

## برآورد عمق آب های ساحلی به کمک تصاویر سنجش از دور فراطیفی

عبدالرضا صفری<sup>۱</sup>، حمیدرضا آوریده<sup>۲\*</sup>، سعید همایونی<sup>۳</sup>، صفا خزایی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران  
asafari@ut.ac.ir

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروگرافی - گروه مهندسی نقشه برداری - پردیس دانشکده های فنی - دانشگاه تهران  
avarideh@ut.ac.ir

<sup>۳</sup>استادیار گروه جغرافیا - دانشگاه اوتاوا - کانادا  
saeid.homayouni@uottawa.ca

<sup>۴</sup>استادیار گروه مهندسی عمران - دانشگاه جامع امام حسین (ع)  
skhazai@ihu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۳، تاریخ تصویب شهریور ۱۳۹۳)

### چکیده

برآورد عمق آب های ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره ای سنجش از دوری نقش مهمی در مدیریت و بهره برداری بهینه از منابع طبیعی دریایی و گام اولیه برای برنامه ریزی و همچنین محافظت از آنهاست. در دهه های گذشته، به لطف داده های تصویری با ویژگی های طیفی، مکانی و زمانی مناسب، استفاده از روش های عمق سنجی ماهواره ای در مناطق کم عمق افزایش یافته است. اندازه گیری های مستقیم عمق و پارامترهای فیزیکی آب به کمک روش های مستقیم در مناطق ساحلی بسیار پر هزینه بوده و به زمان نسبتاً زیادی نیاز دارد. بنابراین، سنجش از دور با توجه به توانایی بالا در جمع آوری اطلاعات در زمان کوتاه و در گستره ی جغرافیای وسیع راهکار بسیار مناسبی برای بسیاری از طرح های مطالعاتی و مهندسی در مناطق ساحلی خواهد بود. این موضوع در کشوری مانند ایران که دارای گستره وسیع آبی است از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

مهم ترین هدف این مقاله، بررسی توانمندی تصاویر ماهواره ای فراطیفی در عمق سنجی بر پایه روش هایی تجربی سنجش از دوری است. معروف ترین مدل های تجربی در این زمینه، مدل های نسبی لایزینگا (Lyzenga) و استامپ (Stumpf) است که در این تحقیق از مدل نسبی استامپ استفاده شده است. استامپ (۲۰۰۳) به منظور برآورد مقادیر عمق از تصاویر چندطیفی الگوریتمی ارائه کرد که به اطلاعات اولیه کمتری نسبت به مدل های ارائه شده در قبل توسط سایرین نیاز داشت. این الگوریتم بر پایه مقادیر نسبی بازتابی در باندهای مرئی عمل می کند و نسبت به الگوریتم های پیشین در برآورد عمق در آب های عمیق تر بهتر عمل می کند. همچنین مشکلات ناشی از جنس بسترهای متفاوت را ندارد و قابل به کارگیری در مناطقی با بازتاب کم نیز هست. در این پژوهش از تصاویر فراطیفی سنجنده هایپریون از ماهواره EO1 برای بررسی عمق سواحل جزیره قشم استفاده شده است که تا کنون این تصاویر در عمق سنجی به صورت جدی مورد استفاده قرار نگرفته است. نتایج ارزیابی این پژوهش نشان می دهد که میزان همبستگی تصویری که پس از انجام پیش پردازش ها، بر روی آن الگوریتم استامپ استفاده شده با عمق ۸۹٫۳ درصد و مقدار انحراف معیار مقادیر عمق بدست آمده با عمق واقعی ۱٫۳۸ متر بدست آمد که می تواند برای کاربردهای ویژه در مناطق ساحلی، با توجه به هزینه و زمان پردازش روش مناسبی باشد.

**واژگان کلیدی:** عمق سنجی آب های ساحلی، سنجش از دور فراطیفی، الگوریتم استامپ

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

منابع آبی همواره به عنوان یکی از مسایل حیاتی زندگی بشر مطرح بوده و هست. در این میان، مناطق ساحلی دریاها و دریاچه ها همواره از مهمترین این منابع آب به منظور نیازهای گوناگون به حساب آمده اند. این مناطق در تماس بیشتر با عوامل انسانی هستند و بیشتر بهره برداری‌ها و کاربردهای بشر با این مناطق در ارتباط است. همچنین شرایط این منابع عمدتاً بر روی مناطق اطراف از جنبه های زیست محیطی، گردشگری، اقتصادی، سیاسی و... بسیار دارای اهمیت است. شناسایی ویژگی‌های جغرافیایی و هندسی مناطق ساحلی، گام اولیه و مهمی برای برنامه‌ریزی، بهره‌برداری و همچنین محافظت از این منابع طبیعی است. عمق آب و ویژگی‌های فیزیکی آن در این مناطق می‌تواند برای بسیاری از کاربردها و طرح‌ها نقش حیاتی ایفا کند.

