



پایش پارامترهای کیفی آب و روند توزیع مکانی آنها در دریاچه سدها با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ (مطالعه موردی: سد سپیدرود)

نیما صادقیان پیرمحلہ^{۱*}، مهران رحمانی^۲، سیده زهرا موسوی پور^۳

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، سازه های آبی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران
(nimasadeghiyan4474@gmail.com)

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، مهندسی منابع آب، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آب، سازه های آبی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۱۲/۱۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۴/۱۳)

چکیده

امروزه افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیازهای آبی، باعث شده است که منابع آبی با کاهش شدید رو به رو شود. با توجه به کاهش شدید منابع آبی، مباحث مربوط به کیفیت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار می شود. با توجه به این که آبهای سطحی نسبت به آبهای زیرزمینی بیشتر در معرض آلودگی قرار دارند، یکی از مهم ترین مسائل مرتبط با بهره برداری و محیط زیست مخازن سدها که به عنوان دریاچه های مصنوعی در نظر گرفته می شوند، مسأله پیش بینی کیفیت آب مخازن می باشد. در این پژوهش با بکارگیری از تکنیک های سنجش از دور و استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ به بررسی روند تغییرات توزیع مکانی دو پارامتر کدورت و نیترژن پرداخته شد. نتایج نشان داد که یک بارندگی (واقعه مورد بررسی) باعث ایجاد تغییرات در میزان کدورت و نیترژن موجود در آب مخزن سد سپیدرود می شود.

کلمات کلیدی

کدورت، نیترژن، سنجش از دور، کیفیت آب، راکتورها.



Monitoring of Water Quality Parameters and Their Spatial Distribution Process in the Dam Lake using Sentinel-2 Satellite Images (Case study: Sepidrud Dam)

Nima Sadeghian Pirmahaleh ^{1*}, Mehran Rahmani ², Seyyedeh Zahra Mousavipour ³

^{1*} M.Sc, Water Engineering, Hydraulic Structures, University of Guilan, Guilan, Iran
(nimasadeghiyan4474@gmail.com).

² M.Sc, Water Engineering, Water resources engineering, University of Guilan, Guilan, Iran.

³ M.Sc, Water Engineering, Hydraulic Structures, University of Guilan, Guilan, Iran.

(Date of received: 04/03/2020, Date of accepted: 03/07/2020)

ABSTRACT

Nowadays, increasing population and, consequently, increasing water requirements is a serious threat to water resources. Due to the scarcity of water resources, issues related to the quality of water resources are of great importance. Due to the fact that surface water is more polluted than groundwater, one of the most important issues related to the operation and environment of dam reservoirs, which are considered as artificial lakes, is to check the water quality of dam reservoirs. In this study, using remote sensing techniques and using Sentinel-2 satellite images, the trend of spatial distribution changes of two parameters of turbidity and nitrogen was investigated. The results showed that rainfall (investigated events) caused changes in the amount of turbidity and nitrogen in the water of the Sepidrud Dam reservoir.

Keywords:

Turbidity, Nitrogen, Remote sensing, Water quality, Reactors.



