

آشکار سازی تجربی آب های کدر و شفاف با استفاده از تصاویر ماهواره سنتینل-۲ (مطالعه نمونه ای آبگیر سد سفید رود)

طاهر صفراد*^۱، معصومه رسولیان^۲، محمد اکبری نسب^۳، نادیا طالب پور^۴

چکیده

افزایش حجم ورودی آب به آبگیر سد در فصول پرآبی سبب گل آلودگی در قسمت های ورودی آب به آن می گردد. تأثیر آب شفاف و کدر بر سهم پریفیتون ها که در تغذیه آبزیان، و همچنین در تصفیه آب های آلوده نقش مهمی را دارند، از اهمیت ویژه ای برخوردار است، به گونه ای که در آب های شفاف فراوانی بیشتری را نسبت به آب های کدر دارند. در این مقاله با استفاده از تصاویر سنجنده سنتینل-۲، و بهره گیری از ویژگی های رفتار طیفی آب کدر و شفاف، و تأکید بر کمیت های آماری به آشکار سازی آنها در آبگیر سد سفیدرود طی دو فصل بهار (۱۷ فروردین ۱۳۹۶) و تابستان (۲۲ شهریور ۱۳۹۶) پرداخته می شود. در این راستا، پس از اعمال پیش پردازش های لازم (تصحیح هندسی و رادیومتریک)، با بررسی منحنی رفتار طیفی این دو پدیده، و همچنین شاخص OIF، ترکیب های رنگی بهینه تشخیص داده شدند. براین اساس، مناسب ترین ترکیب رنگی حاوی بیشترین حجم اطلاعات برای فصل بهار، ترکیب رنگی (۴،۸،۸a) و برای فصل تابستان، ترکیب رنگی (۸a،۸،۱) مشخص گردید. از طرف دیگر، با استفاده از مطالعه رفتار طیفی آب های کدر و شفاف، در محدوده طول موج های ۰/۴ تا ۰/۸۷ میکرومتر (نوارهای ۱ تا ۸a)، این دو پدیده به خوبی قابل تفکیک از هم و سایر پدیده ها هستند؛ بنابراین، به شاخص NDVI که تفاضل معیار شده محدوده طیفی مادون قرمز نزدیک (نوار ۸) و قرمز مرئی (نوار ۴) را بررسی می کند، جهت آشکار سازی آب های کدر و شفاف توجه شد، و در نهایت از طریق اعمال آستانه هایی روی آن، آب های کدر و شفاف از هم متمایز گردیدند.

واژه های کلیدی: آب های کدر و آب شفاف، شاخص عامل بهینه، شاخص NDVI، سنجنده سنتینل-۲، سد سفیدرود

^۱ استادیار اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه مازندران، بابلسر
^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر
^۳ استادیار گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر
^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه مازندران، بابلسر
 * نویسنده مسئول: t.safarrad@umz.ac.ir همراه : ۰۹۳۷۰۲۸۶۳۲۱

۱ مقدمه

مشکل کم آبی در ایران به واسطه فرار گیری آن در منطقه خشک و نیمه خشک، جهان، سبب شده است تا ایران یکی از نخستین کشورها در مهار کردن آب های سطحی و سدسازی باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳) رشد جمعیت در طی دهه های اخیر، و به تبع آن نیاز به مواد غذایی و آب، بشر را بر آن واداشته است تا زمین های بیشتری را در جهت کشت و زرع و استفاده از آن تحت تسلط خود درآورد. این زمین ها نیاز به آب دارند که این امر بیشتر به وسیله مهار کردن آب های جاری با احداث سدها میسر شده است (ون رمپی و همکاران، ۲۰۰۲).

در فصول پرآبی که میزان حجم ورودی آب به آبیگر سد بیشتر می شود، خروشان و در نتیجه گل آلودگی در قسمت های ورودی آب، به آبیگر سد را شاهد خواهیم بود. یکی از اهمیت های جداسازی آب های شفاف و کدر تأثیر آن، بر سهم پرفیوتون^۱ها است که در آب های شفاف فراوانی بیشتری را نسبت به آب های کدر دارند (سانچز و همکاران، ۲۰۱۷).

پرفیوتون اجتماعی از گیاهان و ریز جانداران هستند که روی سطوح اشیای غوطه ور در آب می چسبند. این موجودات در تغذیه ی آبزیان و همچنین در تصفیه آب های آلوده نقش مهمی را ایفا می کنند (راستی و همکاران، ۱۳۸۶). بر اساس تحقیقات انجام شده، بیشترین فراوانی جوامع پرفیوتون، تعداد ۱۳۳۰۹۳ در سانتیمتر مربع در خرداد و کمترین آنها ۵۳۲۸۷۱ در سانتیمتر مربع در فروردین مشاهده شد که نشان دهنده تغییر در شرایط محیطی است که در نتیجه ی کدوری بیشتر آب در اوایل بهار نسبت به اواخر آن هستند (شالویی و شاهینی شمس آبادی، ۱۳۹۵).

از دیدگاه دیگر، فیتوپلانکتون ها^۲ شاخه ای از جلبک ها هستند که در آب شناورند. این موجودات تولیدکنندگان اولیه در پیکره های آبی هستند. فیتوپلانکتون ها غذای زئوپلانکتون^۳ها را تشکیل می دهند (سمائی و همکاران، ۱۳۸۳). نمونه ی اهمیت دیگر تفکیک آب های کدر و شفاف میزان همبستگی بین کدورت آب و تنوع

فیتوپلانکتون ها است. اوگنونوفیتا^۴ در آلودگی و کدورت آب، جلبک های سبز^۵ در آب شفاف، جلبک سبز رشته ای^۶، همزمان با ورود فاضلاب های خانگی و صنعتی و تغییر اسیدیته آب و جلبک سبز- آبی^۷، با شروع فعالیت های کشاورزی و ورود زه آب مزارع حاشیه رودخانه بیشترین درصد فراوانی را دارا می باشند (پور افراسیابی و رضانیپور، ۱۳۹۰). در نتیجه ساختار گروه های عملکردی فیتوپلانکتون و فراوانی گونه ها با توجه به شرایط محیطی متفاوت است. (لینس و همکاران، ۲۰۱۷).

از علف کش های گلیفوزیت^۸ به طور گسترده ای در کشاورزی استفاده می شود (د سوزا و همکاران، ۲۰۱۷) و ترکیب فعال بسیار فعال در آفت کش های کشاورزی است (تن سند و همکاران، ۲۰۱۷).

در آب های روشن، رفتار گلیفوزیت موجب افزایش نسبتاً بالای باکتری ها و پیکوکاریوت^۹ها می شود، ولی در آب کدر گلیفوزیت میزان باکتری را افزایش می دهد که اهمیت تفکیک سازی آب کدر و روشن را بارزتر می سازد (پیزارو و همکاران، ۲۰۱۶).

از سوی دیگر، در اهمیت تفکیک آب های کدر و شفاف می توان به روابط جنسی بیشتر در آب های تیره ناشی از ازدیاد جلبک ها نسبت به آب های شفاف اشاره نمود. (ساندین، ۲۰۱۷)

در بسیاری از مواقع، با ورود سیلاب به مخازن سدها، جریان های گل آلود در کف مخزن ایجاد می شوند. این جریان یکی از عوامل رسوب گذاری و کاهش ظرفیت آب مخازن و عمر مفید سدها است (ترکمانزاد و همکاران، ۱۳۹۳). رسوب گذاری در مخازن باعث کاهش ظرفیت ذخیره ی آب، آسیب به تجهیزات نیروگاه دریچه های برقایی و انسداد های عمقی و آبیگرها می شود و ظرفیت برای تنظیم جریان، تولید کارمایه و کنترل سیلاب کاهش یافته و بازده ی اقتصادی سدها را به شدت کاهش می دهد (فان و موریس، ۱۹۹۲). در زمان وقوع سیلاب در بازه کوتاه زمانی، حجم زیادی از رسوب وارد مخزن سد می شود. جریان های گل آلود و کدر، که به دلیل داشتن مقدار زیاد رسوب دارای چگالی بالایی هستند، هنگام ورود به مخزن،

