

## برآورد رسوبات معلق با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در سواحل شمال -

### غربی خلیج فارس

هیوا علمیزاده<sup>\*۱</sup>

[elmizadeh@kmsu.ac.ir](mailto:elmizadeh@kmsu.ac.ir)

خسرو فاضل پور<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۸

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۱

#### چکیده

**زمینه و هدف:** در این مقاله با هدف برآورد رسوبات معلق با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در سواحل شمال غربی خلیج فارس، از دو شاخص  $SS^2$  و  $TSS^f$  استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از داده‌های سنجنده مودیس با استفاده از ماهواره آکوا گردآوری شده است.

**روش بررسی:** جهت شناسایی و تعیین رسوبات معلق، با شناساندن متغیرها، داده‌های مورد نیاز از تصاویر استخراج و تصحیح رادیومتریک و اتمسفری بر اساس برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB کدنویسی شده است، بدین صورت که تصویر ماهواره‌ای با فرمت HDF به برنامه وارد می‌گردد، سپس در بخش Modis\_Swach\_Type\_L1B، با تغییر و شناساندن متغیرها، خروجی ماتریس حاوی اطلاعات دریافت می‌گردد. در نهایت با وارد نمودن فایل ماتریس و اعمال فیلترهای متناسب به نرم‌افزار ArcGIS نقشه نهایی و میزان آن در نقاط مورد نظر حاصل شده است.

**یافته‌ها:** نتایج RMSE برای هر مدل نشان می‌دهد که با روش رگرسیون ترکیبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با به کارگیری باندهای ۵۰۰ متری و با به دست آوردن ضریب تعیین بالاتری ( $R^2 = 0/82$ ) و نیز کمترین RMSE ( $RMSE=0.88 \text{ mg/l}$ )، استفاده از باندهای ۵۰۰ متری و ۲۵۰ متری برای ترسیم نقشه رسوبات معلق در خلیج فارس مناسب‌تر می‌باشد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** نتایج نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی خطی بسیار بالایی بین متغیر وابسته (داده‌های میدانی TSS و SS) و داده‌های باندهای ۱ تا ۷ و زاویه سنجنده (بسته به الگوریتم و مدل استفاده‌شده) به‌عنوان متغیرهای مستقل می‌باشد و مشاهده گردید بین داده‌های میدانی و داده‌های استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای رابطه معناداری وجود دارد. این موارد پتانسیل تکنیک سنجش از دور برای سنجش و بررسی پارامترهای دریایی را نشان می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** سنجش از دور، رسوبات معلق، مواد جامد معلق (SS)، مجموع مواد معلق (TSS)، مودیس.

۱- استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر\* (مسئول مکاتبات)

۲- کارشناس ارشد محیط زیست دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

3- suspended solid

4- total suspended sediment

## **Estimation of Suspended Sediments Using Remote Sensing Technique Sensor in North-West Coasts of Persian Gulf**

**Heeva Elmizadeh<sup>1\*</sup>**

[elmizadeh@kmsu.ac.ir](mailto:elmizadeh@kmsu.ac.ir)

**Khosro Fazelpour<sup>2</sup>**

Admission Date: April 27, 2016

Date Received: March 11, 2016

### **Abstract**

**Background and Objective:** This paper aims to estimate suspended sediment using Remote Sensing Technique in the North-west coasts of the Persian Gulf, the two indices which have been used are SS and TSS. Data used in this study are collected from MODIS sensor data through Aqua satellite.

**Method:** Several different algorithms are used for creating these images and they are used to detect and determine Suspended Sediments. In this regard, by introducing the variables required to extract data, Radiometric and atmospheric correction coding is based on MATLAB programming, Finally, entering the matrix file and apply filters ArcGIS software is proportional to its level in the final maps and points of view have been achieved.

**Findings:** In general, RMSE results illustrate that using combinational regression method and employing satellite imagery with 500-meter bands and reaching a higher coefficient of determination ( $R^2=0.82$ ) and also the lowest RMSE (RMSE=0.88 mg/L) and 250 and 500-meter bands is more suitable for designing SS maps in Persian Gulf.

**Discussion and Conclusion:** These results indicate a very high linear relationship between dependent variable (TSS and SS field data) and data from 1 to 7 bands and sensor angle (depending on the used algorithm and model) are considered as independent variables and it was observed that there is a significant relationship between field data and extracted data from satellite imagery. All these results indicate the potential of remote sensing technique for sensing and considering marine parameters.

