

ارزیابی روابط میان سنجنده‌های Landsat8 و Sentinel2 و داده‌های میدانی در تخمین پارامترهای کیفی آب مصب رودخانه چالوس

مهشید سهیلی فر^۱، داریوش یوسفی کبریا^{۲*}، عبادت قنبری پرمهر^۳

^۱ کارشناسی ارشد عمران - محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

^۲ دانشیار گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

^۳ استادیار گروه نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

دریافت: ۹۸/۵/۱۵، بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۱۵، پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۲، نشر آنلاین: ۱۴۰۰/۳/۲۲

چکیده

رودخانه‌های ورودی به دریاها به دلیل عبور از مناطق مختلف شهری و صنعتی حاوی حجم زیادی از آلودگی‌های مختلف هستند و منجر به تغییرات در کیفیت آب مصب و دریا می‌شوند. با توجه به این که محیط‌های آبی مورد توجه ارگان‌ها و نهادهای متعدد زیست‌محیطی است، پایش کیفی آن بسیار با اهمیت است. سنجش از دور به دلیل صرفه‌جویی در زمان و هزینه تمام‌شده و وسعت منطقه تحت پوشش می‌تواند روشی مناسب برای این‌گونه پایش‌ها باشد. در این پژوهش رودخانه چالوس، یکی از رودهای مهم سواحل جنوبی خزر انتخاب شده و پارامترهای کیفی دما، شوری و pH در مصب این رودخانه با استفاده از تصاویر چند طیفی ماهواره Landsat8 و Sentinel2 همراه با برداشت‌های میدانی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌برداری از محل در فصل سرد انجام شد و پس از اخذ تصاویر ماهواره‌ای، رابطه میان داده‌های میدانی و داده‌های سنجش از دور با استفاده از روابط رگرسیونی بررسی شد. نتایج نشان داد که همبستگی مناسبی میان پارامترهای کیفی آب اندازه‌گیری شده و پارامترهای کیفی به‌دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد. مقایسه دو ماهواره Landsat8 و Sentinel2 نشان می‌دهد، پارامترهای کیفی دما، شوری و pH به ترتیب با ضریب تعیین ۰/۶۸۹، ۰/۶۹۷ و ۰/۸۵۵ ارتباط بهتری با ماهواره Sentinel2 داشته‌اند.

کلیدواژه‌ها: مصب رودخانه چالوس، سنجش از دور، ماهواره Landsat8، ماهواره Sentinel2.

۱- مقدمه

وضعیت کیفیت منبع را بیان کرد (Olet, 2010). به‌طور کلی آلودگی رودها تأثیر زیادی در آلودگی دریاها دارد اگر میزان آلودگی زیاد نباشد آب می‌تواند با خاصیت خودپالایی خود آن را از بین ببرد. اما در صورت زیاد شدن آلودگی خودپالایی کارساز نخواهد بود و باید برای آن چاره‌ای اندیشید (بیگدلی، ۱۳۷۵). با توجه به اهمیت آب‌های ساحلی و ارتباط آن با سلامت انسان‌ها، وضعیت کیفی این آب‌ها باید به‌طور مداوم بررسی و پایش شود. از روش‌های متداول پایش کیفی آب، نمونه‌برداری در محل و آزمایش می‌باشد (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۴). سطح کیفیت آب به متغیرهای زیادی بستگی دارد و برای آب‌های مختلف و محل‌های مختلف تغییر می‌کند، بنابراین ارائه یک الگوریتم رایج برای ارزیابی انواع مختلف آن‌ها دشوار است (Chen و همکاران، ۲۰۰۷). از طرف دیگر، اندازه‌گیری بار آلودگی منابع وسیع با استفاده از روش‌های سنتی اندازه‌گیری کیفیت آب

بسیاری از گونه‌های زیستی دریای خزر از طریق بهره‌برداری بیش‌ازحد، ویرانی زیستگاه‌ها، آلودگی و تغییرات آب و هوایی تهدید می‌شوند. این تأثیر منفی بر سلامت انسان، بخش‌های اجتماعی، اقتصادی و خدمات زیست‌محیطی دارد. از سال ۱۹۷۰ آلودگی از منابع مختلف، عمدتاً از صنعت و کشاورزی در مناطق اطراف به‌همراه فعالیت‌های استخراج نفت، تأثیر مهمی بر حوضه خزر و اکوسیستم‌های آن داشته است. ورود سموم مختلف از طریق رودخانه‌های اصلی به دریای خزر منجر به تغییر در سیستم‌های فیزیولوژیکی و کاهش تولیدمثل ماهیان خاویار شده است (UNEP, 2011).

کیفیت آب نقش کلیدی در تعیین قابلیت استفاده از منابع را دارد و به هدف مورد نیاز برای استفاده وابسته است. از این رو برای مدیران منابع هیدرولوژیکی بسیار مهم است تا بتوان با اطمینان

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۱۱-۳۲۳۲۵۵۸۱

آدرس ایمیل: mahshid.soheilifar@gmail.com (م. سهیلی فر)، dy.kebria@nit.ac.ir (د. یوسفی کبریا)، parmehr@nit.ac.ir (ع. قنبری پرمهر).

دشوار است (Olet, ۲۰۱۰).

یکی از راه‌های غلبه بر این موضوع استفاده از داده‌های مشاهده شده زمینی از تصاویر ماهواره‌ای است که می‌تواند نظارت و پیش‌بینی کیفیت آب را بهبود بخشد و ابزار مناسب برای اندازه‌گیری کیفیت آب، پایش و مدیریت منابع آبی باشد (Lyu و همکاران، ۲۰۱۵).

سنجش‌ازدور می‌تواند داده‌های یکنواختی از سراسر اقیانوس‌ها در مقیاس خیلی وسیع به دست آورد. با توجه به این که سکوی سنجش از دور در مدار زمین قرار دارد، تمام اقیانوس را می‌توان در ظرف چند ساعت تصویربرداری نمود. مناطق نزدیک ساحل و جاهایی که رودخانه‌ها به دریا می‌ریزند می‌تواند توسط سنجش از دور دیده‌بانی شود (طاهرکیا، ۱۳۷۵).

اندازه‌گیری کیفیت آب به‌طور مستقیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند به شناسایی سریع آب‌های آلوده کمک کند و به‌طور بالقوه پاسخ‌های سریع توسط سازمان‌های آب را منجر شود. نظارت بر کیفیت آب از طریق سنجش از دور شامل تعیین ارتباط قابل اعتماد بین بازتاب نور (در طول موج‌های خاص از باندها) و پارامترهای آب جمع‌آوری شده در محل است (Barrett و Frazier, ۲۰۱۶).