۱- مقدمه

در تعاریف لیمنولوژیکی، مخازن به عنوان دریاچه‌های مصنوعی شناخته می‌شوند. کلیه آب‌های ایستا در سال ۱۸۹۰ توسط فورل در دسته دریاچه‌ها طبقه‌بندی شدند [۱]. منابع آبی سطحی مانند دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و مخازن بیشتر از منابع آبی زیر زمینی در معرض آلودگی هستند [۲]. یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با بهره‌برداری و محیط زیست مخازن سدها، مسأله پیش بینی کیفیت آب مخازن و جریان خروجی از آن طی دوران بهره‌برداری می‌باشد. بروز لایه بندی حرارتی و افزایش مواد مغذی آب (وتروفیکاسیون یا تغذیه گرایبی) در مخازن موجب افت شدید کیفیت آب و عدم توانایی آن در تأمین حد مطلوب نیازهای مختلف و به مخاطره افتادن حیات آبی اکوسیستم پایین دست رودخانه می‌شود. این پدیده با افزودن بر رشد جلبک‌ها و گیاهان آبی در مخازن و در نتیجه کاهش مقادیر اکسیژن محلول در آب، سبب افت کیفیت آب و افزایش رسوب گذاری در مخزن می‌شود [۳]. به علت وضعیت جدیدی که در زمینه تامین نیازهای آبی در استان گیلان به وقوع پیوسته، لازم است کیفیت منابع آب سطحی را برای استفاده در بخش‌های مختلف مصرف، به ویژه کشاورزی مورد ارزیابی قرار گیرد [۴]. برخلاف استفاده از روش‌های نمونه‌برداری و سایر روش‌های وابسته به نمونه، استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور به دلیل صرفه‌جویی بیشتر در هزینه و زمان و همچنین بررسی طیف وسیعی از پروژه‌ها در مقیاس‌های محلی تا جهانی از اهمیت بالایی برخوردار است [۵]. وجود قدرت تفکیک مکانی، طیفی، رادیومتریک و زمانی مناسب تکنیک‌های سنجش از دور باعث شده است که این روش‌ها به عنوان ابزاری قوی جهت برآورد تغییرات پارامترهای کیفی آب مورد استفاده قرار گیرند [۶]. از این رو تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شده است. بارت و فریزر [۷] با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ به بررسی پارامترهای کیفی همچون کلروفیل و کدورت آب در دریاچه شرق اوکلاهما پرداختند. نتایج نشان داد که میزان همبستگی رفلکتانس باند SWIR و دو پارامتر کلروفیل و کدورت نسبت به دیگر باندها قوی‌تر است. همچنین در مطالعه‌ای بر روی کیفیت آب دریاچه‌های کشور استونی، تامینگ و همکاران [۸] توانستند بین باندهای ماهواره سنتینل-۲ و پارامترهای کیفی همبستگی خوبی را نشان دهند. کابلی‌زاده و همکاران [۹] طی مطالعه‌ای برای پایش محیطی از تلفیق تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل-۲ استفاده نموده و بیان کردند که استفاده از روش‌های تلفیقی موجب افزایش قدرت تفکیک عوارض می‌شود. بونانسی و همکاران [۱۰] با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست ۸ و سنتینل-۲ به بررسی پارامترهای کیفی مخزن سد کوردوبا در آرژانتین پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اختلاف کمی بین برآوردهای ماهواره لندست ۸ و سنتینل-۲ وجود دارد. لیو و همکاران [۱۱] برای ارزیابی پارامتر کدورت آب از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نمودند. آن‌ها بر اساس نتایج بدست آمده نشان دادند که مدل پیشنهادی آن‌ها در برآورد کردن کدورت آب عملکرد بسیار خوبی دارد. رنگزن و همکاران [۱۲] با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ و تکنیک‌های شبکه عصبی به بررسی پارامترهای کیفی رودخانه کارون پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مدل‌سازی پارامتر سولفات با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ دارای کم‌ترین خطای نسبی بود. تحلیل کردن معادلات در مخازن و رودخانه‌ها زمانبر است و داده‌های مورد نیاز آن نسبتاً بالاست. از همین رو در اکثر مواقع تحلیل فرآیند های شیمیایی در قالب راکتور مورد بررسی قرار می‌گیرند. مهندسی راکتور هسته اصلی اکثر تجزیه و تحلیل های زیست محیطی است و مبتنی بر سینتیک شیمیایی (برای تعیین نرخ واکنش) و تعادل جرم به کار می‌رود. در این زمینه، فرض‌های شیمیایی با فرض مخازن راکتور با حجم محدود که شامل جریان و مخلوط کردن پروفیل هستند، می‌توانند تقریب شوند. برای درک بهتر سیستم‌های طبیعی و نحوه واکنش آنها به شرایط مختلف، باید یک مدل ریاضی برقرار شود که تحولات مواد شیمیایی را در یک حجم خاص و سرعت این مواد نشان می‌دهد. به طور کلی این مدل بسته به رژیم جریان رودخانه و روند انتخاب می‌شود [۱۳]. در این مطالعه با بکارگیری ماهواره سنتینل-۲ به بررسی روند تغییرات توزیع مکانی دو پارامتر کدورت و نیتروژن پرداخته می‌شود؛ لذا پس از بارندگی های فصل بهار سال ۱۳۹۸، سیلاب های بسیاری در رودخانه های کشور به وقوع پیوست و به تبع آن کیفیت آب های ورودی به سدها به‌طور چشمگیری برای