⁶ Binuclearia

⁷ Oscillatoria

⁸ Glyphosate

⁹ Picoeukaryote

¹ Periphyton

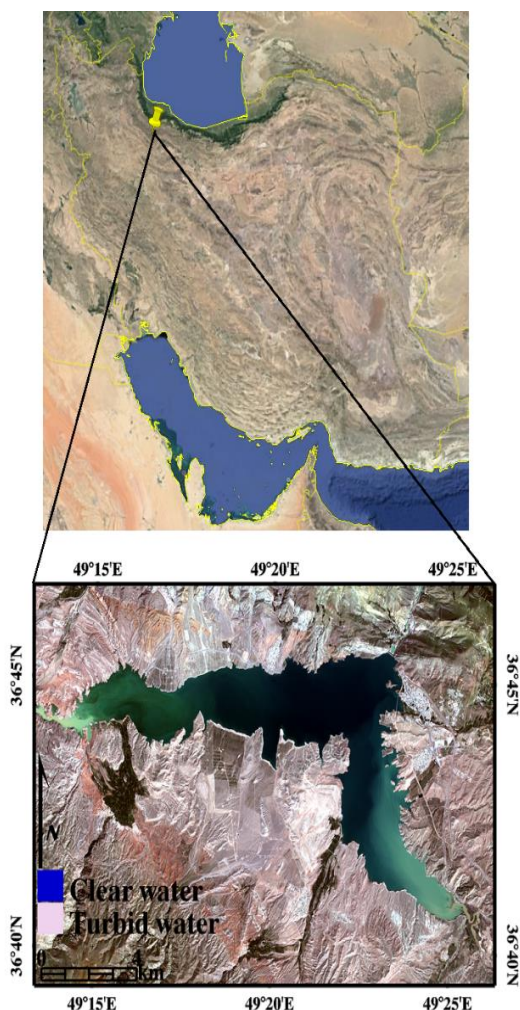
² Phytoplankton

³ Zooplankton

⁴ Euglenophyta

⁵ Scenedesmus and Pediastrum

منجیل ساخته شده می باشد، است (خسرو نژاد، ۱۳۸۷). موقعیت منطقه مطالعه گردیده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه ی طالع شده، ترکیب رنگی واقعی ۴۳۲، تصویر ماهواره ای سنتینل-۲ در تاریخ ۱۷ فروردین ۱۳۹۶.

۲-۲ روند انجام طرح

در این مطالعه به تفکیک آب های کدر و شفاف موجود در آبگیر سفیدرود پرداخته می شود. طرح واره کلی این پژوهش برای تفکیک آب های کدر و شفاف در شکل ۲ نشان داده شده است.

به دلیل اختلاف چگالی با آب صاف مخزن به صورت جریان لایه ای در زیر سطح آب مخزن و در عمق آن، باعث انتقال حجم قابل ملاحظه ای از رسوب به پشت بدنه ی سد می گردد (گارسیا و پارکر، ۱۹۹۳). این رسوب گذاری ها نه تنها ظرفیت مخزن را کاهش می دهد، بلکه بر ساختارهای خروجی آن نظیر خیابان های پایین و ورودی های نیروگاه تأثیر می گذارد (چامون و همکاران، ۲۰۱۶).

داده های ماهواره ای در دسترس برای نظارت بر کیفیت آب از نظر آلودگی و کدوری مفید هستند. با توجه به اهمیت های ذکر شده در ارتباط با کدورت ناشی از گل آلودگی آب و شفاف بودن آب رودخانه، و با تکیه بر تأثیر گل آلودگی آب و طول عمر سد، آگاهی بر کدورت بیشتر آب در فصول پرآبی نسبت به فصول کم آب تر، در این مقاله، با استفاده از داده های سنجنده ی سنتینل-۲^۱ به جداسازی آب های شفاف و کدر ناشی از خروشان ی و آلودگی در آبگیر سد سفیدرود برای دو فصل بهار و تابستان پرداخته می شود. دو نمونه مقالات کار شده در این حوضه با استفاده از این سنجنده شامل: ۱- ارزیابی غلظت ذرات معلق در دریاچه پویانگ^۲ (لیو و همکاران، ۲۰۱۷) و انتخاب بهترین نوار مناسب برای تعیین غلظت کروفیل a^۳ در یک دریاچه ی گرمسیری در ویتنام شمالی است (ها و همکاران، ۲۰۱۷).

در این مطالعه، ابتدا بهترین ترکیب رنگی را که شامل بیشترین حجم اطلاعات است با استفاده از منحنی رفتار طیفی^۴ آب کدر و شفاف، کمیت های آماری: ضریب همبستگی^۵، انحراف معیار^۶ و عامل شاخص بهینه^۷ که به صورت بصری این تفکیک برای دو فصل قابل تشخیص است، شناسایی کرده و بررسی خواهند شد. در مرحله ی بعد، با به کارگیری شاخص NDVI و اعمال آستانه این تفکیک نشان داده می شود.

۲ مواد و روش ها

۲-۱ منطقه مطالعه شده

منطقه ی مطالعه شده در این پژوهش آبگیر سد سفیدرود یا سد منجیل، سدی که در ابتدای سفیدرود در محل پیوستن دو رود قزل اوزن و شاهرود در نزدیکی

⁵ Correlation

⁶ Standard deviation

⁷ Index Factor Optimum

¹ Sentinel-2

² Poyang

³ Chlorophyll a

⁴ Spectral behavior curve

تصاویر این سنجنده برای نظارت بر تغییر سطح زمین، پوشش برف، یخچال‌ها، نقشه‌برداری یخبندان، نقشه‌برداری و مدیریت سیل (تجزیه و تحلیل، ارزیابی تلفات، مدیریت بحران طی سیل)، نظارت دقیق گیاه و جنگل و تولید فراسنج (مانند شاخص سطح برگ، غلظت سبزینه، تخمین توده ی کربن) و برنامه‌های کشاورزی، مانند نظارت بر محصول و مدیریت برای کمک به امنیت غذایی استفاده می‌شود. این تصاویر دارای تفکیک مکانی متغیر ۱۰ تا ۶۰ متر، و قدرت تفکیک رادیومتریکی، یعنی تعداد بیت‌هایی که پیکسل نیاز دارد تا شدت نور را ذخیره نماید، ۱۲ بیتی است که به درجات خاکستری (از ۰ تا ۴۰۹۶) مربوط است. محدوده ی طول موج، قدرت تفکیک مکانی و پهنای نوارهای سنجنده سنتینل-۲ در جدول ۱ نشان داده شده است (پایگاه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا).

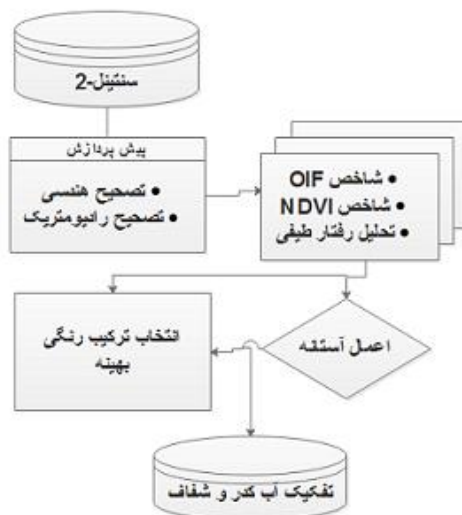
جدول ۱- قدرت تفکیک مکانی، محدوده طول موج‌های

سنتینل-۲ و پهنای هر نوار.

باند	طول موج مرکزی (nm)	پهنای (nm)	قدرت تفکیک مکانی (m)
۱- Castal aerosol	۴۴۳	۲۰	۶۰
۲- Blue	۴۹۰	۶۵	۱۰
۳- Green	۵۶۰	۳۵	۱۰
۴- Red	۶۶۵	۳۰	۱۰
۵- Vegetation Red Edge	۷۰۵	۱۵	۲۰
۶- Vegetation Red Edge	۷۴۰	۱۵	۲۰
۷- Vegetation Red Edge	۷۸۳	۲۰	۲۰
۸- NIR	۸۴۲	۱۱۵	۱۰
۸a -Narrow NIR	۸۶۵	۲۰	۲۰
۹- Water vapour	۹۴۵	۲۰	۶
۱۰- SWIR-Cirrus	۱۳۷۵	۳۰	۶۰
۱۱- SWIR	۱۶۱۰	۹۰	۲۰
۱۲- SWIR	۲۱۹۰	۱۸۰	۲۰

۲-۳-۲ رفتار طیفی آب های کدر و شفاف

اگر برای هر جسم مقدار کارمایه بازتاب شده از کل کارمایه رسیده به جسم را در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری و آن‌ها را به صورت یک نمودار ترسیم نماییم، منحنی حاصل را منحنی رفتار طیفی می‌گویند (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۳). در شکل ۳ نمودار رفتار طیفی آب های کدر و شفاف رودخانه، گیاه، خاک رس و کود دار را نشان داده شده است محدوده‌ی قابل شناسایی آب های کدر و



شکل ۲- مراحل اجرای پژوهش به صورت طرح وارہ ای.