تحقیقات انجام شده برای پیدا کردن همبستگی بین داده‌های سنجش از دور و ویژگی‌های کیفی آب، در نوع ماهواره، مشخصات کیفی مورد بررسی، طیف استفاده شده و نوع پهنه آبی متفاوت هستند. عواملی که کاربرد سنجش از دور در پایش پارامترهای کیفی آب‌های ساحلی را محدود می‌کند شامل خصوصیات سنجنده‌ها، قدرت تفکیک فضایی و یا مکانی و نرم‌افزارهای پردازشی می‌باشد (مریدنژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

طبق مطالعات انجام شده تاکنون پارامترهای کیفی آب شامل مواد معلق (Usali, ۲۰۱۰)، کدورت (پوراسحق و همکاران، ۱۳۹۵)، دما (Khorram, ۱۹۹۱)، شوری (Zhao و همکاران، ۲۰۱۷)، pH، اکسیژن محلول (González و همکاران، ۲۰۱۸)، اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (Alparslan, ۲۰۰۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌های Landsat 5-TM (He, ۲۰۰۸)، IRS (Somvanshi, ۲۰۱۲)، Aster (Abdelmalik, ۲۰۱۸)، Sea Wifs (Tehrani, ۲۰۱۳)، MODIS (Chen, ۲۰۰۷) و Landsat MSS (Carpenter, ۱۹۸۳) مورد بررسی قرار گرفته است.

پایش‌های کیفی آب معمولاً برای مخازن ذخیره آب (Wang, ۲۰۰۴)، خلیج‌ها (Urquhart, ۲۰۱۲)، مصب رودخانه‌ها (Chen, ۲۰۰۷) و دریاچه‌ها (Lyu, ۲۰۱۵)، انجام می‌شود. نتایج مطالعات انجام شده ارتباط میان کدورت با محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک (Barrett و همکاران، ۲۰۱۶)، دما با باندهای حرارتی و مادون قرمز کوتاه (Khorram و همکاران، ۱۹۹۱)، شوری با

محدوده مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه (Abdelmalik, ۲۰۱۸)، pH و اکسیژن محلول با محدوده مرئی، مادون قرمز نزدیک و کوتاه (González و همکاران، ۲۰۱۸) و پارامترهای کیفی اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی با محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک (Somvanshi و همکاران، ۲۰۱۲) را نشان می‌دهد.

از آنجایی که مصب‌ها می‌توانند نقش مهمی در تغییر کیفیت آب دریاچه‌ها داشته باشند و طبق مطالعات انجام شده تاکنون از ماهواره‌های با توان تفکیک مکانی بالا (بیش از ۳۰ متر) برای بررسی کیفیت آب استفاده شده است، بنابراین در این تحقیق مصب رودخانه چالوس به دلیل اهمیت زیست‌محیطی انتخاب شده است و پارامترهای کیفی شوری، دما و pH در آن مورد بررسی قرار گرفته است و همچنین برای دست‌یابی به این اهداف از تصاویر ماهواره‌های Sentinel2 و Landsat8 که به ترتیب دارای توان تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر هستند مورد استفاده قرار گرفت و میزان کارایی این دو ماهواره در تعیین رابطه بین پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب حاصل از اندازه‌گیری میدانی و داده‌های سنجش از دور با یکدیگر مقایسه شده است. ماهواره چندطیفی Sentinel2 دارای باندهای بیشتری بوده و با توجه به جدید بودن این سنجنده نسبت به سنجنده‌های قدیمی بررسی امکان ارزیابی پارامترهای کیفی آب با استفاده از داده‌های چندطیفی ضروری به نظر می‌رسد. علاوه بر این مأموریت اصلی ماهواره Sentinel2 پایش مستمر محیط زیست است که در صورت اثبات رابطه معنی‌دار بین داده‌های ماهواره و پارامترهای کیفی آب دریا بسیاری از نگرانی‌ها در خصوص پایش محیط زیست مرتفع شده و این اطلاعات به‌عنوان مرجع مناسب برای تغییرات کیفیت آب دریا مطرح خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه

زیر حوضه چالوس در جنوب دریای خزر واقع شده و از نظر وسعت پنجمین زیرحوضه از آبریز دریای خزر است (شکل (۱)). حدود جغرافیایی آن از شمال به دریای خزر، از جنوب به حوضه آبریز ایران مرکزی، از شرق به زیرحوضه هراز و از غرب به زیرحوضه سفیدرود محدود می‌گردد. رودخانه چالوس با طول تقریبی یکصد کیلومتر دارای شاخه‌های مهمی نظیر شاخه کجور، برار کلاردشت و شاخه کندوان بوده که از ارتفاعات شمالی، شمال شرقی و غربی سلسله جبال البرز سرچشمه گرفته و در کیلومتر ۴ چالوس در حد فاصل روستای مجیدآباد به دریای خزر می‌ریزد. حجم جریان سالانه آن متغیر و بین ۴۰۰ تا ۶۵۲/۸۲ میلیون مترمکعب در نوسان است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

مقادیر دما، شوری و pH با استفاده از دستگاه Multi-Function در محل اندازه‌گیری شد. موقعیت ایستگاه‌ها و مقادیر پارامترهای کیفی به‌دست آمده در ایستگاه‌های مختلف در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌ها و مقادیر پارامترهای کیفی

شماره ایستگاه	X_UTM	Y_UTM	دما (°C)	شوری (ppt)	pH
1E1	۵۴۱۰۴۵	۴۰۵۸۴۹۰	۲۰/۷	۱۰/۸	۷/۶۱
2E1	۵۴۱۱۳۴	۴۰۵۸۶۷۱	۳۰/۷	۱۲/۶	۷/۸۱
3E1	۵۴۱۳۱۶	۴۰۵۹۰۴۴	۲۰	۱۱/۸	۷/۸۹
۱۳۳	۵۴۱۸۰۴	۴۰۵۸۲۲۴	۲۱/۲	۱۱/۸	۷/۶۴
۱۳۴	۵۴۲۰۱۲	۴۰۵۸۵۳۴	۲۰/۶	۱۱/۷	۸/۱
۱۳۵	۵۴۲۲۶۹	۴۰۵۸۹۳۲	۲۰/۹	۱۱/۸	۷/۹۹
۱۳۶	۵۴۲۴۳۱	۴۰۵۹۲۴۹	۲۱	۱۱/۸	۷/۸۳
۱۳۷	۵۴۲۰۲۶	۴۰۵۹۴۷۶	۲۰/۸	۱۲/۵	۷/۸۸
۱۳۸	۵۴۱۶۷۷	۴۰۵۹۲۱۱	۱۹/۱	۱۲/۲	۷/۸۱
۱۳۹	۵۴۱۴۰۲	۴۰۵۸۹۳۷	۱۸/۶	۱۱/۳	۷/۹۲
۱۴۰	۵۴۰۸۷۱	۴۰۵۸۹۸۶	۱۹/۴	۱۲/۷	۷/۸۴
۱۴۱	۵۴۱۰۹۹	۴۰۵۹۳۶۴	۱۸/۵	۱۲/۵	۷/۹۱
۱۴۲	۵۴۱۳۵۵	۴۰۵۹۸۵۶	۱۹/۹	۱۱/۶	۷/۷۴
۱۴۳	۵۴۰۸۹۳	۴۰۶۰۰۷۹	۲۰/۴	۱۳	۷/۸۵
۱۴۴	۵۴۰۵۸۵	۴۰۵۹۶۴۷	۱۹/۵	۱۱/۸	۷/۶۷
۱۴۵	۵۴۰۳۱۵	۴۰۵۹۲۰۱	۲۰/۵	۱۳	۷/۸۴

۲-۳- داده‌های سنجش از دور

به‌منظور بررسی پارامترهای کیفی از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی سنجنده OLI ماهواره Landsat8 و تصاویر ماهواره Sentinel2 استفاده شده است.

