگوریتم در منطقه‌ی مورد نظر می‌باشد. در نهایت این الگوریتم با ضرایب جدید برای این منطقه با استفاده از داده های لندست ۸ مورد استفاده قرار گرفته و به صورت فرمول پنج ارائه شده است:

$$C = 10^{a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4}, x = \log \frac{\max\{Rrs(0.443) \text{ or } Rrs(0.483)\}}{Rrs(0.561)} \quad (5)$$

ضرایب a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 به ترتیب ۰.۳۰۳۵۴، ۰.۴۴۸۱، ۰.۲۸.۹۰۹-، ۱۵۴.۴۷- و ۲۰۷.۷۷- برآورد شد.

در شکل ۵ بخشی از خلیج فارس که مقادیر کلروفیل در آن با استفاده از نتایج مناسب ترین الگوریتم تعیین شده است، به تصویر کشیده شده است.



شکل ۵: مقدار کلروفیل در منطقه ی مورد مطالعه



۶- نتایج و پیشنهادات

در این مقاله با توجه به مطالعات انجام شده عملکرد تعدادی از الگوریتم‌ها به منظور برآورد غلظت کلروفیل با استفاده از داده‌های ماهواره لندست ۸ در سواحل خلیج فارس مورد ارزیابی قرار گرفتند و مناسب‌ترین الگوریتم در این منطقه انتخاب شد و با استفاده از الگوریتم ارائه شده امکان تعیین غلظت کلروفیل در مناطق نزدیک ساحل و همچنین با توجه به توان تفکیک مکانی بسیار بهتر سنجنده لندست ۸ امکان ارائه‌ی غلظت کلروفیل با جزئیات بیشتر فراهم می‌شود. سنجنده لندست ۸ برخلاف اینکه توان تفکیک مکانی خوبی دارد اما قدرت تفکیک زمانی بسیار پایینی (هر ۱۶ روز یکبار) دارد و این مانع از مشاهده‌ی برخی فرایندهای با دوره‌ی کوتاه می‌شود و این یکی از مسائلی است که باید از طریق ترکیب چند سنجنده برطرف شود.

مراجع

- [1] S. Dey and R. P. Singh, "Comparison of chlorophyll distributions in the northeastern Arabian Sea and southern Bay of Bengal using IRS-P4 Ocean Color Monitor data," *Remote Sens. Environ.*, vol. 85, no. 4, pp. 424–428, Jun. 2003.
- [2] R. A. Shuchman, G. Leshkevich, M. J. Sayers, T. H. Johengen, C. N. Brooks, and D. Pozdnyakov, "An algorithm to retrieve chlorophyll, dissolved organic carbon, and suspended minerals from Great Lakes satellite data," *J. Gt. Lakes Res.*, vol. 39, Supplement 1, pp. 14–33, 2013.
- [3] D. Sun, C. Hu, Z. Qiu, J. P. Cannizzaro, and B. B. Barnes, "Influence of a red band-based water classification approach on chlorophyll algorithms for optically complex estuaries," *Remote Sens. Environ.*, vol. 155, pp. 289–302, Dec. 2014.
- [4] E. J. Tebbs, J. J. Remedios, and D. M. Harper, "Remote sensing of chlorophyll-a as a measure of cyanobacterial biomass in Lake Bogoria, a hypertrophic, saline-alkaline, flamingo lake, using Landsat ETM+," *Remote Sens. Environ.*, vol. 135, pp. 92–106, Aug. 2013.
- [5] C. Le, C. Hu, J. Cannizzaro, D. English, F. Muller-Karger, and Z. Lee, "Evaluation of chlorophyll-a remote sensing algorithms for an optically complex estuary," *Remote Sens. Environ.*, vol. 129, pp. 75–89, Feb. 2013.
- [6] S. Vazyulya, A. Khrapko, O. Kopelevich, V. Burenkov, T. Eremina, and A. Isaev, "Regional algorithms for the estimation of chlorophyll and suspended matter concentration in the Gulf of Finland from MODIS-Aqua satellite data*," *Oceanologia*, vol. 56, no. 4, pp. 737–756, 2014.
- [7] "Landsat8DataUsersHandbook.pdf." .
- [8] "EarthExplorer." [Online]. Available: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. [Accessed: 18-Dec-2015].
- [9] "OceanColor Home Page | NASA Ocean Color." [Online]. Available: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cms/>. [Accessed: 18-Dec-2015].
- [10] م. دادی‌زاده و ح. ملکوتی، "توفان‌های گردوغبار و تأثیرات اکولوژیکی آنها بر توزیع کلروفیل در خلیج فارس"، *نشریه علمی بوم‌شناسی آبریان*, vol. 4, no. 3, pp. 82–73, Jan. 2015.



Estimate and compare different algorithms to determine the chlorophyll_a in Coastal waters using Landsat8 Imageries (Case Study Persian Gulf)

Moradi, N.¹, Hasanlou, M.²

1-Ms.c student of Hydrography, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Assistant professor in School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Monitoring of ocean color with satellite images is the suitable tool for a better understanding of marine processes and changes in the coastal environment provides. Precise measurement of light in the visible region of the electromagnetic spectrum Radiance provides ocean color data associated with the components of water. This measurement is used for monitoring biological activity level and the presence of water. Ocean features such as the concentration chlorophyll (chl_a), the concentration of dissolved sediment and water surface temperatures have a significant impact on the dynamics of the ocean. In this study, we have tried to determine the chlorophyll algorithm consists of several experimental algorithms simple band ratio of green _ blue used (eg OC_x) and algorithms consists of algorithm two bands of variable $Rrs(\lambda_2) / Rrs(\lambda_1)$, algorithm tri-band with variable $Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1} \times Rrs(\lambda_3)$ and algorithm four bands with variable $Rrs(\lambda_1)^{-1} - Rrs(\lambda_2)^{-1} / [Rrs(\lambda_4)^{-1} - Rrs(\lambda_3)^{-1}]$ that the desired wavelengths (ie, λ_1 , λ_2 , λ_3 and λ_4) in the range of red and near-infrared wavelengths of the electromagnetic spectrum, are we in the Persian Gulf region.

Unlike the Persian Gulf region could be important for the countries of the region have so far been few studies in this area. In this paper, using satellite images Landsat 8 chl_a concentrations in the study area covered. In order to evaluate the results of MODIS images with a other spatial resolution was used. The statistical parameters used to evaluate the performance of different algorithms, including root mean square error (RMSE) and coefficient of determination (R^2) is. OC₃ algorithm with red bands and short wave infrared atmospheric moisture, with the largest amount of R^2 (0.713) and the lowest RMSE (0.0774) was selected as the most appropriate algorithm in the area.

Key words: algorithm, ocean color, chlorophyll, Landsat8, MODIS.