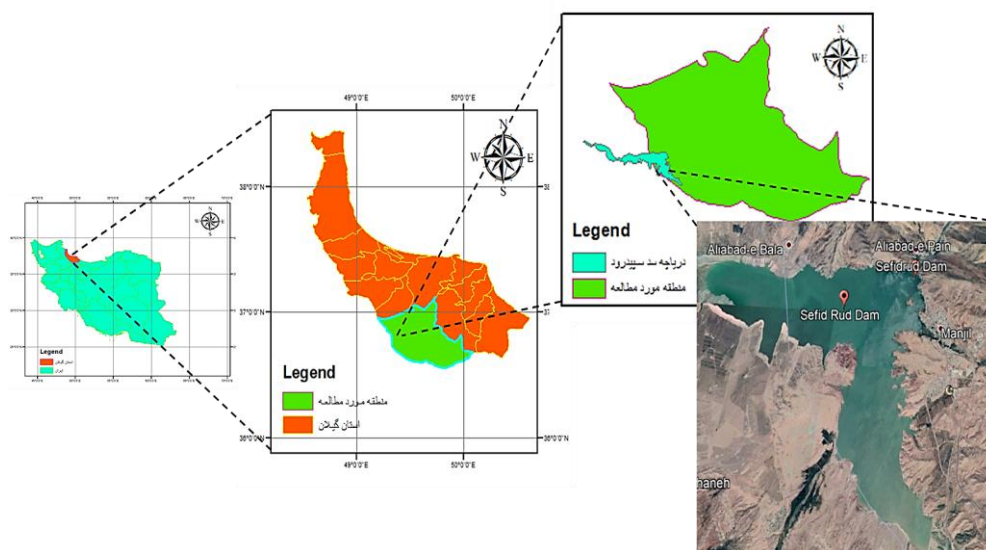


مدت کوتاهی کاهش یافت. از این رو جهت تشخیص دقیق کیفیت آب در سد ها به ویژه سدهای مخزنی از تکنیک سنجش از دور استفاده می شود که کاربرد آن در برآورده کردن اهداف تصمیم گیرندگان در راستای نظارت و حفاظت از سدهای مخزنی کاملاً محسوس خواهد بود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و مصالح

سد سفیدرود در شمال ایران و در نزدیکی شهرستان منجیل واقع شده است. این سد از نوع وزنی پشت بنددار با مساحت حوزه آبریز ۱۱۰۵۷۰ کیلومتر مربع، ارتفاع ۱۰۶ متر، طول تاج ۴۲۵ متر، ظرفیت ذخیره اولیه در تراز عادی مخزن ۱/۷۶ میلیارد متر مکعب، نسبت ظرفیت مخزن به حجم آب ورودی سالیانه مخزن برابر ۰/۳۶ و توان تولید انرژی الکتریکی ۸۷/۵ مگاوات بوده و در سال ۱۳۴۲ به بهره برداری رسیده است [۱۴].



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (سد سفیدرود، منجیل، ایران).

۲-۲- داده های مورد استفاده

در این تحقیق دو واقعه بارندگی در ماه های آوریل و مه سال ۲۰۱۹ میلادی در نظر گرفته شده است تا بتوان تأثیر بارندگی به وقوع پیوسته بر شاخص های کیفی آب دریاچه سد را بررسی نمود. ماهواره سنتینل ۲ یکی از پروژه های رصد زمین است که توسط آژانس فضایی اروپا به عنوان بخشی از برنامه کوپرنیک به منظور بهبود مأموریت های دیده بانی زمین و پشتیبانی از خدماتی مانند پایش جنگل ها، بررسی تغییرات پوشش زمین و مدیریت بلایای طبیعی توسعه یافته است. سنجنده تصویربردار نصب شده بر روی این ماهواره ها در محدوده طیفی مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز میانی فعالیت می کند و دارای ۱۳ باند تصویربرداری با قدرت تفکیک مکانی متغیر ۲۰، ۱۰ و ۶۰ متر و عرض تصویربرداری ۲۸۵ کیلومتر است [۱۵]. برای این کار جهت دریافت تصاویر ماهواره سنتینل ۲ از منطقه مورد نظر در سال ۲۰۱۹، پنج تصویر به ترتیب در تاریخ های ۱۲ مارس، ۲۲ مارس، ۱۱ آوریل، ۱۱ مه و ۱۰ ژوئن به صورت تصحیح اتمسفری شده (سنتینل-2A) انتخاب شد. برخی از باندهای این ماهواره که ارتباط معنی داری با پارامترهای کیفی این مطالعه دارند به همراه مشخصات قدرت تفکیک مکانی و رادیومتری در جدول ۱ نشان داده شده اند که در راستای اهداف این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرند.