به طور کلی فرایند عمق‌سنجی در نواحی ساحلی برای اطلاع از پدیده‌ها و عوارض زیر آب به منظور انجام فعالیت‌هایی نظیر کشتیرانی، لایروبی، لوله و کابل گذاری، تعیین نقاط پرخطر ساحلی، مطالعات هیدرولوژیکی، تهیه نقشه‌های جنس بستر، اطلاع از زیستگاه های دریایی جهت بکارگیری در امور زیست محیطی و امور نظامی و مهندسی ضرورت می‌یابد. اندازه‌گیری های مستقیم در مناطق ساحلی بسیار پرهزینه بوده و به زمان نسبتاً زیادی نیاز دارد. بنابراین سنجنش از دور با توجه به توانایی بالا در جمع آوری اطلاعات در زمان کوتاه و در دامنه ای وسیع راهکار بسیار مناسبی برای چنین کاربردهای می‌تواند باشد. این موضوع در کشوری مانند ایران که دارای گستره وسیع آبی است از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

هدف کلی این تحقیق، بررسی و ارزیابی توانمندی داده‌های سنجنش از دوری ماهواره ای فراطیفی برای عمق سنجی و مقایسه آن با روش‌های مستقیم آبنگاری است. در این تحقیق روش‌های مورد بررسی بر روی تصاویر فراطیفی سنجندهی Hyperion منطقه قشم که جزء آب های کم عمق محسوب می شوند پیاده‌سازی و ارزیابی شده است.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

قشم بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس و جزو استان هرمزگان ایران است. شهر قشم در شرقی ترین نقطه

جزیره واقع شده است و به رغم آن‌که این شهر نسبت به کل جزیره مرکزیت هندسی ندارد، اما به علت موقعیت مهم استراتژیک آن (دید گسترده به جنوب، شمال و شرق، دید به تنگه هرمز، نزدیکی به بندرعباس و غیره) از قدیم دارای اهمیت بوده و عمده ترین سکونتگاه جزیره محسوب می شده است. همچنین نواحی ساحلی این جزیره از عمق نسبتاً کم و شفافیت نسبتاً مناسبی برخوردار است. بستر این آبها در نواحی کم عمق از کلاس های محدودی از جمله مرجان ها، ماسه و نیز جلبک های دریایی تشکیل یافته است.

عمق آب های خلیج فارس به طور متوسط در شرق بین ۵۰ تا ۸۰ متر و در غرب حدود ۱۰ تا ۳۰ متر است. ژرف ترین نقطه خلیج فارس، گودالی است به عمق ۹۳ متر که در ۱۵ کیلومتری جنوب جزیره تنب بزرگ واقع شده است. خلیج فارس از مراکز مهم صید ماهی و مروارید است و در کف آن توده های وسیع مرجانی دیده می شود. به علت ادامه طبقات نفت خیز زاگرس به سمت جنوب، در لایه های زیرین خلیج فارس منابع مهم نفت و گاز وجود دارد که بخش بزرگی از آن به بهره برداری رسیده است. به علت پهنای کم تنگه هرمز، جزر و مد خلیج فارس همیشه اندکی عقب تر از جزر و مد دریاهاى آزاد صورت می گیرد.

## ۳- داده های مورد استفاده

هایپریون یک سنجنده تصویربرداری جاروبگر خطی، دارای ۲۴۲ باند مجزا در محدوده‌ی طیفی ۴۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر است. باندهای ۱ تا ۷۰ این مربوط به طول موج‌های مرئی و مادون قرمز نزدیک (VNIR) و باندهای ۷۱ تا ۲۴۲ مربوط به امواج مادون قرمز (SWIR) می‌شود که برخی از این کانال های طیفی کالیبره نشده اند. این باندها یا در آرایه های سنجنده هایپریون فعال نشده اند، یا سطح سیگنال بسیار پایینی دارند و یا به طور مشترک هم در ناحیه VNIR و هم در ناحیه SWIR قرار دارند. در صورت حذف این باندها تعداد باند های مفید به ۲۰۰ باند کاهش می یابد. از این ۲۰۰ باند فقط ۱۹۶ باند منحصر به فرد وجود دارد (۵۷-۸ و ۲۲۴-۷۹) (Bisun Datt & David Jupp 2004). در بین این ۱۹۶ باند، تعدادی باند وجود دارد که باندهای جذبی آب نامیده می شوند، باندهای جذبی آب بین ۱۴۱۷-۱۳۵۶ نانومتر، ۱۹۳۲-۱۸۲۰ نانومتر

#### ۴- پردازش داده‌های سنجش از دوری

مهمترین بخش در پردازش تصاویر فراتپیفی مرحله پیش پردازش داده‌هاست. این پیش پردازش به طور کلی شامل تبدیل مقادیر درجه خاکستری به تابش طیفی، حذف نویز، حذف درخشندگی، تصحیح اتمسفری هستند.

##### ۴-۱- انتخاب محدوده مورد نظر

از آنجایی که تصویر مورد مطالعه دارای دو قسمت آبی (شمال و جنوب جزیره قشم) با ویژگی‌های متفاوت بود (شکل ۲)، منطقه شمالی به دلیل دارا بودن جریان های تند در بستر و وجود تغییرات عمق از چرخه پیش پردازش خارج شد. علاوه بر این هدف از این کار حذف مناطق ساحلی و خشکی ها و نیز مناطقی با عمق بسیار زیاد بوده است. این تصویر رنگی از ترکیب باندهای ۶ (آبی) - ۱۲ (سبز) - ۲۶ (قرمز) بدست آمده است.



