

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه کشور

راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی بخش سنجش از دور ماهواره‌ای

ضابطه شماره ۷۹۶

سازمان بنادر و دریانوردی

اداره کل مهندسی سواحل و بنادر

<http://www.pmo.ir/>

معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران

nezamfanni.ir

۱۳۹۸

شماره: ۹۸/۶۳۸۳۴۷	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵	
موضوع: راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی، بخش سنجش از دور ماهواره‌ای	
در چارچوب ماده (۳۴) قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور موضوع نظام فنی و اجرایی یکپارچه، ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، به پیوست ضابطه شماره ۷۹۶ امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران با عنوان «راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی، بخش سنجش از دور ماهواره‌ای» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود. رعایت مفاد این ضابطه در صورت نداشتن ضوابط بهتر، از تاریخ ۱۳۹۹/۰۱/۰۱ الزامی است. امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران این سازمان دریافت‌کننده نظرات و پیشنهادهای اصلاحی در مورد مفاد این ضابطه بوده و اصلاحات لازم را اعلام خواهد کرد.  محمد باقر نوبخت	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایراد و اشکال نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه -

مرکز تلفن ۳۳۲۷۱ سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و

پیمانکاران

Email: info@nezamfanni.ir

web: nezamfanni.ir

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ه، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور براساس نظام فنی اجرایی یکپارچه، موضوع ماده ۳۴ قانون احکام دائمی برنامه‌های توسعه کشور، ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی مصوب هیات محترم وزیران، تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرح‌های توسعه‌ای کشور را به عهده دارد. هدف از تهیه این فصل‌نامه آشنایی خوانندگان با تکنولوژی سنجش از دور و آشنایی بیش‌تر با عملکرد این سامانه است، زیرا سنجش از دور علم جمع‌آوری اطلاعات از یک منطقه است که در فاصله‌ای از منبع داده‌ها قرار دارد و تجزیه و تحلیل آن نقد خاصی از یک تصویر تهیه شده در این علم می‌باشد که در دید اولیه به وسیله یک فرد و یا در نتیجه ارتقای سامانه‌های کامپیوتری از یک تصویر استخراج می‌شود.

سازمان بنادر و دریانوردی کشور در چارچوب طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی مدیریت سواحل، تهیه ضابطه حاضر را در قالب مجموعه اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی از شماره ۷۹۲ تا ۷۹۶ با هماهنگی امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور در دستور کار قرار داد.

ضابطه حاضر به شماره ۷۹۶ با عنوان «راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های، بخش سنجش از دور ماهواره‌ای» در قالب برنامه کارگروه تخصصی ضوابط و معیارهای فنی و اجرایی سازه‌های ساحلی و دریایی کشور، تهیه شده است.

با همه تلاش‌های انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که امید است، کاربرد عملی و در سطح وسیع این ضابطه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم آورد. پیشنهادهای دریافت شده بررسی شده و در صورت نیاز به اصلاح در متن ضابطه، نسبت به تهیه متن اصلاحی، اقدام و از طریق پایگاه اطلاع‌رسانی نظام فنی و اجرایی کشور برای بهره‌برداری عموم، اعلام خواهند شد. به همین منظور و برای تسهیل در پیدا کردن آخرین ضوابط ابلاغی معتبر، در بالای صفحات، تاریخ تدوین مطالب آن صفحه درج شده است که در صورت هرگونه تغییر در مطالب هر یک از صفحات، تاریخ آن نیز اصلاح خواهد شد. از این‌رو همواره مطالب صفحات دارای تاریخ جدیدتر معتبر خواهد بود.

حمیدرضا عدل

معاون فنی، امور زیربنایی و تولیدی

زمستان ۱۳۹۸

تهیه و کنترل «راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی بخش سنجش از دور ماهواره‌ای»

[ضابطه شماره ۷۹۶]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

کیوان کبیری	شرکت مهندسین مشاور دریانگارپارس	دکتری اقیانوس‌شناسی ماهواره‌ای
حمید رضایی مارنانی	شرکت مهندسین مشاور دریانگارپارس	دکتری اقیانوس‌شناسی زیستی
مهسا مسجدی	شرکت مهندسین مشاور دریانگارپارس	کارشناسی ارشد مهندسی زمین‌شناسی
سیاوش واعظی	شرکت مهندسین مشاور دریانگارپارس	کارشناسی مهندسی صنایع
حسام حاجی میرزا	شرکت مهندسین مشاور دریانگارپارس	کارشناسی ارشد فیزیک دریا
همچنین از تمام کسانی که به طریقی گروه کاری فوق را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.		

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان بنادر و دریانوردی):

محمد رضا اله یار	معاون مهندسی و توسعه امور زیربنایی
حمید خلیلی	مدیر کل مهندسی سواحل و بنادر
محمد حسین نعمتی	رئیس اداره مهندسی سواحل
عباس عینعلی	کارشناس اداره مهندسی سواحل

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه و بودجه کشور):

علیرضا توتونچی	معاون امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
حمیدرضا خاشعی	کارشناس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران
محمد امیر طباطبائی	کارشناس امور راه و ترابری و مدیریت عمران شهری و روستایی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۳	فصل اول - کلیات
۵	۱-۱- مقدمه
۵	۲-۱- سامانه اطلاعات جغرافیایی
۶	۳-۱- سنجش از دور
۷	۱-۳-۱- کاربردهای سنجش از دور
۹	۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های گوناگون دریایی
۹	۱-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی و بهره‌برداری بنادر و زیرساخت‌های معمول ساحلی
۱۲	۲-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی سازه‌های فراساحلی و خطوط لوله دریایی
۱۴	۳-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی آبگیرهای دریایی
۱۴	۴-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های لایروبی و استحصال زمین ساحلی
۱۴	۵-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های شیلاتی و آبی‌پروری
۱۵	۶-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای ارزیابی اثرات زیست محیطی
۱۷	فصل دوم - مفاهیم سنجش از دور
۱۹	۱-۲- مقدمه
۱۹	۲-۲- مفاهیم پایه
۲۱	۳-۲- نقش اتمسفر در سنجش از دور
۲۱	۱-۳-۲- تفرق
۲۲	۲-۳-۲- جذب
۲۵	فصل سوم - تصحیح پارامترهای برداشت
۲۷	۱-۳- پردازش تصاویر
۲۷	۱-۱-۳- تصحیح تصاویر
۲۸	۲-۱-۳- افزایش کیفیت تصاویر
۳۱	۳-۱-۳- واضح‌سازی تصاویر
۳۲	۲-۳- روش کار در سنجش از دور ماهواره‌ای
۳۲	۱-۲-۳- داده‌های برداشت شده در عملیات میدانی
۳۴	۲-۲-۳- داده‌های ماهواره WorldView-2

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۳	۳-۲-۳- سنجش از دور ماهواره‌ای (تشخیص وسعت و پراکنش سنگفرش‌های مرجانی)
۵۳	فصل چهارم - ماهواره‌ها و سنجش پارامترهای زمینی
۵۵	۴-۱- مقدمه
۵۵	۴-۲- ماهواره‌ها و مشخصات آن‌ها
۵۵	۴-۲-۱- ماهواره SeaWifs
۵۷	۴-۲-۲- ماهواره‌های لندست
۵۹	۴-۲-۳- ماهواره‌های هواشناسی نوآ
۶۲	۴-۲-۴- سنجنده MODIS
۶۴	۴-۳- سنجش پارامترهای اقیانوسی
۶۴	۴-۳-۱- بررسی تغییرات دمایی
۶۷	۴-۳-۲- تغییرات میزان کلروفیل-a
۶۹	۴-۳-۳- ترسیم بردار بادهای سطح اقیانوس
۷۰	۴-۳-۴- رنگ‌شناسی اقیانوس
۷۱	۴-۳-۵- توده‌های یخی
۷۲	۴-۳-۶- تغییرات دمایی
۷۲	۴-۳-۷- تعیین شوری
۷۳	۴-۳-۸- سطح زبری
۷۳	۴-۳-۹- کالیبراسیون
۷۴	۴-۳-۱۰- بررسی جریان‌ات دریایی به وسیله ماهواره‌ها
۷۵	۴-۳-۱۱- تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و رادار
۷۹	پیوست ۱- دریافت تصاویر ماهواره‌ای
۸۳	پیوست ۲- فهرست واژگان
۸۷	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۸	جدول ۱-۱- ماهواره‌ها و ویژگی‌های برداشت
۲۱	جدول ۱-۲- ضریب تقریبی آلبدو حاصل از سطح طبیعی اجسام
۳۴	جدول ۱-۳- ویژگی باندهای تصاویر ماهواره WorldView-2
۴۷	جدول ۲-۳- نمونه‌ای از مقادیر محاسبه‌شده ضریب میرایی نور در هر باند سنجنده ماهواره
۵۸	جدول ۱-۴- مشخصات طیف‌موج لندست ۸
۶۲	جدول ۲-۴- خصوصیات باند حس‌گر AVHRR ماهواره NOAA
۶۲	جدول ۳-۴- ویژگی‌های سنجنده MODIS
۶۳	جدول ۴-۴- کاربرد باندهای سنجنده MODIS ماهواره ترا

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱- تصویر ۳ بعدی از سطح زمین
۷	شکل ۲-۱- عملکرد حس‌گرهای فعال و منفعل
۱۹	شکل ۱-۲- شماتیکی از میدان دید عمودی و افقی
۲۲	شکل ۲-۲- پدیده تفرق به وسیله اتمسفر
۲۳	شکل ۳-۲- پدیده جذب به وسیله اتمسفر
۲۷	شکل ۱-۳- توصیف شماتیکی از خطای هندسی
۲۸	شکل ۲-۳- تصویر ثبت شده با خطای ناشی از شکست در ردیف اسکن (Naumann 2008)
۲۹	شکل ۳-۳- تصویر ماهواره‌ای ثبت شده قبل از اعمال تصحیح هیستوگرام
۳۰	شکل ۴-۳- تصویر ماهواره‌ای بعد از اعمال تصحیح هیستوگرام
۳۰	شکل ۵-۳- پنجره دستوری فیلتر کردن تصویر در نرم‌افزار IDRISI
۳۱	شکل ۶-۳- عکس‌های ۴ و ۲۵۶ بیتی از زمین (سمت راست: ۴ بیت، سمت چپ: ۲۵۶ بیت)
۳۲	شکل ۷-۳- ماهواره هواشناسی با برداشت هر نیم ساعت
۳۳	شکل ۸-۳- مشاهدات میدانی با استفاده از روش تصویربرداری با اشنورکل از سطح آب
۳۵	شکل ۹-۳- تصویر خام ماهواره‌ای WorldView-2 (سال ۲۰۱۲ قبل از پردازش)

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱۰- تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده در سامانه مختصات UTM-Zone 39	۳۵
شکل ۳-۱۱- ماژول نرم‌افزاری FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 5.2 برای انجام تصحیحات اتمسفری به همراه جزئیات اعمال شده برای تصویر WV02 سال ۲۰۱۲ مورد استفاده در این تحقیق	۳۷
شکل ۳-۱۲- تصویر ماهواره WV02 مربوط به سال ۲۰۱۲ بعد از انجام تصحیحات اتمسفری	۳۷
شکل ۳-۱۳- تاثیر اثر ستون آب بر روی نور خورشید که به بستر می‌رسد و همچنین انعکاس آن از سطح آب	۳۸
شکل ۳-۱۴- تعیین منطقه عمیق (deep area) و نیمرخ متجانس از بستر با عمق‌های مختلف (Profile) تعیین منطقه عمیق (deep area) و نیمرخ متجانس از بستر با عمق‌های مختلف (Profile) بر روی تصویر برای استخراج مقادیر انعکاس پیکسل‌ها و استفاده از آن‌ها برای محاسبه مقادیر ضرایب میرایی در هر باند تصویربرداری	۴۰
شکل ۳-۱۵- ژرفانگاری اطراف جزیره هندرابی، تولیدشده با استفاده از عمق نقاط اندازه‌گیری شده میدانی (Sounding points)	۴۱
نمودار ۳-۱- تغییرات سطح آب بر اثر جزر و مد در تاریخ‌های تصویربرداری	۴۱
شکل ۳-۱۶- تاثیر تصحیح انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره در بارز شدن عوارض بستر با استفاده از محاسبه ضرایب میرایی نور در هر باند تصویربرداری	۴۲
شکل ۳-۱۷- جزیره کیش و مرز دو منطقه ۳۹ و ۴۰ در سامانه مختصات UTM	۴۳
شکل ۳-۱۸- نقشه جزیره کیش در سامانه مختصات محلی KTMP	۴۴
شکل ۳-۱۹- ماژول نرم‌افزاری FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 4.6.1 برای انجام تصحیحات اتمسفری به همراه جزئیات اعمال شده برای تصویر QuickBird مورد استفاده در این تحقیق	۴۵
شکل ۳-۲۰- تاثیر ستون آب بر روی نور خورشید که به بستر می‌رسد و همچنین انعکاس بازتابیده شده از سطح آب	۴۶
شکل ۳-۲۱- تعیین منطقه عمیق و پروفیلی متجانس از بستر با عمق‌های مختلف بر روی تصویر برای استخراج مقادیر انعکاس پیکسل‌ها و استفاده از آن‌ها برای محاسبه مقادیر ضرایب میرایی در هر باند تصویربرداری	۴۸
شکل ۳-۲۲- نقشه عمق نگاری آب‌های اطراف جزیره کیش	۴۹
شکل ۳-۲۳- داده‌های تغییرات سطح آب بر اثر جزر و مد در تاریخ تصویربرداری (تاریخ ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۵ میلادی)	۴۹
شکل ۳-۲۴- تاثیر تصحیح انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره با استفاده از محاسبه ضرایب میرایی نور در هر باند تصویربرداری و به کارگیری آن در فرمول ۲ برای محاسبه انعکاس بستر در بارز شدن عوارض بستر	۵۰
شکل ۳-۲۵- میزان کلروفیل در خلیج فارس و دریای عمان با ماهواره Seawifs (تصویر از Naval Research Laboratory)	۵۱
شکل ۴-۱- تصویر جهانی SeaWiFs از گسترش کلروفیل در تابستان	۵۶

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵۷	شکل ۴-۲- عکس ماهواره‌ای SeaWifs
۵۸	شکل ۴-۳- تصویر ثبت شده توسط لندست ۷
۶۰	شکل ۴-۴- نمایی از ماهواره NOAA-19 و تجهیزات پرتاب
۶۳	شکل ۴-۵- تصویر ماهواره MODIS از رود می‌سی‌سی‌پی به خلیج مکزیک
۶۵	شکل ۴-۶- تغییرات میانگین دمایی ۳۳ سال غرب اسکاتلند و دریای سلطیک
۶۶	شکل ۴-۷- تغییرات آنومالی دمایی غرب اسکاتلند و دریای سلطیک
۶۶	شکل ۴-۸- نمونه‌ای از نقشه سالانه دمایی (SST)
۶۸	شکل ۴-۹- تجمع کلروفیل-a در سواحل اسکاتلند- ایرلند
۶۹	شکل ۴-۱۰- نتایج مربوط به حس‌گرهای سنجش کلروفیل در سواحل اسکاتلند
۷۰	شکل ۴-۱۱- تصویر ماهواره‌ای حرکت باد بر روی سطح آب‌های آزاد
۷۰	شکل ۴-۱۲- گسترش ماسه ساحلی بر روی اقیانوس‌ها در طی طوفان
۷۱	شکل ۴-۱۳- نمایی از پراکندگی رسوب و جلبک‌های شکوفه‌ای
۷۱	شکل ۴-۱۴- تصویر ماهواره‌ای پراکندگی رسوب
۷۲	شکل ۴-۱۵- نقشه دمایی سطح اقیانوس
۷۲	شکل ۴-۱۶- نقشه ماهواره‌ای میزان شوری در اقیانوس‌ها
۷۳	شکل ۴-۱۷- شماتیکی از ثبت اطلاعات بستر اقیانوس‌ها
۷۴	شکل ۴-۱۸- بویه مجهز به موقعیت‌یاب جهانی برای ثبت تغییرات سطح آب بر اساس زمان با آنتن سفید در فاصله نیم متری از سطح آب
۷۵	شکل ۴-۱۹- سرعت جریان‌های سطحی
۷۶	شکل ۴-۲۰- جریان‌های سطحی New York Bight اندازه‌گیری شده با رادار HF مستقر در ساحل (Courtesy of Coastal Ocean Observation Laboratory, Rutgers University)
۷۶	شکل ۴-۲۱- عکس دمایی کرانه‌ی شرقی ایالات متحده، دوم ماه مه سال ۲۰۰۱. آب‌های گرم گلف استریم با جایرها و چرخنده‌ای به رنگ قرمز و زرد، NASA/Goddard Space Flight Center
۷۷	شکل ۴-۲۲- شار انرژی میانگین فشار تغییرات پی‌درپی جزر و مد M2، مشخص شده توسط اندازه‌گیری‌های فرازونج‌های TOPEX/POSEIDON (Ray and Cartwright, 2001)
۸۱	شکل پ.۱-۱- فراخوانی تصویر ماهواره‌ای

مقدمه

از دیرباز تا کنون دانشمندان تمایل به اندازه‌گیری پارامترهای آب همچون، دما، شوری، عمق، جهت حرکت آب‌ها و نیروهای موثر در جابه‌جایی سطح دریاها را داشته‌اند ولی با توجه به وسعت و عمق دریاها امکان بررسی این پارامترها کاری دشوار و دور از ذهن بوده است؛ اما با گذر زمان و پیشرفت تکنولوژی در سال‌های اخیر و تجهیز ماهواره‌ها به سنجنده‌های گوناگون این امکان فراهم شده است که بدون نیاز به تماس فیزیکی و مستقیم با پدیده‌ها اطلاعات آن‌ها ثبت شود. از مزایای این تکنولوژی می‌توان به عدم صرف هزینه و زمان زیاد برای ثبت داده‌ها و پوشش وسیع مکانی و زمانی به منظور جمع‌آوری اطلاعات اشاره کرد که امکان مدیریت و بهره‌برداری بهینه منابع را فراهم می‌کند.

اگرچه ممکن است سنجش از دور پاسخگوی کامل نیازهای علمی نباشد اما با پیشرفت این تکنولوژی فرصت‌های بسیار خوبی در زمینه جمع‌آوری اطلاعات پدیده‌های جوی - دریایی و ارزیابی مخاطرات از جمله نقشه‌های هیدرولوژی و هیدرودینامیک در سطح وسیع، ارزیابی آب از نظر میزان مواد معلق و انتقال رسوب و چگونگی پراکندگی آلودگی‌ها فراهم شده است. شایان ذکر است، با وجود پیشرفت و کاربردی بودن این روش همچنان به منظور تحلیل صحیح و بهتر اطلاعات تصاویر، نیاز به اعمال تصحیحات خاص در تصویر، کاربر متبحر و حتی برداشت‌های میدانی است.

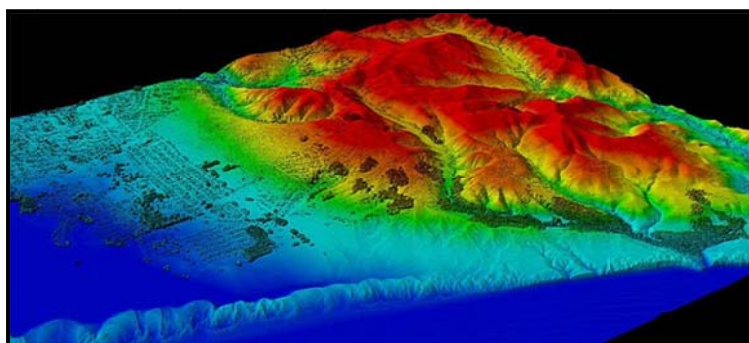
واژه سنجش از دور اولین بار در سال ۱۹۶۰ با مفهومی متفاوت از گذشته که به عنوان یک عکس سنتی سیاه و سفید شناخته می‌شد مورد استفاده قرار گرفت و در بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ میلادی تجهیزاتی همچون سکوها و ماهواره‌ها به منظور برداشت سطح وسیع‌تری از زمین معرفی شد که تا به امروز این تجهیزات تغییرات چشمگیری داشته است.

فصل ۱

کلیات

۱-۱- مقدمه

واژه سنجش از دور^۱ به دانش پردازش و تفسیر تصاویری که به وسیله ماهواره‌ها و یا هواپیماهایی با قدرت پرواز در ارتفاعات با توجه به خصوصیات و تعامل انرژی امواج الکترومغناطیس از سطح اشیاء جمع‌آوری می‌کنند (بدون تماس فیزیکی) اطلاق می‌شود. به منظور جمع‌آوری اطلاعات از سطح زمین از حس‌گرها باقابلیت‌های گوناگون استفاده می‌شود که در این بخش به آن‌ها پرداخته شده است «شکل (۱-۱) تصویر نهایی پردازش‌شده به وسیله حس‌گر لایدار^۲ که بر اساس تشخیص نور عمل می‌نماید است».



شکل ۱-۱- تصویر ۳ بعدی از سطح زمین

۱-۲- سامانه اطلاعات جغرافیایی

سامانه اطلاعات جغرافیایی^۳ فن‌آوری است که مبتنی بر داده‌های مکانی عمل می‌کند و به آنالیز داده‌های برداشت شده از رویدادهای زمین شامل، پراکندگی جمعیت و گونه‌های گیاهی به وسیله کامپیوتر می‌پردازد. سامانه اطلاعات جغرافیایی به کاربر اجازه می‌دهد تا بین داده‌های برداشت شده و نقشه‌ها ارتباط پویایی برقرار نماید. مزیت استفاده از این روش، بررسی و پایش پوشش زمین است که در نقشه‌های سنتی امکان‌پذیر نیست. در ادامه به صورت موردی مزایای استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ذکر شده است:

- اقتصادی بودن
- کمک به اتخاذ تصمیم بهتر
- ایجاد ارتباط بین پارامترهای مختلف
- ثبت و نگهداری اطلاعات
- مدیریت جغرافیایی

1- Remote Sensing

2- Lidar

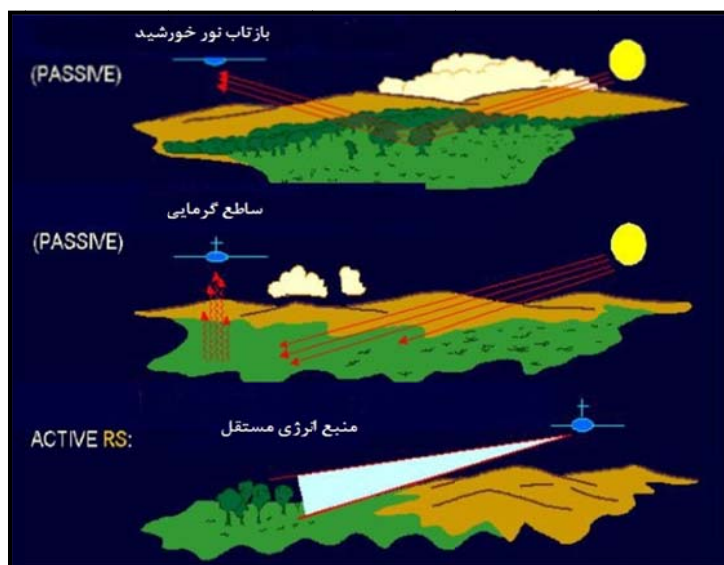
3- GIS

۱-۳- سنجش از دور

سامانه سنجش از دور آمیزه‌ای از علم و هنر است که به اندازه‌گیری پارامترهای زمین به وسیله ماهواره‌های موجود در مدار زمین و یا هواپیماهای مجهز به حس‌گرها می‌پردازد (بدون تماس فیزیکی). داده‌های حاصل از این فن‌آوری امکان تصویرسازی و تجزیه و تحلیل‌های گسترده‌ای از پارامترهای زمین را با استفاده از جمع‌آوری داده‌ها به وسیله انرژی بازتابی از زمین فراهم می‌آورد «جدول (۱-۱) نمونه‌ای از ماهواره‌ها و ویژگی‌های عملکرد آن‌ها را آورده است».

حس‌گرهای سنجنده مورد استفاده در این فن‌آوری به دودسته تقسیم می‌شود:

- حس‌گرهای منفعل^۱: حس‌گرهایی که به محرک‌های خارجی پاسخ می‌دهد، به طوری که انرژی بازتابی یا ساطع‌شده از عوارض طبیعی را دریافت و ثبت می‌کند. شایان ذکر است رایج‌ترین منبع حس‌گرهای منفعل نور خورشید است که منجر به تولید عکس‌های هوایی می‌شود. البته همیشه خورشید به‌عنوان منبع اصلی کاربرد ندارد و گاهی از حس‌گرهای تولیدکننده اشعه مادون‌قرمز و حس‌گرهای حرارتی نیز برای ثبت عوارض زمین قابل استفاده است.
- حس‌گرهای فعال^۲: حس‌گرهایی که در تقابل با حس‌گرهای منفعل هستند و به وسیله جمع‌آوری داده‌ها از محرک‌های داخلی عمل می‌نمایند (مرکز انرژی خود حس‌گر است). برای درک بهتر می‌توان به پرتوهای لیزری که به سطح زمین ارسال می‌شود و ثبت مدت زمان دریافت مجدد توسط حس‌گرها اشاره نمود «شکل (۱-۲) بیان‌گر عملکرد حس‌گرهای فعال و منفعل است».



شکل ۱-۲- عملکرد حس گرهای فعال و منفعل

۱-۳-۱- کاربردهای سنجش از دور

سنجش از دور دارای طیف گسترده‌ای از کاربردها در زمینه‌های مختلف دریایی است که در ذیل به مواردی از آن اشاره شده:

۱-۳-۱-۱- بررسی سواحل

- نظارت بر تغییرات ساحلی
- حمل و نقل رسوب
- شناسایی ویژگی‌های سواحل
- نقشه‌برداری سواحل
- پیشگیری از روند سریع فرسایش

۱-۳-۱-۲- بررسی اقیانوس‌ها

- اندازه‌گیری درجه حرارت
- ثبت ارتفاع امواج
- پیگیری حرکت یخ‌ها
- مدیریت منابع اقیانوسی

۱-۳-۱-۳- ارزیابی مخاطرات

- رهگیری طوفان‌های دریایی

- چگونگی فرسایش خاک
- بررسی مسیر جاری شدن سیل
- تاثیر زلزله و سونامی
- ارزیابی اثرات یک پدیده طبیعی و اعمال یک استراتژی آمادگی قبل از وقوع

۴-۱-۳-۱- مدیریت منابع طبیعی

- نظارت بر کاربردهای زمین
- ترسیم نقشه تالاب‌ها و ثبت تغییرات در طول زمان
- ترسیم نمودار زیستگاه حیات وحش

جدول ۱-۱- ماهواره‌ها و ویژگی‌های برداشت

گروه	سنجنده / ماهواره	تاریخ نصب	ویژگی‌های مداری		تعداد باند و وضوح مکانی			پهنای جاروب (Km)	سطح کمی سازی (بیت)	قابلیت سفارش اخذ	برداشت استرئو
			ارتفاع (km)	زمان عبور از استوا	تعداد باند (چند طیفی)	وضوح باند Pan (m)					
							تعداد باند				
وضوح متوسط	Landsat ETM+	۱۹۹۹	۷۰۵	۱۰	۷	۳۰	۱۴/۵	۱۸۶	۸	خیر	خیر
	ASTER	۲۰۰۰	۷۰۵	۱۰/۳۰	۱۴	۱۵-۹۰	-	۶۰	۱۱-۸	-	بله
وضوح بالا	SPOT-5	۲۰۰۲	۸۳۲	۱۰/۳۰	۴	۱۰	۲/۵	۶۰	۸	بله	بله
	Cartosat-1	۲۰۰۵	۶۱۸	۱۰/۳۰	-	-	۲/۱	۳۰	۱۰	بله	بله
	Resourcesat-1	۲۰۰۳	۸۱۷	۱۰/۳۰	۴	۲۰	۵/۸	۷۰-۲۳	۱۰-۷	خیر	خیر
	ALOS	۲۰۰۶	۶۹۱	۱۰/۳۰	۴	۱۰	۲/۵	۷-۲۵	۸	-	بله
	IKONOS	۱۹۹۹	۶۸۱	۱۰/۳۰	۴	۴	۱	۱۳	۱۱	بله	بله
وضوح خیلی بالا (فرامکانی)	QuickBird	۲۰۰۱	۴۰۵	۱۰/۳۰	۴	۲/۴	۰/۶	۱۶/۵	۱۱	خیر	خیر
	GeoEye-1	۲۰۰۸	۶۸۴	۱۰/۳۰	۴	۱/۶	۰/۴	۱۵/۲	۱۱	بله	بله
	WordView-1	۲۰۰۷	۴۹۶	۱۰/۳۰	-	-	۰/۵	۱۷/۶	۱۱	بله	بله
	WordView-2	۲۰۰۹	۷۷۰	۱۰/۳۰	۸	۲	۰/۵	۱۶/۵	۱۱	بله	بله

در ادامه اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای انجام مطالعات و احداث زیرساخت‌های گوناگون دریایی به تفکیک ارائه شده است.

۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های گوناگون دریایی

در این بخش اندازه‌گیری‌های مورد نیاز پیشنهادی برای فعالیت‌های گوناگون دریایی به تفکیک ارائه شده است. شایان ذکر است برخی از این اندازه‌گیری‌ها ضروری و برخی در شرایط خاص مورد نیاز است.

۱-۴-۱- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی و بهره‌برداری بنادر و زیرساخت‌های معمول ساحلی

۱-۴-۱-۱- بندر

بندر به مکانی گفته می‌شود که محیطی حفاظت شده در برابر امواج بلند و جریان‌های قوی ایجاد می‌کند و به اندازه‌ای عمیق است که کشتی‌ها بتوانند در آن پهلو بگیرند. قبل از شروع به ساخت چنین سازه‌ای چندین مشخصه فیزیکی باید سنجیده شود:

الف- شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه

این مرحله برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه الزامی است.

ب- جریان

محیطی که بندر در آن ساخته می‌شود دارای زیست‌بومی حساس است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم تحت تاثیر تخلیه پسماندهای صنعتی و خانگی است. همچنین رنگ کردن، تمیز کردن و برطرف نمودن رسوبات زیستی از کشتی‌ها و هرز آب‌های حاصل از آن‌ها از منابع مهم آلودگی در بندرها هستند. به منظور برآورد محصولات حاصل از تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی که تحت فرآیندهای فرارفت و پخش، تمامی محیط بندر را تحت تاثیر قرار می‌دهند، اطلاعات دقیق از الگوی هیدرودینامیکی گردش جریان در منطقه ضروری است. همچنین یکی از عوامل تاثیرگذار بر الگوی جریان، طریقه‌ی طراحی بنادر و موج‌شکن‌ها است که باید مدنظر قرار گیرد. مطالعه‌ی الگوی گردش آب در بندر به واسطه‌ی اندازه‌گیری کمیت‌های زیر است:

— نیمرخ سرعت

— اندازه‌گیری باد

— نیمرخ دما و شوری در عمق

علاوه بر موارد ذکر شده، به منظور شبیه‌سازی جریان، دستیابی به نتیجه بررسی‌های زیر الزامی است:

– ژرفاسنجی^۱

– سنجش تراز آب (جزرومد)

ج- موج

طراحی دهانه‌ی بندر مستلزم شناخت دقیق جهت موج غالب است. همچنین امواج، تعیین‌کننده طراحی میزان مقاومت و شکل موج‌شکن‌ها هستند.

د- جنس و نرخ انتقال رسوب در منطقه

با توجه به این‌که ساخت هرگونه سازه ساحلی به‌خصوص موج‌شکن بندر به علت تغییرات هیدرولوژیکی‌ای که به منطقه اعمال می‌کند، ممکن است باعث فرسایش یا رسوب‌گذاری شود، مطالعه‌ی نوع و نرخ انتقال رسوب در منطقه از اقدامات ضروری خواهد بود.

ه- عمق‌سنجی

با افزایش تقاضا و نیاز به توسعه و افزایش کارایی هر چه بیش‌تر بنادر، کشتی‌ها روزبه‌روز بزرگ‌تر و ظرفیت آن‌ها بیش‌تر می‌شود. در نتیجه هیدروگرافی بنادر برای تعیین مسیر امن ناوبری کشتی‌ها در درجه‌ی اول اهمیت قرار دارد. ابزار مورد نیاز در این مورد، شامل طیف وسیعی از عمق‌سنج‌هایی است که تراز آب را در هر موقعیت جغرافیایی مشخص و ثبت می‌نمایند. ثبت رکوردهای عمق‌سنجی در زمان‌های مختلف برای تخمین میزان انتقال رسوبات ساحلی و ارزیابی تغییرات مورفودینامیک مورد نیاز است.

و- کدورت

مشخصه‌ای که در تعیین میزان رسوبات معلق حائز اهمیت است.

ز- دورسنجی

دورسنجی برای تخمین نرخ انتقال رسوب و نیز تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۲- موج شکن

با ساخت موج شکن، حوضچه‌ای در دل آن ایجاد می‌شود که از موج در امان است و در نتیجه قایق‌ها می‌توانند در آن پهلوی بگیرند. رانه‌گیرها^۱ نیز سازه‌هایی هستند که از لحاظ ساختاری به موج شکن‌ها شباهت داشته اما عملکرد متفاوتی دارند. از جمله تمهیدات مربوط به اندازه‌گیری برای این سازه‌ها عبارتند از:

الف- بازدید میدانی و غواصی

غواصی و بازدیدهای میدانی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه الزمی است.

ب- تهیه هیدروگرافی دقیق از منطقه

بررسی هیدروگرافی منطقه به منظور استفاده در شبیه‌سازی‌ها و محاسبه احجام لایروبی و مصالح مورد نیاز برای ساخت، لازم است.

ج- بررسی ژئوتکنیکی بستر دریا

به منظور مشخص کردن نوع بنیان سازه و میزان گستردگی آن، به بررسی ژئوتکنیکی بستر دریا نیاز است. نتیجه این بررسی، ارتباط مستقیم با میزان پایداری نوع موادی دارد که برای ساخت موج شکن باید استفاده کرد.

د- اندازه‌گیری امواج و پیش‌بایی و تعیین ارتفاع موج طرح

ارتفاع موجی که به موج شکن برخورد می‌کند، تعیین‌کننده اندازه و عملکرد موج شکن خواهد بود؛ بنابراین به دست آوردن مقادیر واقعی موج مورد انتظار در منطقه از اهمیت اقدامات است. اندازه‌گیری امواج برای صحت‌سنجی و واسنجی مدل‌ها مورد نیاز است.

ه- نمونه‌برداری از رسوب بستر و انجام آزمایش‌های مرتبط با دانه‌بندی

تعیین مشخصات دانه‌بندی رسوبات در حوالی محل احداث بندر یا موج شکن مورد نیاز است.

و- اندازه‌گیری تراز آب

اندازه‌گیری تراز آب برای تعیین ترازهای طراحی مورد نیاز است.

ز- دورسنجی

برای تخمین نرخ انتقال رسوب و نیز تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۲- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی سازه‌های فراساحلی و خطوط لوله دریایی

۱-۴-۲-۱- خطوط لوله زیردریایی

شاخص‌هایی همچون خصوصیات موج، جریان، هواشناسی، هیدروگرافی^۱ و چگونگی شکل و جنس بستر در تعیین مسیر خط لوله حائز اهمیت است به طوری که شرایط دریا بر روش نصب خط لوله، انتخاب شناور لوله گذار و زمان مناسب برای نصب تاثیرگذار است. به منظور شناسایی مکان‌های مناسب برای عبور خطوط لوله ثبت مشخصه‌های زیر الزامی است:

الف- بازدید میدانی و غواصی

بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه لازم است.

ب- موج و جریان

تحلیل پایداری در کف برای اطمینان از پایداری خط لوله، زمانی که در معرض موج‌ها، نیروهای جریان و دیگر بارهای داخلی و خارجی (مثل بارهای خمشی در قسمت‌های خمیده خط لوله)، قرار می‌گیرد، انجام می‌شود. بار جریان معمولاً در بسیاری از مناطق تعیین کننده شرایط طراحی می‌باشد و در نواحی نزدیک ساحل امواج نیز اهمیت می‌یابند.

ج- باد و پارامترهای هواشناسی

اطلاعات مربوط به باد به علت ارتباط نزدیک بین باد و جریان اغلب مفید واقع می‌شود. برخی پارامترهای هواشناسی از جمله دما، رطوبت و بارش برای طراحی لوله در مناطق نزدیک ساحل مورد نیاز است.

د- دما و شوری

به منظور تعیین تغییر شکل‌های ناشی از تغییرات دما، تغییرات شار حرارتی انتقالی به/از خط لوله و نیز واداشتهای جریان ناشی از این دو کمیت اندازه‌گیری دما و شوری ممکن است مورد نیاز باشد.

۱- برای اطلاعات بیش‌تر از نحوه هیدروگرافی به دستورالعمل همسان نقشه‌برداری نشریه ۷-۱۹۹ مراجعه شود.

ه- تراز آب و نقشه کف دریا

تراز سطح آب به همراه داده‌های عمق‌سنجی، برای بسیاری از فعالیت‌های طراحی مانند محاسبه موج و جریان سیال در محل استقرار خط لوله لازم است. جاگذاری لوله‌ها تحت تاثیر ویژگی‌های خاک و پدیده‌هایی مثل آب شستگی، جابه‌جایی رسوب و دیگر ناپایداری‌های کف دریا است. همچنین در بعضی بخش‌ها داده‌های عمق‌سنجی برای شناخت ناهمواری بستر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

و- جنس و نرخ انتقال رسوب**ز- مقاومت خاک****ح- هدایت الکتریکی**

خوردگی خارجی خط لوله در آب دریا یک فرآیند الکتروشیمیایی است. زمانی که یک جریان الکتریکی میان یک ناحیه آندی و یک ناحیه کاتدی جریان می‌یابد (که در آن آب دریا به عنوان یک الکترولیت عمل می‌کند) یک عنصر گالوانیک ساخته می‌شود؛ بنابراین هدایت الکتریکی آب یکی از عوامل موثر در پیش‌بینی میزان خوردگی لوله خواهد بود.

ط- دورسنجی

برای تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان و تعیین تغییرات دمای سطح آب می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۲- سکوه‌های نفت و گاز

- بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه
- دمای متوسط سالیانه و دمای فصول مختلف
- موج
- نیم‌رخ جریان
- باد و پارامترهای هواشناسی
- عمق‌سنجی
- مقاومت خاک
- جنس رسوبات
- نیم‌رخ‌های عمقی دما و شوری
- دورسنجی برای تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان و تعیین تغییرات دمای سطح آب می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۳- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای طراحی آبگیرهای دریایی

- بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه
- موج
- نیم‌رخ جریان
- باد و پارامترهای هواشناسی
- عمق‌سنجی
- مقاومت خاک
- جنس رسوبات بستر
- نیم‌رخ‌های عمقی دما و شوری بر روی پلیگون برای مطالعه پخش شوری و دما
- دورسنجی برای تخمین نرخ انتقال رسوب، تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان و تعیین تغییرات دمای سطح آب می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۴- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های لایروبی و استحصال زمین ساحلی

- بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه
- موج
- نیم‌رخ جریان
- باد
- عمق‌سنجی (پیش و پس از لایروبی)
- جنس رسوبات بستر
- میزان رسوبات معلق (در حین لایروبی)
- آلاینده‌های رسوب
- دورسنجی برای تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان و بررسی اولیه حوزه تاثیر پلوم‌های رسوبی در آب می‌تواند موثر باشد.

۱-۴-۵- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای فعالیت‌های شیلاتی و آبی‌پروری

در زمینه شیلات (برای نمونه پرورش ماهی در قفس)، اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیکی از قبیل دما، شوری و جریان الزامی است. با توجه به این مشخصه‌ها امکان معرفی گونه‌های مناسب پرورش در محیط آبی فراهم می‌شود. همچنین اندازه‌گیری شاخص‌های هواشناسی، عمق، موج و بستر از عواملی هستند که با موقعیت قرارگیری یک قفس در منطقه ارتباط دارد که در ذیل به شرح آن‌ها پرداخته شده است:

– بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه

– عمق سنجی

– جریان آب

– امواج

امواج از دو منظر طراحی سازه و بهره‌برداری از مزارع دریایی مد نظر قرار دارند.

– دما و شوری

اندازه‌گیری دما در حوضچه‌های پرورش ماهی به منظور نگه‌داشتن دما در شرایط مطلوب انجام می‌پذیرد. نوسانات بیش از حد دمای آب باعث تاثیر نامطلوب بر بدنه حوضچه، وارد شدن تنش به میگو و از بین رفتن جلبک‌ها می‌شود. ماهی و دیگر ارگانیسم‌های آبی، وسیله‌ای برای کنترل دمای بدن ندارند و دمای بدن آن‌ها با دمای محیط تغییر می‌کند. افزایش دما موجب افزایش سرعت سوخت‌وساز و مصرف مداوم اکسیژن می‌شود که به دنبال آن تولید آمونیاک و دی‌اکسید کربن در محیط افزایش می‌یابد. شوری نیز مقیاسی از مقدار مواد جامد محلول در آب است که معمولاً با واحد قسمت در هزار بیان می‌شود. اصولاً ارتباط شوری با آبی‌پروری در مساله کنترل فشار اسمزی است زیرا شوری می‌تواند روی تعادل یونی جانداران آبی اثرگذار باشد.

– باد و پارامترهای هواشناسی

– پارامترهای کیفی آب قبل از احداث و حین بهره‌برداری

– پارامترهای شیمیایی آب قبل از احداث و حین بهره‌برداری

– شناخت وضعیت موجودات کف زی قبل از احداث و حین بهره‌برداری

– اندازه‌گیری‌های فیزیکی، شیمیایی رسوبات

– دورسنجی برای تخمین غیر مستقیم الگوهای جریان، تعیین تغییرات دمای سطح آب و میزان کلروفیل می‌تواند موثر باشد. همچنین برای هشدار پدیده کشند قرمز می‌توان از دورسنجی بهره برد.

۱-۴-۶- اندازه‌گیری‌های مورد نیاز برای ارزیابی اثرات زیست محیطی

– بازدید میدانی و غواصی برای شناخت عمومی منطقه مورد مطالعه

– جریان آب

– امواج

– باد و پارامترهای هواشناسی

– پارامترهای کیفی آب

– پارامترهای شیمیایی آب

– شناخت وضعیت موجودات کفزی

– شناخت زیست‌بوم‌های منطقه

فصل ۲

مفاهیم سنجش از دور

۲-۱- مقدمه

ماهواره‌ها با گذر زمان به وسیله حس‌گرهای متفاوت تجهیز شده‌اند به طوری که ماهواره‌های اولیه تنها قادر به ثبت تصاویری از عارضه‌های سطح زمین بوده‌اند اما امروزه مشخصاتی همچون ارتفاع آب، دما، ارتفاع عوارض و ماهیت و ساختار بستر زمین و اقیانوس‌ها قابل شناسایی و ثبت است.

۲-۲- مفاهیم پایه

به منظور پردازش تصاویر ابتدا باید تصاویر ثبت شود که برای ثبت این تصاویر نیاز به آشنایی با تجهیزات و مفاهیم است که در ذیل به صورت موردی به آن‌ها اشاره شده است.

— اساس دستگاه‌های سنجش از دور بر اندازه‌گیری نوعی از انرژی است که انرژی الکترومغناطیس نامیده می‌شود که در بخش‌های مختلفی از طیف عمل می‌نماید.

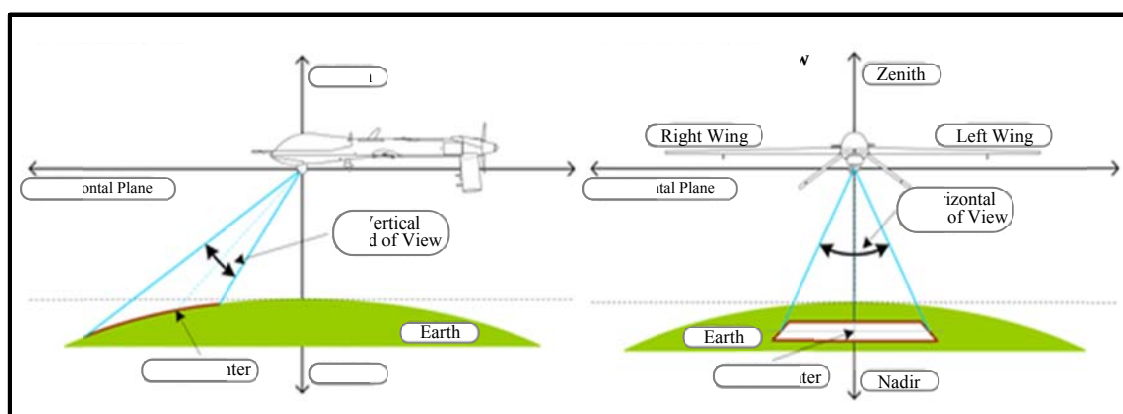
— سکو، هر سنجنده به وسیله یک سکو نگهداری می‌شود، سکوها به غیر از نگهداری وظیفه حرکت و تغییر دید سنجنده را نیز بر عهده دارند.

— میدان دید^۱، عبارت است از زاویه اسکن یک سنجنده از یک سمت تا سمت دیگر که معادل زمینی آن عرض برداشت (S.W) برحسب کیلومتر است «رابطه ۱-۲ و شکل (۱-۲) میدان دید و رابطه محاسبه میدان دید است».

$$SW = 2 \times h \times \tan\left(\frac{FOV}{2}\right) \quad (1-2)$$

h: ارتفاع ماهواره

FOV: زاویه اسکن



شکل ۱-۲- شماتیکی از میدان دید عمودی و افقی

- طیف مرئی^۱، بخش کوچکی از طیف الکترومغناطیس است که با چشم غیرمسلح قابل تشخیص و با طیف رنگ‌ها شناخته می‌شود، همچنین طیف مرئی آن بین ۳۸۰ تا ۷۵۰ نانومتر و بسامد آن ۴۰۰ الی ۷۰۰ تراهرتز (Light) در بازه ۰/۴ الی ۰/۷ میکرون) است.
- طیف مادون قرمز^۲، بخش بازتاب شده انرژی دریافتی از خورشید است. این طیف از انرژی قابل مشاهده نیست و در بازه ۰/۷۲ میکرون الی ۱ میلی‌متر قرار دارد.
- طیف ماکروویو، این بخش در بازه ۳۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر را پوشش می‌دهد و غالباً در رادارها مورد استفاده است.
- انعکاس^۳، انعکاس مقداری از انرژی توسط شئی به سمت سنجنده
- انعکاس آینه‌ای، انعکاس از سطوح بسیار صاف همانند سطح آب، جاده و ایزوگام
- انعکاس شبه آینه‌ای، پراکنش انرژی در بیش از یک جهت ولی تقریباً با مسیر نزدیک به یکدیگر
- انعکاس لامبرتی (پراکنده)، پراکنش انرژی در تمام جهات به‌طور یکنواخت در ارتباط با اجسام با سطح ناهموار صادق است.
- انعکاس شبه لامبرتی، انعکاس در تمام جهات ولی به صورت غیریکنواخت مانند بازتاب از سطح گیاهان
- تابش^۴، در دمای بالای صفر مطلق (کلوین) بر اثر جنبش مولکولی، انرژی به اطراف گسیل داده می‌شود. مقدار این انرژی وابسته به طول موج، پارامتر قابلیت انتشار و دمای مطلق جسم است.
- پارامتر انتشار^۵، قدرت تابندگی یک ماده واقعی نسبت به یک جسم سایه است.
- باند^۶، یک بخش باریک طیفی که از طیف الکترومغناطیس جدا می‌شود همانند محدوده امواج ۰/۵۲ تا ۶۰/۰ میکرومتر که در طیف مرئی قرار داشته و به‌عنوان رنگ سبز شناخته می‌شود، به همین خاطر بانام باند سبز نیز نامیده می‌شود.
- جسم سیاه^۷، جسمی فرضی با قدرت جذب و بازتاب تمامی انرژی الکترومگنتیک که با توجه به تعریف فوق $\varepsilon = 1$ است در صورتی که در واقعیت همیشه $\varepsilon < 1$ است.
- آلبدو، بخشی از انرژی تابشی خورشید است که توسط جسم بازتاب می‌شود، این پارامتر نقش مهمی در توازن انرژی در سطح زمین دارد به همین دلیل به آن نرخ بازتاب انرژی خورشید نیز اطلاق می‌شود. درواقع میزان ضریب آلبدو به جنس شئی نیز وابسته است به عنوان مثال در خاک مقداری از این انرژی توسط لایه‌های

1- Visible
 2- Infra Red
 3- Reflection
 4- Radiation
 5- Emissivity
 6- Band
 7- Black Body

خاک جذب و مابقی بازتاب می‌شود، اجسام با آلبدوی پایین بازتاب‌کننده‌های ضعیف و جذب‌کننده‌های توانمندی هستند «جدول (۱-۲) بیانگر ضریب آلبدو عناصر طبیعی است».

جدول ۱-۲- ضریب تقریبی آلبدو حاصل از سطح طبیعی اجسام

Natural surface types	Approximated albedo
Blackbody	0
Forest	0.05-0.2
Grassland and cropland	0.1-0.25
Dark-colored soil surfaces	0.1-0.2
Dry sandy soil	0.25-0.45
Dry clay soil	0.15-0.35
Sand	0.2-0.4
Mean albedo of the earth	0.36
Granite	0.36-0.35
Glacial ice	0.3-0.4
Light-colored soil surfaces	0.4-0.5
Dry salt cover	0.5
Fresh, deep snow	0.9
Water	0.1-1
Absolute white surface	1

۲-۳- نقش اتمسفر در سنجش از دور

اتمسفر به مجموعه‌ای از گازها (۷۸٪ نیتروژن، ۲۱٪ اکسیژن و ۱٪ گازهای دیگر) که زمین را احاطه کرده است اطلاق می‌شود و با توجه به ارتفاعات یا بخش‌های مسطح ضخامت آن تغییر می‌نماید. این لایه متشکل از ۵ بخش است که لایه اول آن دربرگیرنده ابرها و تغییرات آب و هوایی است و موجب تاثیر بر روی پارامترهای سنجش از دور می‌شود. درواقع اتمسفر به دو صورت کلی امواج را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین بر اساس رفتار اتمسفر سنجنده‌ها طراحی و تصحیحات اتمسفری بر روی تصاویر انجام می‌پذیرد.

۲-۳-۱- تفرق^۱

انحراف موج از مسیر اصلی بر اثر برخورد با مولکول‌ها و ذرات موجود در اتمسفر تفرق نامیده می‌شود «شکل (۲-۲) چگونگی پدیده تفرق در اتمسفر را نشان می‌دهد». هرچه فاصله طی شده بیش‌تر یا غلظت مولکول‌ها (مقدار) و ذرات پراکنده اتمسفر بیش‌تر باشد، پراکنش بیش‌تر است. پدیده تفرق به اشکال مختلفی توسط حس‌گرها ثبت می‌شود که به صورت موردی در ادامه به آن‌ها پرداخته شده است.

- تابش آسمانی^۱

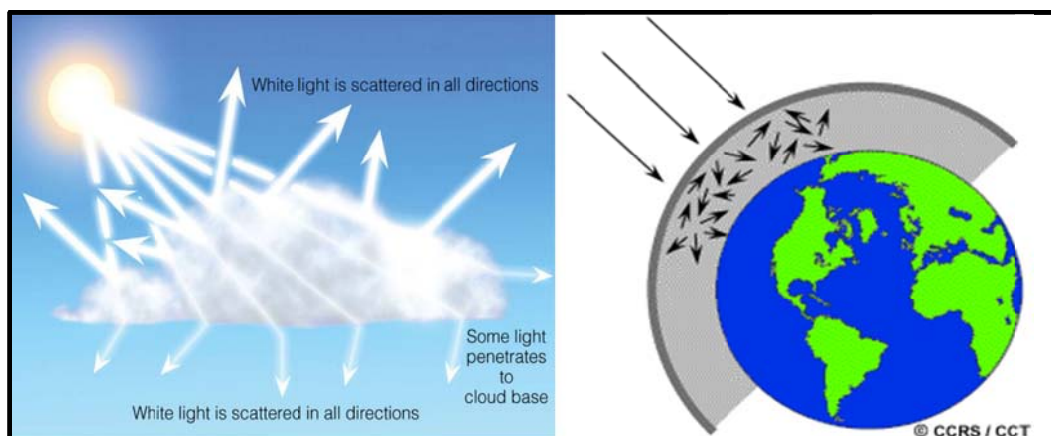
با برخورد امواج حاصله از خورشید به زمین مقداری از آن‌ها متفرق و دچار پخش‌شدگی در اتمسفر می‌شود امواج حاصله از این پراکنش که به وسیله حس‌گرها دریافت می‌گردد تابش آسمانی نامیده می‌شود. شایان ذکر است که همین پدیده موجب ایجاد رنگ آسمان است.

- مولفه دوم تابش آسمانی^۲

طیف بازتابی از سمت شئی موردنظر توسط سنجنده‌ها ثبت می‌شود اما این طیف ثبت شده در اکثر مواقع تحت تاثیر طیف بازتابی از عارضه‌های مجاور است.

- تابش انحرافی^۳

بخشی از طیف امواج که به وسیله اتمسفر پراکنده می‌شود بدون اینکه به زمین برسند به سمت حس‌گرها بازتاب و ثبت می‌شود.

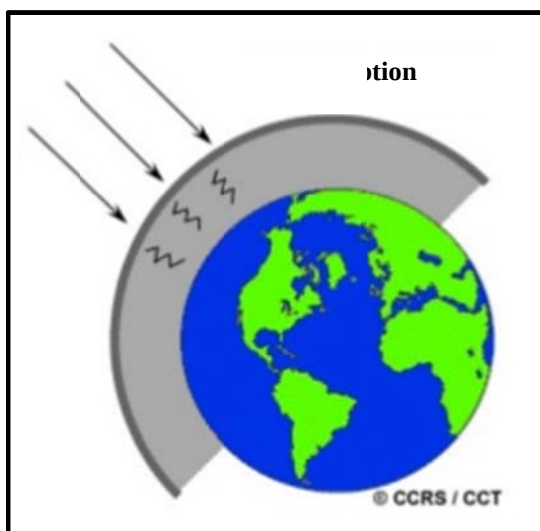


شکل ۲-۲- پدیده تفرق به وسیله اتمسفر

۲-۳-۲- جذب^۴

بخشی از انرژی الکترومغناطیس توسط مولکول‌های موجود در اتمسفر جذب و باعث تغییر انرژی درون مولکولی می‌شود «شکل (۳-۲) چگونگی پدیده جذب در اتمسفر را نشان می‌دهد».

-
- 1- Sky Irradiance
 - 2- Sky Irradiance Component
 - 3- Path Radiance
 - 4- Absorption



شکل ۲-۳- پدیده جذب به وسیله اتمسفر

با توجه به موارد ذکر شده تصویر نهایی ثبت شده متشکل از مجموعه‌ای از خطاها است که به وسیله اعمال تصحیحاتی که شامل موارد ذیل می‌شود قابل استفاده توسط پژوهشگران است:

- حذف خطاهای رادیومتریکی و هندسی
- بهبود کیفیت تصویر
- تبدیل تصویر
- پردازش تصاویر رقومی به صورت آنالوگ

فصل ۳

تصحیح پارامترهای برداشت

۳-۱- پردازش تصاویر

پردازش تصاویر یک فرآیند بسیار بااهمیت است که با توجه به کاربرد تصویر انجام می‌پذیرد. در این راستا روش‌های بسیاری وجود دارد اما در اینجا به ذکر رایج‌ترین آن‌ها اکتفا شده است.

۳-۱-۱- تصحیح تصاویر

۳-۱-۱-۱- تصحیح هندسی^۱

مجموعه خطاهایی که موجب تغییر شکل، جابه‌جایی و تغییر مختصات اشیاء بر روی تصویر می‌شود با تصحیح هندسی رفع می‌شود، این تصحیح بانام جغرافیای مرجع^۲ نیز خوانده می‌شود. مجموعه خطاهایی که موجب ایجاد خطاهای هندسی می‌شود عبارت‌اند از:

۱- دوران زمین حین تصویربرداری

۲- انحنای زمین

۳- تغییر در وضعیت سکو

۴- زاویه دید وسیع سنجنده

۵- اثر پانورامیک مربوط به هندسه تصویربرداری

۶- خطای اندازه‌گیری سنجنده

یکی از کاربردهای مهم تصحیح هندسی اعمال سامانه مختصات مشخص به تصویر است زیرا این تصحیح وابسته به سنجنده نمی‌باشد و با به دست آوردن چندین نقطه مختصات زمینی (GPS) و یا نقشه‌های زمینی قابل‌محاسبه است «در شکل (۳-۱) توصیفی شماتیک از خطای هندسی آورده شده است».