**Keywords:** Remote sensing, Suspended Sediments, Suspended Solids (SS), Total Suspended Sediment (TSS), Modis.

---

1- Assistant professor, Faculty of Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology\* (*Corresponding Author*).

2- Master Student., Faculty of Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology

## مقدمه

بازتاب در باندهای مذکور وجود دارد (۵). یانگ<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۶) از تصاویر SPOT X برای مطالعه کیفیت آب در بخشی به طول ۱۴۰۰ کیلومتر از رودخانه Ta\_Chia استفاده کرده، نتیجه گرفتند که کانال‌های طیفی برای مطالعه تغییرات خصوصیات کیفیت آب مناسب است (۶). میلر و مک‌کی<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) از تصاویر سنجنده مودیس با استفاده از باندهای ۲۵۰ متر، به محاسبه پارامتر SS پرداختند که در نهایت ضریب تعیین بالایی (۰/۸۹) بین داده‌های استخراجی و داده‌های میدانی در مصب رودخانه می‌سی‌سی‌پی به دست آوردند (۷). چن<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۴) از ماهواره SeaWifis و سنجنده AVHRR جهت طبقه‌بندی کیفی آب در رودخانه پیرل استفاده کردند (۸).

محمد و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۷، کیفیت آب دریاچه پشت سد موصل در شمال عراق را برای بدست آوردن نتایج مطلوب کیفیت آب از جمله فسفات، نیترات، نیتريت، کدورت، PH، کلروفیل a و دمای سطحی آب بررسی نمودند (۹). چانگ<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات پارامترهای کیفیت آب از جمله کلروفیل a، کدورت، درجه حرارت، عمق آب، غلظت مواد آلی محلول، رنگ و مواد جامد معلق کل را با استفاده از سنجش از راه دور بررسی کردند و نتیجه گرفتند که مقرون به صرفه‌ترین روش نظارت، بهبود مدیریتی محیط زیست و پیگیری چرخه مواد مغذی موجود در آب استفاده از این ابزار می‌باشد که در چهار دهه گذشته بطور مداوم به آن رجوع می‌شود (۱۰).

این پژوهش با هدف برآورد مقادیر عددی پارامترهای SS، TSS و SSS در سواحل شمال غربی خلیج فارس با استفاده از سنجنده‌ی مودیس و نرم افزار MATLAB و ArcGIS ارائه شده‌است.

امروزه مطالعه رسوبات معلق موجود در آب، یکی از مسائل مورد علاقه سازمان‌های زیست محیطی، زمین شناسی دریایی و سایر سازمان‌های مرتبط می‌باشد (۱). جهت سنجش رسوبات معلق معمولاً از دو شاخص SS و TSS استفاده می‌کنند. مجموع کل مواد جامد معلق (TSS) عبارت است از میزان وزنی ذرات معلق در ستون آب اعم از ذرات آلی و معدنی. ذرات بزرگ تر از ۲ میکرون معمولاً جزء مجموعه کل مواد جامد معلق هستند، زیرا که کوچک تر از آن در آب‌ها حل می‌گردند. این مواد جامد معلق شامل هر چیز سرگردان یا شناوری در آب مانند سیلت، رس و حتی جلبک و پلانکتون و نیز برخی از مواد شیمیایی می‌گردد. مواد جامد معلق (SS) اشاره به ذرات کوچکی دارد که در آب معلق می‌باشد. معمولاً برای سنجش این پارامتر از فیلترهای ۰/۵ میکرومتری استفاده می‌نمایند و آن چیزی که بر سطح فیلتر می‌ماند را در نهایت به عنوان مواد جامد معلق در نظر می‌گیرند (۱).