شکل ۲- تصویر مورد استفاده از منطقه قشم از ماهواره هایپریون آب به خاطر وجود کلروفیل به رنگ سبز دیده می شود.

##### ۴-۲- حذف نویز

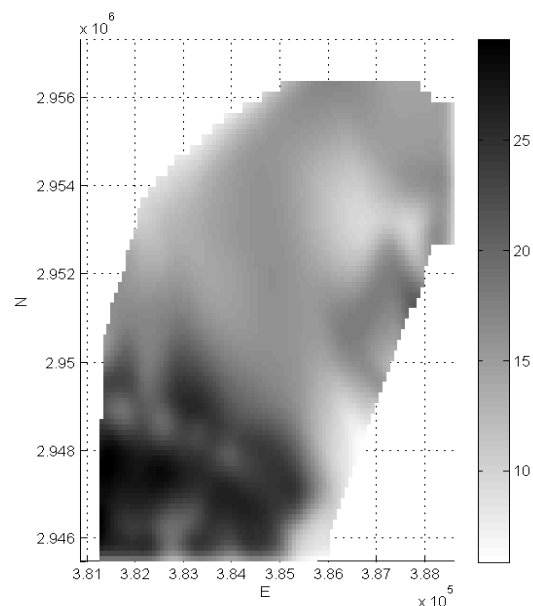
برای حذف نویز تصادفی و نویز حسگرها در این مقاله تبدیل Minimum Noise Fraction (MNF) استفاده شد. تبدیل MNF به منظور جداسازی نویز از داده و همچنین

و بعد از ۲۳۹۵ نانومتر قرار دارند. این باندها شامل مقدار بسیار کمی از اطلاعات هستند و یا اصلا هیچ اطلاعاتی از سطح در آن ها وجود ندارد و این باندها معمولا از داده های فراتپیفی حذف می شوند. حذف باندهای جذبی آب شامل باندهای ۱۲۲-۱۲۱، ۱۲۷-۱۲۶، ۱۷۸-۱۶۷ و ۲۲۴ می باشد. با حذف این باندها ۱۷۹ باند باقی می ماند که شامل باندهای ۵۷-۸، ۱۲۰-۷۹، ۱۲۵-۱۲۳، ۱۶۶-۱۲۸، ۲۲۳-۱۷۹ می باشند که برای تصحیح اتمسفری از این باندها استفاده می شود. برخی دیگر از اطلاعات این سنجنده در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- اطلاعات سنجنده هایپریون

EO1/ Hyperion	ماهواره / سنجنده
۲۰۰ روز	دوره بازگشت
۷,۵ کیلومتر	عرض گذر
۳۰ متر	قدرت تفکیک مکانی

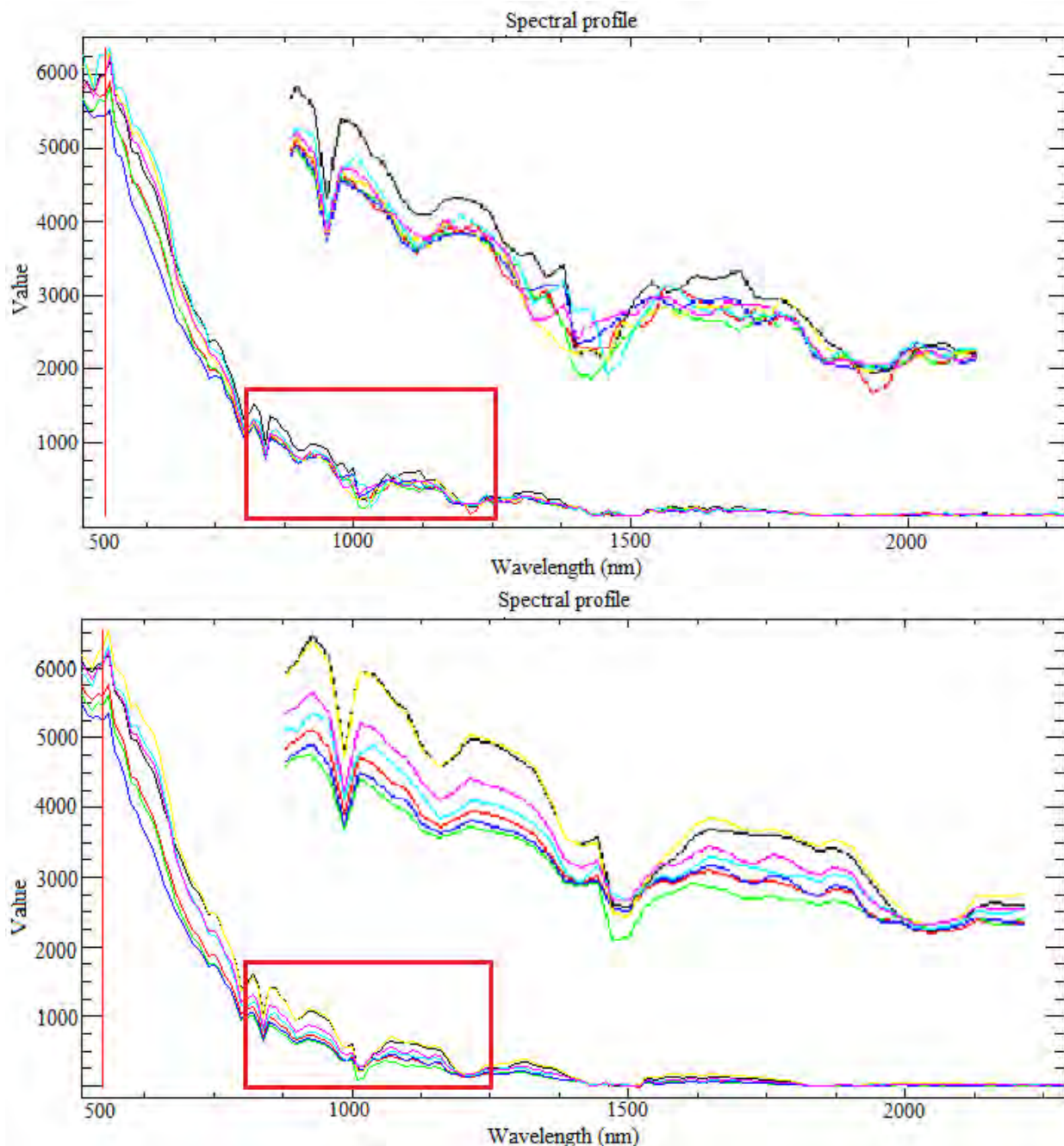
همچنین برای ارزیابی دقت انجام کار و نیز برای بدست آوردن عمق با استفاده از برازش از داده های DEM منطقه که با استفاده از داده های هیدروگرافی تهیه شده، استفاده شده است (شکل ۱). دقت ارتفاعی این داده ها ۱۰ سانتیمتر و دقت مسطحاتی آنها ۱ متر است که توسط شرکت Deep sea offshore به وسیله اکوساندر چند پرتویی جمع‌آوری شده اند.