جدول ۱: باندهای مورد استفاده در این تحقیق از ماهواره سنتینل-۲

شماره باند	نام باند	میانگین طول موج (میکرومتر)	توان تفکیک مکانی (متر)
B3	Green	0.56	10
B4	Red	0.65	10
B8	NIR	0.84	10

۳-۲- تعیین شاخص ها و پارامترهای کیفی

برای محاسبه دقیق تر پارامترهای کیفی لازم است که سطح پوشش آب یا پیکره آبی در دریاچه سد تعیین شود. برای این کار لازم است شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI)^۱ با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شود [۱۶].

$$NDWI = \frac{(B_{Green} - B_{NIR})}{(B_{Green} + B_{NIR})} \quad (۱)$$

که در آن به ترتیب B_{Green} و B_{NIR} ، باند سبز و باند مادون قرمز نزدیک ماهواره سنتینل-2A می باشند. این شاخص نسبت به سطوح آبی حساسیت بالایی نشان می دهد و شاخص بسیار مناسبی جهت تشخیص پیکره های آبی محسوب می شود. برای تعیین مقدار نیتروژن موجود در آب دریاچه سد نیز می توان از رابطه ۲ استفاده نمود [۱۷].

$$\frac{(B_{NIR} - B_{Green})}{(B_{Green} + B_{NIR})} \quad (۲)$$

که در این رابطه B_{Green} و B_{NIR} به ترتیب باندهای مادون قرمز نزدیک و سبز می باشند. همچنین شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)^۲ برای تشخیص مقدار نیتروژن با استفاده از معادله ۳ بدست می آید [۱۸].

$$\frac{(B_{NIR} - (690nm \sim 710nm))}{(B_{IR} + (690nm \sim 710nm))} \quad (۳)$$

در این رابطه B_{NIR} و B_{IR} به ترتیب باندهای مادون قرمز و مادون قرمز نزدیک می باشند. پس از مطالعات متعدد، مشخص شد که استفاده از باند سبز برای تشخیص مقدار نیتروژن بسیار موثرتر از شاخص پوشش گیاهی نرمال شده بوده است زیرا می توان با دقت بیشتری مقدار کلروفیل موجود در آب را به وسیله آن بدست آورد و همچنین مقدار کلروفیل موجود در آب همبستگی مثبتی با مقدار نیتروژن موجود در آب دارد. بنابراین، شاخص پوشش گیاهی نرمال شده سبز (GNDVI)^۳ مطابق معادله ۴ بدست می آید [۱۸].

$$GNDVI = \frac{(B_{NIR} - (540nm \sim 570nm))}{(B_{NIR} + (540nm \sim 570nm))} \quad (۴)$$

که در این رابطه B_{NIR} باند مادون قرمز نزدیک و اعداد ۵۴۰-۵۷۰ نانومتر محدوده مربوط به باند سوم (سبز) می باشد. لاکوکس و همکاران [۱۹] الگوریتمی را برای تخمین کدورت آب با استفاده از داده های سنسجس از راه دور به طور خاص برای استخرها و آب های داخلی شاخص تغییرات کدورت نرمال شده (NDTI)^۴ را ایجاد کردند و می توان آن را به صورت رابطه ۵ تخمین زد.