داده‌های ورودی، تصاویر سنجنده ی سنتینل-۲ مربوط به دو فصل بهار (۱۷ فروردین ۱۳۹۶) و تابستان (۲۲ شهریور ۱۳۹۶) است که از پایگاه سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا تهیه شده است. داده‌های مزبور به صورت خام هستند و که طی فرایند پیش‌پردازش، تصحیح هندسی و رادیو متریکی می‌شوند. در ادامه شاخص‌های OIF و NDVI جهت تفکیک آب های کدر و شفاف با تأکید بر ویژگی‌های طیفی، از طریق اعمال آستانه، بررسی می‌شوند (شکل ۲).

۲-۳ داده‌ها

۲-۳-۱ سنجنده ی سنتینل-۲

در این تحقیق از داده‌های سنجنده ی سنتینل-۲ استفاده شده است. سنتینل-۲، شامل دو ماهواره ی تصویربرداری به نام‌های سنتینل ۲A و سنتینل ۲B است. سنتینل ۲A در حال حاضر در مدار قرار گرفته و در حال تصویربرداری از زمین بوده، و سنتینل ۲B قرار است در آینده پرتاب شود. (عزت آبادی پور، ۱۳۹۵) این سنجنده دارای ۱۳ نوار شناسایی است که همه آن‌ها در محدوده ی انعکاسی قرار دارند. نوار های این سنجنده توانایی آشکار سازی طول موج‌های مرئی^۲، مادون قرمز نزدیک^۳ و میانی^۴ را دارند. سنتینل-۲ یک سنجنده خورشید آهنگ است و دوره ی چرخش مداری آن، ۱۰ روزه است. از

³ near infrared

⁴ middle infrared

¹ <https://earthexplorer.usgs.gov>

² visible

سه نوار مناسب در ترکیب RGB هستند که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$OIF = \frac{\sum_{i=1}^3 \sigma_i}{\sum_{j=1}^3 r_j} \quad (1)$$

که σ انحراف معیار و r همبستگی سه نوار مناسب در ترکیب رنگی است (سومانتیو، ۲۰۱۷). مقادیر بالای OIF نشان‌دهنده ی نوار های محتوی بیشترین حجم اطلاعات (انحراف معیار بالا) یا حداقل تکرار بین نوارها هستند.

۲-۳-۵ شاخص NDVI

این شاخص برای اولین بار به وسیله ی رز و همکارانش در سال ۱۹۷۳ بیان شده است که بر اساس نسبت تفاضل نوارهای مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز به مجموع این دو نوار محاسبه می‌گردد (فاضل دهکردی، ۱۳۹۵). دامنه ی تغییرات این شاخص بین ۱- و ۱ است: که مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی به سمت ۱ و برای ابر، برف و آب با مقدار منفی مشخص می‌شود (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۰). که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

که NIR و RED به ترتیب مقدار های بازتاب^۲ در نوار مادون قرمز نزدیک و نوار مادون قرمز هستند.

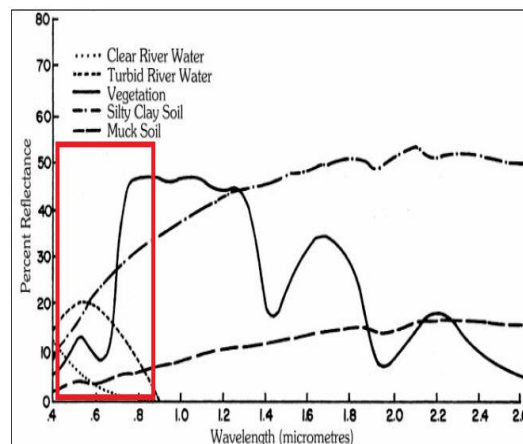
۳ یافته‌های حاصل از پژوهش

۳-۱ استفاده از نمودار رفتار طیفی و انتخاب

بهترین باندها برای تفکیک آب های کدر و شفاف

سنجندها، با توجه به طول موج های دریافتی مشخص در هر نوار، قادر به شناسایی پدیده های متفاوتی هستند که در آن طول موج بیشترین اختلاف را دارا هستند. با بررسی طیف نموداری شکل ۳ که بر اساس رفتار طیفی آب های کدر و شفاف، گیاه، خاک رس و کود دار در یک محیط آزمایشگاهی رسم شده است و استفاده از جدول ۱ که محدوده ی طول موج های مربوط به هر نوار در آن مشخص شده است ملاحظه می‌شود که این دو پدیده در طول موج های بین ۰/۴ تا حدود ۰/۸۷ میکرومتر، که شامل باندهای ۱ تا ۸a در سنجنده ی سنتینل-۲ هستند،

شفاف به صورت مستطیل رنگی در شکل ۳ مشخص شده است (مول و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل ۳- نمودار رفتار طیفی آب های کدر و شفاف رودخانه، گیاه، خاک رس و کود دار.

با توجه به اینکه هر پدیده، منحنی رفتار طیفی مخصوص به خود را دارد، می‌توان بر اساس طول موج هایی که در آن منحنی رفتار طیفی پدیده ها بیشترین اختلاف را باهم دارند، آن پدیده ها را به راحتی شناسایی کرد (مجید حسینی و همکاران، ۱۳۹۵).

۲-۳-۴ عامل شاخص بهینه^۱

برای استفاده ی مطلوب از داده های چند طیفی به جهت تفکیک آب های کدر و شفاف لازم است بهترین ترکیب رنگی مشخص شود. یک روش، استفاده از مقایسه دیداری تصاویر حاصل از ترکیب های رنگی مختلف است که بسیار مشکل و زمان بر است. روش دیگر استفاده از کمیت های آماری است. در این تحقیق، برای دستیابی به تصویری با بهترین ترکیب رنگی و بیشترین حجم اطلاعات، که به راحتی آب های کدر و شفاف متمایز شوند از شاخص عامل بهینه استفاده شده است. شاخص عامل بهینه یک محاسبه ی استاتیک از سه نوار مناسب در ترکیب RGB می‌باشد که به وسیله ی چاوز و همکارانش توسعه داده شده است (چاوز و همکاران، ۱۹۸۲).

اهمیت شاخص عامل بهینه در انتخاب بهترین ترکیب رنگی است که حجم زیادی از اطلاعات را شامل می‌گردد (سنگیز و همکاران، ۲۰۰۶). فراسنج های مؤثر در محاسبه ی این شاخص شامل مجموع همبستگی و انحراف معیار

² Reflection

¹ optimum index factor

جدول ۳- ضریب همبستگی نوار های سنتینل ۲- مربوط

به بهار.

باند	۱	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۸a	۹	۱۰	۱۱
۱	۱										
۲	۰/۸۷۹										
۳	۰/۸۶۸	۱									
۴	۰/۸۷۲	۰/۹۴۷	۱								
۵	۰/۸۲۸	۰/۸۷۳	۰/۹۶۴	۱							
۶	۰/۶۹۳	۰/۷۲۲	۰/۸۵۴	۰/۹۴۴	۱						
۷	۰/۶۶۲	۰/۷۰۱	۰/۸۲۶	۰/۹۲۴	۰/۹۹۷	۱					
۸	۰/۶۲۷	۰/۷۰۵	۰/۸۲۴	۰/۹۰۵	۰/۹۸۵	۰/۹۸۹	۱				
۸a	۰/۶۲۳	۰/۶۷۰	۰/۸۰۰	۰/۹۰۵	۰/۹۹۲	۰/۹۹۷	۰/۹۸۹	۱			
۹	۰/۵۹۴	۰/۵۸۶	۰/۷۲۷	۰/۸۴۵	۰/۹۴۹	۰/۹۵۵	۰/۹۴۸	۰/۹۶۲	۱		
۱۰	۰/۳۹۲	۰/۴۳۵	۰/۵۴۱	۰/۶۵۱	۰/۷۴۰	۰/۷۴۱	۰/۷۳۹	۰/۷۵۲	۰/۸۳۸	۱	
۱۱	۰/۶۶۵	۰/۶۹۷	۰/۸۱۶	۰/۹۰۴	۰/۹۴۳	۰/۹۳۷	۰/۹۳۰	۰/۹۴۱	۰/۹۲۹	۰/۸۰۷	۱
۱۲	۰/۷۳۹	۰/۷۵۸	۰/۸۷۵	۰/۹۳۹	۰/۹۳۰	۰/۹۱۷	۰/۹۰۶	۰/۹۱۴	۰/۸۸۸	۰/۷۵۴	۰/۹۸۵

جدول ۴- ضریب همبستگی نوار های سنتینل ۲- مربوط

به تابستان.