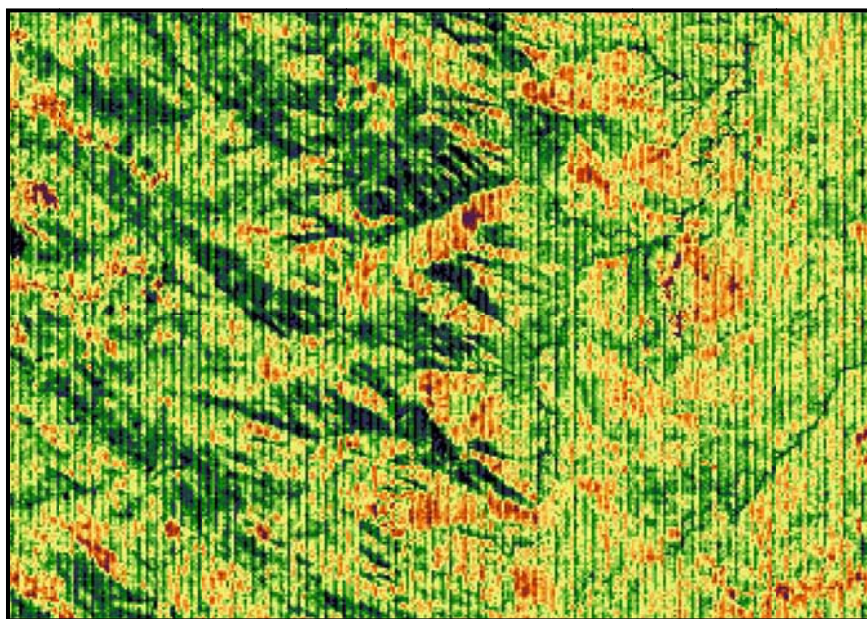
شکل ۳-۱- توصیف شماتیکی از خطای هندسی

1- Geometric Correction

2- Geo-referencing

۳-۱-۱-۲- تصحیح رادیومتریک

خطایی که بر اثر آسیب‌های دستگاهی وارد می‌شود، به عنوان مثال شکست آشکارساز و یا قطع برق در حین عملکرد آشکارساز و یا هردو به صورت همزمان موجب ایجاد خطا می‌شود. این خطا در اغلب مواقع در سنجنده ETM و Spectral MSS (Multi Scanner) ایجاد می‌شود «شکل (۲-۳) نمونه‌ای از خطای ناشی از شکست آشکارساز را نشان می‌دهد».



شکل ۲-۳- تصویر ثبت شده با خطای ناشی از شکست در ردیف اسکن (Naumann 2008)

۳-۱-۱-۳- تصحیح اتمسفریک

تصحیح اتمسفریک به دلیل جذب و پراکنش اتمسفری ایجاد می‌شود، خطای ایجاد شده سبب محو شدن جزئیات تصویر و کاهش توانایی تفکیک مکانی است. تصحیح اتمسفری بر روی زاویه دید سنجنده نیز اعمال می‌شود. این خطا در کناره‌های عکس بیش از مرکز عکس است و دلیل این امر مسیر طولانی حرکت امواج الکترومغناطیس برای پیکسل‌های کناری که باید در اتمسفر طی شود، است. شایان ذکر است به دلیل این که آب جذب کننده انرژی است و میزان انرژی ساطع شده از آن پایین است، اثر اتمسفری در این مناطق بیش تر است.

۳-۱-۲- افزایش کیفیت تصاویر

ارتقاء کیفیت تصاویر به منظور آماده‌سازی داده‌های خام برای تجزیه و تحلیل ساده‌تر، سریع‌تر و قابل قبول‌تر برای رسیدن به اهداف مورد نظر پژوهشگران انجام می‌شود. در ذیل دو مورد از این پردازش‌ها آورده شده است.

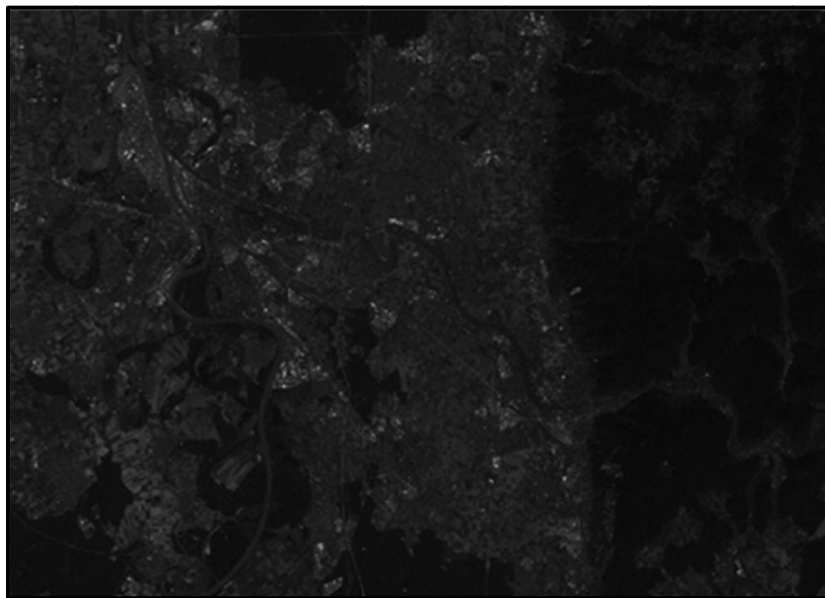
۳-۱-۲-۱- مقیاس هیستوگرام

تصاویر دیجیتال به صورت یک تصویر سیاه و سفید (توزیع فراوانی ارزش خاکستری) ترسیم می‌شوند، در همین راستا نموداری ترسیم می‌شود که محدوده یکی بودن تصاویر را تفسیر و به شرح میزان همگنی تصویر ماهواره‌ای می‌پردازد. به عنوان مثال، میزان توزیع رنگ خاکستری بین حداقل و حداکثر مقدار آن را تفسیر می‌کند، به طوری که حداکثر کشیدگی بیانگر همگنی در تصویر است.

کشیدگی هیستوگرام یک روش است که به پردازش ارزش تصاویر می‌پردازد. این کشیدگی تفاوت بین داده‌های موجود را بررسی می‌کند. داده‌های وارده همیشه در یک محدوده ۰ الی ۲۵۵ کشیده می‌شود «شکل (۳-۳) نمونه‌ای از تصویر ماهواره‌ای قبل از اعمال مقیاس هیستوگرام و شکل (۴-۳) نمونه‌ای از تصویر ماهواره‌ای بعد از اعمال مقیاس هیستوگرام است».

۳-۱-۲-۲- فیلتر^۱

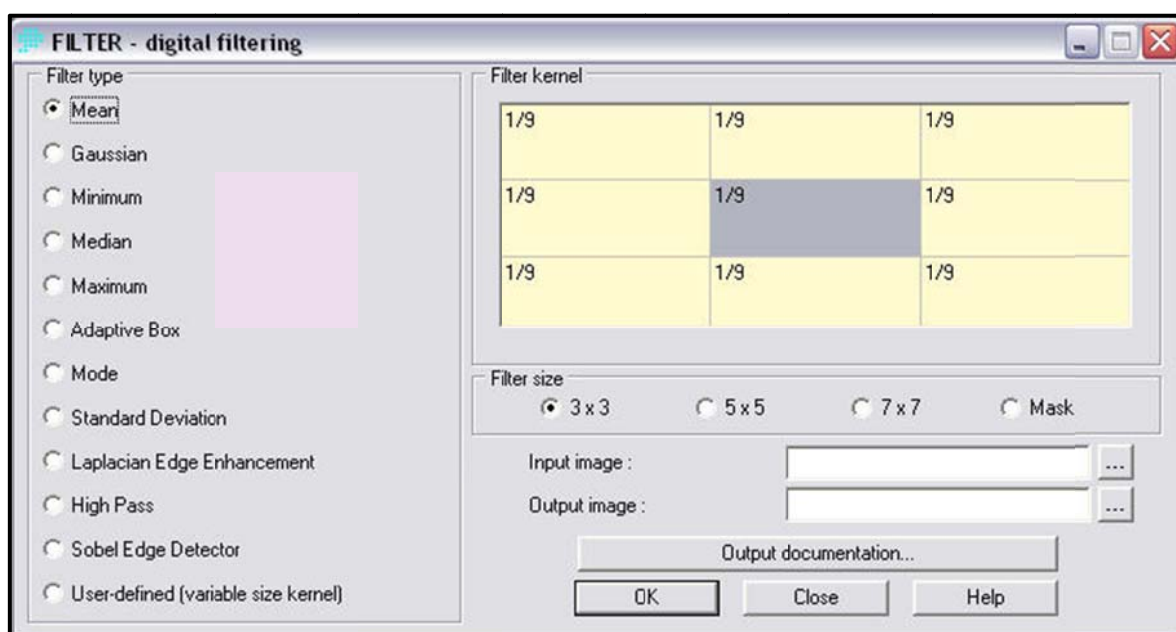
در این فرایند ساختار تصویر به وسیله محاسبه ارتباط بین پیکسل‌های همسایه ارزش‌گذاری و تغییر می‌کند. در انجام روش فیلتر کردن از ماتریس ضریب داری استفاده می‌شود به طوری که محدوده کوچکی از تصویر جدا یا ماتریس در مرکزیت تصویر قرار گرفته و سپس بر کل تصویر اعمال می‌شود «شکل (۵-۳) چگونگی فیلتر کردن تصاویر به وسیله روش ماتریس را در نرم‌افزار IDRISI نشان می‌دهد».



شکل ۳-۳- تصویر ماهواره‌ای ثبت شده قبل از اعمال تصحیح هیستوگرام



شکل ۳-۴- تصویر ماهواره‌ای بعد از اعمال تصحیح هیستوگرام



شکل ۳-۵- پنجره دستوری فیلتر کردن تصویر در نرم‌افزار IDRISI

۳-۱-۳- واضح سازی تصاویر

۳-۱-۳-۱- واضح سازی رادیومتریکی

وضوح تصویر چگونگی روشنایی تصویر را بیان می کند، این اندازه بر اساس سطح ارزش خاکستری اندازه گیری می شود که حداکثر مقدار آن بر اساس بیت^۱ تخمین زده می شود. ۸ بیت بیانگر ۲۵۶ مقدار از خاکستری رنگ بودن است در وضوح بیش تر نیز از ۱۶ بیت استفاده می شود که دارای ارزش ۶۳/۵۳۶ است.

این سامانه بر اساس تفاوت پرتو منعکس شده و یا ساطع شده اندازه گیری را انجام می دهد و مزیت این واضح سازی در نهایت در عکس های تهیه شده قابل مشاهده است «شکل (۳-۶) تصاویر تهیه شده از زمین با وضوح ۴ و ۲۵۶ بیت را نشان می دهد».

در ذیل میزان وضوح حس گرهای یکسری از ماهواره ها آورده شده است.

LANDSAT-MSS (from LANDSAT 1-3): 6 bits (64 grey values)

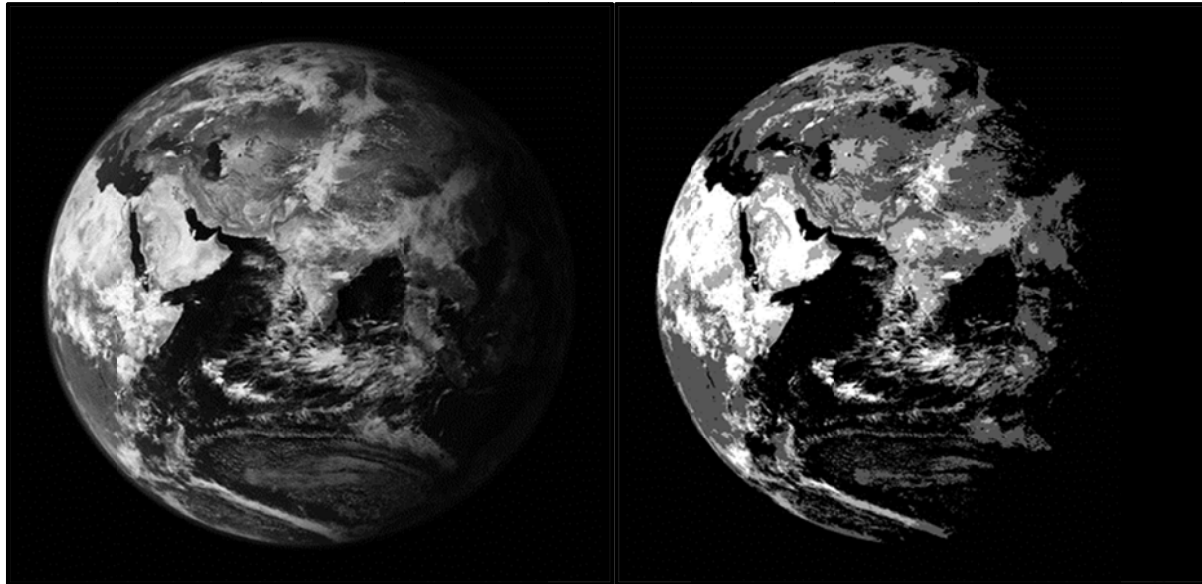
IRS-LISS I-III: 7 bits (128 grey values)

LANDSAT-TM (from LANDSAT 4-5) & SPOT-HRV: 8 bits (256 grey values)

LANDSAT-ETM & ETM+ (from LANDSAT 6-7): 9 bits (only 8 bits are transmitted)

IRS-LISS IV: 10 bits (only 7 bits are transmitted)

IKONOS & QuickBird: 11 bits.

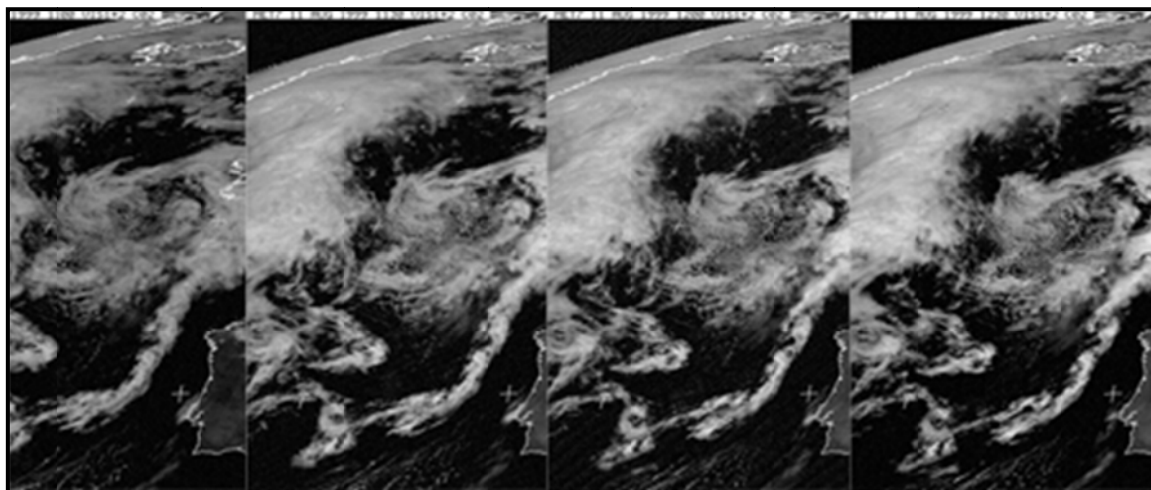


شکل ۳-۶- عکس های ۴ و ۲۵۶ بیتی از زمین (سمت راست: ۴ بیت، سمت چپ: ۲۵۶ بیت)

۳-۱-۳-۲- قدرت تفکیک زمانی

این پارامتر بر اساس پرواز ماهواره‌ها از یک منطقه تعریف می‌شود که بر اساس مدار حرکتی ماهواره، ارتفاع و ویژگی‌های حس‌گر (زاویه دید) تعیین می‌شود. به‌عنوان نمونه قدرت تفکیک زمانی در ماهواره لندست^۱ ۷ هر ۱۶ روز یک‌بار، ماهواره اسپات^۲ هر ۲۶ روز و IKONOS هر ۱۴ روز یک‌بار و در ارتباط با ماهواره‌های هواشناسی مانند METEOSAT 8 با نرخ تکرار هر ۱۵ دقیقه به صورت گزارش کوتاه‌مدت است.

با توجه به اینکه سطح زمین در بسیاری از مواقع پوشیده از ابر است این تصاویر تکرار شده با همپوشانی در بازه‌های مختلف امکان ایجاد یک دید مناسب از منطقه را در طول زمان فراهم می‌آورند (شکل (۷-۳) نمونه‌ای از تصاویر برداشت شده از سطح زمین در بازه هر نیم ساعت را نشان می‌دهد).



شکل ۷-۳- ماهواره هواشناسی با برداشت هر نیم ساعت

۳-۲- روش کار در سنجش از دور ماهواره‌ای

در سنجش از دور از داده‌های گوناگون، اعم از داده‌های برداشت شده در عملیات میدانی و همچنین داده‌های ماهواره‌ای استفاده می‌شود.

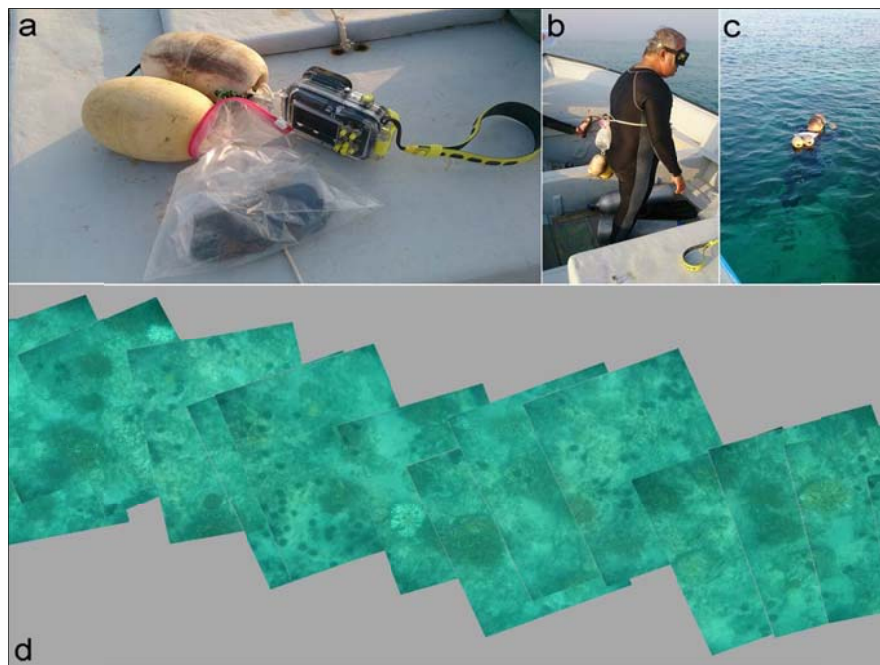
۳-۲-۱- داده‌های برداشت شده در عملیات میدانی

برای درک بهتر از منطقه مورد برداشت به وسیله سنجنده‌های ماهواره‌ای، برداشت‌های میدانی نیز انجام می‌پذیرد. این داده‌ها با استفاده از روش‌های گوناگونی از قبیل اشنورکل و تصویربرداری از سطح آب توسط ماسک و اشنورکل،

1- Landsat

2- Spot

عملیات غواصی و تصویربرداری زیرآب، برداشت می‌شوند «شکل (۳-۸) مراحل برداشت و عکس‌برداری از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد». در این روش، برای تصویربرداری از سطح آب، نیاز به الصاق موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی به غواص است. برای استخراج مختصات تصاویر گرفته شده، نیاز است که ساعت‌های موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی و دوربین تصویربرداری دقیقاً (از لحاظ زمانی یکسان) تنظیم شوند، در تمام مدت تصویربرداری، گزینه Track در GPS باید روشن باشد (بافاصله زمان برداشت ۱ ثانیه). نهایتاً، تصاویر به دست آمده از این روش با استفاده از مختصات استخراج شده از موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی، زمین مرجع^۱ شده و در تحلیل‌های پردازش تصویر به عنوان نقاط کنترل^۲ میدانی یا نقاط آزمون نتایج نهایی^۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۳-۸- مشاهدات میدانی با استفاده از روش تصویربرداری با اشنورکل از سطح آب، (a) قرار دادن موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی در زیپ‌کیپ برای جلوگیری از نفوذ آب و همچنین اتصال آن به بویه برای شناور ماندن در سطح آب در مدت زمان اشنورکل، (b) اتصال موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی به غواص (c) تصویربرداری از سطح آب، (d) نمونه تصویر موزاییک شده حاصل از اشنورکل و تصویربرداری از سطح آب

1- Georeference
2- Control Points
3- Check Points

۳-۲-۲- داده‌های ماهواره WorldView-2

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده می‌تواند شامل یک تصویر ماهواره‌ای باشد که در اینجا به ذکر نمونه‌ای از ماهواره WorldView-2 (به اختصار WV02) که در سال ۲۰۱۲ میلادی تهیه شده پرداخته شده است «شکل (۳-۹) نشان داده شده و دارای خصوصیات جدول (۳-۱) است». قبل از هر کاری بر روی تصویر، نیاز است که پیش‌پردازش‌هایی انجام پذیرد که در ادامه به ذکر آن‌ها پرداخته می‌شود.

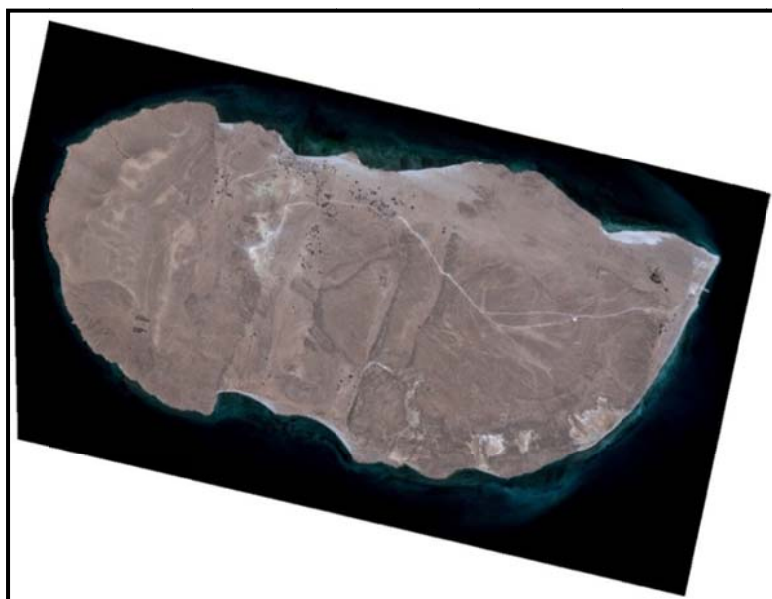
جدول ۳-۱- ویژگی باندهای تصاویر ماهواره WorldView-2

Catalog ID: 103001001A819400		
Acquisition Date: Jul 21, 2012		
Center Lat/Long: 26.712°/53.678°		
Resolution and bandwidth		
Bands	0.5 m PAN	2.00 m MS
(Blue)	450-800 μm	450-510 (485 nm)
(Green)	*	510-580 (560 nm)
(Red)	*	630-690 (660 nm)
(NIR)	*	770-895 (830 nm)

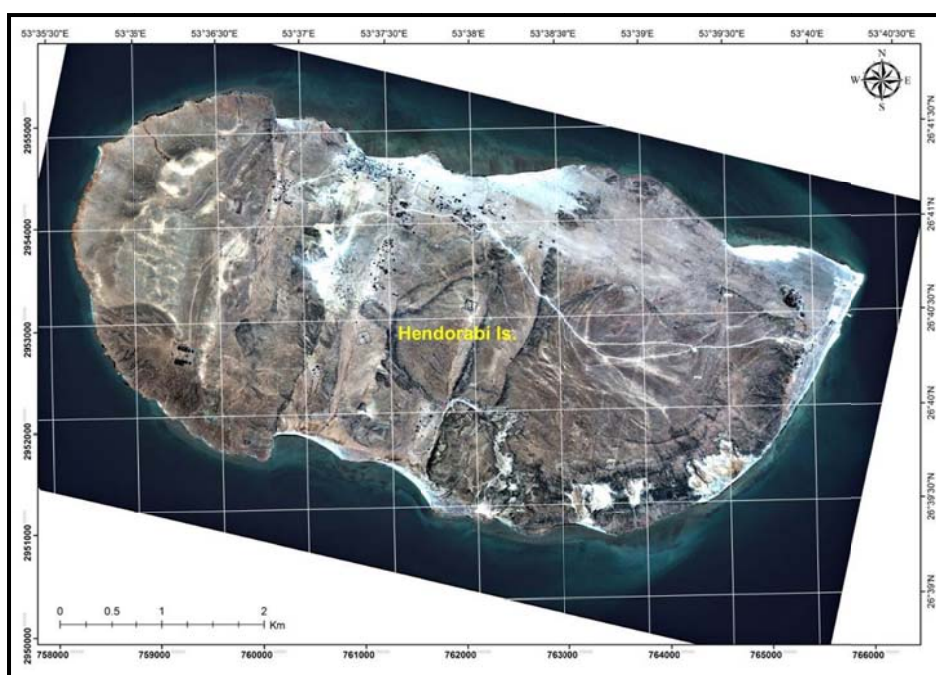
۳-۲-۲-۱- پیش‌پردازش‌ها

الف- تصحیحات هندسی

تصاویر ماهواره WV02 به گفته سازمان تهیه‌کننده آن (Digital Globe)، دارای دقت هندسی در حدود ۶ متر است، اما از آنجایی که در این پروژه دقت هندسی تصاویر از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد به صورت قراردادی از تعدادی نقاط مسطحاتی که توسط دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی برداشت شده، استفاده می‌شود تا دقت هندسی تصاویر افزایش داده شود «شکل (۳-۹) نمونه‌ای از تصویر خام ماهواره‌ای و شکل (۳-۱۰) نمونه‌ای از تصویر تصحیح شده ماهواره WV02 را نشان می‌دهد». در نهایت با توجه به اینکه دقت نقاط موقعیت‌یاب جغرافیایی جهانی نیز در حدود ۳ متر است، بالاترین دقت مسطحاتی که می‌توان برای تصویر به دست آورد در همین حدود است.



شکل ۳-۹- تصویر خام ماهواره‌ای WorldView-2 (سال ۲۰۱۲ قبل از پردازش)



شکل ۳-۱۰- تصویر ماهواره‌ای تصحیح شده در سامانه مختصات UTM-Zone 39

ب- تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک

۱- تبدیل مقادیر عددی پیکسل‌ها^۱ (DN) به مقادیر رادیانس^۲

در این بخش، مقادیر خام عددی پیکسل‌ها که در اینجا عددی است در محدوده ۰-۲۰۴۷ (تصویر ۱۱ بیتی WV02) و بدون بعد به مقادیر رادیانس که کمیتی است فیزیکی با واحد $(W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1})$ تبدیل می‌شود. علت انجام این روند این است که مقادیر DN اولیه تصویر کمیتی است نسبی و بدون بعد که بسته به میزان بازتابش نور خورشید و بازتاب آن از عوارض (که در نتیجه به زاویه تابش نور خورشید و شدت آن بستگی دارد) و در محدوده هر باند برداشت داده در سنجنده ماهواره، ثبت می‌شود. از این رو برای آنالیزهای عددی که در ادامه فرآیند تصحیحات انجام می‌پذیرد و همچنین برای آنالیزهای مقایسه‌ای، کمیت مناسبی نیست. در عوض رادیانس، کمیتی است فیزیکی و دارای بعد که مقداری مطلق از میزان نور بازتابیده شده از سطح عوارض به دست می‌دهد.