۲-۲- داده‌های میدانی و آزمایشگاهی

از آنجاکه نمونه‌برداری باید به‌گونه‌ای انجام شود که نمونه برداشت شده از آن محل نشان‌دهنده خصوصیات کل نمونه باشد و هرگونه تغییرات زمانی و مکانی به‌حساب آورده شود، با در نظر گرفتن میزان اختلاط آب‌های ساحلی، مقایسه غلبه تأثیرگذاری فاکتورهای مختلف مورد بررسی در اعماق مختلف، ایستگاه‌ها در امتداد مصب رودخانه در خط ساحلی در سطح آب در تمامی نقاط جهت نمونه‌برداری انتخاب شد (شکل (۲)).



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در مصب رودخانه چالوس

فاصله آخرین نقاط نمونه‌برداری با مصب رودخانه از سمت راست تا یک کیلومتر، از سمت چپ تا ۶۰۰ متر و در امتداد مصب نیز یک کیلومتر بوده است. نمونه‌برداری از ایستگاه‌ها در آذرماه ۱۳۹۶ هم‌زمان با گذر ماهواره‌ها انجام شد و تصاویر نیز برای همان تاریخ استفاده شد. به‌منظور تعیین پارامترهای مورد نظر، نمونه‌برداری در ظروف مناسب و تحت شرایط استاندارد انجام گردید و

امواج الکترومغناطیسی که از اتمسفر و زمین صورت می‌گیرد و تابش‌های نویری سنجنده است. بنابراین، مقادیر تابش باید با توجه به زاویه‌های مختلف خورشید به دلیل تفاوت‌های عرض جغرافیایی، فصل، زمان و تغییرات فاصله بین زمین و خورشید به مقادیر انعکاس که فقط حاوی بازتاب‌های امواج الکترومغناطیس است تبدیل شوند (شکل (۳))

جدول ۳- مشخصات ماهواره Sentinel2 (ESA 1968)

شماره باند	محدوده طیفی	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	آزوسل	۰/۴۳	۶۰
۲	آبی	۰/۴۹	۱۰
۳	سبز	۵	۱۰
۴	قرمز	۰/۶۵	۱۰
۵	لبه قرمز	۰/۷۰	۲۰
۶	لبه قرمز	۰/۷۴	۲۰
۷	لبه قرمز	۰/۷۸	۲۰
۸	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴	۱۰
۸A	لبه قرمز	۰/۸۶	۲۰
۹	بخار آب	۰/۹۴	۶۰
۱۰	سیروس	۱/۳۷	۶۰
۱۱	مادون قرمز کوتاه ۱	۱/۶۱	۲۰
۱۲	مادون قرمز کوتاه ۲	۲/۱۹	۲۰



شکل ۳- تصویر Landsat8 پس از انجام تصحیحات

سنسورهای ماهواره‌ای می‌توانند در طیف وسیعی از طول موج مقدار تابش خورشیدی منعکس شده از سطح آب را اندازه‌گیری کنند که می‌تواند با پارامترهای کیفی آب همبستگی داشته باشد (Alparslan و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین آلودگی و مواد مغذی در آب می‌توانند با انعکاس سطح آب ارتباط داشته باشند و بر اساس این رابطه می‌توان کیفیت آب را با استفاده از داده‌های اپتیکی ماهواره به دست آورد (Chen و همکاران، ۲۰۰۷؛ Abdelmalik،

ماهواره‌های Landsat (آژانس فضایی آمریکا) شامل ۸ سری از ماهواره است و اولین سری از این ماهواره‌ها در سال ۱۹۷۲ شروع به کار کرده است. این سنجنده‌ها اپتیکی هستند و قدرت تفکیک مکانی متوسط دارند. آخرین سری از این ماهواره‌ها (Landsat8)، در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شده است و دارای دو سنجنده OLI (مشاهدات زمینی) و TIRS (حرارتی) می‌باشد و قدرت تفکیک رادیومتریکی آن ۱۶ بیت است به طوری که پیکسل‌ها مقادیر صفر تا ۶۵۵۳۵ دارند. مشخصات این ماهواره در جدول (۲) آمده است.

ماهواره Sentinel2 دارای ۱۳ باند با قدرت تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر و قدرت تفکیک رادیومتریکی ۱۲ بیت است. کاربردهای این ماهواره شامل تصویربرداری برای نقشه استفاده از زمین، استفاده از تغییر زمین و پوشش زمین، نقشه‌های متنوع ژئوفیزیکی محتوای کلروفیل برگ، محتوای برگ آب، شاخص سطح برگ و نقشه ریسک و تصاویر سریع برای تلاش‌های امداد رسانی است و مشخصات طیفی آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۲- مشخصات ماهواره Landsat8 (USGS, 1979)

شماره باند	محدوده طیفی	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	ماوراء بنفش	۰/۴۳۳ - ۰/۴۵۳	۳۰
۲	مرئی (آبی)	۰/۴۵۰ - ۰/۵۱۵	۳۰
۳	مرئی (سبز)	۰/۵۲۶ - ۰/۶۰۰	۳۰
۴	مرئی (قرمز)	۰/۶۳۰ - ۰/۶۸۰	۳۰
۵	مادون قرمز نزدیک	۰/۸۴۵ - ۰/۸۸۵	۳۰
۶	مادون قرمز کوتاه ۱	۱/۵۶۰ - ۱/۶۶۰	۳۰
۷	مادون قرمز کوتاه ۲	۲/۱۰۰ - ۳/۰۰	۳۰
۸	پانکروماتیک	۰/۵۰۰ - ۰/۶۸۰	۱۵
۹	سیروس	۰/۳۶۰ - ۰/۶۹۰	۳۰
۱۰	حرارتی ۱	۱۱/۲ - ۱۰/۶	۱۰۰
۱۱	حرارتی ۲	۱۲/۵ - ۱۱/۵	۱۰۰

۲-۳-۱- پردازش تصاویر Landsat8

اطلاعات رسیده به سنجنده به صورت عددهای رقمی^۱ ذخیره می‌شود که این مقادیر به وسیله اثرات سوء اتمسفر (اثر شکست، پخش و جذب امواج الکترومغناطیس) دچار تغییر خواهند شد. بنابراین با تبدیل عددهای رقمی به مقادیر تابش با توجه به رابطه خطی میان آن‌ها اثر اتمسفر حذف خواهند شد. مقادیر تابش شامل تمامی انرژی الکترومغناطیسی رسیده به هر پیکسل، اثر بازتاب پدیده‌ها، اثر تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین، اثر گسیل

برای تولید رگرسیون مناسب استفاده نمود.