باند	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۸a	۹	۱۰	۱۱
۱	۱											
۲	۰/۸۷۲	۱										
۳	۰/۸۳۴	۰/۹۷۹	۱									
۴	۰/۷۷۹	۰/۸۹۴	۰/۸۸۲	۱								
۵	۰/۷۲۵	۰/۷۸۹	۰/۷۸۳	۰/۹۴۹	۱							
۶	۰/۴۷۷	۰/۵۲۲	۰/۵۳۰	۰/۷۱۴	۰/۸۵۶	۱						
۷	۰/۴۰۱	۰/۴۴۱	۰/۴۵۵	۰/۶۲۹	۰/۷۸۸	۰/۹۸۹	۱					
۸	۰/۳۴۰	۰/۴۲۱	۰/۴۴۰	۰/۶۱۶	۰/۷۵۱	۰/۹۶۵	۰/۹۷۸	۱				
۸a	۰/۳۲۳	۰/۳۶۵	۰/۳۸۱	۰/۵۶۹	۰/۷۴۰	۰/۹۷۵	۰/۹۹۲	۰/۹۷۹	۱			
۹	۰/۰۳۱	۰/۰۶۵	۰/۰۹۱	۰/۳۷۰	۰/۵۲۹	۰/۶۸۱	۰/۶۸۳	۰/۷۰۴	۰/۷۱۸	۱		
۱۰	۰/۱۸۹	۰/۱۷۵	۰/۱۷۰	۰/۳۹۵	۰/۴۶۳	۰/۴۴۰	۰/۴۱۲	۰/۴۱۶	۰/۴۲۴	۰/۶۰۹	۱	
۱۱	۰/۳۶۸	۰/۴۴۳	۰/۴۳۴	۰/۷۰۶	۰/۸۰۴	۰/۷۷۷	۰/۷۳۶	۰/۷۳۹	۰/۷۴۷	۰/۷۷۴	۰/۶۳۳	۱
۱۲	۰/۴۹۶	۰/۵۶۳	۰/۵۴۱	۰/۸۰۴	۰/۸۶۰	۰/۷۲۶	۰/۶۶۲	۰/۶۵۳	۰/۶۵۱	۰/۶۶۸	۰/۶۱۰	۰/۹۶۳

قبل از انجام بازسازی تصاویر بین باندهای مختلف، با توجه به انحراف معیار مشخص شده برای دو فصل مشاهده می شود که نوارهای ۱۱، ۱۲، ۸a به ترتیب از درجه واریانس (انحراف معیار) بالاتری برخوردارند، که نشان دهنده ی تغییرپذیری بیشتر داده های این تصاویر می باشد؛ همبستگی بیشتر به معنی شباهت زیاد دو نوار مربوطه است و به دلیل همین شباهت می توانیم از یکی از دو نوار با همبستگی بالا در ترکیب رنگی خودداری کنیم.

جدول های ۵ و ۶ نتایج خروجی عامل شاخص بهینه از بین ۸۴ ترکیب رنگی به دست آمده برای ترکیب های نواری سنجنده ی سنتینل-۲ برای بهار و تابستان را نشان می دهند که ۱۵ ترکیب به ترتیب اولویت بیشتری مقدار شاخص بهینه آورده شده است.

به راحتی قابل تفکیک هستند، زیرا بیشترین تمایز در منحنی های رفتار طیفی این دو پدیده در این محدوده ی طول موج مشاهده می شود.

در حالت کلی برای ۱۳ نوار موجود در این سنجنده، ۲۸۶ ترکیب رنگی قابل ایجاد هستند، در حالی که برای تفکیک آب های کدر و شفاف ۹ نوار مناسب تر در نظر گرفته شد؛ در نتیجه، ۸۴ ترکیب رنگی قابل بررسی برای این تفکیک وجود دارد.

۲-۳ اعمال عامل شاخص بهینه و انتخاب بهترین ترکیب رنگی برای تفکیک آب های کدر و شفاف آبگیر در بهار و تابستان

برای شناسایی بهترین ترکیب رنگی از میان این ۹ نوار، که دارای بیشترین حجم اطلاعاتی هستند، استفاده از شاخص عامل بهینه برای دستیابی به تصویری با بیشترین حجم اطلاعات و وضوح بیشتر برای تفکیک دو پدیده، صورت گرفته است.

با توجه به رابطه ی ۱ در بخش ۴-۳-۲ برای محاسبه ی شاخص عامل بهینه از دو کمیت آماری انحراف معیار و همبستگی استفاده شده است، که با بهره وری از نرم افزار ENVI برای بهار و تابستان به طور جداگانه استخراج شده اند.

در جدول ۲ انحراف معیار و جدول ۳ و ۴ ضرایب همبستگی مربوط به نوارهای سنجنده ی سنتینل-۲ به ترتیب برای بهار و تابستان آمده اند.

جدول ۲- انحراف معیار نوار های سنجنده سنتینل-۲

مربوط به بهار و تابستان.

باند	فصل بهار	فصل تابستان
۱	+/- ۱۳۹	+/- ۱۳۸
۲	+/- ۱۹۵	+/- ۱۹۲
۳	+/- ۲۵۵	+/- ۲۴۲
۴	+/- ۴۶۵	+/- ۳۹۶
۵	+/- ۵۰۷	+/- ۳۸۲
۶	+/- ۶۰۴	+/- ۴۵۸
۷	+/- ۶۵۹	+/- ۵۲۳
۸	+/- ۶۶۴	+/- ۵۰۳
۸a	+/- ۷۰۸	+/- ۵۷۳
۹	+/- ۳۴۳	+/- ۱۱۷
۱۰	+/- ۰۰۴	+/- ۰۰۲
۱۱	+/- ۷۶۶	+/- ۶۰۵
۱۲	+/- ۶۷۳	+/- ۵۱۷