شکل ۱- مدل رقمی ارتفاعی منطقه جنوبی ساحل قشم

کاهش ابعاد داده به منظور کاهش حجم محاسبات استفاده می‌شود (Boardman J. W., and F. A. Kruse, 1994). این تبدیل در سال ۱۹۸۸ توسط آقای گرین (Green) معرفی شد و سپس در نرم افزار انوی قرار داده شد. مقادیر ۲۰ باند اول که دارای مقادیر ویژه بالای ۳ بودند در حالت Forward انتخاب شد. در شکل ۳ پروفیل منطقه آبی قبل

و بعد از حذف نویز با روش MNF رسم شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با مقایسه قسمت‌های بزرگنمایی شده در هر دو شکل، واضح است که پس از حذف نویز پروفیل‌ها نرم‌تر شده‌اند که نشان می‌دهد کاهش نویز با موفقیت انجام شده است.



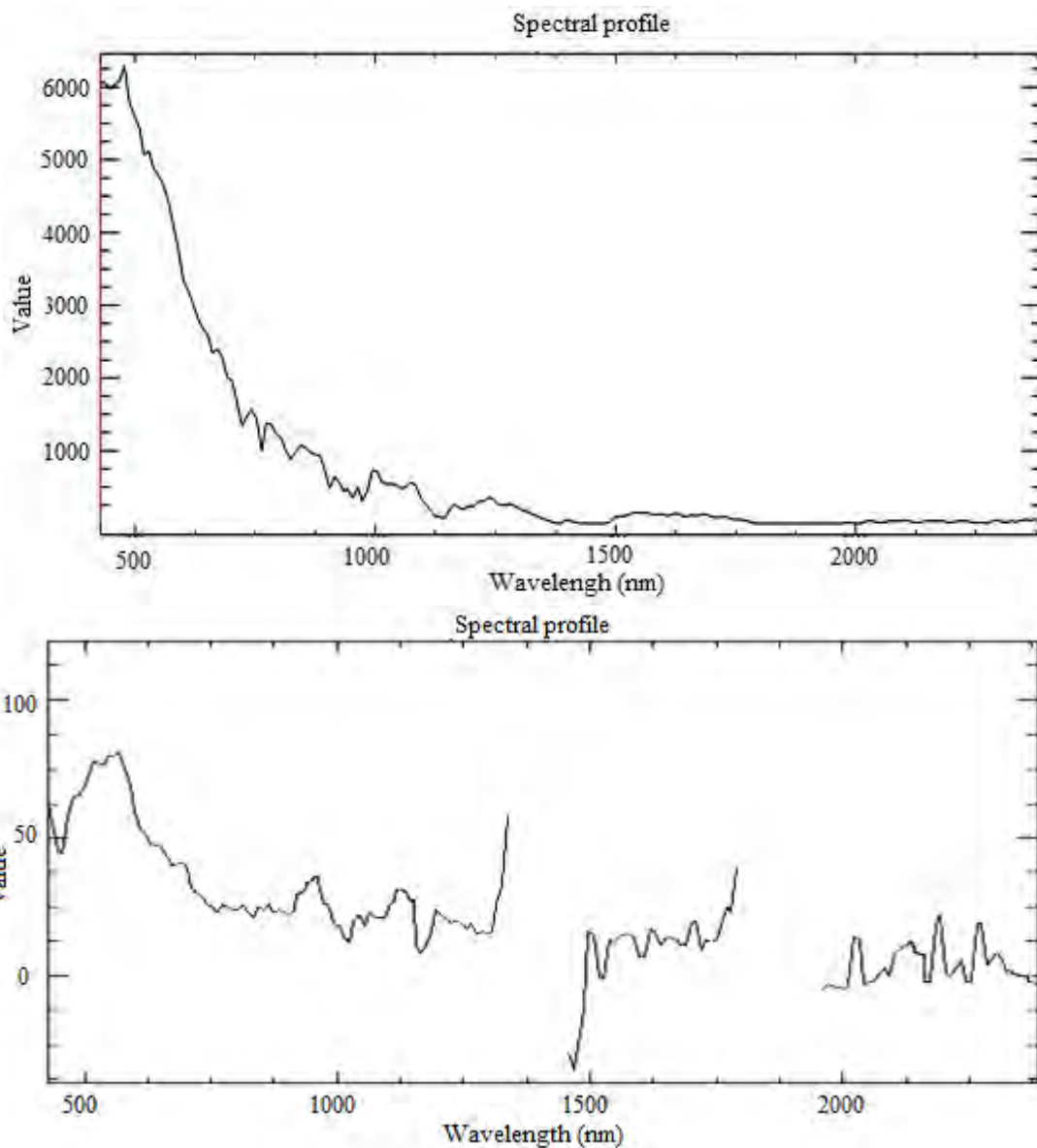
شکل ۳- پروفیل یک منطقه آبی، قبل از حذف نویز (شکل بالا)، بعد از حذف نویز (شکل پایین)