معمولاً مطالعه کیفیت آب در روش‌های سنتی با نمونه‌برداری انجام می‌شود که به صورت نقطه‌ای، گران قیمت و زمان‌بر است (۲). به علاوه نتایج حاصل از این نقاط نمی‌تواند معرف خوبی برای تمام منطقه باشد، در این صورت استفاده از اطلاعات واسط و پیوسته در جمع‌آوری اطلاعات از نواحی بزرگ، می‌تواند برای نظارت بر اکوسیستم‌های آبی استفاده شود، بنابراین بررسی پهنه‌های آبی بدون اندازه‌گیری‌های مکانی غیر ممکن است (۳). در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در مورد استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعه پارامترهای کیفیت آب انجام شده است. عقیقی و همکاران (۱۳۸۲) با مطالعه کدورت آب در بخشی از سواحل جنوبی دریای خزر نتیجه گرفتند که امکان تخمین کمی کدورت آب با تصاویر سنجنده‌ی مودیس وجود دارد (۴).

دکر<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از سنجنده‌های CAESAR و CASI به مطالعه Secchi Depth پرداخت و یک رابطه نمایی بین رادیانس و کدورت آب در طول موج‌های مختلف ارائه کرد. نتایج نشان داد که همبستگی بالایی بین کدورت آب و

2- Yang  
3- Miller & McKee  
4- Chen  
5- Chang

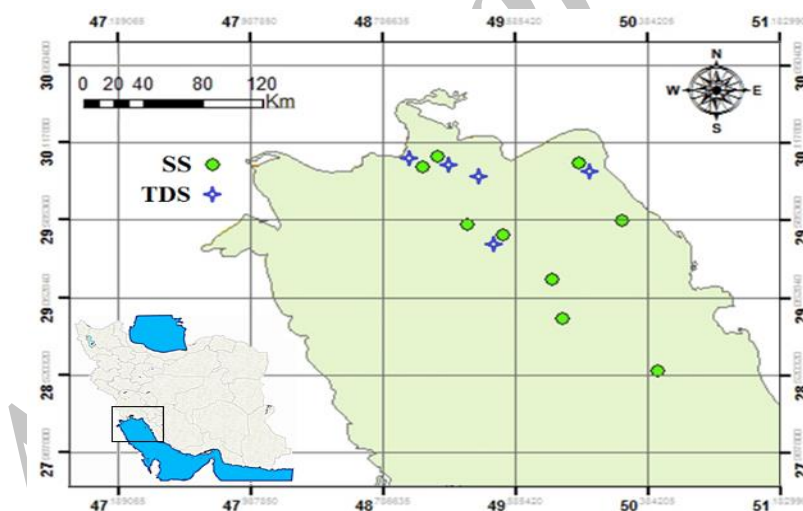
1- Dekker

## منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در نیمه غربی خلیج فارس یک محدوده آبی کم عمق نیمه بسته است که به دلیل قرار گرفتن در محدوده‌ای کم بارش، دارای شوری و چگالی آب بالایی می‌باشد. در محدوده مطالعاتی تنها یک بویه مشغول جمع‌آوری اطلاعات می‌باشد این بویه که از نوع Ocean Wavescan می‌باشد. در سال ۲۰۱۳ در جنوب غربی بوشهر به مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و ۲۸ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی به آب انداخته شده است که علاوه بر دقیق‌تر بودن، داده‌هایی دیگر مانند شوری سطحی، رطوبت هوا، فشار هوا، دمای هوا، مواد معلق، سرعت باد و ارتفاع موج را در اختیار قرار می‌دهد.

## مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از داده‌های سنجنده مودیس با استفاده از ماهواره آکوا گردآوری شده است. در ساخت این تصاویر الگوریتم‌های متنوعی به کار برده شده که جهت شناسایی و تعیین TSS و SS استفاده می‌شود. به منظور امکان کالیبره نمودن اطلاعات به دست آمده، تصاویر بر اساس داده‌های ایستگاه دریایی بوشهر انتخاب شده‌اند، به طوری که قابلیت مقایسه و کالیبراسیون آن‌ها با اطلاعات بویه فراهم شود. به منظور تعیین و مقایسه زمانی و مکانی رسوبات معلق، تصاویر همزمان با داده‌های داده‌های میدانی (شکل ۱) مربوط به سال ۲۰۱۴ انتخاب گردیده‌اند. که در نهایت وضعیت آماری برای سال ۲۰۱۴ با استفاده از داده‌های میدانی اداره هواشناسی بوشهر و داده‌های استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای بررسی گردید.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی و نقاط نمونه‌برداری (SS) و (TSS)