جدول ۵- شاخص عامل بهینه ی بهار برای ترکیب نوار

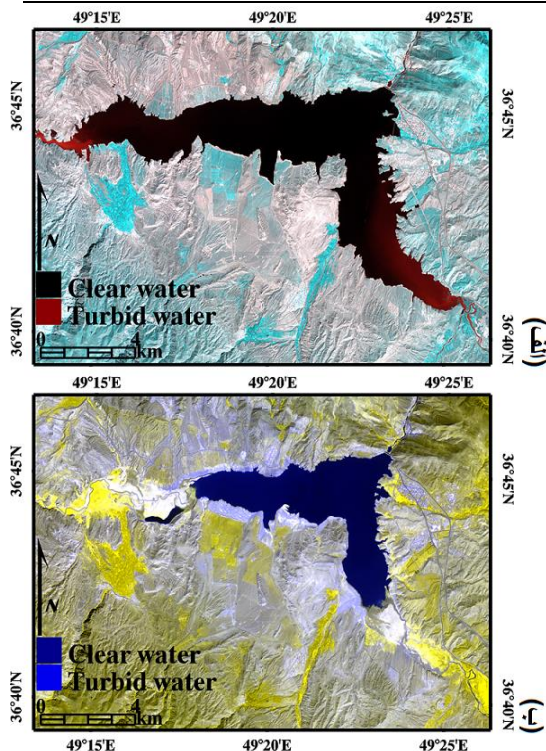
های سنتینل-۲

شماره	ترکیب رنگی RGB	انحراف معیار	همبستگی	فاکتور شاخص بهینه	قدرت تفکیک مکانی
۱	۴,۸,۸a	۰/۱۸۳۶	۲/۶۱۲۸	۰/۰۷۰۳	۱۰,۱۰,۲۰
۲	۴,۷,۸a	۰/۱۸۳۱	۲/۶۲۳۱	۰/۰۶۹۸	۱۰,۲۰,۲۰
۳	۲,۸,۸a	۰/۱۵۶۷	۲/۲۵۶۶	۰/۰۶۹۴	۱۰,۱۰,۲۰
۴	۲,۷,۸a	۰/۱۵۶۲	۲/۲۶۱۲	۰/۰۶۹۱	۱۰,۲۰,۲۰
۵	۳,۸,۸a	۰/۱۶۲۷	۲/۳۶۳۹	۰/۰۶۸۸	۱۰,۱۰,۲۰
۶	۳,۷,۸a	۰/۱۶۲۱	۲/۳۶۸۰	۰/۰۶۸۵	۱۰,۲۰,۲۰
۷	۷,۸,۸a	۰/۲۰۲۱	۲/۹۷۴۶	۰/۰۶۸۳	۲۰,۱۰,۲۰
۸	۴,۷,۸	۰/۱۷۸۸	۲/۶۳۹۱	۰/۰۶۷۷	۱۰,۲۰,۱۰
۹	۵,۸,۸a	۰/۱۸۷۹	۲/۷۹۸۶	۰/۰۶۷۱	۲۰,۱۰,۲۰
۱۰	۴,۶,۸a	۰/۱۷۷۶	۲/۶۴۵۸	۰/۰۶۷۱	۱۰,۲۰,۲۰
۱۱	۱,۸,۸a	۰/۱۵۱۱	۲/۲۵۸۳	۰/۰۶۶۹	۶,۱۰,۲۰
۱۲	۶,۸,۸a	۰/۱۹۷۵	۲/۹۶۶۲	۰/۰۶۶۶	۲۰,۱۰,۲۰
۱۳	۲,۷,۸	۰/۱۵۱۸	۲/۲۸۸۷	۰/۰۶۶۳	۱۰,۲۰,۱۰
۱۴	۵,۷,۸a	۰/۱۸۷۴	۲/۸۲۵۸	۰/۰۶۶۳	۲۰,۱۰,۲۰
۱۵	۶,۷,۸a	۰/۱۹۷۰	۲/۹۸۵۶	۰/۰۶۶۰	۲۰,۲۰,۲۰

جدول ۶- شاخص عامل بهینه ی فصل بهار برای ترکیب

نوارهای سنتینل-۲

شماره	ترکیب رنگی RGB	انحراف معیار	همبستگی	فاکتور شاخص بهینه	قدرت تفکیک مکانی
۱	۸a,۸,۱	۰/۱۲۱۴	۱/۶۴۲۷	۰/۰۷۳۹	۲۰,۱۰,۶۰
۲	۳,۷,۸a	۰/۱۳۳۸	۱/۸۲۷۳	۰/۰۷۳۳	۱۰,۲۰,۲۰
۳	۳,۸,۸a	۰/۱۳۱۸	۱/۷۹۹۹	۰/۰۷۳۲	۱۰,۱۰,۲۰
۴	۱,۷,۸a	۰/۱۲۳۴	۱/۷۱۵۹	۰/۰۷۱۹	۶,۲۰,۲۰
۵	۲,۸,۸a	۰/۱۲۶۸	۱/۷۶۵۴	۰/۰۷۱۸	۱۰,۱۰,۲۰
۶	۲,۷,۸a	۰/۱۲۸۸	۱/۷۹۸۰	۰/۰۷۱۷	۲۰,۲۰,۲۰
۷	۴,۷,۸a	۰/۱۴۹۲	۲/۱۹۰۳	۰/۰۶۸۱	۱۰,۲۰,۲۰
۸	۴,۸,۸a	۰/۱۴۷۱	۲/۱۶۵۲	۰/۰۶۸۰	۱۰,۱۰,۲۰
۹	۱,۷,۸	۰/۱۱۶۵	۱/۷۱۸۳	۰/۰۶۷۸	۶,۲۰,۱۰
۱۰	۳,۷,۸	۰/۱۲۶۹	۱/۸۷۲۲	۰/۰۶۷۸	۱۰,۲۰,۱۰
۱۱	۳,۶,۸a	۰/۱۲۷۳	۱/۸۸۵۷	۰/۰۶۷۵	۱۰,۲۰,۲۰
۱۲	۲,۷,۸	۰/۱۲۱۹	۱/۸۳۹۱	۰/۰۶۶۳	۱۰,۲۰,۱۰
۱۳	۱,۴,۸a	۰/۱۱۰۷	۱/۶۷۱۶	۰/۰۶۶۲	۶,۱۰,۲۰
۱۴	۳,۴,۸a	۰/۱۲۱۱	۱/۸۳۲۳	۰/۰۶۶۱	۱۰,۱۰,۲۰
۱۵	۱,۶,۸a	۰/۱۱۶۹	۱/۷۷۵۳	۰/۰۶۵۸	۶,۲۰,۲۰



شکل ۴- تصویر RGB (الف) ترکیب ۴,۸,۸a فصل بهار (ب) ترکیب ۸a,۸,۱ تابستان.

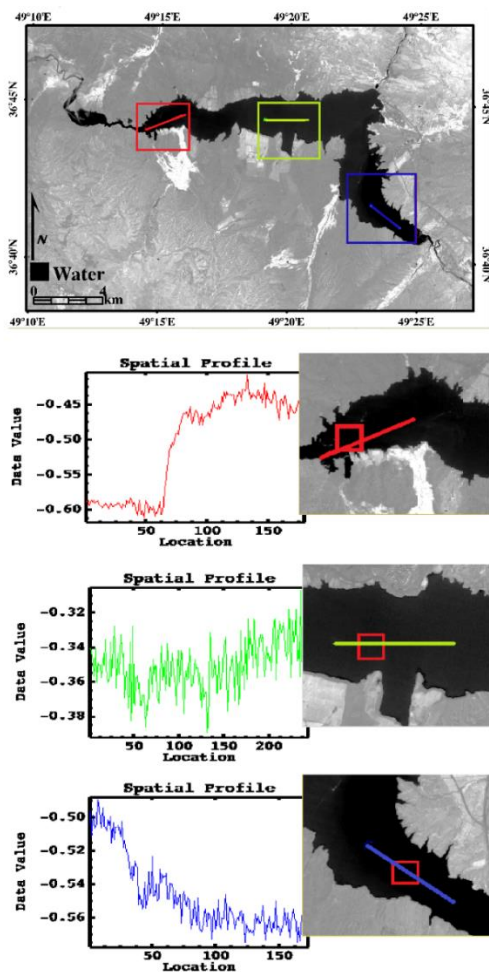
برای دستیابی به بهترین ترکیب رنگی RGB، که بتوان به صورت بصری آب های کدر و شفاف را تشخیص دهیم، از باندهای دیگر در ترکیب رنگی RGB استفاده کردیم. با توجه به شکل ۵ برای تشخیص بصری تفکیک آب های کدر و شفاف، از بین ۱۵ ترکیب اول که حائز بیشترین مقدار عامل شاخص بهینه هستند، با توجه به نمودار رفتار طیفی و بازتاب کدورت آب، ترکیب رنگی (۴,۸,۸a) با مقدار عامل شاخص بهینه ی (۰/۰۶۸۰) مناسب تر است. این کاهش مقدار عامل بهینه به دلیل مجموع همبستگی بالای این سه نوار باهم است، درحالی که این کاهش به معنای نامناسب بودن ترکیب رنگی (۸a,۸,۱) نسبت به ترکیب رنگی (۴,۸,۸a) نیست. در نتیجه، باید در مقدارهای عامل شاخص بهینه بر اساس نمودار رفتار طیفی تجدیدنظر شود و الزاماً مقدار عامل شاخص بهینه بیشتر به معنای ترکیب مناسب تر نخواهد بود؛ بنابراین، لازم است که بر اساس نمودار رفتار طیفی شاخص های دیگری برای بالا بردن دقت شناسایی اعمال شود.

به طوری که در جدول ها مشاهده می شود، بالاترین شاخص عامل بهینه در بهار مربوط به ترکیب رنگی (۴,۸,۸a) با عامل شاخص بهینه ی (۰/۰۷۰۳) و در تابستان مربوط به ترکیب رنگی (۸a,۸,۱) با عامل شاخص بهینه ی (۰/۰۷۳۹) است، که این نتایج حاکی از حجم اطلاعات بیشتر در این ترکیب های رنگی برای بهار و تابستان است. با توجه به شکل ۴، که نشان دهنده ی تصویر ترکیب رنگی RGB برای دو فصل است، تشخیص بصری آب های کدر از آب شفاف در فصل بهار راحت تر از تابستان صورت می گیرد.