#### ۴-۳- تصحیح اتمسفری

تصحیح اتمسفری گامی بسیار مهم در آنالیز داده های سنسجش از دوری به شمار می رود. برای این منظور در این تحقیق از مدل فلش (FLAASH) در نرم افزار انوی استفاده شده است. مدل فلش یکی از اولین ابزارهای تصحیح اتمسفری است که طول موج هایی را از گستره مرئی تا ۳ میکرومتر پوشش می دهد. این مدل بیشتر بر روی تصاویر چند طیفی و فراطیفی کار می کند. بازیابی بخار آب و گرد و غبار تنها زمانی امکان پذیر است که تصویر شامل باندهایی با طول موج های در موقعیت مناسب باشد. این مدل می تواند تصویر را هم در هندسه

دید قائم و هم در هندسه دید مایل از لحاظ تاثیرات اتمسفری تصحیح کند.

در شکل ۴ (بالا) برای کاهش اثر نویز، میانگین پروفیل طیفی ۱۲ پیکسل در منطقه ساحلی جنوب جزیره قشم بعد از تصحیح اتمسفری، رسم شده است و در شکل پایین، همین منطقه قبل از تصحیح اتمسفری نشان داده شده است. همانطور که در این پروفیل مشخص است در طول موج های جذبی آب مقادیر طیفی وجود ندارد و همچنین شکل کلی طیف آب به درستی بدست آمده است.



شکل ۴- میانگین پروفیل طیفی برای منطقه ساحلی جنوبی جزیره قشم، قبل از تصحیح اتمسفری (بالا)، بعد از تصحیح اتمسفری (پایین)

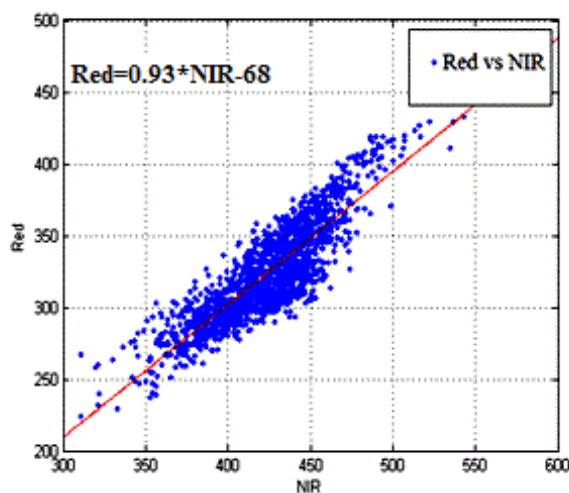
#### ۴-۴- حذف درخشندگی

یکی از مشکلات متداول در تصاویر ماهواره ای از مناطق آبی و دریایی، بازتاب نور خورشید از سطح آب است که به درخشندگی خورشیدی معروف است. این اثر ناشی از امواج ایجاد شده توسط باد و بازتاب آینه ای نور خورشید است. این مشکل در ابتدا توسط (Hochberg 2003) معرفی شد.