Fig.1- Study area position and (SS) and (TSS) sampling regions

ماهواره‌ای با فرمت HDF به برنامه وارد می‌گردد، سپس در بخش Modis\_Swach\_Type\_L1B، با تغییر و شناساندن متغیرها، خروجی ماتریس حاوی اطلاعات دریافت می‌گردد. پس از تصحیحات لازمه، تصاویر باندهای موردنظر با کدنویسی تبدیل به تصویر متناسب با برنامه‌ی Arc GIS شدند و اطلاعات عددی هر باند استخراج گردید. رگرسیون خطی داده‌های میدانی و اعداد بدست آمده از باندها با کمک

در این تحقیق از سنجنده مودیس که بر روی ماهواره‌ی آکوا و ترا متعلق به ناسا قرار دارد، استفاده شده است. این سنجنده دارای حساسیت رادیومتریکی بالا (۱۲ بیت) و در ۳۶ باند طیفی است که دارای دامنه‌ی طیفی از طول‌موج‌های ۰/۴-۱۴/۴ میکرومتر می‌باشد. فرآیند محاسبه رسوبات معلق، تصحیح رادیومتریک و اتمسفری بر اساس برنامه‌نویسی در نرم‌افزار MATLAB کدنویسی شده است، بدین صورت که تصویر

## جدول ۱- ضرایب تعیین با روش رگرسیون خطی

Table 1. Coefficients of determination using linear regression

پارامتر	رابطه ۱	رابطه ۲
SS	۰/۶۷	۰/۷۸

در (جدول ۲)، با انجام روش رگرسیون خطی ترکیبی، نتایج بهتری نسبت به رگرسیون خطی حاصل شده است. بالاترین ضریب تعیین برای پارامتر SS با استفاده از (رابطه ۳) که در آن از هفت باند اول مودیس استفاده شده است، برابر با  $R^2 = 0/82$  شده است.

## جدول ۲- ضرایب تعیین با روش رگرسیون خطی ترکیبی

Table 2. Coefficient of determination through using combinational linear regression

پارامتر	رابطه ۳	رابطه ۱
SS	(رابطه ۵) ۰/۸۲ [P<0.0001]	(رابطه ۶) ۰/۶۵ [P<0.0001]

پیش‌بینی بالاتر و بهتر شدن نتایج حاصل از رابطه ۵ برای پارامتر SS با توجه به این که در باندهای ۱ و ۲ فقط طول موجی بین ۶۵۰ نانومتر تا ۸۵۹ نانومتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، دور از ذهن نبود، که در نهایت نیز نتایج همین موضوع را به اثبات رساندند. برای یافتن بهترین مدل، چهار مدل انتخابی با ضریب تعیین  $R^2 > 0/6$  در هر رگرسیون انتخاب شدند (۱۱).

$$SS \text{ (mg/L)} = 94.095 \times \text{Band1} - 2.787 \quad (1)$$

$$SS \text{ (mg/L)} = 97.085 \times \text{Band4} - 5.821 \quad (2)$$

$$SS \text{ (mg/L)} = -4.281 + 23.628 \times \text{Band1} - 15.675 \times \text{Band2} - 14.653 \times \text{Band3} + 79.251 \times \text{Band4} + 21.303 \times \text{Band5} + 9.709 \times \text{Band6} + 10.963 \times \text{Band7} \quad (3)$$

$$SS \text{ (mg/L)} = -3.683 + 120.966 \times \text{Band1} - 24.282 \times \text{Band2} \quad (4)$$

نتایج RMSE برای هر مدل در (جدول ۳) آورده شده است. در کل نتایج آن نشان می‌دهد که با روش رگرسیون ترکیبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با به کارگیری باندهای ۵۰۰ متری و با به دست آوردن ضریب تعیین بالاتری ( $R^2 = 0/82$ ) و نیز