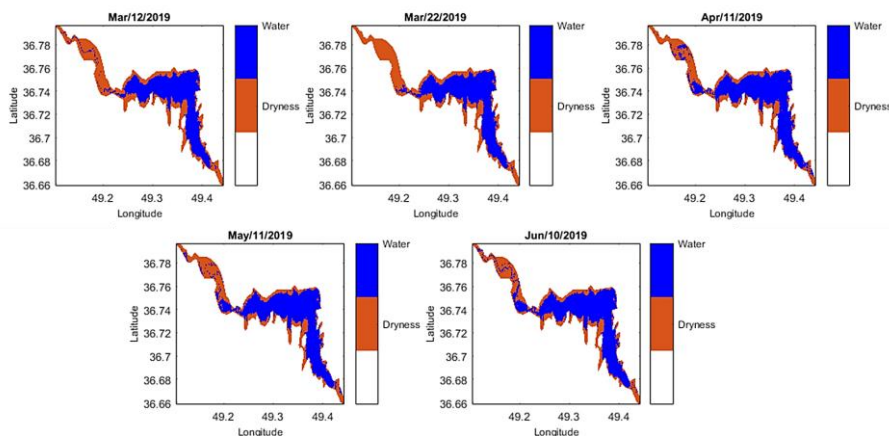
1. Normalized Difference Water Index
 2. Normalized Difference Vegetation Index
 3. Green Normalized Difference Vegetation Index
 4. Normalized Difference Turbidity Index



$$NDTI = \frac{(B_{Red} - B_{Green})}{(B_{Red} + B_{Green})} \quad (5)$$

۳- نتایج و بحث

با استفاده از رابطه ۱ شاخص اختلاف آب نرمال شده جهت تشخیص پیکره آبی دریاچه سد سپیدرود و آورد های متعدد از ماه مارس تا ژوئن محاسبه شد. در شکل ۲ با توجه به پهنه‌های آبی مشخص شده قسمت غربی رودخانه سد در تصاویر آوریل و مه می‌توان گفت که بارندگی هایی در تاریخ نزدیک به این تصاویر به وقوع پیوسته است که باعث به وجود آمدن آورد هایی به شکل سیلاب در دو شاخه منتهی به دریاچه سد شده اند. با توجه به روند توزیع آب در تصاویر قبل از این دو واقعه می‌توان دریافت که آورد های اواخر اسفند تا اوایل فروردین به میزان قابل توجهی کاهش یافته است به طوری که حتی در تاریخ ۲۲ مارس حساسیت NDWI در تشخیص آب کمتر شده و مقدار جریان ورودی از رودخانه غربی سد را احساس نکرده است. از طرفی دیگر، روند توزیع آب در تصویر بعد از دو واقعه مذکور، نشان دهنده کاهش آشفته‌گی جریان است به طوری که جریان‌های ورودی به خوبی توسط شاخص تشخیص داده شده و به یک جریان یکنواخت تبدیل شده اند. باید به این نکته توجه داشت که طی بارندگی های فروردین و اردیبهشت سال ۱۳۹۸، برای جلوگیری از آسیب های احتمالی به بدنه سد، تعداد دفعات رهاسازی به مراتب بیشتر از سال های قبل بوده است که قطعاً چند مورد از رهاسازی ها مربوط به تاریخ های دو واقعه نزدیک به تصاویر آوریل و مه می‌باشد.



شکل ۲: محاسبه شاخص اختلاف آب نرمال شده برای هر ۵ تصویر.