شکل ۴- تصویر Sentinel2 پس از انجام تصحیحات

۲-۴- روابط آماری

برای بررسی رابطه بین پارامترهای کیفیت آب و داده‌های سنجش از دور از رگرسیون خطی در Excel استفاده شد. پارامترهای کیفی آب به‌عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند و متغیرهای مستقل شامل مقادیر انعکاس طیفی مربوط به هر باند، مربع مقادیر باندی، مجذور مقادیر باندی، مکعب مقادیر باندی، تفاضل مقادیر باندها، مجموع مقادیر باندها، معکوس مقادیر باندی، لگاریتم طبیعی مقادیر باندی و همچنین مقادیر نسبت‌های باندی هستند که با توجه به مطالعات انجام شده (پوراسحق و همکاران، ۱۳۹۵؛ Abdelmalik، ۲۰۱۸؛ Carpenter، ۱۹۸۳؛ He و همکاران، ۲۰۰۸؛ Khorram، ۱۹۹۱؛ Somvanshi و همکاران، ۲۰۱۲) در نظر گرفته شدند. داده‌های میدانی برداشت شده از ایستگاه‌ها به‌صورت تصادفی به دو دسته تقسیم شدند که از میان آن‌ها ۸۰٪ داده‌ها برای تعیین مدل آماری و ۲۰٪ از آن‌ها نیز برای اعتبارسنجی در نظر گرفته شدند. ضریب همبستگی پیرسون (R^2) برای نشان دادن قدرت و اعتبار رابطه خطی بین داده‌های محاسبه شده و مقادیر مشاهده‌ای استفاده شده است و همچنین جذر میانگین مربعات خطاها برای اندازه‌گیری تفاوت میان مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی از محیط مورد استفاده قرار گرفته است.

۳- نتایج و بحث

در این تحقیق، امکان برآورد پارامترهای کیفی دما، شوری و pH توسط روش سنجش از دور مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل ارائه شده است.

۳-۱- دما

برای دستیابی به بهترین رابطه برای برقراری ارتباط بین دما و اطلاعات سنجش از دوری، تمامی متغیرهای مستقل با پارامتر

۲۰۱۸). با توجه به این‌که انعکاس، نشان‌دهنده جنس پدیده است، با داشتن این خصوصیات در منحنی طیفی برای هر باند خصوصیات کیفی آب به‌دست می‌آید.

در این تحقیق، برای انجام پردازش‌های لازم از نرم‌افزار ENVI5.3 (3harrisgeospatial) استفاده شده است. از آنجایی‌که تصاویر دریافتی زمین مرجع شده بود، بنابراین نیازی به انجام تصحیح هندسی نبوده است. خطای نوار نوارشدگی یا خطوط جافتاده نیز در تصویر دریافتی وجود نداشته است. خطای اتمسفری که به‌علت تأثیر اتمسفر بر روی انرژی الکترومغناطیس مربوط به هر پدیده می‌باشد، قدرت آشکارسازی تصویر را کم کرده و جزئیات تصویر را پنهان می‌نماید. با توجه به این‌که میزان انرژی ساطع شده از پدیده‌ها در این پژوهش مهم بوده لذا تصحیح اتمسفری انجام گرفته است. الگوریتم FLAASH که یکی از دقیق‌ترین روش‌های تصحیح اتمسفری بر اساس مدل‌های انتقال تابشی است در این مطالعه برای تصحیح اتمسفری در نظر گرفته شده است.

شکل (۳) تصویر Landsat8 پس از انجام تصحیحات را نشان می‌دهد. از میان باندهای ماهواره Landsat8 باندهای ۱ تا ۷ که حاوی باندهای بازتابی در محدوده مرئی و مادون قرمز است، استفاده شده است. باند ۸ از نظر طیفی اطلاعات کم ارزشی دارد اما از لحاظ مکانی اطلاعات زیادی داشته و برای افزایش توان تفکیک مکانی باندهای دیگر استفاده می‌شود و باند ۹ نیز حاوی اطلاعات مربوط به ابرهای سیروس است بنابراین در این پژوهش کاربرد ندارند. باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ از لحاظ فیزیکی قابل بازتاب هستند اما چون مقدار آن کم است در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شوند.

۲-۳-۲- پردازش تصاویر Sentinel2

با وجود این‌که داده‌های Sentinel2 تصحیح هندسی و ژئورفرنس شده هستند، اما این اطلاعات به‌صورت یکسان برای همه باندها ذخیره نشده است. بنابراین، باید از تمامی باندها به فرمت ENVI جهت پردازش‌های آتی خروجی گرفته شود. در پردازش تصاویر Sentinel2، دو مجموعه داده به‌صورت مجزا برای باندهای با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متری (شامل باندهای ۳/۴ و ۸) و ۲۰ متری (شامل باندهای ۱۱ و ۱۲) ایجاد شد و درنهایت باهم Layer Stack شدند (شکل (۴)). باندهای ۵، ۶، ۷، ۸، که در محدوده لبه قرمز قرار گرفته‌اند درواقع همان کارایی و قابلیت را ارائه می‌دهند که در باندهای ۴ و ۸ نیز وجود دارد. درنتیجه به‌دلیل شباهت زیادی که با این باندها دارند عملاً اضافه کردن این باندها به فرآیند انجام کار افزونگی داده را ایجاد می‌کند. در تصاویر ماهواره Sentinel2 مقادیر اصلی داده‌ها به‌صورت انعکاس هستند و از این مقادیر در هر پیکسل می‌توان

بهترین رگرسیون‌های موجود در جدول (۴)، مجدداً معادله با بیشترین میزان همبستگی انتخاب شد.

دما مورد بررسی قرار گرفتند و برای هر حالت بهترین رابطه با توجه به بیشترین میزان همبستگی انتخاب شد. سپس، از میان

جدول ۴- نتایج روابط ایجاد شده بین دما و انعکاس تصاویر ماهواره‌ای

R ² مرحله ایجاد مدل		روابط		متغیر مستقل	
Landsat 8	Sentinel2	Landsat 8	Sentinel2	Landsat8	Sentinel2
۰/۰۳۶۷	۰/۳۳۴	Y=20.718x+18.698	Y=-6.6775x+20.611	b2	b11
۰/۰۴۸۲	۰/۱۷۱	Y=-0.027x+20.679	Y=0.0374x+19.077	1/b4	1/b11
۰/۰۲۳۵	۰/۳۴۷۶	Y=117901x+19.797	Y=-21.019x+20.436	(b7) ²	(b11) ²
۰/۰۳۸۸	۰/۳۱۵	Y=11.584x+17.084	Y=-4.6154x+21.2	$\sqrt{b2}$	$\sqrt{b11}$
۰/۰۴۰۹	۰/۲۸۱۱	Y=1.6139x+24.441	Y=-0.6939x+17.95	Ln(b2)	Ln(b11)
۰/۱۵۹۵	۰/۴۹۲۴	Y=0.47x+17.979	Y=0.5429x+18.577	b4/b5	b4/b11
۰/۰۳۷۴	۰/۳۲۴۱	Y=20.456x+18.678	Y=-6.5258x+20.766	b2+b7	b11+b12
۰/۰۵۹۸	۰/۳۹۱۶	Y=-116.16x+20.574	Y=7.3902x+19.532	b1-b2	b2-b11
۰/۰۲۴۷	۰/۳۵	Y=3*(10 ⁷)x+19.978	Y=-70.853x+20.42	(b7) ³	(b11) ³