۲- تصحیحات اتمسفری و تبدیل مقادیر رادیانس به مقادیر انعکاس^۳

در این بررسی، برای انجام تصحیحات اتمسفری و حذف اثرات ناشی از ذرات و گردوغبار موجود در جو (Haze) بر روی مقادیر ثبت شده در سنجنده ماهواره، از ماژول FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 5.2 (برای تصاویر WV02) که قوی‌ترین و جدیدترین روش برای انجام تصحیحات اتمسفری است، استفاده می‌شود. در این ماژول نیاز به تعیین و تعریف پارامترهای مختلفی (مانند نوع سنجنده، شرایط محیطی منطقه، زمان برداشت تصویر) می‌باشد که جزییات آن در شکل (۳-۱۱) آورده شده است.

تمامی جزییات اعم از نوع سنجنده ماهواره، تاریخ و زمان تصویربرداری، ارتفاع منطقه از سطح آب‌های آزاد، میزان دید و دیگر پارامترها در این ماژول وارد می‌شود که در نهایت خروجی آن تصویری خواهد بود که تا حد امکان، اثر ذرات موجود در جو از روی مقادیر پیکسل‌های آن حذف شده است. مقادیر نهایی تصویر نیز در قالب مقادیر انعکاس که در اصل همان درصد میزان بازتابش واقعی از سطح عوارض می‌باشد، ثبت می‌شود «شکل (۳-۱۲) نمونه‌ای از تصویر پردازش شده ماهواره WV02 را نشان می‌دهد».

1- Digital Number

2- Radiance

3- Reflectance

FLAASH Atmospheric Correction Model Input Parameters

Input Radiance Image: D:\Projects\Hendorabi\Satellite_Image\Radiance\Radiance.dat

Output Reflectance File: D:\Projects\Hendorabi\Satellite_Image\Reflectance\Reflectance2

Output Directory for FLAASH Files: D:\Projects\Hendorabi\Satellite_Image\Reflectance\

Rootname for FLAASH Files: Flaash_

Scene Center Location: DD <-> DMS

Lat: 26 40 24.28

Lon: 53 38 1.37

Sensor Type: WorldView-2

Sensor Altitude (km): 770.000

Ground Elevation (km): 0.020

Pixel Size (m): 2.000

Flight Date: Jul 21 2012

Flight Time GMT (HH:MM:SS): 7:32:20

Atmospheric Model: Tropical

Aerosol Model: Maritime

Water Retrieval: No

Aerosol Retrieval: None

Water Column Multiplier: 4.11

Initial Visibility (km): 40.00

Buttons: Apply, Cancel, Help, Multispectral Settings..., Advanced Settings..., Save..., Restore...

شکل ۳-۱۱- ماژول نرم‌افزاری FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 5.2 برای انجام تصحیحات اتمسفری به همراه جزییات اعمال شده برای تصویر WV02 سال ۲۰۱۲ مورد استفاده در این تحقیق



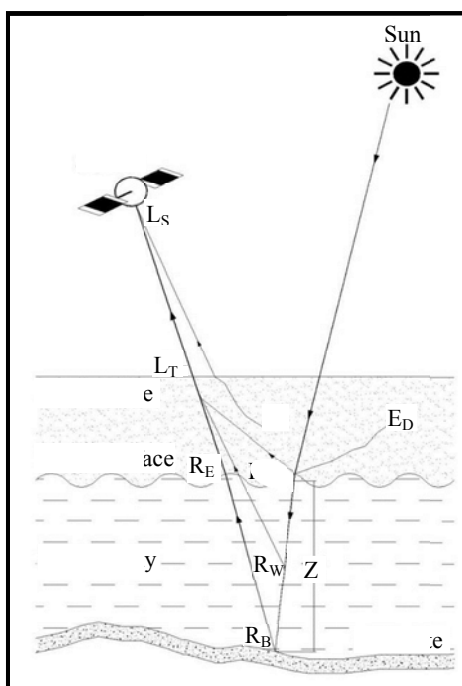
شکل ۳-۱۲- تصویر ماهواره WV02 مربوط به سال ۲۰۱۲ بعد از انجام تصحیحات اتمسفری

۳- تصحیح اثر ستون آب بر مقادیر رفلکتانس بازتابیده شده از بستر

با استفاده از این ماهواره امکان ارزیابی پراکندگی زیست‌بوم‌های بسترزی^۱ نیز امکان‌پذیر است، بدین منظور نیاز است تا انعکاس بازتابیده شده از آن‌ها محاسبه شود؛ به عبارت دیگر لازم است اثری که ستون آب موجود بر روی عوارض بسترزی (حداصل بستر تا سطح آب) بر انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره می‌گذارد محاسبه و حذف شود «شکل (۳-۱۳) چگونگی تاثیر ستون آب بر انعکاس امواج خورشید را نشان می‌دهد».

برای انجام این تصحیح، تاکنون روش‌های گوناگونی توسط دانشمندان ارائه شده است. اولین روش را Lyzenga (1978; 1981) ارائه نمود که بر اساس آن با استفاده از محاسبه نسبت ضرایب میرایی نور ($k_i = \text{Attenuation}$) در هر زوج باند تصویربرداری و تولید تصاویری با مقادیر کاذب از این نسبت‌ها، می‌توان اثر ستون آب بر انعکاس بستر را حذف نمود. این روش البته دارای دقت بالایی نیست چراکه بسته به نوع جنس بستر نسبت‌های میرایی باندها، مقادیر متفاوتی را به دست می‌دهد. (Bierwirth et al. (1993) با استفاده از روشی برحسب توانی از عدد e^2 بر اساس ضریب میرایی نور در محدوده طیفی هر باند سنجنده (k) و عمق هر نقطه از تصویر (Z)، انعکاس بستر (R_b) را در سنجنده (R_{rs})، به دست آورد «با استفاده از رابطه ۳-۱ میزان انعکاس بستر قابل محاسبه است».

$$R_b = R_{rs} e^{2kz}$$



شکل ۳-۱۳- تاثیر اثر ستون آب بر روی نور خورشید که به بستر می‌رسد و همچنین انعکاس آن از سطح آب

1- Benthic Habitats

2- Exponential

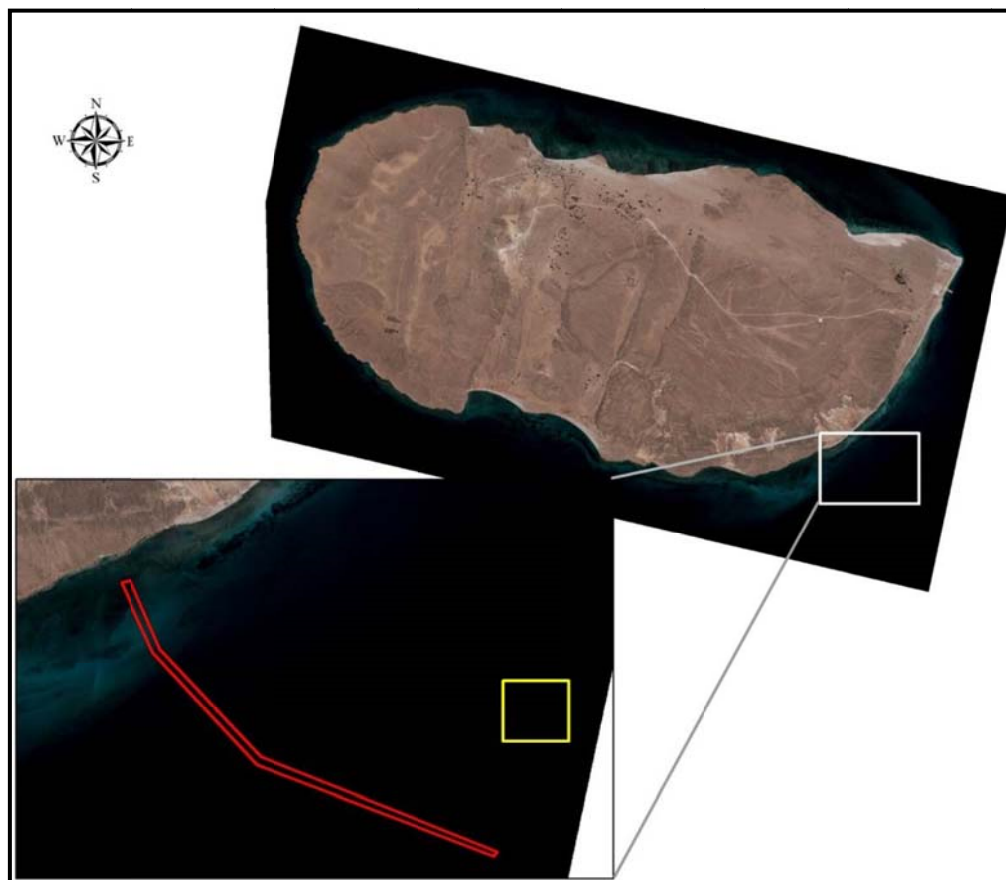
در سال ۲۰۰۴ Purkis و Pasterkam با در نظر گرفتن تاثیر سطح آب، روابط قبلی را به شکل زیر توسعه دادند که در آن R_w انعکاس ستون آب در مناطق عمیق (بیشتر از ۲۰ متر) و ضریب $\frac{1}{0.54}$ برای تصحیح تاثیرات اصطکاکی بین مرز آب و هوا^۱ بر روی انعکاس در نظر گرفته شده است «رابطه ۲-۳ محاسبه انعکاس بستر در سال ۲۰۰۴ به روش Purkis و Pasterkam است».

$$R_b = \frac{\frac{1}{0.54} R_{rs}(z=a) - (1 - e^{-2kz}) R_w}{e^{-2kz}} \quad (29-3)$$

برای محاسبه انعکاس بستر، به ضریب میرایی در هر باند نیاز است که محاسبه این پارامتر از روش Edwards and Mumby (2000) که روشی است عملی و کاربردی و بر اساس نظریه Jupp (1988) بنانهاده شده، امکان پذیر است. در این روش در ابتدا مقادیر انعکاس برای تمامی پیکسل‌ها در منطقه‌ای از تصویر که دارای عمق زیادی است (مناطق بیش از ۲۰ متر که دیگر انعکاس بستر از سطح آب خارج نمی‌شود و تقریباً تمام نور در طول عبور از ستون آب جذب یا پراکنده می‌شود) استخراج (شکل ۳-۱۴، منطقه عمیق) و سپس مقادیر میانگین این انعکاس‌ها در هر باند تصویربرداری ماهواره، محاسبه می‌شود (Li deep mean). در ادامه، منطقه‌ای از محدوده آبی که دارای جنس بستر یکسان در عمق‌های مختلف است، مشخص (شکل ۳-۱۴، نیمرخ) و مقادیر انعکاس در هر باند تصویربرداری ماهواره در این منطقه برای تمامی پیکسل‌ها استخراج می‌شود، در ادامه مقادیر بیشینه و کمینه انعکاس در این محدوده و در هر یک از باندها استخراج (Li min و Li max) و سپس با استفاده از روش Edwards and Mumby (2000) مقادیر عمق نفوذ واقعی هر باند ($Z_i = DOP$, Depth of Penetration) محاسبه می‌شود.

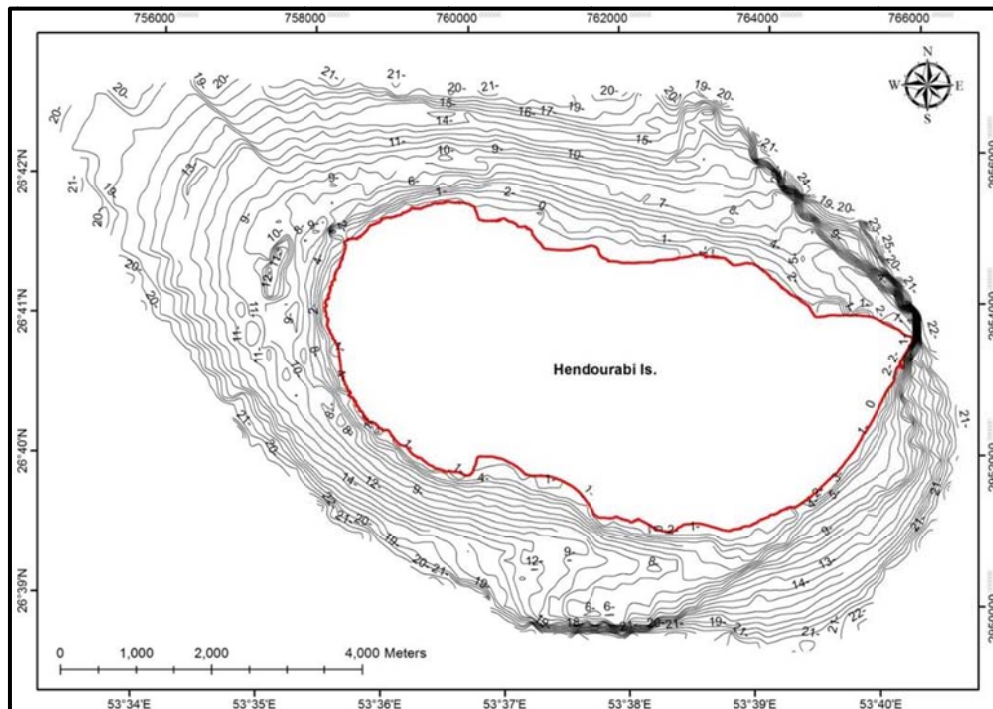
در نهایت با استفاده از رابطه ۳-۳ می‌توان برای هر باند i ضریب میرایی k را محاسبه نمود، البته در اغلب مواقع این ضریب تنها برای باندهای ۱ (آبی)، ۲ (سبز) و ۳ (قرمز) سنجنده‌های ماهواره WV02 محاسبه می‌شود چراکه باند ۴ (مادون قرمز) این سنجنده‌ها عملاً در حدود ۱ متر در آب نفوذ می‌کند که در عمل، برای اهداف خاص در پروژه‌های خاص کارایی دارد.

$$K_i = \frac{0.5 \ln \left(\frac{L_{i \max} - L_{i \text{ deep mean}}}{L_{i \min} - L_{i \text{ deep mean}}} \right)}{Z_i - Z_j} \quad (3-3)$$

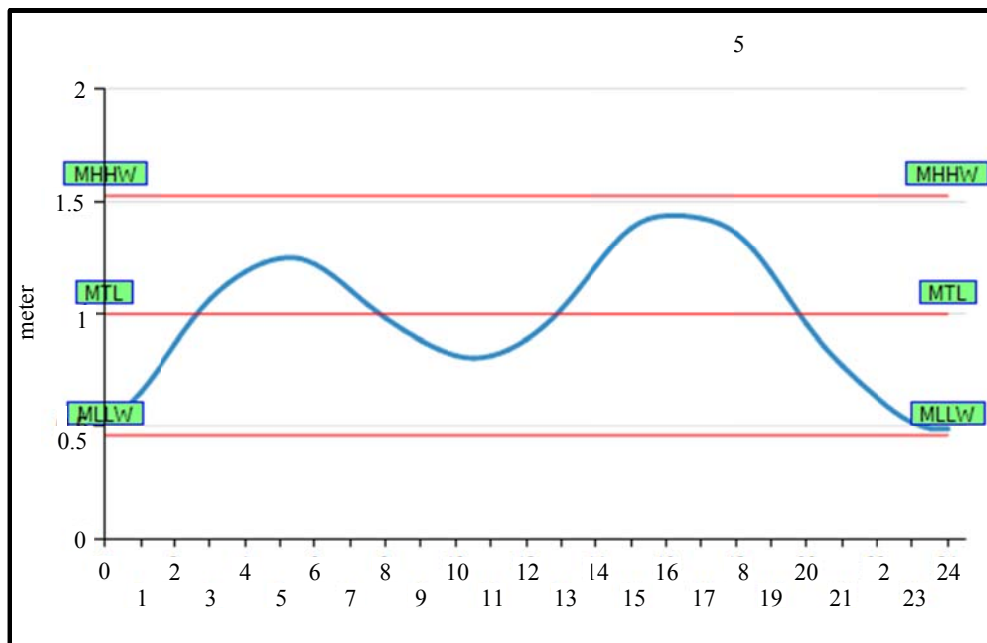


شکل ۳-۱۴- تعیین منطقه عمیق (deep area) و نیمرخ متجانس از بستر با عمق‌های مختلف (Profile) تعیین منطقه عمیق (deep area) و نیمرخ متجانس از بستر با عمق‌های مختلف (Profile) بر روی تصویر برای استخراج مقادیر انعکاس پیکسل‌ها و استفاده از آن‌ها برای محاسبه مقادیر ضرایب میرایی در هر باند تصویربرداری

در رابطه ۳-۳ مقادیر عمق (z) از روی نقشه ژرفانگاری موجود از هر منطقه، استخراج می‌شود «شکل (۳-۱۵) نمونه‌ای از نقشه‌های ژرفانگاری مربوط به جزیره هندرابی را نشان می‌دهد». همچنین اثر جزر و مد نیز با استفاده از داده‌های سازمان نقشه‌برداری در تاریخ و ساعت موردنظر از تصاویر برداشت شده از ماهواره‌ها، استخراج می‌شود «نمودار (۳-۱) نمونه‌ای از نمودار تغییرات ارتفاع جزر و مد در تاریخ‌های مختلف را نشان می‌دهد».

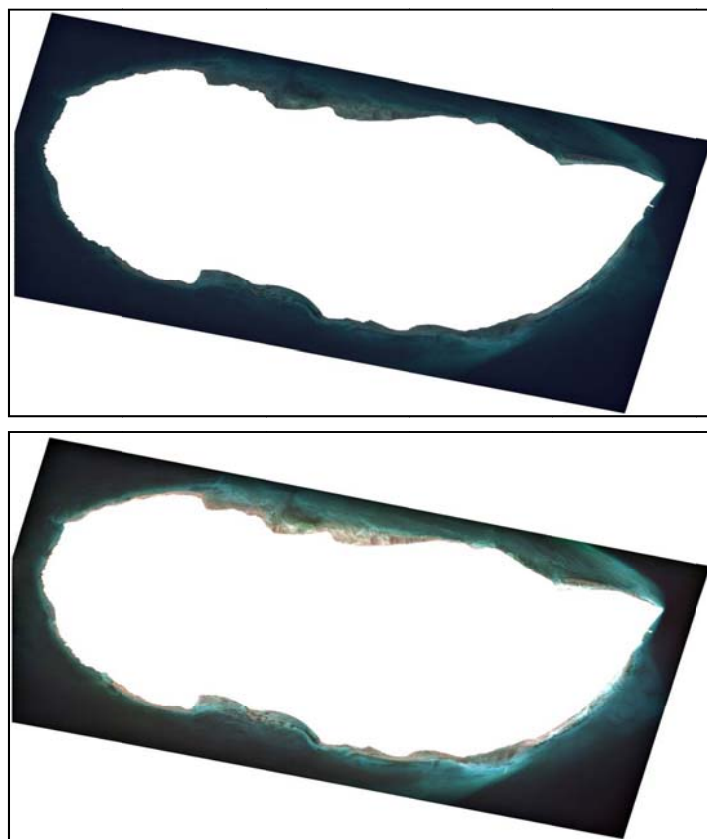


شکل ۳-۱۵- ژرفانگاری اطراف جزیره هندرابی، تولیدشده با استفاده از عمق نقاط اندازه‌گیری شده میدانی (Sounding points)



نمودار ۳-۱- تغییرات سطح آب بر اثر جزر و مد در تاریخ‌های تصویربرداری

بعد از محاسبه و اعمال ضرایب بر روی مقادیر انعکاس، با استفاده از رابطه ۳-۲، مقادیر انعکاس بستر حاصل می‌شود که نهایتاً تاثیر تصحیح انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره در بارز شدن عوارض بستر با استفاده از محاسبه ضرایب میرایی نور در هر باند تصویربرداری امکان‌پذیر است «شکل (۳-۱۶) نمونه‌ای از تصاویر ماهواره‌ای قبل و بعد از اعمال تصحیحات را نشان می‌دهد».



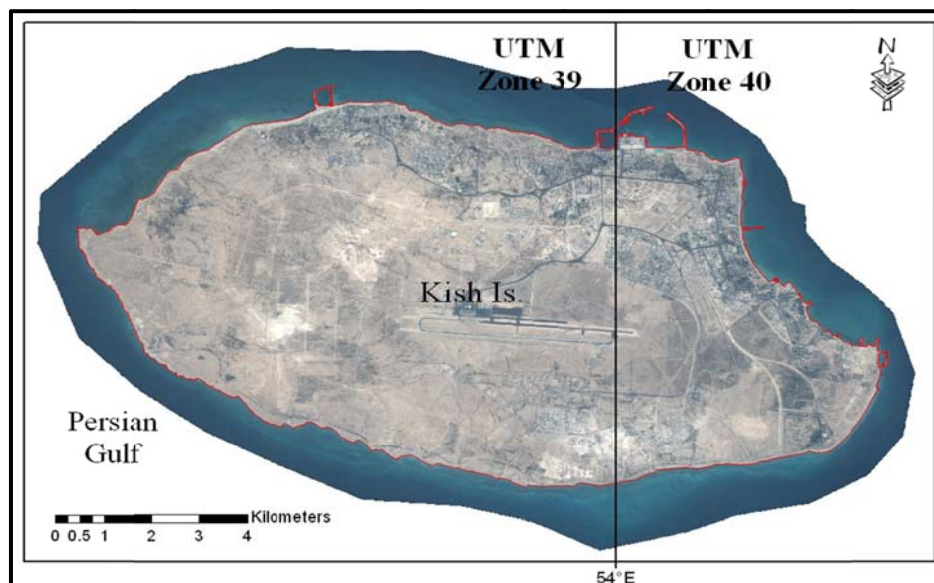
شکل ۳-۱۶- تاثیر تصحیح انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره در بارز شدن عوارض بستر با استفاده از محاسبه ضرایب میرایی نور در هر باند تصویربرداری

همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد بعد از انجام این تصحیح، عوارض بستر به صورت واضح‌تر بر روی تصویر دیده و کلاسه‌بندی^۱ نهایی با دقت بالاتری انجام می‌شود. البته این تصحیحات به‌گونه‌ای است که تنها تا یک عمق خاص (تا ۱۰ متر) موثر بوده و در مناطق عمیق‌تر، اغراق در مقادیر انعکاس تصحیح شده، بسیار زیاد است. به‌طور کلی برای تعیین عوارض بستر در نواحی با عمق بیش از ۱۰ متر، استفاده از روش سنجش از دور، دقت بالایی نخواهد داشت، به‌ویژه در مناطقی که میزان گردوغبار در اکثر روزهای سال زیاد است موجب افت کیفیت و دقت انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره می‌شود.

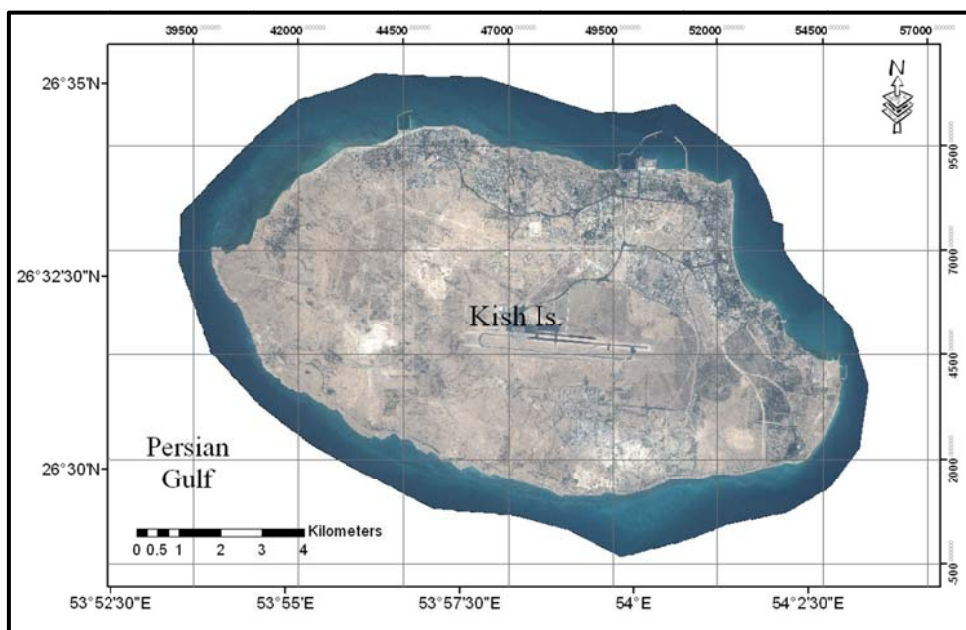
۳-۲-۳- سنجش از دور ماهواره‌ای (تشخیص وسعت و پراکنش سنگفرش‌های مرجانی)

۳-۲-۳-۱- تصحیحات هندسی

تصاویر ماهواره QuickBird به گفته سازمان تهیه‌کننده آن (Digital Globe) دارای دقت هندسی در حدود ۱ تا ۱/۵ متر است؛ اما برای بررسی و تایید دقت هندسی تصاویر از یک گروه ژئوماتیک تحقیقی با استفاده از تعدادی از نقاط مسطحاتی نقشه‌برداری استفاده می‌شود به منظور درک بهتر چگونگی فرآیند تصحیحات هندسی در ذیل به ذکر یک نمونه ملموس که در کشور عزیزمان ایران انجام پذیرفته، پرداخته شده است. شکل (۳-۱۷) مربوط به تاریخ ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۵ است که در آن از تعدادی از نقاط مسطح در جزیره کیش که در مکان‌هایی قرار داشته‌اند که در تصویر دیده می‌شود، در کنار تعداد دیگری از نقاط که با استفاده از دستگاه GPS-GBR (که دقت مسطحاتی GPS را به حدود ۲ تا ۳ متر افزایش می‌دهد) برداشت شده‌اند، دقت هندسی تصویر تدقیق شده است. از آنجایی که جزیره کیش در مرز بین دو زون ۳۹ و ۴۰ سامانه مختصات UTM قرار گرفته، برای بالا بردن دقت هندسی نقشه‌ها سامانه تصویر KTMP (Kish Transverse Mercator Projection) به صورت محلی برای این جزیره تعریف شده است به گونه‌ای که بهترین تطابق را با منطقه دارا باشد. برای هماهنگی نتایج نهایی با نقشه‌ها و داده‌های موجود برای این منطقه، تصویر ماهواره‌ای موردنظر با این سامانه مختصات بازسازی هندسی شده است «شکل (۳-۱۸) تصویر نهایی تدقیق شده را نشان می‌دهد»، نهایتاً با توجه به قرارگیری جزیره کیش در مرز دو منطقه ۳۹ و ۴۰ در سامانه مختصات UTM خطاهای مسطحاتی در صورت استفاده از این سامانه مختصات افزایش پیدا می‌کند.



شکل ۳-۱۷- جزیره کیش و مرز دو منطقه ۳۹ و ۴۰ در سامانه مختصات UTM



شکل ۳-۱۸- نقشه جزیره کیش در سامانه مختصات محلی KTMP

۳-۲-۲- تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک

الف- تبدیل مقادیر عددی پیکسل‌ها (DN) به مقادیر رادیانس

در این بخش مقادیر خام عددی پیکسل‌ها که در اینجا عددی است در محدوده ۰-۲۰۴۷ (تصویر ۱۱ بیتی QuickBird) و بدون بعد به مقادیر رادیانس که کمیتی است فیزیکی با واحد $(W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1})$ تبدیل می‌شود. علت انجام این کار این است که مقادیر DN اولیه تصویر کمیتی است نسبی و بدون بعد که بسته به میزان بازتابش نور خورشید از عوارض و در محدوده هر باند برداشت داده در سنجنده ماهواره ثبت می‌شود، از این رو برای آنالیزهای عددی که در ادامه انجام خواهیم داد و همچنین برای آنالیزهای مقایسه، کمیت مناسبی نیست. در عوض رادیانس کمیتی است فیزیکی و دارای بعد، از این رو مقداری مطلق از میزان نور بازتابیده شده از سطح عوارض به دست می‌دهد.