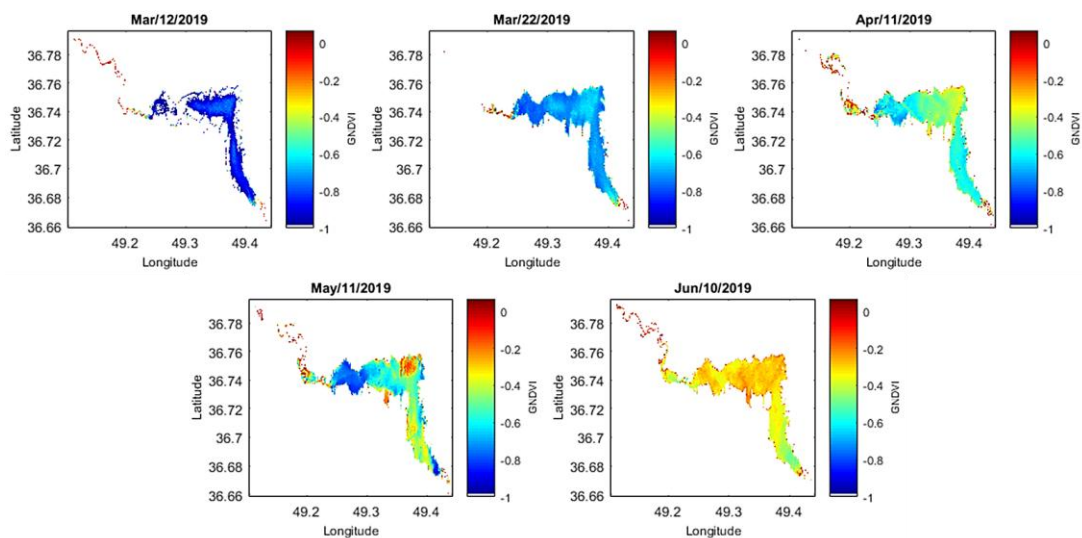
پس از مشخص شدن بخش آبی دریاچه سد با استفاده از رابطه ۴ و ۵ به ترتیب شاخص‌های پوشش گیاهی نرمال شده سبز و تغییرات کدورت نرمال شده بر روی پیکره آبی بدست آمده (شکل ۲) محاسبه شد. این عمل برای تعیین مقدار نیتروژن و کدورت توزیع شده قبل و بعد از وقوع سیلاب ها در پوشش آبی دریاچه سد انجام شد. طبق شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که در دو رودخانه منتهی به دریاچه سد به دلیل وجود جریان آب مقادیر کدورت و نیتروژن نسبت به حالت ساکن دریاچه غلظت بیشتری دارد و این امر طبیعی در جریان های آبی به حساب می‌آید؛ چراکه رودخانه غالباً همراه با یک ضریب پخشیدگی^۵ به عنوان یک راکتور قالبی (PFR)^۶ عمل می‌کند به طوری که ذرات در ورودی و خروجی دارای یک غلظت ثابت می‌باشند [۱۳]. از طرفی دیگر تا زمانی که جریان به صورت غیرماندگار (افزایش دبی در اثر وقوع سیلاب) نباشد، با ورود جریان های دائمی رودخانه به داخل دریاچه سد،

5. Dispersion

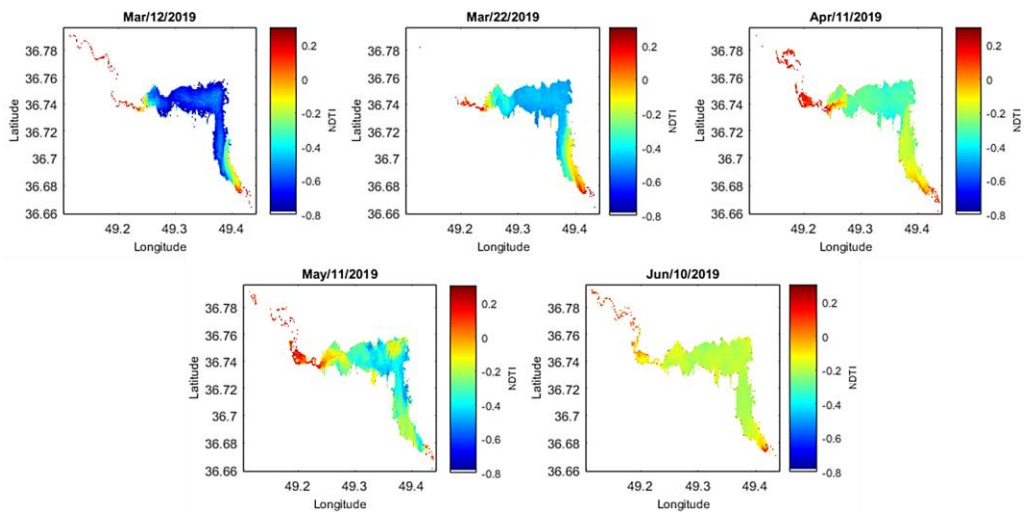
6. Plug Flow Reactor



می‌توان سد مخزنی را به عنوان یک راکتور اختلاط دائم (CFSTR)^۷ در نظر گرفت [۲۰]. از این‌رو دریاچه سد در تصاویر آیریل و ماه از حالت راکتور اختلاط دائم خارج می‌شود؛ به طوریکه غلظت کدورت و نیترژن در این دو تصویر با آب دریاچه سد کاملاً مخلوط نشده است و دارای توزیع مکانی متفاوتی هستند. توزیع کدورت و نیترژن در تصویر ماه ژوئن تقریباً به یک غلظت ثابت رسیده است و مخزن سد را در آستانه تبدیل به راکتور اختلاط دائم قرار داده است.