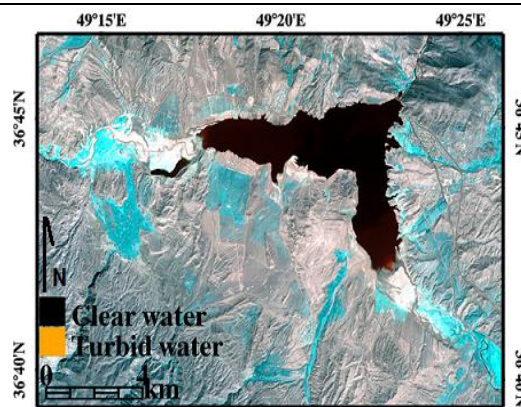
۳-۴ آستانه گذاری

برای تفکیک آب های کدر و شفاف با دقت بیشتر آستانه‌هایی به نوار های درگیر در محاسبه ی شاخص NDVI (نوار های ۸ و ۴ سنتینل-۲) اعمال شد. این آستانه‌ها با رسم نیم رخ های طیفی در دهانه ی ورودی ابه آبگیر سد، شناسایی و به‌صورت تجربی بر روی نوار های درگیر در محاسبه ی شاخص NDVI بررسی شده، سپس با تنظیم نمودار درختی، در نرم‌افزار ENVI و اعمال آستانه‌های یافت شده، این تفکیک به‌راحتی قابل مشاهده گردید.

با توجه به نیم رخ های طیفی در قسمت های مختلف آبگیر سد برای دو فصل در شکل ۷ و ۸، وجود یک جهش با آستانه ی حدود ۰/۵۸- (بهار) و ۰/۴۸- (تابستان) برای NDVI در دهانه ی ورودی رودخانه به آبگیر سد به وضوح مشاهده می شود، که حاکی از وجود دو پدیده ی متفاوت در این محدوده است.



شکل ۷- نیم رخ های طیفی رسم شده برای شناسایی آب های کدر ورودی به آبگیر سد روی شاخص NDVI بهار.

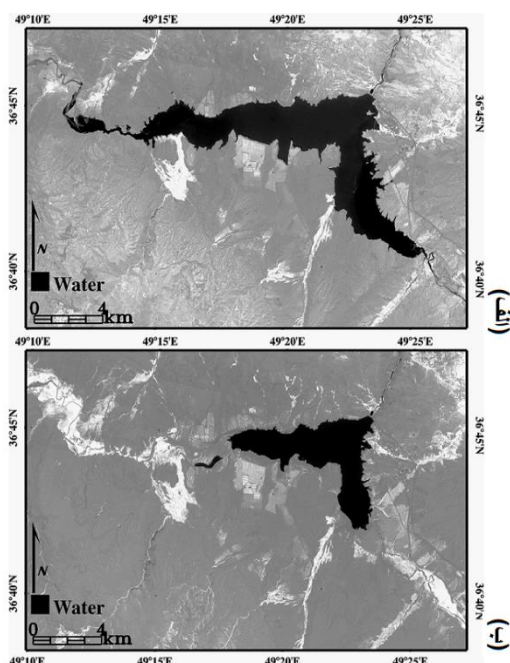


شکل ۵- تصویر RGB ترکیب ۴،۸،۸a تابستان.

۳-۳ اعمال شاخص NDVI

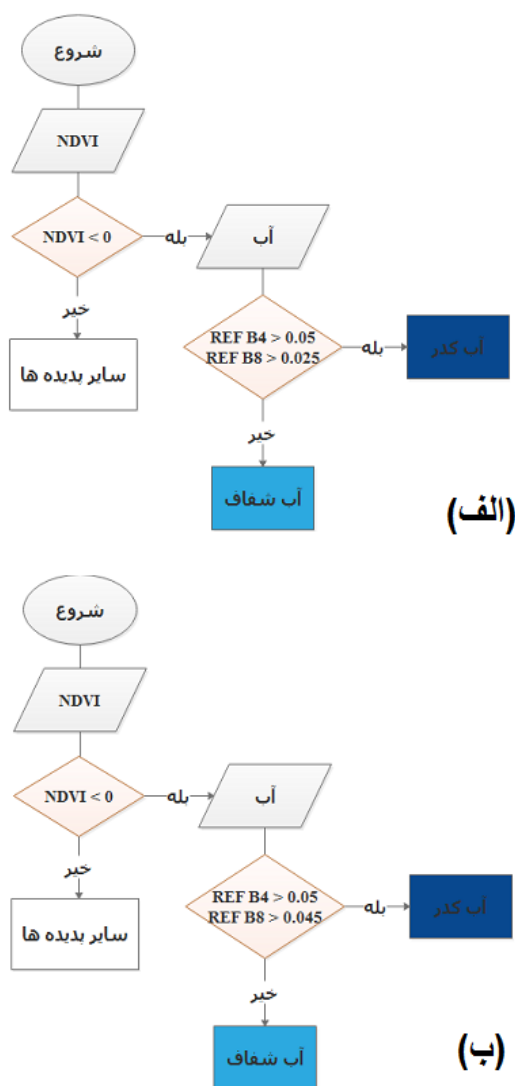
برای از بین بردن عوارض غیرضروری در تصویر، نظیر پوشش گیاهی و خاک از شاخص NDVI استفاده شده است تا به‌راحتی بتوان آب را از سایر پدیده‌ها جدا کرد تا با آستانه گذاری، تفکیک آب های کدر و شفاف به‌راحتی صورت گیرد. آب در این شاخص تیره‌تر از سایر پدیده‌ها دیده خواهد شد. (شکل ۶) با توجه به رابطه ی ۲ در بخش ۲-۳-۵ برای محاسبه ی این شاخص از مقدار بازتاب در مادون قرمز نزدیک، نوار ۴ سنتینل-۲ و مادون قرمز، نوار ۸ سنتینل-۲ استفاده شود که به شکل زیر محاسبه می‌گردد:

$$NDVI = \frac{B(8) - B(4)}{B(8) + B(4)} \quad (3)$$

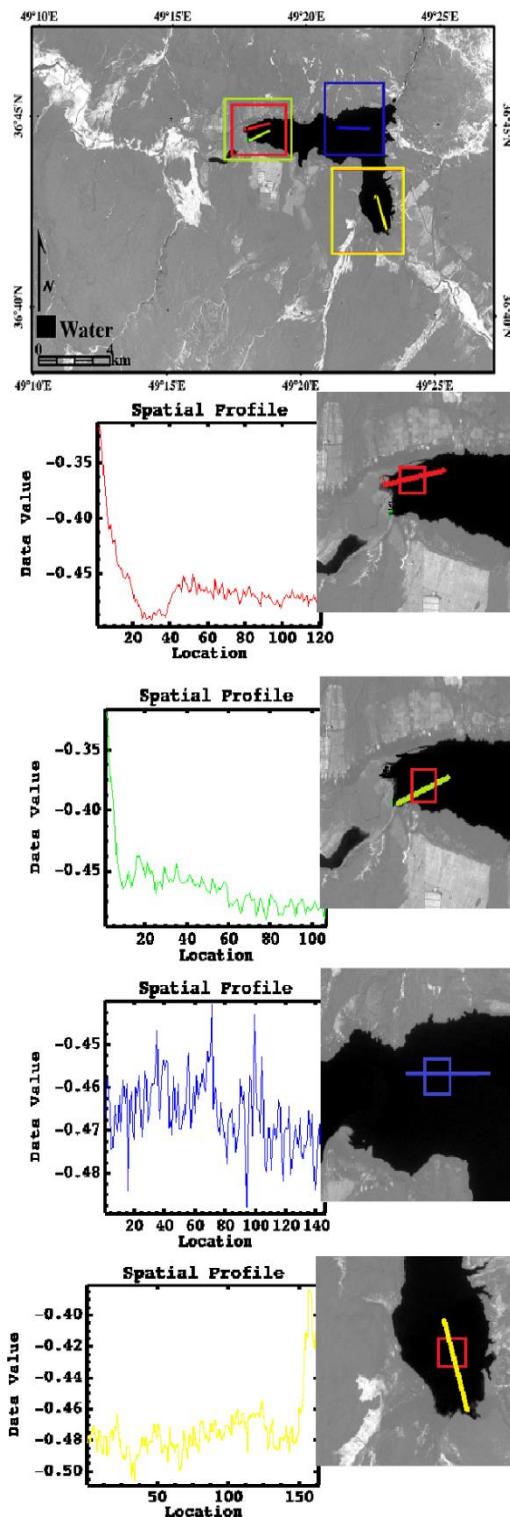


شکل ۶- شاخص NDVI الف) بهار (ب) تابستان

های بازتاب این نوار ها در دهانه ی ورودی به آبیگر سد به صورت تجربی و نیم رخ های طیفی در دهانه ی ورودی، مقادیر بازتاب بزرگتر از ۰/۰۵ و ۰/۰۲۵ به ترتیب برای نوار ۴ و ۸ مربوط به بهار و مقدارهای بازتاب بزرگتر از ۰/۰۹ برای نوار ۴ و بزرگتر از ۰/۰۴۵ برای نوار ۸ مربوط به تابستان، نشان دهنده ی آب کدر، بقیه مقدار ها مربوط به آب شفاف هستند، که با استفاده از نمودار درختی برای منطقه ی مورد نظر اعمال شد؛ این نمودار در شکل ۹، و نتایج این آستانه گذاری برای تفکیک در شکل ۱۰ نشان داده شده اند.