تصحیحات اتمسفری و تبدیل مقادیر رادیانس به مقادیر انعکاس در این تحقیق برای انجام تصحیحات جوی و حذف اثرات ناشی از ذرات و گردوغبار^۱ موجود در جو بر روی مقادیر ثبت شده در سنجنده ماهواره، از ماژول FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 4.6.1 که قوی‌ترین و جدیدترین روش برای انجام تصحیحات اتمسفری است، استفاده گردید. در این ماژول نیاز به تعیین و تعریف پارامترهای مختلفی (مانند نوع سنجنده، شرایط محیطی منطقه، زمان برداشت تصویر) است که جزییات آن شرح داده شده است «شکل (۳-۱۹) تصحیحات اتمسفری به همراه جزییات در نرم‌افزار آورده شده است».

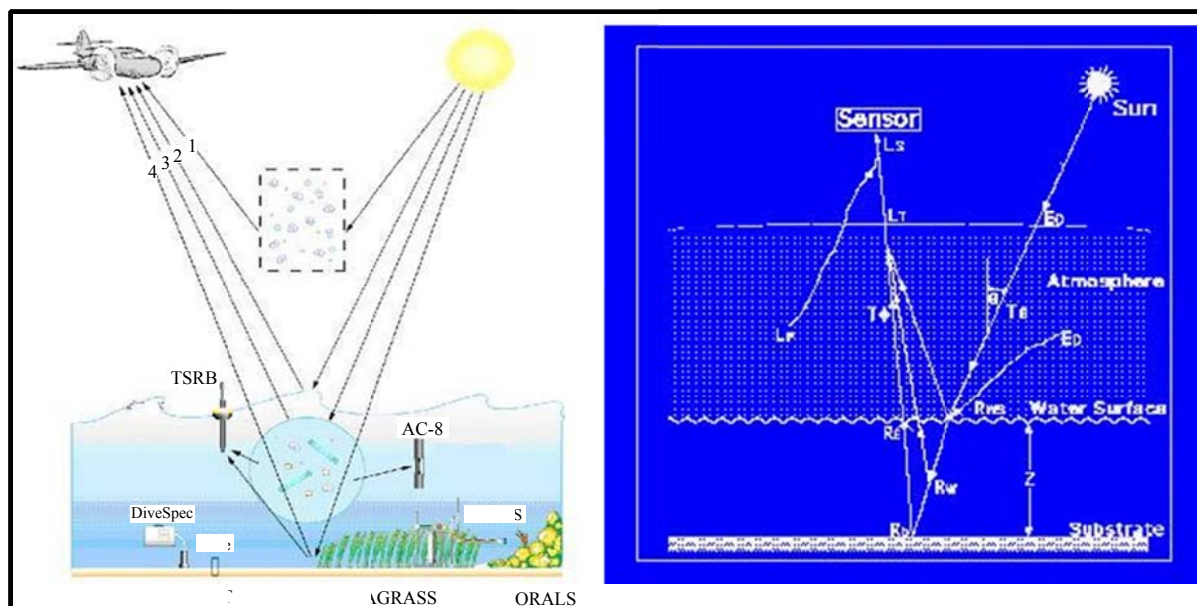
1- Haze

شکل ۳-۱۹- مازول نرم‌افزاری FLAASH موجود در نرم‌افزار ENVI 4.6.1 برای انجام تصحیحات اتمسفری به همراه جزییات اعمال‌شده برای تصویر QuickBird مورد استفاده در این تحقیق

همان‌طور که در شکل (۳-۱۹) مشاهده می‌شود تمامی جزییات اعم از نوع سنجنده ماهواره، تاریخ و زمان تصویربرداری، ارتفاع منطقه از سطح آب‌های آزاد، میزان دید و دیگر پارامترها در این مازول وارد شده است که درنهایت خروجی آن تصویری خواهد بود که تا حد امکان اثر ذرات موجود در جو از روی مقادیر پیکسل‌های آن حذف‌شده است. مقادیر نهایی تصویر نیز در قالب مقادیر انعکاس که در اصل همان درصد میزان بازتابش واقعی از سطح عوارض است، تهیه می‌شود.

ب- تصحیح اثر ستون آب بر مقادیر انعکاس بازتابیده شده از بستر

از داده‌های حاصله از این ماهواره برای بررسی و ارزیابی پراکندگی زیست‌بوم‌های بستر زی نیز استفاده می‌شود، بدین منظور نیاز است تا به نحوی انعکاس بازتابیده شده از آن‌ها محاسبه شود. به عبارت دیگر لازم است اثری که ستون آب موجود بر روی عوارض بستر زی (حداصل بستر تا سطح آب) بر انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره می‌گذارد محاسبه و حذف شود «شکل (۳-۲۰) چگونگی تاثیر ستون آب بر امواج را نشان می‌دهد».



شکل ۳-۲- تاثیر ستون آب بر روی نور خورشید که به بستر می‌رسد و همچنین انعکاس بازتابیده شده از سطح آب

برای انجام این تصحیح تاکنون روش‌های گوناگونی توسط دانشمندان ارائه شده است. اولین روش را (Lyzenga 1978, 1981) ارائه نمود که بر اساس آن با استفاده از به دست آوردن نسبت ضرایب میرایی نور ($k_i = \text{Attenuation}$) Coefficients) در هر زوج باند تصویربرداری و تولید تصاویری با مقادیر کاذب از این نسبت‌ها می‌توان اثر ستون آب بر انعکاس بستر را حذف نمود. این روش البته دارای دقت بالایی نیست چراکه به دست آوردن نسبت‌های میرایی باندها بسته به نوع جنس بستر مقادیر مختلفی به دست می‌دهد. Bierwirth et al., 1993 نیز با استفاده از روشی برحسب توانی از عدد e (Exponential) بر اساس ضریب میرایی نور در محدوده طیفی هر باند سنجنده (k) و عمق هر نقطه از تصویر (z) انعکاس بستر (R_b) را از روی انعکاس ثبت شده در سنجنده (R_{rs}) به دست آورد «رابطه ۳-۴ رابطه ارائه شده توسط Bierwirth et al., 1993 است».

$$R_b = R_{rs} e^{2kz} \quad (4-3)$$

Purkis و Pasterkamp نیز در سال ۲۰۰۴ با در نظر گرفتن تاثیر سطح آب مدل قبلی را به شکل رابطه ۳-۵ توسعه

دادند که در آن R_w انعکاس ستون آب در مناطق عمیق (بیشتر از ۲۰ متر) و ضریب $\frac{1}{0.54}$ برای تصحیح تاثیرات اصطکاکی بین مرز آب و هوا بر روی انعکاس در نظر گرفته شده است.

$$R_b = \frac{\frac{1}{0.54} R_{rs} (z = a) (1 - e^{-2kz}) R_w}{e^{-2kz}} \quad (5-3)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود برای محاسبه انعکاس بستر نیاز به داشتن ضریب میرایی در هر باند است. در این تحقیق برای محاسبه این پارامتر از روش Edwards و Mumby (2000) که روشی است عملی و کاربردی که بر اساس نظریه Jupp (1988) انجام شده است.

در این روش ابتدا مقادیر انعکاس برای تمامی پیکسل‌ها در منطقه‌ای از تصویر که دارای عمق زیادی است (مناطق بیش از ۲۰ متر که دیگر انعکاس بستر از سطح آب خارج نمی‌شود و تماماً در طول عبور از ستون آب جذب یا پراکنده می‌شود) استخراج می‌شود (شکل ۳-۲۱، ناحیه عمیق)، سپس مقادیر میانگین این انعکاس در هر باند تصویربرداری ماهواره محاسبه می‌شود (Li deep mean). در ادامه منطقه‌ای از محدوده آبی که دارای جنس بستر یکسان در عمق‌های مختلف است انتخاب می‌شود (شکل ۳-۲۱، نیم‌رخ) و مقادیر انعکاس در هر باند تصویربرداری ماهواره در این منطقه برای تمامی پیکسل‌ها استخراج می‌شود. در ادامه مقادیر بیشینه و کمینه انعکاس در این محدوده و در هر یک از باندها استخراج (Li max و Li min) و سپس با استفاده از روش Edwards & Mumby, 2000 مقادیر عمق نفوذ واقعی هر باند $(Z_i = DOP, \text{Depth of Penetration})$ محاسبه می‌شود. در نهایت با استفاده از رابطه ۳-۶ می‌توان برای هر باند ضریب میرایی k را محاسبه نمود که البته این ضریب عموماً تنها برای باندهای ۱ (آبی)، ۲ (سبز) و ۳ (قرمز) سنجنده ماهواره QuickBird محاسبه می‌شود چراکه باند ۴ (مادون قرمز) این سنجنده عملاً در حدود ۱ متر در آب نفوذ می‌کند که در عمل برای اهداف پروژه‌ها کارایی دارد. نتایج نهایی مقادیر محاسبه شده برای هر باند در یک پروژه به‌عنوان نمونه در جدول (۳-۲) آورده شده است.

$$K_i = \frac{0.5 \ln \left(\frac{L_{i \max} - L_{i \text{ deep mean}}}{L_{i \min} - L_{i \text{ deep mean}}} \right)}{Z_i - Z_i} \quad (3-6)$$

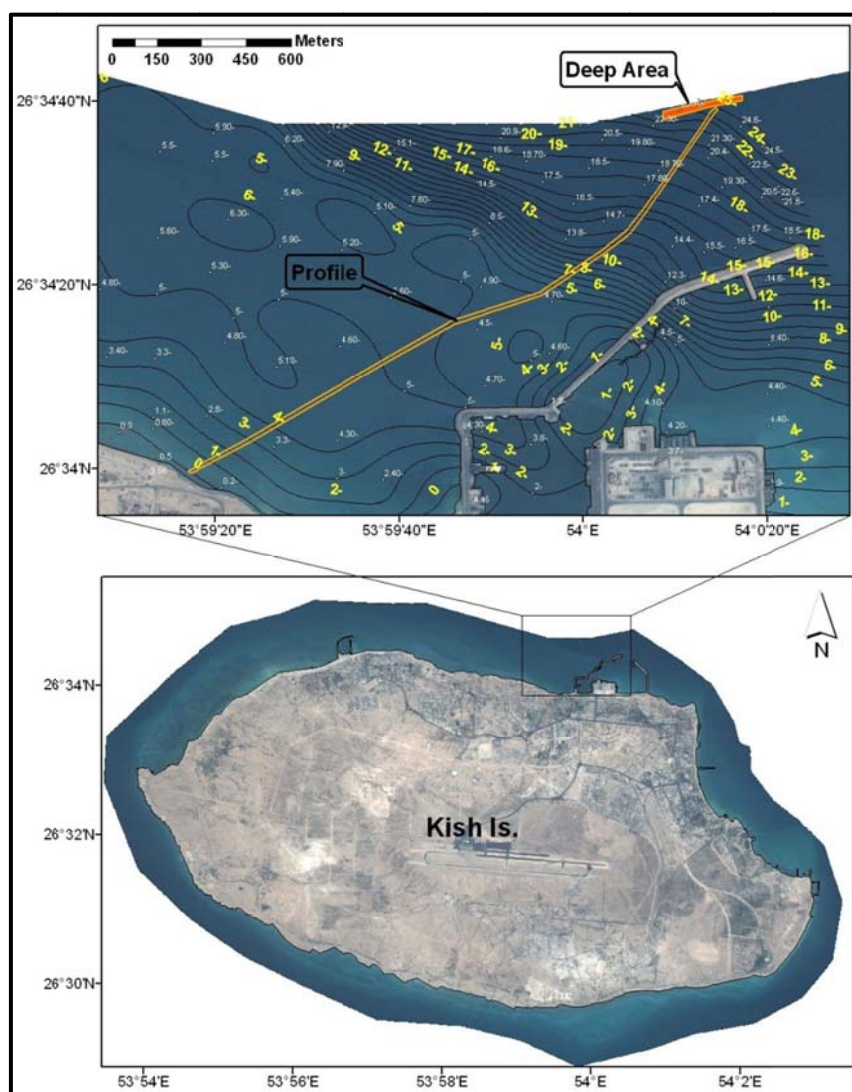
جدول ۳-۲- نمونه‌ای از مقادیر محاسبه شده ضریب میرایی نور در هر باند سنجنده ماهواره

Radiometric band	$k_i (m^{-1})$
b_1	۰/۰۴۹
b_2	۰/۰۷۱
b_3	۰/۳۲۳

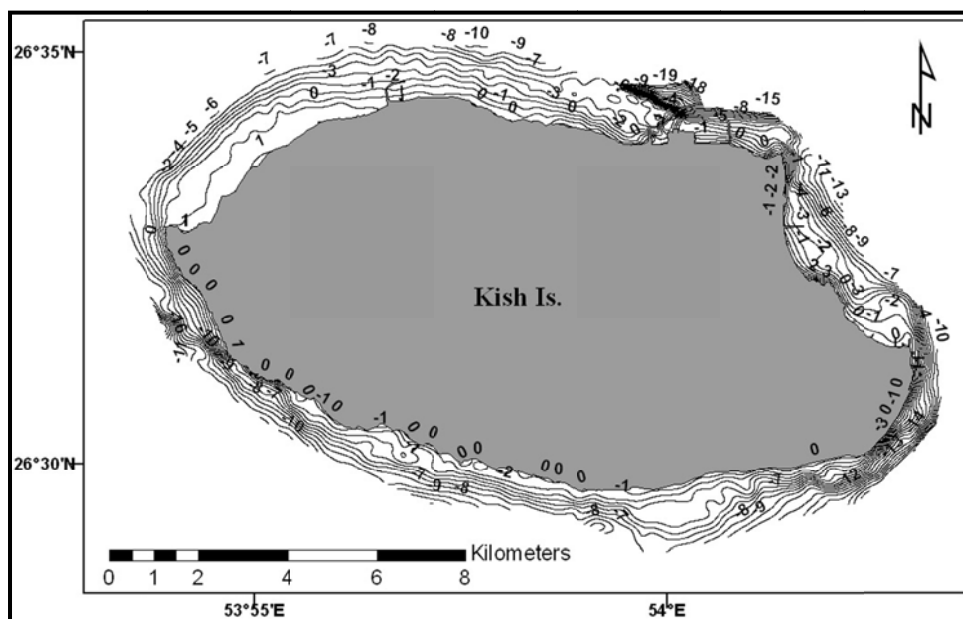
بعد از محاسبه این ضرایب و اعمال آن‌ها بر روی مقادیر انعکاس با استفاده از رابطه ۳-۵، مقادیر انعکاس بستر به دست می‌آید. در این فرمول مقادیر عمق (Z) از روی نقشه عمق‌نگاری^۱ موجود از آب‌های اطراف جزیره کیش استخراج می‌شود (شکل ۳-۲۲) نقشه عمق‌نگاری اطراف جزیره کیش را نشان می‌دهد» همچنین اثر جزر و مد نیز با استفاده از

داده‌های سازمان نقشه‌برداری در تاریخ و ساعت تصویربرداری ماهواره استخراج و استفاده می‌شود «شکل (۳-۲۳) و جدول (۲-۳) مجموعه داده‌های مورد نیاز برای وضوح‌سازی عکس است».

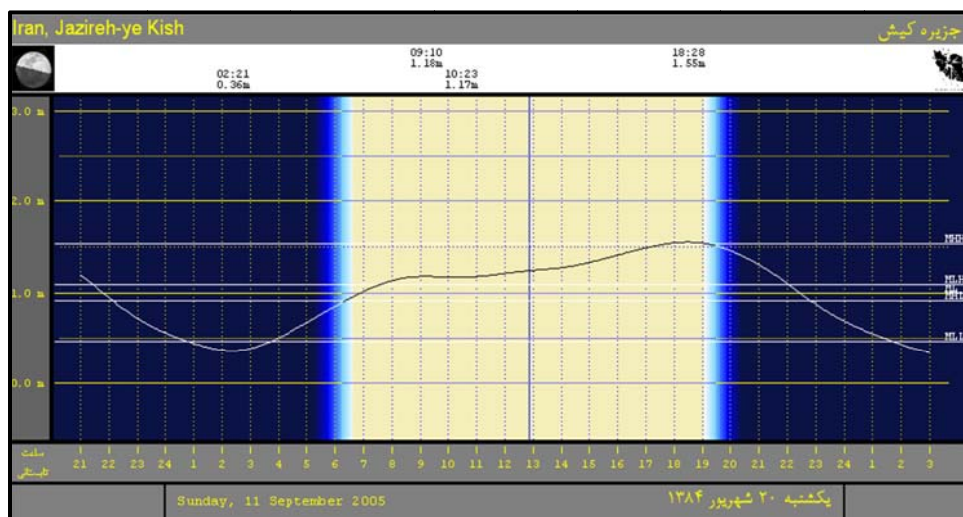
همان‌طور که مشاهده می‌شود بعد از انجام این تصحیح عوارض بستر به صورت واضح‌تر مشاهده می‌شود «شکل (۳-۲۱) نمونه‌ای از وضوح‌سازی نقشه‌های حاصله را نشان می‌دهد» که این خود باعث بهتر شدن دقت کلاسه‌بندی نهایی بر روی تصویر می‌شود. البته این تصحیحات به گونه‌ای است که تنها تا یک عمق خاص را جوابگو است (۱۰ تا ۱۵ متر) و در مناطق عمیق‌تر اغراق در مقادیر انعکاس تصحیح شده بسیار زیاد می‌شود که نتیجه آن کاهش دقت برداشت در روش دورسنجی برای تعیین عوارض بستر در این محدوده از عمق خواهد شد، به‌ویژه در این پروژه به دلیل وجود میزان گردوغبار در اکثر روزهای سال، میزان این افت بیش‌تر و کیفیت و دقت انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره کمتر می‌شود «شکل (۳-۲۴) تصویر اصلاح‌شده ماهواره‌ای با استفاده از رابطه ۳-۵ را نشان می‌دهد».



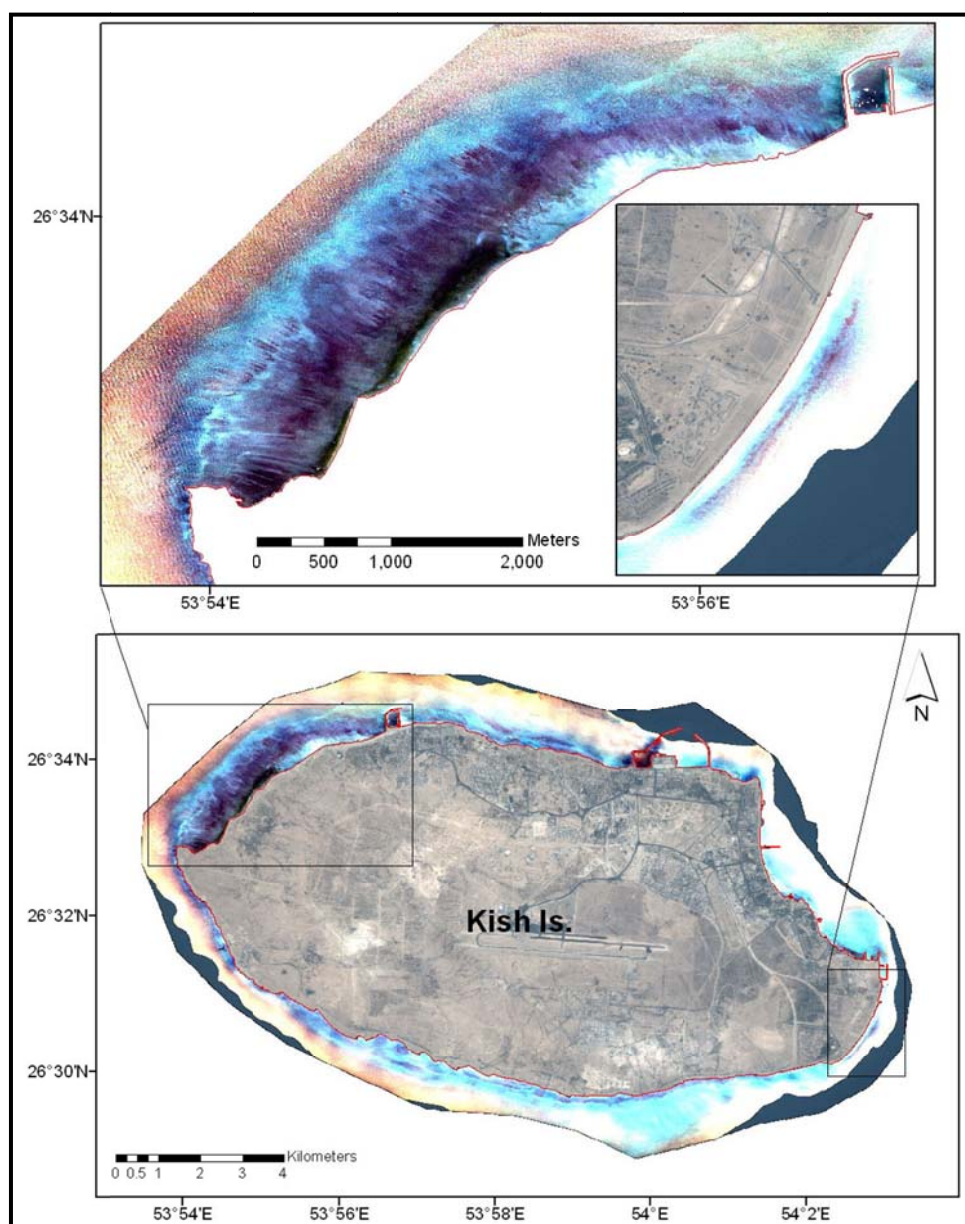
شکل ۳-۲۱- تعیین منطقه عمیق و پروفیلی متجانس از بستر با عمق‌های مختلف بر روی تصویر برای استخراج مقادیر انعکاس پیکسل‌ها و استفاده از آن‌ها برای محاسبه مقادیر ضرایب میرایی در هر باند تصویربرداری



شکل ۳-۲۲- نقشه عمق نگاری آب‌های اطراف جزیره کیش



شکل ۳-۲۳- داده‌های تغییرات سطح آب بر اثر جزر و مد در تاریخ تصویربرداری (تاریخ ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۵ میلادی)

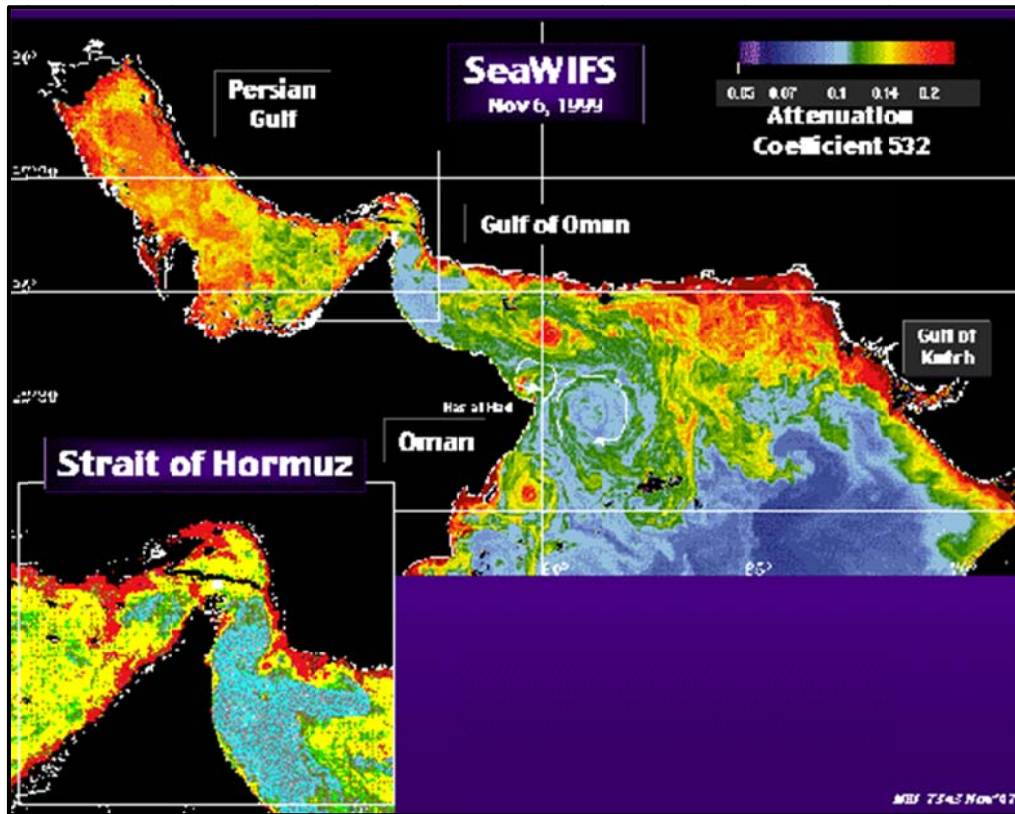


شکل ۳-۲۴- تاثیر تصحیح انعکاس ثبت شده در سنجنده ماهواره با استفاده از محاسبه ضرایب میرایی نور در هر باند تصویربرداری و به‌کارگیری آن در فرمول ۲ برای محاسبه انعکاس بستر در بارز شدن عوارض بستر

امروزه، اجتماعات پلانکتونی از فضا نیز پایش و فیتوپلانکتون‌ها با داشتن رنگینه‌ها در موقع شکوفایی در آب از فضا رؤیت می‌شود. خواص نوری زیستی آب سطح دریا به کمک ماهواره‌هایی از قبیل SeaWifs توسط سازمان فضایی ناسا^۱ سنجش می‌شود «شکل (۳-۲۵) میزان کلروفیل خلیج فارس و دریای عمان را نشان می‌دهد». در صورتی که آسمان صاف و

1- NASA

فاقد ابر باشد، ماهواره‌های فوق در مقیاس یک کیلومتری، تصاویری از فیتوپلانکتون در سرتاسر آب‌های دنیا تولید می‌کنند. همزمان با اندازه‌گیری‌های میدانی مثل پروفیل‌های شوری، دما، مواد مغذی و جریان‌ات دریایی، نمونه‌برداری پلانکتون به کمک کشتی‌های تحقیقاتی انجام می‌شود و به کمک تصاویر ماهواره‌ای، تغییرات زمانی پلانکتون در مناطق بزرگ جغرافیایی تعیین می‌شود.



شکل ۳-۲۵- میزان کلروفیل در خلیج فارس و دریای عمان با ماهواره Seawifs (تصویر از Naval Research Laboratory).

فصل ۴

ماهواره‌ها و سنجش پaramترهای

زمینی

۴-۱- مقدمه

باوجود اینکه سنجش از دور امروزه پیشرفت قابل توجهی داشته اما هنوز به عنوان یک فناوری جدید شناخته می‌شود به عنوان مثال کشور ایرلند تنها از ۱۷٪ مطالعات سنجش از دور در نواحی ساحلی و دریایی خود استفاده می‌کند در صورتی که کشورها با توجه به کمبود داده‌های اقیانوسی و پویایی اقیانوس‌ها می‌توانند برای جبران این کمبودها از ماهواره‌ها برای سنجش دمای سطح آب (SST)، کلروفیل-a، ارتفاع سطح آب، مدیریت بخش‌های ساحلی و برقراری ارتباط بین پارامترهای مختلف آب استفاده نمایند.

۴-۲- ماهواره‌ها و مشخصات آن‌ها

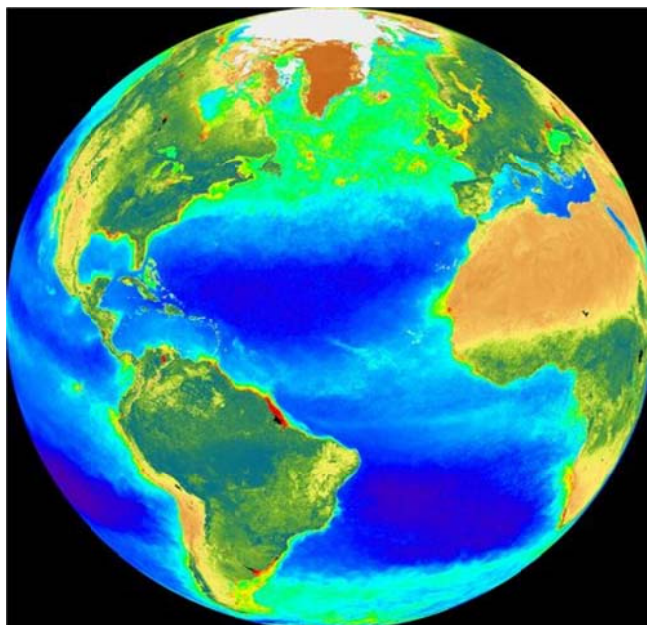
۴-۲-۱- ماهواره SeaWifs

ماهواره‌ای که به منظور بررسی اقیانوس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Sea-viewing Wide-Field-of View Sensor) با توجه به اینکه این ماهواره شامل ۸ باند طیفی بسیار باریک است برای اهداف خاص و نظارت بر پدیده‌های اقیانوسی همانند: تولید اولیه اقیانوسی، بررسی فیتوپلانکتون‌ها، تاثیر اقیانوس‌ها بر فرآیندهای آب و هوایی (ذخیره‌سازی گرما و تشکیل آئروسول) و نظارت بر چرخه کربن، گوگرد و نیتروژن کاربرد دارد. این ماهواره مجهز به سنجنده‌هایی است که بر اساس ثبت تشعشعات (شدت نور) که از سطح اقیانوس‌ها عبور می‌کند به ثبت داده‌ها می‌پردازد، به عنوان نمونه می‌توان به ثبت میزان کدورت (غلظت کلروفیل-a) اشاره نمود (شکل (۴-۱) مکان‌های گسترش کلروفیل در اقیانوس‌ها که به رنگ سبز و آبی روشن است، پوشش گیاهی در خشکی‌ها به رنگ سبز و صحرای آفریقا به صورت خاکی‌رنگ است را نشان می‌دهد).