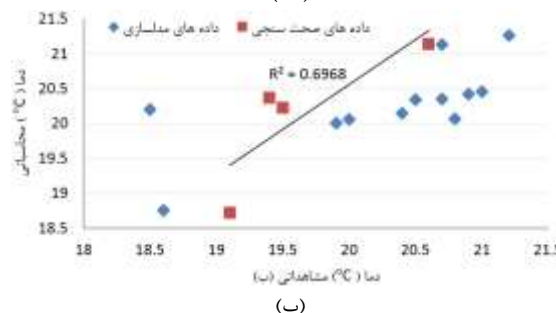
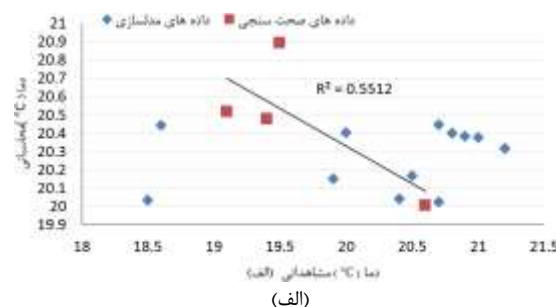
با توجه به این که میزان ضریب همبستگی در مرحله صحت-سنجی برای هر دو معادله بیشتر از مرحله ایجاد مدل بوده است. بنابراین، رابطه‌های به دست آمده از اعتبار کافی برخوردار هستند. نتایج بیانگر وجود بهترین معادله برای ماهواره Landsat8 با میزان R² حدود ۰/۵۵ و خطا ۰/۶٪ و برای ماهواره Sentinel2 بهترین معادله دارای میزان R² حدود ۰/۷ و خطا ۰/۳٪ است. بنابراین در مجموع ماهواره Sentinel2 با ضریب همبستگی بیشتر و خطای کمتر معادله بهتری را ارائه می‌دهد. برای بهترین معادله انتخاب شده نقشه پراکندگی این پارامتر (شکل (۶)) رسم شده است. با استفاده از تصویر ماهواره Sentinel2 میزان دما در مصب رودخانه چالوس بین ۱۸/۷۲°C تا ۲۱/۹۱°C به دست آمده است.

در میان رگرسیون‌های ایجاد شده در جدول (۳) برای ماهواره Landsat8 حالت نسبت باند ۴ به ۵ بیشترین R² در مرحله ایجاد مدل را داشته است و برای ماهواره Sentinel2 بیشترین میزان همبستگی دما با نسبت باند ۴ به ۱۱ این ماهواره است.

بررسی‌ها برای ماهواره Landsat8 ارتباط محدوده مرئی قرمز و مادون قرمز نزدیک با پارامتر کیفی دما و برای ماهواره Sentinel2 ارتباط محدوده مرئی قرمز و محدوده مادون قرمز کوتاه با این پارامتر را نشان می‌دهد. پس از ایجاد مدل، میزان اعتبار روابط با استفاده از داده‌های جدید بررسی شده و نتایج در شکل (۵) نشان داده شده است.



شکل ۶- نقشه پراکندگی دما با استفاده از تصویر Sentinel2 در مصب رودخانه چالوس



شکل ۵- میزان همبستگی دما مشاهداتی و محاسباتی در مرحله صحت‌سنجی: (الف) Landsat8، (ب) Sentinel2

۳-۲- شوری

نتایج روابط آماری میزان شوری مصب رودخانه چالوس در جدول (۵) نشان داده شده است. طبق بررسی‌های انجام شده در مرحله اولیه ایجاد مدل، نسبت باند ۱ به ۷ ماهواره Landsat8 و

به ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۱۷۰۶ به دست آمده است. با توجه به کم شدن میزان R^2 در مرحله صحت سنجی، تمامی متغیرها مجدداً مورد بررسی قرار گرفتند و از میان آن‌ها باند ۱۲ برای ماهواره Sentinel2 و تفاضل باندهای ۶ و ۷ برای ماهواره Landsat8 انتخاب شدند (شکل (۷)).

مکعب باند ۳ از ماهواره Sentinel2 از بین سایر باندها بیشترین ارتباط را با شوری آب دریا داشتند. اما با اعمال روابط به دست آمده بر روی پارامترهای صحت سنجی میزان R^2 ها بسیار پایین بوده است به طوری که میزان R^2 برای ماهواره Landsat8 و Sentinel2

جدول ۵- نتایج روابط ایجاد شده بین شوری و انعکاس تصاویر ماهواره‌ای

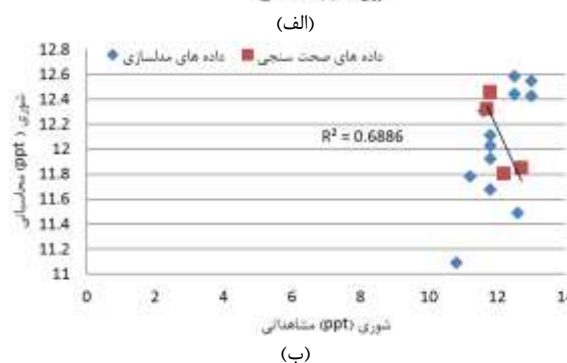
R^2 مرحله ایجاد مدل		روابط		متغیر مستقل	
Landsat8	Sentinel2	Landsat8	Sentinel2	Landsat8	Sentinel2
۰/۱۷۵۶	۰/۴۵۱۲	$Y=940.05x+10.177$	$Y=-174.02x+16.377$	b7	b12
۰/۲۱۲۵	۰/۴۶۶۹	$Y=-0.0048x+14.485$	$Y=0.1141x+7.4176$	1/b7	1/b12
۰/۱۵۸۳	۰/۵۰۳۶	$Y=199687x+11.237$	$Y=-78.305x+13.278$	(b7) ²	(b3) ²
۰/۱۸۴۷	۰/۴۵۵۵	$Y=90.248x+8.0327$	$Y=-55.911x+20.855$	$\sqrt{b7}$	$\sqrt{b12}$
۰/۱۹۴	۰/۴۵۹۶	$Y=2.1491x+25.437$	$Y=-4.4788x-4.5187$	Ln(b7)	Ln(b12)
۰/۴۸۶۸	۰/۳۳۴۲	$Y=-0.1211x+16.599$	$Y=-1.7245x+13.409$	b1/b7	b3/b12
۰/۰۱۷۷	۰/۵۱۳۱	$Y=-4.5344x+12.514$	$Y=-9.7253x+13.826$	b3+b6	b3+b8
۰/۰۹۵۶	۰/۳۷۰۶	$Y=-614.42x+12.643$	$Y=-11.775x+13.164$	b6-b7	b3-b12
۰/۱۴۲۷	۰/۵۴۲۹	$Y=6*(10^7)x+11.577$	$Y=-501.2x+13.101$	(b7) ³	(b3) ³

بودن اختلاف خطاها برای دو ماهواره و بیشتر بودن ضریب همبستگی در بررسی ماهواره Sentinel2، معادله به دست آمده برای این ماهواره از اعتبار بیشتری برخوردار بوده و نقشه پراکندگی پارامتر شوری با استفاده از مقادیر به دست آمده از این معادله رسم شده است (شکل (۸)).