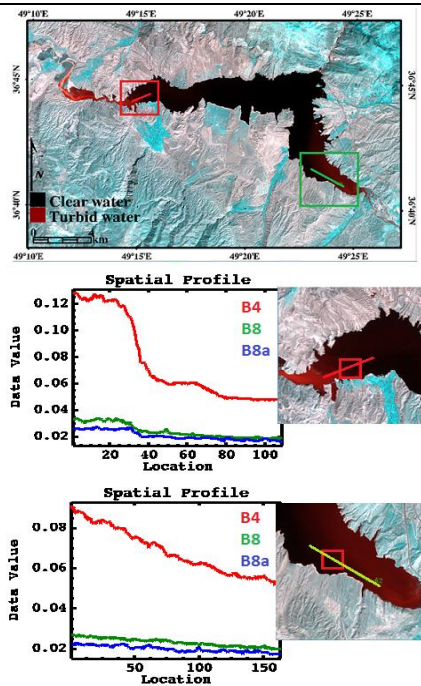


شکل ۹- نمودار درختی اعمال آستانه برای تفکیک آب های کدر و شفاف (الف) بهار (ب) تابستان.

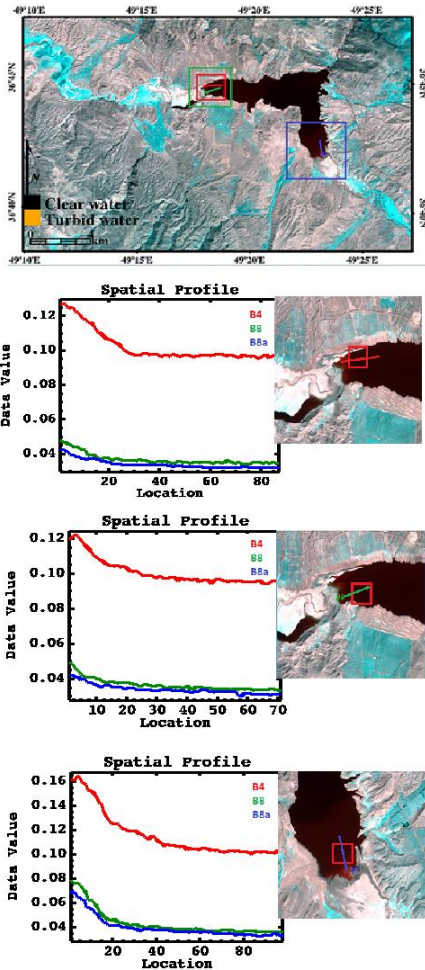


شکل ۸- نیم رخ های طیفی رسم شده برای شناسایی آب های کدر ورودی به آبیگر سد روی شاخص NDVI تابستان.

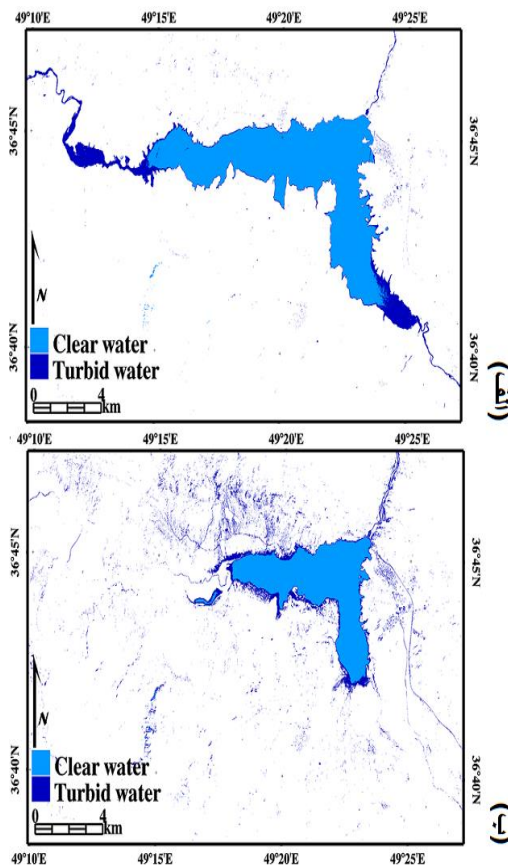
با توجه به حضور نوار های ۴ و ۸ سنتینل-۲ در محاسبه ی شاخص NDVI با استفاده از نمودار رفتار طیفی آب های کدر و شفاف (بخش ۲-۳-۲)، بررسی مقدار



شکل ۱۱- نمودار ستونی آب های کدر و شفاف در دهانه ورودی به آبیگر سد در بهار.



شکل ۱۲- نمودار ستونی آب های کدر و شفاف در دهانه ورودی به آبیگر سد در تابستان.



شکل ۱۰- تفکیک آب های کدر و شفاف با اعمال آستانه الف) بهار ب) تابستان.

شکل های ۱۱ و ۱۲ نشان دهنده ی نمودار ستونی آب های کدر و شفاف در دهانه ورودی رودخانه به آبیگر سد را در بهار و تابستان نشان می دهند که با توجه به نمودار رفتار طیفی این دو پدیده (شکل ۳) در بهار نوار ۴ آستانه ای در حدود ۰/۰۵ (منحنی قرمز) و نوار ۸ حدود ۰/۰۲۵ (منحنی سبز)، در تابستان نوار ۴ آستانه ای در حدود ۰/۹۰ (منحنی قرمز) و نوار ۸ حدود ۰/۰۴۵ (منحنی سبز) را دارد، که بیشتر از این مقدار ها نشان دهنده ی آب کدر، و کمتر از آن ها نشان دهنده ی آب شفاف است که خود حاکی از مناسب بودن این نوار ها است.

۴ نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان دادند که تحلیل منحنی رفتار طیفی همزمان با بهره گیری از شاخص OIF به بهترین شکل قادر به تفکیک ویژگی های مختلف آب است.

مراجع:

- 1) Ba aghideh , M. and Ziaian, p. 2011. Investigation of the Use of NDVI Vegetation Index in Isfahan Province Drought Analysis. J. Geographical studies of dry area. 4: 1- 16. (In Persian).
- 2) Cengiz, O., Sener, E. and Yagmurlu, F. 2006. A satellite image approach to the study of lineaments, circular structures and regional geology in the Golcuk Crater district and its environs (Isparta, SW Turkey). Journal of Asian Earth Sciences. 27: 155-163.
- 3) Chamoun, S., De Cesare, G. and Schleiss, A. J. 2016. Managing reservoir sedimentation by venting turbidity currents: A review. International Journal of Sediment Research. 31:195-204.
- 4) de Souza, J. S., Kizys, M. M. L., da Conceição, R. R., Glebocki, G., Romano, R. M., Ortiga-Carvalho, T. M. and Chiamolera, M. I. 2017. Perinatal exposure to glyphosate-based herbicide alters the thyrotrophic axis and causes thyroid hormone homeostasis imbalance in male rats. Toxicology. 377: 25-37.
- 5) Ezatabadi Pour, H. 2017. Introducing Sentinel Satellite Images 2. Third National Conference on Recent Innovations in Civil Engineering, Architecture and Urban Development. 1-8. (In Persian).
- 6) Fan, J. and Morris, G. L. 1992. Reservoir sedimentation. II: Reservoir desiltation and long-term storage capacity. Journal of Hydraulic Engineering. 118: 370-384.
- 7) Fatemi, B. and Rezaei, Y. 2014. Basics of Remote Sensing. Azadeh Publisher. 1-296. (In Persian).
- 8) Fazel Dehkord, L., Azarnivand, H., Zare Chahouki, M.A. and Mahmoudi Kohan, F. 2016. Drought Monitoring Using Vegetation Index (NDVI) (Case study: Rangelands of Ilam Province). JOURNAL OF RANGE AND