برنامه‌ی SPSS، کالیبره شدند. فرمول‌های رگرسیونی در برنامه‌ی متلب همراه با ماسک‌های برش داده شده قرار گرفتند و تصاویر رقومی ایجاد شد. این تصاویر در Arc GIS تبدیل به تصاویر رنگی همراه با مشخصات جغرافیایی شدند. سپس، خطای مجذور میانگین مربعات که تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط ماهواره و مقدار واقعی از اطلاعات میدانی می‌باشد، بررسی شد. هرچه مقدار RMSE از یک کمتر و به صفر نزدیک تر باشد، اعداد بدست آمده از آنالیز تصاویر ماهواره‌ای همخوانی بیشتری با اطلاعات میدانی دارند و درستی پژوهش سنجش از راه دور را بر روی پارامترهای موجود، اثبات می‌کنند. در این راستا روابط و الگوریتم‌های مربوط به تصحیحات مورد نیاز جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای استخراج و به صورت دستورات ریاضی در برنامه متلب کدنویسی شده، سپس با وارد کردن تصاویر ماهواره‌ای در نرم افزار و شناساندن متغیرها (باندهای مورد نیاز، زاویه سنجنده، زاویه تابش و ...) داده‌های مورد نیاز را استخراج و در نهایت با وارد نمودن فایل ماتریس و اعمال فیلترهای متناسب به نرم‌افزار ArcGIS نقشه نهایی و میزان آن در نقاط مورد نظر حاصل شده است.

## نتایج

در این تحقیق با استفاده از باندهای بازتابی تصاویر مودیس (باند ۱) و با به کارگیری الگوریتم مخصوص، با استفاده از روش کدنویسی در نرم‌افزار متلب، فرآیند محاسبه رسوبات معلق سنجیده شده است. تصاویر جهت سنجش بر اساس نزدیک بودن به زمان نمونه‌برداری انتخاب شده‌اند. در نهایت برای سنجش میزان درخشندگی و حذف اثرات اتمسفری با کم کردن میزان درخشندگی پیکسل‌های باند ۲ (تاریک ترین مقادیر ارزش درخشندگی) از باند ۱ به جهت حذف اثرات اتمسفری، با روش کدنویسی در نرم‌افزار متلب انجام پذیرفته است. پس از اعمال محاسبات از طریق رگرسیون خطی ساده (جدول ۱)، ضریب تعیین رابطه شماره ۱ برابر با  $R^2 = 0/67$  حاصل گردید، این در حالی است که این عدد برای رابطه شماره ۲ برابر با  $R^2 = 0/78$  شده است.

$$TSS(mg/l) = 602.63 \times (0.3043 \times \text{MODIS band } 1) - 0.0036 + 3.1481 \quad (7)$$

نتایج رگرسیون خطی هر دو الگوریتم (رابطه ۶ و ۷) نشان داد که بین داده‌های باند ۱ مودیس و پارامتر  $R_{TSS}$  (الگوریتم ۶)، ارتباط معنی‌دار شدیدی ( $R^2 = 0.88$ ) وجود دارد، در حالی که این عدد برای الگوریتم شماره ۷ برابر با  $R^2 = 0.69$  می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴-  $R^2$  و RMSE برای هر مدل (TSS)Table 4.  $R^2$  and RMSE for each (TSS) model

الگوریتم ۷	الگوریتم ۶	
۰/۶۹	۰/۸۸	$R^2$
۵/۲	۵/۴	RMSE

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج واریانس رگرسیون در (جدول ۵ و ۶) نشان می‌دهد که آماره  $F$  با سطح معنی‌دار ۰/۰۰۰ مدل رگرسیون کاملاً معنی‌دار می‌باشد. این نتایج، نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی خطی بسیار بالایی بین متغیر وابسته (داده‌های میدانی TSS و SS) و داده‌های باندهای ۱ تا ۷ و زاویه سنجنده (بسته به الگوریتم و مدل استفاده‌شده) به‌عنوان متغیرهای مستقل می‌باشد.

جدول ۵- نتایج تحلیل واریانس رگرسیون برای پارامتر SS

Table 5. Results of regression variance analysis for SS parameter

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مجموع مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رگرسیون	۵	۸۲۵/۱۰۸	۱۰/۹۹۱	۱۵/۰۲۰	
باقیمانده	۴۴	۴۸۳/۶۲۵			۰/۰۰۰
مجموع	۴۹	۱۳۰۸/۷۳۳			

جدول ۶- نتایج تحلیل واریانس رگرسیون خطی برای پارامتر TSS

Table 6. Results of regression variance analysis for TSS parameter

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مجموع مربعات	آماره F	سطح معنی‌داری
رگرسیون	۷	۵۲۶/۳۵۵	۷۵/۱۹۳	۲۱/۰۶۲	
باقیمانده	۶۶	۲۳۶/۱۰۲	۳/۵۷		۰/۰۰۰
مجموع	۷۳	۷۶۲/۴۵۲			

و (۹) برای منطقه‌ی خلیج فارس بر اساس نتایج سال ۲۰۱۴ تغییر می‌یابد:

کمترین RMSE ( $RMSE=0.88 \text{ mg/L}$ )، استفاده از الگوریتم شماره ۳ (استفاده از باندهای ۵۰۰ متری و ۲۵۰ متری) برای ترسیم نقشه‌های SS در خلیج فارس مناسب‌تر می‌باشد.