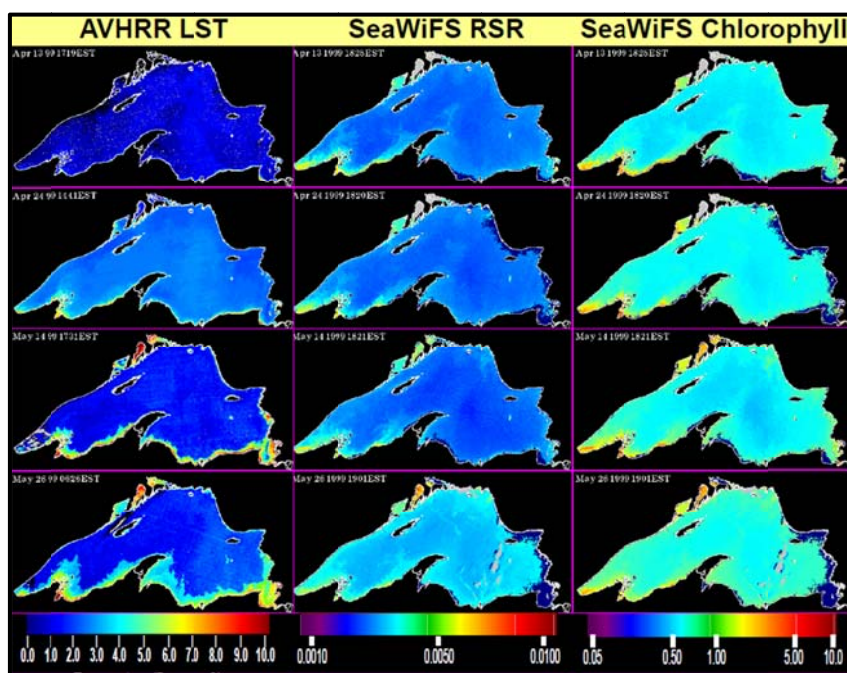
این ماهواره به طول موج‌های ۴۱۰، ۴۴۰، ۴۹۰، ۵۱۰، ۵۵۵، ۶۷۰، ۷۶۰ و ۸۶۰ نانومتر حساس و برای برآورد غلظت جامدات معلق از طول موج ۵۵۵ (باند ۵) و ۴۹۰ (باند ۳) نانومتر استفاده شده است. به طور کلی شش کانال قابل‌رؤیت اول، برای استنباط متغیرهای بیوشیمی (تراکم رسوب و کلروفیل-a) و دمای سطح دریاچه کاربرد دارد و دو کانال نزدیک به فروسرخ (۷۶۰ و ۸۶۰ نانومتر) به منظور از بین بردن آلودگی‌های جوی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

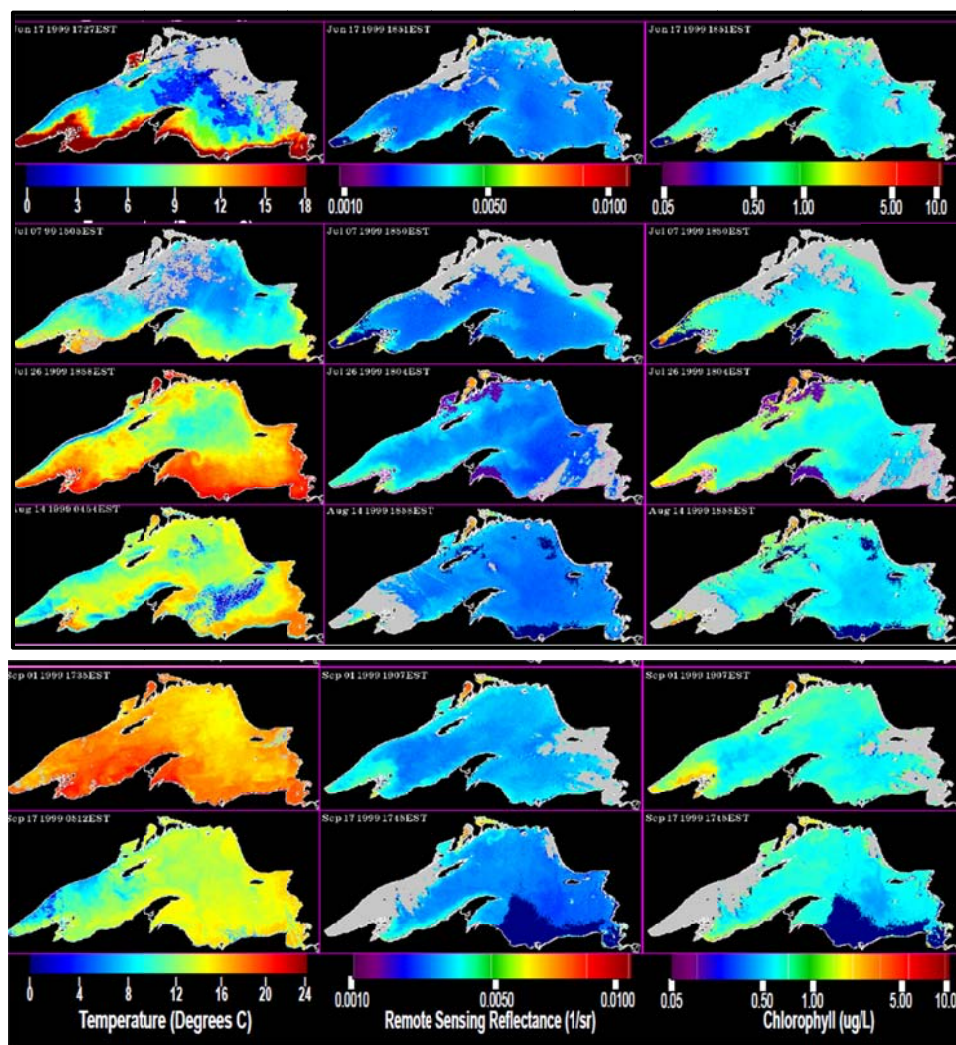
شکل (۴-۲) در سه ستون در طول شش ماه، از ۱۳ آوریل تا ۱۷ سپتامبر ۱۹۹۹، به دست آمده است و پیشرفت زمانی نوار جنوبی نزدیک ساحل را در دریاچه Superior و تغییرات دمایی هوا را نشان می‌دهد، همچنین به وضوح دیده می‌شود که بندرگاه Duluth و خلیج کوچک Chequamegon غلظت کلروفیل و رسوب بیش‌تری را نسبت به دیگر مناطق دریاچه را دارا است. از دیگر پدیده‌هایی که در این عکس ماهواره‌ای قابل‌رؤیت است، می‌توان به گذر یک توده‌ی رسوبی مشخص در غرب رودخانه Ontonagon از آوریل تا ماه می، از کناره، اشاره نمود، تصاویر حاصله از این ماهواره دارای غلظت رنگ کاذب به منظور دید بهتر از پدیده‌های سطحی است.

با بررسی تصاویر ماهواره‌ای می‌توان ارتباط واضحی بین عمق آب، تغییرات دمایی و دیگر پارامترها تشخیص و تاثیر آنها بر یکدیگر را شناسایی نمود.



شکل ۴-۱- تصویر جهانی SeaWiFS از گسترش کلروفیل در تابستان





شکل ۴-۲- عکس ماهواره‌ای SeaWifs

۴-۲-۲- ماهواره‌های لندست

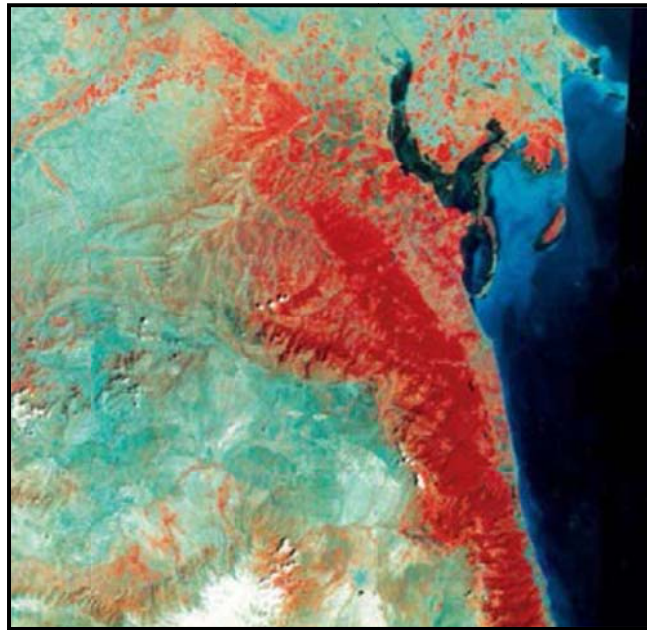
ماهواره‌های لندست از سال ۱۹۷۲ آغاز به کار نموده‌اند و بیش از ۴۰ سال است که داده‌های کالیبره شده زمین را جمع‌آوری می‌کنند.

۴-۲-۲-۱- لندست ۷

ماهواره لندست ۷ در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری از زمین حرکت و در هر ۱۶ روز یکبار داده‌ها را از سراسر زمین با استفاده از ۴ باند طیفی جمع‌آوری می‌کند که با توجه به امواج بازتاب شده، امکان شناسایی پدیده‌ها و تغییرات امکان‌پذیر است.

ماهواره‌های لندست که در گذر زمان پیشرفت کرده و به سنجنده‌هایی با قابلیت برداشت‌های بیش‌تر تجهیز شده است در هر گذر خود تقریباً داده‌های پهنه‌ای 185×185 کیلومتر یا حدود 35000 کیلومترمربع را سنجش می‌کند، همچنین این ماهواره‌ها می‌توانند انرژی پدیده‌های کوچک در ابعاد $28/5 \times 28/5$ متر (معادل یک پیکسل) را روی سطح زمین ثبت کنند.

شایان ذکر است، هرچه اندازه یک پیکسل کوچک‌تر باشد، قدرت تفکیک تصویر بیش‌تر و پدیده‌های کوچک‌تری در آن ثبت و قابل بررسی است «شکل (۳-۴) تصویری از فراز ایران که استان اردبیل، جنگل‌های تالش و بخشی از دریای خزر را که توسط ماهواره لندست ۷ ثبت شده است را نشان می‌دهد، در این تصویر رنگ سیاه بیانگر آب دریا، رنگ آبی بازتاب رسوبات ساحلی، رنگ قرمز نماینده پوشش گیاهی، رنگ سفید پوشش ابر و یا برف و رنگ سبز نشان‌دهنده جنس زمین است».



شکل ۴-۳- تصویر ثبت شده توسط لندست ۷

۴-۲-۲-۲- لندست ۸

لندست ۸ نمونه آخر این سری از ماهواره‌ها است که در سال ۲۰۱۳ به فضا فرستاده شد. این ماهواره با دارا بودن ۱۱ باند طیفی به جمع‌آوری اطلاعات زمین از طلوع آفتاب می‌پردازد «در جدول (۴-۱) مشخصات باندهای لندست ۸ مشاهده می‌شود».

جدول ۴-۱- مشخصات طیف موج لندست ۸

شماره باند-طیف موج	طول موج میکرومتر (μm)	شفافیت (Resulation)	مشخصات
۱- آبی	۰/۴۵-۰/۴۳	۳۰	حداکثر نفوذ در آب برای مناطق با گردوخاک
۲- آبی	۰/۵۱-۰/۴۵۰	۳۰	حداکثر توانایی نفوذ در آب، نقشه‌برداری آب‌های کم‌عمق، تشخیص خاک از پوشش گیاهی و درختان پهن‌برگ از سوزنی‌برگ
۳- سبز	۰/۵۹-۰/۵۳	۳۰	محدوده جذب اکسید آهن و تشخیص گیاهان سالم
۴- قرمز	۰/۶۷-۰/۶۴	۳۰	باند جذب کلروفیل، به منظور تشخیص مرزهای زمین‌شناسی و خاک‌های مختلف و بازتاب بالای اکسید آهن
۵- مادون قرمز انعکاسی	۰/۸۸-۰/۸۵	۳۰	تعیین میزان رطوبت خاک و تجمع آب در منطقه
۶- مادون قرمز میانی	۱/۶۵-۱/۵۷	۳۰	کاربرد در علم هیدرولوژی مانند تفکیک بین برف، ابر و یخ و گاهی تشخیص کانی‌ها
۷- مادون قرمز میانی	۲/۲۹-۲/۱۱	۳۰	طول موج با اهمیت در سنگ‌شناسی، تشخیص نواحی دگرسان
۸- پان کروماتیک	۰/۶۸-۰/۵۰	۱۵	به منظور مطالعات شهری، گسل‌ها و درزه‌ها
۹- ابرهای سیروس	۱/۳۸-۱/۳۶	۳۰	سطح زمین در این بخش قابل‌رؤیت نیست
۱۰- مادون قرمز حرارتی	۱۱/۱۹-۱۰/۶	۱۰۰	بررسی درجه حرارت سطح زمین
۱۱- مادون قرمز حرارتی	۱۲/۵۱-۱۱/۵	۱۰۰	

الف- مشخصات لندست ۸

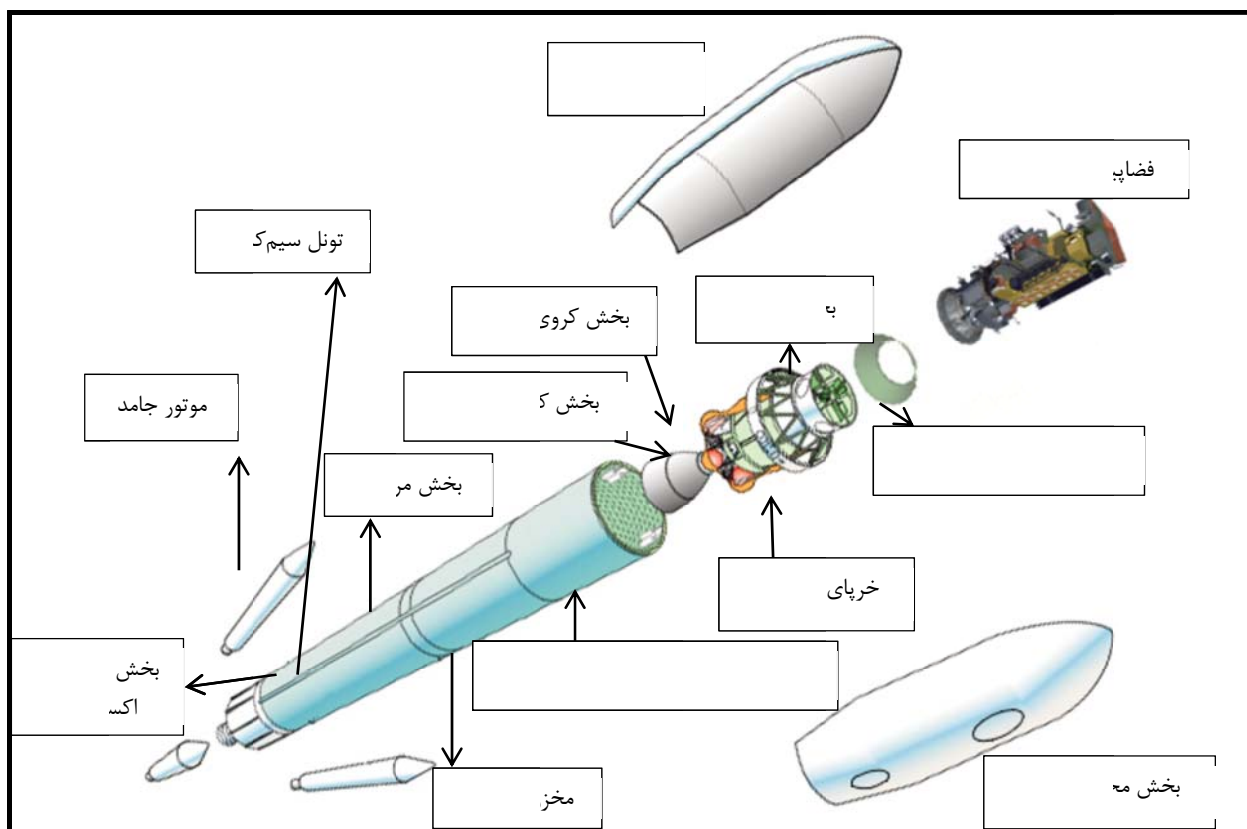
- ۸ باند طیفی
- سکو: راکت اطلس_V
- ابعاد: ۲/۴ متر (۷/۹ فوت)
- طول: ۳ متر (۹/۸ فوت)

۴-۲-۳- ماهواره‌های هواشناسی نوآ^۱

۴-۲-۳-۱- نوآ-۱۹

ماهواره‌ای از سری ماهواره‌های هواشناسی POES متعلق به اداره ملی اقیانوس‌شناسی و هواشناسی ایالات متحده آمریکا و یکی از مهم‌ترین کاربردهای آن اندازه‌گیری دمای سطح آب است. این ماهواره در ۶ فوریه سال ۲۰۰۹ در ساعت ۱۰:۲۲ دقیقه به وقت استاندارد جهانی (UT) به وسیله راکت دلتا-۲ از پایگاه وندنبرگ به فضا پرتاب شد. این ماهواره که بانام NOAA-N نیز خوانده می‌شود دارای وزن ۱۴۱۹ کیلوگرم در مدار نزدیک به قطب (در ارتفاع ۸۳۰ الی ۸۷۰ کیلومتر بالاتر از زمین) هماهنگ با حرکت خورشید با مدت ماموریت حداقل ۲ سال است «شکل (۴-۴) تجهیزات وابسته به ماهواره نوآ را نشان می‌دهد».

این ماهواره به همراه ماهواره‌های دیگر (مانند GEOS) تمام کره زمین را پوشش می‌دهد و با توجه به این همپوشانی داده‌های ثبت شده در بازه زمانی کمتر از ۶ ساعت ثبت می‌شود، به طوری که یکی از ماهواره‌ها در صبح زود از شمال تا جنوب و دیگری در عصر پایش را انجام می‌دهد.



شکل ۴-۴- نمایشی از ماهواره NOAA-19 و تجهیزات پرتاب

الف- اطلاعات برداشت

- ۱- پوشش ابری
- ۲- پوشش سطحی مانند پوشش‌های یخ، برف و گیاهان
- ۳- دمای اتمسفر
- ۴- توزیع رطوبت
- ۵- اعوجاج‌های ازن
- ۶- اندازه‌گیری گاز ائورسل (گازی تحت فشار که منشعب شده از سوخت است)

ب- تجهیزات نصب‌شده بر روی ماهواره

۱- دو عدد حس‌گر تابشی

حس‌گر تابشی وضوح بالا (AVHRR/3) Advanced Very High Resolution Radiometer/3 انرژی‌بخش قابل‌مشاهده و طیف الکترومغناطیس (IR) را ثبت کرده و میزان انرژی بازتابی خورشید (مرئی و مادون نزدیک)، انرژی گرمایی زمین، دریا، ابرها و داخل جو را ثبت می‌کند.

- تشعشع سنج بازتاب خورشیدی (SBUV-2) Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer /2 میزان بازتاب تشعشع خورشیدی و زمین را در طیف نزدیک فرابنفش می‌سنجد (۱۶۰-۴۰۰ نانومتر).

۲- سه عدد حس‌گر صوتی

- حس‌گر صوتی وضوح‌یالا (HIRS/4) High Resolution Infrared Radiation Sounder به وسیله طیف مادون‌قرمز داده‌هایی همچون، دمای سطح اقیانوس‌ها، دمای ازن در جو، ارتفاع ابر و پوشش ابر، تشعشعات سطح و میزان آب قابل بارش را ثبت می‌کند.

- حس‌گر صوتی ماکروویو (AMSU-A) Advanced Microwave Sounding Unit-A با اندازه‌گیری تشعشعات طیف ماکروویو دمای اتمسفر جهانی و مشخصات رطوبتی سطح زمین تا استراتوسفر را ثبت می‌نماید.

- حس‌گر صوتی سنجش رطوبت ماکروویو (MHS) Microwave Humidity Sounder تجهیزات جدید در ماهواره NOAA است که مشخصات رطوبت اتمسفر، محتوای آب مایع موجود در ابرها و برآورد کیفی نرخ بارش را مورد سنجش قرار می‌دهد.

۳- یک عدد بررسی‌کننده آب‌وهوا

Space Environment Monitor/2 (SEM-2)، این حس‌گر میزان کمربند تابشی زمین و ذرات باردار در فراز ماهواره را ثبت می‌کند. همچنین این حس‌گر توانایی ثبت بادهای خورشیدی که موجب مختل شدن عملکرد ماهواره، آسیب به صفحات خورشیدی و مدارات یا تغییر در گشتاور مغناطیسی می‌شود را دارا است.

۴- پیام جمع‌آوری داده‌ها

Advanced Data Collection System (ADCS) این پیام‌دستور جمع‌آوری داده‌های فشار اتمسفر، دمای سطح دریا، میزان شوری، جریان‌های سطحی و زیرسطحی اقیانوس‌ها و رودخانه‌ها، موقعیت کشتی‌ها و حتی درجه حرارت فعالیت جانداران را به سیستم‌عامل انتقال می‌دهد.

۱- دستگاه جستجو و نجات (SAR)، که بخشی از سامانه طراحی‌شده COSPAS-SASAT به منظور پیدا نمودن و تعیین مکان اضطراری بیکن‌ها^۱ با عملکرد ۴۰۶ MHz است.

۲- ثبت داده‌های دیجیتال (DDR)، محل ذخیره داده‌های حس‌گر که بعد از طی هر مدار ثبت می‌شود و بافرمان به ایستگاه‌های داده‌ای منتقل می‌شود (یکی از این ایستگاه‌های کنترل داده‌ها در کشور نروژ است).
در جدول (۴-۲) کاربرد باندهای ماهواره نوآ آورده شده است.

جدول ۴-۲- خصوصیات باند حس گر AVHRR ماهواره NOAA

شماره باند - طیف موج	محدوده طول موج میکرومتر (μm)	شفافیت (Resolution)	کاربرد
۱- قرمز	۰/۶۸-۰/۵۸	۱/۱ کیلومتر	ابر _ برف _ یخ
۲- مادون قرمز - نزدیک	۱/۱-۰/۷۲۵	۱/۱ کیلومتر	آب _ گیاهان
۳- مادون قرمز - میانه	۳/۹۳-۳/۵۵	۱/۱ کیلومتر	دمای سطح آب اقیانوس ها _ بررسی فعالیت‌های ولکانیکی
۴- مادون قرمز - گرمایی	۱۱/۳-۱۰/۳	۱/۱ کیلومتر	دمای سطح اقیانوس ها _ تعیین رطوبت خاک
۵- مادون قرمز - گرمایی	۱۲/۵-۱۱/۵	۱/۱ کیلومتر	دمای سطح اقیانوس ها _ تعیین رطوبت خاک

۴-۲-۴- سنجنده MODIS

سنجنده MODIS با حساسیت بالا ۱۲ بیتی در ۳۶ باند و محدوده طول موج $0.4\mu\text{m}$ الی $14.4\mu\text{m}$ عمل می‌نماید. عمدتاً تصاویر این سنجنده و دیگر سنجنده‌ها به صورت روزانه ثبت می‌شود که با توجه به قدرت تفکیک مکانی و طیفی، اطلاعات ارزشمندی را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.

سنجنده MODIS که بر روی دو ماهواره ترا^۱ و آکوآ^۲ قرار دارد کل کره زمین را در یک الی دو روز به وسیله ۲ باند با وضوح ۲۵۰ متر در حوض و ۵ باند ۵۰۰ متری برای تصویربرداری پوشش داده و امکان ثبت اطلاعات در بخش‌های مختلف زمین را فراهم می‌آورد، بعضی اوقات این محدوده‌ها در گذر ماهواره پوشیده از ابر می‌باشند اما با توجه به گذر بعدی امکان عاری بودن منطقه از ابر محتمل بوده و با ادغام و تلفیق داده‌ها در یک بازه زمانی (هفتگی و یا ماهانه) مدل تغییرات اقلیمی در سطح کره زمین فراهم می‌گردد.

این سنجنده نقشی کلیدی در توسعه مدل‌های سامانه‌ای مربوط به علوم زمین برای پیش‌بینی‌های دقیقی که بتوان بر اساس آن‌ها تصمیمات جدی برای حفاظت از محیط‌زیست گرفت بازی می‌کند. «در جدول (۳-۴) خصوصیات ماهواره MODIS آورده شده است». در این سنجنده باندهای ۸ الی ۱۶ باندهای رنگی اقیانوسی و باندهای ۲۲، ۲۳، ۳۱ و ۳۲ باندهای حرارتی را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۳- ویژگی‌های سنجنده MODIS

Km ۷۰۵	ارتفاع
M ۱۰۰۰-۵۰۰-۲۵۰	حد تفکیکی زمین
km ۲۳۳۰	عرض جابوب
whiskbroom	روش اسکن کردن
۱ الی ۲ روز	دوره تکرار
۳۶	تعداد باندها

1- Terra

2- Aqua

به عنوان مثال سنجنده MODIS ماهواره ترا تصویری از تغییرات رنگی رودخانه می‌سی‌سی‌پی در ۲۰ دسامبر ۲۰۱۵ گرفته است که نشان‌دهنده رنگ رسوبات قهوه‌ای مایل به زرد است که از رودخانه می‌سی‌سی‌پی وارد خلیج مکزیک می‌شود. در شکل (۴-۵) رسوب قهوه‌ای مایل به زرد روشن که منشأ گرفته از تالاب نزدیک خلیج Barataria و خلیج Batiste در بخش غربی می‌باشند قابل‌مشاهده است که موجب عدم تشخیص خطوط رسوب از خط ساحلی و دریاچه Pontchartrain شده است.