برای حذف اثر درخشندگی خورشید، نواحی ای که دارای عمیق اپتیکی مناسب هستند برای استفاده در برازش بین باندهای مرئی و باند مادون قرمز نزدیک انتخاب می‌شوند. از آنجایی که هر یک از باندهای مرئی در چندین تصویر قرار می‌گرفت (جدول ۲)، تمامی حالت های ارتباط باند مرئی و باند مادون قرمز نزدیک برای حذف اثر درخشندگی خورشید استفاده شد. رابطه ای که برای حذف درخشندگی مورد استفاده قرار گرفت در زیر آمده است (Hedly et al. 2005):

$$R'_i = R_i - b_i(R_{NIR} - Min_{NIR}) \quad (1)$$

که در آن  $R'_i$  بازتابش پیکسلی است که اثر درخشش خورشید از آن برداشته شده،  $R$ ، بازتابش پیکسل دارای درخشش،  $b$  شیب برازش بین باند  $i$  و باند مادون قرمز،  $R_{NIR}$  مقدار همان پیکسل در باند مادون قرمز نزدیک است و جمله آخر کمترین مقدار پیکسل در کل باند مادون قرمز است. در شکل ۵ برازش بین یکی از باندهای طیف قرمز و باند مرکزی مادون قرمز نزدیک به منظور استفاده در معادله (۱) نشان داده شده است.



شکل ۵- همبستگی بین دو باند قرمز و مادون قرمز نزدیک

جدول ۲- باندها و گستره های طیف مرئی

باند	طیف
۱ الی ۸	آبی
۹ الی ۱۵	سبز
۲۱ الی ۳۲	قرمز

#### ۴-۵- به دست آوردن عمق

برای بدست آوردن عمق در اینجا از مدل توسعه داده شده لایزینگا (۱۹۷۸) توسط آقای استامپ (۲۰۰۳) استفاده شده است که این دو مدل تفاوت های ناچیزی باهم دارند، اما مدل آقای استامپ در سال های اخیر به فراوانی در مناطق مختلف با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته است. (Krista R. Lee 2012-Michael J.Loomis JR,2009).

در این روش، عمق یابی از تصاویر طیفی در یک فرآیند دو مرحله ای انجام می‌شود. در ابتدا عمق های نسبی با استفاده از روش نسبت های باندی بدست می‌آید (معادله ۲). سپس این مقادیر نسبی با استفاده از برازش (معادله ۳) با نقاط واقعی که از DEM منطقه به دست آمده‌اند به مقادیر مطلق تبدیل می‌شود. عمق های نسبی با استفاده از مقادیر لگاریتم بازتاب در باندهای قرمز و آبی از تصویری که اثر درخشش خورشید از آن کم شده به دست می‌آید. مقادیر عمق های نسبی با استفاده از معادله زیر به دست آمده است (Stump و همکاران، ۲۰۰۳ and Stump and David، ۲۰۰۴):

$$Relative\ Depth = \frac{\ln(1000*b_1)}{\ln(1000*b_2)} \quad (2)$$

که در آن  $b_1$  باند سبز و  $b_2$  باند قرمز است که البته در اینجا از تمامی ترکیب های باند سبز و قرمز در این عبارت استفاده شده و بر روی ۹۶ حالت بدست آمده (۷ باند سبز و ۱۲ باند قرمز) با استفاده از تبدیل تحلیل مولفه های اصلی (Principal Component Analysis) یا به اختصار PCA یک تصویر مرجع برای محاسبات استخراج شد. تحلیل مولفه اصلی تبدیلی در فضای برداری است، که غالباً برای کاهش ابعاد مجموعه داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحلیل مولفه های اصلی در سال ۱۹۰۱ توسط کارل پیرسون ارائه شد. این تحلیل شامل تجزیه مقدرهای ویژه ماتریس کواریانس می‌باشد. اما تحلیل مولفه های اصلی در تعریف ریاضی یک تبدیل خطی متعامد است که داده را به

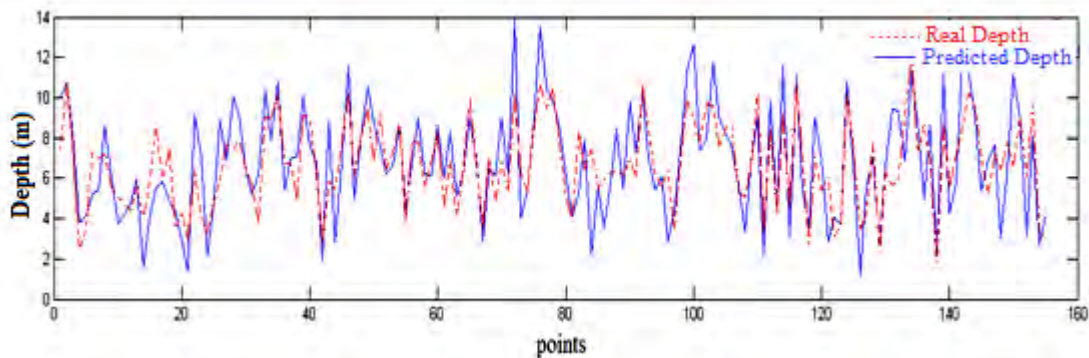


که در آن  $Z$ ، عمق مطلق در هر محدوده عمقی خواهد بود. برای بهتر شدن نتایج، مناطقی برای عمق سنجی استفاده می شوند که اولاً همگی در یک کلاس قرار گرفته باشند (جنس بستر یکسانی داشته باشند) ثانیاً در محدوده عمق کم تر از ۱۰ متر قرار گیرند. با این دو فرض با یافتن ضرایب  $m_1$  و  $m_2$  از برازش با عمق های اندازه گیری شده، عمق سنجی برای کلاس به دست آمده به صورت جداگانه با مقادیر واقعی، به همان صورت قبل انجام می گیرد. بر این اساس ۱۵۵ نقطه با عمق مشخص برای ارزیابی نتایج مورد استفاده قرار گرفت.