جدول ۳- RMSE برای هر مدل

Table 3. RMSE for each model

	رابطه ۱	رابطه ۲	رابطه ۳	رابطه ۴
RMSE	۱/۲۴	۱/۰۱	۰/۹۲	۱/۴۸

الگوریتم‌های مورد استفاده (سنجش TSS) در اصل، یکی برای برقراری رابطه بین پارامتر  $R_{TSS}$  و باند ۱ (۶۴۵ نانومتر) سنجنده مودیس و دیگری برای تعیین و سنجش مقادیر TSS با استفاده از پارامتر  $R_{TSS}$  می‌باشد (۳) (رابطه ۶).

$$R_{TSS} (SF^{-1}) = \frac{L_0(\lambda) - (f \times L_S(\lambda))}{E_d(\lambda)} \quad (5)$$

در اینجا پارامتر  $L_0$  برابر با تابش به سطح آب،  $f$  ضریب ثابت،  $L_S$  تابش بازتاب و  $E_d$  ضریب ثابت برای باندها می‌باشند.

$$TSS(mg/l) = 602.63 \times (0.5157 \times \text{MODIS band } 1) - 0.0089 + 3.1481 \quad (6)$$

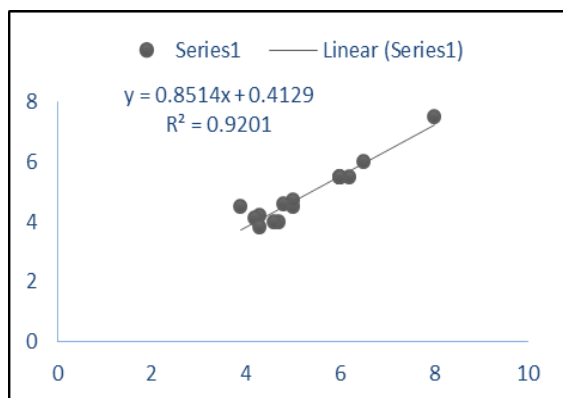
همچنین با توجه به ضرایب حاصل از رگرسیون، مدل‌های به کار رفته برای پارامترهای TSS و SSS به صورت (رابطه‌های ۸)

(۸)

$$SS \text{ (mg/L)} = 26.912 + (-2.818) \times \text{Band1} - 17.392 \times \text{Band2} - (-10.032) \times \text{Band3} + 53.232 \times \text{Band4} + 12.254 \times \text{Band5} + 6.32 \times \text{Band6} + 35.321 \times \text{Band7}$$

(۹)

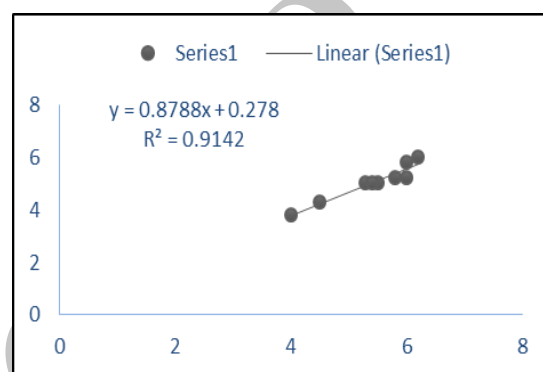
$$TSS = 534.632 \times (31.023 \times (\text{MODIS band1}) - 0.015) + 6.588$$



شکل ۳- نمودار تحلیل رگرسیون پارامتر TSS با استفاده از الگوریتم ۹

Figure 3. Diagram of regression analysis of TSS parameters through using algorithm number 9

برای آزمایش الگوریتم های کالیبره شده، برای ماه ژانویه و فوریه سال ۲۰۱۵ این پارامترها محاسبه شدند که نتایج آن به قرار زیر می باشد (شکل های ۳ و ۲):