شکل ۳: محاسبه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده سبز برای هر ۵ تصویر.

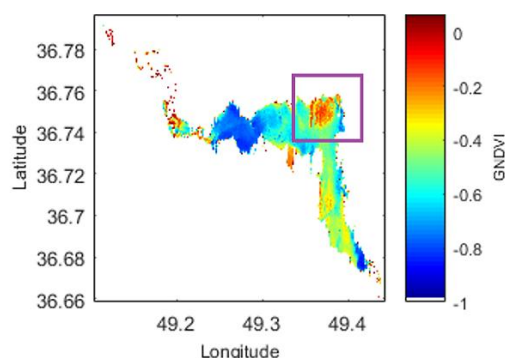
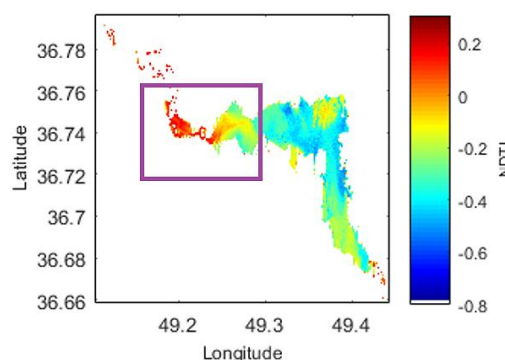


شکل ۴: محاسبه شاخص تغییرات کدورت نرمال شده برای هر ۵ تصویر.



۴- جمع بندی و نتیجه گیری

با بررسی شاخص‌های مذکور مشاهده می‌شود که کیفیت آب دریاچه سد سپیدرود از نظر شاخص $GNDVI$ (شکل ۳) قبل از تاریخ ۱۱ آپریل (بارندگی شدید)، دارای وضعیت تقریباً ثابت و پایدار می‌باشد و مانند یک راکتور اختلاط دائم عمل می‌کند. اما در تاریخ‌های ۱۱ آپریل، ۱۱ مه و ۱۰ ژوئن در هر سه تصویر مشاهده می‌شود که میزان نیترژن آب در حال افزایش بوده و این افزایش در تصویر ۱۰ ژوئن (شکل ۳) به بیشترین مقدار خود رسید. همچنین بررسی میزان کدورت آب دریاچه سد با استفاده از شاخص $NDTI$ (شکل ۴) نیز نشان می‌دهد که از تاریخ ۱۰ مارچ تا تاریخ ۱۰ ژوئن میزان کدورت آب روند ثابت افزایشی داشته و بارندگی شدید ۱۱ آپریل بر میزان افزایش آن افزوده است. همچنین بررسی دقیق‌تر نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۱ مه (شکل ۵) میزان نیترژن در بخشی از سد دارای میزان بسیار بالایی بوده که این پدیده می‌تواند به عواملی همچون تخلیه آب سد بستگی داشته باشد. همچنین برای پارامتر کدورت در تاریخ مذکور (شکل ۶) نشان داده می‌شود که بخش‌های غربی دریاچه میزان کدورت بیشتری نسب به سایر نقاط دارد و این می‌تواند نشان دهنده یک جریان ورودی با میزان کدورت بالا به دریاچه سد باشد.

شکل ۵: محاسبه شاخص $GNDVI$ در تاریخ ۱۱ مه و بخشی از دریاچه سد که دارای بیشترین میزان نیترژن است.شکل ۶: محاسبه شاخص $NDTI$ در تاریخ ۱۱ می و بخشی از دریاچه سد که دارای بیشترین میزان کدورت است.

۵- مراجع

[1]- 3-US Army, 1987, **Reservoir Water Quality Analysis**, 2nd ed, USA: Engineering and design: 1110-1201.