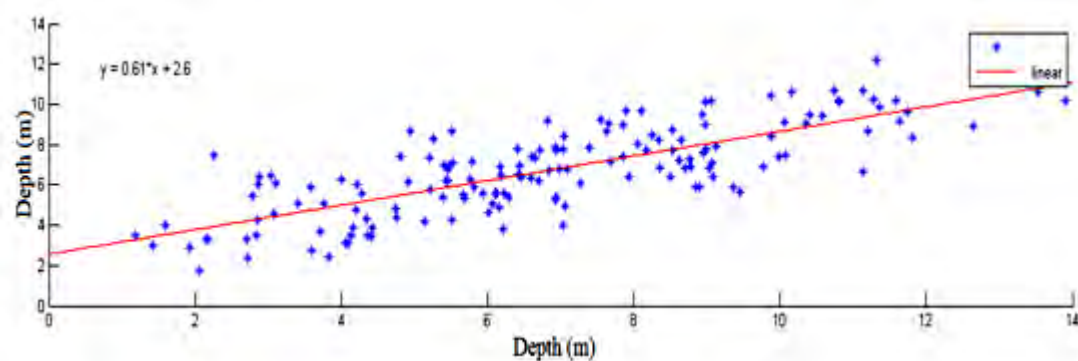
ضریب همبستگی مقادیر عمقی بدست آمده با مقادیر واقعی (۱۵۵ نقطه گفته شده) برابر ۸۹٫۳ درصد و انحراف معیار ۱٫۳۸ متر است. نمودارهای مقادیر واقعی و مقادیر بدست آمده در شکل ۶ و تابع برازش خطی در شکل ۷ آمده است. در این شکل در تصویر اول عمق های حقیقی با نقطه چین و عمق های بدست آمده به صورت خط پیوسته مشخص شده اند که هر یک به صورت جداگانه به هم وصل شده اند.

دستگاه مختصات جدید می برد به طوری که بزرگترین واریانس داده بر روی اولین محور مختصات، دومین مقدار بزرگ واریانس بر روی دومین محور مختصات قرار می گیرد و این کار برای همه مقادیر واریانس انجام می شود. تحلیل مولفه های اصلی می تواند برای کاهش ابعاد داده مورد استفاده قرار بگیرد، به این ترتیب مولفه هایی از مجموعه داده را که بیشترین تاثیر در واریانس را دارند حفظ می کند. حال مقادیر نسبی بدست آمده از مرحله قبل با استفاده از یک آفست و یک ضریب مقیاس به عمق مطلق تبدیل می شوند. البته برای این کار از محدوده عمق های کمتر از ۱۰ متر در سواحل جنوبی جزیره استفاده شده است تا از دقت تعیین عمق مطلق کاسته نشود. همچنین برای پرهیز از رخداد اشتباه توسط الگوریتم، مقادیر عمق کمتر از ۲ متر از محاسبه خارج شده اند. از این رو، برای به دست آوردن این دو پارامتر (آفست و ضریب مقیاس) از برازش بین نقاط با عمق واقعی و نسبی استفاده می شود که معادله آن در زیر آمده است:

$$Z = m_1 * \frac{\ln(1000 * b_1)}{\ln(1000 * b_2)} - m_2 \quad (3)$$



شکل ۶- نتایج حاصل از برآورد عمق به همراه عمق های واقعی



شکل ۷- نتایج برازش بین مقادیر محاسبه شده عمق و داده های واقعی عمق

## ۵- ارزیابی نتایج

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود در ارزیابی محدوده عمقی بین ۵ تا ۹ متر، الگوریتم موفق تر بوده است (خطوط پیوسته و خط چین تقریباً روی هم قرار گرفته‌اند). یکی از علت‌هایی که الگوریتم در پیش‌بینی مقادیر بزرگتر از ۹ متر و کوچکتر از ۵ متر موفق نبوده می‌تواند زمان تصویر برداری باشد. با توجه به اینکه داده‌ها در ماه اسفند اخذ شده‌اند، مقدار کلروفیل موجود در آب بیشتر از حدی است که بتوان مقادیر بازتاب طیفی را دقیقاً به مقدار عمق ربط داد. نمایش تصویر اخذ شده توسط سنجنده در رنگ‌های حقیقی آبی، سبز و قرمز که در آن آب منطقه به رنگ سبز دیده می‌شود ممکن است گواهی بر صحت این مطلب باشد (شکل ۲).

این تحقیق همچنین نشان داد که الگوریتم مورد نظر قادر به مدل‌سازی آب‌های بسیار کم عمق (کم‌تر از ۲ متر) نیست. این محدوده‌ها از نظر میزان بازتاب اعداد بزرگی دارند که باعث منفی شدن عمق بازیابی شده می‌شود. این محدودیت پیشتر نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (Krista.R.Lee 2012-). لذا برای پرهیز از رخداد اشتباه توسط الگوریتم، مقادیر عمق کمتر از ۲ متر از محاسبه خارج شده‌اند.