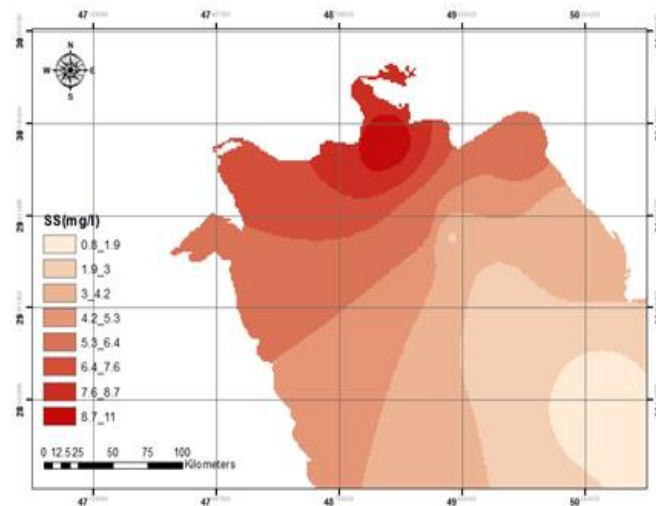
شکل ۲- نمودار تحلیل رگرسیون پارامتر SS با استفاده از الگوریتم ۸

Figure 2. Diagram of regression analysis of SS parameter through using algorithm number 8

جدول ۷- ضریب تعیین و RMSE حاصل از الگوریتم های پیشنهادی

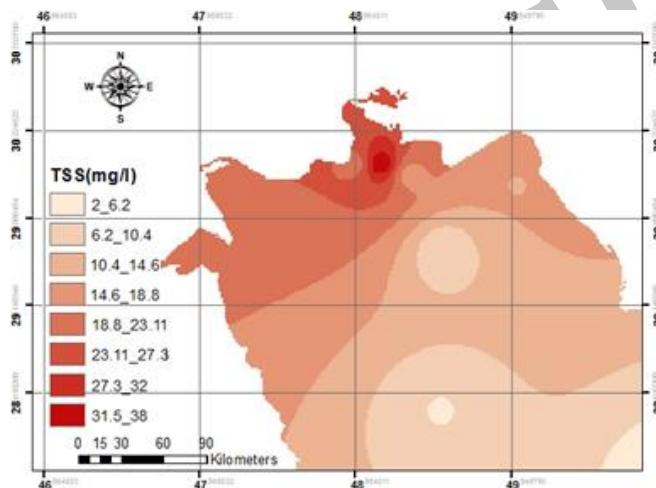
Table 7. Coefficient of determination and RMSE taken from proposed algorithms

	SS	TSS
$R^2$	۰/۹۱	۰/۹۲
RMSE	۰/۴۲	۴/۹



شکل ۴- نقشه پراکندگی پارامتر SS

Figure 4. Map of SS parameter dispersion



شکل ۵- نقشه پراکندگی پارامتر TSS

Figure 5. Map of TSS dispersion

تبعیت می‌کنند، در این نقشه‌ها و در بخش‌های شمالی محدوده مورد مطالعه که ورود رودها و رسوبات معلق بیشتری را به دریا شاهد هستیم، می‌بینیم که نتایج آن نیز حاکی از افزایش مقادیر SS و TSS در نواحی نزدیک به مصبها می‌باشد. در شکل ۴ نیز نقشه الگوریتمی پارامتر SS که با استفاده از الگوریتم ۸ ترسیم شده، همین موارد را نشان می‌دهد. ارزیابی دقت صورت گرفته نشان از بهینه شدن الگوریتم برای سنجش این پارامترها را داشت. همچنین با مقایسه بین چند مدل، نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از مدل‌هایی که باندهای ۵۰۰ متری را نیز درگیر می‌کند، نتایج بهتری را نسبت به الگوریتم‌هایی که فقط از باندهای ۲۵۰ متری استفاده می‌کنند، فراهم می‌نماید.