در واقع، شوری در مصب رودخانه معمولاً کم است، زیرا اختلاط منظم با منبع آب شیرین مانند رودخانه وجود دارد. شوری معمولاً در پهنه‌های آبی بسته با میزان تبخیر بالا و میزان بارش کم، بیشتر است. همان‌طور که در شکل (۸) نشان داده شده است میزان شوری در ورودی مصب کم بوده و با پیشروی در آب دریا میزان شوری به ۱۳/۲ ppt می‌رسد.



شکل ۸- نقشه پراکندگی شوری با استفاده از تصویر Sentinel2 در مصب رودخانه چالوس



شکل ۷- میزان همبستگی شوری مشاهداتی و محاسباتی در مرحله صحت سنجی: الف) Landsat8، ب) Sentinel2

همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شده است میزان ضرایب همبستگی برای باندهای انتخاب شده بیشتر از مرحله ایجاد مدل بوده است. بنابراین در نهایت بررسی‌ها برای هر دو ماهواره، همبستگی مقادیر شوری با محدوده طیفی مادون قرمز کوتاه را نشان می‌دهد. مقدار خطای به دست آمده برای ماهواره Sentinel2 و Landsat8 به ترتیب برابر ۵ و ۴ درصد می‌باشد. با توجه به کم

۳-۳ - pH

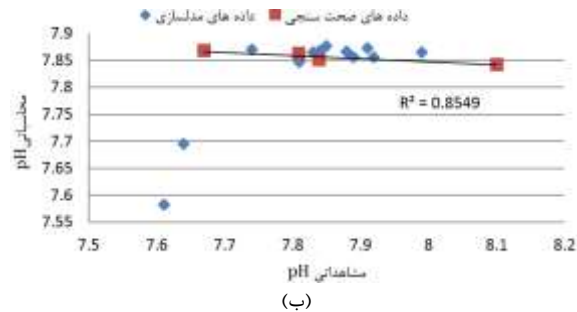
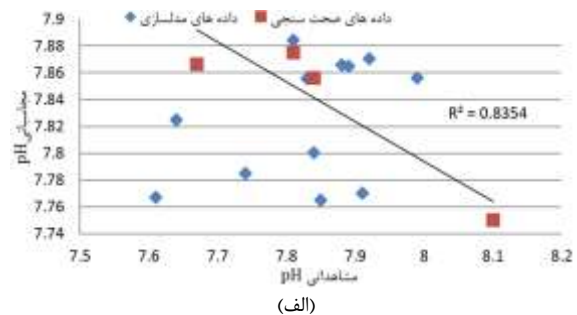
داشتند. اما با اعمال روابط به دست آمده بر روی پارامترهای صحت-سنجی مشاهده شد که میزان R^2 برای هر دو حالت کمتر از مرحله ایجاد مدل و به ترتیب ۰/۱۰۸۷ و ۰/۲۰۱۹ بوده است. نتایج روابط آماری میزان pH مصب رودخانه چالوس در جدول (۶) نشان داده شده است.

طبق بررسی‌های انجام شده در مرحله اولیه ایجاد مدل، تفاضل باندهای ۱ و ۶ ماهواره Landsat8 و تفاضل باندهای ۲ و ۸ ماهواره Sentinel2 از بین سایر متغیرها بیشترین ارتباط را با pH آب دریا

جدول ۶- نتایج روابط ایجاد شده بین pH و انعکاس تصاویر ماهواره‌ای

متغیر مستقل		روابط		R^2 مرحله ایجاد مدل	
Landsat8	Sentinel2	Landsat8	Sentinel2	Landsat8	Sentinel2
b1	b8	$Y=6.9194x+7.2837$	$Y=-4.1299x+8.0875$	۰/۱۶۶۵	۰/۶۴۴۵
1/b1	1/b8	$Y=-0.0403x+8.3439$	$Y=0.0213x+7.4642$	۰/۱۵۹۲	۰/۵۵۴۹
$(b1)^2$	$(b8)^2$	$Y=45.023x+7.5476$	$Y=-25.571x+20.436$	۰/۱۶۹۸	۰/۳۴۷۶
$\sqrt{b1}$	$\sqrt{b8}$	$Y=3.8298x+6.7547$	$Y=-2.283x+8.3941$	۰/۱۶۴۸	۰/۶۳۰۴
$\ln(b1)$	$\ln(b8)$	$Y=0.5293x+9.1756$	$Y=-0.3092x+6.9598$	۰/۱۶۳	۰/۶۱۰۵
b6/b3	b8/b2	$Y=-8.0761x+8.0642$	$Y=-0.7364x+8.1325$	۰/۱۶۷۷	۰/۶۹۹۶
b1+b7	b8+b12	$Y=6.6718x+7.2899$	$Y=-3.7267x+8.155$	۰/۱۶۴۴	۰/۶۱۸۸
b1-b6	b2-b8	$Y=7.4238x+7.2662$	$Y=5.5366+7.341$	۰/۱۸۰۱	۰/۷۷۵۵
$(b1)^3$	$(b8)^3$	$Y=388.85x+7.6351$	$Y=-197.92x+7.8959$	۰/۱۷۲۸	۰/۶۵۹۱

همچنین بیشتر بودن ضریب همبستگی برای معادله به دست آمده از ماهواره Sentinel2 نشان می‌دهد که این ماهواره نتایج بهتری را ارائه داده است اما در این حالت مقادیر ضریب همبستگی و خطاها به شدت به یکدیگر نزدیک بوده و همچنین نشان‌دهنده کارایی نسبتاً خوب برای ماهواره Landsat8 است. در نهایت برای مکعب باند ۸ ماهواره Sentinel2 از محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک نقشه تغییرات pH در مصب رودخانه (شکل ۱۰) ترسیم شده است. برخلاف اقیانوس‌ها که pH کاهش می‌یابد و حالت اسیدی بیشتری دارد به طور معمول pH آب دریا حدوداً ۸ است، اما این مقدار در جاهای مختلف متغیر است. همان‌طور که شکل (۱۰) نشان می‌دهد محدوده تغییرات pH در منطقه مورد مطالعه بسیار کم و بین ۷/۱ تا ۷/۸ متغیر بوده است.



شکل ۹- میزان همبستگی pH مشاهداتی و محاسباتی در مرحله صحت‌سنجی: الف) Landsat8، ب) Sentinel2



شکل ۱۰- نقشه پراکندگی pH با استفاده از تصویر Sentinel2 در مصب رودخانه چالوس

با بررسی‌های مجدد بر روی متغیرها با استفاده از داده‌های مرحله صحت‌سنجی و تأکید بر بیشتر بودن ضریب همبستگی در این مرحله، معادلات به دست آمده از مکعب باند ۸ برای ماهواره Sentinel2 و مجموع باندهای ۱ و ۷ برای ماهواره Landsat8 انتخاب شدند (شکل ۹). میزان خطا در تخمین pH برای ماهواره Sentinel2 و Landsat8 به ترتیب ۰/۰۲ و ۰/۰۲۵ بوده است و

۴- نتیجه گیری

به طور خلاصه مقایسه نتایج حاصل از پایش کیفی میدانی و سنجش از دور تصاویر چند طیفی ماهواره Landsat8 و Sentinel2 در تعیین پارامترهای کیفی مختلف شامل دما، شوری و pH در مصب رودخانه چالوس به شرح زیر می باشد:

۱. رابطه میان داده های میدانی و داده های سنجش از دور با استفاده از روابط رگرسیونی نشان می دهد تمامی پارامترها همبستگی مناسبی با داده های تصاویر دارند.