در این پژوهش با بهره گیری از تصاویر سنتینل-۲، آشکارسازی آب های کدر و شفاف با تاکید بر ویژگی های طیفی آنها بررسی شد، بررسی منحنی رفتار طیفی آب های کدر و شفاف بیانگر این مهم است که در محدوده ی طول موج های ۰/۴ تا ۰/۷۸ میکرومتر (نوارهای ۱ تا ۸a)، این دو پدیده به خوبی از هم قابل تفکیک هستند؛ بنابراین، شاخص NDVI که تفاضل معیار شده محدوده ی طیفی مادون قرمز نزدیک (نوار ۸) و قرمز مرئی (نوار ۴) را بررسی می کند جهت آشکار سازی این ویژگی آب مفید خواهد بود. شاخص مزبور برای شناسایی پوشش گیاهی از سایر پدیده ها طراحی شده است. توجه به این نکته که شاخص فوق نسبت تفاضل محدوده ی قرمز مرئی از محدوده ی مادون قرمز نزدیک را به حاصل جمع آن ها محاسبه می کند، و ذکر این مهم گه آب تمامی طول موج های محدوده ی مادون قرمز نزدیک را جذب می کند، می توان نتیجه گرفت که در شرایط گوناگون منابع آب مقداری منفی از این شاخص را اختیار می کنند (حداکثر ۱-) و اگر ذرات خاک و ته نشست ها در داخل آب افزایش پیدا کند، این شاخصه سمت صفر متمایل خواهد شد. با توجه به این نکته در محل های تلاقی آب به آبگیر سد، نیم رخ های طیفی براساس ویژگی های شاخص NDVI و مقدار مادون قرمز نزدیک و مرئی ترسیم و تحلیل شدند. بر همین اساس، به آستانه هائی جهت تمایز آب های کدر و شفاف در آبگیر سد سفید رود بر اساس این ویژگی ها توجه شد. نتایج نشان دادند که اعمال آستانه بر شاخص NDVI تفکیک آب های کدر و شفاف را امکان پذیر می سازد .

نتایج حاصل از محاسبه ی عامل شاخص بهینه از بین ۸۴ ترکیب رنگی نشان داد که بالاترین شاخص عامل بهینه در بهار مربوط به ترکیب رنگی (۴،۸،۸a) و در تابستان مربوط به ترکیب رنگی (۸a،۸،۱) است، به این معنی که ترکیب های رنگی فوق دارای بیشترین حجم اطلاعات برای بهار و تابستان هستند. این نتایج نیز در ادامه ی همان نتایج استخراج شده از تحلیل منحنی رفتار طیفی و شاخص NDVI است به این صورت که در ترکیب های رنگی بهینه نیز نوار های مادون قرمز نزدیک و قرمز مرئی در الویت قرار دارند .

- 17) Mool, P. K., Wangda, D., Bajracharya, S. R., Kunzang, K. A. R. M. A., Gurung, D. R. and Joshi, S. P. 2001. Inventory of glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods. Monitoring and early warning systems in the Hindu Kush-Himalayan Region: Bhutan. Inventory of glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods. Monitoring and early warning systems in the Hindu Kush-Himalayan Region: Bhutan.
- 18) Pizarro, H., Vera, M. S., Vinocur, A., Pérez, G., Ferraro, M., Helman, R. M. and Dos Santos Afonso, M. 2016. Glyphosate input modifies microbial community structure in clear and turbid freshwater systems. *Environmental Science and Pollution Research*. 23: 5143-5153.
- 19) Pourafraziabi, M. and Ramzanpour, Z. 2012. Investigation of phytoplankton as an indicator of pollution in aquatic ecosystems. The 5th Specialized Conference on Environmental Engineering. 1-9. (In Persian).
- 20) Rasti, M., Nabavi, M. Jafarzadeh, N. and Mobed, P. 2008. Study on Algal Flora of Periphyton Communities and in Relationship to Type of Substrate in Gargar River. *Journal of Environmental studies*. 46: 1-8. (In Persian).
- 21) SAMAEI, M., Afshar, A. and GHARAVI, M. 2005. SYSTEM DYNAMICS MODELING OF PHYTOPLANKTON AND ZOOPLANKTON IN RESERVOIRS. *Water and Wastewater*. 15: 47-55. (In Persian).
- 22) Sánchez, M. L., Rodríguez, P., Torremorell, A. M., Izaguirre, I., & Pizarro, H. 2017. Phytoplankton and periphyton primary production in clear and turbid shallow lakes: influence of the light environment on the interactions between these communities. *Wetlands*. 37: 67-77.
- 23) Shaloui, F. and Shahini Shamsabadi, Z. 2017. Population diversity and distribution of peritonitis in Beheshtabad River in spring. First National Conference on Natural Resources and Sustainable Development in Central Zagros. 1-9. (In Persian).
- WATERSHED MANAGEMENT. 69: 141-154. (In Persian).
- 9) Garcia, M. and Parker, G. 1993. Experiments on the entrainment of sediment into suspension by a dense bottom current. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 98: 4793-4807.
- 10) Ha, N. T. T., Thao, N. T. P. Koike, K. and Nhuan, M. T., 2017. Selecting the best band ratio to estimate chlorophyll-a concentration in a tropical freshwater lake using sentinel 2a images from a case study of lake ba be (northern vietnam). *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 6:290.
- 11) Hosseini Hamid, M., Akbari Nasab, M. and Safarrad, T. 2016. The Calculation of the Optimum Index Factor for Monitoring Water Resources pollution using Satellite Images: A Case Study of the Oman sea. *Hydrophysics*. 2: 35-45. (In Persian).
- 12) Khosronejad, A. 2008. Numerical Simulation of Sefid Rud Dam Reservoir Deposition Using Pressure Chassis Operation. *J. Hydraulics*. 3: 71-77. (In Persian).
- 13) Liu, H., Li, Q., Shi, T., Hu, S., Wu, G. and Zhou, Q. 2017. Application of sentinel 2 MSI images to retrieve suspended particulate matter concentrations in Poyang Lake. *Remote Sensing*. 9: 761.
- 14) Maleki, M., Rahmati, M. and Javan, F. 2015. Assessing the Role of Dam Building in Agricultural Development Using Remote Sensing (Case Study of Gavshan and Suleiman Shah Dam). National Conference on the Application of Advanced Spatial Analysis Models (Remote Sensing and GIS) to Land Preparation. 1-10. (In Persian).
- 15) Meaden, G. J. 1991. Geographical information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture. (No. F009. 048). Fao.
- 16) Melo Lins, R. P., Ovruski de Ceballos, B. S., Lopez, S., Carlos, L. and Gomes Barbosa, L. 2017. Phytoplankton functional groups in a tropical reservoir in the Brazilian semiarid region. *Revista de Biología Tropical*. 65: 1129-1141.

- 24) Sumantyo, S. and Tetuko, J. 2017. Assessment of Multi-Temporal Image Fusion for Remote Sensing Application. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 7: 778-784.
- 25) Sundin, J., Aronsen, T., Rosenqvist, G. and Berglund, A. 2017. Sex in murky waters: algal-induced turbidity increases sexual selection in pipefish. *Behavioral ecology and sociobiology*. 71: 78.
- 26) Torkmanzad, N., Mohammadnejad, B. and Bahmanesh, J. 2015. The Characteristics of the Paper The Impact of Lower Dam Discharge Valves Opening on Outflow of Mud Flows (Case Study: Sefidrood Dam). *Journal of Tabriz University of Civil and Environmental Engineering*. 74: 1-18. (In Persian).
- 27) Townsend, M., Peck, C., Meng, W., Heaton, M., Robison, R. and O'Neill, K. 2017. Evaluation of various glyphosate concentrations on DNA damage in human Raji cells and its impact on cytotoxicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 85: 79-85.
- 28) Van Rompaey, A. J., Govers, G. and Puttemans, C. 2002. Modelling land use changes and their impact on soil erosion and sediment supply to rivers. *Earth surface processes and landforms*. 27: 481-494.