این نتایج نشان می‌دهد، مقادیر ضریب تعیینی که با استفاده از الگوریتم مورد استفاده به دست آمده بودند، نسبت به مقادیر ضرایب تعیینی که از الگوریتم پیشنهادی به دست آمده‌اند، پایین‌تر می‌باشند (جدول ۷). ضریب تعیین برای پارامتر SS در ماه‌های فوریه و ژانویه سال ۲۰۱۵ برابر ۰/۹۱ برآورد شده‌اند. این بیانگر اصلاح و بهینه شدن رابطه پارامترها برای منطقه خلیج فارس می‌باشد و مشاهده گردید بین داده‌های میدانی و داده‌های استخراجی از تصاویر ماهواره‌ای رابطه معناداری وجود دارد. به طوریکه بین (شکل ۴) که با استفاده از داده‌های (الگوریتم ۳) ترسیم گردیده و همچنین (شکل ۵)، ارتباط معناداری دیده می‌شود و محدوده‌های مقادیر از الگوی مشابهی



- thesis, Tehran, Tarbiat Modares University, 144 p. (in Persian)
5. Dekker, A. G., Vos, R. J., Peters, S. W. M., 2001. Comparison of remote sensing data, model results and in situ data for total suspended matter (TSM) in the southern Frisian lakes. *Science of the Total Environment*, 268, 197-214.
  6. Yang, M.D., Merry S.M, 1996. Adaptive short\_term water quality forecasts using remote sensing and GIS; RWRA symposium on GIS and water resources research center symposium proceedings, september 22-26, Fort Lauderdale Florida, pp. 109-118, 1996.
  7. Miller, R. L. & McKee, B. A., 2004. Using MODIS Terra 250 m imagery to map concentration of total suspended matter in coastal waters, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 93, 259-366.
  8. Chen, X. L., Li, Z. G. Liu, K.D. Yin, Z. Li, and W. H. King, 2004. Integration of multi-source data for water quality classification in the Pearl River Korean *Journal of Remote Sensing*, Vol.23, No.3, 2007-168-estuary and its adjacent coastal waters of Hong Kong, *Continental Shelf Research*, 24:1827-1843.
  9. Mohammed, F., Khattab, O. And Border, J. M. 2014. Application of Landsat 5 and Landsat 7 Images Data for Water Quality Mapping in Mosul Dam Lake, Northern Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*. September 2014. 7(9): 3557-3573
  10. Chang, N., Imen, S. And Vannah, B. 2015. Remote Sensing for Monitoring Surface Water Quality Status and Ecosystem State in Relation to the Nutrient Cycle: A 40-Year Perspective. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 45(2): 101-166.
  11. Roberts, D., K. Halligan, and P. Dennison, 2007. Combined use of remote

همه‌ی این موارد پتانسیل تکنیک سنجش از دور برای سنجش و بررسی پارامترهای دریایی را نشان می‌دهند.

#### پیشنهادها

برای به دست آوردن روابط دقیق‌تر و بررسی مواردی چون سنجش اختلاف لایه سطحی با لایه زیر سطحی، باید بیش از یک دوره‌ی برداشت در فواصل زمانی متعدد و در نقاط مختلف خلیج فارس و دیگر دریاهای کشور انجام پذیرد و با کالیبره کردن با داده‌های ماهواره‌ای، نسبت به تهیه الگوریتم نهایی اقدام گردد.

#### سپاس‌گزاری

«این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده با شماره قرارداد ۱۰۰ از محل اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر می‌باشد.»

#### Reference

1. Smith, G. M. and E. J. Milton, 1999. The use of the empirical line method to calibrate remotely sensed data to reflectance, *International Journal of remote sensing*, 20(13): 2653-2662.
2. Justice, C. O., J. R. G. Townshend, E. F. Vermote, E. Masuoka, R. E Wolfe, N. Saleous, D. P. Roy, and J. T. Morisette, 2002. An overview of MODIS land data processing and product status, *Remote Sensing of Environment*, 83: 3-15.
3. Mueller, J. L., Morel, A., Frouin, 2003. Ocean optics protocols for Satellite Ocean Color validation, Revision 4, Volume III: Radiometric Measurements and Data Analysis Protocols, (Eds.). NASA/TM 2003-21621 (pp. 28-29) Greenbelt, MD: NASA Goddard Space Flight Center.
4. Aghighi, H., 1973. Assessment of MODIS data for mapping water turbidity in the Caspian Sea South Coasts, a master's

Bay, California, Estuarine, Coastal Shelf  
Sci., 53, 801–812.

sensing and continuous monitoring to  
analyze the variability of suspended-  
sediment concentrations in San Francisco

Archive of SID