شکل ۴-۵- تصویر ماهواره MODIS از رود می‌سی‌سی‌پی به خلیج مکزیک

جدول ۴-۴- کاربرد باندهای سنجنده MODIS ماهواره ترا

کاربرد	شماره باند (نانومتر)	پهنای باند	بازتاب طیفی	نسبت سیگنال به نویز
تعیین محدوده ابرها و زمین	۱	۶۷۰-۶۲۰	۲۱/۸	۱۲۸
	۲	۸۷۴-۸۴۱	۲۴/۷	۲۰۱
شناخت ویژگی‌های ابرها و زمین‌ها	۳	۴۷۹-۴۵۹	۳۵/۳	۲۴۳
	۴	۵۶۵-۵۴۵	۲۹/۰	۲۲۸
	۵	۱۲۵۰-۱۲۴۰	۵/۴	۷۴
	۶	۱۶۵۲-۱۶۲۸	۷/۳	۲۷۵
	۷	۲۱۵۵-۲۱۰۵	۱/۰	۱۱۰
رنگ اقیانوس‌ها فیتوپلانکتون‌ها بیوژئوشیمی	۸	۴۲۰-۴۰۵	۴۴/۹	۸۸۰
	۹	۴۴۸-۴۳۸	۴۱/۹	۸۳۸
	۱۰	۴۹۳-۴۸۳	۳۲/۱	۸۰۲
	۱۱	۵۳۶-۵۲۶	۲۷/۹	۷۵۴
	۱۲	۵۵۶-۵۴۶	۲۱/۰	۷۵۰
	۱۳	۶۷۲-۶۶۲	۹/۵	۹۱۰
	۱۴	۶۸۳-۶۷۳	۸/۷	۱۰۸۷
	۱۵	۷۵۳-۷۴۳	۱۰/۲	۵۸۶
	۱۶	۸۷۷-۸۶۲	۶/۲	۵۱۶

ادامه جدول ۴-۴- کاربرد باندهای سنجنده MODIS ماهواره ترا

کاربرد	شماره باند (نانومتر)	پهنای باند	بازتاب طیفی	نسبت سیگنال به نویز
تعیین میزان بخار آب در جو	۱۷	۸۹۰-۹۲۰	۱۰/۰	۱۶۷
	۱۸	۹۳۱-۹۴۱	۳/۶	۵۷
	۱۹	۹۱۵-۹۶۵	۱۵/۰	۲۵۰
تعیین درجه حرارت سطح زمین و ابرها	۲۰	۳/۶۶۰-۳/۸۴۰	۰/۴۵	۰/۰۵
	۲۱	۳/۹۲۹-۳/۹۸۹	۲/۳۸	۲/۰۰
	۲۲	۳/۹۲۹-۳/۹۸۹	۰/۶۷	۰/۰۷
	۲۳	۴/۰۲۰-۴/۰۸۰	۰/۷۹	۰/۰۷
تعیین درجه حرارت جو	۲۴	۴/۴۳۳-۴/۴۹۸	۰/۱۷	۰/۲۵
	۲۵	۴/۵۴۹-۴/۴۸۲	۰/۵۹	۰/۲۵
مطالعه ابرهای سیروس	۲۶	۱/۳۶۰-۱/۳۹۰	۶/۰۰	۱۵۰۴
تعیین میزان بخار آب	۲۷	۶/۵۳۵-۶/۸۹۵	۱/۱۶	۰/۲۵
	۲۸	۷/۱۷۵-۷/۴۷۵	۲/۱۸	۰/۲۵
	۲۹	۸/۴۰۰-۸/۷۰۰	۹/۵۸	۰/۲۵
ازن	۳۰	۹/۵۸۰-۹/۸۸۰	۳/۶۹	۰/۲۵
تعیین درجه حرارت ابر و سطح زمین	۳۱	۱۰/۷۸۰-۱۱/۲۸۰	۹/۵۵	۰/۰۵
	۳۲	۱۱/۷۷۰-۱۲/۲۷۰	۸/۹۴	۰/۰۵
تعیین ارتفاع نوک ابر	۳۳	۱۳/۱۸۵-۱۳/۴۸۵	۴/۵۲	۰/۲۵
	۳۴	۱۳/۴۸۵-۱۳/۷۸۵	۳/۷۶	۰/۲۵
	۳۵	۱۳/۷۸۵-۱۴/۰۸۵	۳/۱۱	۰/۲۵
	۳۶	۱۴/۰۸۵-۱۴/۳۸۵	۲/۰۸	۰/۲۵

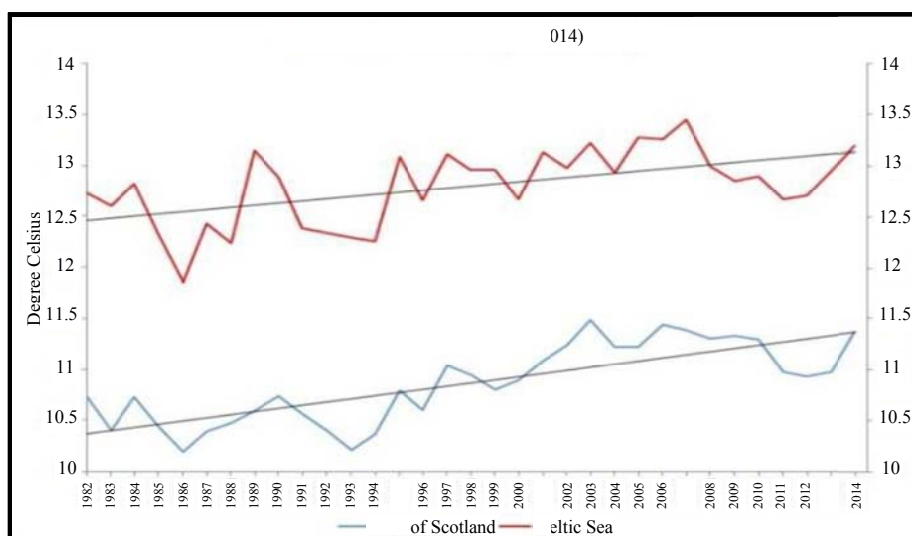
۴-۳- سنجش پارامترهای اقیانوسی

۴-۳-۱- بررسی تغییرات دمایی

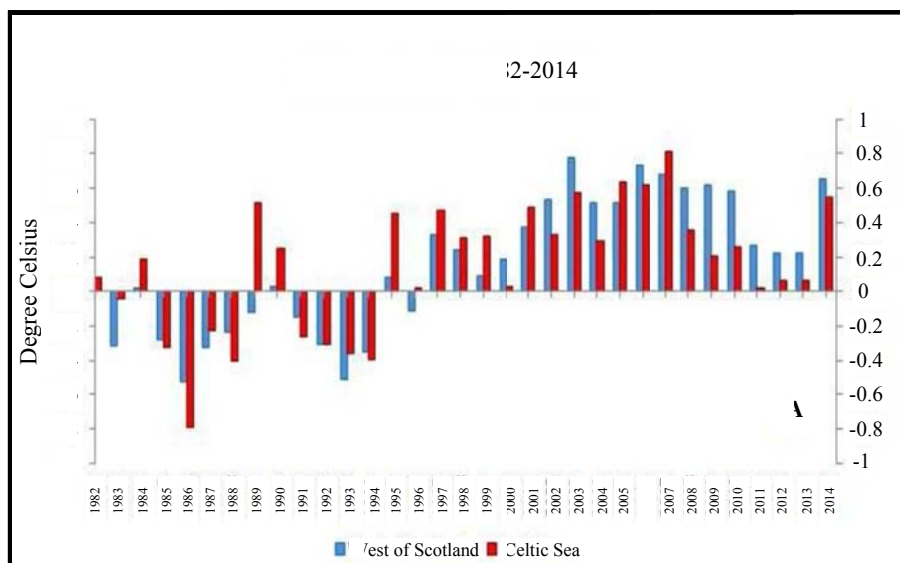
دمای سطح آب به عنوان یک شاخص اصلی در توزیع گونه‌های دریایی و یک ردیاب فرآیندهای اقیانوس‌شناسی مورد استفاده است، درواقع دمای سطح آب نقش به سزایی در فعل و انفعالات اتمسفر اقیانوسی و تعیین تغییرات شرایط آب و هوایی دارد که هردو پارامتر در مقیاس جهانی و محلی مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تغییرات دمایی تاثیر عمیقی بر اکوسیستم و طبقه‌بندی جانداران دارد، به عنوان مثال این تغییرات در زمان رشد فیتوپلانکتون‌ها تاثیر گذار است. دومین اثر این تغییرات بر روی تغذیه جانداران در لایه‌های مخلوط بالایی است که با تاثیرپذیری از فصل بر روی رشد تاثیر می‌گذارد. تغییر در متوسط دمای سالانه این چرخه به وسیله ماهواره‌ها قابل اندازه‌گیری است که درواقع در گذشته دست‌نیافتنی بوده است، جمع‌آوری این داده‌ها به وسیله ماهواره‌ها به منظور بررسی چرخه باروری فیتوپلانکتون‌ها بسیار ارزشمند است.

مراحل جمع‌آوری و آنالیز داده‌های دمایی در ذیل به تفسیر آمده است.

- داده‌های دمایی سطح آب به وسیله ماهواره نوآ که با ترکیب با داده‌های حاصله از کشتی‌ها و شناورها به شکل یک شبکه جهانی و به صورت یک نقشه فضایی آماده‌شده است از سایت www.ncdc.noaa.gov/oisst قابل‌دستیابی است. وضوح برداشت‌های این شبکه فضایی حدود ۰/۲۵ درجه (۲۵ کیلومتر) است.
- داده‌های اقلیمی دمایی حاصله از ماهواره‌ها با توجه به نیاز کاربر در هر بازه زمانی قابل انتخاب و استحصال است «شکل (۴-۶) تغییرات میانگین دمایی غرب اسکاتلند و دریای سلطیک در ۳۳ سال گذشته را نشان می‌دهد؛ داده‌های این تمودار با پدیده النینو (۱۹۸۶ الی ۱۹۸۷) و پدیده لانینا (۲۰۰۷ الی ۲۰۰۸) همزمان است».
- داده‌های آنومالی دمایی نیز از داده‌ها قابل استخراج است «شکل (۴-۷) نشان‌دهنده آنومالی دمایی غرب اسکاتلند و دریای سلطیک را نشان می‌دهد».
- بزرگ‌ترین چالش این سنجش‌ها شناسایی ابرها است که با طراحی الگوریتم بازیابی SST، ابرها حذف و اثرات بخار آب اتمسفر به وسیله دو یا سه کانال IR به حداقل رسانده می‌شود.
- الگوریتم حاصل با استفاده از داده‌های بویه‌ها میزان می‌شود.
- در این فرآیند بازیابی دما از قسمتی به اندازه میکرون در عمق به بخش بزرگی در حدود ۰/۵ متر در عمق تعمیم داده می‌شود.

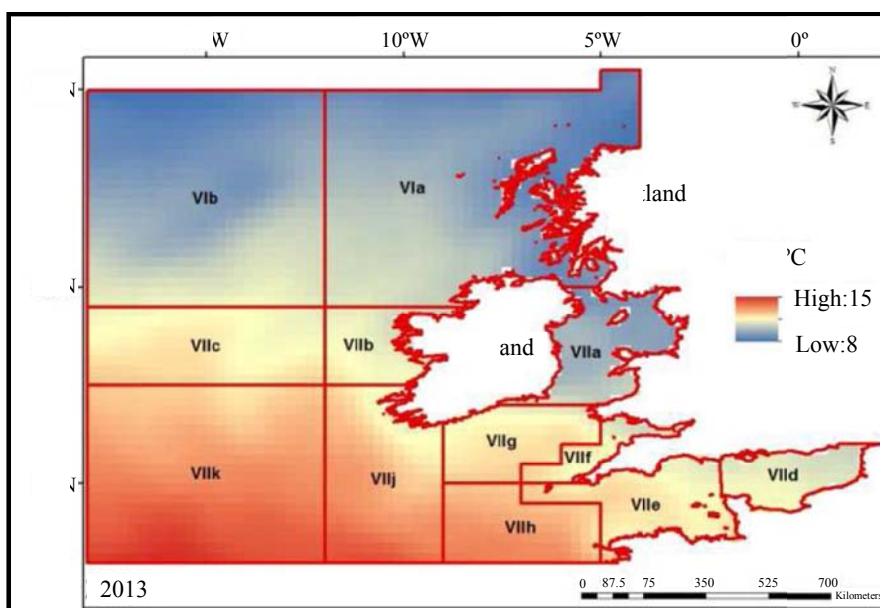


شکل ۴-۶- تغییرات میانگین دمایی ۳۳ سال غرب اسکاتلند و دریای سلطیک



شکل ۴-۷- تغییرات آنومالی دمایی غرب اسکاتلند و دریای سلطیک

- حالت بهینه داده‌های روزانه قبل از استفاده توسط داده‌های حاصله از حسگر AVHRR آنالیز می‌شود که در این حالت یک ناهنجاری مثبت نشان‌دهنده یک درجه حرارت گرم‌تر از مرجع و یک ناهنجاری منفی بیانگر درجه حرارت خنک‌تر از مرجع است، در این حالت از درون‌یابی داده‌های دمایی ثبت شده استفاده می‌شود، (برای توضیحات پیش‌تر به Xue et al. 2003 ارجاع شود).
- با استفاده از داده‌های به دست آمده و استفاده از نرم‌افزار متلب و ARC GIS10.2 می‌توان نقشه دمایی منطقه موردنظر را ترسیم کرد (شکل ۴-۸) نمونه‌ای از نقشه تهیه‌شده SST سواحل اسکاتلند را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۸- نمونه‌ای از نقشه سالانه دمایی (SST)

۴-۳-۲- تغییرات میزان کلروفیل-a

کلروفیل محصول اولیه سنجش رنگ اقیانوس‌ها است که برای اندازه‌گیری فیتوپلانکتون‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، غلظت کلروفیل برای درک بهتر از چرخه کربن از اهمیت بالایی برخوردار است. البته شایان ذکر است برای رشد فیتوپلانکتون‌ها و تغییرات میزان کلروفیل-a بررسی پارامترهای دیگر مانند جهت باد، محل قرارگیری ساحل و تغییرات سطح آب نیز موثر است زیرا واگرایی در جریان‌های اقیانوسی و پدیده بالا آمدن سطح آب در آب‌های آزاد موجب انتقال آب‌های سرد و مغذی اعماق به سطح آب می‌شود.

- امکان جمع‌آوری داده‌های کلروفیل به وسیله سنجنده‌های ماهواره‌ای که در مدار قطبی در حال چرخش است و دارای طیف الکترومغناطیس مرئی و مادون قرمز هستند، امکان‌پذیر است، زمان عبور از استوا این ماهواره‌ها به صورت تقریبی بین ساعت ۱۰ الی ۱۱:۳۰ است. در ذیل چهار نمونه از این ماهواره‌ها آورده شده است، البته توجه به این نکته که هر حس‌گر در ماهواره‌ها دارای طول عمر خاص خود است، باید موردتوجه قرار گیرد.

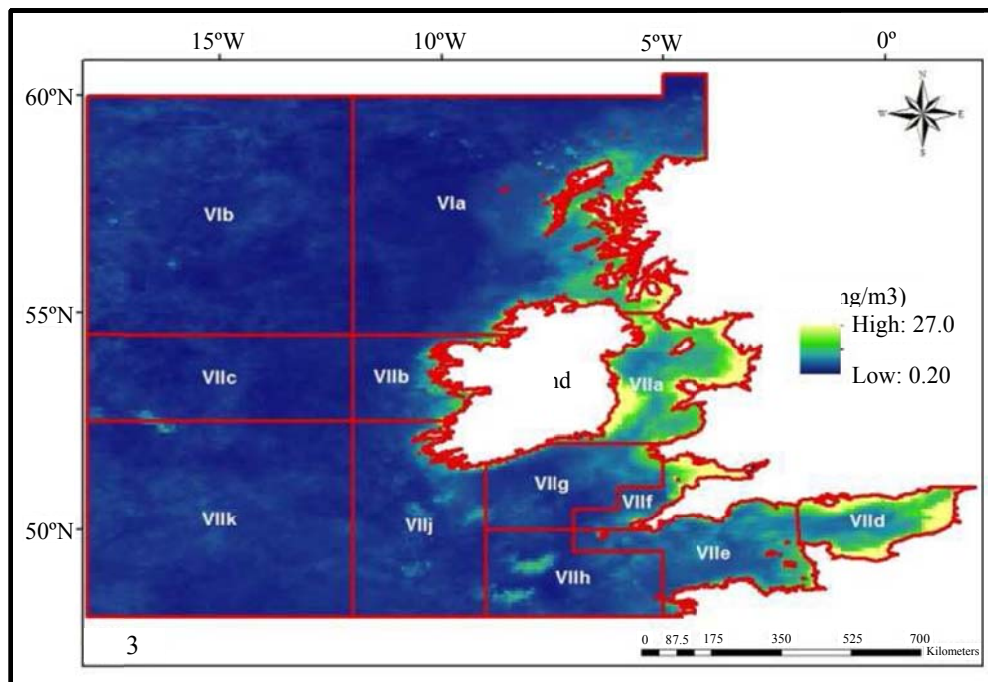
- Seawing Wide Field-of-view Sensor (SeaWIFS)
- Coastal Zone Color Scanner (CZCS)
- Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS)
- MODerate resolution Imaging Spectrometer on board the platform Aqua (MODIS-Aqua)

- شایان ذکر است که پایداری حس‌گرهای ماهواره‌ها باید در طولانی‌مدت بررسی شود، اگر کالیبراسیون ردیابی نشود امکان ایجاد خطا در ابزار محتمل است، همچنین حس‌گرها با یکدیگر نباید مقایسه شوند زیرا خطاها منجر به سوءتعبیر پدیده‌ها می‌شود بنابراین باید حس‌گرها به صورت مستقل موردبررسی قرار گیرند.

- داده‌های تجمع سالانه کلروفیل-a (mg/m^3) با رزولوشن فضایی ۰/۱ درجه حدود ۹ کیلومتر از سایت oceancolor.gsfc.nasa.gov قابل استحصال است. این داده‌ها به وسیله یک گروه زیست‌شناسی اقیانوسی (OBPG) در مرکز فضایی Goddard ناسا (GSFC) پشتیبانی می‌شود.

- عملکرد الگوریتم برای استنتاج تجمع کلروفیل-a در سطح به‌روزرسانی می‌شود، با توجه به حس‌گرهای نصب‌شده به منظور توسعه ماهواره SeaWIFS، این الگوریتم برای توصیف بهتر چندجمله‌ای‌ها برای ارتباط مناسب بین ورود به سامانه تبدیل متغیرهای ژئوفیزیکی به ضریب بازتابی سنجش از دور است.

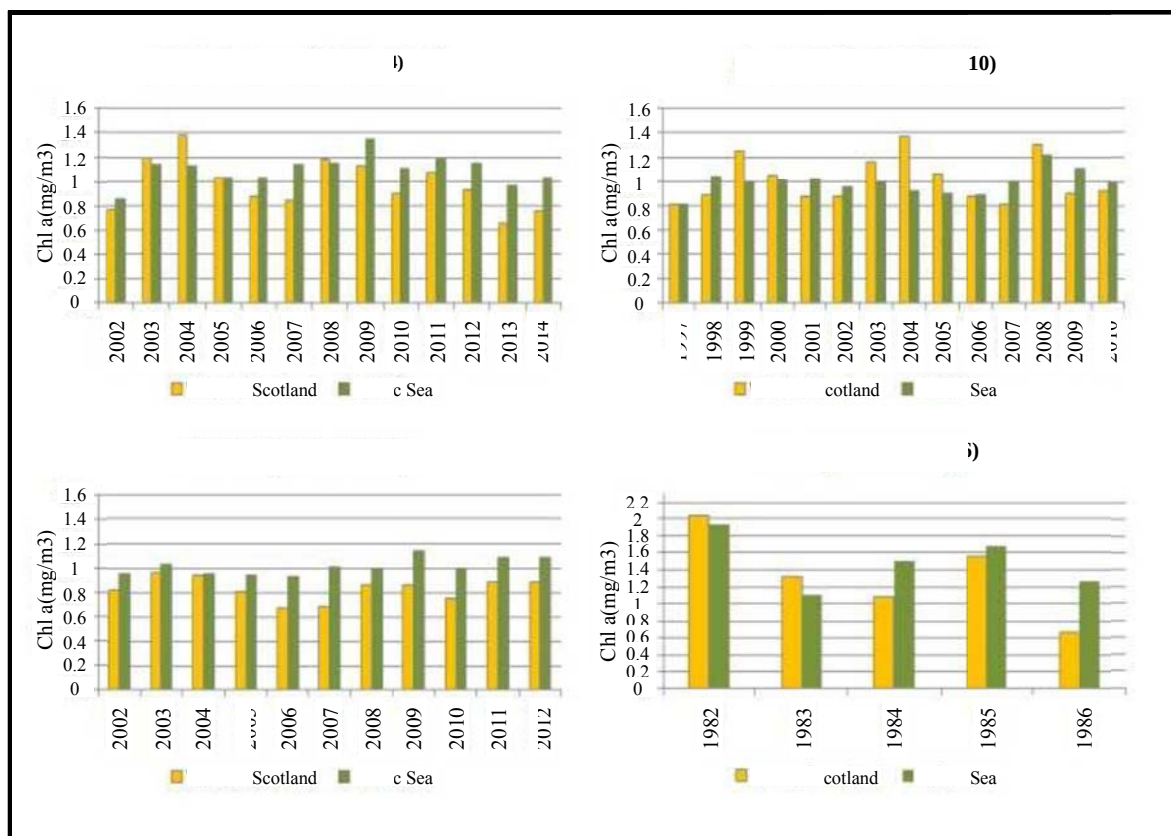
- نهایتاً برداشت داده‌های ماهواره‌ای کلروفیل-a و پردازش آن موجب ایجاد یک نقشه خروجی از تجمع کلروفیل-a در یک منطقه می‌شود (شکل ۴-۹ نقشه تجمع کلروفیل-a حاصل از داده‌های سنجش از دور در سواحل اسکاتلند و ایرلند است).



شکل ۴-۹- تجمع کلروفیل a- در سواحل اسکاتلند - ایرلند

همان‌طور که در شکل (۴-۹) قابل مشاهده است میزان تجمع کلروفیل a- در بخش ساحلی بسیار بیش‌تر است و از الگوریتم‌ها می‌توان برای استخراج میانگین، حداکثر و حداقل انحراف معیار استفاده و نرخ ارزش را محاسبه نمود. فرآیند استخراج در این مرحله همانند آن چیزی است که در بخش داده‌های SST مورد استفاده قرار گرفته است.

به منظور درک بهتر از مجموعه فرایندها، نتایج مربوط به سنجش از دور سواحل اسکاتلند در ذیل آورده شده است. در این پژوهش بهترین راه برای آنالیزها بررسی عملکرد جداگانه برای هر حس‌گر شناخته شده است. در داده‌های جمع‌آوری شده در سال ۲۰۰۴ در اسکاتلند همپوشانی بین داده‌های ماهواره SeaWiFS و MODIS-Aqua -کاملاً محسوس است، به طوری که در غرب اسکاتلند بیش‌ترین مقدار تمرکز کلروفیل a- $1/36 \text{ mg/m}^3 (\pm 0/59)$ و در ماهواره دوم ارزش $1/38 \text{ mg/m}^3 (\pm 0/96)$ ثبت شده است اما در ماهواره MERIS ارزش‌های کمتری در این سال نسبت به دو ماهواره دیگر ثبت شده که برابر $0/93 \text{ mg/m}^3 (\pm 0/56)$ است و کمترین مقدار تمرکز کلروفیل در ماهواره MODIS-Aqua برابر $0/65 \text{ mg/m}^3 (\pm 0/90)$ در همین ناحیه در سال ۲۰۱۳ است «شکل (۴-۱۰) نتایج مربوط به حس‌گرهای سنجش کلروفیل در ماهواره‌های مختلف است». نهایتاً آنالیز این تجزیه و تحلیل‌ها بیانگر تجمع کلروفیل به‌طور میانگین 1 mg/m^3 در هر دو ناحیه است.

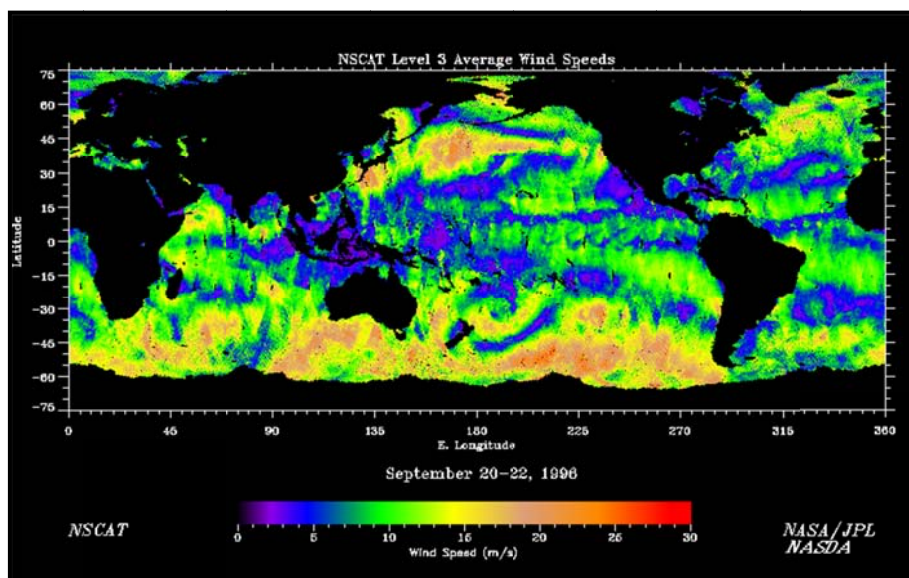


شکل ۴-۱۰- نتایج مربوط به حس‌گرهای سنجش کلروفیل در سواحل اسکاتلند

نهایتاً با استفاده از داده‌های ناشی از سنجش از دور و تطبیق آن‌ها با یکدیگر امکان دستیابی به یک سری اطلاعات و ارتباطات بین داده‌ها مانند تغییرات تمرکز غلظت کلروفیل-a با تغییرات دمایی قابل استنتاج است. همچنین از داده‌های ماهواره‌ای می‌توان برای تخمین مقدار جلبک‌های مضر، ماهیگیری، مدیریت مناطق ساحلی، بررسی‌های زیست‌محیطی و مطالعات اقیانوسی از غلظت کلروفیل و درجه حرارت، امکان ردیابی و رشد جلبک‌ها و ارتباط بین آن‌ها استفاده نمود.

۴-۳-۳- ترسیم بردار بادهای سطح اقیانوس

شناخت جهت و سرعت باد که بزرگ‌ترین منبع حرکتی بر روی سطح آب و عامل طیف گسترده‌ای از جنبش‌ها است کمک شایانی به حصول اطلاعات مورد نیاز به منظور پیش‌بینی وقایع کوتاه‌مدت و بلندمدت در فرآیندهای محیط‌زیست می‌نماید. درواقع باد موجب تعامل پارامترهای حرارت، رطوبت، گازها و ذرات با آب می‌گردد که با توجه به وسعت پوشش آب در سطح کره زمین این تعاملات تاثیر قابل توجهی بر روی آب‌وهوای منطقه‌ای و جهانی دارد «شکل (۴-۱۱) تصویر ثبت شده باد بر روی سطح آب‌های آزاد است».



شکل ۴-۱۱- تصویر ماهواره‌ای حرکت باد بر روی سطح آب‌های آزاد

۴-۳-۴- رنگ‌شناسی اقیانوس

بر اساس ترکیب رنگ آب می‌توان میزان گسترش مرجان‌ها، انواع جلبک‌ها و جابه‌جایی رسوبات ساحلی به سمت اقیانوس‌ها و پراکندگی رسوبات^۱ را شناسایی نمود. همان‌طور که در شکل (۴-۱۲) الی شکل (۴-۱۴) مشخص است با توجه به رنگ تصاویر ماهواره‌ای ثبت شده، شناسایی پدیده‌های مختلف در اقیانوس‌ها امکان‌پذیر است.



شکل ۴-۱۲- گسترش ماسه ساحلی بر روی اقیانوس‌ها در طی طوفان

1- Sediment Plume



شکل ۴-۱۳- نمایی از پراکندگی رسوب و جلبک‌های شکوفه‌ای



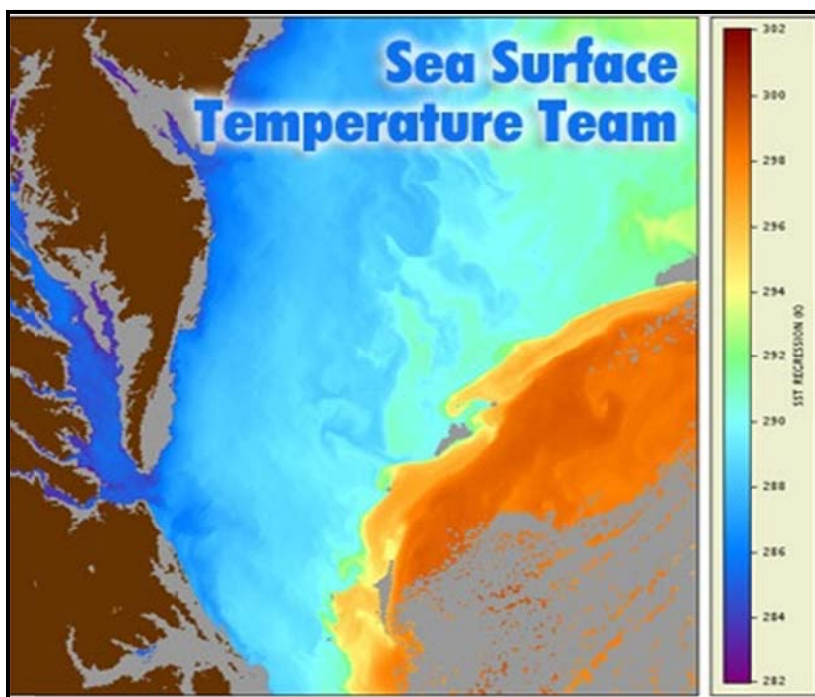
شکل ۴-۱۴- تصویر ماهواره‌ای پراکندگی رسوب

۴-۳-۵- توده‌های یخی

یکی از مهم‌ترین عامل‌های تغییرات آب‌وهوایی گرم شدن زمین و جدا شدن توده‌های یخ، یخچال‌ها است که با توجه به داده‌های حاصله از ماهواره‌ها امکان تاثیر گرم شدن زمین بر کاهش وسعت یخچال‌ها و توده‌های یخی در مناطق سردسیری امکان‌پذیر است.