## ۶- نتیجه‌گیری

منطقه قشم به دلیل موقعیت جغرافیایی در شمال خلیج فارس دارای نقش مهم در اقتصاد و سیاست ملی و منطقه‌ای ایران است. لذا مطالعه و پایش عوامل محیطی این منطقه نقش مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های گوناگون مکانی در این منطقه دارد. عمق و پارامترهای فیزیکی آب از جمله اطلاعات مکانی هستند که می‌توانند با این مدیریت و برنامه‌ریزی کمک کند.

در این پژوهش سعی شد از توانمندی داده‌های سنجش از دوری فرایضی برای برآورد عمق آب در مناطق کم عمق ساحلی استفاده شود. این تصاویر مربوط به سال ۲۰۰۷ بودند که با تاریخ تهیه داده‌های هیدروگرافی مورد استفاده در ارزیابی و اعتبار سنجی روش که در سال ۲۰۱۰ جمع‌آوری شده بودند، فاصله زیادی ندارند.

روش مورد استفاده در این پژوهش (روش استامپ در سال ۲۰۰۳) از کارآمدترین روش‌ها در مطالعات گذشته بوده است. در این مقاله این روش برای بدست آوردن عمق از تصاویر فرایضی به کار رفت. با این وجود محدودیت اولیه برای این مدل حساسیت این مدل نسبت به سپیدایی بسترهای غیر همگون است. همچنین عدم توانایی در بازیابی عمق آب در نواحی کم عمق با مقادیر سپیدایی بالا دقت در این نواحی را کاهش می‌دهد. بدلیل در دسترس نبودن داده‌های بستر آب امکان سنجی توانایی تصاویر سنجنده هایپریون برای کاهش یا از بین بردن حساسیت نسبت به بسترهای مختلف وجود نداشت.

روشی که در این پژوهش از آن به منظور عمق سنجی استفاده شد بر مبنای مدل آقای لایزینگا بوده که بعدها در سال ۲۰۰۳ توسط آقای استامپ توسعه داده شده، این مدل از برآزش بین مقادیر لگاریتم طبیعی طیف‌های آبی و قرمز بهره می‌جوید که نتایج حاصل از آن بعد از محاسبه ضرایب برآزش، برای ۱۵۵ نقطه انحراف معیاری برابر ۱,۳۸ متر و ضریب همبستگی ای حدود ۸۹,۳ درصد بدست آمد.

این تحقیق نشان می‌دهد که با استفاده از ویژگی‌های طیفی و مکانی تصاویر سنجش از دور فرایضی می‌توان به نتایج عمق سنجی بهتری دست یافت، که یکی از موادی که به بهتر شدن نتایج عمق سنجی کمک می‌کند طبقه بندی بستر آب می‌باشد. زیرا حتی در یک عمق ثابت، تفاوت در سپیدایی بستر مقادیر بازتابش را تغییر می‌دهد و از آنجایی که در عمق سنجی میزان بازتابش اثر مستقیم در مقادیر عمق بازیابی شده خواهد داشت، این امر دقت عمق سنجی را کاهش می‌دهد.



- [1] Boardman J. W., and F. A. Kruse, 1994, Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, p. 1-407 - 1-418.
- [2] Green, A. A., M. Berman, P. Switzer, and M. D. Craig, 1988, A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 26, no. 1, p. 65-74.
- [3] Green, E. P., Mumby, P. J., Edwards A. J. and Clark, C. D. (2000), Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management, Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris.
- [4] Hochberg, E. J., Adrefouet, S. and Tyler, M. R. (2003), Sea Surface Correction of High Special Resolution IKONOS Images to Improve bottom Mapping in Near-Shore Environments, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 41, No. 7, pp. 1724–1729.
- [5] Lyzenga, D. R. (1978), Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features, Applied Optics, Vol. 17, No. 3, pp. 379–383.
- [6] Lyzenga, D. R. (1981), Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 1, pp. 71–82.
- [7] Mumby, P. J. and Edwards, A. J. (2002), Mapping marine environments with IKONOS imagery: enhanced spatial resolution can deliver greater thematic accuracy, Remote Sensing of Environment, Vol. 82, No. 2, pp. 248–257.
- [8] Mumby, P., Clark, C., Green, E. and Edwards, A. (1998), Benefits of water column correction and contextual editing for mapping coral reefs, International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 1, pp. 203–210.
- [9] Pearson, K. (1901). "On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space" (PDF). *Philosophical Magazine* 2 (11): 559–572.
- [10] Stumpf, R. P. and L. T. David.(2004), Remote Sensing of Coral Reefs and Their Physical Environment, Marine Pollution Bulletin, Vol. 48, pp. 219–228.
- [11] Stumpf, R. P., Holderied, K. and Sinclair, M. (2003), Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom depths, Limnology and Oceanography, Vol. 48, No. 1, part 2, pp. 547–556.
- [12] Krista R. Lee(2012) USING MULTI-ANGLE WORLDVIEW-2 IMAGERY TO DETERMINE OCEAN DEPTH NEAR OAHU, HAWAII
- [13] Michael J.Loomis Jr,(2009) Depth Derivation from the WORLDVIEW-2 Satellite Using Hyperspectral Imagery