۲. مقایسه دو ماهواره مورد بررسی نشان می دهد، تمامی پارامترهای کیفی مورد بررسی ارتباط بیشتری با مقادیر انعکاس ماهواره Sentinel2 داشته اند و این می تواند به دلیل توان تفکیک مکانی بهتر ماهواره Sentinel2 می باشد. باندهای استفاده شده از ماهواره Sentinel2 دارای توان تفکیک مکانی ۱۰ و ۲۰ متر بودند در حالی که باندهای استفاده شده از ماهواره Landsat8 توان تفکیک ۳۰ متر داشتند. بنابراین پیکسل های ماهواره Sentinel2 کوچک تر بوده و دقت بیشتری دارند.

۳. دما بیشترین ارتباط را با نسبت باندهای ۴ به ۱۱ ماهواره Sentinel2 و نسبت باندهای ۴ به ۵ ماهواره Landsat8 داشته است.

۴. میزان شوری بیشترین ارتباط را با باند ۱۲ ماهواره Sentinel2 و تفاضل باندهای ۶ و ۷ ماهواره Landsat8 در محدوده مادون قرمز کوتاه داشته است.

۵. میزان pH بیشترین ارتباط را با مکعب باند ۸ ماهواره Sentinel2 و مجموع باندهای ۱ و ۷ ماهواره Landsat8 دارد.

۶. از بین پارامترهای بررسی شده، pH با بیشترین R^2 و کمترین خطا دارای دقت بیشتری بوده است.

۷. با توجه به تفاوت در قدرت تفکیک مکانی و قدرت تفکیک طیفی دو سنجنده وجود اختلاف در نتایج دو سنجنده غیرمنطقی نمی باشد و با توجه به حساسیت متفاوت سنجنده نسبت به پارامترهای کیفی انتظار می رود که نتایج حاصل از برآورد میزان پارامترها اختلاف داشته باشند.

با توجه به این که تغییر فصل، دما، زاویه تابش خورشید و ... بر روی تصاویر و تصحیحات انجام شده تأثیرگذار است بنابراین پیشنهاد می شود به منظور دستیابی به روابط بهتر و با دقت بیشتر، تصاویر فصول مختلف و یا در بازه های زمانی مختلف نیز بررسی شود.

۵- مراجع

بیگدلی ف، "اقیانوس شناسی دریای خزر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۳۷۵.

پوراسحق م، مشفق م، عبده کلاهی ع، "تخمین کدورت آب رودخانه دز با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و تصاویر

ماهواره لندست ۸"، ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان، ۱۳۹۵.

دستجردی ا، آئین ر، جهانی م، "پایش پارامترهای کیفیت آب با استفاده از سنجش از دور"، نخستین همایش ملی توسعه پایدار در سیستم مهندسی انرژی آب و محیط زیست، تهران، ۱۳۹۴.

طاهرکیا ح، "اصول و کاربرد سنجش از دور"، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

مریدنژاد ع، عبداللهی فوزی ح، محمدولی سامانی ج، "به کارگیری تکنیک سنجش از دور جهت پایش ذرات رسوبی معلق در آب های سطحی"، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۱۳۸۷.

Abdelmalik K, "Role of statistical remote sensing for Inland water quality parameters prediction", The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 2018, 21 (2), 193-200. doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.002.

Alparslan E, Coskun HG, Alganci U, "Water quality determination of Küçükçekmece Lake, Turkey by using multispectral satellite data", The Scientific World Journal, 2009, 9, 1215-1229. doi:10.1100/tsw.2009.135.

Barrett D, Frazier A, "Automated method for monitoring water quality using Landsat imagery", Water, 2016, 8 (6), 257. doi:10.3390/w8060257.

Carpenter D, Carpenter S, "Modeling inland water quality using Landsat data", Remote Sensing of Environment, 1983, 13 (4), 345-352. doi:10.1016/0034-4257(83)90035-4.

Chen C, Tang S, Pan Z, Zhan H, Larson M, Jönsson L, "Remotely sensed assessment of water quality levels in the Pearl River Estuary, China", Marine Pollution Bulletin, 2007, 54 (8), 1267-1272. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.03.010.

Chen Q, Zhang Y, Hallikainen M, "Water quality monitoring using remote sensing in support of the EU water framework directive (WFD): A case study in the Gulf of Finland", Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 124 (1), 157-166. doi:10.1007/s10661-006-9215-8.

ESA, "The European Space Agency", 1968, <http://www.esa.int>.

González-Márquez LC, Torres-Bejarano FM, Torregroza-Espinosa AC, Hansen-Rodríguez IR, Rodríguez-Gallegos HB, "Use of LANDSAT 8 images for depth and water quality assessment of El Guájaro reservoir, Colombia", Journal of South American Earth Sciences, 2018, 82, 231-238. doi:10.1016/j.jsames.2018.01.004.

l3harrisgeospatial, <https://www.l3harrisgeospatial.com/Software-Technology/ENVI>

He W, Chen S, Liu X, Chen J, "Water quality monitoring in a slightly-polluted inland water body through remote sensing, Case study of the Guanting Reservoir in Beijing, China", Frontiers of Environmental Science & Engineering in China, 2008, 2 (2), 163-171. doi:10.1007/s11783-008-0027-7.

- Khorrarn S, Cheshire H, Geraci AL, Rosa GL, "Water quality mapping of Augusta Bay, Italy from Landsat-TM data", *International Journal of Remote Sensing*, 1991, 12 (4), 803-808. doi:10.1080/01431169108929696.
- Lyu H, Li X, Wang Y, Jin Q, Cao K, Wang Q, Li Y, "Evaluation of chlorophyll-a retrieval algorithms based on MERIS bands for optically varying eutrophic inland lakes", *Science of the Total Environment*, 2015, 530, 373-382. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.115.
- Olet E, "Water quality monitoring of roxo reservoir using landsat images and In-situ measurements", M.S. thesis, University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC), 2010.
- Somvanshi S, Kunwar P, Singh N, Shukla S, Pathak V, "Integrated remote sensing and GIS approach for water quality analysis of Gomti river, Uttar Pradesh", *International Journal of Environmental Sciences*, 2012, 3 (1), 62. doi: 10.6088/ijes.2012030131008.
- Tehrani N, D'Sa E, Osburn C, Bianchi T, Schaeffer B, "Chromophoric dissolved organic matter and dissolved organic carbon from sea-viewing wide field-of-view sensor (SeaWiFS), moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS) and MERIS sensors: Case study for the northern gulf of Mexico", *Remote Sensing*, 2013, 5 (3), 1439-1464. doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.002.
- Unep, *Caspian Sea State of The Environment*. I. S. o. t. F. C. F. t. P. o. t. M. E. o. t. C. Sea, 2011. doi:10.1139/facets-2020-0052.
- Urquhart EA, Zaitchik BF, Hoffman MJ, Guikema SD, Geiger EF, "Remotely sensed estimates of surface salinity in the Chesapeake Bay: A statistical approach", *Remote Sensing of Environment*, 2012, 123, 522-531. doi:10.1016/j.rse.2012.04.008.
- Usali N, Ismail MH, "Use of remote sensing and GIS in monitoring water quality", *Journal of Sustainable Development*, 2010, 3 (3), 228. DOI:10.5539/jsd.v3n3p228.
- USGS. "United states geological survey", 1879, from <https://landsat.usgs.gov>
- Wang Y, Xia H, Fu J, Sheng G, "Water quality change in reservoirs of Shenzhen, China: detection using LANDSAT/TM data", *Science of the Total Environment*, 2004, 328 (1-3), 195-206. doi:10.1016/j.scitotenv.2004.02.020.
- Zhao J, Temimi M, Ghedira H, "Remotely sensed sea surface salinity in the hyper-saline Arabian Gulf: Application to landsat 8 OLI data", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2017, 187, 168-177. doi:10.1016/j.ejrs.2016.12.002.