۴-۳-۶- تغییرات دمایی

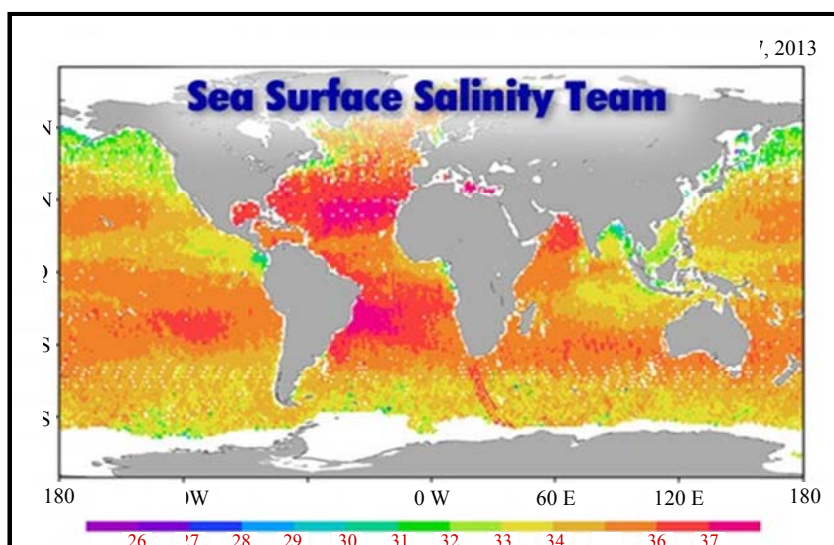
ماهواره‌ها تغییرات دمایی در سطح آب‌های آزاد را ثبت و با توجه به داده‌های حاصله امکان مدل‌سازی جوی و بررسی تغییرات دمایی در فصول مختلف انجام می‌گیرد «شکل (۴-۱۵) تصویر ماهواره‌ای تغییرات دمایی سطح آب را نشان می‌دهد».



شکل ۴-۱۵- نقشه دمایی سطح اقیانوس

۴-۳-۷- تعیین شوری

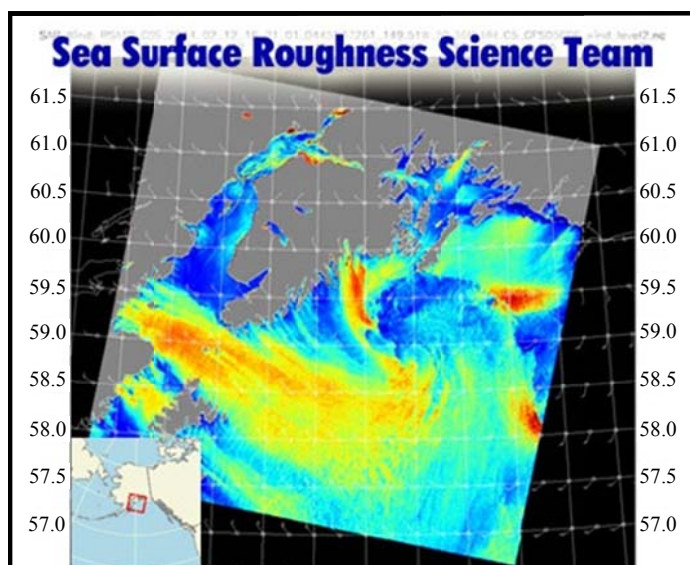
فناوری سنجش از دور قادر به ترسیم نقشه‌های میزان شوری آب نیز است که در شکل (۴-۱۶) نمونه‌ای از نقشه شوری سطح اقیانوس‌ها که به وسیله ماهواره‌ها ثبت شده است مشاهده می‌شود.



شکل ۴-۱۶- نقشه ماهواره‌ای میزان شوری در اقیانوس‌ها

۴-۳-۸- سطح زبری

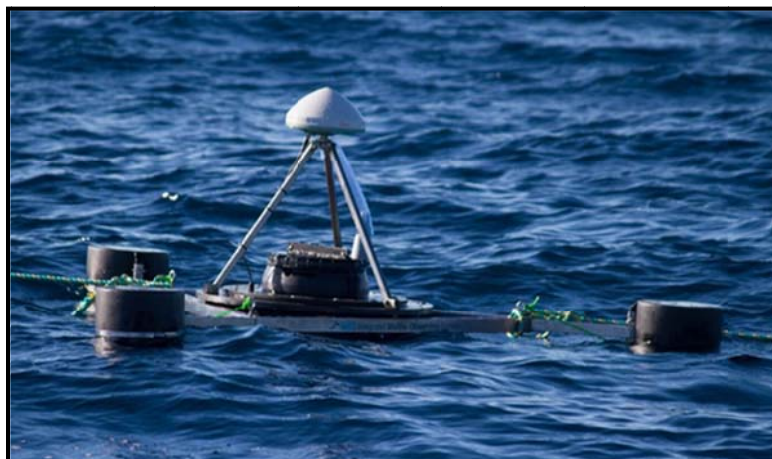
ماهواره‌های جدید همچنین قادر به ثبت اطلاعات حاصله در رابطه با زبری سطح اقیانوس‌ها (ماهواره SAR)^۱ می‌باشند این ماهواره‌ها همچنین قابلیت تشخیص زباله‌های دریایی، سکوها‌های نفتی، خط ساحل، پوشش یخی، امواج داخلی و عمق‌سنجی را نیز دارند «شکل (۴-۱۷) شماتیکی از چگونگی عملکرد ثبت زبری بستر اقیانوس‌ها را نشان می‌دهد».



شکل ۴-۱۷- شماتیکی از ثبت اطلاعات بستر اقیانوس‌ها

۴-۳-۹- کالیبراسیون

با توجه به اینکه ماهواره‌ها در فاصله مشخصی در مدار زمین قرار گرفته‌اند و سطح آب‌های آزاد به دلایل مختلف همچون جزر و مد در طول شبانه‌روز تغییر می‌نماید امکان ایجاد خطا در ثبت داده‌ها محتمل است بنابراین بر روی زمین ایستگاه‌هایی ثابت در کشورهای مختلف به منظور صحت‌سنجی داده‌ها تعبیه شده است که می‌توان به ایستگاه‌هایی در آمریکا، فرانسه، یونان و استرالیا اشاره نمود، این ایستگاه‌ها با ثبت پارامترهای محیط در بازه زمانی مشخص این امکان را فراهم می‌کنند که میزان دقت داده‌های ثبت شده به وسیله ماهواره‌ها صحت‌سنجی و میزان اعتبار آن‌ها در طول دوره گردش در مدار زمین بررسی گردد «شکل (۴-۱۸) نمونه‌ای از ایستگاه‌های صحت‌سنجی که به ثبت داده‌هایی شامل دما، عمق، فشار بستر، شوری و تغییرات جزر و مدی می‌پردازد را نشان داده است».



شکل ۴-۱۸- بویه مجهز به موقعیت‌یاب جهانی برای ثبت تغییرات سطح آب بر اساس زمان با آنتن سفید در فاصله نیم متری از سطح آب

۴-۳-۱۰- بررسی جریانات دریایی به وسیله ماهواره‌ها

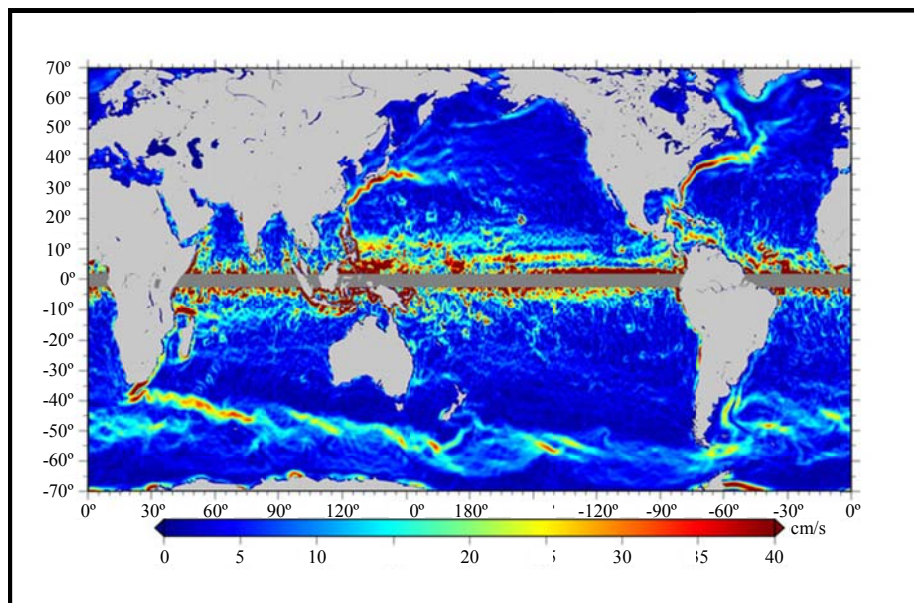
جریان‌های اقیانوسی بر انتقال گرمای جهانی، آب‌وهوا، انتقال لاروها، حرکت آلاینده‌ها، انتقال رسوب و حمل‌ونقل دریایی موثر است. آرایه‌هایی از جریان‌سنج‌های لنگر شده می‌توانند جریان‌ها را تنها در مقیاس محلی اندازه‌گیری کنند، در صورتی که رادارهای فرکانس بالای مستقر در سواحل، قادر به نقشه‌کردن جریان‌های ساحلی تا محدوده‌ی ۲۰۰ کیلومتر هستند. دریافت‌های اقیانوسی، می‌توانند الگوی خوبی از جریان‌های اقیانوسی را از مناطق پهناور به دست دهند، اما ممکن است ماه‌ها زمان بر باشد تا آن را به انجام برسانند. تنها دورسنج‌های ماهواره‌ها^۱، می‌توانند جریان‌ها را با روش همدیدی، بر فراز نواحی پهناور اقیانوسی و ساحلی، مشخص نماید.

فرازسنجی ماهواره‌ای، یکی از روش‌های ضروری دورسنجی، به منظور پایش شرایط دینامیکی اقیانوس‌ها، شامل جریان‌های سطحی، سرعت یادهای محلی و ارتفاع مشخصه‌ی موج است. جریان‌های اقیانوسی را همچنین می‌توان با استفاده از رادار دهانه-ترکیبی^۲ ماهواره یا با ردیابی حرکت مشخصات رنگی و دمایی در اقیانوس، مشخص نمود.

در اقیانوس‌شناسی ماهواره‌های هواشناسی نظیر TOPEX/Poseidon, JONOS, SeaWiFS, Landsat, POES، Jason مورد استفاده قرار می‌گیرد «شکل (۴-۱۹) نمایانگر متوسط جریان‌های سطحی اقیانوس با واحد سانتی‌متر بر ثانیه، است، سایه‌روشن‌های آبی، جریان‌های آرام و سایه‌روشن‌های قرمز، سریع‌ترین جریان‌ها را نشان می‌دهد. اطلاعات گرفته شده از ماهواره‌ی ESA's GOCE، برای تهیه‌ی این نقشه استفاده شده است».

1- Satellite Remote Sensors

2- Synthetic Aperture Radar

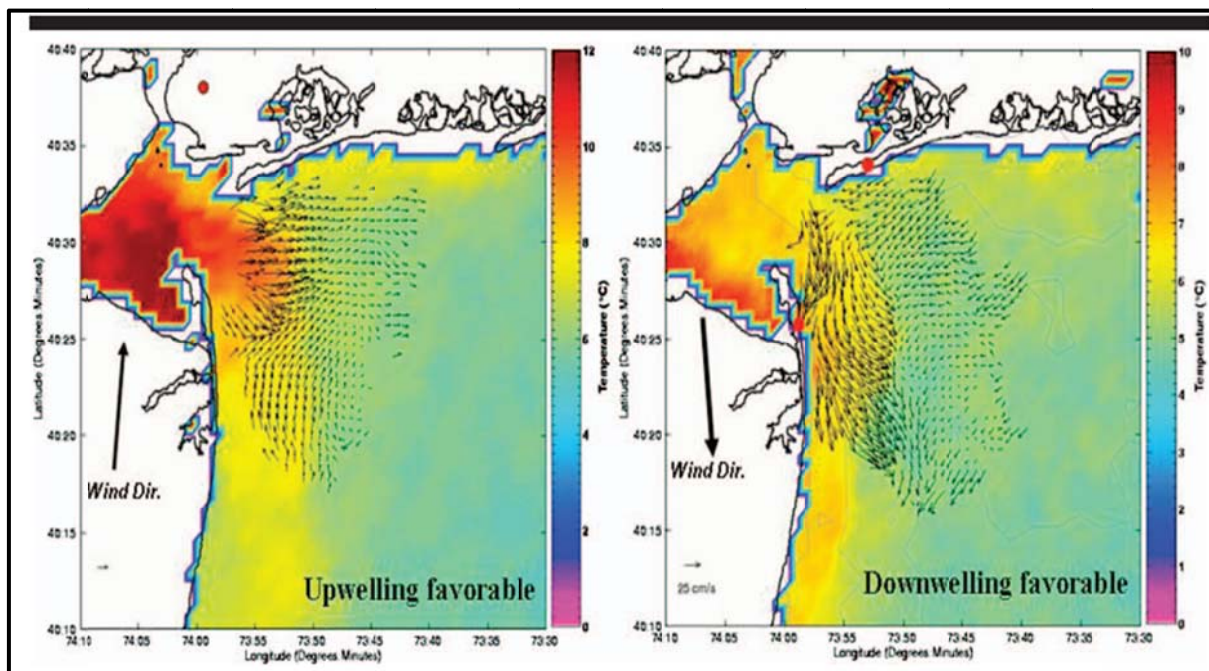


شکل ۴-۱۹- سرعت جریان‌های سطحی

۴-۳-۱۱- تلفیق داده‌های ماهواره‌ای و رادار

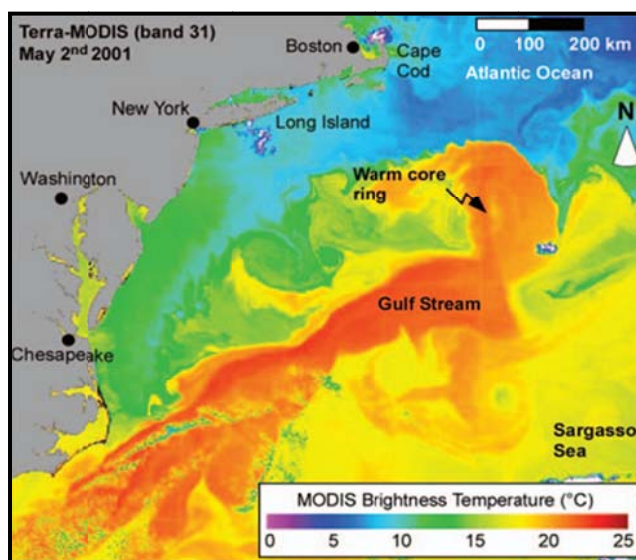
شکل جریان‌های سطحی اندازه‌گیری شده در New York Bight به وسیله‌ی رادار HF قرارگرفته در ساحل، برای شرایط مساعد فرا جوشی^۱ و فرو جوشی^۲ در شکل (۴-۲۰) نشان داده شده است. این شکل همچنین نشان می‌دهد چگونه تلفیق داده‌ی HF، با شبیه‌سازی ماهواره، تصویر کامل‌تری از دینامیک سطح دریا را به کاربر ارائه می‌دهد.

1- Upwelling
2- Downwelling



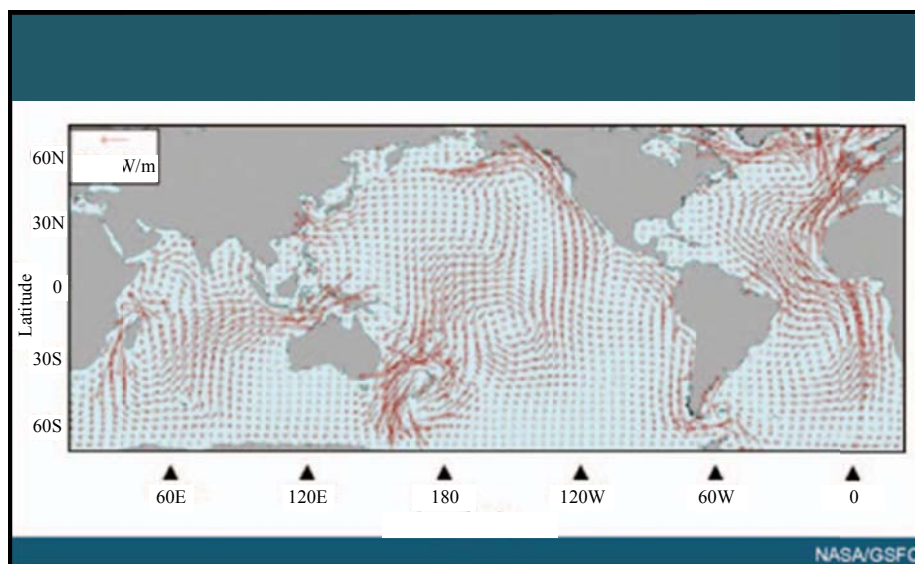
شکل ۴-۲۰- جریان‌های سطحی New York Bight اندازه‌گیری شده با رادار HF مستقر در ساحل
(Courtesy of Coastal Ocean Observation Laboratory, Rutgers University)

الگوی شار و دیگر ویژگی‌های یک جریان را می‌توان توسط رادیومترهای حرارتی فروسرخ روی ماهواره‌ها، به تصویر کشید «شکل (۴-۲۱) یک نمونه از تصویرسازی فروسرخ حرارتی جریانات اقیانوسی نشان داده شده است، این شکل گلف استریم را نشان می‌دهد که به صورت مارپیچ، در طول ساحل شرقی ایالات متحده، به سمت شمال حرکت می‌کند و در طول مسیر، حلقه‌های اقیانوسی با مرکز گرم را ایجاد می‌کند».



شکل ۴-۲۱- عکس دمایی کرانه‌ی شرقی ایالات متحده، دوم ماه مه سال ۲۰۰۱. آب‌های گرم گلف استریم با جایرها و چرخنده‌ای به رنگ قرمز و زرد، NASA/Goddard Space Flight Center

با دقت چند سانتی‌متر، اندازه‌گیری‌های فرازونجی، با داده‌های جزر و مد سنجی و مدل‌های هیدرودینامیکی جفت شده و نقشه‌های جزر و مدی را بهبود بخشیده‌اند «شکل (۴-۲۲) شار انرژی جزر و مدی میانگین جهانی را که توسط اندازه‌گیری‌های فرازونجی TOPEX/Poseidon به دست آمده را نشان می‌دهد (Ray and Cartwright, 2001; Ray and Mitchum 1997)».



شکل ۴-۲۲- شار انرژی میانگین فشار تغییرات پی‌درپی جزر و مد M2، مشخص شده توسط اندازه‌گیری‌های فرازونجی‌های (Ray and Cartwright, 2001) TOPEX/POSEIDON

پیوست ۱

دریافت تصاویر ماهواره‌ای

به وسیله سایت USGS در بخش تصویرسازی جهانی (GloVis) به صورت آنلاین می‌توان به داده‌های مربوط به ماهواره دست‌یافت. درخواست‌کنندگان امکان دستیابی به تمام داده‌های فعال ثبت شده به وسیله ماهواره‌های Landsat 7، Landsat 4/5 TM، ETM⁺، Landsat 1-5 MSS، EO-1 Hyperion، EO-1 ALI، MRLC، Tri-Decadal و همچنین ماهواره‌های Aster VNIR، Aster TIR و MODIS از مجموعه DAAC را دارا می‌باشند، به طوری که با انتخاب محدوده مورد نظر کاربر سریعاً بارگذاری می‌شود.

از ویژگی‌های این نرم‌افزار ارائه لایه‌های مختلف، تاریخ و تعیین محدوده ابری است.

به منظور استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مراحل ذیل باید انجام پذیرد.

۱- وارد نمودن مختصات جغرافیایی منطقه (شکل پ. ۱-۱ شماره ۱)

۲- انتخاب تاریخ موردنظر کاربر (شکل پ. ۱-۱ شماره ۲)

۳- ورود به زبانه انتخاب (Collection) (شکل پ. ۱-۱ شماره ۳)

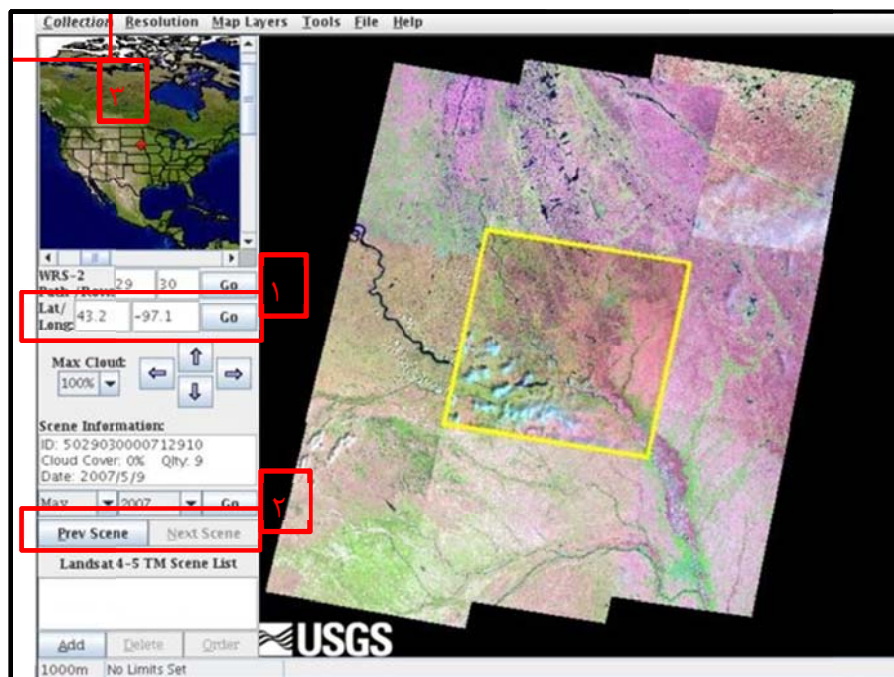
۴- انتخاب ماهواره با توجه به نیاز کاربر

۵- تصویر موردنظر نمایان می‌شود.

۶- با فشردن کلید راست موس و انتخاب گزینه ADD تصویر ذخیره می‌شود.

در نظر داشته باشید برای ذخیره‌سازی تصاویر باید در سایت ثبت‌نام انجام شود و سپس با بررسی تصویر خواسته‌شده

امکان ذخیره‌سازی برای کاربر فراهم می‌شود.



شکل پ. ۱-۱- فراخوانی تصویر ماهواره‌ای

پیوست ۲

فهرست واژگان

B

Backscatter بازتاب کننده (انعکاس امواج به همان سمتی که از آن منشأ گرفته‌اند)

F

Field of view (FOV) میدان دید (زاویه اسکن از یک سمت تا سمت دیگر)

G

Goddard Space Flight Center (GSFC) مرکز فضایی گودارد ناسا

O

Ocean Biology Processing Group (OBPG) گروه پردازش زیست اقیانوسی

S

Spatial Resolution قدرت تفکیک مکانی (توانایی ثبت اشیای کوچک مجاور یکدیگر)

Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFs) سنسور بررسی مشخصات دریایی

Swath Width (S.W) عرض برداشت

منابع و مراجع

- 1- Campbell, J.B. (1987) Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press, New York.
 - 2- Casal, G; Furey, T; Dabrowski, T; Nolan, G. 2015. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, suppl. W3 XL.7: 933-940. Gottingen: Gottingen Copernicus GmbH. Dobos, E. 2003. University of Miskolc, Miskolc-Egyetemvaros, Hungary.
 - 3- Hudson, B. et al., (2014, July) MODIS observed increase in duration and spatial extent of sediment plumes in Greenland fjords. The Cryosphere, 8 (4), 1161.
 - 4- NASA, Earth observatory (Modis-brochure), "Moderate-resolution Imaging, Spectroradiometer": Nasa.
 - 5- V Klemas - Journal of Coastal Research, 2012
 - 6- Weast, R.C. 1982. Handbook of Chemistry and Physics; CRC Press: Boca Raton, FL.
 - 7- [http:// www.cioss.coas.oregonstate.edu/CIOSS/](http://www.cioss.coas.oregonstate.edu/CIOSS/)
 - 8- <http://www.glovis.usgs.gov/QuickStart.shtml>
 - 9- http://www.missionscience.nasa.gov/ems/07_infraredwaves.html
 - 10- [http:// www.modis.gsfc.nasa.gov/about/](http://www.modis.gsfc.nasa.gov/about/)
 - 11- [http:// www.nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=2009-005A](http://www.nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=2009-005A)
 - 12- [http:// www.noc.ac.uk/research-at-sea/nmfss/nmep/corers](http://www.noc.ac.uk/research-at-sea/nmfss/nmep/corers)
 - 13- <http://www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/>
 - 14- [http:// www.oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html](http://www.oceanservice.noaa.gov/facts/remotesensing.html)
 - 15- <http://www.seos-project.eu/modules/remotesensing/remotesensing-c05-p01.html>
- ۱۶- امیری، ه رضاعلی، و. (۱۳۹۴) «بررسی روش سنجش از دور آکوستیکی به منظور طبقه‌بندی رسوبات بستر دریا» دوره ششم، شماره ۳، نشریه علمی- ترویجی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی.

خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه و بودجه کشور، با گذشت بیش از چهل سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر هفتصد عنوان نشریه تخصصی - فنی، در قالب آیین نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. ضابطه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال های اخیر در سایت اینترنتی nezamfanni.ir قابل دستیابی می باشد.

Abstract

Remote sensing is the science of obtaining information about objects or areas from a distance, typically from aircraft or satellite. Ocean currents influence on the global heat transport; weather and climate; larval transport; drift of water pollutants; sediment transport; and marine transportation. As a result, researchers need up-to-date information on marine and coastal currents. Ocean drifters can be tracked to obtain circulation patterns over larger areas, but may take months to accomplish it. Only satellite remote sensors can determine currents synoptically over extensive marine and coastal regions. Therefore objective of this operating procedures is to review practical remote-sensing techniques for measuring and mapping coastal and ocean currents. Assessing and monitoring the state of the earth surface is a key requirement for global change research. Classifying and marine mapping are important technical tasks for managing global changes as water plays an essential role in affecting global climate change. Marine mapping also presents valuable information to recognize the natural and man-made environments through monitoring water from local to global scales at a given time point or over a continuous period. Direct and indirect applications of remote sensing technology to marine survey are described in general. Least but not last, the environmental satellites and the techniques of digital imagery processing are also reviewed.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Standard Operating Procedures for Remote Sensing

No . 796

Deputy of Technical, Infrastructure and
Production Affairs

Department of Technical and Executive Affairs,
Consultants and Contractors

nezamfanni.ir

Ports & Maritime Organization

Directorate General for Coastal and Port
Engineering

<http://www.pmo.ir>

2019

این ضابطه

با عنوان «راهنمای اندازه‌گیری مشخصه‌های دریایی بخش سنجش از دور ماهواره‌ای» به بررسی و تحلیل عملکرد سنجنده‌ها و همچنین تصاویر حاصل از آن‌ها در ارتباط با اندازه‌گیری پارامترهایی همچون تغییرات دما، شوری، ماهیت رسوبات و پراکندگی آلودگی‌ها به وسیله ثبت انرژی بازتابی از سطح پرداخته است.