- [2]- Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., & Kouimtzis, T., 2003, **Assessment of the surface water quality in Northern Greece**, Water research, 37, 17, 4119-4124.
- [3]. Salehi, M., Khanitemeliyeh, Z., Parchami, N., and Ahmadpour, Z., 2019, **Numerical Modeling of Thermal Stratification And Water Quality In Reservoir By CE-QUAL-W2 Model**, Journal of Water and Soil Conservation, 26, 4, 53-73. (In Persian)
- [4]- Shahedi, and M., Talebi, F., 2017, **Introduction to basic concepts in water resources system**, Water and Sustainable Development, 3, 2, 117-119. (In Persian)
- [5]- Liu, H., Li, Q., Shi, T., Hu, S., Wu, G., & Zhou, Q., 2017, **Application of sentinel 2 MSI images to retrieve suspended particulate matter concentrations in Poyang Lake**, Remote Sensing, 9, 7, 761.
- [6]- Zheng, G., & DiGiacomo, P. M., 2017, **Uncertainties and applications of satellite-derived coastal water quality products**, Progress in oceanography, 159, 45-72.
- [7]- Barrett, D. C., & Frazier, A. E., 2016, **Automated method for monitoring water quality using Landsat imagery**, Water, 8, 6, 257.
- [8]- Toming, K., Kutser, T., Laas, A., Sepp, M., Paavel, B., & Nõges, T., 2016, **First experiences in mapping lake water quality parameters with Sentinel-2 MSI imagery**, Remote Sensing, 8, 8, 640.
- [9]- Kabolizadeh, M., Rangzan, K., & Mohammadi, SH., 2018, **Application of fusion in satellite images the Landsat-8 and Sentinel-2 in environmental monitoring**, Journal of RS and GIS for Natural Resources; 9, 3, 53-71. (In Persian)
- [10]- Bonansea, M., Ledesma, M., Rodriguez, C., & Pinotti, L., 2019, **Using new remote sensing satellites for assessing water quality in a reservoir**, Hydrological sciences journal, 64, 1, 34-44.
- [11]- Liu, W., Wang, S., Yang, R., Ma, Y., Shen, M., You, Y., & Baqa, M. F., 2019, **Remote Sensing Retrieval of Turbidity in Alpine Rivers based on high Spatial Resolution Satellites**, Remote Sensing, 11, 24, 3010.
- [12]- Rangzan, K., Kabolizadeh, M., Rahshidian, M., & Delfan, H., 2020, **Modeling and zoning water quality parameters using Sentinel-2 satellite images and computational intelligence (Case study: Karun river)**, Journal of RS and GIS for Natural Resources, 10, 4, 21-37. (In Persian)
- [13]- Fraga De Cal, B., 2019, **Reactor analysis of a river system Wastewater treatment plant**, International Journal of Latest Engineering Research and Applications, 4, 10, 1-9.
- [14]- Khosronejad, A., 2008, **Numerical Simulation of Pressure Flushing Process in Sefid-Roud Dam**, Journal of Hydraulics, 3, 1, 71-77. (In Persian)
- [15]- Bagherian-Marzouani, M., Akhoundali, A.M., Moazed, H., Jaafarzadeh, N., Ahadian, J., & Hasoonzadeh, H., 2014, **Evaluation of Karun river water quality scenarios using simulation model results**, International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2, 2, 339-358.
- [16]- McFeeters, S. K., 1996, **The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features**, International journal of remote sensing, 17, 7, 1425-1432.
- [17]- Gitelson, A. A., & Merzlyak, M. N., 1997, **Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves**, International Journal of Remote Sensing, 18, 12, 2691-2697.



- [18]- Elhag, M., Gitas, I., Othman, A., Bahrawi, J., & Gikas, P., 2019, **Assessment of Water Quality Parameters Using Temporal Remote Sensing Spectral Reflectance in Arid Environments, Saudi Arabia**, *Water*, 11, 3, 556.
- [19]- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M., 2007, **Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal**, *Remote Sensing of Environment*, 106, 1, 66-74.
- [20]- Rueda, F., Moreno-Ostos, E., & Armengol, J., 2006, **The residence time of river water in reservoirs**, *Ecological Modelling*, 191, 2, 260-274.