**EXTENDED ABSTRACT**

Investigation of Relationships between Landsat8 and Sentinel2 Sensors and Field Data on the Water Quality Parameters Estimation in Chalous River Estuary

Mahshid Soheilifar, Daryoush Yousefi Kebria*, Ebadat Ghanbari Parmehr

Faculty of Civil Engineering, University of Noshirvani, Babol 011-32332071, Iran

Received: 06 August 2019; **Review:** 05 June 2021; **Accepted:** 12 June 2021

Keywords:

Chalous river estuary, Remote sensing, Landsat8 satellite, Sentinel2 satellite.

1. Introduction

Water quality monitoring through remote sensing involves establishing a reliable relationship between light reflectance (at specific wavelengths of bands) and water parameters collected in situ (Barrett et al, 2016). Estuaries can play an important role in changing the water quality of lakes, and according to studies, satellite images with high spatial resolution (better than 30m) have been used to study water quality. So, in Chalous River estuary has been selected due to its environmental importance in this research, and its qualitative parameters of salinity, temperature and pH have been studied. Also, to achieve these goals Sentinel2 and Landsat8 satellite images are used and the efficiency of these two satellites to determine the relationship between different physical and chemical parameters of water quality evaluated by comparing with the field measurements. Since Sentinel2 multispectral images comprise more bands compared to older multispectral images such as Landsat8, it is worthwhile to evaluate the possibility of evaluating water quality parameters using Sentinel2 multispectral data. In addition, the main mission of Sentinel2 satellite is continuous environmental monitoring, which if the significant relationship between satellite data and seawater quality parameters is proven, many concerns about environmental monitoring will be resolved and the lack of updated imagery data for monitoring changes in seawater quality will be addressed.

2. Methodology

2.1. Study area

Chalous sub-basin is located in the south of the Caspian Sea and is the fifth largest sub-basin of the Caspian Sea and its annual flow volume varies between 400 and 652.82 million cubic meters.

2.2. Field and experimental data

16 Stations along the river estuary on the coastline were selected for sampling at all points. The distance of the last sampling points from the estuary is one km from right, 600m from left and one km along the estuary. Sampling of the stations was done in December 2017 at the same time as the satellites passed and the images were used for the same date. In order to determine the desired parameters, sampling was performed in suitable Laboratory utensils under standard conditions and the values of temperature, salinity and pH were measured using a multi-function device on site.

* Corresponding Author

E-mail addresses: mahshid.soheilifar@gmail.com (Mahshid Soheilifar), dy.kebria@nit.ac.ir (Daryoush Yousefi Kebria), parmehr@nit.ac.ir (Ebadat Ghanbari Parmehr).

2.3. Remote sensing data

In order to investigate the water quality parameters, the multi spectral satellite images of the Landsat8- OLI and the Sentinel2 satellite were used. The process of satellite images was performed using ENVI 5.3 software. Satellite sensors can measure the amount of solar radiation reflected from the water surface in a wide range of wavelengths, which can be correlated with water quality parameters (Alparslan et al., 2009).

2.4. Statistical relationships

To determine the statistical models, 80% of sampling data were used as dependent variables and the reflectance data of different combinations of spectral bands of the processed images as independent variables. The models were generated through the stepwise linear regression technique with 80% of information generated in sampling and validation was performed through simple linear regression analysis with 20% of that information. The multiple correlation coefficients (R^2) were estimated in each combination in order to investigate the relationship between water quality parameters and remotely sensed data and the root mean square error (RMSE) were used to measure the accuracy of the models.

3. Results and discussion

3.1. Temperature

Among the regressions denoted in Table 3 for the Landsat8 satellite, the ratio of band 4 and 5 had the highest R^2 in the model development phase, and for the Sentinel2 satellite, the highest temperature correlation was for 4 to 11 band ratio. Given that the correlation coefficient in the validation stage for both equations was higher than the modeling stage, therefore, the obtained relationships have sufficient validity. The results showed that the best equation for Landsat8 yields R^2 of 0.55 with an error of 6% and for Sentinel2 the best equation has R^2 of 0.7 with an error of 3% (Fig. 1).



Fig. 1. Temperature distribution map using Sentinel2 image in Chalus river estuary

3.2. Salinity

According to the studies performed in the initial stage of model development, the ratio of band 1 to 7 of Landsat8 satellite and cube of band 3 of Sentinel2 satellite had the highest correlation with seawater salinity among other bands. However, by applying the obtained relationships on the validation parameters, the amount of R^2 was very low, so that the amount of R^2 for Landsat8 and Sentinel2 satellites was 0.0053 and 0.1706, respectively. Due to the decrease in R^2 in the validation phase, all variables were re-examined and band 12 was selected for Sentinel2 and the difference between bands 6 and 7 for Landsat8 (Fig. 2.)



Fig. 2. Salinity distribution map using Sentinel2 image in Chalus river estuary

3.3. pH

The equations obtained from the cube of band8 for the Sentinel2 satellite and the sum of the bands 1 and 7 for the Landsat8 satellite were selected. The error of estimating the pH for the Sentinel2 and Landsat8 satellites was 0.02 and 0.025, respectively, and the higher correlation coefficient for the equation was obtained from The Sentinel 2 satellite shows that it has performed better, but in this case the correlation coefficients and the error values for both satellites are very close to each other, and it also indicates a relatively good performance for the Landsat8 satellite.

4. Conclusions

Statistical models show significant relationship between measured water quality parameters in field and reflectance of satellite data. Remote sensing data provide a useful indicator for measuring the water quality parameters, and pollution problems can be identified quick and accurate with this method. The current study demonstrates that this method can be used for monitoring of large areas. Comparison of the two satellites shows that all the water quality parameters studied were more related to the reflectance values of the Sentinel2 satellite, and this could be because of the better spatial and spectral resolution of the Sentinel2 satellite.

5. References

- Alparslan E, Coskun HG, Alganci U, "Water quality determination of Küçükçekmece Lake, Turkey by using multispectral satellite data", *The Scientific World Journal*, 2009, 9, 1215-1229. Doi:10.1100/tsw.2009.135.
- Barrett D, Frazier A, "Automated method for monitoring water quality using Landsat imagery", *Water*, 2016, 8 (6), 257. Doi:10.3390/w8060257.